



UNIVERSITAS INDONESIA

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR KANTIN YONGMA FISIP UI

SKRIPSI

VINI WIDYANINGSIH

0706275800

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

DEPOK

JUNI 2011



UNIVERSITAS INDONESIA

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR KANTIN YONGMA FISIP UI

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Lingkungan**

VINI WIDYANINGSIH

0706275800

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
DEPOK
JUNI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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



Nama : Vini Widyaningsih
NMP : 0706275800
Tanda Tangan : 
Tanggal : 3 Agustus 2011

STATEMENT OF ORIGINALITY

This final report is the result of my own work, and all the sources which is quoted or referred I have stated correctly.

Name : Vini Widyaningsih

NPM : 0706275800

Signature : 

Date : 3 Agustus 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Vini Widyaningsih

NPM : 0706275800

Program Studi : Teknik Lingkungan

Judul Skripsi : Pengolahan Limbah Cair Kantin Yongma FISIP UI

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 : Dr. Ir Djoko M. Hartono, SE., M.Eng.

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Sulistyoweni W., Dipl., SE., SKM.

Penguji : Ir. Gabriel Andari K., Ph.D.

Penguji : Ir. Irma Gusniani, M.Sc.

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 30 Juni 2011

Universitas Indonesia

STATEMENT OF LEGITIMATION

This final report submitted by:

Name : Vini Widyaningsih
NPM : 0706275800
Study Program : Environmental Engineering
Title : Canteen Yongma FISIP UI Wastewater Treatment

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

EXAMINERS

Counselor : Dr. Ir Djoko M. Hartono, SE., M.Eng.

Counselor : Prof. Dr. Ir. Sulistyoweni W., Dipl., SE., SKM.

Examiner : Ir. Gabriel Andari K., Ph.D.

Examiner : Ir. Irma Gusniani, M.Sc.

Decided at : Depok.....

Date : 30 Juni 2011

Universitas Indonesia

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

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

Nama : Vini Widyaningsih
NPM : 0706275800
Program Studi : Teknik Lingkungan
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

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

Pengolahan Limbah Cair Kantin Yongma FISIP UI

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 selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada Tanggal : 3 Agustus 2011
Yang menyatakan



(Vini Widyaningsih)

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Lingkungan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

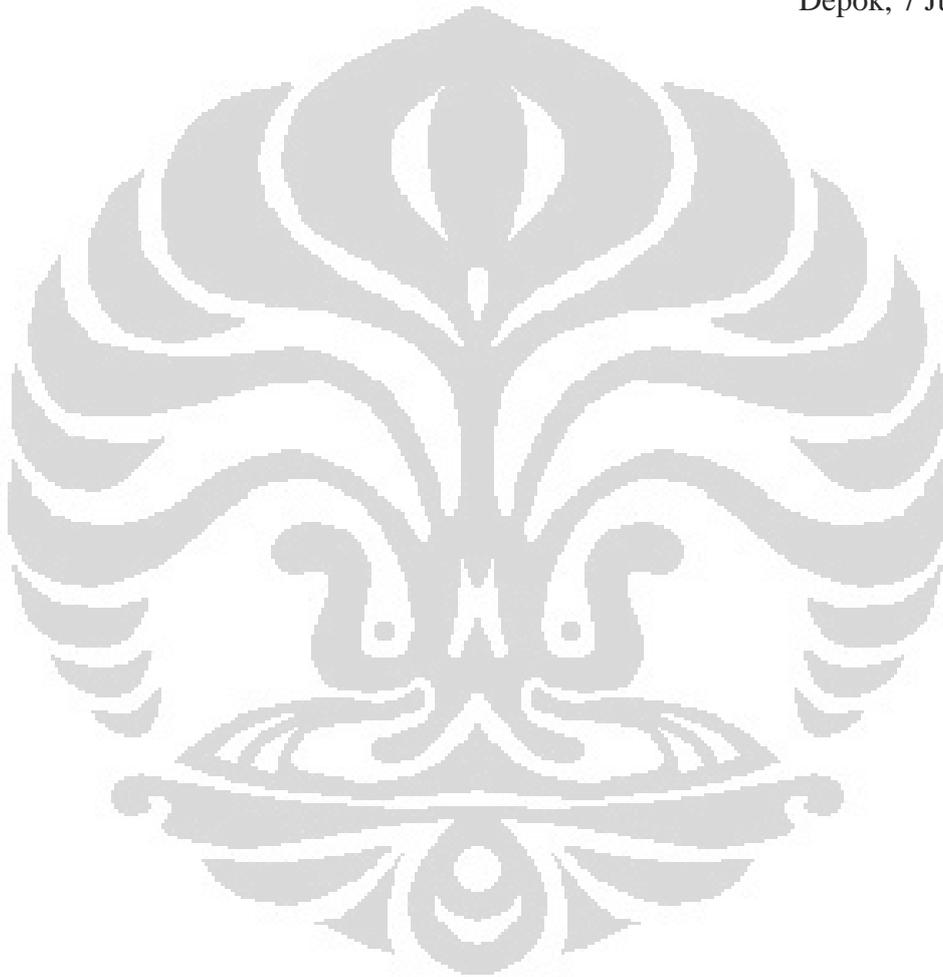
- (1) Dr. Ir Djoko M. Hartono, SE., M.Eng., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Prof. Dr. Ir. Sulistyoweni W., Dipl., SE., SKM., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (3) Dosen-dosen di Departemen Teknik Sipil, baik Program Studi Teknik Sipil maupun Teknik Lingkungan, yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya selama saya menjalani masa perkuliahan;
- (4) Pihak FISIP UI yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
- (5) Mbak Licka Kamadewi dan Sri Diah Handayani, selaku laboran yang telah memberikan bantuan dalam pelaksanaan penelitian di laboratorium;
- (6) Para laboran Laboratorium Mekanika Tanah yang telah membantu saya menyiapkan alat dan media dalam penelitian ini;
- (7) Kedua orang tua dan adik-adik saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
- (8) Gita Lestari, Engga Rahmawati, Widya Larastika, Juniarto, Osha Ombasta, Prawira Adi Putra, Eva Beatrix Sihaloho, Thanti Octavianti, Siti Fatmawati dan Agnes Elita Anne, serta seluruh teman-teman Teknik Sipil dan Teknik Lingkungan Universitas Indonesia Angkatan 2007 yang

telah membantu dan memberikan dukungan moral kepada saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 7 Juni 2011

Penulis



ABSTRAK

Nama : Vini Widyaningsih
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Pengolahan Limbah Cair Kantin Yongma FISIP UI

Limbah cair Kantin Yongma adalah salah satu air limbah yang berpotensi menimbulkan pencemaran. Unit pengolahan limbah cair di Kantin Yongma berupa unit penangkap lemak (*grease trap*) dan sumur pengumpul (*sump well*), saat ini belum mampu mengolah limbah cairnya sehingga masih terdapat beberapa masalah, seperti bau, penyumbatan pada pipa saluran pembuangan dan efluen pengolahan yang belum memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Oleh karena itu, dilakukan suatu evaluasi terhadap unit pengolahan limbah cair tersebut dan dicari alternatif pemecahan melalui pemilihan teknologi pengolahan limbah cair yang sederhana.

Unit penangkap lemak berfungsi untuk menjaring lemak dari limbah kantin, sedangkan sumur pengumpul berfungsi sebagai bak pengendapan. Diharapkan setelah melalui kedua unit tersebut efluen limbah kantin akan memenuhi syarat untuk dibuang ke saluran drainase di dekatnya. Teknologi yang dipilih adalah *Biosand Filter* yang selanjutnya diberi nama *Biofilter*. *Biofilter* adalah suatu unit pengolahan limbah cair yang menitikberatkan pada proses biologis dan mengandalkan mikroba dalam melakukan dekomposisi terhadap bahan pencemar organik (BOD_5) yang terdapat dalam limbah tersebut.

Evaluasi terhadap unit penangkap lemak dan sumur pengumpul dilakukan dengan melakukan pengamatan di lapangan, pengambilan sampel limbah cair kantin di titik masuk dan keluar dari masing-masing unit, kemudian dievaluasi. Unit *Biofilter* dirancang sesuai dengan kondisi limbah kantin dan kriteria desain, kemudian dilakukan penelitian skala laboratorium untuk menentukan kinerja *Biofilter* dan proses pengolahan yang terjadi di dalamnya.

Dari evaluasi yang telah dilakukan, diketahui bahwa unit pengolahan limbah cair Kantin Yongma memerlukan perbaikan dari segi struktur. Penelitian laboratorium menunjukkan bahwa *Biofilter* skala laboratorium dapat dimanfaatkan sebagai unit pengolah limbah cair kantin Yongma dimana unit tersebut mampu menaikkan nilai pH air limbah kantin menjadi 7-8,5, menurunkan nilai TSS sebesar $\pm 96,99\%$ dan BOD sebesar $\pm 50-76\%$. Sedangkan untuk parameter Total Fosfat, COD dan minyak/lemak hasil yang didapat bervariasi untuk setiap pengambilan data sehingga hasilnya tidak dapat ditentukan.

Kata kunci:

Limbah cair kantin, unit penangkap lemak, sumur pengumpul dan *biofilter*.

ABSTRACT

Name : Vini Widyaningsih
Study Program : Environmental Engineering
Title : Canteen Yongma FISIP UI Wastewater Treatment

Canteen Yongma wastewater is one of the wastewater that potentially can cause pollution. Existing wastewater treatment units in Canteen Yongma, grease trap and sump well, are not capable to treat the wastewater, so that there are still some problems, such as odor, clogging in the sewer pipe. Beside that, its effluent treatment cannot fulfill the quality standard of wastewater treatment effluent. Therefore, evaluation of wastewater treatment is conducted to find the alternative solution through the selection of simple wastewater treatment technologies.

Grease trap serves to capture grease from canteen wastewater, while sump well serves as sedimentation unit. After treated by both wastewater treatment units, the wastewater effluent would be eligible to be discharged into nearby drainage channel. The selected technology is Biosand Filter which is later called as Biofilter. Biofilter is a wastewater treatment unit focused on biological processes and relies on microbes to decompose organic pollutants (BOD_5) contained in the wastewater.

Evaluation of the grease trap and sump well unit was conducted by field observations, sampling of canteen wastewater at the entry point and exit point in each unit, and evaluating the result. Biofilter unit was designed in accordance with the conditions of canteen wastewater and design criteria. Then laboratory-scale research was conducted to determine the performance of the Biofilter and treatment processes that occur in it.

Evaluation results showed that the structures of wastewater treatment unit needs repair. Laboratory studies showed that laboratory-scale Biofilter can be used as a wastewater treatment unit in Canteen Yongma. It is able to raising the pH value of wastewater up to 7-8.5, lowering the value of TSS until $\pm 96.99\%$ and BOD about $\pm 50-76\%$. On the other hand, the result of Total Phosphate, COD and grease/fat examinations were varied in each sampling, hence the result cannot be determined.

Key words:

Canteen wastewater, grease trap, sump well, biofilter

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	1
STATEMENT OF ORIGINALITY	II
HALAMAN PENGESAHAN	III
STATEMENT OF LEGITIMATION	IV
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	V
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH	VI
ABSTRAK	VIII
ABSTRACT	IX
DAFTAR ISI	X
DAFTAR TABEL	XIV
DAFTAR GAMBAR	XVI
DAFTAR LAMPIRAN	XIX
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Limbah	7
2.2 Limbah Cair	7
2.3 Limbah Cair Domestik	8
2.3.1 Karakteristik Limbah Cair Domestik	9
2.4 Limbah Cair Kantin	13
2.5 Parameter Penelitian	16
2.5.1 pH (<i>Potential Hydrogen</i>)	16

2.5.2	TSS (<i>Total Suspended Solids</i>)	18
2.5.3	Fosfat	19
2.5.4	BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>)	23
2.5.5	COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	25
2.5.6	Minyak atau Lemak	28
2.6	Baku Mutu Limbah Domestik	30
2.6.1	Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik	30
2.7	Alternatif Pengolahan Limbah Cair Kantin	30
2.7.1	<i>Grease Trap</i>	30
2.7.2	Sumur Pengumpul (<i>Sump Well</i>)	32
2.7.3	<i>Septic Tank</i>	34
2.7.4	<i>Biofilter</i>	37
2.7.4.2	Mekanisme Penyisihan Kontaminan dalam <i>Biofilter</i>	41
2.7.4.3	Lapisan <i>Biofilm</i> atau <i>Schmutzdecke</i>	43
2.7.4.4	Pematangan Lapisan <i>Biofilm</i>	45
2.7.4.5	Pembersihan <i>Biofilter</i>	46
2.7.4.6	Keuntungan dan Kerugian <i>Biofilter</i>	47
2.8	Debit	47
2.9	Kecepatan Aliran	49
2.10	Kerangka Berpikir	51
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		52
3.1	Jenis Penelitian	52
3.2	Variabel Penelitian	52
3.3	Objek Penelitian	53
3.4	Lokasi Penelitian	53
3.5	Bahan dan Alat Penelitian	54
3.5.1	Bahan Penelitian	54
3.5.2	Alat Penelitian	56
3.6	Waktu Penelitian	58
3.7	Pengambilan Sampel	60

3.8	Pengukuran Parameter	61
3.9	Analisa Data	62
3.10	Kerangka Penelitian	63
BAB 4 GAMBARAN UMUM OBJEK STUDI		65
4.1	Gambaran Umum FISIP UI	65
4.2	Kantin Yongma FISIP UI	67
4.3	Kualitas Awal dan Debit Limbah Kantin FISIP UI	73
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN		75
5.1	Umum	75
5.2	Unit Penangkap Lemak (<i>Grease Trap</i>) dan Sumur Pengumpul (<i>Sump Well</i>)	75
5.2.1	Hasil Pengujian dan Pembahasan Konsentrasi pH	75
5.2.2	Hasil Pengujian dan Pembahasan Konsentrasi <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	77
5.2.3	Hasil Pengujian dan Pembahasan Konsentrasi Total Fosfat	78
5.2.4	Hasil Pengujian dan Pembahasan Konsentrasi <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	79
5.2.5	Hasil Pengujian dan Pembahasan Konsentrasi <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	81
5.2.6	Hasil Pengujian dan Pembahasan Konsentrasi Minyak/Lemak	82
5.2.7	Keseluruhan Kinerja Unit Penangkap Lemak (<i>Grease Trap</i>) dan Sumur Pengumpul (<i>Sump Well</i>)	84
5.3	Proses <i>Seeding Biofilm</i> pada <i>Biofilter</i>	85
5.4	<i>Biofilter</i> Skala Laboratorium	88
5.4.1	Hasil Pengujian dan Pembahasan Konsentrasi pH	88
5.4.2	Hasil Pengujian dan Pembahasan Konsentrasi <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	91
5.4.3	Hasil Pengujian dan Pembahasan Konsentrasi Total Fosfat	94
5.4.4	Hasil Pengujian dan Pembahasan Konsentrasi <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	98

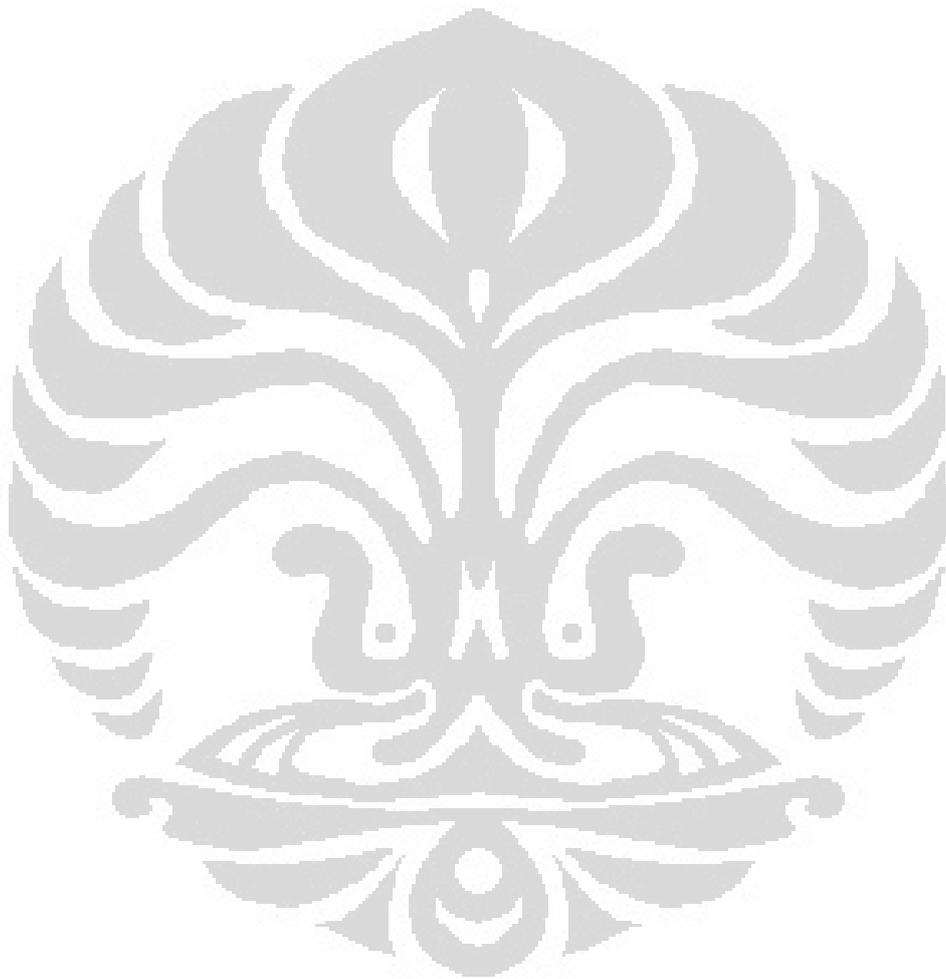
5.4.5	Hasil Pengujian dan Pembahasan Konsentrasi <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	101
5.4.5.1	Hasil Pengujian dan Pembahasan Konsentrasi Minyak/Lemak	105
5.4.6	Keseluruhan Kinerja <i>Biofilter</i>	108
5.5	Rekomendasi Pengolahan	111
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN		117
6.1	Kesimpulan	117
6.2	Saran	117
REFERENSI		119
Lampiran		123



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Sifat Fisik dari Air Limbah Rumah Tangga	11
Tabel 2.2.	Kandungan Gizi Limbah Restoran	14
Tabel 2.3.	Beberapa Penelitian Pengolahan Air Limbah Kantin secara Biologi dan Penurunan yang Terjadi	14
Tabel 2.4.	Nilai pH dan Pengaruhnya terhadap Perairan	18
Tabel 2.5	Petunjuk Kasar bagi Pemilihan Jenis Analisa Fosfat sesuai Jenis Sampel	20
Tabel 2.6.	Perbandingan Rata-Rata Angka BOD ₅ /COD untuk Beberapa Jenis Air	27
Tabel 2.7.	Jenis Zat-zat yang Tidak atau dapat Dioksidasi melalui Tes COD dan BOD	27
Tabel 2.8.	Baku Mutu Air Limbah Domestik	30
Tabel 2.9.	Rekomendasi Ukuran <i>Septic Tanks</i>	36
Tabel 2.10.	Syarat-Syarat Kualitas Air pada <i>Slow Sand Filter</i>	40
Tabel 2.11.	Efisiensi Pengolahan dengan Menggunakan SSF (<i>Slow Sand Filter</i>)	41
Tabel 3.1.	Diameter dan Ketinggian Media <i>Biofilter</i>	52
Tabel 3.2.	Jadwal Penelitian	59
Tabel 3.3.	Metode Pengukuran Parameter Penelitian	61
Tabel 4.1.	Jumlah Mahasiswa dan Mahasiswi FISIP Per Jenjang Pendidikan	65
Tabel 4.2.	Daftar Kios dan Jenis Makanan/Minuman yang Dijual di Kantin Yongma FISIP UI	69
Tabel 4.3.	Data Kualitas Awal Limbah Cair Kantin Yongma FISIP UI	74
Tabel 5.1.	Nilai pH selama Pengamatan	76
Tabel 5.2.	Nilai TSS Limbah Cair Kantin Yongma selama Pengamatan	77
Tabel 5.3.	Nilai Total Fosfat Limbah Cair Kantin Yongma selama Pengamatan	78
Tabel 5.4.	Nilai COD Limbah Cair Kantin Yongma selama Pengamatan	80
Tabel 5.5.	Nilai BOD Limbah Cair Kantin Yongma selama Pengamatan	81

Tabel 5.6. Nilai Minyak/Lemak Limbah Cair Kantin Yongma selama Pengamatan 83

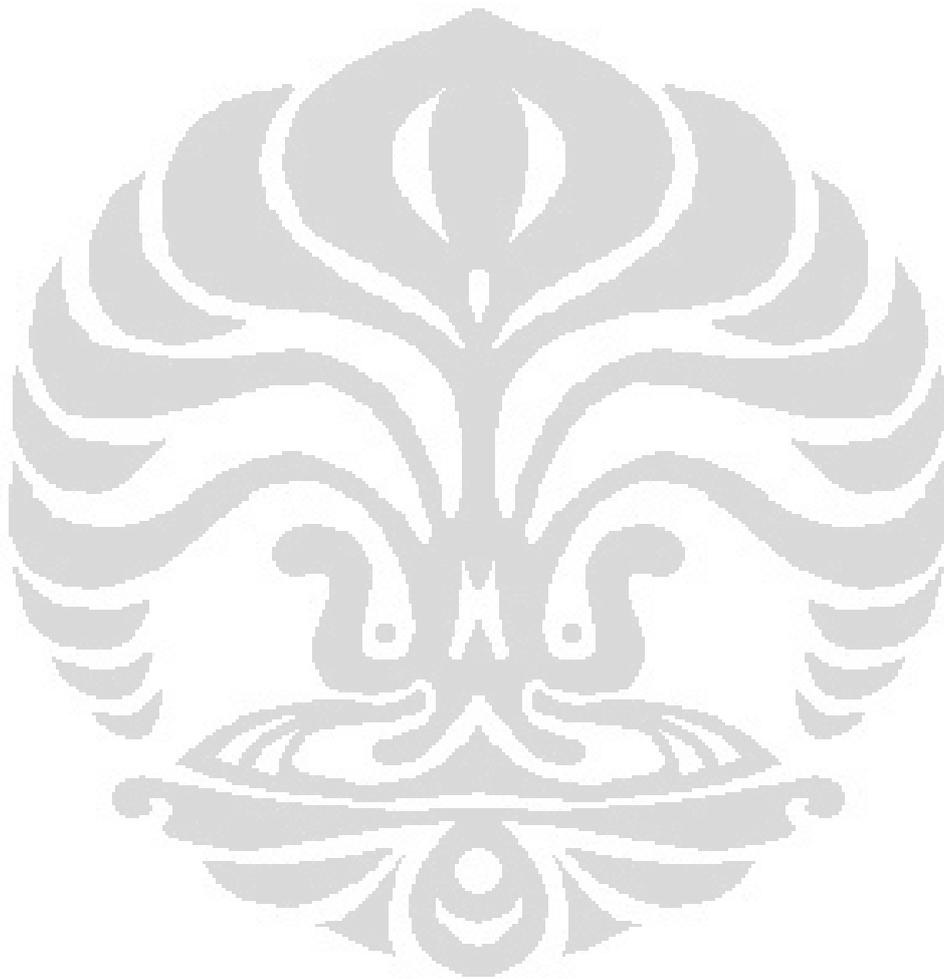


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Grafik Sederhana Proses Oksidasi Zat Organik secara Mikrobiologis	25
Gambar 2.2.	Penampang Melintang Bangunan Penangkap Lemak	31
Gambar 2.3.	Salah Satu Contoh <i>Grease Trap</i> yang Bisa Diaplikasikan Diatas dan Bawah Tanah	32
Gambar 2.4.	Tangki Septik Konvensional	35
Gambar 2.5.	Modifikasi Tangki Septik	35
Gambar 2.6.	Penampang Melintang <i>Biofilter</i>	39
Gambar 2.7.	Proses Pertumbuhan <i>Biofilm</i>	44
Gambar 2.8.	Bentuk Geometris Tabung	48
Gambar 2.9.	Venturimeter	49
Gambar 2.10.	Luas Penampang Vertikal pada Venturimeter	50
Gambar 3.1.	Media Filter berupa Pasir Halus dengan diameter 0,85 mm	54
Gambar 3.2.	Saringan Pasir No. 18 yang Digunakan untuk Mengayak Media	55
Gambar 3.3.	Kontainer Media <i>Biofilter</i> Skala Laboratorium	56
Gambar 3.4.	Reaktor <i>Biofilter</i>	57
Gambar 3.5.	<i>Baffle</i> yang Terdapat dalam <i>Biofilter</i>	57
Gambar 3.6.	Sampel yang Digunakan dalam Penelitian	60
Gambar 3.7.	Bagan Alir Pengukuran Parameter Penelitian	61
Gambar 3.8.	Bagan Alir Kerangka Penelitian	64
Gambar 4.1.	Suasana Kantin Yongma FISIP UI	67
Gambar 4.2.	Tempat Pencucian Kantin Yongma FISIP UI	70
Gambar 4.3.	Saringan Bak Cuci di Kantin Yongma	70
Gambar 4.4.	Bak Penangkap Lemak Kantin Yongma FISIP UI	71
Gambar 4.5.	Sumur Pengumpul (<i>Sump Well</i>) Kantin Yongma FISIP UI	72
Gambar 4.6.	Bagian dalam Sumur Sumur Pengumpul (<i>Sump Well</i>) Kantin Yongma FISIP UI	73
Gambar 5.1.	Grafik Perubahan Suhu selama Proses <i>Seeding</i>	86

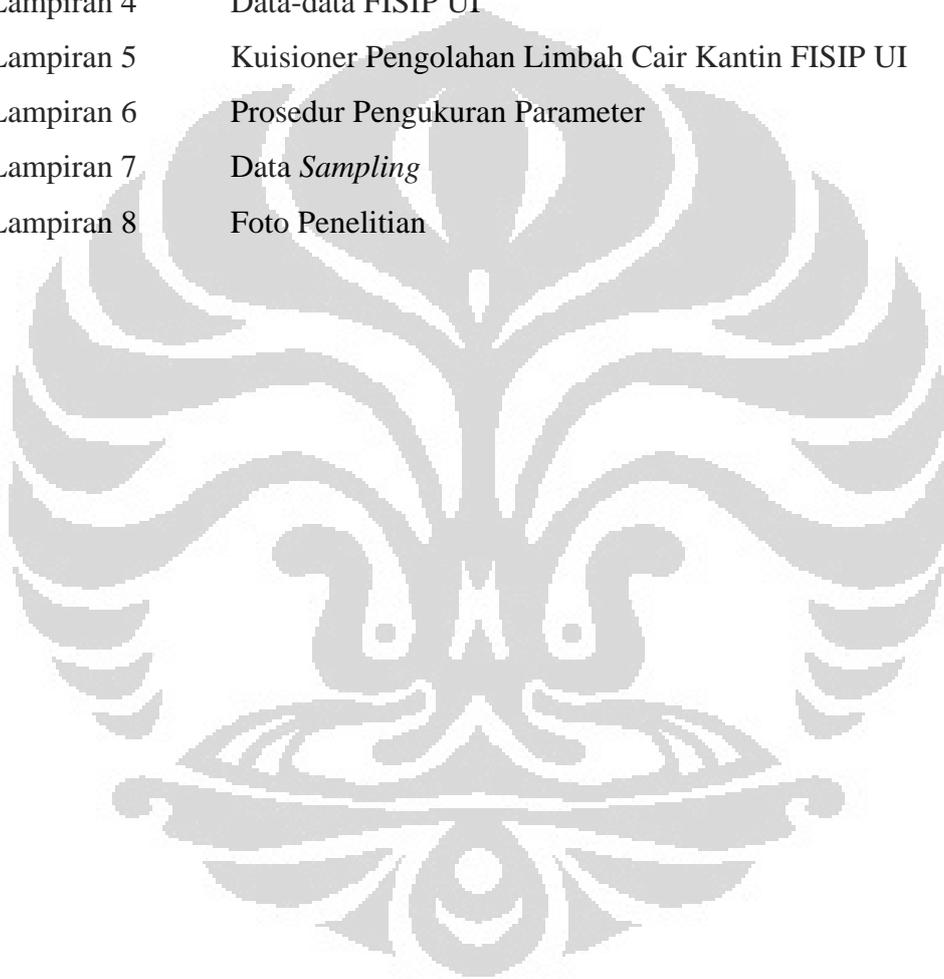
Gambar 5.2.	Grafik Perubahan pH selama Proses <i>Seeding</i> (Diukur Sebelum dan Setelah Aerasi)	87
Gambar 5.3.	Grafik Fluktuasi Kinerja <i>Biofilter</i> Skala Laboratorium untuk Parameter pH	89
Gambar 5.4.	Perbedaan pH Air Limbah Kantin Yongma Sebelum dan Setelah Pengolahan dengan Reaktor <i>Biofilter</i> selama 42 Menit	90
Gambar 5.5.	Grafik Fluktuasi Kinerja <i>Biofilter</i> untuk Paramater TSS	92
Gambar 5.6.	Perbedaan TSS Air Limbah Kantin Yongma Sebelum dan Setelah Pengolahan dengan <i>Biofilter</i> Skala Laboratorium selama 42 Menit	93
Gambar 5.7.	Grafik Fluktuasi Kinerja <i>Biofilter</i> Skala Laboratorium untuk Paramater Total Fosfat	95
Gambar 5.8.	Perbedaan Total Fosfat Air Limbah Kantin Yongma Sebelum dan Setelah Pengolahan dengan <i>Biofilter</i> Skala Laboratorium selama 42 Menit	96
Gambar 5.9.	Grafik Fluktuasi Kinerja <i>Biofilter</i> Skala Laboratorium untuk Paramater COD	99
Gambar 5.10.	Perbedaan COD Air Limbah Kantin Yongma Sebelum dan Setelah Pengolahan dengan <i>Biofilter</i> Skala Laboratorium selama 42 Menit	100
Gambar 5.11.	Grafik Fluktuasi Kinerja <i>Biofilter</i> Skala Laboratorium untuk Paramater BOD	102
Gambar 5.12.	Perbedaan Kadar BOD Air Limbah Kantin Yongma Sebelum dan Setelah Pengolahan dengan <i>Biofilter</i> Skala Laboratorium selama 42 Menit	103
Gambar 5.13.	Grafik Fluktuasi Kinerja <i>Biofilter</i> Skala Laboratorium untuk Paramater Minyak/Lemak	106
Gambar 5.14.	Perbedaan Kadar BOD Air Limbah Kantin Yongma Sebelum dan Setelah Pengolahan dengan <i>Biofilter</i> Skala Laboratorium selama 42 Menit	107
Gambar 5.15.	Bagan Alir Pengolahan Limbah Cair Kantin Yongma	111

Gambar 5.16. Bagan Alir Rekomendasi Pengolahan Limbah Cair Kantin Yongma	112
Gambar 5.17. Tampak Atas Bak Pengendapan Awal	113
Gambar 5.18. Potongan Melintang Bak Pengendapan Awal	113
Gambar 5.19. Potongan Melintang Biofilter	114
Gambar 5.20. <i>Vetiver (Vetiveria zizanioides) Grass</i>	115



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Gambar Teknik Unit Pengolahan Eksisting Limbah Cair Kantin Yongma FISIP UI	123
Lampiran 2	Perhitungan dan Gambar Teknik Unit Pengolahan Rekomendasi Limbah Cair Kantin Yongma FISIP UI	126
Lampiran 3	Grain Size Distribution	135
Lampiran 4	Data-data FISIP UI	137
Lampiran 5	Kuisisioner Pengolahan Limbah Cair Kantin FISIP UI	141
Lampiran 6	Prosedur Pengukuran Parameter	143
Lampiran 7	Data <i>Sampling</i>	155
Lampiran 8	Foto Penelitian	162



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, pencemaran air didefinisikan sebagai: “pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya” (Pasal 1, angka 11).

Air limbah Kantin Yongma FISIP UI adalah salah satu air buangan yang berkontribusi menimbulkan pencemaran jika tidak diolah terlebih dahulu. Sumber pencemar yang terkandung di dalam air limbah Kantin Yongma, diantaranya minyak/lemak, deterjen, bakteri patogen dan padatan organik dan anorganik.

Unit pengolahan yang ada untuk mengolah air limbah Kantin Yongma berupa unit penangkap lemak (*grease trap*), sumur resapan dan sumur pengumpul (*sump well*). Walaupun begitu, masih saja terdapat masalah yang disebabkan air limbah kantin ini, seperti penyumbatan pipa pembuangan air limbah (*clogging*), bau yang tidak sedap dan air limbah hasil olahan masih belum memenuhi baku mutu yang disyaratkan. Hal ini dikarenakan unit penangkap lemak (*grease trap*) yang ada kinerjanya sudah menurun sehingga efisiensi pengolahannya berkurang. Jika minyak/lemak yang mempunyai berat jenis yang lebih rendah daripada air tersebut belum terolah secara baik, maka dapat menyebabkan penyumbatan pada pipa pembuangan. Selain itu, jika minyak/lemak tersebut terbawa ke badan air permukaan dan menutupi permukaan badan air maka akan menghalangi pertukaran oksigen dan penetrasi cahaya matahari yang kemudian dapat menyebabkan penurunan kualitas air. Pengukuran efluen pengolahan air limbah kantin dengan sumur pengumpul (*sump well*) juga belum dapat memenuhi baku mutu yang disyaratkan. Untuk itu, diperlukan adanya evaluasi kinerja unit pengolahan yang sudah ada dan untuk meningkatkan efisiensi pengolahannya dapat ditambahkan unit pengolahan baru agar air olahan dapat memenuhi baku mutu yang disyaratkan.

Unit pengolahan baru yang ditambahkan harus dapat memenuhi beberapa kriteria, antara lain tidak memerlukan lahan yang luas, mudah dalam pengoperasian dan perawatan, murah, dan mampu memperbaiki kualitas air limbah kantin agar memenuhi baku mutu sebelum dibuang ke lingkungan. Salah satu unit pengolahan yang diperkirakan dapat membantu mengatasi masalah limbah cair Kantin Yongma FISIP UI adalah unit *Biofilter*. *Biofilter* merupakan sebuah pengembangan dari *Biofilter*. Namun kendala dalam penerapan *Biofilter* ini adalah besaran diameter media filter yang kurang sesuai untuk digunakan mengolah air limbah, sehingga diperlukan suatu modifikasi agar digunakan untuk mengolah air limbah. Keuntungan penggunaan *Biofilter*, antara lain tidak membutuhkan lahan yang luas, murah, membutuhkan sedikit pemeliharaan dan beroperasi secara gravitasi.

Dari gambaran diatas, maka akan dikembangkan pengolahan limbah cair Kantin Yongma FISIP UI dengan menggunakan unit penangkap lemak (*grease trap*), sumur pengumpul (*sump well*) dan *Biofilter*. *Biofilter* dipilih karena murah, tidak membutuhkan lahan yang luas, sederhana dan perawatannya mudah, serta sudah mampu mengolah air limbah. Selain itu, sesuai untuk debit limbah kantin yang kecil dan tidak terus-menerus (*intermittent*).

1.2 Rumusan Masalah

Kinerja unit penangkap lemak (*grease trap*), sumur pengumpul (*sump well*) dan *Biofilter* skala laboratorium sebagai suatu unit pengolah air limbah sangat tergantung dari karakteristik kualitas air limbah yang akan diolah dan kapasitas unit pengolahan. Terkait dengan rencana optimalisasi pengolahan dengan menggunakan unit penangkap lemak (*grease trap*), sumur pengumpul (*sump well*) dan *Biofilter* skala laboratorium sebagai unit pengolahan tambahan air limbah Kantin Yongma FISIP UI, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Seberapa besar kadar polutan yang terkandung dalam limbah cair Kantin Yongma FISIP UI ditinjau dari parameter pH, BOD, COD, TSS, Total Fosfat dan minyak/lemak.
2. Seberapa besar efisiensi pengolahan yang diperoleh dengan menggunakan unit penangkap lemak (*grease trap*) dan sumur pengumpul (*sump well*) dalam menurunkan kadar polutan yang ditinjau dari parameter pH, BOD, COD, TSS, Total Fosfat dan minyak/lemak yang terkandung dalam limbah cair Kantin Yongma FISIP UI.
3. Seberapa besar efisiensi pengolahan yang diperoleh dengan menggunakan unit penangkap lemak (*grease trap*), sumur pengumpul (*sump well*) dan *Biofilter* skala laboratorium dalam menurunkan kadar polutan yang ditinjau dari parameter pH, BOD, COD, TSS, Total Fosfat dan minyak/lemak yang terkandung dalam limbah cair Kantin Yongma FISIP UI.
4. Bagaimana rekomendasi desain perbaikan pengolahan limbah cair Kantin Yongma FISIP UI.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kadar polutan yang terkandung dalam limbah cair Kantin Yongma FISIP UI ditinjau dari parameter pH, BOD, COD, TSS, Total Fosfat dan minyak/lemak.
2. Mengetahui efisiensi pengolahan yang diperoleh dengan menggunakan unit penangkap lemak (*grease trap*) dan sumur

pengumpul (*sump well*) dalam menurunkan kadar polutan yang ditinjau dari parameter pH, BOD, COD, TSS, Total Fosfat dan minyak/lemak yang terkandung dalam limbah cair Kantin Yongma FISIP UI.

3. Mengetahui efisiensi pengolahan yang diperoleh dengan menggunakan unit penangkap lemak (*grease trap*), sumur pengumpul (*sump well*) dan *Biofilter* skala laboratorium dalam menurunkan kadar polutan yang ditinjau dari parameter pH, BOD, COD, TSS, Total Fosfat dan minyak/lemak yang terkandung dalam limbah cair Kantin Yongma FISIP UI.
4. Membuat rekomendasi desain perbaikan pengolahan limbah cair Kantin Yongma FISIP UI

1.4 Batasan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan sebelumnya, maka untuk memudahkan dalam pelaksanaan penelitian ini digunakan batasan masalah sebagai berikut:

1. Sumber limbah cair yang diukur adalah limbah cair Kantin Yongma FISIP UI. Pengukuran dilakukan terhadap debit dan kualitas limbah cair.
2. Parameter kualitas limbah cair yang diukur adalah pH, BOD, COD, TSS, Total Fosfat dan minyak/lemak.
3. Metode pengolahan limbah cair kantin yang digunakan adalah dengan unit penangkap lemak (*grease trap*), sumur pengumpul (*sump well*) dan *Biofilter* skala laboratorium.
4. Komposisi reaktor *Biofilter* adalah pasir halus, pasir kasar dan kerikil dengan ketinggian tertentu.
5. Rekomendasi yang diberikan hanya berupa desain unit pengolahan limbah cair Kantin Yongma FISIP UI.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi beberapa pihak, yaitu penulis, FISIP UI dan masyarakat. Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Penulis

Penelitian ini memberikan tambahan ilmu pengetahuan dan pengalaman yang berhubungan dengan bidang Teknik Lingkungan. Selain itu, penelitian ini diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Indonesia.

2. Bagi FISIP UI

Penelitian ini akan memberikan data mengenai kadar polutan limbah cair Kantin Yongma FISIP UI yang ditinjau dari parameter pH, BOD, COD, TSS, Total Fosfat dan minyak/lemak. Selain itu, juga memberikan suatu alternatif pengolahan limbah cair Kantin Yongma FISIP UI sehingga untuk selanjutnya tidak ada masalah dalam pengolahan limbah cair kantin.

3. Bagi Masyarakat

Penelitian ini memberikan informasi kepada masyarakat tentang kemampuan unit penangkap lemak (*grease trap*), sumur pengumpul (*sump well*) dan *Biofilter* skala laboratorium dalam menurunkan konsentrasi pH, BOD, COD, TSS, Total Fosfat dan minyak/lemak dari limbah cair kantin. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi stimulasi atau pendorong untuk peneliti lain atau masyarakat guna mempelajari alternatif-alternatif pengolahan limbah cair kantin.

4. Bagi Ilmu Pengetahuan

Penelitian ini memberikan sumbangan bagi ilmu pengetahuan dengan adanya pengembangan metode dalam pengoahan air limbah, khususnya limbah kantin.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi definisi umum limbah cair, peraturan perundang-undangan yang terkait, parameter penelitian dan teknologi pengolahan limbah cair.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan metode penelitian yang dilakukan, meliputi pendekatan penelitian, variabel penelitian, lokasi penelitian, waktu penelitian, bahan dan media penelitian, kerangka berpikir penelitian, data dan analisa data, dan metode analisis data.

BAB 4 GAMBARAN UMUM

Bab ini berisi tentang gambaran umum lokasi penelitian, yaitu Kantin Yongma FISIP UI dan unit pengolahan limbah cair eksisting di Kantin Yongma FISIP UI.

BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan hasil penelitian dan rekomendasi pengolahan limbah cair Kantin Yongma FISIP UI.

BAB 6 PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran mengenai kualitas efluen pengolahan limbah cair, kinerja unit pengolahan limbah cair eksisting dan rekomendasi perbaikan pengolahan limbah cair Kantin Yongma FISIP UI.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah

Hampir disetiap aktivitas yang kita lakukan, kita menghasilkan limbah, mulai dari proses metabolisme didalam tubuh hingga proses-proses industri yang berbasis teknologi tinggi. Menurut UU No. 23 Tahun 1997 tentang pengelolaan lingkungan hidup, pengertian limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan. Limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan manusia baik berbentuk padat, cair ataupun gas yang dipandang sudah tidak memiliki nilai ekonomis sehingga cenderung untuk dibuang.

Terdapat tiga jenis limbah, yaitu limbah padat, limbah cair, dan limbah gas. Berikut merupakan beberapa karakteristik limbah, yaitu:

- a. Berukuran mikro
- b. Dinamis
- c. Berdampak luas (penyebarannya)
- d. Berdampak jangka panjang (antar generasi)

2.2 Limbah Cair

Menurut Qasim (1985), air limbah adalah cairan atau limbah yang dibawa melalui air yang berasal dari rumah tangga, komersial, atau proses industri, bersama dengan air permukaan, air hujan atau infiltrasi air tanah. Sedangkan menurut Metcalf & Eddy (2003), air limbah adalah kombinasi dari cairan dan sampah cair yang berasal dari daerah pemukiman, perkantoran dan industri yang kadang-kadang hadir bersama air tanah, air permukaan dan air hujan. Menurut Tjokrokusumo (1998), air limbah dapat juga diartikan sebagai suatu kejadian masuknya atau dimasukkannya benda padat, cair dan gas ke dalam air dengan sifat yang dapat berupa endapan atau padat, padat tersuspensi, terlarut/koloid, emulsi yang menyebabkan air sehingga harus dipisahkan atau dibuang.

Air limbah merupakan cairan atau limbah yang terbawa ke dalam air, baik berupa benda padat, cair dan gas dengan sifat yang dapat berupa endapan

atau padat, padat tersuspensi, terlarut/koloid, emulsi, yang berasal dari rumah tangga, komersial atau proses industri, yang kadang terdapat bersama dengan air tanah, air permukaan, air hujan atau infiltrasi air tanah.

Sugiharto (1987) membagi klasifikasi sumber air limbah menjadi dua bagian, yaitu air limbah rumah tangga (*domestic wastewater*) dan air limbah industri. Limbah domestik mengandung bahan-bahan pencemar organik, non-organik dan bakteri yang sangat potensial untuk mencemari sumber-sumber air. Sumber utama air limbah domestik (rumah tangga) dari masyarakat adalah berasal dari daerah perumahan, perdagangan, kelembagaan dan rekreasi. Limbah non domestik adalah limbah yang berasal dari industri, pertanian, peternakan, perikanan, transportasi, dan sumber-sumber lain. Limbah ini sangat bervariasi terlebih lagi untuk limbah industri. Limbah pertanian biasanya terdiri atas bahan padat bekas tanaman yang bersifat organik, pestisida, bahan pupuk yang mengandung nitrogen dan sebagainya.

2.3 Limbah Cair Domestik

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang baku mutu air limbah domestik, air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restauran), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama. Limbah cair domestik terbagi dalam dua kategori, yaitu:

1. Limbah cair domestik yang berasal dari air cucian, seperti sabun, deterjen, minyak dan pestisida.
2. Limbah cair yang berasal dari kakus, seperti sabun, *shampoo*, tinja dan air seni.

Limbah cair domestik menghasilkan senyawa organik berupa protein, karbohidrat, lemak dan asam nukleat. Bahan-bahan organik dalam limbah cair dapat terurai menjadi nitrat, fosfat dan karbonat, sedangkan deterjen dapat terurai menjadi fosfat. Limbah cair domestik dapat mencemari badan air dan mengakibatkan penurunan kualitas air bila dibuang begitu saja tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Hal ini terjadi terutama pada musim kemarau saat

debit air turun. Penyebab penurunan kualitas air pada badan air dijelaskan sebagai berikut:

- a. Pertama, badan air memerlukan oksigen ekstra untuk menguraikan ikatan dalam senyawa organik (dekomposisi), akibatnya membuat badan air miskin oksigen, sehingga membuat jatah oksigen bagi biota air lainnya berkurang jumlahnya. Pengurangan kadar oksigen dalam air ini sering mengakibatkan peristiwa kematian massal pada ikan.
- b. Kedua, limbah organik mengandung padatan terlarut yang tinggi sehingga menimbulkan kekeruhan dan mengurangi penetrasi cahaya matahari bagi biota fotosintetik.
- c. Ketiga, puluhan ton padatan terlarut yang dibuang akan mengendap dan merubah karakteristik dasar badan air, akibatnya beberapa biota yang menetap di dasar badan air akan tereleminasi atau bahkan punah.

Indikator atau tanda bahwa air lingkungan telah tercemar adalah adanya perubahan atau tanda yang dapat diamati yang dapat digolongkan menjadi:

- a. Pengamatan secara fisis, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan tingkat kejernihan air (kekeruhan), perubahan suhu, dan adanya perubahan warna, bau dan rasa.
- b. Pengamatan secara kimiawi, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan zat kimia yang terlarut dan perubahan pH.
- c. Pengamatan secara biologis, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan mikroorganisme yang ada dalam air, terutama ada tidaknya bakteri patogen.

Indikator yang umum diketahui pada pemeriksaan pencemaran air adalah pH atau konsentrasi ion hidrogen, oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen, DO*), kebutuhan oksigen biokimia (*Biochemiycal Oxygen Demand, BOD*) serta kebutuhan oksigen kimiawi (*Chemical Oxygen Demand, COD*).

2.3.1 Karakteristik Limbah Cair Domestik

Komposisi limbah cair sebagian besar merupakan air, sisanya adalah partikel-partikel dari padatan terlarut (*dissolved solids*) dan partikel padat tidak terlarut (*suspended solids*). Limbah cair perkotaan mengandung lebih dari 99,9 % cairan dan 0,1 % padatan. Padatan dalam limbah cair ini terdiri dari padatan

organik dan non-organik. Zat organik terdiri dari protein (65%), karbohidrat (25%) dan lemak (10%). Sedangkan, padatan non-organik terdiri dari grit, garam-garam dan logam berat, zat ini merupakan bahan pencemar utama bagi lingkungan (Sugiharto, 1987). Zat-zat tersebutlah yang memberi ciri kualitas air buangan dalam sifat fisik, kimiawi maupun biologis.

Karakteristik limbah cair domestik, baik secara fisik, kimia maupun biologis, adalah sebagai berikut:

a. Karakteristik fisik limbah cair

Karakteristik awal limbah cair yang sangat mudah terlihat dengan mata telanjang adalah karakteristik fisik limbah cair. Penentuan derajat pencemaran air limbah juga sangat mudah terlihat dari karakteristik fisiknya. Salah satu hal yang mempengaruhi karakteristik fisik ini adalah aktivitas penguraian bahan-bahan organik pada air buangan oleh mikroorganisme. Penguraian ini akan menyebabkan kekeruhan. Selain itu, kekeruhan juga dapat terjadi akibat lumpur, tanah liat, zat koloid dan benda-benda terapung yang tidak segera mengendap.

Penguraian bahan-bahan organik juga menimbulkan terbentuknya warna. Selain itu, penguraian bahan-bahan organik yang tidak sempurna dan menyebabkannya menjadi busuk dapat menimbulkan bau. Beberapa karakteristik fisik yang penting dalam limbah cair, antara lain warna, bau adanya endapan atau zat tersuspensi dari lumpur limbah dan temperatur (Siregar, 2005).

Secara fisik karakteristik air buangan domestik dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.1. Sifat Fisik dari Air Limbah Rumah Tangga

No.	Sifat-sifat	Penyebab	Pengaruh	Cara Mengukur
1.	Suhu	Kondisi udara sekitarnya, air panas yang dibuang ke saluran dari rumah maupun dari industri	Mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen/gas lain. Juga kerapatan air, daya viskositas dan tekanan permukaan	Skala Celcius atau Fahrenheit
2.	Kekeruhan	Benda-benda tercampur, seperti limbah cair, limbah padat, garam, tanah liat, bahan organik yang halus dari buah-buahan asli, alga, organisme kecil	Memantulkan sinar matahari, jadi mengurangi produksi oksigen yang dihasilkan tanaman. Mengotori pemandangan dan mengganggu kehidupan	Pembiasan cahaya dan penyerapan pada perubahan skala standar
3.	Warna	Benda terlarut, seperti sisa bahan organik dari daun dan tanaman, buangan industri	Umumnya tidak berbahaya, dan berpengaruh terhadap kualitas estetika lingkungan	Penyerapan pada perubahan skala standar
4.	Bau	Bahan volatil, gas terlarut, hasil pembusukan bahan organik, minyak terutama dari mikroorganisme	Petunjuk adanya pembusukan air limbah sehingga perlu adanya pengolahan, mengurangi nilai estetika	Kepekaan terhadap bau dari manusia terhadap tingkat dari bau
5.	Rasa	Bahan penghasil bau, benda terlarut yang menghasilkan bau dan beberapa senyawa	Mempengaruhi kualitas air	Tidak diukur pada air limbah
6.	Benda Padat	Benda organik dan anorganik yang terlarut ataupun tercampur	Mempengaruhi jumlah bahan organik dan anorganik, merupakan petunjuk pencemaran atau kepekatan limbah meningkat	Teknik analisis gravitasi, jumlah zat padat SS, DS, TSS

Sumber : Metcalf dan Eddy (2003) (McGaughey, 1968)

b. Karakteristik biologis limbah cair

Karakteristik biologis limbah cair biasanya dipengaruhi oleh kandungan mikroorganisme dalam limbah cair tersebut. Karakteristik biologis terdiri dari mikroorganisme yang terdapat di dalam air limbah, seperti bakteri, virus, jamur, ganggang, *protozoa*, *rotifera* (hewan bertulang belakang) dan *crustacea* (kerang-kerangan) (Siregar, 2005). Karakteristik biologis ini penting, terutama dalam hubungannya dengan air minum serta untuk keperluan kolam renang.

Mikroorganisme yang berperan dalam proses penguraian bahan-bahan organik di dalam limbah cair domestik, antara lain bakteri, jamur, *protozoa* dan *algae*. Bakteri adalah mikroorganisme bersel satu yang menggunakan bahan organik dan anorganik sebagai makanannya. Bakteri yang memerlukan oksigen untuk mengoksidasi bahan organik disebut bakteri aerob, sedangkan yang tidak memerlukan oksigen disebut bakteri anaerob.

Selain bakteri, jamur juga termasuk pengurai pada limbah cair domestik. Jamur adalah mikroorganisme non-fotosintesis, bersel banyak, bersifat aerob dan bercabang atau berfilamen yang berfungsi untuk memetabolisme makanan. Protozoa adalah kelompok mikroorganisme yang umumnya motil, bersel tunggal dan tidak berdinding sel. Kebanyakan *protozoa* merupakan predator yang sering kali memangsa bakteri. Peranan *protozoa* penting bagi penanganan limbah organik karena *protozoa* dapat menekan jumlah bakteri yang berlebihan. Selain itu, *protozoa* dapat mengurangi bahan organik yang tidak dapat dimetabolisme oleh bakteri ataupun jamur dan membantu menghasilkan effluen yang lebih baik (Sugiarto, 1987).

c. Karakteristik kimia limbah cair

Karakteristik kimia limbah cair dipengaruhi oleh kandungan bahan kimia dalam limbah cair. Kandungan bahan kimia ini pada umumnya dapat merugikan lingkungan melalui berbagai cara. Bahan kimia yang umumnya terkandung dalam limbah cair, antara lain bahan organik, protein, karbohidrat, lemak dan minyak, fenol, bahan anorganik, pH, klorida, sulfur,

zat beracun, logam berat (Ni, Zn, Mg, Cd, Pb, Cu, Fe, Hg), metana, nitrogen, fosfor dan gas (O₂) (Siregar, 2005).

Kandungan bahan kimia dalam air dapat memberikan efek positif maupun negatif dalam limbah cair. Salah satu contohnya adalah bahan organik terlarut yang dapat menghasilkan DO atau oksigen terlarut, tetapi juga dapat menimbulkan bau akibat penguraian yang tidak sempurna. Penyebab bau ini adalah struktur protein sangat kompleks dan tidak stabil serta mudah terurai menjadi bahan kimia lain oleh proses dekomposisi. Di dalam air buangan domestik ditemukan karbohidrat dalam jumlah yang cukup banyak, baik dalam bentuk gula, kanji dan selulosa. Gula cenderung mudah terurai, sedangkan kanji dan selulosa lebih bersifat stabil dan tahan terhadap pembusukan (Sugiharto,1987).

Lemak dan minyak merupakan komponen bahan makanan dan pembersih yang banyak terdapat di dalam air buangan domestik. Kedua bahan tersebut berbahaya bagi kehidupan biota air dan keberadaannya tidak diinginkan secara estetika. Selain itu, lemak merupakan sumber masalah utama dalam pemeliharaan saluran air buangan. Dampak negatif yang ditimbulkan oleh kedua bahan ini adalah terbentuknya lapisan tipis yang menghalangi ikatan antara udara dan air, sehingga menyebabkan kekurangan konsentrasi DO. Kedua senyawa juga menyebabkan meningkatnya kebutuhan oksigen untuk oksidasi sempurna (Sugiharto,1987).

2.4 Limbah Cair Kantin

Limbah cair kantin berasal dari proses pencucian alat masak dan makan, serta proses pengolahan makanan/minuman. Limbah ini tergolong ke dalam limbah cair domestik. Dari hasil laboratorium, didapatkan kandungan limbah restoran, diantaranya adalah :

Tabel 2.2. Kandungan Gizi Limbah Restoran

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

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

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 organik juga dapat menaikkan kadar BOD di perairan. Demikian pula untuk buangan olahan bahan makanan yang sebenarnya adalah juga bahan buangan organik yang baunya lebih menyengat. Umumnya 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).

Tabel 2.3. Beberapa Penelitian Pengolahan Air Limbah Kantin secara Biologi dan Penurunan yang Terjadi

No.	Sumber Limbah dan Peneliti	Pengolahan	Awal (mg/L)		Akhir (mg/L)	
			COD	BOD	COD	BOD
1.	Kantin Buatan (Ismanto, 2005)	Eceng gondok (<i>Erchhornia crassipes</i>)	613,02	291,76	192,81	155,23
		Kayu apu (<i>Pistia stratiotes</i>)	192,81	155,23	129,87	113,45
		Kangkung air (<i>Ipomoea aquatica</i>)	129,87	113,45	89,43	87,71
2.	Kantin Buatan (Widia Nur Ulfah, 2009)	Kangkung air (<i>Ipomoea aquatica</i>)	1520,23	994,63	696,00	174,65

Sumber: Widia Nur Ulfah (2009)

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. Sebenarnya ada perbedaan antara sabun dan deterjen serta bahan pembersih lainnya. Sabun berasal dari asam lemak (*stearat, palmitat* atau *oleat*) yang direaksikan dengan basa Na(OH) atau K(OH), berdasarkan reaksi kimia berikut ini:



Sabun natron (sabun keras) adalah garam natrium asam lemak seperti pada contoh reaksi di atas. Sedangkan sabun lunak adalah garam kalium asam lemak yang diperoleh dari reaksi asam lemak dengan basa K(OH). Sabun lunak diberi pewarna yang menarik dan pewangi (parfum) yang enak serta bahan *antiseptic* seperti pada sabun mandi. Beberapa sifat sabun antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Larutan sabun mempunyai sifat membersihkan karena dapat mengemulsikan kotoran yang melekat pada badan atau pakaian
- b. Sabun dengan air sadah tidak dapat membentuk busa, tapi akan membentuk endapan ($\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO}$)₂Ca dengan reaksi:



- c. Larutan sabun bereaksi basa karena terjadi hidrolisis sebagian.

Sedangkan deterjen adalah juga bahan pembersih seperti halnya sabun, akan tetapi dibuat dari senyawa petrokimia. Deterjen mempunyai kelebihan dibandingkan dengan sabun, karena dapat bekerja pada air sadah. Bahan deterjen yang umum digunakan adalah *dodecylbenzensulfonat*. Deterjen dalam air akan mengalami ionisasi membentuk komponen bipolar aktif yang akan mengikat ion Ca dan/atau ion Mg pada air sadah. Komponen bipolar aktif terbentuk pada ujung *dodecylbenzen-sulfonat*. Untuk dapat membersihkan kotoran dengan baik,

deterjen diberi bahan pembentuk yang bersifat alkalis. Contoh bahan pembentuk yang bersifat alkalis adalah natrium tripolifosfat. Bahan buangan berupa sabun dan deterjen didalam air lingkungan akan mengganggu karena alasan berikut:

- a. Larutan sabun akan menaikkan pH air sehingga dapat mengganggu kehidupan organisme di dalam air. Deterjen yang menggunakan bahan non-fosfat akan menaikkan pH air sampai sekitar 10,5-11.
- b. Bahan *antiseptic* yang ditambahkan ke dalam sabun/deterjen juga mengganggu kehidupan mikroorganisme di dalam air, bahkan dapat mematikan.
- c. Ada sebagian bahan sabun atau deterjen yang tidak dapat dipecah (didegradasi) oleh mikroorganisme yang ada di dalam air. Keadaan ini sudah barang tentu akan merugikan lingkungan. Namun, akhir-akhir ini mulai banyak digunakan bahan sabun/deterjen yang dapat didegradasi oleh mikroorganisme (Warlina, 2004).

Pengolahan sederhana yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah kantin, antara lain terdiri dari *grease trap* dan unit koagulasi/flokulasi dan aerasi. Fungsi dari *grease trap* adalah untuk memisahkan *grease* (lemak) yang timbul dari buangan kantin. Selain itu, air limbah juga perlu dipisahkan padatan tersuspensinya, misalnya dengan menggunakan bahan kimia dalam unit koagulasi. Setelah itu, flok yang timbul dapat dipisahkan dengan menggunakan kolam pengendapan. Untuk kantin berkapasitas ± 200 orang, lahan yang digunakan seluas 10-20 m² (http://rss.groups.yahoo.com/group/K3_LH/rss).

2.5 Parameter Penelitian

2.5.1 pH (*Potential Hydrogen*)

Pengertian pH menurut Sawyer dan McCarty (2003), "*pH is a term used universally to express the intensity of the acid or alkaline condition of a solution*". Artinya *pH* adalah sebuah istilah yang digunakan secara universal untuk menyatakan intensitas keasaman atau alkalinitas suatu larutan.

pH menunjukkan kadar asam atau basa suatu larutan melalui konsentrasi (sebetulnya aktivitas) ion hidrogen H⁺. Ion hidrogen merupakan faktor utama untuk mengerti aktivitas kimiawi dalam ilmu teknik penyehatan karena:

- a. H^+ selalu ada dalam keseimbangan dinamis dengan air (H_2O), yang membentuk suasana untuk semua reaksi kimiawi yang berkaitan dengan masalah pencemaran air dimana sumber ion hidrogen tidak pernah habis.
- b. H^+ tidak hanya unsur molekul H_2O saja tetapi juga merupakan unsur banyak senyawa lain, hingga jumlah reaksi tanpa H^+ dapat dikatakan hanya sedikit saja.

Lewat aspek kimiawi, suasana air juga mempengaruhi beberapa hal lain, misalnya kehidupan biologi dan mikrobiologi. Peranan ion hidrogen tidak penting kalau zat pelarut bukan air melainkan molekul organik, seperti alkohol, bensin (hidrokarbon) dan lain-lain. Dalam air murni konsentrasi $[H^+]$ sama dengan konsentrasi $[OH^-]$ atau $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ (Alaerts dan Santika, 1987).

Air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan mempunyai pH sekitar 6,5-7,5. Air akan bersifat asam atau basa tergantung besar kecilnya pH. Bila pH dibawah pH normal, maka air tersebut bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH diatas pH normal bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan industri akan mengubah pH air yang akhirnya akan mengganggu kehidupan biota akuatik.

Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pH antara 7-8,5. Pada pH <4, sebagian besar tumbuhan air mati karena tidak dapat bertoleransi terhadap pH rendah. Namun ada sejenis *algae*, yaitu *Chlamydomonas acidophila* mampu bertahan pada pH 1 dan *algae Euglena* pada pH 1,6. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir pada pH yang rendah.

Pengaruh nilai pH pada komunitas biologi perairan dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.4. Nilai pH dan Pengaruhnya terhadap Perairan

Nilai pH	Pengaruh Umum
6,0 – 6,5	1. Keanekaragaman plankton dan bentos sedikit menurun
	2. Kelimpahan total, biomassa dan produktivitas tidak mengalami perubahan
5,5 – 6,0	1. Penurunan nilai keanekaragaman plankton dan bentos semakin tampak
	2. Kelimpahan total, biomassa dan produktivitas masih belum mengalami perubahan yang berarti
	3. <i>Algae</i> hijau berfilamen mulai tampak pada zona litoral
5,0 – 5,5	1. Penurunan keanekaragaman dan komposisi jenis plankton, perifilton dan bentos semakin besar
	2. Terjadi penurunan kelimpahan total dan biomassa zooplankton dan bentos
	3. <i>Algae</i> hijau berfilamen semakin banyak
	4. Proses nitrifikasi terhambat
4,5 – 5,0	1. Penurunan keanekaragaman dan komposisi jenis plankton, perifilton dan bentos semakin besar
	2. Penurunan kelimpahan total dan biomassa zooplankton dan bentos
	3. <i>Algae</i> hijau berfilamen semakin banyak
	4. Proses nitrifikasi terhambat

Sumber : Modifikasi Baker et al. (1990) dalam Efendi (2003)

2.5.2 TSS (*Total Suspended Solids*)

Total Suspended Solid (TSS) atau total padatan tersuspensi adalah segala macam zat padat dari padatan total yang tertahan pada saringan dengan ukuran partikel maksimal 2,0 μm dan dapat mengendap (Standard Methods, 2005).

Kekeruhan air erat sekali hubungannya dengan nilai TSS karena kekeruhan pada air salah satunya memang disebabkan oleh adanya kandungan zat padat tersuspensi. Zat tersuspensi yang ada dalam air terdiri dari berbagai macam zat, misalnya pasir halus, tanah liat dan lumpur alami yang merupakan bahan-bahan anorganik atau dapat pula berupa bahan-bahan organik yang melayang-layang dalam air. Bahan-bahan organik yang merupakan zat tersuspensi terdiri dari berbagai jenis senyawa seperti selulosa, lemak, protein yang melayang-layang dalam air atau dapat juga berupa mikroorganisme, seperti bakteri, *algae*, dan sebagainya.

Kekeruhan air dapat berdampak buruk terhadap nilai estetika air, sebab penilaian air bersih pertama kali dapat terlihat dari kekeruhannya. Oleh karena itu,

untuk kebutuhan air minum, nilai TSS penting untuk diperhatikan. Jika dilihat dari dampak TSS terhadap perairan, TSS dapat menyebabkan terhambatnya proses masuknya sinar matahari ke dalam perairan tersebut. Sehingga hal ini dapat menghambat proses fotosintesis dalam badan air yang berdampak pada berkurangnya kadar oksigen dalam perairan. Jika oksigen berkurang dan maka bakteri aerobik akan cepat mati karena suplai oksigennya sedikit dan bakteri anaerobik mulai tumbuh. Bakteri anaerobik akan mendekomposisi dan menggunakan oksigen yang disimpan dalam molekul-molekul yang sedang dihancurkan. Hasil dari kegiatan bakteri anaerobik dapat membentuk hidrogen sulfida (H_2S), gas yang berbau busuk dan berbahaya, serta beberapa produk lainnya.

Penentuan TSS dilakukan dengan menggunakan *glass-fiber filter*. *Glass-fiber filter* (filter gelas-fiber) adalah filter yang terbuat dari serabut kaca yang halus dan bersifat inorganis, sehingga tidak ikut terbakar pada suhu $550^{\circ}C$. Filter ini menyerap kelembaban udara, sehingga tidak perlu dikeringkan dahulu sebelum analisa zat tersuspensi, analisa zat tersuspensi organis dan inorganis. Cara pengukuran total padatan terendap pada prinsipnya adalah dengan mengeringkan residu sampel yang tertahan pada kertas saring hingga suhu $103^{\circ}C$ - $105^{\circ}C$ selama 1 jam.

2.5.3 Fosfat

Fosfat adalah bentuk persenyawaan fosfor yang berperan penting dalam menunjang kehidupan organisme akuatik. Secara alami fosfat dalam perairan berasal dari pelapukan batuan dan mineral (Jeffries & Mills, 1996). Fosfat terdapat dalam air alam atau air limbah sebagai senyawa ortofosfat, polifosfat dan fosfat-organik. Ortofosfat adalah senyawa monomer, seperti $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} dan PO_4^{3-} . Sedangkan, polifosfat (juga disebut *condensed phosphates*) merupakan senyawa polimer seperti $(PO_3)_6^{3-}$ (heksametafosfat), $P_3O_{10}^{5-}$ (tripolifosfat) dan $P_2O_7^{4-}$ (pirofosfat). Fosfat organik adalah P yang terikat dengan senyawa-senyawa organik sehingga tidak berada dalam larutan secara terlepas. Dalam air alam atau buangan, fosfor P yang terlepas dan senyawa P selain yang diatas hampir tidak ditemui.

Berdasarkan ikatan kimia, senyawa fosfat dibedakan menjadi ortofosfat, polifosfat dan fosfat organik. Berdasarkan sifat fisisnya, senyawa fosfat dibedakan menjadi fosfat terlarut, fosfat tersuspensi (tidak terlarut) dan fosfat total (terlarut dan tersuspensi). Fosfat terlarut dipisahkan oleh filter membran dengan pori 0,45 μm , dan fosfat total adalah jumlah fosfat terlarut dan tidak terlarut. Oleh karena perbedaan antara terlarut/tersuspensi tergantung dari penyaringan, definisi tersebut sebenarnya kurang tepat. Istilah yang seharusnya adalah fosfat yang lolos saringan. Namun, karena istilah tersebut agak panjang dalam Bahasa Indonesia, maka kata terlarut/tersuspensi yang digunakan (Alaerts dan Santika, 1987).

Tabel 2.5 Petunjuk Kasar bagi Pemilihan Jenis Analisa Fosfat sesuai Jenis Sampel

Senyawa Fosfat	Air Tidak/Sedikit Tercemar		Air Tercemar Oleh		
	Inventarisasi	Pemanfaatan	Penduduk	Pertanian	Industri
Fosfat Total	+		+	+	+
Ortofosfat Total					
Polifosfat Total					
Fosfat Organik Total			+		+
Fosfat Total Terlarut		+			
Ortofosfat Terlarut	+	+		+	
Polifosfat Terlarut			+		+
Fosfat Organik Terlarut					+

Sumber : Alaerts dan Santika (1987)

Untuk air yang tidak/sedikit tercemar, analisa fosfat total dan ortofosfat terlarut diperlukan untuk kegiatan inventarisasi. Sedangkan, jika air yang tidak/sedikit tercemar itu akan dimanfaatkan, maka analisa fosfat total terlarut dan ortofosfat terlarut yang perlu dilakukan. Jika air tersebut tercemar oleh buangan penduduk, maka dapat dilakukan analisa fosfat total, fosfat organik total dan polifosfat terlarut. Sedangkan jika air tercemar oleh limbah pertanian, maka analisa yang sebaiknya dilakukan adalah analisa fosfat total, dan ortofosfat terlarut. Untuk air yang tercemar oleh limbah industri, analisa yang sebaiknya

dilakukan adalah analisa fosfat total, fosfat organis total, polifosfat terlarut dan fosfat organis terlarut.

Fosfat terdapat dalam bentuk terlarut, tersuspensi atau terikat dalam sel organisme dalam air. Dalam air limbah senyawa fosfat dapat berasal dari limbah penduduk, industri dan pertanian. Di daerah pertanian ortofosfat berasal dari bahan pupuk, yang masuk ke dalam sungai melalui drainase dan air hujan. Polifosfat dapat memasuki sungai melalui air buangan penduduk dan industri yang menggunakan bahan deterjen yang mengandung fosfat, seperti industri pencucian, industri logam dan sebagainya. Pada umumnya, konsentrasi rata-rata fosfat pada air buangan penduduk biasa dicerminkan oleh perbandingan BOD : N : P (sebelum pengendapan) = 100 : 17,5 : 5. Fosfat organis terdapat dalam air buangan penduduk (tinja) dan sisa makanan. Fosfat organis dapat pula terjadi dari ortofosfat yang terlarut melalui proses biologis karena baik bakteri maupun tanaman menyerap fosfat bagi pertumbuhannya. Berbagai macam jenis fosfat juga dipakai untuk pengolahan anti-karat dan anti-kerak pada pemanas air (*bioler*).

Sumber utama fosfat dalam limbah cair kantin adalah dari penggunaan sabun cuci pada saat proses pencucian alat masak dan makan/minum. Fosfat dalam deterjen berfungsi sebagai bahan pengisi untuk mencegah menempelnya kembali kotoran pada bahan yang sedang dicuci. Penggunaan deterjen tersebut pada akhirnya akan mempercepat bertambahnya konsentrasi fosfat dalam badan air sehingga memicu pertumbuhan alga yang dapat menyebabkan eutrofikasi pada badan air (Paytan & Mc Laughlin, 2007).

Kandungan fosfor anorganik dalam deterjen berkisar antara 2-3 mg/L dan kandungan fosfor organik berkisar antara 0,5-1 mg/L. Kandungan fosfor anorganik dalam limbah domestik saat ini diperkirakan mencapai 2-3 kali lebih banyak daripada ketika deterjen sintesis belum digunakan secara luas, kecuali jika pemerintah setempat membatasi penggunaan deterjen berbasis fosfat (Gunawan, 2006).

Kandungan fosfat dalam deterjen terutama berasal dari penggunaan tetra sodium pyrophosphate yang digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*) dari seluruh campuran bahan baku dan sodium tripolyphosphate (STTP) yang merupakan

bahan penunjang dalam deterjen. Penggunaan tetra sodium pyrophosphate berfungsi untuk memperbesar atau memperbanyak volume deterjen dan semata-mata ditujukan untuk alasan ekonomi. Tetra sodium pyrophosphate berwarna putih, berbentuk bubuk dan mudah larut dalam air. Sedangkan, sodium tripolyphosphate mempunyai efek samping yang positif, yaitu dapat menyuburkan tanaman, tetapi hal ini belum tentu baik jika diterapkan pada badan air.

Bila kadar fosfat dalam air alam sangat rendah ($<0,01$ mg/l P), pertumbuhan tanaman dan ganggang akan terhalang, keadaan ini dinamakan oligotrop. Bila kadar fosfat serta nutrisi lainnya tinggi, pertumbuhan tanaman dan ganggang tidak terbatas lagi (keadaan eutrop), sehingga tanaman tersebut dapat menghabiskan oksigen dalam sungai atau kolam pada malam hari atau bila tanaman tersebut mati dan dalam keadaan sedang dicerna (*digest*). Kandungan fosfat yang tinggi dalam efluen limbah cair dapat menyebabkan eutrofikasi, yaitu tumbuhnya lumut dan *microalgae* yang berlebihan dalam badan air yang menerima limbah tersebut (Ahn, et.al., 2007; Wagner, et.al., 2002).

Eutrofikasi merupakan istilah yang digunakan untuk mendeskripsikan pengaruh biologi dari peningkatan konsentrasi unsur hara tanaman dalam suatu ekosistem perairan. Parameter yang digunakan dalam hal ini biasanya adalah nitrogen dan fosforus, walaupun kadang-kadang unsur-unsur yang lain dipergunakan juga dalam kajian eutrofikasi, misalnya silika, potasium, besi dan mangan (Harper, 1992). Penyebab terjadinya eutrofikasi menurut Morse et al (1993 dalam Saefumillah, 2003) (*The Economic and Environment Impact of Phosphorus Removal from Wastewater in the European Community*), 10 persen berasal dari proses alamiah di lingkungan air itu sendiri (*background source*), 7 persen dari industri, 11 persen dari deterjen, 17 persen dari pupuk pertanian, 23 persen dari limbah manusia, dan yang terbesar, 32 persen, dari limbah peternakan. Eutrofikasi menyebabkan adanya deteriorasi kualitas air, perubahan ekologi berupa reduksi diversitas spesies dan perubahan struktur komunitas (Hanrahan, et.al., 2002).

2.5.4 BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Pengertian BOD menurut Sawyer dan McCarty (2003), "*Biochemical Oxygen Demand (BOD) is usually defined as the amount of oxygen required by bacteria while stabilizing decomposable organic matter under aerobic conditions*". Artinya *Biochemical Oxygen Demand (BOD) atau Kebutuhan Oksigen Kimiawi (KOK) biasanya mendefinisikan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menstabilisasi materi organik yang dapat diuraikan dibawah kondisi aerobik.*

BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) adalah ukuran kandungan oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme di dalam air untuk menguraikan bahan organik yang ada di dalam air. Pengertian lainnya adalah jumlah mg oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan zat organik secara biokimiawi dalam 1 liter air selama pengeraman 5 x 24 jam pada suhu 20°C. Penguraian bahan organik diartikan bahwa bahan organik ini digunakan oleh organisme sebagai bahan makanan dan energinya diperoleh dari proses oksidasi (PESCOD, 1973).

Penguraian bahan organik secara biologis di alam, melibatkan bermacam-macam organisme dan menyangkut reaksi oksidasi dengan hasil akhir karbon dioksida (CO₂) dan air (H₂O). Pemeriksaan BOD tersebut dianggap sebagai suatu prosedur oksidasi dimana organisme hidup bertindak sebagai medium untuk menguraikan bahan organik menjadi CO₂ dan H₂O. Reaksi oksidasi selama pemeriksaan BOD merupakan hasil dari aktifitas biologis dengan kecepatan reaksi yang berlangsung sangat dipengaruhi oleh jumlah populasi dan suhu. Karenanya selama pemeriksaan BOD, suhu harus diusahakan konstan pada 20°C yang merupakan suhu yang umum di alam. Secara teoritis, waktu yang diperlukan untuk proses oksidasi yang sempurna sehingga bahan organik terurai menjadi CO₂ dan H₂O adalah tidak terbatas. Dalam prakteknya di laboratorium, biasanya berlangsung selama 5 hari dengan anggapan bahwa selama waktu itu persentase reaksi cukup besar dari total BOD.

Nilai BOD 5 hari merupakan bagian dari total BOD dan nilai BOD 5 hari merupakan 70-80% dari nilai BOD total (Sawyer & Mc Carty, 2003). Penentuan waktu inkubasi adalah 5 hari, dapat mengurangi kemungkinan hasil oksidasi ammonia (NH₃) yang cukup tinggi. Sebagaimana diketahui bahwa, ammonia

sebagai hasil sampingan ini dapat dioksidasi menjadi nitrit dan nitrat, sehingga dapat mempengaruhi hasil penentuan BOD. Reaksi kimia yang dapat terjadi adalah :

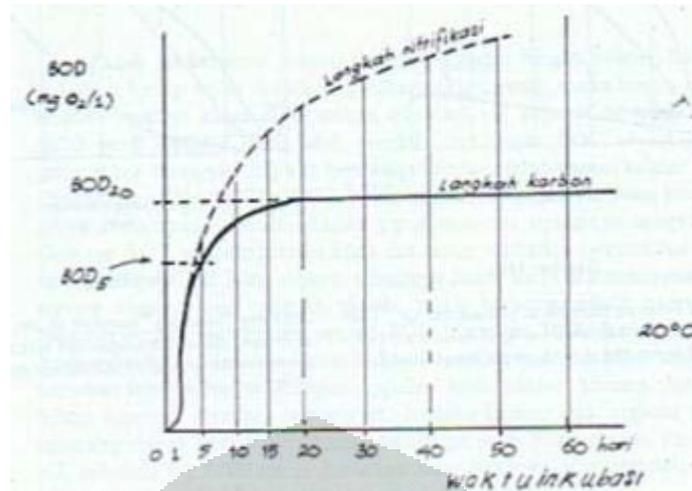


Dekomposisi bahan organik terdiri atas 2 tahap, yaitu terurainya bahan organik menjadi anorganik dan bahan anorganik yang tidak stabil berubah menjadi bahan anorganik yang stabil, misalnya ammonia mengalami oksidasi menjadi nitrit atau nitrat (nitrifikasi). Pada penentuan nilai BOD, hanya dekomposisi tahap pertama yang berperan, sedangkan oksidasi bahan anorganik (nitrifikasi) dianggap sebagai zat pengganggu.

Dengan demikian, BOD adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dalam lingkungan air untuk memecah (mendegradasi) bahan buangan organik yang ada dalam air menjadi karbondioksida dan air. Pada dasarnya, proses oksidasi bahan organik berlangsung cukup lama. Menurut Sawyer dan McCarty (2003), proses penguraian bahan buangan organik melalui proses oksidasi oleh mikroorganisme atau bakteri aerobik adalah:



Oleh karena reaksi BOD dilakukan didalam botol yang tertutup, maka jumlah oksigen yang telah dipakai adalah perbedaan antara kadar oksigen didalam larutan pada saat $t = 0$ (biasanya baru ditambah oksigen dengan aerasi, hingga 9 mgO₂/L, yaitu konsentrasi kejenuhan) dan kadarnya pada $t = 5$ hari (konsentrasi sisa harus ≥ 2 mgO₂/L agar supaya hasil cukup teliti). Oleh karena itu, semua sampel yang mengandung BOD > 6 mgO₂/L harus diencerkan supaya syarat tersebut terpenuhi (Alaerts dan Santika, 1987).



Gambar 2.1. Grafik Sederhana Proses Oksidasi Zat Organik secara Mikrobiologis
(Alaerts dan Santika, 1987)

Semakin besar kadar BOD-nya, maka merupakan indikasi bahwa perairan tersebut telah tercemar. Sebagai contoh adalah kadar maksimum BOD₅ yang diperkenankan untuk kepentingan air minum dan menopang kehidupan organisme akuatik adalah 3,0-6,0 mg/L (UNESCO/WHO/UNEP, 1992). Sedangkan berdasarkan Kepmen LH No.112 tahun 2003 nilai BOD₅ untuk baku mutu limbah cair adalah 100 mg/L.

2.5.5 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

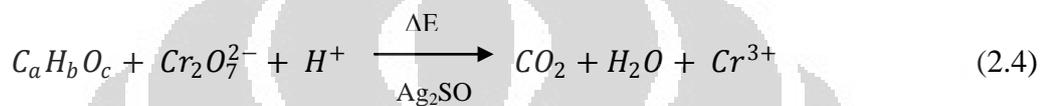
Chemical Oxygen Demand (COD) atau Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) adalah jumlah oksigen (mg O₂) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 L sampel air dimana pengoksidasi K₂Cr₂O₇ digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*) (Alaerts dan Santika, 1987).

Nilai COD berhubungan dengan kadar oksigen terlarut dan oksigen terlarut merupakan parameter penting karena dapat digunakan untuk mengetahui gerakan massa air serta merupakan indikator yang peka bagi proses-proses kimia dan biologi (Grasshoff, 1975 dalam Rohilan, 1992).

Uji KOK menggunakan pengoksidasi K₂Cr₂O₇ (kalium dikromat) sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*). Kalium dikromat digunakan sebagai agen pengoksidasi karena mampu mengoksidasi berbagai macam zat organik secara sempurna menjadi karbon dioksida dan air. Agar kalium dikromat dapat

mengoksidasi zat organik secara sempurna, larutan yang digunakan harus berupa asam kuat dan berada pada temperatur tinggi. Akibatnya, secara alamiah, akan ada kehilangan zat-zat yang menguap dan zat-zat yang terbentuk selama waktu penguraian. Kondensor refluks dapat digunakan untuk mencegah kehilangan zat-zat yang terbentuk selama penguraian dan mengizinkan sampel untuk dididihkan tanpa kehilangan sejumlah besar senyawa organik yang menguap (*Volatile Organic Compounds*).

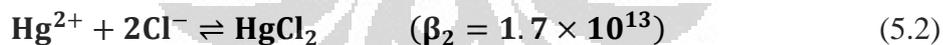
Berikut ini adalah reaksi oksidasi zat organis melalui tes COD oleh larutan $K_2Cr_2O_7$ dalam keadaan asam yang mendidih (Alaerts dan Santika, 1987):



Klorida merupakan masalah terpenting yang sering muncul karena klorida memiliki konsentrasi yang tinggi pada limbah cair. Klorida akan mengganggu kerja dan kualitas Ag_2SO_4 , dan pada keadaan tertentu turut teroksidasi oleh kalium dikromat, sesuai dengan reaksi berikut :



Gangguan ini dapat dihilangkan dengan penambahan $HgSO_4$ pada sampel. Ion merkuri akan berikatan dengan ion klorida membentuk ikatan ion merkuri-klorida lemah yang kompleks.



Analisa COD berbeda dengan analisa BOD namun perbandingan antara angka COD dengan angka BOD dapat ditetapkan. Uji COD biasanya menghasilkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan uji BOD. Hal ini disebabkan bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologis dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji COD (Sudarmaji, 1997). Agen hayati, seperti bakteri dapat mengoksidasi zat organik menjadi CO_2 dan H_2O , sedang agen kimia, seperti kalium dikromat dapat mengoksidasi lebih banyak zat, sehingga nilai COD

lebih tinggi dari BOD pada air yang sama (Suriawiria, 1993). Selulosa adalah salah satu contoh yang sulit diukur melalui uji BOD karena sulit dioksidasi melalui reaksi biokimia, akan tetapi dapat diukur melalui uji COD. Berikut ini adalah tabel perbandingan angka BOD dengan COD untuk beberapa jenis air:

Tabel 2.6. Perbandingan Rata-Rata Angka BOD₅/COD untuk Beberapa Jenis Air

Jenis Air	BOD ₅ / COD
• Air buangan domestik (penduduk)	0,40 – 0,60
• Air buangan domestik setelah pengendapan primer	0,60
• Air buangan domestik setelah pengolahan secara biologis	0,20
• Air sungai	0,10

Sumber : Alaerts dan Santika (1987)

Tidak semua zat-zat organis dalam air buangan maupun air permukaan dapat dioksidasikan melalui tes COD atau BOD. Tabel di bawah ini menunjukkan jenis zat organis/inorganik yang tidak atau dapat dioksidasikan melalui tes COD dan BOD.

Tabel 2.7. Jenis Zat-zat yang Tidak atau dapat Dioksidasi melalui Tes COD dan BOD

Jenis zat organik/inorganik	Dapat dioksidasikan melalui tes	
	COD	BOD
• Zat organis yang 'biodegradable' ^a (protein, gula, dan sebagainya)	X	X
• Selulosa, dan sebagainya	X	-
• N organis yang 'biodegradable' ^a (protein, dan sebagainya)	X	X
• N organis yang 'non-biodegradable', NO ₂ ⁻ , Fe ²⁺ , S ²⁻ , Mn ³⁺	X	-
• NH ₄ bebas (nitrifikasi)	-	X ^b
• Hidrokarbon aromatik dan rantai	X ^c	-

Sumber : Alaerts dan Santika (1987)

Keterangan:

- Biodegradable* = dapat dicerna/diuraikan.
- Mulai setelah 4 hari, dan dapat dicegah dengan pembubuhan inhibitor.
- Dapat dioksidasikan karena adanya katalisator Ag₂SO₄⁻

2.5.6 Minyak atau Lemak

Minyak lemak termasuk salah satu anggota golongan lipid yaitu merupakan lipid netral (Ketaren, 1986). Emulsi air dalam minyak terbentuk jika *droplet-droplet* air ditutupi oleh lapisan minyak dimana sebagian besar emulsi minyak tersebut akan mengalami degradasi melalui foto oksidasi spontan dan oksidasi oleh mikroorganisme (Fardiaz, 1992). Lemak termasuk senyawa organik yang relatif stabil dan sulit diuraikan oleh bakteri. Lemak dapat dirombak oleh senyawa asam yang menghasilkan asam lemak dan gliserin. Pada keadaan basa, gliserin akan dibebaskan dan dari asam lemak akan terbentuk garam basa. (Manik, K. E. S., 2003).

Limbah dapur yang dibuang melalui saluran air limbah akan menyumbangkan lemak dari sisa makanan dan sabun yang dihasilkan dari reaksi dengan predominan kation dalam air limbah (Loehr & de Navarra, 1969). Keefer (1934), mengindikasikan jumlah kandungan minyak dalam limbah berkisar antar 14 hingga 36 persen.

Apabila minyak/lemak tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air penerima maka akan membentuk selaput. Minyak akan membentuk ester dan alkohol atau gliserol dengan asam lemak. Gliseril dari asam lemak dalam fase padat maka dikenal dengan nama lemak, sedangkan apabila dalam fase cair disebut minyak (Sugihato, 1987).

Efek buruk dari minyak dan lemak adalah menimbulkan permasalahan pada saluran air limbah dan bangunan pengolah air limbah. Bahan buangan berminyak yang dibuang ke air lingkungan akan mengapung menutupi permukaan air. Jika bahan buangan minyak mengandung senyawa yang *volatile*, maka akan terjadi penguapan dan luas permukaan minyak yang menutupi permukaan air akan menyusut. Penyusutan minyak ini tergantung pada jenis minyak dan waktu. Lapisan minyak pada permukaan air dapat terdegradasi oleh mikroorganisme tertentu, tetapi membutuhkan waktu yang lama, sebab minyak dan lemak terutama tahan terhadap perombakan secara anaerob. Lapisan minyak di permukaan akan mengganggu mikroorganisme dalam air. Ini disebabkan lapisan tersebut akan menghalangi difusi oksigen dari udara ke dalam air, sehingga oksigen terlarut akan berkurang. Juga lapisan tersebut akan menghalangi masuknya sinar matahari

ke dalam air, sehingga fotosintesis pun terganggu. Selain mengapung pada permukaan air, minyak/lemak juga akan menempel pada dinding bangunan dan terakumulasi yang kemudian akan menimbulkan penyumbatan pada saluran. Sifat minyak/lemak:

- a. Tidak berbau, tidak berwarna dan tidak punya rasa, mempunyai berat jenis lebih kecil dari pada berat jenis air.
- b. Tidak larut dalam dalam air, sedikit larut dalam alkohol.
- c. Mudah larut dalam karbon disulfida, terpetin, karbon tetra khlorida, eter, petroleum eter.
- d. Lemak merupakan pelarut organik yang baik.
- e. Dapat dihidrolisa oleh asam, basa, enzim lipase atau oleh pemanasan yang tinggi.
- f. *Racidity* (sifat tengik). Ini terjadi apabila minyak/lemak dibiarkan berhubungan dengan udara. Hal ini karena hidrolisis terbentuk asam lemak yang rantai atom C-nya pendek sehingga berbau keras atau teroksidasi ikatan rangkap, sehingga akan pecah membentuk keton, aldehida atau asam karboksilat rantai pendek yang berbau (Anonim, 1994).

Minyak lemak terdiri dari 3 (tiga) macam, yaitu (Riawan, 1997):

- a. Minyak mineral dalam minyak ini terkandung senyawa-senyawa hidrokarbon.
- b. Minyak *essensial* (minyak asiri)
- c. Minyak *fixed* yaitu tidak mudah menguap (*Trigilliserida*)

Sumber minyak lemak, antara lain:

- a. Hewan
Jaringan minyak dibawah kulit, antara otot-otot, sekeliling alat tubuh, dalam sumsum tulang dan lain-lain.
- b. Tumbuhan
 - Terutama dalam benih-benih (contohnya minyak kelapa, palem, kacang, dan sebagainya)
 - Terdapat dalam daun-daunan juga bunga.

Dengan mengetahui jumlah minyak dan lemak yang terdapat dalam air limbah, akan dapat membantu memperkirakan kesulitan-kesulitan pada operasi

instalasi, menentukan efisiensi instalasi dan dalam pengawasan pembuangan air limbah lebih lanjut ke badan air. Sedangkan dengan mengetahui jumlah minyak/lemak yang terdapat pada lumpur dapat memperkirakan waktu pembusukan dan masalah penghilangan dalam air.

2.6 Baku Mutu Limbah Domestik

2.6.1 Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik

Berdasarkan Kepmen LH No. 112 tahun 2003, yang dimaksud dengan air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restauran), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama. Sedangkan, yang dimaksud dengan baku mutu air limbah domestik adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah domestik yang akan dibuang atau dilepas ke air permukaan. Baku mutu air limbah domestik dalam keputusan ini berlaku bagi rumah makan (restauran) yang luas bangunannya lebih dari 1000 meter persegi.

Dalam peraturan ini juga disebutkan bahwa pengolahan air limbah domestik terpadu adalah sistem pengolahan air limbah yang dilakukan secara bersama-sama (kolektif) sebelum dibuang ke air permukaan. Parameter yang dipersyaratkan dalam peraturan ini adalah sebagai berikut:

Tabel 2.8. Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6 - 9
BOD	mg/l	100
TSS	mg/l	100
Minyak dan Lemak	mg/l	10

Sumber : Kepmen LH No. 112 Tahun 2003

2.7 Alternatif Pengolahan Limbah Cair Kantin

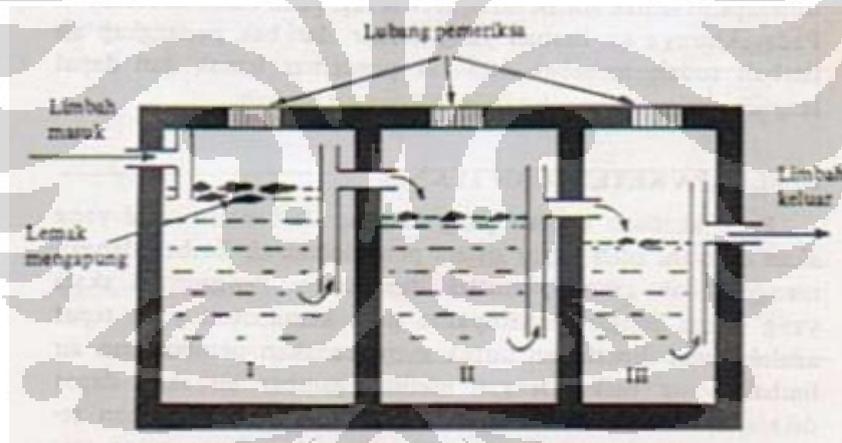
2.7.1 Grease Trap

Grease trap, *inceptor*, atau *seprator* merupakan sebuah unit yang didesain untuk menghilangkan *grease* (minyak) dan *fat* (lemak) dari limbah dapur. Air limbah yang telah diolah menggunakan unit pengolahan yang didesain

dan dirawat secara baik tidak boleh menyebabkan *clogging* (penyumbatan) pada pipa dan juga tidak boleh membahayakan kehidupan mikroorganisme dan bakteri yang hidup mengendap dalam tangki septik (Salvato, 1982).

Minyak/lemak merupakan salah satu kendala dalam pengolahan air limbah, sebab minyak/lemak pada saat panas menjadi cair sedangkan apabila berada di daerah dingin akan melekat pada dinding saluran. Minyak/lemak yang melekat pada saluran air limbah dapat menyumbat pipa pengolahan yang kemudian menimbulkan *clogging*.

Untuk menghadapi kesulitan terhadap adanya minyak/lemak di dalam air limbah, maka perlu adanya bangunan penangkap minyak/lemak sebelum air limbah dibuang ke dalam saluran air limbah. Perusahaan yang banyak menghasilkan lemak, antara lain rumah makan, pemotongan hewan, pompa bensin serta bengkel mobil. Untuk lebih jelasnya maka berikut ini adalah potongan melintang bak penangkap lemak yang dimaksud (Sugiharto, 1987).



Gambar 2.2. Penampang Melintang Bangunan Penangkap Lemak
(Sugiharto, 1987)

Pada bak penampung lemak di atas terlihat bahwa bak dibagi menjadi tiga bagian, yaitu bak I, bak II dan bak III dimana satu sama lain dihubungkan oleh pipa yang diletakkan secara berurutan dengan ketentuan bahwa letak pipa pengeluaran pada bak berikutnya selalu lebih rendah dari pipa sebelumnya. Pada salah satu ujung dan saluran dipasang pipa yang berbentuk huruf T dengan salah satu ujungnya dimasukkan ke dalam air limbah. Pembuatan bentuk seperti ini

dimaksudkan agar air limbah yang mengalir ke bak I dan bak II berasal dari dalam bak bagian bawah karena pada bagian atasnya merupakan tempat mengapungnya lemak yang akan diambil (Sugiharto, 1987).

Air limbah masuk dari sumber asalnya ke bak I, pada bak ini akan mengalami pengapungan karena sifat lemak itu sendiri, sedangkan pada bagian bawah adalah cairan limbah itu sendiri. Air limbah ini akan keluar dari bak I melalui pipa berbentuk T dari bagian bawah menuju ke bak II. Karena air limbah keluar dari bagian bawah, maka lemak yang mengapung tidak akan ikut mengalir sehingga lemak akan tertinggal pada bak I. Untuk mengambil lemak dari bak I dilakukan secara manual/diambil dengan serok. Apabila masih terdapat sisa lemak yang bisa lolos ke bak II, maka pada bak ini akan mengalami proses yang sama seperti mereka berada pada bak I. Demikian seterusnya, mereka sampai pada bak III diharapkan lemak sudah tidak tersisa lagi pada bak-bak tersebut. Pada akhirnya air limbah yang keluar dari bak penangkap air limbah sudah terbebas dari zat pencemar lemak dan dapat langsung dibuang ke saluran pembawa air limbah (Sugiharto, 1987).



Gambar 2.3. Salah Satu Contoh *Grease Trap* yang Bisa Diaplikasikan Diatas dan Bawah Tanah

(<http://www.grease-eater.co.uk/above-and-below-ground-grease-traps-355-c.asp>, 2010)

2.7.2 Sumur Pengumpul (*Sump Well*)

Sumur pengumpul (*sump well*) adalah sumur pengumpul/penampung sementara air baku dari sumber sebelum dipompakan ke Instalasi Pengolahan Air (IPA) (<http://ciptakarya.pu.go.id/pam/Istilah/Istilah.htm>, 2008).

Sumur pengumpul merupakan salah satu bangunan pengolahan pendahuluan dalam perencanaan bangunan pengolahan air limbah. Sumur

pengumpul biasanya dilengkapi dengan pompa yang berfungsi untuk memompakan air limbah ke instalasi pengolahan air limbah. Sumur pengumpul berfungsi untuk menampung air limbah dari saluran air limbah (*intercepting sewer*) yang kedalamannya berada di bawah permukaan instalasi pengolahan air limbah.

Jenis sumur pengumpul dibedakan menjadi dua, yaitu:

- **Sumur basah**
Merupakan sumur pengumpul yang menggunakan pompa *submersible*, dimana motor pompa terpasang di atas level muka air di dalam sumur basah sedangkan bagian pompa terendam.
- **Sumur kering**
Merupakan sumur pengumpul yang menggunakan salah satu dari *self-priming/suctionlift centrifugal pump* atau pompa sumur kering/pompa dipasang dalam kompartemen yang terpisah dengan air yang dihisap.

Terdapat beberapa pertimbangan dalam perencanaan pembuatan sumur pengumpul, yaitu:

- **Karakteristik air limbah**
Beberapa hal yang harus diperhatikan, antara lain *suspended solid, floating solid*, ukuran maksimum benda yang diperbolehkan berada dalam air limbah, densitas, temperatur, tekanan dan lain-lain.
- **Debit air limbah**
Debit minimum, debit puncak dan debit rata-rata harus diperhitungkan dalam perencanaan sumur pengumpul.
- **Rencana letak**
Rencana letak memperhitungkan skema perpipaan dan profil hidrolis dari sumur basah sampai dengan fasilitas penerima.
- **Elevasi muka air**
Elevasi muka air minimum dan maksimum pada sumur basah, dan elevasi muka air pada fasilitas penerima harus diperhatikan dalam pembuatan sumur pengumpul. Nilai-nilai elevasi muka air tersebut ditetapkan setelah dilakukan evaluasi terhadap elevasi air pada influen *sewer*, rencana *layout* dan pertimbangan hidrolis berdasarkan rencana, pertimbangan terhadap

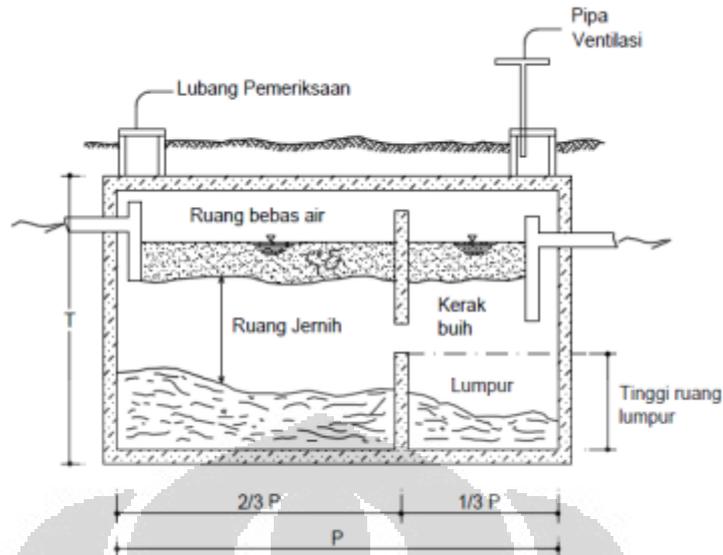
terjadinya air pasang, pertimbangan rencana tata letak dan kebutuhan operasi dan peralatan.

2.7.3 *Septic Tank*

Tangki Septik (*Septic Tank*) adalah tangki pengolah yang terbuat dari bahan yang rapat air berfungsi sebagai bak pengendap limbah yang ditujukan untuk menampung kotoran padat untuk melakukan pengolahan secara biologis oleh bakteri dalam waktu tertentu (*Glossary Perkim*, 2002).

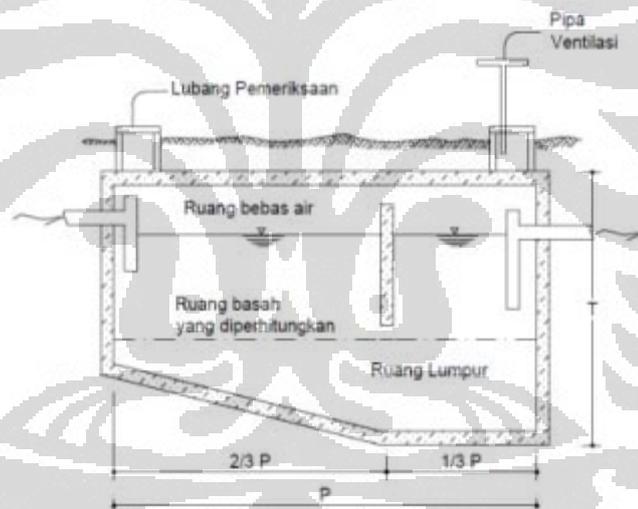
Sebuah tangki septik merupakan tangki rapat air yang didesain untuk memperlambat pergerakan air limbah dan kotoran yang ada didalamnya sehingga padatan dapat dipisahkan atau diendapkan dan didegradasi dengan *liquefaction* (pencairan) dan kegiatan bakteri anaerobik. Tangki ini tidak memurnikan kotoran, mengurangi bau atau menghancurkan semua padatan. Tangki septik hanya menyederhanakan kondisi dari limbah dan kotoran sehingga dapat dibuang tanpa menyebabkan penyumbatan. Penghilangan padatan tersuspensi mencapai 50-70% dan BOD₅ sekitar 60% (Salvato, 1982).

Tangki septik merupakan suatu ruangan yang terdiri atas beberapa kompartemen yang berfungsi sebagai bangunan pengendap untuk menampung kotoran padat agar mengalami pengolahan biologis oleh bakteri anaerob dalam jangka waktu tertentu. Untuk mendapat proses yang baik, sebuah tangki septik haruslah hampir terisi penuh dengan cairan, oleh karena itu tangki septik haruslah kedap air (Sugiharto 1987).



Gambar 2.4. Tangki Septik Konvensional

(Tata Cara Perencanaan Prasarana/Sarana Pengembangan Lingkungan Permukiman, 2008)



Gambar 2.5. Modifikasi Tangki Septik

(Tata Cara Perencanaan Prasarana/Sarana Pengembangan Lingkungan Permukiman, 2008)

Septic tank merupakan kombinasi dari tangki sedimentasi dan degradasi dimana kotoran diolah selama 24 jam. Selama periode ini *settleable suspended solids* diendapkan menuju dasar tangki. Aliran keluar dari *septic tank* ditutup oleh keberadaan dua dinding penghalang. Dinding penghalang dibagi menjadi tiga komponen dan limbah dapat masuk kapan saja selama jangka waktu 24 jam. *Septic tank* dibangun di dalam tanah dimana tidak terdapat oksigen dan cahaya matahari, sehingga pengolahan terjadi dalam kondisi anaerobik. Bakteri

mendekomposisi berbagai material organik sehingga mengurangi nilai BOD. Proses dekomposisi tersebut menyebabkan pengurangan volume limbah dan menghasilkan berbagai gas, seperti karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄) dan hidrogen sulfida (H₂S). Hidrogen sulfida menimbulkan bau yang tidak sedap dan merupakan ciri dari gas *septic tank*. Oleh karena itu, sebaiknya dilakukan pengaturan yang baik untuk ventilasi *septic tank* (Gaur, R. C., 2008).

Prinsip operasional tangki septik adalah pemisahan partikel dan cairan partikel yang mengendap (lumpur) dan juga partikel yang mengapung (*scum*) disisahkan dan diolah dengan proses dekomposisi anaerobik. Pada umumnya bangunan tangki septik dilengkapi dengan sarana pengolahan efluen berupa bidang resapan (sumur resapan). Tangki septik dengan peresapan merupakan jenis fasilitas pengolahan air limbah rumah tangga yang paling banyak digunakan di Indonesia. Pada umumnya diterapkan di daerah pemukiman yang berpenghasilan menengah keatas, perkotaan, serta pelayanan umum. Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam penggunaan tangki septik:

- Kecepatan daya serap tanah > 0,0146 cm/menit.
- Cocok diterapkan di daerah yang memiliki kepadatan penduduk < 500 jiwa/ha.
- Dapat dijangkau oleh truk penyedot tinja.
- Tersedia lahan untuk bidang resapan.

Berikut ini adalah kriteria dasar perancangan *septic tank* yang dapat melayani hingga 20 pengguna:

Tabel 2.9. Rekomendasi Ukuran *Septic Tanks*

Jumlah Pengguna	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman Air (Waktu Pembersihan/Pengurasan) (m)	
			2 Tahun	3 Tahun
5	1,5	0,75	1,0	1,05
10	2,0	0,9	1,0	1,4
15	2,0	0,9	1,3	2,0
20	2,3	1,1	1,3	1,8

Sumber : Gaur, R. C. (2008)

Pada tabel diatas kapasitas telah dihitung berdasarkan asumsi bahwa hanya buangan dari kamar mandi (WC) yang diperbolehkan masuk ke dalam *septic tank*. *Septic tank* tersebut harus memiliki *free board* (ruang tambahan untuk keamanan dan akumulasi gas) dengan ketinggian 300 mm.

Walaupun *septic tank* dapat digunakan untuk mengolah air limbah dengan baik, namun masih terdapat sejumlah *dissolved* dan *suspended solids* yang berupa padatan organik dan patogen. Oleh karena itu, air olahan *septic tank* walaupun tidak memerlukan pengolahan lanjutan, tetapi harus dibuang secara hati-hati ke lingkungan. *Septic tank* disarankan digunakan oleh komunitas kecil dan daerah yang tidak mampu dilayani oleh IPAL.

2.7.4 Biofilter

Penyaringan merupakan salah satu prinsip unit operasi yang biasa digunakan dalam teknologi pengolahan air, baik air minum maupun air limbah. Penyaringan digunakan untuk menghilangkan padatan tersuspensi dari air minum ataupun air limbah yang dihasilkan baik dari proses koagulasi ataupun pengolahan dengan menggunakan mikrobiologi. Beberapa faktor penting dalam proses penyaringan, antara lain kekeruhan air baku, media penyaring, tinggi lapisan penyaring, kemudahan pencucian kembali dan ketinggian resisten kimia.

Salah satu teknologi yang telah banyak digunakan dalam proses penyaringan air adalah *Intermittent Slow Sand Filtration* (IOSSF). IOSSF bukanlah teknologi baru dalam pengolahan air limbah (Anderson et al., 1985). IOSSF merupakan pengembangan dari *slow sand filter* yang diaplikasikan dalam skala rumah tangga. Saringan pasir lambat merupakan teknologi pengolahan air tertua yang digunakan saat awal dikenalnya teknologi pengolahan air pada awal abad 19. Pertama kali dikembangkan oleh John Gibb di Paisley, Skotlandia untuk pengolahan air. Desain tersebut kemudian dikembangkan oleh Robert Thom tahun 1827 yang kemudian diikuti oleh James Simpson yang merupakan saringan pasir lambat pertama kali dibangun dalam skala besar di London pada tahun 1829 oleh Chelsea Water Company (Baker, 1949).

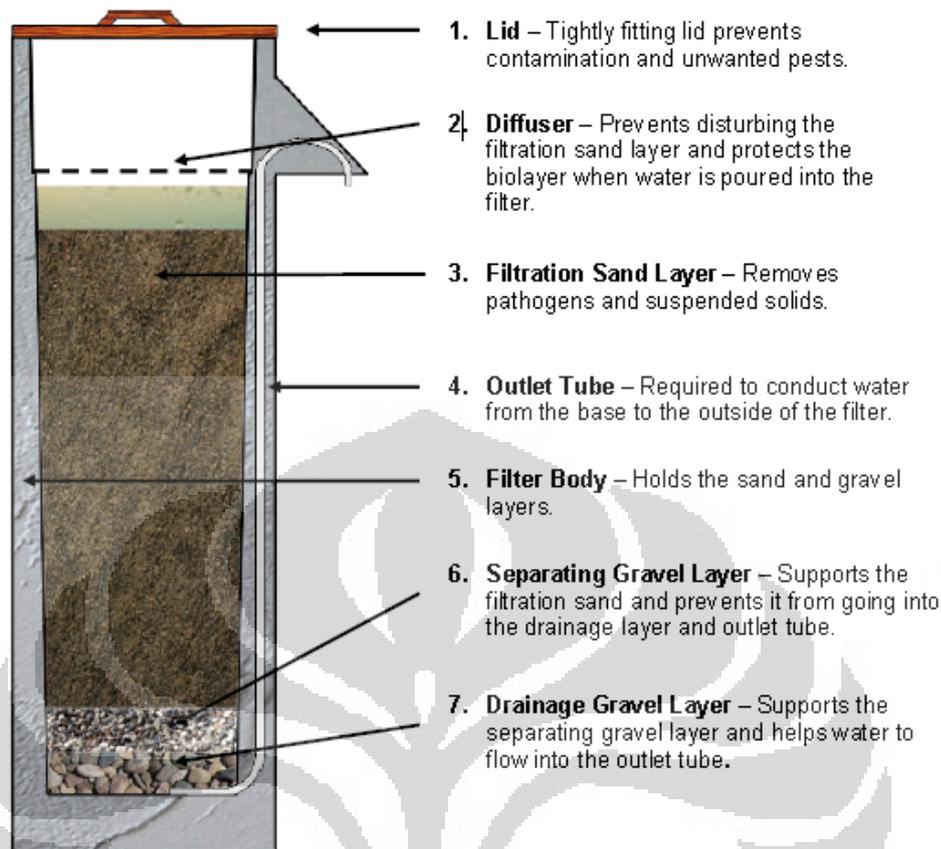
Namun kendala dalam penerapan *slow sand filter* ini adalah kebutuhan lahan yang cukup luas sehingga untuk penerapan dalam skala rumah tangga perlu

modifikasi seperti yang dilakukan oleh Manz dengan mengoperasikan secara *intermittent* (aliran tidak terus menerus). Sehingga teknologi tersebut dinamakan *Intermittent Slow Sand Filter* (IOSSF) atau *Biofilter*. IOSSF yang telah diaplikasikan selama beberapa tahun di beberapa Negara, seperti Nicaragua, Ethiopia, Kenya serta beberapa penelitian skala laboratorium menunjukkan hasil yang bagus namun masih dibawah *slow sand filter* konvensional (CAWST, 2010).

Biofilter merupakan sebuah adaptasi dari *traditional slow sand filter*, dimana telah digunakan oleh berbagai komunitas dalam mengolah air selama hampir 200 tahun. *Biofilter* berbentuk lebih kecil dan diadaptasi untuk penggunaan *intermittent*, hal ini membuat *Biofilter* sangat cocok untuk digunakan skala rumah tangga (CAWST, 2010).

BSF sangat mirip dengan saringan pasir lambat dalam arti bahwa mayoritas dari filtrasi dan perpindahan kekeruhan terjadi di puncak lapisan pasir dalam kaitan dengan ukuran pori-pori yang menurun disebabkan oleh penguraian partikel butir. Teknologi ini dapat mencapai 99,99 % penghilang virus tipus. Keuntungan teknologi ini selain murah, membutuhkan sedikit pemeliharaan dan beroperasi secara gravitasi (Murcott dan Lucas, 2002).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa saringan pasir lambat efektif untuk menghilangkan *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium oocysts*, *Candida albicans*, *Faecal streptococci*, *Clostridium perfringens*, *Campylobacter*, total coliform, *E coli*, kekeruhan dan partikel bahkan logam berat (Bellamy, 1984; Collins, 1998; Muhammad, 1997; El-Taweel, 2000; Hijnen, 2003).



Gambar 2.6. Penampang Melintang *Biofilter*
(CAWST, 2010)

Gambar diatas menunjukkan potongan melintang dan komponen dari *Biofilter*. Berikut ini adalah penjelasan mengenai komponen-komponen tersebut:

- *Lid* (penutup), berfungsi untuk mencegah kontaminan dan padatan dari lingkungan sekitar masuk ke dalam *Biofilter*.
- *Diffuser* (saringan pembaur), berfungsi untuk melindungi lapisan pasir atau media yang ada dan lapisan *biolayer* terganggu saat air baku dituangkan ke dalam *Biofilter*.
- *Filtration Sand Layer* (lapisan pasir penyaring), berfungsi untuk menghilangkan patogen dan padatan tersuspensi.
- *Outlet Tube* (pipa air olahan), berfungsi untuk mengalirkan air olahan dari dasar filter menuju bagian luar filter.
- *Filter Body* (kontainer filter), berfungsi sebagai wadah dari pasir dan kerikil (media) yang digunakan.

- *Separating Gravel Layer* (lapisan kerikil pemisah), berfungsi untuk mendukung proses filtrasi dan menahan pasir yang digunakan ikut keluar bersama air olahan.
- *Drainage Gravel Layer* (lapisan pasir drainase), berfungsi untuk mendukung *separating gravel layer* dan membantu aliran air menuju pipa air olahan.

Biofilter didesain 5 cm di bagian atas air dilapisi pasir halus. Ketinggian 5 cm telah dilaporkan dapat menjadi ketinggian optimum dari perpindahan patogen. Jika tingkatan air terlalu dangkal, lapisan *biofilm* dapat lebih mudah terganggu karena rusak oleh kecepatan datangnya air. Disisi lain, jika tingkatan air terlalu dalam, jumlahnya tidak cukup pada difusi O₂ pada *biofilm*. Mengakibatkan kematian dari mikroorganisme pada lapisan *biofilm*. Sebagai tambahan sebesar 5 cm untuk melindungi lapisan air, kotak pendifusi diatas lapisan butir-butir pasir memberikan tujuan yang penting untuk mengurangi kecepatan dari input air yang dapat merusak lapisan paling atas dari pasir. Ketika air yang terkontaminasi mikroba dimurnikan dengan *Biofilter* organisme pemangsa predator yang berada di lapisan *biofilm* akan memakan patogen-patogen yang ada (Tommy & Sophie, 2003).

Faktor yang berperan penting dalam *Biofilter* adalah ukuran butiran pasir dan kedalaman pasir. Keduanya memiliki efek penting dalam ilmu bakteri dan kualitas air secara fisik. Kebanyakan literatur merekomendasikan bahwa ukuran pasir yang efektif yang digunakan untuk saringan pasir lambat yang dioperasikan sekitar 0,15-0,35 mm dan keseragaman koefisien sekitar 1,5-3 mm (Murcott & Lucas, 2002).

Tabel 2.10. Syarat-Syarat Kualitas Air pada *Slow Sand Filter*

Parameter Kualitas Air	Kualitas Air yang Mengacu pada Referensi 1991		
	Spencer, et al.	Cleasby	Di Bernardo
Kekeruhan (NTU) ¹⁾	5 – 10	5 5 µg/l ³⁾	10

Alga (units/ml)	200 ²⁾		250
True Colour (PCU)	15 – 25		5
Dissolved Oxygen (mg/l)	>6		
Phospate (PO ₄) (mg/l)	30		
Ammonia (mg/l)	3		
Total Iron (mg/l)	1	0,3	20
Mangan (mg/l)		0,05	0,2
Fecal Coliform (CFU/100 ml)			200

Sumber : Smet dan van Wijk (2002)

- 1) Jenis kekeruhan dan distribusi partikel dapat menyebabkan perubahan kualitas air dari *effluent* SSF.
- 2) Jumlah dan jenis alga yang ada sangat penting. Disarankan untuk membuat pelindung untuk filter.
- 3) Batasan ini berhubungan dengan klorofil A di air, yang secara tidak langsung digunakan untuk mengukur kandungan alga.

Tabel 2.11. Efisiensi Pengolahan dengan Menggunakan SSF (*Slow Sand Filter*)

Parameter Kualitas Air	Removal	Keterangan
Bakteri	90 – 99,9%	
Virus	99 – 99,9%	20°C : 5 log pada 0,2 m/j dan 3 log pada 0,4 m/j 6°C : 3 log pada 0,2 m/j dan 1 log pada 0,4 m/j
Giardia cyst	99-99,99%	Efisiensi sangat tinggi, bahkan sesaat setelah filter dibersihkan
Cryptosporidium	>99,9%	
Cercaria	100%	
Kekeruhan	<1 NTU	Tingkat kekeruhan dan distribusi partikel mempengaruhi kapasitas pengolahan
Pestisida	0-100%	
DOC ¹⁾	5-40%	
UV-absorbance (254 nm)	5-35%	
Warna (<i>true colour</i>)	25-40%	
UV-absorbance (400 nm)	15-80%	
TOC ²⁾ , COD ³⁾	<15-25%	
AOC	14-40%	
BDOC	46-75%	
Besi dan Mangan	30-90%	

Sumber : Smet dan van Wijk (2002)

- 1) DOC = *dissolved organic carbon*
- 2) TOC = *total organic carbon*
- 3) COD = *chemical organic demand*

2.7.4.2 Mekanisme Penyisihan Kontaminan dalam *Biofilter*

Pada *Biofilter* terdapat beberapa mekanisme dalam penyisihan kontaminan-kontaminan di dalam air limbah. Mekanisme tersebut antara lain (Huisman, 2004):

a. *Mechanical straining*

Dengan ukuran media 0,15 mm, maka partikel berukuran $>20 \mu\text{m}$ akan tertahan pada media. Sedangkan partikel berukuran 5-10 μm akan tertahan seiring dengan pertambahan deposit partikel di permukaan media pada saat operasional filter. Koloid (0,001-1 μm) dan bakteri (1 μm) tidak dapat disisihkan dengan mekanisme ini. *Mechanical straining* terutama terjadi pada permukaan filter sampai kedalaman 5 cm.

b. Sedimentasi

Partikel mengendap pada permukaan media filter. Pengendapan ini terjadi akibat aliran air di dekat media, dimana efisiensi sedimentasi sangat dipengaruhi oleh beban permukaan dan kecepatan pengendapan pada pori media. Untuk partikel yang mempunyai kecepatan mengendap lebih besar dari beban permukaan akan mengendap seluruhnya, sedangkan dengan diameter yang lebih kecil akan mengendap sebagian.

c. Adsorpsi

Adsorpsi dapat terjadi secara aktif ataupun pasif. Secara aktif, adsorpsi dipengaruhi oleh gaya tarik antar dua partikel (gaya *Van der Waals*) dan gaya tarik elektrostatis antara muatan yang berbeda (gaya *Coulomb*). Sedangkan adsorpsi secara pasif dipengaruhi oleh interaksi dan ikatan kimia.

d. Biokimia

Beberapa partikel yang terakumulasi di permukaan media akan mengalami proses biokimia, seperti oksidasi Fe^{2+} dan Mn^{2+} dari bentuk terlarut menjadi bentuk yang tidak larut. Hal yang sama terjadi pula pada bahan-bahan organik terlarut, yang dimanfaatkan sebagai elektron donor untuk pembangkitan energi mikroorganisme. Tetapi oksidasi biokimia ini hanya dapat berjalan secara optimal pada kondisi dimana terdapat cukup waktu kontak dan temperatur tidak terlalu rendah.

e. Aktivitas bakteri

Aktivitas bakteri melibatkan akumulasi mikroorganisme di permukaan filter, kematian bakteri akibat adanya predator dan juga pengurangan mikroorganisme akibat berkurangnya *supply* elektron donor. Aktivitas mikroorganisme pada permukaan filter dikenal sebagai lapisan *Schmutzdecke*, dimana lapisan ini tersusun dari matriks gelatin bakteri, jamur, protozoa, rotifera dan larva serangga air. Seiring dengan makin bertambahnya usia *Schmutzdecke* maka alga cenderung untuk tumbuh dan kemungkinan organisme akuatik yang lebih besar akan muncul, seperti brizoa, siput dan cacing.

Patogen dan *suspended solids* dihilangkan melalui kombinasi proses biologis dan fisik yang berlangsung di lapisan *biolayer* dan di lapisan pasir. Proses ini meliputi *mechanical trapping*, *predation*, *adsorption* dan *natural death* (CAWST, 2010).

a. *Mechanical trapping*

Patogen dan *suspended solids* secara fisik terperangkap diantara lapisan pasir.

b. *Predation*

Patogen dimakan oleh mikroorganisme di dalam *biolayer*.

c. *Adsorption*

Patogen saling berikatan satu sama lain, berikatan di *suspended solid* di dalam air dan di butiran pasir.

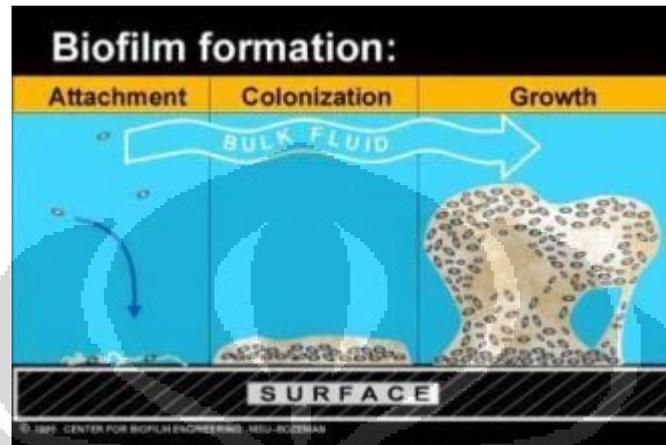
d. *Natural death*

Siklus hidup patogen selesai atau mati karena tidak ada cukup makanan dan oksigen untuk bertahan hidup.

2.7.4.3 Lapisan *Biofilm* atau *Schmutzdecke*

Kata *Schmutzdecke* berasal dari bahasa Jerman yaitu berarti 'Lapisan kotor'. *Schmutzdecke* dapat juga dikatakan sebagai *biofilm*, yaitu populasi atau komunitas dari mikroorganisme yang melekat dan tumbuh pada sebuah permukaan padat (*solid*) yang tergenang air. Lapisan film yang lengket ini, yang mana berwarna merah kecoklatan, terdiri dari bahan organik yang terdekomposisi, besi, mangan dan silika. Oleh karena itu, bertindak sebagai suatu saringan yang

baik yang berperan untuk menghilangkan partikel-partikel koloid dalam air baku. *Schmutzdecke* juga merupakan suatu zona dasar untuk aktivitas biologi, yang dapat mendegradasi beberapa bahan organik yang dapat larut pada air baku, yang mana bermanfaat untuk mengurangi rasa, bau dan warna (WEDC, 1999).



Gambar 2.7. Proses Pertumbuhan *Biofilm*
(Center for Biofilm Engineering MSU-Bozeman, 1995)

Biasanya istilah *schmutzdecke* digunakan untuk menandakan zona aktivitas biologi yang umumnya terjadi di dalam *bed* pasir. Bagaimanapun, zona ini berbeda dalam kaitan dengan fungsi gandanya yang meliputi penyaringan mekanis, kedalaman *schmutzdecke* bisa dikatakan dapat menghubungkan kepada zona penetrasi dari partikel-partikel padatan dimana ukurannya yaitu antara 0,5-2 cm dari *bed* suatu *BSF*. Pada cakupan kedalaman ini, *schmutzdecke* menggabungkannya dengan lapisan biologi yang lebih dalam dan partikel-partikel bebas yang mengalir ke dalam zona ini setelah melintasi lapisan *schmutzdecke* tersebut. Zona yang lebih dalam ini bukan merupakan sebuah zona penyaringan mekanis tetapi lebih merupakan suatu lanjutan area perlakuan secara biologis.

Schmutzdecke perlu didiamkan tanpa adanya gangguan. Hal ini dilakukan sehingga populasi biologi yang ada di puncak pasir tidaklah diganggu atau ditekan, yang mana tidak membiarkan lapisan *film* yang penuh untuk dihancurkan, yang akan mengurangi efek ketegangan pada *film* tersebut sedangkan partikel padatan akan terdorong lebih lanjut ke dalam pasir itu.

2.7.4.4 Pematangan Lapisan *Biofilm*

Lapisan *biofilm* merupakan kunci komponen dari filter ini yang menghilangkan patogen. Tanpa ini, filter hanya mampu menghilangkan 30-70% patogen melalui *mechanical trapping* dan *adsorption*. Lapisan *biofilm* yang ideal akan meningkatkan efisiensi pengolahan sampai dengan 99% untuk menghilangkan patogen (Center for Affordable Water and Sanitation Technologies, 2010).

Studi dari Bellamy et al., menyimpulkan bahwa lapisan pasir baru dapat memusnahkan 85% dari bakteri koliform. Sedangkan lapisan pasir yang matang secara biologis, persentase peningkatan pemusnahan lebih dari 99% dari bakteri koliform.

Biofilter membutuhkan periode satu hingga tiga minggu untuk membentuk lapisan *biofilm*. Periode ini memungkinkan pertumbuhan yang cukup dari lapisan biologis dalam lapisan pasir. Namun, butuh 30 hari agar lapisan *biofilm* tumbuh secara menyeluruh. Selama waktu pertumbuhan *biofilm*, efisiensi penghilangan dan kebutuhan oksigen akan meningkat. Lapisan *biofilm* tidak dapat terlihat, *biofilm* bukan merupakan sebuah selubung hijau berlumpur diatas lapisan pasir. Pasir filtrasi akan berubah warna menjadi kehitaman, tetapi hal ini terjadi seiring dengan terperangkapnya *suspended solids* (Center for Affordable Water and Sanitation Technologies, 2010).

Periode pematangan terjadi pada saat *Biofilter* terpasang pertama kali, atau ketika lapisan *biofilm* rusak (selama pembersihan penyaringan). Periode pematangan dapat diperpendek beberapa hari dan bisa juga lama sampai beberapa minggu, tergantung dari temperatur air dan mekanisme kimia. Sebagai contoh, konsentrasi tinggi dari senyawa organik dalam pengaruh air dapat memacu pematangan *biofilm*.

Selama periode pematangan lapisan *biofilm* beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam mendukung pertumbuhan lapisan *biofilm*, antara lain suhu, pH, kandungan oksigen dan nutrisi. Selain keempat hal tersebut, faktor lain yang mempengaruhi pertumbuhan *biofilm* adalah interaksi antar bakteri, permukaan tempat melekatnya bakteri, kelembaban permukaan, ikatan ion, makanan yang tersedia, ikatan Van Der Waals, tegangan serta kondisi permukaan (Yung, 2003).

Efek suhu pada bakteri bisa dilihat dengan menghitung populasi bakteri tersebut. Kebanyakan mikroorganisme tumbuh pada kisaran suhu tertentu. Suhu minimum pertumbuhan merupakan suhu terendah dimana bakteri tersebut dapat tumbuh. Sedangkan suhu maksimum pertumbuhan merupakan suhu tertinggi dimana bakteri tersebut dapat tumbuh. Mikroorganisme tumbuh tercepat pada suhu optimumnya. Panas dapat meningkatkan tabrakan antar molekul yang kemudian akan meningkatkan aktivitas enzim. Pada suhu yang dekat dengan suhu maksimum pertumbuhan, pertumbuhan berhenti, hal ini kemungkinan disebabkan oleh inaktifnya enzim. Begitu juga sebaliknya jika suhu mendekati suhu minimum pertumbuhan. Oleh karena di dalam proses *biofilm* substrat maupun enzim dapat terdifusi sampai ke bagian dalam lapisan *biofilm* dan juga lapisan *biofilm* bertambah tebal maka pengaruh penurunan suhu (suhu rendah) tidak begitu besar (<http://www.bppt.go.id>, 2010).

2.7.4.5 Pembersihan *Biofilter*

Pasir di dalam *Biofilter* membutuhkan pembersihan periodik. Hal ini umumnya dikarenakan lapisan *biofilm* dalam *Biofilter* terus terakumulasi dan tumbuh hingga tekanan akan aliran hilang atau karena lapisan *biofilm* menjadi berlebihan. Lapisan *biofilm* dalam *Biofilter* dan saringan pasir lambat biasanya dibersihkan setiap 1 hingga 3 bulan tergantung pada level kekeruhan. Namun, jika kekeruhan air begitu tinggi, pasir membutuhkan pembersihan setiap 2 minggu sekali atau bahkan sesering mungkin. Selain kekeruhan, jumlah pembersihan juga tergantung pada distribusi partikel, kualitas air yang masuk dan temperatur air (Center for Affordable Water and Sanitation Technologies, 2010).

Pembersihan filter untuk *Biofilter* jauh lebih sederhana dibanding filter yang lain sebab *Biofilter* tidak perlu dikeringkan. Saat tingkat filtrasi menurun drastis, waktu retensi hidrolis akan meningkat, yang menunjukkan bahwa *Biofilter* perlu dibersihkan. Pembersihan kondisi turbiditas normal hanya dengan cara memecah lapisan *biofilm* dengan cara mengaduk secara perlahan-lahan air di atas lapisan *biofilm*. Oleh sebab itu, kedalaman air 5 cm cukup penting untuk efisiensi *BSF* sebab hal ini berguna untuk mencegah pasir dari kekeringan di

lapisan atas. Selain itu juga nantinya air tersebut akan diambil untuk dibuang sebanyak kurang lebih 2 cm saat pembersihan (Center for Affordable Water and Sanitation Technologies, 2010).

2.7.4.6 Keuntungan dan Kerugian *Biofilter*

Keuntungan *Biofilter*:

a. Efektif

Biofilter merupakan unit pengolahan yang dapat berdiri sendiri sekaligus dapat memperbaiki kualitas air secara fisik, kimia dan biologis, bahkan dapat menghilangkan bakteri patogen tetapi dengan ketentuan operasi dan pemeliharaan filter dilakukan secara benar dan baik.

b. Murah

Karena pada dasarnya saringan pasir lambat tidak memerlukan energi dan bahan kimia serta pembangunannya tidak memerlukan biaya besar, biaya konstruksinya akan lebih murah dari biaya konstruksi saringan pasir cepat.

c. Sederhana

Karena operasi dan pemeliharaannya murah, tidak memerlukan tenaga khusus yang terdidik dan terampil, sehingga cara ini cocok untuk digunakan di daerah pedesaan, khususnya di negara-negara yang sedang berkembang.

Kerugian *Biofilter*:

a. Sangat sensitif dengan variasi pH air baku.

b. Waktu pengendapan air baku cukup lama sehingga proses filtrasi juga berlangsung lama apabila kapasitas besar.

Karena pencucian umumnya dilakukan secara manual sehingga akan membutuhkan tenaga manusia yang banyak, tetapi dalam skala kecil tidak terlalu berat.

2.8 Debit

Debit air adalah volume air yang mengalir di dalam suatu saluran per satuan waktu. Pengukuran volume untuk kotak persegi panjang dan tabung/silinder, dapat dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$V_{kotak} = p \times l \times d$$

Dimana:

V: volume kotak persegi panjang, m^3

p: panjang, m

l: lebar, m

d: tinggi/kedalaman, m



Gambar 2.8. Bentuk Geometris Tabung

([http://id.wikipedia.org/wiki/Tabung_\(geometri\)](http://id.wikipedia.org/wiki/Tabung_(geometri)), 2011)

$$V_{tabung} = \pi \times r^2 \times h$$

Dimana:

V_{tabung} : volume tabung/silinder, m^3

Π : konstanta, $\frac{22}{7}$ atau 3,14

r: jari-jari tabung/silinder, m

h: tinggi/kedalaman, m

Dalam ilmu mekanika fluida, debit air dalam aliran pada wadah yang sama memiliki debit yang sama di setiap titik.

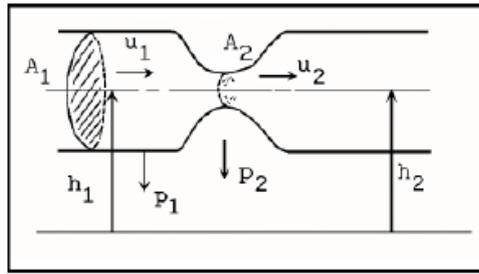


Figure 1.2: The venturimeter

Gambar 2.9. Venturimeter

(Potter & Wiggert, 1997)

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Sehingga,

$$Q = \frac{V}{t}$$

Dimana:

Q: debit, m³/detik

V: volume, m³

t: waktu, detik

2.9 Kecepatan Aliran

Bagian fundamental dari proses pengolahan air adalah kecepatan dari air yang mengalir, dimana sebanding dengan debit dibagi dengan area limpasan air atau luas penampang vertikal dari suatu wadah (Davis, 1991). Perhitungan kecepatan aliran air dapat dilakukan sebagai berikut:

$$v = \frac{Q}{A}$$

Dimana:

v: kecepatan aliran, m/detik

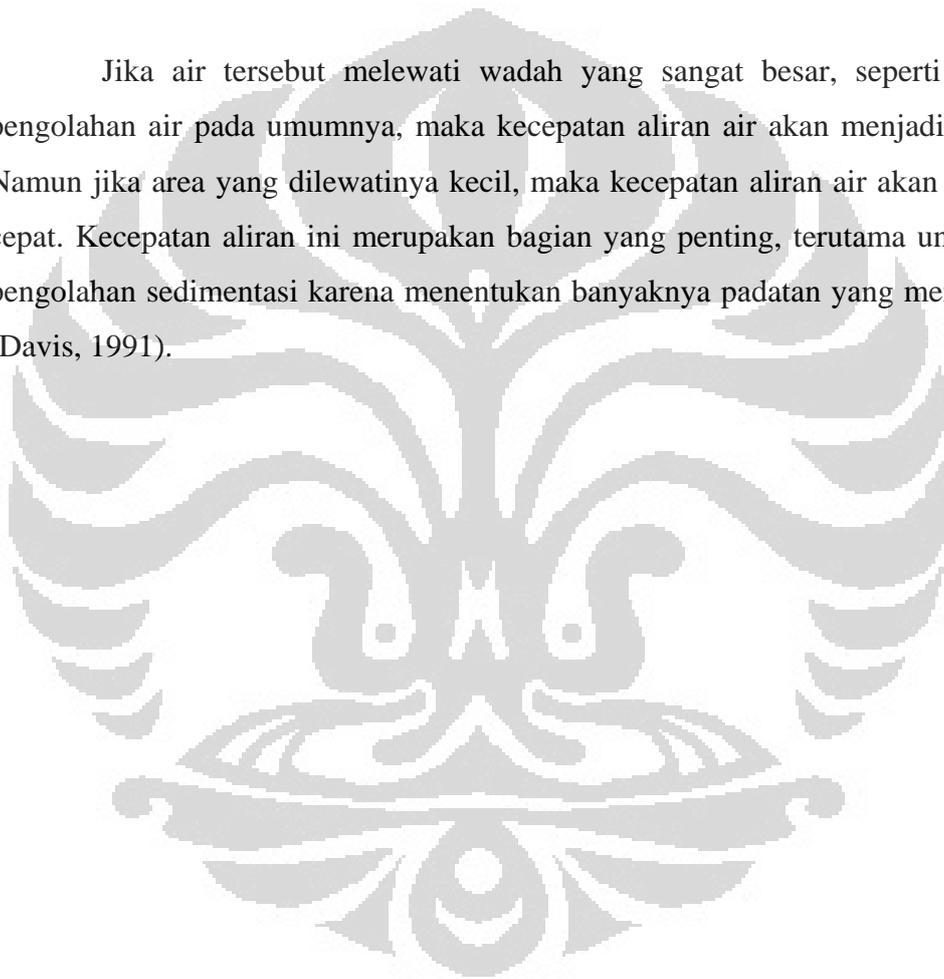
Q: debit, m³/detik

A: luas penampang vertikal, m²

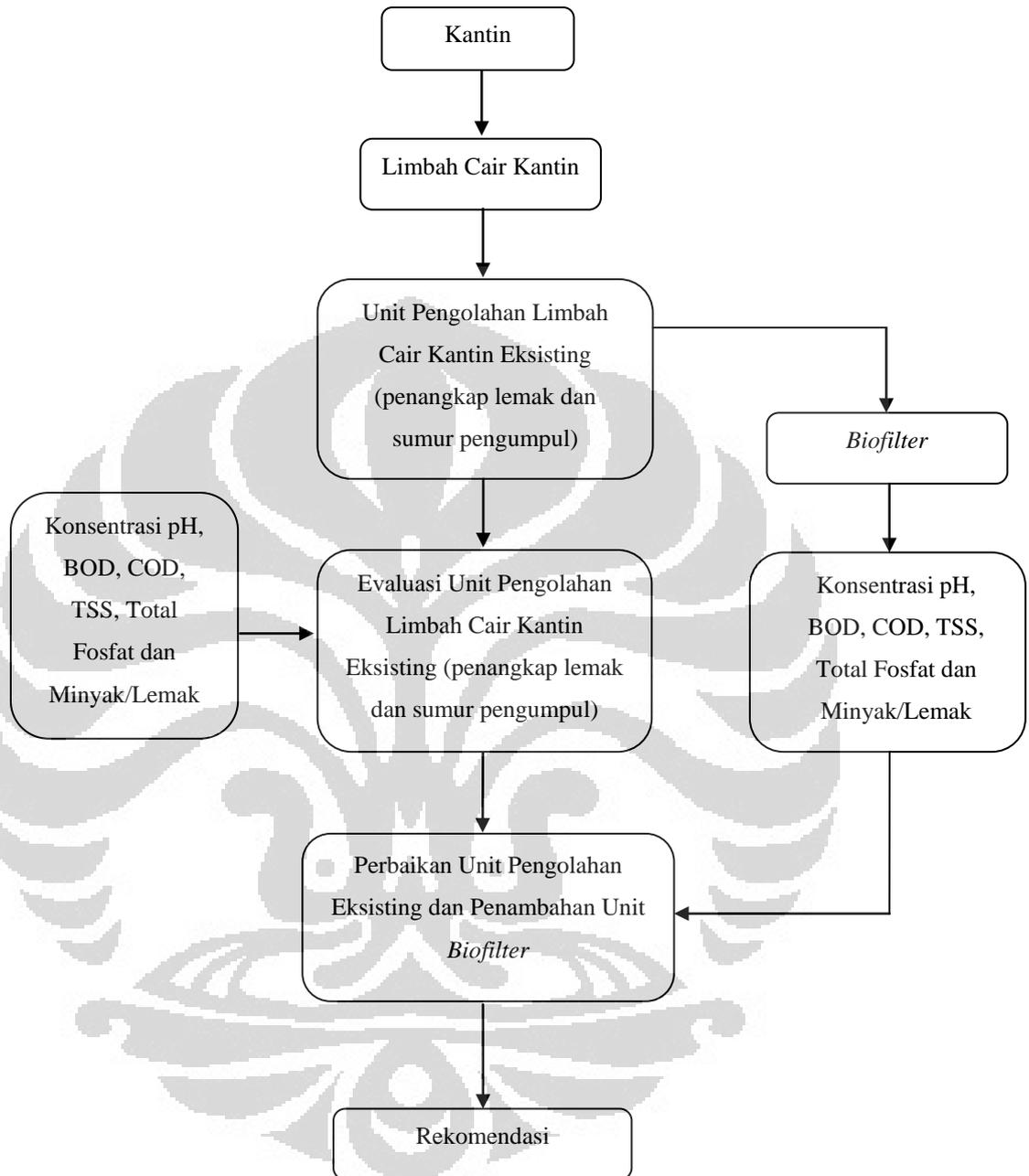
Gambar 2.10. Luas Penampang Vertikal pada Venturimeter

(Potter & Wiggert, 1997)

Jika air tersebut melewati wadah yang sangat besar, seperti di unit pengolahan air pada umumnya, maka kecepatan aliran air akan menjadi lambat. Namun jika area yang dilewatinya kecil, maka kecepatan aliran air akan menjadi cepat. Kecepatan aliran ini merupakan bagian yang penting, terutama untuk unit pengolahan sedimentasi karena menentukan banyaknya padatan yang mengendap (Davis, 1991).



2.10 Kerangka Berpikir



BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini merupakan penelitian laboratorium (*Laboratory Experiment*), yang dilaksanakan dalam skala laboratorium. Pendekatan penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yang mengumpulkan data kuantitatif dan membutuhkan analisis kuantitatif. Sesuai dengan ciri pendekatan kuantitatif, akan diambil beberapa faktor yang dianggap mewakili atau menjelaskan fenomena dan pencarian hubungan non-kausal atau kausal antar faktor tersebut. Faktor yang diambil adalah parameter air limbah domestik (pH, BOD, COD, TSS, Total Fosfat dan Minyak/Lemak) untuk menjelaskan efisiensi pengolahan terhadap unit pengolahan yang digunakan, yaitu penangkap lemak (*grease trap*), sumur pengumpul (*sump well*) dan *Biofilter* skala laboratorium.

3.2 Variabel Penelitian

a. Variabel Bebas (*Independent Variable*):

- Penangkap Lemak (*Grease Trap*) dan Sumur Pengumpul (*Sump Well*)
Penangkap lemak (*grease trap*) dan sumur pengumpul (*sump well*) yang digunakan adalah penangkap lemak (*grease trap*) dan sumur pengumpul (*sump well*) yang sudah ada (eksisting) di unit pengolahan limbah cair Kantin Yongma FISIP UI.
- *Biofilter* Skala Laboratorium
Diameter media dan tinggi/ketebalan media yang digunakan, yaitu:

Tabel 3.1. Diameter dan Ketinggian Media *Biofilter*

Media	Diameter (mm)	Ketinggian Media <i>Biofilter</i>	
		mm	cm
Pasir Halus	0,85	550	55
Pasir Kasar	2	50	5
Kerikil	6,3	200	20
Total		800	80

Sumber : Perhitungan Penulis (2010).

- Debit limbah cair kantin

b. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

Parameter limbah cair yang diteliti adalah pH, BOD, COD, TSS, Total Fosfat dan Minyak/Lemak dari Kantin Yongma FISIP UI, Kampus Baru UI Depok.

3.3 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah kandungan pH, BOD, COD, TSS, Total Fosfat dan Minyak/Lemak dari limbah cair Kantin Yongma FISIP UI.

3.4 Lokasi Penelitian

Adapun lokasi-lokasi yang digunakan sebagai tempat penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Kantin Yongma FISIP UI, Kampus Baru UI Depok
Merupakan tempat pengambilan sampel limbah cair.
- b. Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan, Teknik Sipil, Universitas Indonesia
Merupakan tempat analisis sampel limbah cair kantin, baik untuk analisis awal dan setelah dilakukan pengolahan. Parameter yang dianalisis adalah pH, BOD, COD, TSS dan Total Fosfat. Selain itu, dilakukan juga penelitian mengenai *Biofilter* skala laboratorium.
- c. Laboratorium Afiliasi, Departemen Kimia FMIPA, Universitas Indonesia
Merupakan tempat analisis konsentrasi minyak/lemak dari sampel limbah cair kantin, baik untuk analisis awal dan setelah dilakukan pengolahan.
- d. Laboratorium Mekanika Tanah, Teknik Sipil, Universitas Indonesia
Merupakan tempat pengayakan media filter, yaitu pasir halus dan pasir kasar. Selain pengayakan dilakukan juga pengeringan media dengan menggunakan oven.
- e. Laboratorium Bahan, Teknik Sipil, Universitas Indonesia
Merupakan tempat pengayakan media filter, yaitu kerikil.

3.5 Bahan dan Alat Penelitian

3.5.1 Bahan Penelitian

Pada penelitian ini, media pengisi *Biofilter* diayak/disaring terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam unit *Biofilter*. Hal tersebut dilakukan agar mendapatkan diameter butiran yang sama/seragam. Pada saat mengayak alat yang digunakan adalah mesin pengayak dimana ukuran ayakan berdasarkan ukuran *mest*.

Pada awalnya digunakan *mest* ¼ inci sehingga mendapatkan diameter 6,3 mm untuk media kerikil, kemudian *mest* 18 dengan ukuran 0,85 mm untuk media pasir kasar dan *mest* 40 dengan ukuran 0,25 mm untuk media pasir halus. Ukuran diameter media ini sesuai dengan petunjuk pembuatan alat *Biosand Filter* yang dikeluarkan oleh CAWST (*Center For Affordable Water and Asanitation Tecnologies*) tahun 2010, sebab *Biofilter* merupakan modifikasi dari alat *Biosand Filter*. Kemudian dilakukan pengujian kecepatan aliran alat *Biofilter* untuk mengolah limbah cair Kantin Yongma FISIP UI. Namun, hasilnya didapatkan kecepatan aliran yang sangat lambat sehingga dikhawatirkan alat *Biofilter* akan mudah terjadi *clogging* (penyumbatan).

Kemudian dilakukan modifikasi diameter butiran media *Biofilter* agar didapatkan kecepatan aliran yang sesuai. *Mest* yang digunakan antara lain *mest* ¼ inci dengan ukuran 6,3 mm untuk media kerikil, kemudian *mest* 10 dengan ukuran 2 mm untuk media pasir kasar dan *mest* 18 dengan ukuran 0,85 mm untuk media pasir halus. Media yang baik akan mengalami penyusutan maksimal 2% dari berat awal.



Gambar 3.1. Media Filter berupa Pasir Halus dengan diameter 0,85 mm
(Dokumentasi Penulis, 2011)



Gambar 3.2. Saringan Pasir No. 18 yang Digunakan untuk Mengayak Media

(Dokumentasi Penulis, 2011)

Kecepatan aliran air untuk pengolahan air minum menggunakan alat *Biosand Filter* yang dikeluarkan oleh CAWST (2010) adalah 16,667 ml/detik (1 L/menit) saat alat kosong (tanpa media) dan maksimum 6,667 ml/detik (0,4 L/menit) saat terisi media. Sedangkan kecepatan aliran air dengan menggunakan alat *Biofilter* yang sudah dimodifikasi adalah 19,5 ml/detik (0,0195 L/detik) saat alat kosong (tanpa media) dan saat alat terisi media sebesar 41,5 ml/detik (0,0415 L/detik). Kecepatan aliran air yang diperoleh dari alat *Biofilter* skala laboratorium yang sudah dimodifikasi dirasakan sudah sesuai untuk mengolah air limbah kantin. Sebab, bila kecepatan aliran air disamakan dengan petunjuk yang dikeluarkan CAWST, sangat lambat dan akan cepat terjadi *clogging* (penyumbatan).

Media pasir yang digunakan tidak direkomendasikan menggunakan pasir yang berasal dari sungai, sebab biasanya pasir ini mengandung patogen yang berasal dari kotoran manusia dan hewan, serta berbagai material organik. Selain itu, pasir pantai juga tidak direkomendasikan sebab mengandung garam, material organik dan kontaminan lain yang akan larut dalam air olahan. Jika kedua jenis pasir ini digunakan maka akan memperburuk kualitas air olahan. Walaupun jika terpaksa digunakan, maka diperlukan pengolahan terlebih dahulu untuk menghilangkan kontaminan-kontaminan yang terkandung didalamnya. Salah satu pengolahan yang dapat dilakukan adalah desinfeksi menggunakan klorin atau menjemurnya dibawah sinar matahari atau melalui proses pemanasan lainnya (CAWST, 2010). Dalam penelitian ini digunakan pasir sungai, tetapi sudah mengalami pengolahan terlebih dahulu, yaitu dengan dicuci untuk menghilangkan

kandungan lumpur dan kotoran, kemudian dioven pada suhu 200°C sebanyak dua kali. Oven yang pertama bertujuan untuk menghilangkan kandungan air dalam pasir/kerikil yang akan diayak, dan oven yang kedua digunakan untuk menghilangkan kandungan air setelah media diayak dan dicuci.

3.5.2 Alat Penelitian

Pada penelitian ini, unit pengolahan pertama yang digunakan adalah penangkap lemak (*grease trap*) yang telah ada di Kantin Yongma FISIP UI. Limbah cair efluen dari unit penangkap lemak (*grease trap*) dan sumur pengumpul (*sump well*) kemudian akan diolah menggunakan *Biofilter* skala laboratorium yang sudah dimodifikasi. Jumlah unit *Biofilter* yang digunakan sebanyak 1 buah. Dimensi unit *Biofilter* yang telah direncanakan adalah:

- a. Diameter unit : 10 cm
- b. Tinggi unit : 100 cm
- c. Tinggi total media : 80 cm
- d. Tinggi air diatas media pasir halus : 5 cm
- e. Tinggi dari muka air ke *perforated baffle* : 2 cm
- f. *Freeboard* (fb) : 13 cm
- g. Diameter *perforated baffle* : 10 cm



Gambar 3.3. Kontainer Media *Biofilter* Skala Laboratorium

(Dokumentasi Penulis, 2010)

Kontainer media menggunakan tabung yang terbuat dari bahan plastik transparan sehingga perubahan kondisi media dapat terlihat. Kemudian akan ditambahkan *diffuser plate* yang berfungsi untuk menyaring kotoran dan membaurkan air yang masuk ke dalam media sehingga lapisan *biofilm* tidak akan rusak akibat kecepatan datangnya air.



Gambar 3.4. Reaktor *Biofilter*
(Dokumentasi Penulis, 2011)

Gambar 3.5. *Baffle* yang Terdapat dalam *Biofilter*
(Dokumentasi Penulis, 2011)

3.6 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan selama 4 bulan, bulan ke-1 sampai bulan ke-4. Pada bulan ke-1 akan disiapkan *Biofilter* skala laboratorium dan media pengisinya, yaitu pasir halus, pasir kasar dan kerikil. Lalu akan dilakukan proses *seeding* yang memakan waktu kurang kurang lebih 4 minggu. Setelah proses *seeding* selesai, dilakukan pengujian efisiensi kerja unit pengolahan eksisting dan *Biofilter* skala laboratorium terhadap sampel limbah yang diujikan. Pengujian efisiensi dilakukan pada minggu ke-5, ke-6, ke-7 dan ke-8 setelah proses *seeding* selesai dilakukan.



Tabel 3.2. 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
Persiapan Alat dan Bahan <i>Biofilter</i>			■	■																				
<i>Seeding</i> lapisan <i>biofilm</i>				■	■																			
Pengujian kematangan <i>biofilm</i> (<i>Tes COD</i>)						■																		
Pembongkaran dan Persiapan Alat dan Bahan <i>Biofilter</i>						■	■																	
<i>Seeding</i> lapisan <i>biofilm</i>							■	■	■	■														
Pengujian kematangan <i>biofilm</i> (<i>Tes COD</i>)									■	■	■													
Pengujian 1 efisiensi unit pengolahan eksisting dan <i>Biofilter</i> skala laboratorium													■											
Pengujian 2 efisiensi unit pengolahan eksisting dan <i>Biofilter</i> skala laboratorium														■										
Pengujian 3 efisiensi unit pengolahan eksisting dan <i>Biofilter</i> skala laboratorium															■									
Pengujian 4 efisiensi unit pengolahan eksisting dan <i>Biofilter</i> skala laboratorium																■	■							
Pembuatan rekomendasi desain pengolahan limbah cair Kantin Yongma FISIP UI																	■	■	■	■				
Penyusunan Laporan			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

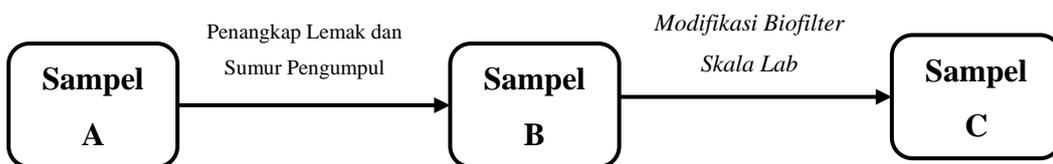
Sumber : Perhitungan Penulis (2010)

Pengujian efisiensi pengolahan dilakukan selama 1 minggu sekali setelah proses *seeding* selesai karena mempertimbangkan waktu pengambilan sampel, waktu pengolahan dengan *Biofilter* dan waktu pengujian parameter, yaitu pH, BOD, COD, TSS, Total Fosfat dan Minyak/Lemak.

3.7 Pengambilan Sampel

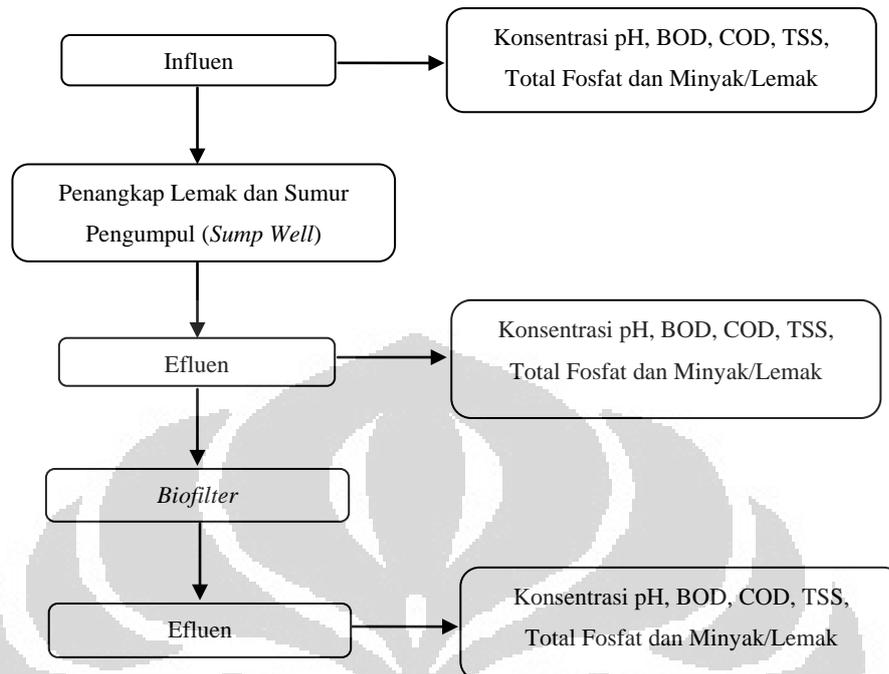
Air yang digunakan sebagai objek penelitian ini diambil dari air sisa proses pencucian alat masak dan makan di Kantin Yongma FISIP UI. Sebelum penelitian dimulai, dilakukan dulu pengujian kinerja alat dalam menurunkan kandungan COD sampel air limbah. Jika kinerjanya sudah dapat menurunkan kandungan COD sampel air limbah hingga 50%, berarti alat siap digunakan dan proses *seeding* lapisan *biofilm* dapat dikatakan selesai. Angka 50% dipilih karena diharapkan alat *Biofilter* skala laboratorium ini dapat menurunkan kandungan COD limbah cair hingga 50%. Selain itu, penentuan angka 50% juga dikarenakan keterbatasan waktu dan dana penelitian, sebab jika menunggu *Biofilter* skala laboratorium menunjukkan kondisi *steady state* maka akan memerlukan waktu yang panjang dan dana yang banyak.

Pengukuran kinerja unit pengolahan eksisting dan *Biofilter* skala laboratorium dilakukan setiap 1 minggu sekali. Sampel air limbah diambil langsung dari Kantin Yongma pada saat jam makan siang, yaitu antara pukul 12.00 hingga 14.30, waktu ini dipilih karena diperkirakan menghasilkan beban pencemar tertinggi. Sampel yang diukur adalah sampel air limbah sebelum diolah dengan unit penangkap lemak (*grease trap*), sampel air limbah setelah diolah dengan unit penangkap lemak dan sumur pengumpul dan sampel air limbah yang diolah dengan *Biofilter* skala laboratorium yang sudah dimodifikasi.



Gambar 3.6. Sampel yang Digunakan dalam Penelitian

(Perhitungan Penulis, 2011)



Gambar 3.7. Bagan Alir Pengukuran Parameter Penelitian
(Perhitungan Penulis, 2011)

3.8 Pengukuran Parameter

Parameter yang diteliti adalah pH, BOD, COD, TSS, Total Fosfat dan Minyak/Lemak. Pengujian parameter tersebut dilakukan dengan menggunakan metode dan alat sebagai berikut:

Tabel 3.3. Metode Pengukuran Parameter Penelitian

Parameter	Metode	Spesifikasi	Baku Mutu
pH	pHmeter	SNI 06-6989.11-2004	Kepmen LH No. 112 Tahun 2003
BOD	Metode pengerasan 5 x 24 jam pada suhu 20°C	SNI 06-2503-1991	
TSS	Gravimetrik	SNI 06-6989.3-2004	
Minyak/ Lemak	Gravimetrik	SNI 06-6989.10-2004	
COD	Refluks Tertutup	SNI 06-6989.15-2004	-
Total Fosfat	Spektrofotometer	SNI 06-2483-1991	

Sumber : Badan Standardisasi Nasional (2010)

3.9 Analisa Data

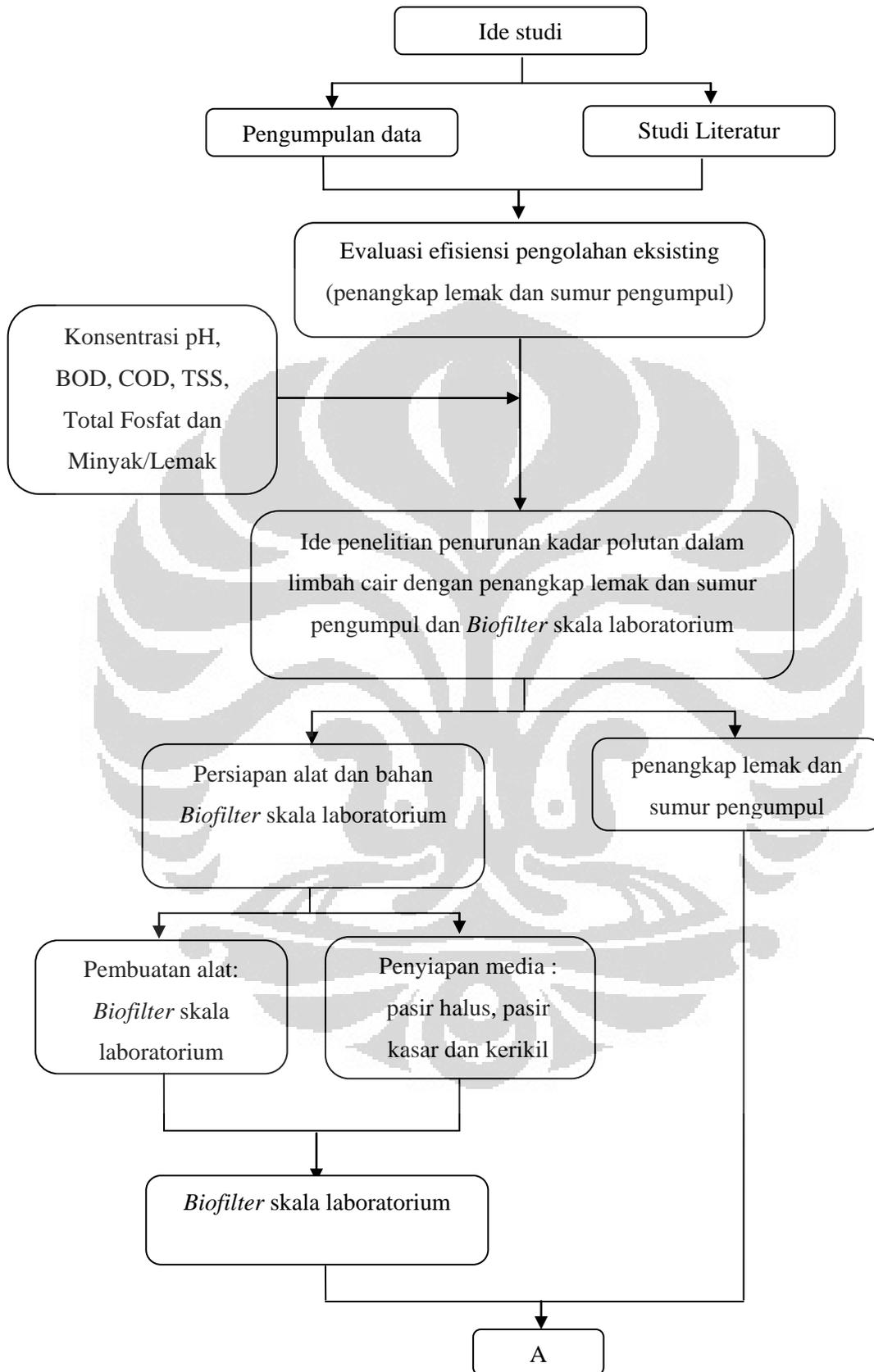
Analisa yang dilakukan pada penelitian ini analisa efisiensi unit pengolahan yang dilihat dari nilai pH, penurunan nilai BOD, COD, TSS, Total Total Fosfat sebagai P dan Minyak/Lemak. Penurunan tersebut dihitung dengan membandingkan nilai pada *influent* dan *effluent* yang akan dinyatakan dalam persen (%).

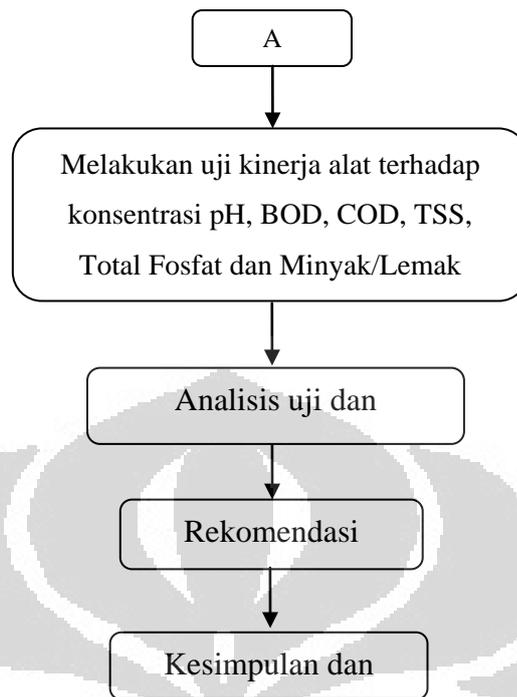
Perhitungan efisiensi:

$$\text{Efisiensi (E)} = \frac{\text{Influent} - \text{Effluent}}{\text{Influent}} \times 100\%$$



3.10 Kerangka Penelitian





Gambar 3.8. Bagan Alir Kerangka Penelitian
(Perhitungan Penulis, 2011)

BAB 4

GAMBARAN UMUM OBJEK STUDI

4.1 Gambaran Umum FISIP UI

Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik didirikan sejak tahun 1968 dan merupakan salah satu fakultas dengan jumlah program studi dan mahasiswa terbanyak yang terdapat di Universitas Indonesia. Hal ini dikarenakan sejak berdiri sampai dengan tahun 2005, FISIP UI berkembang dengan pesat sehingga memiliki 35 program studi dengan 52 program kekhususan. Berikut ini merupakan 8 departemen untuk jenjang S1 Reguler, yaitu:

1. Departemen Ilmu Komunikasi
2. Departemen Ilmu Politik
3. Departemen Ilmu Administrasi
4. Departemen Kriminologi
5. Departemen Sosiologi
6. Departemen Ilmu Kesejahteraan Sosial
7. Departemen Antropologi
8. Departemen Ilmu Hubungan Internasional.

Jumlah mahasiswa FISIP UI hingga tahun ajaran 2010/2011 semester gasal mencapai 5.487 orang. Jumlah karyawan FISIP UI hingga tahun 2010 mencapai 215 orang. Sedangkan jumlah staf pengajar UI-BHMN FISIP UI hingga tahun 2010 mencapai 59 orang dan staf pengajar tetap FISIP UI hingga tahun 2010 mencapai 165 orang (FISIP UI, 2010).

Tabel 4.1. Jumlah Mahasiswa dan Mahasiswi FISIP Per Jenjang Pendidikan

Jenjang	Angkatan								Total
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
D3				12	62				74
S1 Paralel						148	101	253	502
S1 Reguler		9	67	229	520	562	505	680	2.572
S1 Ekstensi	2	5	17	35	81	316	260	253	969
S2				2	24	184	371	435	1.016
S3			15	43	60	67	87	82	74
TOTAL									5.487

Sumber : FISIP UI (2010)

Secara kelembagaan, FISIP UI merupakan bagian dari BHMN (Badan Hukum Milik Negara) Universitas Indonesia. Sejak tahun 2001, melalui Peraturan Pemerintah nomor 152, Universitas Indonesia ditempatkan sebagai BHMN, yaitu sebuah lembaga yang secara manajemen otonom dari pemerintah. Dengan status tersebut universitas memiliki anggaran rumah tangga sendiri, yang dituangkan dalam bentuk keputusan Majelis Wali Amanat Universitas Indonesia tahun 2003 melalui SK No. 01/SK/MWA-UI/2003 (<http://www.fisip.ui.ac.id>, 2009).

Pengelolaan fakultas selalu berdasarkan prinsip akuntabilitas dan keterbukaan melalui pertanggungjawaban yang periodik sesuai dengan mekanisme organisasi dan manajemen FISIP UI yang berlaku. Dengan berpegang pada perubahan status BHMN yang otonom, FISIP UI melakukan transformasi dengan prinsip dasar integritas yang bertujuan mewujudkan (<http://www.fisip.ui.ac.id>, 2009):

1. *Good governance (good exercise of power)* yang ditandai oleh transparansi dan akuntabilitas manajemen akademik dan non akademik.
2. Proses pengambilan kebijakan yang berdasarkan pada olah pikir yang cermat, tata-aturan dan hirau pada masukan berbagai pihak.
3. Percepatan kemajuan sistem/manajemen dan infrastruktur/fasilitas dalam rangka dicapainya kemandirian dan kemajuan di era otonomi kampus.
4. Produktifitas dan pelayanan terbaik bagi segenap sivitas akademika dan bagi masyarakat.
5. Menjalankan budaya korporasi berdasarkan *mutual trust* dan *shared values* yang diwarnai oleh semangat kolegal.

Sarana yang ada di FISIP untuk mendukung kegiatan perkuliahan, antara lain gedung kuliah dan administrasi, ruangan pengajar, *Broadcast Center*, Laboratorium Komunikasi, Laboratorium Administrasi, perpustakaan yang bernama *Miriam Budiardjo Resource Center* FISIP UI, SSRC, SSMC, Kantin Yongma, Restoran Korea, Kantin Baru, *cafe*, ruang publik, lahan parkir dan taman.



Gambar 4.1. Suasana Kantin Yongma FISIP UI
(Dokumentasi Penulis, 2010)

4.2 Kantin Yongma FISIP UI

Terdapat beberapa tempat makan yang melayani kebutuhan staf pengajar, karyawan dan mahasiswa/i FISIP UI, antara lain Kantin Yongma, Restoran Korea, Kantin Baru, dan *cafe*, tetapi yang utama adalah Kantin Yongma. Selain karena Kantin Yongma merupakan kantin utama yang ada di FISIP UI, kemudahan pengambilan sampel air limbah dan berbagai permasalahan terkait air limbah yang terjadi di kantin ini menjadi alasan mengapa Kantin Yongma dipilih sebagai tempat penelitian. Kantin dan tempat makan lain tidak memiliki masalah yang berarti dalam pembuangan air limbahnya karena air limbah langsung dibuang ke saluran drainase yang ada di dalam FISIP UI. Ukuran saluran drainase yang besar dan tidak menggunakan pipa membuat permasalahan seperti *clogging* (penyumbatan) pada saluran tidak pernah terjadi. Berbeda dengan Kantin Yongma yang membuang limbahnya melalui pipa pembuangan dan sering mengalami masalah *clogging* (penyumbatan).

Kantin Yongma telah dibangun sejak tahun 2002 dan mulai beroperasi pada tahun yang sama. Fasilitas yang terdapat di Kantin Yongma, antara lain kursi dan meja makan, 2 toilet umum dan 2 wastafel untuk cuci tangan. Sistem sanitasi di kantin ini juga sudah ditingkatkan. Hal ini dilakukan dengan mengubah sistem pembayaran di kantin. Sebelumnya pelanggan/konsumen membayar langsung pada pedagang yang bersangkutan, sehingga *hygiene* penyajian makanan tidak terjaga sebab pedagang memegang uang yang tidak terjaga kebersihannya. Oleh

karena itu, dilakukanlah sebuah perubahan dengan mengubah sistem pembayaran. Pelanggan yang membeli di kantin ini tidak membayar langsung ke pedagang yang bersangkutan, melainkan membayar melalui kasir yang ada di kantin ini, sehingga pedagang tidak langsung memegang uang dan kebersihan/sanitasi dari makanan yang disajikan lebih terjaga kualitasnya.

Pada tahun 2010, dilakukan perbaikan dengan mengganti kursi dan meja yang ada di dalam Kantin Yongma. Jumlah kursi dan meja yang ada di dalam Kantin Yongma hingga Desember 2010 adalah sebanyak 90 kursi, yang terdiri dari 60 kursi baru dan 30 kursi lama. Satu set kursi dan meja dalam Kantin Yongma dapat menampung 4 sampai 6 orang. Pada tahun 2010 juga dilakukan perluasan kantin dan penambahan jumlah kios makanan dan minuman yang ada di Kantin Yongma. Saat mulai beroperasi pada tahun 2002, di dalam Kantin Yongma hanya terdapat 16 kios, lalu pada tahun 2010 ditambahkan 11 kios baru sehingga hingga tahun 2010 terdapat 27 kios yang menjual makanan dan minuman.

Jenis makanan dan minuman yang dijual, antara lain minuman ringan, aneka jus, makanan berat dan makanan ringan (*snack*). 3 kios merupakan kios yang menjual berbagai jenis minuman, seperti aneka jus buah, es buah, kopi, teh, dan sebagainya, 1 kios menjual minuman dan barang kelontong, 5 kios merupakan kios yang menjual berbagai makanan ringan (*snack*), seperti aneka olahan tahu dan jamur, dan sisanya 18 kios merupakan kios yang menjual makanan berat, seperti nasi rames, *chinese food*, berbagai olahan ayam dan sebagainya.

Tabel 4.2. Daftar Kios dan Jenis Makanan/Minuman yang Dijual di Kantin
Yongma FISIP UI

No. Kios	Jenis Makanan/Minuman	Keterangan
1.	Berbagai minuman	Teh Susu, Teh Manis, Es Jeruk
2.	Berbagai minuman dan jus	Aneka Jus, Sop Buah, Es Campur, Es Teler, Es Kelapa, Es Podeng
3.	Berbagai minuman dan makanan ringan	Es Jeruk, Es Kelapa, Koktail Buah, <i>Cappucino</i> , Kopi Susu, Kopi Hitam, Milo, Roti Bakar, Pisang Bakar
4.	Barang kelontong dan <i>softdrink</i>	Air Mineral, Aneka <i>Softdrink</i> , Rokok, <i>Tissue</i> , dll.
5.	Makanan	Nasi Uduk, Ayam Kremes, Ketupat Sayur, Siomay, Batagor
6.	Makanan	Soto Mie, Mie Instan, Soto Tangkar
7.	Makanan	Berbagai Gorengan, Tauge Goreng, Sop Iga, Laksa
8.	Makanan	Nasi Soto, Nasi Rawon, Ayam Bakar, Cumi Bakar, Ikan Bakar
9.	Makanan	Nasi Rames, Gado-gado, Ketoprak
10.	Makanan dan minuman	Ayam Bakar, Tongseng, Air Mineral, <i>Softdrink</i>
11.	Makanan	Mie Ayam
12.	Makanan dan minuman	Nasi Goreng, Teh Manis, Kopi
13.	Makanan	Nasi Soto
14.	Makanan	Nasi Rames
15.	Makanan	Sate Ayam, Sate Kambing
16.	Makanan	Berbagai macam <i>Chinese Food</i>
17.	Makanan	Nasi Goreng, Nasi Timbel, Pempek, Tahu Gimbal, Mie Tektek, Martabak Mie
18.	Makanan	Batagor, Siomay
19.	Makanan	<i>Chicken steak</i> , dll
20.	Makanan	Ayam Penyet, Nasi Goreng
21.	Makanan	Batagor, Ketupat Tahu
22.	Makanan	Aneka olahan pasta
23.	Makanan ringan	<i>Poffertjes</i>
24.	Makanan ringan	Aneka olahan tahu
25.	Makanan ringan	Aneka olahan jamur
26.	Makanan ringan	Berbagai jenis Pempek
27.	Makanan ringan	Siomay

Sumber : Perhitungan Penulis (2010)

Kios di Kantin Yongma juga dilengkapi dengan bak cuci. Jumlah bak cuci di kantin ini adalah sebanyak 12 buah. Satu bak cuci biasanya digunakan oleh 2-3 kios secara bergantian. Struktur bak cuci di Kantin Yongma 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.



Gambar 4.2. Tempat Pencucian Kantin Yongma FISIP UI
(Dokumentasi Penulis, 2011)



Gambar 4.3. Saringan Bak Cuci di Kantin Yongma
(Dokumentasi Penulis, 2011)

Berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara yang dilakukan pada para pedagang, diketahui bahwa waktu pencucian dilakukan saat pagi hari sekitar pukul 06.30 sampai dengan 9.00 untuk melakukan persiapan sebelum berjualan. Selajutnya dilakukan pukul 12.00 sampai dengan 14.30 untuk mencuci peralatan makan dan minum yang digunakan untuk penyajian saat makan siang. Terakhir

adalah sekitar pukul 16.30 sampai dengan 18.00 untuk membersihkan dan menutup kios. Volume limbah cair terbesar dihasilkan saat jam puncak, yaitu saat pencucian sisa makan siang antara pukul 12.00 sampai dengan 14.30.

Untuk mengolah semua limbah kantin yang dihasilkan di Kantin Yongma, terdapat beberapa unit pengolahan, yaitu unit penangkap lemak (*grease trap*), sumur resapan dan sumur pengumpul (*sump well*). Unit penangkap lemak (*grease trap*) dan sumur resapan dibangun seiring dengan dibangunnya Kantin Yongma pada tahun 2002. Unit penangkap lemak (*grease trap*) dilengkapi dengan saringan yang terbuat dari lempengan aluminium berlubang yang digantung dengan besi berdiameter 12 mm. Saat limbah dari bak cuci keluar dan disalurkan melalui pipa, limbah tersebut akan langsung tersaring melalui alat ini. Namun, saringan aluminium ini hanya bertahan 2 tahun sejak pertama kali digunakan, setelah itu rusak dan belum diganti hingga sekarang. Oleh karena itu, pengolahannya saat ini hanya diendapkan di bak penangkap lemak (*grease trap*) yang terdiri dari satu bak dengan kedalaman total 1,15 meter, panjang 0,5 m dan dengan lebar yang berbeda untuk bagian atas dan bawah, untuk bagian atas lebarnya adalah 1 meter dan bagian bawah lebarnya adalah 0,6 meter. Sehingga total volume dari unit penangkap lemak (*grease trap*) adalah $0,445 \text{ m}^3$.



Gambar 4.4. Bak Penangkap Lemak Kantin Yongma FISIP UI

(Dokumentasi Penulis, 2010)

Dari bak penangkap lemak (*grease trap*) ini kemudian limbah akan mengalir menuju sumur resapan yang berupa pipa belubang-lubang dengan

diameter 4 inci. Pipa ini ditanam di dalam tanah dan diselubungi oleh lapisan ijuk, batu kosong, pasir dan tanah. Panjang sumur resapan ini ± 6 meter. Unit sumur resapan tidak dapat diketahui kondisinya karena berada di dalam tanah, tetapi diperkirakan kinerja pengolahannya sudah tidak memadai, sehingga dibuat sumur pengumpul (*sump well*) pada tahun 2010.

Sumur pengumpul (*sump well*) ini berupa bak dengan dimensi 1,7 m x 1,5 m x 1,5 m. Volume sumur pengumpul (*sump well*) ini adalah 3,825 m³. Sumur pengumpul (*sump well*) ini berfungsi untuk menampung air limbah yang dihasilkan dari kios-kios baru dan luapan air limbah kios-kios lama dari bak *grease trap*. Dalam sumur pengumpul (*sump well*) ini, minyak/lemak yang terkandung dalam air limbah mengambang di permukaan air limbah, dan setelah dua minggu sampai dengan satu bulan akan dikuras secara manual. Dalam sumur pengumpul (*sump well*) ini tidak ada pengolahan yang berarti sehingga kualitas limbah juga tidak mengalami perubahan yang signifikan. Setelah melalui sumur pengumpul (*sump well*) ini, maka limbah akan dialirkan melalui pipa menuju saluran drainase utama kampus.



Gambar 4.5. Sumur Pengumpul (*Sump Well*) Kantin Yongma FISIP UI
(Dokumentasi Penulis, 2011)



Gambar 4.6. Bagian dalam Sumur Pengumpul (*Sump Well*) Kantin Yongma FISIP UI
(Dokumentasi Penulis, 2011)

4.3 Kualitas Awal dan Debit Limbah Kantin FISIP UI

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas limbah cair Kantin Yongma, antara lain jenis makanan/minuman yang disajikan, urutan kegiatan mencuci, jenis dan jumlah sabun cuci yang digunakan dan unit pengolahan limbah yang ada.

Berbagai jenis makanan/minuman yang dijual di Kantin Yongma mempengaruhi kualitas limbah cair yang dihasilkan. Banyak diantara jenis makanan yang dijual memiliki kandungan minyak/lemak yang tinggi, seperti makanan yang berkuah santan. Selain itu, banyak makanan dan minuman yang limbahnya banyak mengandung padatan tersuspensi, seperti sisa minuman kopi.

Berdasarkan hasil wawancara dan pengamatan, urutan kegiatan mencuci yang dilakukan sebagian besar pedagang di Kantin Yongma adalah pertama-tama akan dipisahkan padatan sisa makanan/minuman untuk dibuang ke tempat sampah, selanjutnya peralatan makan tersebut disabuni dan dibilas hingga bersih. Untuk menghemat air, waktu dan tenaga, peralatan makan dicuci sekaligus, maksudnya adalah peralatan makan/minum akan dicuci jika sudah memenuhi jumlah yang dirasa cukup banyak, sehingga tidak bolak-balik dilakukan kegiatan mencuci. Waktu puncak pencucian peralatan makan dan minum adalah saat

istirahat makan siang, yaitu dari pukul 12.00 hingga 14.30, sehingga pada waktu ini diperkirakan memiliki beban pencemar yang paling tinggi.

Jumlah dan jenis sabun 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.

Berikut ini adalah data mengenai kualitas limbah yang dihasilkan oleh Kantin Yongma yang diukur berdasarkan standar air buangan yang berlaku, yaitu Kepmen LH No. 112 tahun 2003.

Tabel 4.3. Data Kualitas Awal Limbah Cair Kantin Yongma FISIP UI

Parameter	Satuan	Kepmen LH No. 112 Tahun 2003	Data Awal	Ket.
pH	-	6 - 9	5,79 – 5,81	TM
BOD	mg/L O ₂	100	185,45	TM
COD	mg/L O ₂	-	956,8	TM
TSS	mg/L	100	250	TM
Total Fosfat	mg/L P	-	3,9	TM
Minyak/ Lemak	mg/L	10	3,04	M

Sumber : Perhitungan Penulis (2010)

M: Memenuhi Baku Mutu Air Limbah

TM: Tidak Memenuhi Baku Mutu Air Limbah

BAB 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan mendesain ulang tentang sistem pengolahan limbah cair Kantin Yongma FISIP UI. Pengolahan yang sudah terdapat di Kantin Yongma FISIP UI adalah unit penangkap lemak (*grease trap*), sumur resapan dan sumur pengumpul (*sump well*), tetapi yang bisa dievaluasi kinerja pengolahannya hanyalah unit penangkap lemak dan sumur pengumpul saja, sebab efluen sumur resapan tidak dapat diambil karena berada di dalam tanah.

Tahapan awal dari penelitian ini adalah survey lokasi tempat pengambilan sampel limbah cair kantin yang akan diteliti dan pengecekan parameter penelitian dari limbah cair Kantin Yongma. Setelah itu dilakukan evaluasi terhadap kinerja unit pengolahan eksisting. Selanjutnya adalah proses *seeding biofilm (biological zone)* dari *Biofilter* skala laboratorium. Proses *seeding* dilakukan dengan merendam media yang sudah terisi dalam *Biofilter* skala laboratorium dengan sampel air limbah Kantin Yongma dan ketinggian air pada lapisan *biofilm* dijaga setinggi 5 cm dari permukaan media pasir halus. Proses *seeding* ini berlangsung selama ± 4 minggu. *Seeding* sempat mengalami kegagalan selama 2 minggu awal akibat kesalahan pemilihan diameter media *Biofilter* skala laboratorium.

5.2 Unit Penangkap Lemak (*Grease Trap*) dan Sumur Pengumpul (*Sump Well*)

5.2.1 Hasil Pengujian dan Pembahasan Konsentrasi pH

Kondisi pH yang tidak netral pada air limbah akan menyulitkan proses biologis sehingga mengganggu proses penjernihannya (Sugiharto, 1987). Bakteri pada umumnya tumbuh dengan baik pada pH netral dan alkalis. Oleh karena itu, proses dekomposisi bahan organik berlangsung lebih cepat pada kondisi pH netral dan alkalis. Limbah cair mempunyai pH asam yang menunjukkan bahwa limbah tersebut mengandung asam-asam mineral atau asam organik yang tinggi. Selain

itu, mengingat gas CO₂ yang dihasilkan dari penguraian zat organik oleh mikroorganisme, maka setelah berdifusi dengan air akan terbentuk asam karbonat yang bersifat asam (Sunu, P., 2001). Dengan nilai pH yang cenderung asam ini, maka diperlukan pengolahan agar nilai tersebut mencapai pH netral atau alkalis sesuai dengan baku mutu air limbah yang berlaku.

Nilai pH limbah cair Kantin Yongma FISIP UI selama pengamatan berlangsung cenderung asam, yaitu berkisar antara 5,14 sampai dengan 5,64. Berikut ini adalah data kisaran nilai pH selama pengamatan berlangsung:

Tabel 5.1. Nilai pH selama Pengamatan

Sampling ke-	Nilai pH		pH Rata-Rata	
	Sebelum Penangkap Lemak	Setelah Penangkap Lemak	Sebelum Penangkap Lemak	Setelah Penangkap Lemak
1	5,64	5,2	5,39	5,29
2	5,14	5,36		
3		5,3		

Sumber : Perhitungan Penulis (2011).

Data diatas menunjukkan bahwa pengolahan yang ada, yaitu unit penangkap lemak (*grease trap*) dan sumur pengumpul (*sump well*) tidak menghasilkan perubahan yang signifikan pada pH air limbah. Air limbah cenderung menjadi lebih asam setelah diolah menggunakan unit penangkap lemak (*grease trap*) dan sumur pengumpul (*sump well*) yang ada. Hal ini disebabkan oleh terhambatnya proses degradasi bahan-bahan organik dalam sumur pengumpul (*sump well*). Proses degradasi bahan-bahan organik dalam air limbah sangat dipengaruhi oleh keberadaan oksigen terlarut, karena banyaknya minyak/lemak yang mengapung di permukaan air limbah, maka difusi oksigen ke dalam air limbah menjadi terhambat. Dengan minimnya kandungan oksigen terlarut dalam air limbah, maka kondisi anaerobik menjadi lebih mudah terjadi sehingga nilai pH air limbah lebih mudah menjadi asam.

5.2.2 Hasil Pengujian dan Pembahasan Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) atau total padatan tersuspensi adalah segala macam zat padat dari padatan total yang tertahan pada saringan dengan ukuran partikel maksimal 2,0 μm dan dapat mengendap (Standard Methods, 2005). Tingginya nilai TSS dalam suatu perairan dapat menghalangi penetrasi cahaya matahari sehingga menghambat proses fotosintesis yang terjadi di dalamnya. Selain itu, TSS juga dapat menyebabkan pendangkalan badan air sebab meningkatkan jumlah padatan yang terendap dalam badan air.

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, nilai TSS dalam limbah cair Kantin Yongma FISIP UI sebelum dan setelah diolah menggunakan unit penangkap lemak (*grease trap*) dan sumur pengumpul (*sump well*) telah melebihi baku mutu yang disyaratkan.

Tabel 5.2. Nilai TSS Limbah Cair Kantin Yongma selama Pengamatan

Sampling ke-	Nilai TSS (mg/L)		TSS Rata-Rata (mg/L)	
	Sebelum Penangkap Lemak	Setelah Penangkap Lemak	Sebelum Penangkap Lemak	Setelah Penangkap Lemak
1	130	400	380	243,33
2	770	90		
3	240	240		

Sumber : Perhitungan Penulis (2011).

Nilai TSS yang tinggi menunjukkan banyaknya padatan yang terkandung dalam limbah cair Kantin Yongma. Sumber TSS ini sebagian besar berasal dari sisa makanan dan minuman yang selama proses pencucian. Kemungkinan besar para pedagang tidak bersih dalam menyisihkan sisa makanan atau minuman sebelum mencuci piring. Selain itu, saringan yang terdapat dalam bak cuci juga kurang memadai sehingga memungkinkan sisa padatan lolos dan terbawa dalam limbah cair kantin.

Tingginya nilai TSS juga menunjukkan tidak berfungsinya secara optimal unit penangkap lemak (*grease trap*) dan sumur pengumpul (*sump well*) yang sudah dibuat. Walaupun nilai TSS berkurang setelah melewati unit penangkap lemak (*grease trap*) dan sumur pengumpul (*sump well*), yaitu rata-rata

dari 380 mg/L menjadi 243,33 mg/L, atau sebesar 35,97%, namun, nilainya tetap saja melebihi baku mutu yang disyaratkan, yaitu 100 mg/L (Kepmen LH No.112 Tahun 2003). Pada unit penangkap lemak (*grease trap*), jika saja terdapat saringan yang terbuat dari aluminium berlubang, maka padatan-padatan besar yang ada dapat tersaring. Sedangkan sumur pengumpul (*sump well*) dapat berfungsi sebagai bak pengendapan awal sehingga padatan yang tersuspensi dapat mengendap di dalamnya.

Nilai TSS yang sangat tinggi dalam limbah cair Kantin Yongma akan berpengaruh kepada Danau Mahoni UI yang merupakan badan air tempat membuang limbah cair ini. TSS dapat meningkatkan kekeruhan dalam air Danau Mahoni UI. Nilai kekeruhan yang sangat tinggi dapat menghalangi penetrasi cahaya matahari yang masuk ke danau. Jika cahaya matahari terhalang, maka fotosintesis terhambat dan dapat menyebabkan eutrofikasi pada badan air. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan pengolahan limbah cair Kantin Yongma sebelum akhirnya dibuang ke badan air yang ada.

5.2.3 Hasil Pengujian dan Pembahasan Konsentrasi Total Fosfat

Sumber utama fosfat dalam limbah cair kantin adalah dari penggunaan sabun cuci atau deterjen pada saat proses pencucian alat masak dan makan/minum. Penggunaan sabun cuci atau deterjen tersebut pada akhirnya akan mempercepat bertambahnya konsentrasi fosfat dalam badan air sehingga memicu pertumbuhan alga yang dapat menyebabkan eutrofikasi pada badan air.

Tabel 5.3. Nilai Total Fosfat Limbah Cair Kantin Yongma selama Pengamatan

Sampling ke-	Nilai Total Fosfat (mg/L)		Total Fosfat Rata-Rata (mg/L)	
	Sebelum Penangkap Lemak	Setelah Penangkap Lemak	Sebelum Penangkap Lemak	Setelah Penangkap Lemak
1	5,87	6,26	4,77	4,873
2	1,31	3,92		
3	7,13	4,44		

Sumber : Perhitungan Penulis (2011)

Total fosfat yang terkandung dalam limbah cair Kantin Yongma tergolong tinggi, yaitu 4,77 mg/L untuk limbah cair awal sebelum diolah melalui unit penangkap lemak (*grease trap*) dan 4,873 mg/L setelah diolah dengan unit penangkap lemak (*grease trap*) dan sumur pengumpul (*sump well*). Jika melihat hasil pengujian laboratorium, kandungan fosfat yang tinggi dalam air limbah kemungkinan disebabkan oleh penggunaan sabun cuci dan deterjen yang mengandung kadar fosfat tinggi. Menurut Gunawan (2006), kandungan fosfor anorganik dalam deterjen berkisar antara 2-3 mg/L dan kandungan fosfor organik berkisar antara 0,5-1 mg/L. Hal ini diperkuat dengan penelitian Hendersen & Markland dalam Garno (1994), 50% fosfat yang terdapat dalam air buangan di perairan Inggris berasal dari beberapa sumber, persentase paling tinggi berasal dari deterjen.

Mengingat efluen dari unit pengolahan limbah cair ini akan dibuang ke badan air, yaitu Danau Mahoni UI, maka kandungan total fosfat yang tinggi ini berpotensi menimbulkan eutrofikasi. Kandungan fosfat yang tinggi merupakan nutrisi untuk alga yang terdapat dalam badan air sehingga dapat menyebabkan *algae bloom*. Oleh karena itu, diperlukan suatu perbaikan unit penangkap lemak (*grease trap*) dan sumur pengumpul (*sump well*), serta pengolahan tambahan agar kandungan fosfat dalam limbah cair dapat sesuai dengan baku mutu air limbah yang berlaku.

5.2.4 Hasil Pengujian dan Pembahasan Konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Untuk mengetahui jumlah bahan organik di dalam air dapat dilakukan suatu uji yang lebih cepat dibandingkan dengan uji BOD, yaitu berdasarkan reaksi kimia bahan oksidan yang disebut uji COD. Nilai COD berhubungan dengan kadar oksigen terlarut dan oksigen terlarut merupakan parameter penting karena dapat digunakan untuk mengetahui gerakan massa air serta merupakan indikator yang peka bagi proses-proses kimia dan biologi (Grasshoff, 1975 dalam Rohilan, 1992).

Tabel 5.4. Nilai COD Limbah Cair Kantin Yongma selama Pengamatan

Sampling ke-	Nilai COD (mg/L)		COD Rata-Rata (mg/L)	
	Sebelum Penangkap Lemak	Setelah Penangkap Lemak	Sebelum Penangkap Lemak	Setelah Penangkap Lemak
1	956,8	758,056	2514,267	1101,685
2	400	1340		
3	6186	1207		

Sumber : Perhitungan Penulis (2011)

Nilai COD dalam limbah cair Kantin Yongma, yaitu rata-rata 2514,267 mg/L untuk limbah cair kantin sebelum unit penangkap lemak (*grease trap*) dan 1101,685 mg/L untuk limbah cair kantin setelah unit penangkap lemak (*grease trap*) dan sumur pengumpul (*sump well*). Nilai COD air limbah kantin ini tergolong tinggi untuk air limbah domestik, dimana nilai minimum COD untuk perkotaan adalah 46,62 mg/L dan nilai maksimumnya adalah 1183,4 mg/L, serta nilai rata-rata adalah 615,01 mg/L (<http://www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/BukuAirLimbahDomestikDKI/BAB2STRATEGI.pdf>, 2008). Nilai COD yang tinggi tersebut disebabkan, antara lain oleh tingginya kandungan bahan organik yang berasal dari sisa makanan dan minuman, dan bahan anorganik yang berasal dari deterjen dan bahan kimia lainnya yang digunakan dalam proses pencucian.

Selain itu, sedikitnya kandungan oksigen terlarut akibat minyak/lemak yang menutupi permukaan air limbah dalam unit penangkap lemak (*grease trap*) dan sumur pengumpul (*sump well*), turut menghambat proses degradasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam air limbah. Jika dibuang ke badan air, air limbah tersebut dapat mengurangi kandungan oksigen terlarut dalam badan air yang digunakan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik dan anorganik. Dengan nilai COD yang tinggi tersebut, menunjukkan perlunya perbaikan unit pengolahan yang ada, sebab jika tidak maka air limbah yang ada akan menyebabkan pencemaran.

5.2.5 Hasil Pengujian dan Pembahasan Konsentrasi *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Limbah kantin umumnya mengandung bahan organik yang mudah terurai oleh bakteri. Bakteri aerob membutuhkan oksigen dalam proses penguraian atau dekomposisi bahan organik dalam air limbah. Menurut Effendi (2003), dekomposisi bahan organik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut hingga mencapai nol (anaerob).

BOD adalah ukuran kandungan oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme di dalam air untuk menguraikan bahan organik yang ada di dalam air. BOD merupakan salah ukuran kekuatan air limbah, dengan semakin tinggi nilai BOD, maka air limbah semakin tercemar.

Tabel 5.5. Nilai BOD Limbah Cair Kantin Yongma selama Pengamatan

Sampling ke-	Nilai BOD (mg/L)		BOD Rata-Rata (mg/L)	
	Sebelum Penangkap Lemak	Setelah Penangkap Lemak	Sebelum Penangkap Lemak	Setelah Penangkap Lemak
1	186,613	292,713	315,271	238,152
2	95,778	228,71		
3	663,423	193,033		

Sumber : Perhitungan Penulis (2011)

Nilai BOD dalam air limbah Kantin Yongma telah melebihi baku mutu yang disyaratkan, yaitu 100 mg/L (Kepmen LH No. 112 tahun 2003). Untuk nilai BOD sebelum pengolahan dengan unit penangkap lemak (*grease trap*), nilai rata-ratanya adalah 315,271 mg/L. Sedangkan untuk rata-rata nilai BOD setelah unit penangkap lemak (*grease trap*) dan sumur pengumpul (*sump well*) rata-ratanya adalah 238,152 mg/L.

Bahan buangan yang biasanya terdapat dalam limbah cair kantin, umumnya berupa bahan organik yang dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme, sehingga bila dibuang ke perairan akan menaikkan populasi mikroorganisme. 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. Kandungan bahan kimia dalam air limbah dapat mengancam keberadaan mikroorganisme pengurai. Jika mikroorganisme pengurai ini mati, maka proses degradasi bahan organik dalam air limbah akan terganggu.

5.2.6 Hasil Pengujian dan Pembahasan Konsentrasi Minyak/Lemak

Minyak/lemak merupakan masalah utama dalam pengolahan limbah cair. Minyak/lemak sering kali menimbulkan penyumbatan (*clogging*), sebab akan mengeras dan membentuk kerak sehingga dapat menghalangi aliran air limbah pada saluran pembuangan. Minyak/lemak tidak larut dalam air dan mengambang di atas permukaan air limbah.

Dalam waktu 3-7 hari sebanyak 25 % dari volume minyak akan menguap dan sisanya akan mengalami emulsifikasi. Selanjutnya emulsi minyak akan terdegradasi melalui oksidasi, baik secara fotooksidasi maupun oleh mikroba. Perombakan (degradasi) emulsi minyak sebagian besar dilakukan oleh mikroba dan dalam waktu 3-4 bulan, hanya tinggal kurang lebih 15-20 % dari volume minyak yang mencemari suatu perairan (Manik, 2003).

Proses degradasi yang relatif lama inilah yang membuat minyak/lemak sering kali menimbulkan masalah. Begitu juga yang terjadi di Kantin Yongma. Masalah penyumbatan yang sering terjadi di saluran pembuangan limbah terutama disebabkan oleh minyak/lemak. Tingginya kandungan minyak/lemak yang merupakan karakteristik limbah cair kantin menjadi faktor utamanya, ditambah lagi unit penangkap lemak (*grease trap*) yang kurang berfungsi secara optimal sejak tahun 2004 makin memperburuk masalah yang terjadi. Berikut ini adalah data mengenai kandungan minyak/lemak dalam limbah cair Kantin Yongma, sebelum dan setelah unit penangkap lemak (*grease trap*) dan sumur pengumpul (*sump well*):

Tabel 5.6. Nilai Minyak/Lemak Limbah Cair Kantin Yongma selama Pengamatan

Sampling ke-	Nilai Minyak/Lemak (mg/L)		Minyak/Lemak Rata-Rata (mg/L)	
	Sebelum Penangkap Lemak	Setelah Penangkap Lemak	Sebelum Penangkap Lemak	Setelah Penangkap Lemak
1	317	417	702,167	357,667
2	619,5	110,5		
3	1170	545,5		

Sumber : Perhitungan Penulis (2011)

Rata-rata kandungan minyak/lemak dalam limbah cair Kantin Yongma sebelum melalui unit penangkap lemak (*grease trap*) adalah sebesar 702,167 mg/L dan setelah melewati unit penangkap lemak (*grease trap*) dan sumur pengumpul (*sump well*) adalah sebesar 357,667 mg/L. Walaupun telah terjadi penurunan kandungan minyak/lemak sebesar 49,06%, tetapi nilainya tetap saja melebihi baku mutu yang disyaratkan berdasarkan Kepmen LH No.112 tahun 2003, yaitu 10 mg/L. Dengan nilai kandungan minyak/lemak yang melebihi baku mutu sebesar 97,2% maka diperlukan perbaikan unit pengolahan yang sudah ada dan jika perlu ditambahkan unit pengolahan untuk menurunkan kandungan minyak/lemaknya.

Penurunan kandungan minyak/lemak sebesar 49,06% dari limbah awal sebelum melalui unit penangkap lemak (*grease trap*) dibantu dengan adanya unit sumur pengumpul (*sump well*) yang berfungsi untuk mengendapkan padatan tersuspensi dan membiarkan minyak/lemak mengambang di permukaan air limbah, sehingga hanya setengah kandungan minyak/lemak yang terbawa melalui saluran pembuangan. Dalam jangka waktu 1-2 bulan minyak/lemak yang mengambang di permukaan air sumur pengumpul (*sump well*) akan diambil secara manual oleh petugas kebersihan kantin. Minyak/lemak ini pada saat diambil berbentuk seperti padatan, namun jika disentuh akan pecah dan tercampur kembali dengan air limbah.

5.2.7 Keseluruhan Kinerja Unit Penangkap Lemak (*Grease Trap*) dan Sumur Pengumpul (*Sump Well*)

Secara keseluruhan kinerja unit penangkap lemak (*grease trap*) dan sumur pengumpul (*sump well*) sudah tidak baik lagi dalam mengolah air limbah kantin Kantin Yongma. Untuk parameter TSS, Total Fosfat, COD, BOD dan minyak/lemak nilainya tetap melebihi baku mutu yang dipersyaratkan walaupun telah diolah dengan unit penangkap lemak (*grease trap*) dan sumur pengumpul (*sump well*). Sedangkan untuk parameter pH tidak terjadi perubahan yang signifikan, nilai pH air limbah tetap berada dalam kondisi asam.

Walaupun dalam masa *sampling* beberapa parameter mengalami penurunan nilai setelah diolah dengan unit penangkap lemak (*grease trap*) dan sumur pengumpul (*sump well*), tetapi nilainya tetap melebihi baku mutu. Penyebab hal ini salah satunya adalah akibat rusaknya saringan aluminium yang terdapat dalam unit penangkap lemak (*grease trap*). Sedangkan dari segi struktur, bagian penutup unit penangkap lemak (*grease trap*) sudah rusak memperburuk kondisi karena memungkinkan tambahan masukan padatan lain dari lingkungan sekitar unit penangkap lemak (*grease trap*) sehingga beban pengolahan menjadi bertambah. Padatan ini juga menghalangi difusi oksigen dan penetrasi cahaya matahari ke dalam air limbah karena menutupi permukaan air limbah. Untuk struktur bak penangkap lemak (*grease trap*) tidak mengalami masalah karena sudah sesuai dengan standar yang dipersyaratkan.

Selain unit penangkap lemak (*grease trap*), terdapat unit pengolahan tambahan berupa sumur resapan dan sumur pengumpul (*sump well*). Sumur resapan ini berada di bawah tanah dan tersusun dari pasir, ijuk, batu pecah dan pipa PVC berlubang dengan diameter 4 inci. Air limbah dari unit penangkap lemak (*grease trap*) akan dialirkan ke sumur resapan ini. Namun, untuk saat ini kinerjanya tidak dapat diketahui karena tidak memungkinkan untuk mengambil air *outlet* dari sumur resapan ini karena sumur resapan berada di bawah permukaan tanah.

Seiring dengan perkembangan kantin, maka dibuat sumur pengumpul (*sump well*) untuk membantu unit penangkap lemak (*grease trap*) dalam mengolah air limbah. Namun, kinerjanya dalam menurunkan konsentrasi

pencemar dalam air limbah juga tidak berjalan baik. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengukuran kualitas air limbah *outlet* dari sumur pengumpul (*sump well*). Salah satu penyebabnya adalah adanya minyak/lemak yang mengapung di permukaan air limbah yang menghalangi difusi oksigen ke dalam air limbah. Pengerukan minyak/lemak dalam jangka waktu yang relatif lama, yaitu antara 1-2 bulan, menambah sulitnya proses degradasi bahan-bahan organik. Selain itu, struktur sumur pengumpul (*sump well*) yang berada di bawah tanah, menghambat penetrasi sinar matahari yang dapat membantu proses penguapan minyak/lemak. Kondisi ini juga mendukung terbentuknya kondisi anaerobik dalam sumur pengumpul (*sump well*).

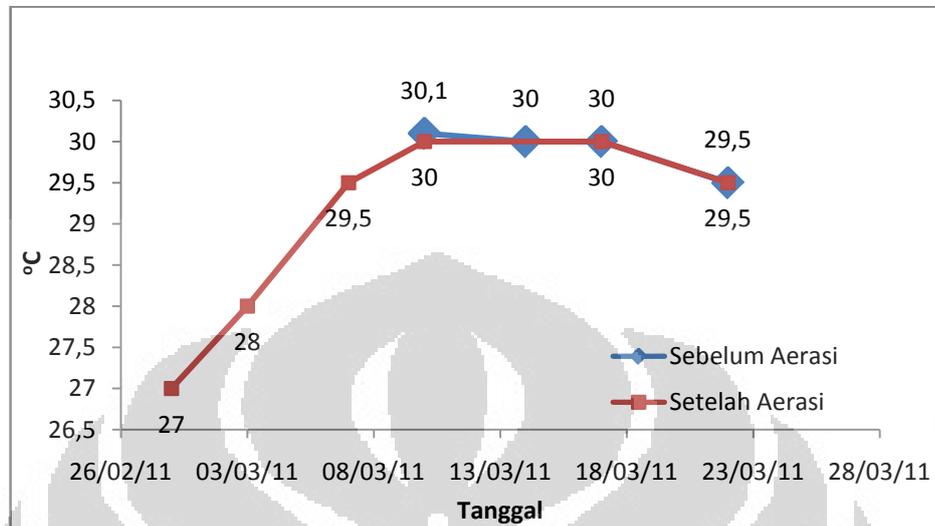
5.3 Proses *Seeding Biofilm* pada *Biofilter*

Biofilm adalah populasi atau komunitas dari mikroorganisme yang melekat dan tumbuh pada sebuah permukaan padat (*solid*) yang tergenang air. Sebelum dapat digunakan, perlu ditumbuhkan terlebih dahulu lapisan *biofilm* di permukaan media *Biofilter* skala laboratorium. Lapisan ini merupakan kunci pengolahan dengan menggunakan *Biofilter*. Lapisan *biofilm* ditumbuhkan dengan cara menjaga ketinggian air di atas permukaan pasir halus setinggi 5 cm.

Selama proses *seeding* beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam mendukung pertumbuhan lapisan *biofilm*, antara lain suhu, pH, kandungan oksigen dan nutrisi. Selain keempat hal tersebut, faktor lain yang mempengaruhi pertumbuhan *biofilm* adalah interaksi antar bakteri, permukaan tempat melekatnya bakteri, kelembaban permukaan, ikatan ion, makanan yang tersedia, ikatan Van Der Waals, tegangan serta kondisi permukaan (Yung, 2003).

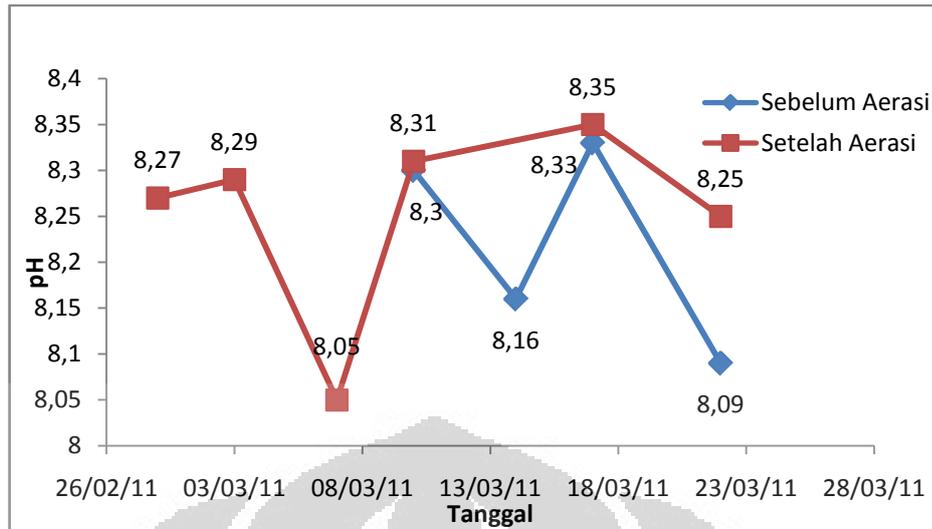
Pada penelitian ini, suhu pertumbuhan selama proses *seeding* berkisar antara 29°C hingga 30,5°C. Variasi suhu ini disebabkan oleh kondisi lingkungan sekitar *Biofilter* skala laboratorium. Jika kondisi sekitar *Biofilter* skala laboratorium panas, maka suhu meningkat. Selama proses *seeding*, suhu diukur sebelum dan setelah dilakukan aerasi. Dengan suhu tersebut, maka bakteri yang membentuk lapisan *biofilm* pada *Biofilter* skala laboratorium dapat digolongkan pada bakteri *mesofil*, yaitu bakteri yang hidup di daerah antara suhu 15-55°C,

dengan suhu optimum 25–40°C (Alcama, 2001). Berikut ini adalah grafik fluktuasi suhu selama proses *seeding* berlangsung:



Gambar 5.1. Grafik Perubahan Suhu selama Proses *Seeding*
(Perhitungan Penulis, 2011)

pH dalam lapisan air *biofilm* juga terus dipantau. Selama proses *seeding* berlangsung, pH air berkisar antara 8 hingga 8,35. pH ini dipengaruhi oleh larutan urea yang diberikan sebagai nutrisi mikroorganisme dalam lapisan *biofilm* sehingga pH air menjadi basa. Selama proses *seeding*, pH air tidak dijaga dalam kisaran pH normal, sebab bertujuan untuk menyesuaikan dengan kondisi asli dari limbah cair kantin. Jika kondisi air ingin dijaga menjadi pH netral dapat digunakan 0,008 M *phosphate buffer* yang dapat menjaga pH pada kisaran $7,0 \pm 0,1$ (Trulear & Characklis, 1982). Berikut ini adalah grafik fluktuasi perubahan pH selama proses *seeding* berlangsung:



Gambar 5.2. Grafik Perubahan pH selama Proses *Seeding* (Diukur Sebelum dan Setelah Aerasi)
(Perhitungan Penulis, 2011)

Kandungan oksigen juga merupakan salah satu faktor kunci pertumbuhan lapisan *biofilm*. Hal ini terbukti dengan dijaganya ketinggian air di permukaan media *Biofilter* setinggi 5 cm. Jika kandungan oksigen berkurang, maka lapisan *biofilm* tidak akan tumbuh dengan optimal. Untuk menjaga ketersediaan oksigen, selama proses *seeding* berlangsung dilakukan aerasi menggunakan *bubble aerator* selama ± 1 jam. Proses aerasi ini dilakukan setiap 2-3 hari sekali. Selain menjaga ketersediaan oksigen dalam lapisan *biofilm*, aerasi juga bertujuan untuk mempercepat pertumbuhan *biofilm*.

Untuk menjaga kandungan nutrisi pada lapisan *biofilm* ditambahkan larutan urea setiap 2-3 hari sekali yang dibuat dengan melarutkan urea sebanyak 0,4 gram dengan 100 ml air keran. Urea yang digunakan memiliki konsentrasi nitrogen 46%, sehingga setiap penambahan larutan urea sebanyak 100 ml kandungan nitrogennya sebanyak 0,184 gram. Urea dipilih sebagai nutrisi sebab mudah didapat dan sangat mudah menghisap air (higroskopis) sehingga mudah larut dalam air.

Penambahan hara, seperti urea, diharapkan dapat memacu pertumbuhan bakteri sehingga dapat menurunkan nilai BOD dan COD pada air limbah. Urea juga memiliki kemampuan lebih besar dalam menurunkan nilai COD

dibandingkan dengan kompos pada waktu retensi yang sama (Suyasa & Dwijanti, 2005).

Proses *seeding* ini berlangsung selama \pm 4 minggu. Untuk mengetahui lapisan *biofilm* sudah terbentuk atau belum, maka dilakukan pengamatan secara visual dengan melihat perubahan yang terjadi di permukaan media pasir halus. Jika sudah terdapat perubahan warna pasir menjadi lebih hitam dan terdapat lapisan *biofilm*, maka proses *seeding* telah selesai. Selain itu, dilakukan juga uji penurunan nilai COD sampel air limbah dengan menggunakan *Biofilter* skala laboratorium. Pengujian COD dipilih sebab hasilnya dapat langsung diketahui dan juga indikasi keberadaan bahan organik yang dapat didegradasi secara biologis maupun sukar didegradasi menjadi CO₂ dan H₂O. Apabila persentase pengurangan nilai COD telah melebihi 50% maka dapat dinyatakan bahwa lapisan *biofilm* telah terbentuk dan *Biofilter* skala laboratorium berada dalam kondisi *steady state* serta dapat dilakukan *running Biofilter* skala laboratorium.

Pada penelitian ini, pengurangan nilai COD lebih dari 50% terjadi pada minggu ke-4 sejak pertama kali *seeding* dilakukan. Selama proses *seeding* berlangsung telah dilakukan tiga kali pengujian COD, tetapi yang mendapatkan penurunan nilai paling besar adalah pada minggu ke-4, yaitu sebesar 93,75%. Dengan nilai COD sampel awal (sebelum diolah dengan *Biofilter*) sebesar 530,432 mg/L dan setelah diolah nilainya menjadi 33,152 mg/L. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa lapisan *biofilm* telah tumbuh sebesar 85-90%.

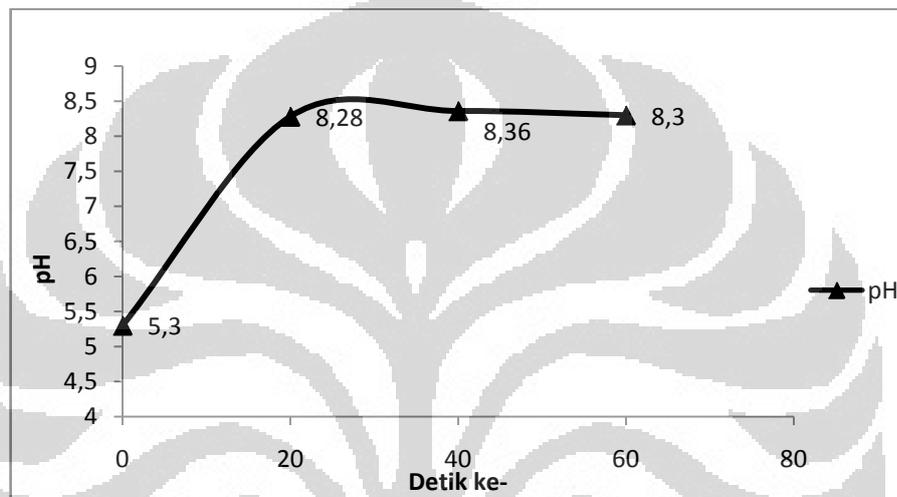
5.4 Biofilter Skala Laboratorium

5.4.1 Hasil Pengujian dan Pembahasan Konsentrasi pH

Selama proses penelitian berlangsung, kondisi pH dalam *Biofilter* skala laboratorium berada dalam pH basa, yaitu antara 7,50 hingga 8,36. Dari pH tersebut dapat diketahui bahwa mikroorganisme yang terdapat dalam lapisan *biofilm* pada reaktor merupakan mikroorganisme yang tahan terhadap pH basa. Dengan adanya kenaikan pH, kadar asam semakin berkurang dan mikroba dapat optimal dalam mendegradasi limbah.

Pada proses *sampling* diketahui bahwa pH air limbah awal adalah 5,3 yang tergolong kedalam pH asam. Agar sesuai baku mutu yang disyaratkan, maka

pH air limbah harus diubah menjadi netral cenderung basa. Setelah dilewatkan pada *Biofilter* skala laboratorium, maka pH air limbah berubah menjadi basa, yaitu antara 8,28 sampai 8,36. pH ini didapat dengan mengalirkan secara kontinu air limbah awal ke dalam *Biofilter* skala laboratorium selama 60 detik. Kemudian setiap 20 detik, yaitu pada detik ke-20, 40 dan 60, pH air keluaran *Biofilter* skala laboratorium diukur menggunakan pH meter. Berikut ini adalah data pH air limbah awal dan air keluaran dari *Biofilter* skala laboratorium:



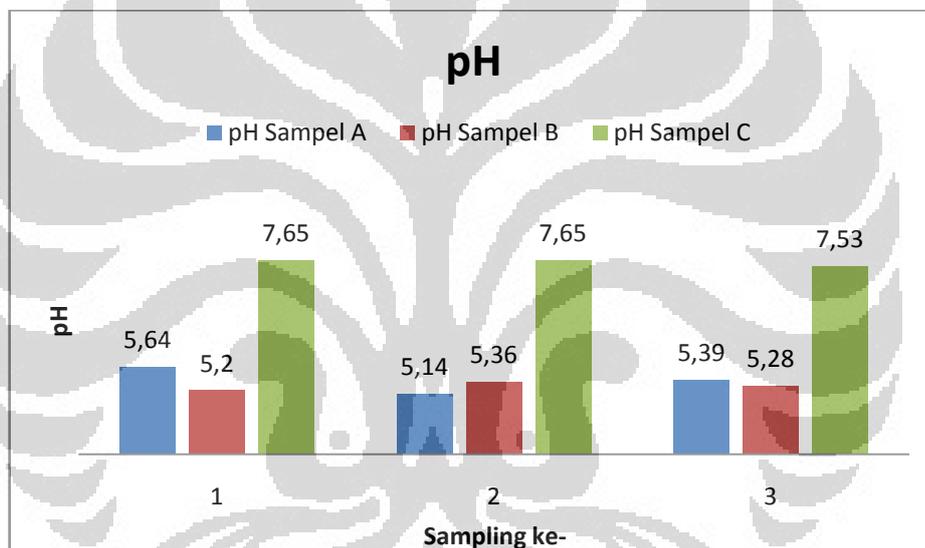
Gambar 5.3. Grafik Fluktuasi Kinerja *Biofilter* Skala Laboratorium untuk Parameter pH
(Perhitungan Penulis, 2011)

Fluktuasi nilai pH air limbah tidak terlalu jauh berbeda antar waktu pengukuran. Kenaikan pH ini kemungkinan disebabkan karena air pada lapisan *biofilm* dari *Biofilter* skala laboratorium cenderung basa. Selain itu, berkurangnya bahan organik yang didegradasi menjadi CO₂ dan air oleh mikroorganisme pada lapisan *biofilm* juga membuat pH air keluaran *Biofilter* skala laboratorium menjadi basa.

Nilai pH yang didapat tidak berbeda jauh jika air limbah didiamkan selama 42 menit didalam *Biofilter* skala laboratorium. Dengan pH awal air limbah berkisar antara 5,2 sampai dengan 5,36, setelah didiamkan di dalam *Biofilter* skala laboratorium selama 42 menit pH air limbah naik menjadi ± 7,65. Waktu 42 menit

didapatkan dari perhitungan *retention time* air limbah dalam unit penangkap lemak (*grease trap*).

Dari hasil percobaan tersebut, diketahui bahwa dengan semakin lama didiamkan di dalam reaktor, maka pH air limbah akan semakin mendekati pH normal. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh semakin berkurangnya kandungan bahan-bahan organik dalam air limbah sebab semakin banyak yang didegradasi oleh mikroorganisme yang ada dalam lapisan *biofilm*. Waktu reaksi yang lebih lama membuat mikroorganisme semakin banyak mendegradasi bahan organik. Selain akibat degradasi oleh mikroorganisme, bahan-bahan organik juga berkurang akibat terperangkap pada rongga di lapisan pasir.



Gambar 5.4. Perbedaan pH Air Limbah Kantin Yongma Sebelum dan Setelah Pengolahan dengan Reaktor *Biofilter* selama 42 Menit (Perhitungan Penulis, 2011)

Jika nilai pH >7 kecenderungan terbentuknya lapisan busa semakin besar. Lapisan ini akan menutupi lapisan *biofilm* sehingga oksigen yang diperlukan untuk mendegradasi limbah terhalang. Dengan demikian mikroba dalam lapisan *biofilm* tidak optimal dalam mendegradasi limbah.

Proses terbentuknya busa ini terjadi ketika proses *seeding* berlangsung, yaitu saat dilakukannya aerasi pada *Biofilter* skala laboratorium. Namun, hal itu tidak berpengaruh pada pengambilan data kinerja *Biofilter* skala laboratorium,

sebab busa yang ada terlebih dahulu dihilangkan sebelum dilakukan pengujian kinerja reaktor. Untuk mencegah terbentunya busa dan meningkatnya nilai pH menjadi semakin basa dapat dilakukan dengan menambahkan 0,008 M *phosphate buffer* yang dapat menjaga pH pada kisaran $7,0 \pm 0,1$ (Trulear & Characklis, 1982).

5.4.2 Hasil Pengujian dan Pembahasan Konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS)

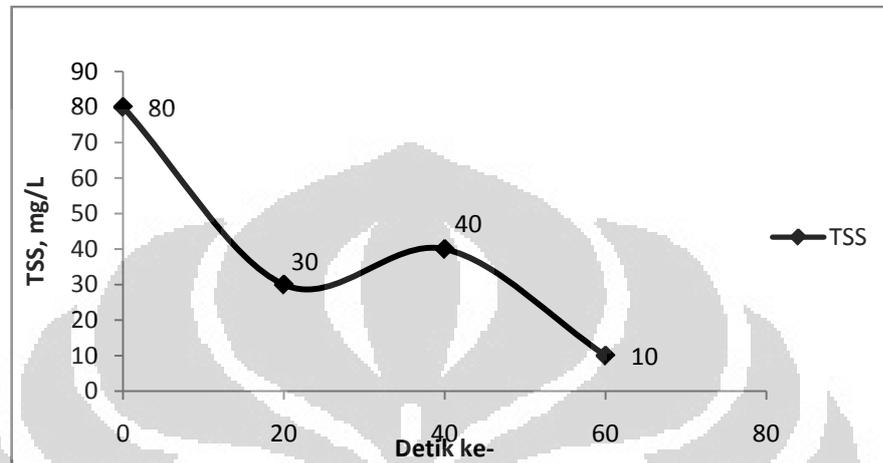
Suspended Solids terdiri dari material inorganik, seperti pasir, lempung dan material organik, seperti alga, zooplankton, bakteri yang terbawa oleh limpasan air dari daratan. Pada umumnya kandungan *Total Suspended Solids* (TSS) lebih banyak berbentuk material inorganik daripada material organik.

Dari kegiatan menyiapkan makanan, dihasilkan sekitar 99% larutan dan 0,1% padatan. 99% larutan yang terbentuk, 70% berupa limbah organik dan 30% berupa limbah anorganik. 30% bahan anorganik menghasilkan garam, lumpur dan logam (Haslam dalam Effendi, 2003). Dalam limbah cair kantin, kandungan material organik biasanya berasal di sisa bahan makanan dan minuman pada peralatan masak dan makan/minum. Sedangkan, material inorganik biasanya berasal dari sabun cuci yang digunakan dan bahan pembersih lainnya. Kandungan material organik dan inorganik yang tinggi dalam limbah cair kantin akan menimbulkan masalah jika dibuang ke badan air tanpa pengolahan terlebih dahulu.

Kekeruhan adalah efek utama yang ditimbulkan dari kandungan bahan-bahan organik dan inorganik tersebut. Kekeruhan dapat menghalangi cahaya matahari yang masuk ke dalam perairan sehingga mengurangi kemampuan alga dan tumbuhan air lainnya untuk berfotosintesis dan menghasilkan oksigen. Ketidakmampuan alga dan tumbuhan air untuk berfotosintesis menyebabkan kandungan *Dissolved Oxygen* (DO) pada air semakin berkurang. Namun, kandungan BOD dan COD meningkat.

Pengujian kinerja *Biofilter* skala laboratorium untuk mengurangi kandungan TSS dalam air limbah kantin dilakukan dengan cara yang sama seperti pengujian kinerja untuk pH air limbah. Sampel dituangkan hingga volume maksimal yang dapat ditampung oleh *Biofilter* skala laboratorium, setelah itu

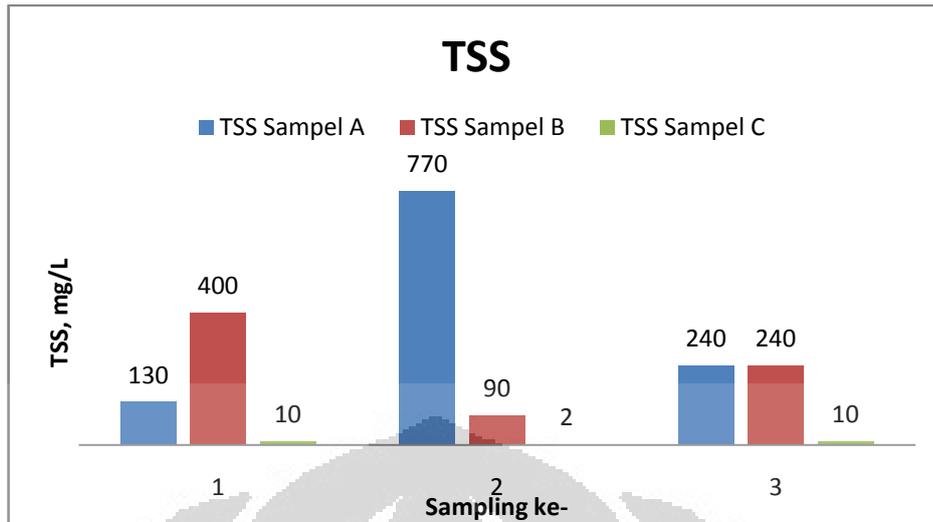
katup *Biofilter* skala laboratorium dibuka dan air limbah dibiarkan mengalir. Kemudian pada detik ke-20, 40 dan 60 air keluaran *Biofilter* skala laboratorium diukur kandungan TSS. Berikut ini adalah hasil pengukuran kinerja *Biofilter* skala laboratorium untuk parameter TSS:



Gambar 5.5. Grafik Fluktuasi Kinerja *Biofilter* untuk Paramater TSS
(Perhitungan Penulis, 2011)

Dari grafik terlihat fluktuasi kinerja *Biofilter* skala laboratorium dalam menurunkan TSS air limbah. Secara keseluruhan hasil tersebut telah memenuhi baku mutu yang disyaratkan, yaitu Kepmen LH No. 112 tahun 2003. Dalam baku mutu disyaratkan kandungan TSS dalam air limbah sebesar 100 mg/L. Dari hasil pengolahan dengan *Biofilter* skala laboratorium didapatkan kandungan TSS berkurang hingga 10 mg/L.

Hasil pengolahan yang didapat juga tidak terlalu jauh berbeda jika pengujian kinerja *Biofilter* skala laboratorium dilakukan dengan mendiamkan terlebih dahulu air limbah yang akan diolah selama 42 menit, kemudian baru diukur hasilnya. Didapatkan kandungan TSS menurun rata-rata sebesar $\pm 96,99\%$, yaitu dengan kandungan awal rata-rata sebesar $\pm 243,33$ mg/L turun menjadi rata-rata sebesar $\pm 7,3$ mg/L. Sehingga dengan hasil tersebut, air limbah Kantin Yongma yang diolah dengan *Biofilter* skala laboratorium aman dibuang ke lingkungan, yaitu Danau Mahoni UI.



Gambar 5.6. Perbedaan TSS Air Limbah Kantin Yongma Sebelum dan Setelah Pengolahan dengan *Biofilter* Skala Laboratorium selama 42 Menit (Perhitungan Penulis, 2011)

Lapisan *biofilm* berperan penting dalam menurunkan *suspended solid*. Pada lapisan ini pengurangan *suspended solid* disebabkan oleh proses *predation* oleh mikroorganisme, tetapi tidak semua *suspended solid* dapat dimakan oleh mikroorganisme, sehingga dibutuhkan juga proses penyaringan dalam media filter. Oleh karena itu, diameter dan ketinggian media filter juga menjadi penentu keberhasilan *Biofilter* dalam menurunkan konsentrasi TSS. Diameter media yang terlalu besar tidak akan efektif untuk proses penyaringan padatan dalam air limbah sebab hanya sedikit *suspended solid* yang akan terperangkap dalam rongga antar butir media. Sebaliknya, jika terlalu kecil, akan menyusahakan dalam proses perawatan (*maintenance*), sebab akan mudah terjadi *clogging*. Oleh karena itu, diperlukan penelitian pendahuluan untuk menentukan diameter media yang efektif untuk pengolahan air limbah.

Ketinggian media berpengaruh juga dalam proses penyaringan. Mekanisme penurunan *Total Suspended Solid* (TSS) pada *Biofilter* mengalami proses filtrasi dan adsorpsi dengan menggunakan butiran pasir yang halus (sesuai dengan ukuran diameter efektif media pasir). Bahan-bahan dalam bentuk suspensi akan terperangkap di lapisan saringan, sedangkan untuk partikel koloid dapat berkurang karena pada *Biofilter* menggunakan prinsip *slow sand filter* sehingga dengan adanya aliran yang lambat dapat membantu menyaring partikel yang berukuran koloid. Dengan

menggunakan tiga jenis ukuran media pasir, diharapkan dapat memaksimalkan proses filtrasi yang terjadi pada *Biofilter*.

Dalam *Biofilter* skala laboratorium ini, media pasir halus memiliki ketinggian tertinggi, sebab sebagian besar proses penyaringan (*mechanical trapping*) terjadi pada media pasir halus. *Suspended solid* tersebut, akan mengisi rongga-rongga dalam media pasir halus. Selain itu, gesekan antara *suspended solid* dengan media pasir juga mengakibatkan penghacuran *suspended solid* menjadi ukuran yang lebih kecil dan lama-lama hancur tak bersisa.

Dalam jangka waktu tertentu, padatan-padatan yang dipisahkan tersebut akan berakumulasi pada bagian teratas dari lapisan pasir sehingga menghambat aliran air dalam proses penyaringan berikutnya. Hal ini akan menurunkan tekanan dalam media sehingga aliran air keluaran dari *Biofilter* skala laboratorium akan lebih lama sehingga mengakibatkan penurunan konsentrasi padatan menjadi kurang maksimal lagi. Apabila ruang antar butir penuh, maka media penyaring akan jenuh dan tidak mampu meloloskan air baku lagi. Saat kondisi ini terjadi, berarti *Biofilter* mengalami *clogging* (penyumbatan). Kondisi ini menandakan media penyaring tersebut memerlukan pencucian.

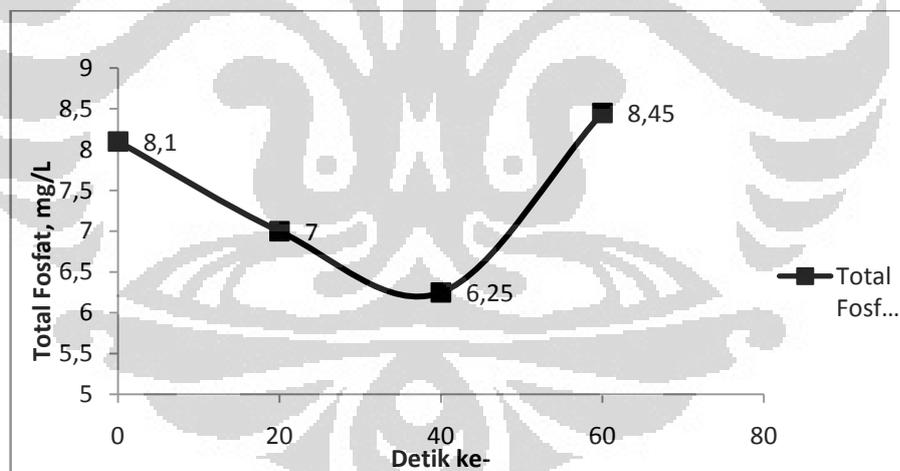
Clogging mengakibatkan kompetisi dan penumpukan padatan pada permukaan *Biosand Filter* meningkat, yaitu di lapisan *biofilm*. Hal ini akan menyebabkan bertambahnya waktu pengoperasian *Biofilter*. Seiring dengan bertambahnya waktu pengoperasian, maka bertambah juga tinggi muka air yang berada di atas permukaan media pasir. Tinggi muka air yang berlebihan dan berlangsung lama dapat menyebabkan kondisi *anaerobic* pada permukaan pasir, sehingga dapat menyebabkan mikroorganisme yang terdapat dalam lapisan *biofilm* mati. Jika mikroorganisme tersebut mati, maka terjadi penurunan kinerja *Biofilter* dalam mengolah air limbah.

5.4.3 Hasil Pengujian dan Pembahasan Konsentrasi Total Fosfat

Salah satu tantangan yang muncul pada pengolahan limbah cair adalah pencapaian konsentrasi total nitrogen dan total fosfor dalam efluen yang sesuai dengan standar baku mutu. Fosfat dalam air limbah dapat berupa fosfat organik, orthophosphate anorganik atau sebagai fosfat kompleks/polyphosphate. Fosfat organik terdapat dalam air buangan penduduk dan sisa makanan. Fosfat organik

juga dapat berasal dari bakteri atau tumbuhan penyerap fosfat. Orthophosphate berasal dari bahan pupuk. Fosfat kompleks mewakili kurang lebih separuh dari fosfat limbah perkotaan dan berasal dari penggunaan deterjen sintetis. Hal ini sejalan dengan yang dinyatakan oleh Bitton (1994), bahwa senyawa fosfor dalam limbah cair kebanyakan berasal dari fosfat dalam deterjen. Bentuk umum senyawa fosfor dalam limbah cair adalah berupa ortofosfat (50-70% fosfor), polifosfat dan fosfor dalam senyawa organik.

Pengujian kinerja *Biofilter* skala laboratorium untuk mengurangi kandungan total fosfat dalam air limbah kantin dilakukan dengan cara yang sama seperti pengujian kinerja untuk parameter pH dan TSS air limbah. Sampel dituangkan hingga volume maksimal yang dapat ditampung oleh *Biofilter* skala laboratorium, setelah itu katup *Biofilter* skala laboratorium dibuka dan air limbah dibiarkan mengalir. Kemudian pada detik ke-20, 40 dan 60 air keluaran *Biofilter* skala laboratorium diukur kandungan total fosfatnya. Berikut ini adalah hasil pengukuran kinerja *Biofilter* skala laboratorium untuk parameter total fosfat:

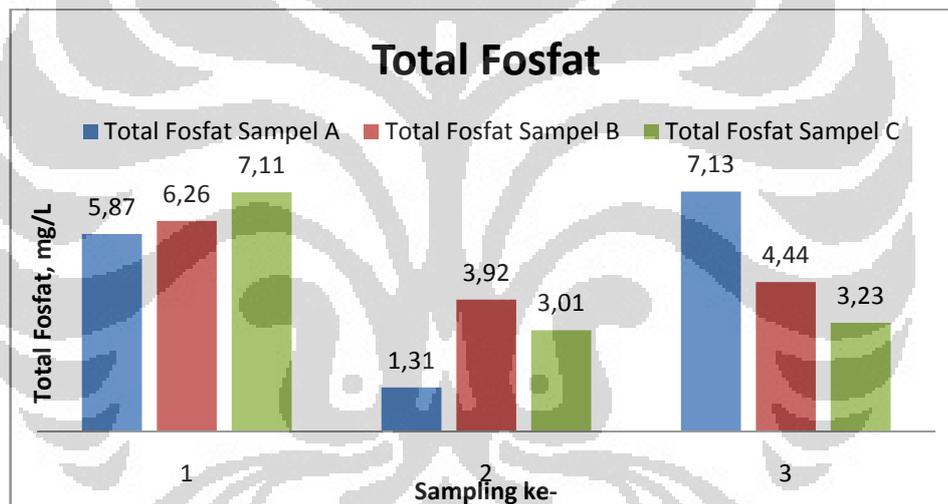


Gambar 5.7. Grafik Fluktuasi Kinerja *Biofilter* Skala Laboratorium untuk Paramater Total Fosfat
(Perhitungan Penulis, 2011)

Dari grafik dapat terlihat bahwa konsentrasi total fosfat dalam air limbah keluaran *Biofilter* skala laboratorium mengalami fluktuasi. Pada detik ke-20 dan 40, konsentrasi total fosfat mengalami penurunan dari konsentrasi awal, yaitu dari 8,1 mg/L turun menjadi 7 mg/L dan 6,25 mg/L. Namun, pada detik ke-60

konsentrasi total fosfat naik, bahkan melebihi konsentrasi total fosfat awal, yaitu 8,45 mg/L. Sehingga, bisa dikatakan *Biofilter* skala laboratorium kurang efektif dalam menurunkan konsentrasi total fosfat. Persentase penurunan konsentrasi total fosfat yang didapat juga tidak terlalu besar.

Hal sama masih terjadi walaupun waktu reaksi dalam *Biofilter* skala laboratorium ditambah menjadi 42 menit. Selama waktu pengukuran, nilai total fosfat yang didapat bervariasi, pada waktu sampling ke-1 nilai total fosfat mengalami kenaikan dari total fosfat awal sebesar 6,26 mg/L menjadi 7,11 mg/L. Hal yang sama tidak terjadi pada sampling ke-2 dan 3. Nilai total fosfat yang didapat cenderung mengalami penurunan, walaupun delta penurunannya tidak terlalu besar.



Gambar 5.8. Perbedaan Total Fosfat Air Limbah Kantin Yongma Sebelum dan Setelah Pengolahan dengan *Biofilter* Skala Laboratorium selama 42 Menit (Perhitungan Penulis, 2011)

Selain disebabkan oleh tingginya konsentrasi total fosfat dalam air limbah, keberadaan mikroorganisme pelarut fosfat juga menyebabkan sulitnya penurunan konsentrasi total fosfat menggunakan *Biofilter*. Pelarutan senyawa fosfat oleh mikroorganisme pelarut fosfat berlangsung secara kimia dan biologis baik untuk bentuk fosfat organik maupun anorganik. Mekanisme pelarutan fosfat secara kimia merupakan mekanisme pelarutan fosfat utama yang dilakukan oleh mikroorganisme. Mikroorganisme tersebut mengekskresikan sejumlah asam

organik berbobot molekul rendah, seperti oksalat, suksinat, tartrat, sitrat, laktat, α -ketoglutarat, asetat, formiat, propionat, glikolat, glutamat, glioksilat, malat, fumarat (Illmer dan Schinner, 1992; Banik dan Dey, 1982; Alexander, 1977; Beauchamp dan Hume, 1997).

Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa pelarutan P dipacu oleh pelepasan proton dalam proses respirasi atau pembentukan NH_4^+ (De Freitas et al., 1997; Bolan et al., 1997). Penggunaan pupuk urea dengan kandungan nitrogen yang tinggi sebesar 46%, dalam proses *seeding* lapisan *biofilm* menyumbangkan kandungan nitrogen organik yang mendukung proses pelarutan fosfat. Selain itu, kondisi pH tinggi (suasana basa) dalam lapisan *biofilm* juga turut mendukung terjadinya proses ini. Secara umum bakteri pelarut fosfat hidup pada kisaran pH 4-10,6 (Sen dan Paul, 1957). Pertumbuhan kelompok bakteri optimum pada pH sekitar netral dan meningkat seiring dengan meningkatnya pH. Kecepatan mineralisasi juga meningkat dengan nilai pH yang sesuai bagi metabolisme mikroorganisme dan pelepasan fosfat akan meningkat dengan meningkatnya nilai pH dari asam ke netral.

Senyawa fosfat merupakan nutrisi pembatas dalam lingkungan akuatik. Jika air yang mengandung $\text{P} > 0,015 \text{ mg/L}$ dan $\text{N} > 0,165 \text{ mg/L}$ yang tersedia secara biologi dapat menyebabkan eutrofikasi (Lawrence, et.al., 2002). Oleh karena itu, dalam pengolahan air limbah, penting sekali untuk mendapatkan air keluaran dengan konsentrasi total fosfat sesuai dengan baku mutu yang disyaratkan.

Fosfat merupakan makronutrien yang diperlukan oleh semua makhluk hidup. Fosfat merupakan komponen penting untuk pembentukan ATP (adenosine triphosphate), asam nukleat (DNA dan RNA), serta fosfolipid dalam membrane sel. Fosfat dapat disimpan dalam pada granula intraseluler, baik pada prokariot maupun eukariot. Fosfat merupakan nutrisi pembatas pada pertumbuhan alga dalam badan air. Oleh karena itu, sedikit kelebihan kandungan fosfat saja dalam badan air dapat menyebabkan eutrofikasi.

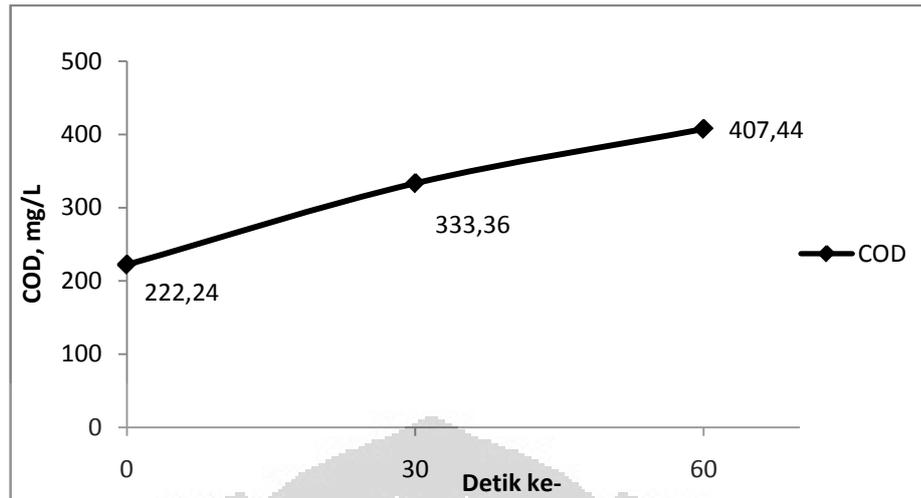
Meningkatnya sejumlah masalah eutrofikasi di perairan menunjukkan perlunya aturan yang tegas terkait persyaratan total nitrogen dan total fosfat pada efluen air limbah. Sehingga, keberadaan pengolahan air limbah sebelum dibuang

ke badan air penerima merupakan sesuatu yang penting sekali dilakukan, terutama untuk menurunkan konsentrasi fosfat agar sesuai baku mutu yang dipersyaratkan.

5.4.4 Hasil Pengujian dan Pembahasan Konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Pengukuran BOD terkadang sulit dilakukan, terutama jika terdapat zat beracun yang dapat mematikan mikroorganisme, sehingga pengukuran COD memiliki arti yang sangat penting. Namun, pengukuran COD tidak dapat menunjukkan besarnya limbah yang dapat dioksidasi oleh bakteri atau mikroorganisme lain. Hal ini disebabkan uji COD merupakan suatu reaksi oksidasi kimia yang menirukan oksidasi biologi di alam, sehingga tidak dapat membedakan antara zat-zat yang sebenarnya tidak teroksidasi dan zat-zat yang teroksidasi secara biologi.

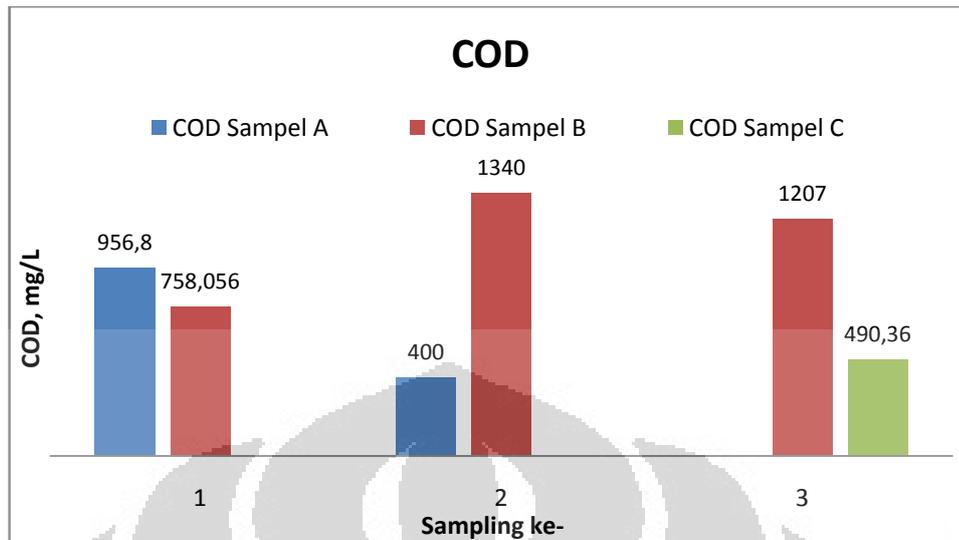
Pengujian kinerja *Biofilter* skala laboratorium untuk menurunkan nilai COD dalam air limbah kantin dilakukan dengan cara yang sedikit berbeda dengan pengujian kinerja untuk parameter pH, TSS dan total fosfat air limbah. Pada pengukuran nilai COD, sampel dituangkan hingga volume maksimal yang dapat ditampung oleh *Biofilter* skala laboratorium, setelah itu katup *Biofilter* skala laboratorium dibuka dan air limbah dibiarkan mengalir. Kemudian pada detik ke-30 dan 60 air keluaran *Biofilter* skala laboratorium diukur nilai COD-nya. Berikut ini adalah hasil pengukuran kinerja *Biofilter* skala laboratorium untuk parameter COD :



Gambar 5.9. Grafik Fluktuasi Kinerja *Biofilter* Skala Laboratorium untuk Paramater COD
(Perhitungan Penulis, 2011)

Dari grafik dapat terlihat bahwa nilai COD air limbah keluaran *Biofilter* skala laboratorium mengalami kenaikan. Dari nilai COD air limbah awal sebesar 222,24 mg/L, menjadi 333,36 mg/L pada detik ke-30 dan 407,44 mg/L pada detik ke-60. Tingginya nilai COD air limbah bisa disebabkan oleh lebih banyak kandungan zat-zat yang tidak dapat dioksidasi oleh mikroorganisme. Sehingga, oksidasi menggunakan kalium dikromat menjadi lebih efektif. Selain itu, hal ini bisa juga disebabkan karena waktu kontak yang sangat singkat antara air limbah dan lapisan *biofilm* yang terdapat dalam *Biofilter* skala laboratorium, sehingga mikroorganisme yang ada tidak mempunyai cukup waktu untuk menguraikan zat-zat organik yang lebih sulit diuraikan.

Hal ini bisa dilihat dari data pengukuran penurunan nilai COD jika waktu kontaknya adalah 42 menit. Pada sampling ke-1 dan 2, nilai COD yang diharapkan gagal didapat. Hal ini diduga karena kesalahan dalam pengenceran sampel dan nilai COD yang terlalu tinggi sehingga tidak dapat terbaca saat proses titrasi dengan larutan FAS. Lalu pada sampling ke-3 berhasil mendapatkan nilai COD yang diharapkan setelah terlebih dahulu melakukan pengecekan nilai klorida (Cl) yang biasanya merupakan gangguan dalam pengukuran COD. Berikut ini adalah hasil pengukuran COD setelah didiamkan dalam *Biofilter* skala laboratorium selama 42 menit :



Gambar 5.10. Perbedaan COD Air Limbah Kantin Yongma Sebelum dan Setelah Pengolahan dengan *Biofilter* Skala Laboratorium selama 42 Menit (Perhitungan Penulis, 2011)

Dari grafik terlihat bahwa pada sampling ke-3 *Biofilter* skala laboratorium dapat mengolah air limbah kantin dan dapat menurunkan nilai COD sebesar $\pm 59,37\%$, yaitu dari 1207 mg/L menjadi 490,36 mg/L. Hal ini disebabkan waktu kontak yang panjang, yaitu selama 42 menit, sehingga mikroorganisme yang ada dapat lebih banyak menguraikan zat-zat organik dalam air limbah.

Selain waktu kontak yang singkat, kadar klorida yang tinggi dalam air baku *Biofilter* skala laboratorium menjadi salah satu gangguan dalam pengukuran ini berhasil diatasi. Klorida merupakan masalah terpenting yang sering muncul karena klorida memiliki konsentrasi yang tinggi pada limbah cair. Sebagai perbandingan, air limbah awal hanya mengandung kadar klorida sebesar 7 mg/L, sedangkan air olahan *Biofilter* skala laboratorium mengandung kadar klorida hingga 17,2 mg/L. Gangguan ini dapat dihilangkan dengan penambahan HgSO_4 pada sampel. Sampel limbah awal hanya membutuhkan 0,2 gram HgSO_4 , sedangkan air olahan *Biofilter* skala laboratorium membutuhkan hingga 0,5 gram HgSO_4 .

Penurunan nilai COD juga dipengaruhi oleh keberadaan oksigen terlarut. Penambahan kandungan oksigen terlarut dapat dilakukan dengan proses aerasi.

Proses aerasi dapat dilakukan dengan banyak cara, misalnya saja dengan meniupkan udara ke dalam air olahan, memperluas bidang permukaan air yang kontak dengan udara bebas ataupun dengan memperlama waktu kontak air dengan udara bebas.

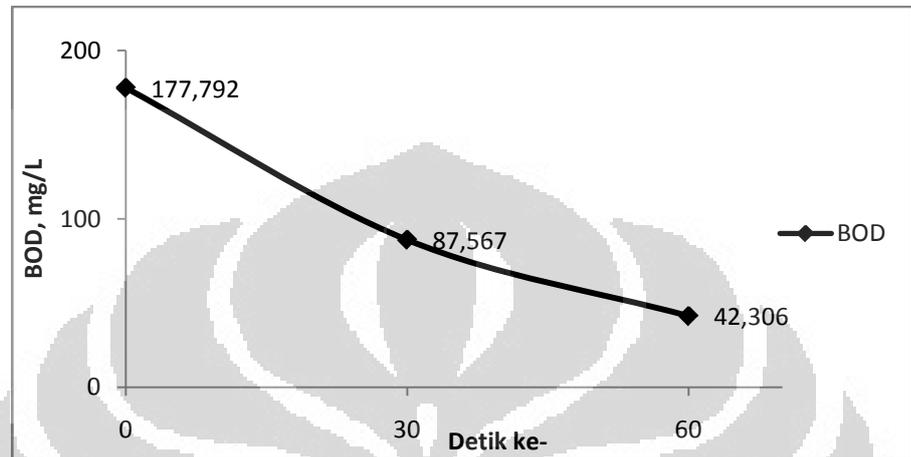
Air limbah yang diolah menggunakan *Biofilter* skala laboratorium akan terlebih dahulu melewati saringan (*diffuser plate*) yang ada pada *Biofilter*. Saringan ini selain berfungsi untuk menyaring padatan-padatan besar yang dapat menyumbat media filter, juga untuk melindungi lapisan *biofilm* dari kerusakan akibat kecepatan datangnya air. Saringan dapat mengurangi kecepatan dari *input* air yang dapat merusak lapisan paling atas dari pasir. Fungsi lain dari saringan ini adalah untuk membaurkan *input* air olahan sehingga menjadi butiran-butiran air yang lebih kecil. Dengan demikian bidang permukaan yang kontak dengan udara bebas menjadi lebih luas dan kandungan oksigen terlarut semakin banyak. Selain dengan mekanisme diatas, penambahan kandungan oksigen terlarut dapat dilakukan dengan mengaerasi terlebih dahulu air limbah yang akan diolah menggunakan *Biofilter*. Jika kandungan oksigen terlarut semakin banyak, maka proses oksidasi zat-zat organik menjadi lebih mudah.

5.4.5 Hasil Pengujian dan Pembahasan Konsentrasi *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Parameter BOD, secara umum banyak dipakai untuk menentukan tingkat pencemaran air buangan. Selama pemeriksaan BOD, contoh yang diperiksa harus bebas dari udara luar untuk mencegah kontaminasi dari oksigen yang ada di udara bebas. Konsentrasi air buangan/sampel tersebut juga harus berada pada suatu tingkat pencemaran tertentu, hal ini untuk menjaga supaya oksigen terlarut selalu ada selama pemeriksaan. Hal ini penting diperhatikan mengingat kelarutan oksigen dalam air terbatas dan hanya berkisar ± 9 ppm pada suhu 20°C (Sawyer & Mc Carty, 2003).

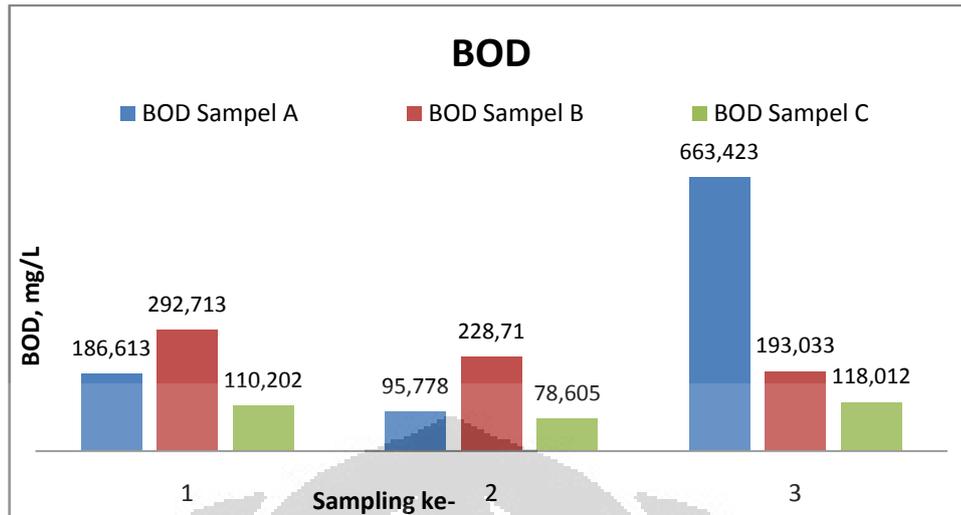
Pengujian kinerja *Biofilter* skala laboratorium untuk menurunkan nilai BOD dalam air limbah kantin dilakukan dengan cara yang sama dengan parameter COD. Pada pengukuran nilai BOD, sampel dituangkan hingga volume maksimal yang dapat ditampung oleh *Biofilter* skala laboratorium, setelah itu katup *Biofilter*

skala laboratorium dibuka dan air limbah dibiarkan mengalir. Kemudian pada detik ke-30 dan 60 air keluaran *Biofilter* skala laboratorium diukur nilai BOD-nya. Berikut ini adalah hasil pengukuran kinerja *Biofilter* skala laboratorium untuk parameter BOD :



Gambar 5.11. Grafik Fluktuasi Kinerja *Biofilter* Skala Laboratorium untuk Parameter BOD
(Perhitungan Penulis, 2011)

Dari data diatas dapat diketahui bahwa terjadi penurunan nilai BOD setelah diolah menggunakan *Biofilter* skala laboratorium. Nilai BOD awal air limbah kantin adalah sebesar 177,792 mg/L turun menjadi 87,567 mg/L pada detik ke-30 dan pada detik ke-60 menjadi 42,306 mg/L. Penurunan nilai BOD yang terjadi berkisar antara $\pm 51,68\%$ sampai dengan $76,2\%$. Hal yang sama juga berlaku jika pengolahan dilakukan dengan mendiamkan terlebih dahulu air limbah dalam reaktor selama 42 menit. Berikut ini adalah hasilnya :



Gambar 5.12. Perbedaan Kadar BOD Air Limbah Kantin Yongma Sebelum dan Setelah Pengolahan dengan *Biofilter* Skala Laboratorium selama 42 Menit (Perhitungan Penulis, 2011)

Penurunan nilai BOD yang terjadi setelah pengolahan air limbah dengan *Biofilter* skala laboratorium selama 42 menit adalah $\pm 55,62\%$. Dengan adanya penurunan ini, air limbah olahan *Biofilter* skala laboratorium telah memenuhi baku mutu sesuai dengan Kepmen LH No. 112 tahun 2003 dimana nilai maksimal BOD air limbah adalah 100 mg/L. Dengan nilai BOD dibawah 100 mg/L, diharapkan jika dibuang ke badan air penerima tidak akan mengakibatkan pencemaran.

Proses pengolahan dengan *Biofilter* mengkombinasikan proses pengolahan biologis dan fisik. Pengolahan biologis dilakukan dengan menggunakan lapisan *biofilm* yang berada pada permukaan media filter. Lapisan biologis yang banyak mengandung mikroorganisme akan menguraikan zat-zat organik dalam air limbah menjadi CO_2 dan H_2O . Penurunan nilai BOD terjadi lebih besar dibandingkan dengan COD sebab kandungan bahan organik dalam air limbah kantin lebih banyak dibandingkan dengan bahan anorganik.

Lapisan *biofilm* yang ada dalam reaktor memiliki suatu sistem yang terdiri dari medium penyangga, lapisan *biofilm* yang melekat pada medium, lapisan air limbah dan lapisan udara yang terletak di luar. Senyawa polutan yang ada di dalam air limbah, seperti senyawa organik (BOD, COD), ammonia,

phosfor, dan lainnya akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan medium.

Pada saat yang sama, dengan menggunakan oksigen terlarut yang ada dalam air limbah, senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada dalam lapisan *biofilm* dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomassa. Jika lapisan *biofilm* cukup tebal, maka pada bagian luar lapisan *biofilm* akan berada dalam kondisi aerobik, sedangkan pada bagian dalam lapisan *biofilm* yang melekat pada medium akan berada dalam kondisi anaerobik. Pada kondisi anaerobik akan terbentuk gas H_2S dan jika konsentrasi oksigen terlarut cukup besar, maka gas H_2S yang terbentuk tersebut akan diubah menjadi sulfat (SO_4) oleh bakteri sulfat yang ada dalam *biofilm* (Said, 2008). Hal inilah yang menyebabkan air keluaran *Biofilter* skala laboratorium agak berbau menyengat.

Selain itu, pada zona aerobik nitrogen-ammonium akan diubah menjadi nitrit dan nitrat dan selanjutnya pada zona anaerobik nitrat yang terbentuk mengalami proses denitrifikasi menjadi gas nitrogen. Oleh karena itu, didalam sistem *biofilm* terjadi kondisi anaerobik dan aerobik pada saat yang bersamaan maka dengan sistem tersebut proses penghilangan senyawa nitrogen menjadi lebih mudah (Said, 2008).

Pengolahan secara fisik dilakukan dengan menyaring air limbah menggunakan media filter. Media filter memiliki peran yang sangat penting dalam proses penyaringan. Besaran diameter dan tinggi lapisan penyaringan merupakan faktor kunci keberhasilan pengolahan. Faktor lain yang mempengaruhi penyaringan adalah kekeruhan dari air buangan, kemudahan pencucian kembali dan resistensi lapisan *biofilm* terhadap bahan kimia.

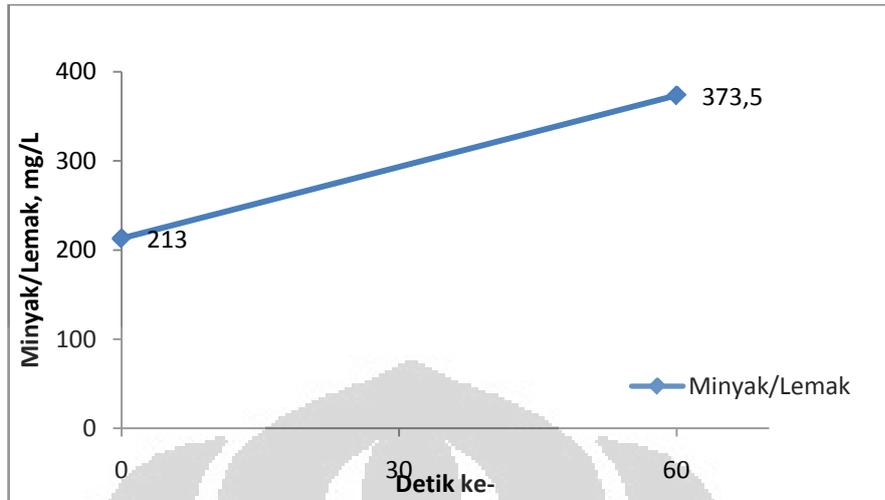
Semakin tinggi variabel pasir yang digunakan, maka semakin besar persen penurunan BODnya. Variasi media filter yang semakin banyak akan membuat proses penyaringan semakin efektif. Padatan dengan besaran tertentu akan tersaring pada rongga-rongga media yang sesuai. Selain itu, semakin besar laju alir yang digunakan maka akan mendapatkan persen penurunan BOD yang semakin besar pula. Sebab, gesekan antara padatan-padatan dalam air limbah dengan media filter akan semakin sering terjadi dan kekuatannya lebih besar sehingga padatan lebih mudah hancur.

5.4.5.1 Hasil Pengujian dan Pembahasan Konsentrasi Minyak/Lemak

Limbah dapur yang dibuang melalui saluran air limbah akan menyumbangkan lemak dari sisa makanan dan sabun yang dihasilkan dari reaksi dengan predominan kation dalam air limbah (Loehr & de Navarra, 1969). Bahan buangan berminyak yang dibuang ke badan air akan mengapung menutupi permukaan air. Jika bahan buangan berminyak mengandung senyawa yang *volatile*, maka akan terjadi penguapan dan luas permukaan minyak yang menutupi permukaan air akan menyusut. Penyusutan minyak ini tergantung pada jenis minyak dan waktu. Lapisan minyak pada permukaan air dapat terdegradasi oleh mikroorganisme tertentu, tetapi membutuhkan waktu yang lama.

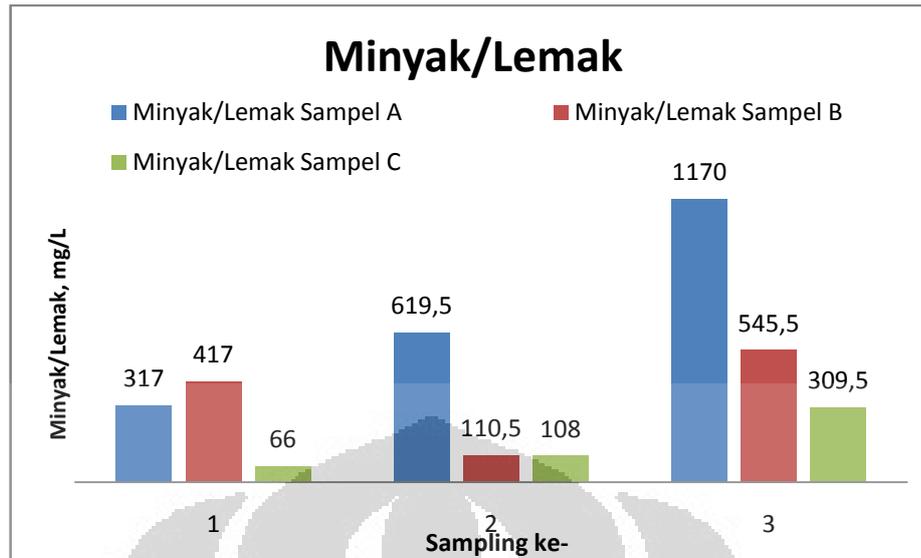
Lapisan minyak di permukaan air akan mengganggu kehidupan akuatik dalam air. Hal ini dikarenakan lapisan tersebut akan menghalangi difusi oksigen dari udara ke dalam air, sehingga oksigen terlarut akan berkurang. Lapisan tersebut juga akan menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam air, sehingga fotosintesis pun terganggu.

Pengujian kinerja *Biofilter* skala laboratorium untuk menurunkan konsentrasi minyak/lemak dalam air limbah kantin dilakukan dengan cara yang sama dengan parameter lainnya. Perbedaannya hanya terletak pada waktu pengukuran saja. Untuk parameter ini, hanya diukur dalam 2 waktu pengukuran, yaitu pada detik ke-0 (konsentrasi awal) dan detik ke-60 (konsentrasi akhir). Selanjutnya sampel dituangkan hingga volume maksimal yang dapat ditampung oleh *Biofilter* skala laboratorium, setelah itu katup *Biofilter* skala laboratorium dibuka dan air limbah dibiarkan mengalir, lalu diukur konsentrasi minyak.lemaknya. Berikut ini adalah hasil pengukuran kinerja *Biofilter* skala laboratorium untuk parameter minyak/lemak:



Gambar 5.13. Grafik Fluktuasi Kinerja *Biofilter* Skala Laboratorium untuk Paramater Minyak/Lemak (Perhitungan Penulis, 2011)

Dari data diatas, terjadi kenaikan konsentrasi minyak/lemak setelah diolah menggunakan *Biofilter* skala laboratorium, dari 213 mg/L menjadi 373,5 mg/L, sehingga terjadi kenaikan konsentrasi sebesar 42,97%. Jika waktu pengolahan ditambah, maka akan didapatkan hasil yang berbeda. Dengan waktu pengolahan 42 menit, didapatkan penurunan konsentrasi minyak/lemak berkisar antara 2,26% hingga 84,17% dengan rata-rata penurunan konsentrasi sebesar 43,23%. Berikut ini hasil pengukuran konsentrasi minyak/lemak menggunakan *Biofilter* skala laboratorium dengan waktu pengolahan 42 menit:



Gambar 5.14. Perbedaan Kadar BOD Air Limbah Kantin Yongma Sebelum dan Setelah Pengolahan dengan *Biofilter* Skala Laboratorium selama 42 Menit (Perhitungan Penulis, 2011)

Walaupun telah terjadi penurunan konsentrasi minyak/lemak, tetapi nilainya masih jauh melebihi baku mutu yang disyaratkan dalam Kepmen LH No. 112 tahun 2003, yaitu maksimal hanya 10 mg/L. Kandungan minyak/lemak yang terlalu tinggi sebaiknya dihindari sebab dapat mengganggu proses pengolahan dan unit-unit pengolahan limbah yang ada. Minyak/lemak dapat menyebabkan *clogging* (penyumbatan) dalam pipa-pipa pengolahan. Selain itu, minyak/lemak juga dapat menyebabkan timbulnya kondisi anaerobik karena mengapung di permukaan air limbah dan menghalangi difusi oksigen di permukaan air limbah.

Dari data tersebut diatas dapat dilihat perbedaan hasil antara pengolahan selama 42 menit dengan pengolahan yang sesuai dengan kecepatan habisnya air limbah dalam *Biofilter* skala laboratorium. Semakin lama waktu pengolahan, maka hasil pengolahan yang didapatkan semakin baik. Hal ini dikarenakan mikroorganisme dalam lapisan *biofilm* memiliki lebih banyak waktu untuk mengolah kandungan minyak/lemak yang terdapat dalam air limbah. Seperti yang sudah diketahui bahwa minyak/lemak merupakan senyawa yang dapat didegradasi oleh mikroorganisme, tetapi membutuhkan waktu yang lama, sebab minyak/lemak terutama tahan terhadap perombakan secara anaerob.

Penurunan konsentrasi minyak/lemak sangat dipengaruhi oleh keberadaan oksigen terlarut dalam air limbah. Semakin sedikit kandungan oksigen terlarut, maka semakin sulit minyak/lemak didegradasi oleh mikroorganisme yang ada. Salah satu cara untuk meningkatkan kandungan oksigen terlarut adalah dengan proses aerasi. Pada *Biofilter* skala laboratorium ini, proses aerasi terjadi saat air limbah dituangkan ke dalam *Biofilter* skala laboratorium dan melalui saringan (*diffuser plate*) yang ada dalam reaktor. Saringan tersebut akan membaurkan air limbah dalam butiran-butiran kecil sehingga luas permukaan air limbah yang kontak dengan udara bebas menjadi lebih besar. Dengan begitu kandungan oksigen terlarut akan semakin banyak.

Fungsi lain dari saringan pembaur adalah untuk melindungi lapisan *biofilm* dari kecepatan datangnya air. Sebab jika kecepatan datangnya air terlalu besar, maka lapisan *biofilm* yang ada pada permukaan media pasir akan tergerus dan rusak sehingga proses pengolahan akan terganggu. Lapisan *biofilm* ini harus terjaga dengan baik, sebab proses pengolahan secara biologis pada umumnya sangat efektif untuk mengurangi konsentrasi minyak/lemak dan emulsi lainnya yang tidak dapat distabilkan atau dikurangi konsentrasinya oleh proses kimia (penambahan bahan kimia atau koagulan).

5.4.6 Keseluruhan Kinerja *Biofilter*

Kinerja *Biofilter* sangat dipengaruhi oleh keberadaan lapisan *biofilm*. Jika lapisan *biofilm* yang ada dalam kondisi baik, maka pengolahan dapat berjalan maksimal. Pertumbuhan lapisan *biofilm* tergantung pada perlakuan yang diberikan saat proses *seeding* dan setelahnya. Oleh karena itu penting untuk menjaga agar lapisan *biofilm* tetap berada dalam kondisi baik. Faktor lain yang berpengaruh terhadap kinerja *Biofilter* adalah media filter. Sebelum penelitian dilakukan, sebaiknya dilakukan penelitian pendahuluan untuk menentukan diameter dan ketinggian lapisan media yang sesuai agar dihasilkan kualitas efluen diharapkan.

Pengukuran kinerja *Biofilter* skala laboratorium yang dilakukan dengan menuangkan sampel hingga volume maksimal yang dapat ditampung oleh *Biofilter* skala laboratorium dan katup *Biofilter* skala laboratorium dibuka lalu air limbah dibiarkan mengalir. Kemudian pada waktu yang telah ditentukan diukur

nilai masing-masing parameter. Pada parameter pH, TSS dan BOD hasil yang didapat menunjukkan perbaikan kualitas air limbah dengan kenaikan nilai pH dan penurunan nilai TSS dan BOD. Sedangkan untuk parameter Total Fosfat, COD dan minyak/lemak hasil yang didapat bervariasi, tetapi secara umum tidak menunjukkan perbaikan kualitas air limbah setelah diolah dengan *Biofilter* skala laboratorium.

Peningkatan nilai pH dari kondisi asam menjadi basa kemungkinan disebabkan karena kandungan total fosfat yang tinggi. Fosfat jika berada dalam air limbah dapat meningkatkan nilai pH air limbah. Peningkatan nilai total fosfat disebabkan oleh adanya pelarutan P yang dipacu oleh pelepasan proton dalam proses respirasi atau pembentukan NH_4^+ oleh bakteri pelarut fosfat yang terdapat dalam lapisan *biofilm*. Pembentukan NH_4^+ oleh bakteri pelarut fosfat disebabkan oleh penggunaan urea dengan kandungan nitrogen 46% yang menyumbangkan kandungan nitrogen organik yang mendukung proses pelarutan fosfat dan menciptakan suasana basa dalam *Biofilter* skala laboratorium. Pertumbuhan kelompok bakteri pelarut fosfat optimum pada pH sekitar netral dan meningkat seiring dengan meningkatnya pH.

Keberadaan bakteri pelarut fosfat dan mikroorganisme lainnya dalam *Biofilter* skala laboratorium turut mendukung penurunan nilai BOD. Dimana *Biofilter* menggunakan prinsip pengolahan biologis yang kebanyakan dapat mendegradasi kandungan bahan organik. Sedangkan bahan-bahan anorganik yang sulit didegradasi oleh mikroorganisme masih ikut terbawa keluar dari reaktor sehingga menyebabkan kandungan COD meningkat. Nilai COD akan semakin meningkat jika bahan-bahan anorganik yang sulit didegradasi tersebut berukuran koloid karena tidak dapat terperangkap dalam media filter dan terbawa keluar *Biofilter*. Ukuran partikel koloid berkisar antara 0,001 sampai 1 μm (Sawyer & McCarty, 2003). Sebagai perbandingan, *suspended solid* yang berukuran maksimal 2,0 μm yang ada dalam air limbah saja masih ada yang tidak terperangkap dalam media filter, maka sangat mungkin jika bahan-bahan anorganik yang berukuran koloid tidak dapat terperangkap oleh media filter.

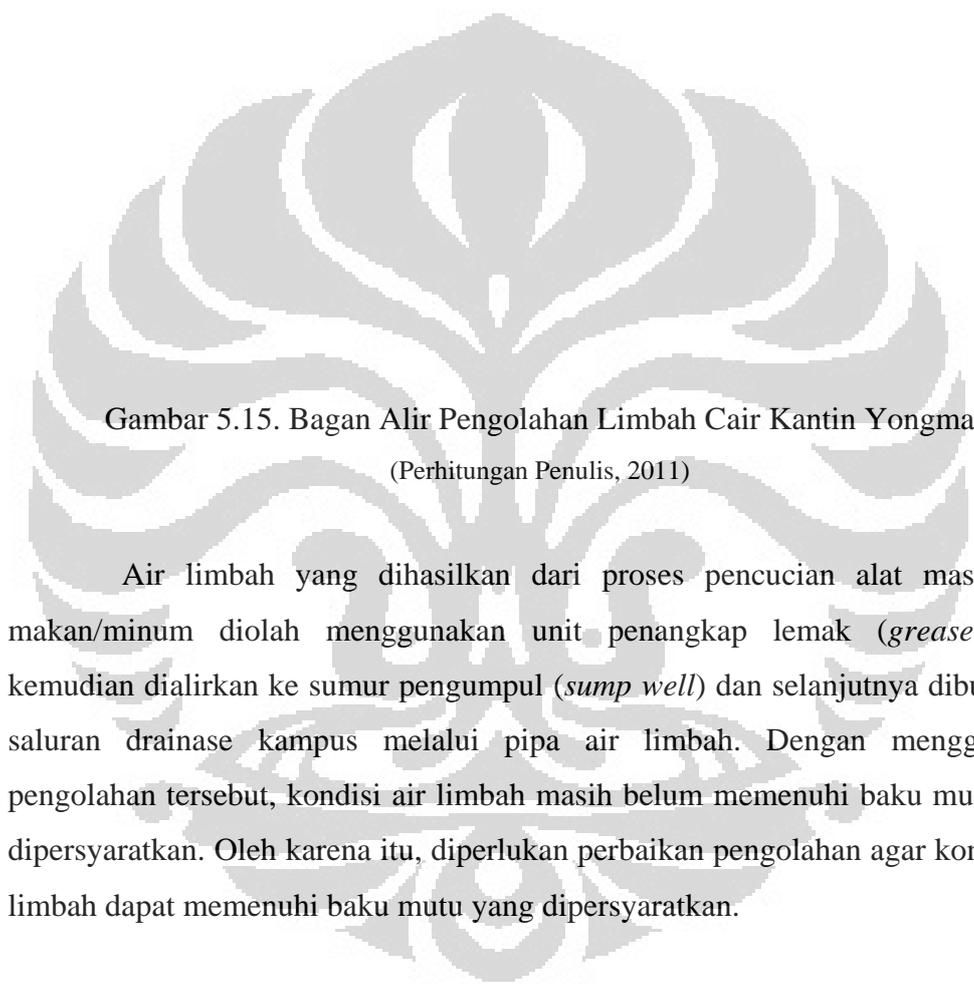
Nilai penurunan yang paling baik didapatkan untuk parameter TSS, dimana kinerja *Biofilter* skala laboratorium dalam menurunkan TSS hingga \pm

96,99%. Hal ini disebabkan oleh adanya mekanisme *mechanical trapping*, *predation* dan *adsorption* dalam *Biofilter* skala laboratorium. Pada proses *mechanical trapping*, *suspended solid* yang berukuran $> 20 \mu\text{m}$ akan tertahan dalam media filter, sedangkan partikel berukuran 5-10 μm akan tertahan seiring dengan pertambahan deposit partikel di permukaan media pada saat operasional filter. Namun, koloid (0,001-1 μm) dan bakteri (1 μm) tidak dapat disisihkan dengan mekanisme ini. Pada proses *predation*, bakteri yang ada akan memakan *suspended solid* yang ada dalam air limbah. Pada proses *adsorption*, *suspended solids* akan berikatan satu sama lain di dalam air dan di butiran pasir.

Tidak semua kandungan minyak/lemak dapat disisihkan pada tahap pengolahan pertama. Minyak/lemak tersebut bahkan masih bisa tersisa dalam unit *clarifier* walaupun dalam jumlah yang cukup besar. Hal inilah yang menyebabkan kandungan minyak/lemak yang masih tinggi walaupun telah diolah dengan unit penangkap lemak (*grease trap*) dan sumur pengumpul (*sump well*). Pada pengolahan dengan *Biofilter*, penurunan konsentrasi minyak/lemak terjadi semakin besar jika waktu pengolahan semakin lama. Waktu yang lama akan memperbesar kemungkinan kontak minyak/lemak dengan media filter yang ada. Fardiaz (1992), menyatakan, proses penghilangan minyak mungkin lebih cepat karena minyak akan melekat pada benda-benda padat seperti batu dan pasir yang mengalami kontak dengan air yang tercemar tersebut.

5.5 Rekomendasi Pengolahan

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan analisa, maka diajukan sebuah rekomendasi mengenai perbaikan pengolahan limbah cair Kantin Yongma. Unit pengolahan yang sudah ada berupa unit penangkap lemak (*grease trap*) dan sumur pengumpul (*sump well*) diperbaiki sehingga kinerjanya dalam mengolah air limbah kantin meningkat. Sebelum dilakukan perbaikan, bagan alir pengolahan air limbah Kantin Yongma adalah sebagai berikut:



Gambar 5.15. Bagan Alir Pengolahan Limbah Cair Kantin Yongma
(Perhitungan Penulis, 2011)

Air limbah yang dihasilkan dari proses pencucian alat masak dan makan/minum diolah menggunakan unit penangkap lemak (*grease trap*), kemudian dialirkan ke sumur pengumpul (*sump well*) dan selanjutnya dibuang ke saluran drainase kampus melalui pipa air limbah. Dengan menggunakan pengolahan tersebut, kondisi air limbah masih belum memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan pengolahan agar kondisi air limbah dapat memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan.

Berikut ini adalah bagan alir rekomendasi perbaikan pengolahan air limbah Kantin Yongma FISIP UI:

Gambar 5.16. Bagan Alir Rekomendasi Pengolahan Limbah Cair Kantin Yongma
(Perhitungan Penulis, 2011)

Dari perbaikan ini, air limbah akan diolah menggunakan unit penangkap lemak (*grease trap*), kemudian efluen dari unit akan diolah menggunakan bak pengendapan awal dan selanjutnya diolah menggunakan *Biofilter*. Efluen dari unit-unit pengolahan tersebut selanjutnya akan dibuang melalui pipa saluran pembuangan air limbah ke saluran drainase kampus.

Langkah-langkah perbaikan yang akan direkomendasikan adalah sebagai berikut:

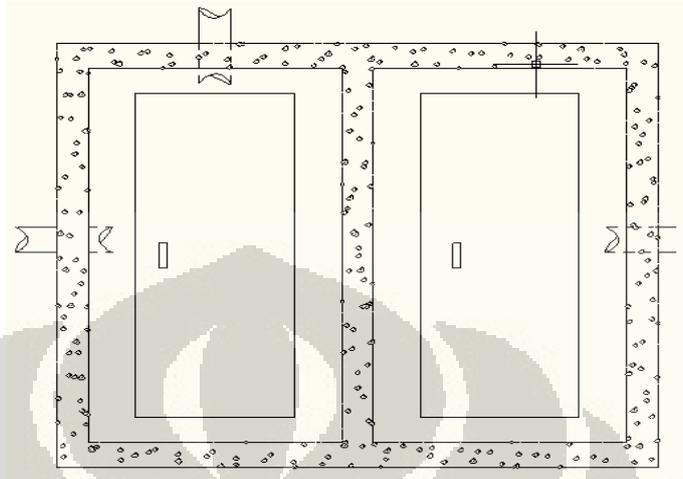
- Pembersihan dan pengurasan unit-unit pengolahan yang ada perlu dilakukan, setidaknya 1 bulan sekali
- Perbaikan unit penangkap lemak (*grease trap*)

Dilakukan dengan menambahkan saringan yang terbuat dari bahan aluminium berlubang yang digantung dengan besi berdiameter 12 mm. Unit ini juga dilengkapi dengan penutup agar kotoran dari luar tidak dapat masuk dan mengganggu kinerja unit. Selanjutnya dalam unit penangkap lemak (*grease trap*), lemak yang mengambang di permukaan air harus dibersihkan dengan mengangkat dan membuangnya secara manual selama 1 sampai 2 bulan sekali.

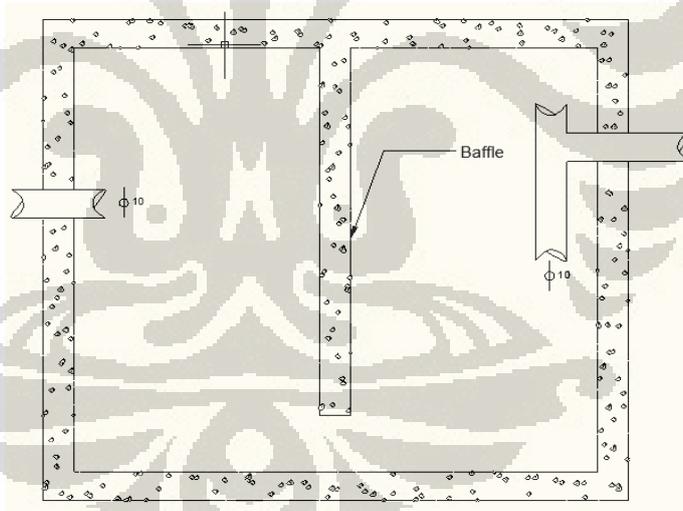
- Perbaikan unit sumur pengumpul (*sump well*) yang difungsikan sebagai bak pengendapan awal

Bak pengendapan awal memiliki dua ruangan, dari ruangan pertama air limbah mengalir dari atas lalu ke dasar bak. Sedangkan pada ruangan kedua, air limbah mengalir secara *up-flow*, yaitu dari dasar bak menuju bagian atas bak. Dalam bak pengendapan awal yang pertama, sisa minyak/lemak yang masih terdapat dalam air limbah akan mengapung di bagian atas dan

padatan tersuspensi yang masih ada akan mengendap di dasar bak. Kecepatan pengendapan dengan sistem *up-flow* berkisar antara 0,0002 sampai 0,000278 m/detik (Metcalf & Eddy, 2003).



Gambar 5.17. Tampak Atas Bak Pengendapan Awal
(Perhitungan Penulis, 2011)

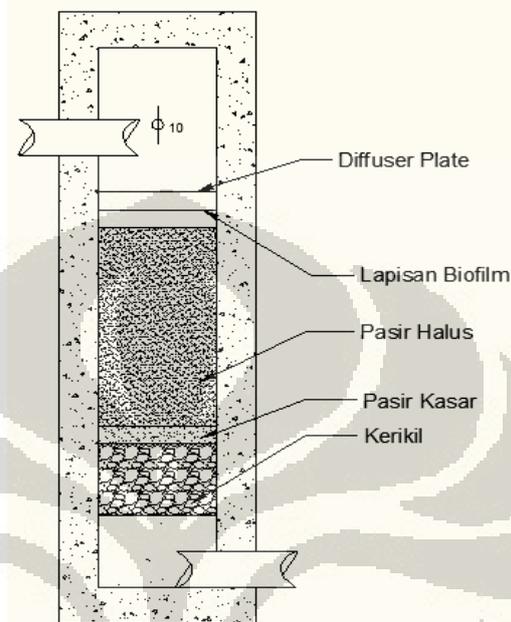


Gambar 5.18. Potongan Melintang Bak Pengendapan Awal
(Perhitungan Penulis, 2011)

- Pembuatan unit *Biofilter*

Air limbah diolah dengan unit *Biofilter* dengan cara melewatkan air limbah tersebut pada media filter yang terdapat dalam unit *Biofilter*. Padatan-padatan tersuspensi akan terperangkap dalam rongga-rongga antar media filter. Kemudian lama-kelamaan pada lapisan atas media filter akan

terbentuk lapisan *biofilm* yang akan membantu proses pengolahan dengan mendegradasi bahan-bahan organik dan anorganik yang terdapat dalam air limbah.



Gambar 5.19. Potongan Melintang Biofilter
(Perhitungan Penulis, 2011)

Pada unit penangkap lemak (*grease trap*) ini diharapkan akan terjadi pengurangan padatan tersuspensi sebanyak 30% dan minyak/lemak sebanyak 80%. Sedangkan, pada unit bak pengendapan awal dengan sistem *up-flow* diharapkan terjadi penurunan konsentrasi COD antara 85-90%. Penurunan konsentrasi TSS, BOD, COD, Fosfat dan minyak/lemak pada bak pengendapan awal tanpa sistem *up-flow* secara berturut-turut mencapai 50%, 30%, 30%, 15% dan 20% (Qasim, 1985). Sehingga, sisa minyak/lemak yang masih ada dalam air limbah sudah tidak ada saat air limbah diolah dalam *Biofilter*. Peningkatan nilai pH belum terjadi pada sampai dengan tahap ini, sebab minyak/lemak yang menutupi permukaan air limbah dapat menyebabkan kondisi anerobik pada air limbah sehingga pH air limbah masih asam.

Setelah air limbah diolah dalam unit *Biofilter* diharapkan terjadi kenaikan pH air limbah antara 7-8,5, penurunan kandungan TSS sebesar $\pm 96,99\%$ dan penurunan BOD sebesar $\pm 50-76\%$ (Perhitungan Penulis, 2011). Sedangkan

untuk parameter COD dan total fosfat nilai bervariasi setiap pengambilan data sehingga tidak dapat ditentukan. Unit *Biofilter* memang kurang efektif dalam menurunkan nilai COD dan fosfat sehingga agar nilai COD dan fosfat dapat ditambahkan unit pengolahan lain yang sudah terbukti dapat menurunkan nilai COD dan fosfat.

Penurunan kandungan fosfat dapat dilakukan dengan menanam tanaman penurun fosfat, yaitu *vetiver* (*Vetiveria zizanioides*) grass di pinggir Danau Mahoni UI. Sehingga saat efluen air limbah yang mengalir melalui saluran drainase bergabung dengan air danau, kandungan fosfatnya telah berkurang. *Vetiver* grass dapat menurunkan kandungan fosfat dalam air limbah hingga 90% dan nitrogen hingga 94% (<http://www.vetiver.org>, 2011).

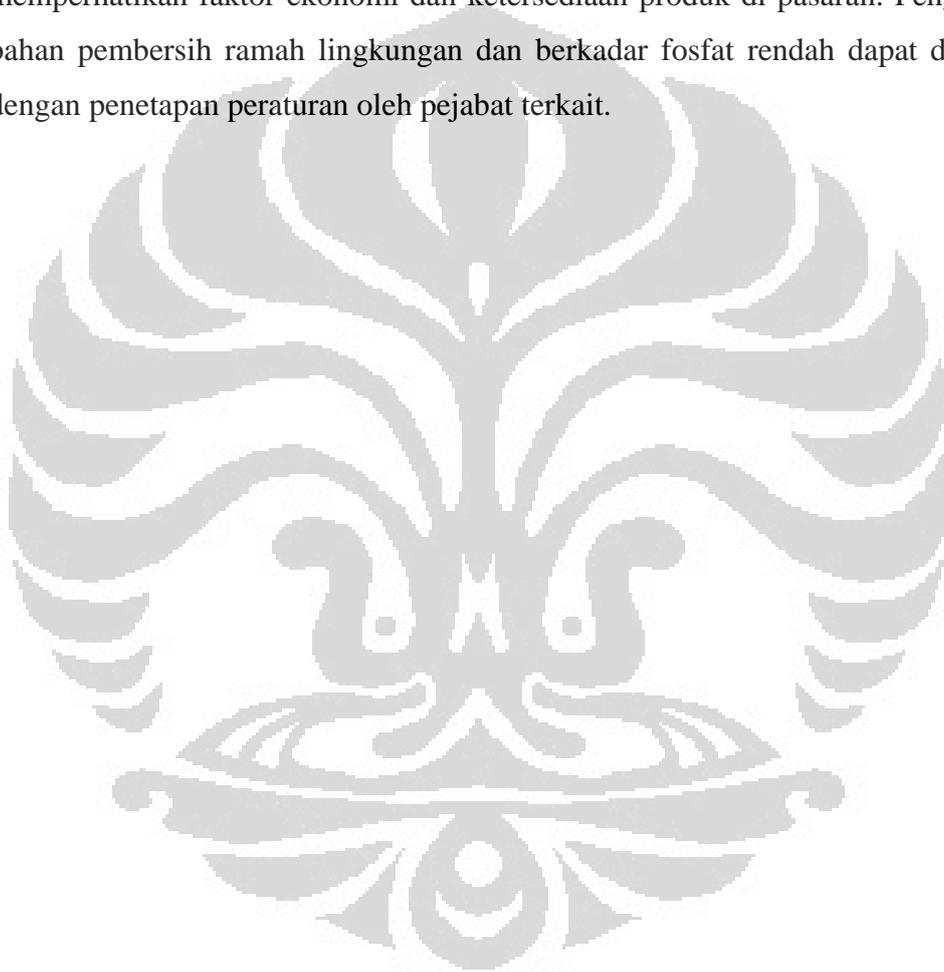


Gambar 5.20. *Vetiver* (*Vetiveria zizanioides*) Grass
(<http://www.vetiver.org>, 2011)

Upaya-upaya teknis yang telah dilakukan tidak akan berhasil dengan baik dan bertahan lama jika tidak dilakukan perawatan secara rutin. Seperti pada unit penangkap lemak (*grease trap*), minyak/lemak yang mengambang di permukaan air limbah perlu diangkat dan dibuang untuk meringankan beban unit pengolahan, sebab minyak/lemak sulit didegradasi dalam waktu singkat. Selain itu, pengangkatan lumpur akibat sedimentasi padatan-padatan tersuspensi dalam bak pengendapan awal juga perlu dilakukan secara rutin agar tidak mengurangi kapasitas pengolahan pada bak pengendapan awal. Sedangkan untuk unit *Biofilter*, pencucian media penyaring perlu dilakukan agar tidak terjadi *clogging*

sehingga menghambat proses pengolahan yang dilakukan. Pencucian media bertujuan untuk membersihkan media dari padatan-padatan yang tersaring di rongga-rongga antar media.

Selain upaya-upaya teknis, upaya non-teknis juga dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya pencemaran akibat buang limbah cair kantin. Salah satunya dengan menggunakan sabun, deterjen dan bahan pembersih lainnya yang ramah lingkungan dan berkadar fosfat rendah. Akan tetapi, upaya ini harus memperhatikan faktor ekonomi dan ketersediaan produk di pasaran. Penggunaan bahan pembersih ramah lingkungan dan berkadar fosfat rendah dapat didukung dengan penetapan peraturan oleh pejabat terkait.



BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pengamatan lapangan, penelitian laboratorium dan analisa, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Kadar polutan yang terkandung dalam limbah cair Kantin Yongma FISIP UI belum memenuhi baku mutu yang disyaratkan, yaitu Kepmen LH No. 112 tahun 2003 untuk parameter pH, BOD, COD, TSS, Total Fosfat dan Minyak/lemak.
- Kinerja *grease trap* dan sumur pengumpul dalam mengolah limbah cair Kantin Yongma belum berjalan dengan baik, terbukti dengan air olahan yang belum dapat memenuhi baku mutu air limbah yang dipersyaratkan.
- Kinerja *Biofilter* skala laboratorium sudah baik dalam menaikkan nilai pH dan menurunkan nilai TSS dan BOD, tetapi untuk nilai COD, Total Fosfat dan minyak/lemak masih belum baik karena nilainya masih belum dapat memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan.
- Rekomendasi desain yang diberikan adalah dengan melakukan perbaikan unit *grease trap* dengan menambahkan saringan aluminium dan penutup *grease trap*. Sedangkan untuk sumur pengumpul (*sump well*) diubah menjadi bak pengendapan awal dengan sistem *up-flow* dan dilakukan penambahan unit *Biofilter*. Perbaikan unit pengolahan ini diharapkan dapat menaikkan nilai pH dan menurunkan BOD, COD, TSS, Total Fosfat dan minyak/lemak. Selain itu, untuk menurunkan nilai total fosfat dapat dilakukan dengan penggunaan sabun, deterjen dan bahan pembersih lainnya dengan kadar fosfat rendah dan dengan menanam tumbuhan *vetiver* (*Vetiveria zizanioides*) grass di pinggiran Danau Mahoni.

6.2 Saran

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

- Agar seluruh kantin yang berada di lingkungan Kampus UI Depok mengolah limbah cair kantinnya sebelum dibuang ke lingkungan sehingga tidak terjadi pencemaran akibat pembuangan air limbah kantin.
- Penggunaan deterjen ramah lingkungan dan berkadar fosfat rendah dapat dilakukan sebagai upaya pencegahan pencemaran akibat kandungan fosfat yang tinggi dalam air limbah kantin. Namun, pemakaiannya juga harus mempertimbangkan faktor ekonomi dan ketersediaan produk di pasaran.
- Pelaksanaan penelitian lanjutan mengenai *Biofilter* agar dapat secara maksimal menurunkan kadar fosfat, COD dan minyak/lemak dalam air limbah kantin.



REFERENSI

- Alaert.G dan Santika, S. S. 1987. *Metoda Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Alexander, M. 1977. *Introduction to Soil Mycrobiology*. 2nd Ed. John Wiley and Sons. New York. 467 p.
- American Public Health Association. 2005. *Standard Methods 21st Edition*. Washington, DC.
- Anonim. 1994. *Proses Kimia Pembentukan Minyak Lemak*. Yogyakarta.
- Anonim. 1995. _____. Center for Biofilm Engineering MSU-Bozeman.
- Banik, S. and Dey, B. K. 1982. Available phosphate content of an alluvial soil as influenced by inoculation of some isolated phosphate-solubilizing microorganisms. *Plant Soil* 69: 353-364.
- Beauchamp, E.G. and Hume, D. J. 1997. *Agricultural Soil Manipulation: The Use of Bacteris, Manuring, and Plowing*. p. 643-664. In J.D. van Elsas, J.T. Trevors, and E.M.H. Wellington (Eds.). *Modern Soil Microbiology*. Marcel Dekker, New York.
- Bellamy, W. D., Silverman, G. P., Hendricks, D. W. 1984. *Filtration of Giardia Cysts And Other Substances Volume 2 Slow Sand Filtration*. Environmental Protection Agency. Ohio.
- CAWST. 2010. *Summary of Fields and Laboratory Testing For The Biofilter*. Center For Affordable Water and Sanitation Technologies (CAWST).
- Cheremisinoff, P. N. 1995. *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technology*. New York: Marcel Decker Inc.
- Davis, M. L. 1991. *Introduction to Environmental Engineering*. Singapore: McGraw-Hill, Inc..
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- El Taweel, G. E., Ali, G. H. 2000. *Evaluation of RoughingaAnd Slow Sand Filters for Water Treatment*. *Journal Water, Air and Soil Pollution*. Kluwer Academic Publishers, hal. 21-28.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Udara dan Air*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Gaur, R. C. 2008. *Basic Environmental Engineering*. New Age International, (P) Limited Publisher. New Delhi.
- Gunawan, Y. 2006. *Peluang Penerapan Produksi Bersih pada Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Waste Water Treatment Plant #48, Studi Kasus di PT Badak NGL Bontang*. Tesis. Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro: 14-15.
- Hijnen, W. A. M., Schijven, J. F., Bonne, P., Visser, A., Medema, G. J. 2004. *Elimination of Viruses, Bacteria and Protozoan Oocysts by Slow Sand Filtration, Water Science & Technology*. 50: 01, IWA Publising, 147-154.
- Huisman, L. dan Wood, W.E. (1974). *Slow Sand Filtration*. World Health Organization. Genewa.
- Illmer, P. and Schinner, F. 1992. *Solubilization of Inorganic Phosphate by Microorganisms Isolated from Forest Soils*. *Soil Biol. Biochem*. 24(4): 389-395.
- Jeffries, M. and Mills, D. 1996. *Freshwater Ecology, Principles and Applications*. John Willey & Sons. Chichester. U.K: 285 pp.

- Smet, J. and van Wijk, C. 2002. *Multi-stage Filtration Technology*, dalam *Small Water Community Water Supplies: Technology, People & Partnership* editor: J. Smet & C. van Wijk, IRC Technical papers 40. Delft.
- Keefer, C. E., and Kratz, H. 1934. *Digestion of Garbage with Sewage Sludge*. Sew. Worles Jour.
- Ketaren, S. 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: UII Press.
- Laksmi, B.T. 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Jakarta: Penerbit Kanisius. Anggota IKAPI.
- Manik, K.E.S. 2003. *Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta: Djambatan.
- Manz, D. H. 2007. *Biosand Water Filter Technology Household Concrete Design*. Entry from <http://www.manzwaterinfo.ca>.
- Mc Ghee, T. J. 1991. *Water Supply and Sewerage Engineering 6th edition*. Singapore: Mc. Graw Hill Book Co.
- Metcalf and Eddy. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th Edition*. New York: McGraw Hill.
- Modul Praktikum Laboratorium Lingkungan. Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan. Program Studi Teknik Lingkungan. Universitas Indonesia. 2009.
- Modul Praktikum Kimia Lingkungan. Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan. Program Studi Teknik Lingkungan. Universitas Indonesia. 2009.
- Murcott, S. 2002. *Nepal Water Project: 2001 – 2002*, Department of Civil and Environmental Engineering Master of Engineering Program. Massachusetts Institute of Technology
- Ngai, T., Walewijik, S. 2003. *The Arsenic Biofilter: Design of an Appropriate Household Drinking Water Filter for Rural Nepal*. Final Report Departement of Civil and Environmental Engineering. Massachusetts Institute of Technology (MIT) and Standford University.
- Paytan, A and Mc Laughlin, K. 2007. *Phosphorus in Our Waters*. Oceanography (20) 2: 200 - 208.
- Potter, M. C. and Wiggert, D. C. 1997. *Mechanics of Fluids 2nd Edition*. USA: Prentice Hall.
- Pratama, M. A. 2010. *Penurunan Kadar Deterjen pada Limbah Cair Laundry dengan Menggunakan Reaktor Biofilter yang Diikuti Reaktor Activated Carbon*.
- Qasim, S. R., Holt, Rinehart, Winston. 1985. *Waste Water Treatment Plant*. New York: CBS College Publishing.
- Rahayu, D. E. *Kajian Intermittent Slow Sand Filter Skala Rumah Tangga Untuk Memperbaiki Kualitas Air PDAM*. Makalah. 2010.
- Reynold, T. D. 1995. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd Edition*. United States of America: PWS Publishing Company.
- Said, N. I. 2008. *Bab 2 Strategi Pengelolaan Air Limbah Domestik di Provinsi DKI Jakarta*. Entry from <http://www.kelair.bppt.go.id/>.
- Salvato, J. A. 1982. *Environmental Engineering and Sanitation*. USA: John Wiley & Sons, Inc.

- Santoso, P. dan Zulfiyandi. 2000. *Studi Pengolahan Limbah Binatu Nuklir dengan Proses Bioremediasi dengan Bioreaktor: Triklung Filter*. Penelitian. Pusat Pengembangan Pengelolaan Limbah Radioaktif.
- Sawyer, C. N. 2003. *Chemistry for Environmental Engineering and Science 5th edition*. Singapore: Mc. Graw Hill Book Co.
- Sen, A. and N.B. Paul. 1957. *Solubilization of Phosphatase by Some Common Soil Bacteria*. *Curr. Sci.* 26: 2-22.
- Siregar, S. A. 2005. *Instalasi Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Sudarmaji. 1991. *Petunjuk Praktikum Kualitas Air*. Laboratorium Hidrologi dan Kualitas Air. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Sumarwoto O. 199. *Mikrobiologi Dasar*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Sunu, P. 2001. *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*. Jakarta: Penerbit Grasindo.
- Suriawiria, U. 1993. *Mikrobiologi Air dan Dasar-Dasar Buangan secara Biologis*. Bandung: Penerbit Alumni.
- Suyasa, I. W. B. Dan Dwijanti, W. 2005. *Pengaruh Penambahan Urea, Kompos Cair dan Campuran Kompos dengan Gula terhadap Kandungan BOD dan COD pada Pengolahan Air Limbah Pencelupan*. *ECOTROPHIC* 4 (1) : 62-65.
- Tjokrokusumo, KRT, Ir. 1998. *Pengantar Environmental Engineering*. Yogyakarta: STTL. Yogyakarta.
- Trulear, M. G. & Characklis, W. G. 1982. *Dynamics of Biofilm Processes*. *Journal of Water Pollution Control Federation*. Vol. 5. No. 9.
- Wardhana, W. A. 1995. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit Andi Offset Yogyakarta.
- Warlina, L. 2004. *Pencemaran Air: Sumber, Dampak dan Penanggulangannya*. Makalah. IPB. Bogor.
- World Health Organization (WHO). 1981. *Guidelines for Drinking-Water Quality*. Geneva: WHO..

Peraturan dan Undang-undang

- Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang baku mutu air limbah domestik.
- PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Website

- Yogisutanti, G. 2008. *Limbah Rumah Makan*.
<http://gurdani.wordpress.com/2008/08/13/limbah>
 Diakses tanggal 20 Oktober 2010, pukul 14.33

<http://www.grease-eater.co.uk/above-and-below-ground-grease-traps-355-c.asp>

Diakses tanggal 20 Oktober 2010, pukul 14.35

Esa, Y. 2008. *Pengelolaan Limbah Domestik dan Kantin*.

http://rss.groups.yahoo.com/group/K3_LH/rss

Diakses tanggal 20 Oktober 2010, pukul 14.40

<http://www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/BukuAirLimbahDomestikDKI/BAB2STRATEGI.pdf>.

Diakses tanggal 20 Oktober 2010, pukul 15.00

<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/20715/3/Chapter%20II.pdf>

Diakses tanggal 30 Mei 2011, pukul 06.15

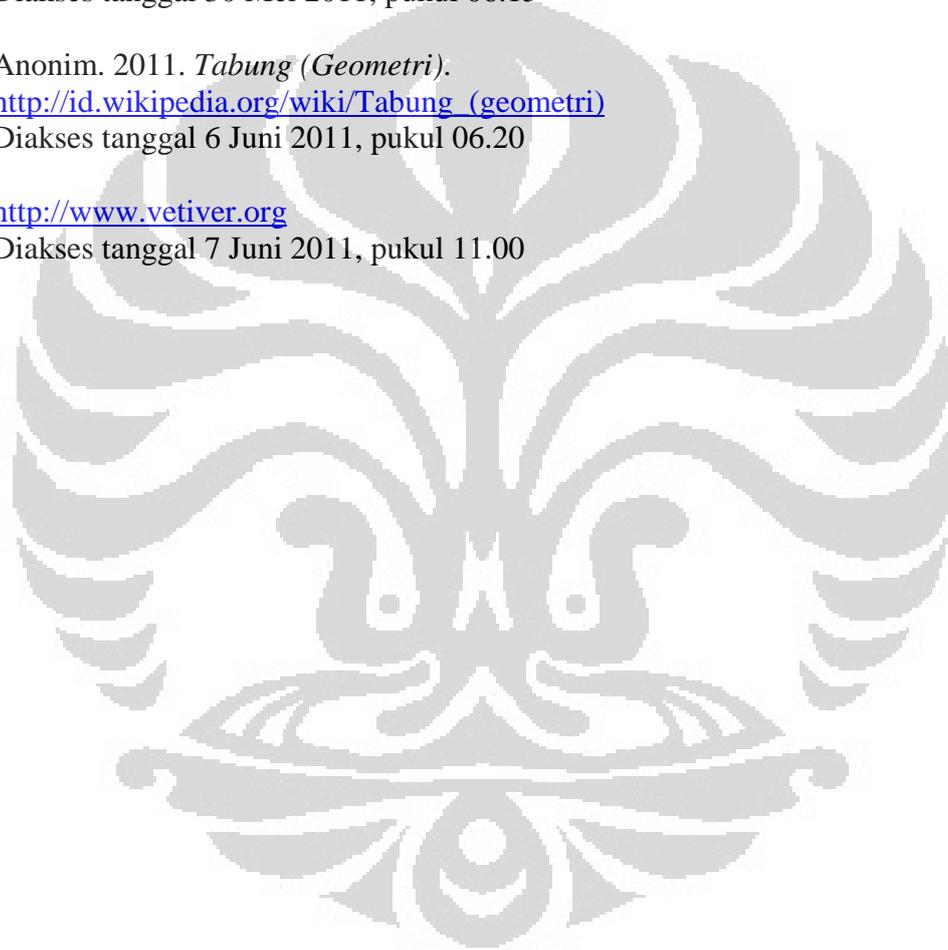
Anonim. 2011. *Tabung (Geometri)*.

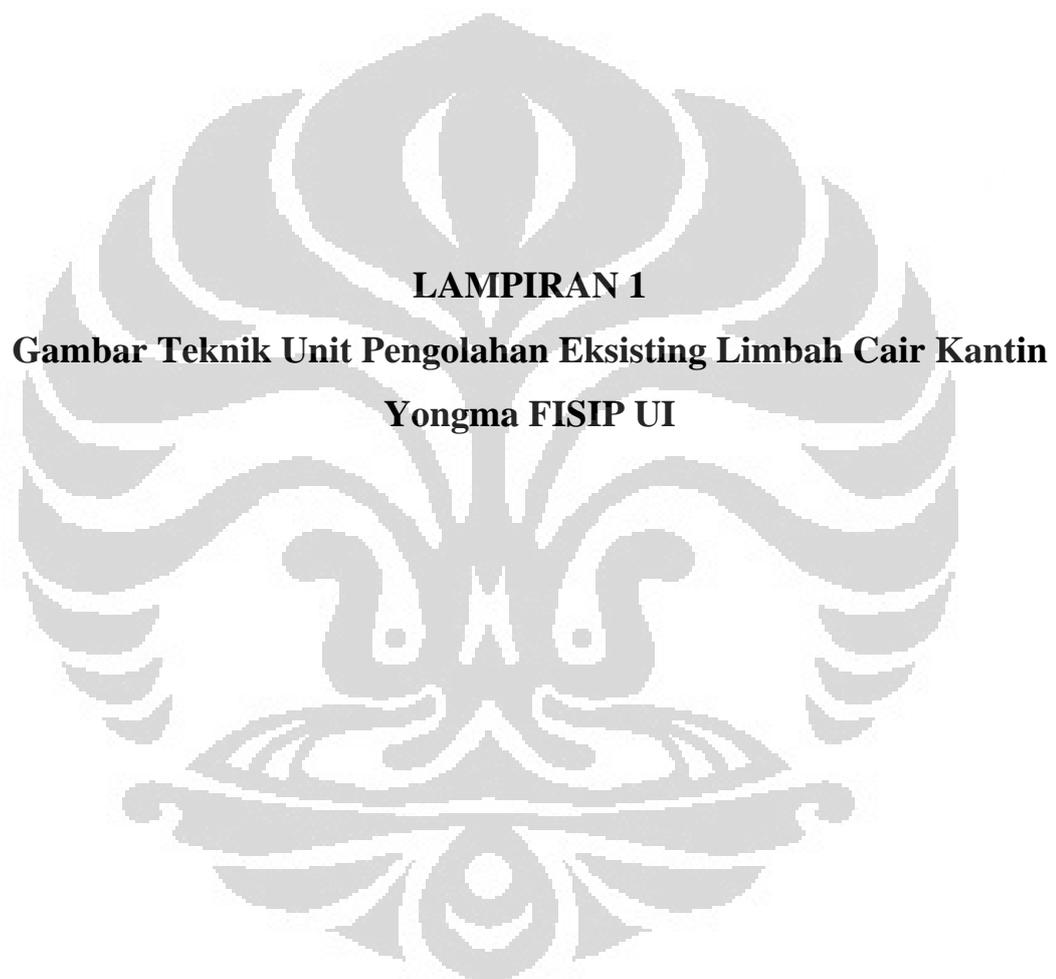
[http://id.wikipedia.org/wiki/Tabung_\(geometri\)](http://id.wikipedia.org/wiki/Tabung_(geometri))

Diakses tanggal 6 Juni 2011, pukul 06.20

<http://www.vetiver.org>

Diakses tanggal 7 Juni 2011, pukul 11.00





LAMPIRAN 1

Gambar Teknik Unit Pengolahan Eksisting Limbah Cair Kantin

Yongma FISIP UI



LAMPIRAN 2

**Perhitungan dan Gambar Teknik Unit Pengolahan Rekomendasi Limbah
Cair Kantin Yongma FISIP UI**

Perhitungan Rekomendasi

Bak Pengendapan Awal

- **Fungsi**
 - Bak pengendapan awal berfungsi untuk mengendapkan padatan tersuspensi dalam air limbah dan memisahkan minyak/lemak yang ada dalam air limbah.
- **Kriteria Desain**

Perencanaan gabungan bak pengendapan awal harus memenuhi syarat sebagai berikut :

 - Bahan bangunan harus kuat terhadap tekanan atau gaya berat yang mungkin dan harus tahan terhadap asam serta harus kedap air.
 - Jumlah ruangan yang digunakan 1 ruangan.
 - Waktu tinggal (*retention time*) maksimal 3 jam (dihitung berdasarkan waktu pencucian selama jam operasional kantin).
 - Bentuk bak merupakan empat persegi panjang dengan lebar bak 1,5 m, panjang bak 1,7 m dan kedalaman bak 1 m dengan tinggi jagaan 0,5 m.
 - Dasar bak dibuat horizontal.
 - Kecepatan pengendapan dengan sistem *up-flow* berkisar antara 0,0002 sampai 0,000278 m/detik (Metcalf & Eddy, 2003).
- **Perhitungan Bak Pengendapan Awal**

Perbandingan jumlah kios lama dan baru = 15 : 12

Debit Limbah Cair Kantin Yongma		
Kantin Lama		
Sampling ke-1	m ³ /detik	0,000175
Sampling ke-2		0,000109
Sampling ke-3		0,000048
Sampling ke-4		0,000018
Rata-rata Kantin Lama		0,000128

Kantin Baru		
Kantin Baru	m ³ /detik	0,0001024
Debit Total (Kantin Lama+Baru)		0,00023

- Debit Limbah Kantin = 0,00023 m³/detik
- Kedalaman Bak = 1 m (ditentukan)
- Tinggi Ruang Jagaan = 0,5 m (ditentukan)
- Lebar Bak = 1,5 m (ditentukan)
- Retention Time = 3 jam = 10.800 detik (ditentukan)
- Volume Bak Pengendap Awal

$$Volume = \text{debit} \times \text{retention time} = 0,00023 \times 10800 = 2,488 \text{ m}^3$$

- Luas Permukaan Bak Pengendap Awal

$$Luas \text{ Permukaan } (A) = \frac{volume}{kedalaman} = \frac{2,488}{1} = 2,488 \text{ m}^2$$

- Panjang Bak Pengendap Awal

$$Panjang (p) = \frac{luas \text{ Permukaan } (A)}{lebar (l)} = \frac{2,488}{1,5} = 1,659 \text{ m} \approx 1,6 \text{ m}$$

- Cek Volume

$$Volume (V) = p \times l \times t = 1,6 \times 1,5 \times 1 = 2,4 \text{ m}^3 \dots\dots\dots \text{OK!}$$

- Cek Kecepatan Pengendapan

$$v = \frac{debit}{luas \text{ permukaan}} = \frac{0,00023}{(0,8 \times 1,5)} = 0,0001917 \approx$$

$$0,0002 \text{ m/detik} \dots\dots\dots \text{OK!}$$

- Kesimpulan

Dibuat unit Bak Pengendapan Awal dengan :

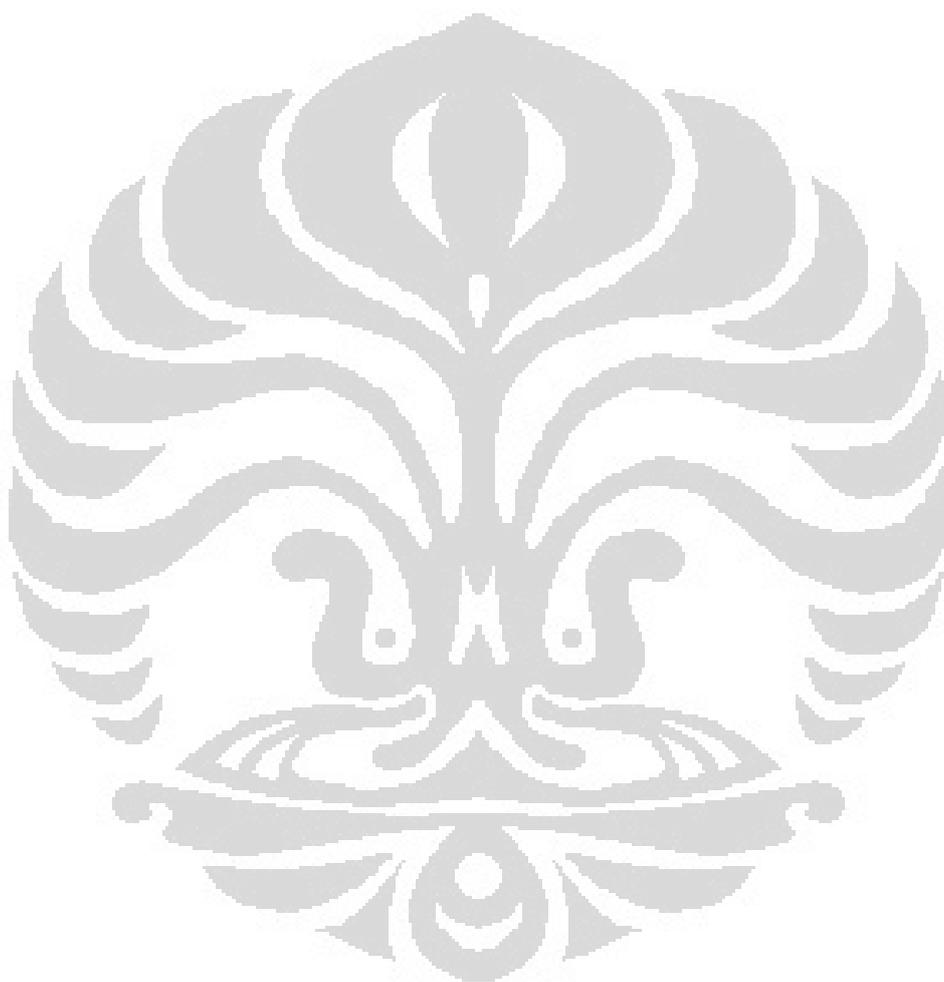
Kedalaman = 1 m

Tinggi Jagaan Air = 0,5 m

Panjang Bak Total = 1,7 m

Panjang Tiap Ruangan = 0,8 m

Lebar Bak = 1,5 m



Modifikasi Biofilter

- **Fungsi**

- *Biofilter* (BSF) berfungsi sebagai unit penyaring padatan tersuspensi yang masih terdapat dalam air limbah dan menurunkan kandungan bahan-bahan organik dan anorganik dalam air limbah.

- **Kriteria Desain**

- Kedalaman total media *filter* adalah 0,80 m, ketinggian air olahan *filter* dari dasar bak 0,20 m dan tinggi jagaan 0,50 m.
- Diameter dan ketinggian media *Biofilter*

Media	Diameter (mm)	Ketinggian Media <i>Biofilter</i>	
		mm	cm
Pasir Halus	0,85	550	55
Pasir Kasar	2	50	5
Kerikil	6,3	200	20
Total		800	80

Sumber : Perhitungan Penulis (2010).

- Luas Permukaan *Biofilter* skala laboratorium

$$\text{Luas Permukaan (A)} = \frac{22}{7} \times r^2 = \frac{22}{7} \times 5^2 = 0,00785 \text{ m}^2$$

- Debit Efluen *Biofilter* skala laboratorium

Debit <i>Biofilter</i> Skala Laboratorium		
Sampling ke-1	m ³ /detik	0,000044
Sampling ke-2		0,000037
Sampling ke-3		0,000040
Sampling ke-4		0,000040
Rata-rata		0,00004025

- Kecepatan Penyaringan

$$\begin{aligned} \text{kecepatan penyaringan } (v) &= \frac{\text{debit Biofilter } (Q)}{\text{luas permukaan } (A)} \\ &= \frac{0,00004025}{0,00785} \\ &= 5,127 \times 10^{-3} \text{ m/detik} \end{aligned}$$

- Debit Limbah Kantin = 0,00023 m³/detik
- Kedalaman Bak = 1 m (ditentukan)
- Tinggi Ruang Jagaan = 0,5 m (ditentukan)
- Lebar Bak = 0,3 m (ditentukan)
- Luas Permukaan *Biofilter*

$$\begin{aligned} \text{Luas Permukaan } (A) &= \frac{\text{debit limbah } (Q)}{\text{kecepatan penyaringan } (v)} \\ &= \frac{0,00023}{5,127 \times 10^{-3}} = 0,045 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Panjang *Biofilter*

$$\text{Panjang } (p) = \frac{\text{luas Permukaan } (A)}{\text{lebar } (l)} = \frac{0,045}{0,3} = 0,149 \text{ m} \approx 0,15 \text{ m}$$

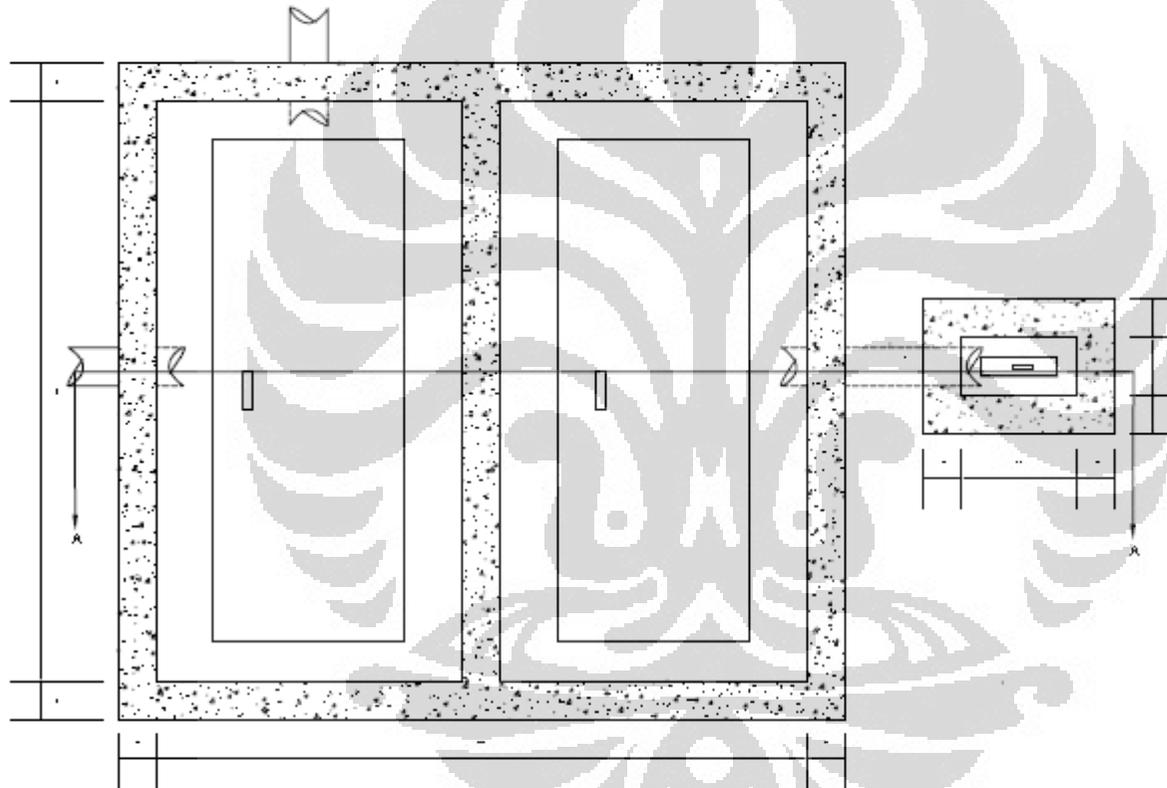
- Cek Kecepatan Penyaringan

$$\begin{aligned} v &= \frac{\text{debit Biofilter } (Q)}{\text{luas permukaan } (A)} = \frac{0,000183}{0,15 \times 0,3} = \\ &= 5,12 \times 10^{-3} \text{ m/detik.....Ok!} \end{aligned}$$

- Kesimpulan

Dibuat unit Biofilter dengan :

- Kedalaman = 1 m
- Tinggi Ruang Bebas Air = 0,5 m
- Panjang Bak = 0,15 m
- Lebar Bak = 0,3 m



LE GENDA

DIGAMBAR OLEH

NAMA: Vini Widyaningsih
NPM : 0706275744

DOSIS

1. Dr. Ir. Djoko M. Hartono, SE,
M.Eng.

2. Prof. Dr. Ir. Sulistjoweni W, Dpl., SE,
SEM

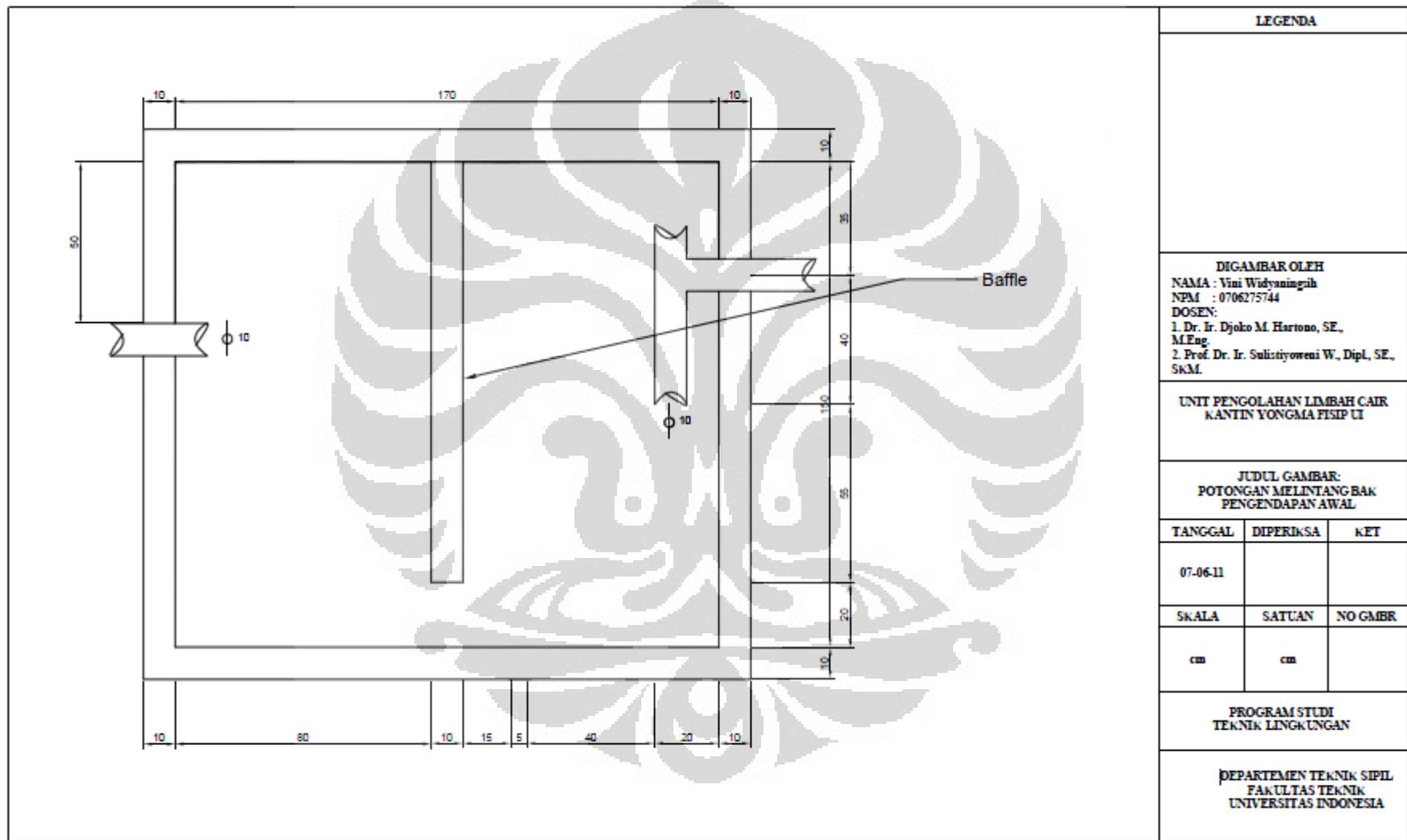
URUT PENGOLAHAN LIMBAH CAIR
KAWAH YONGMA FISIP UI

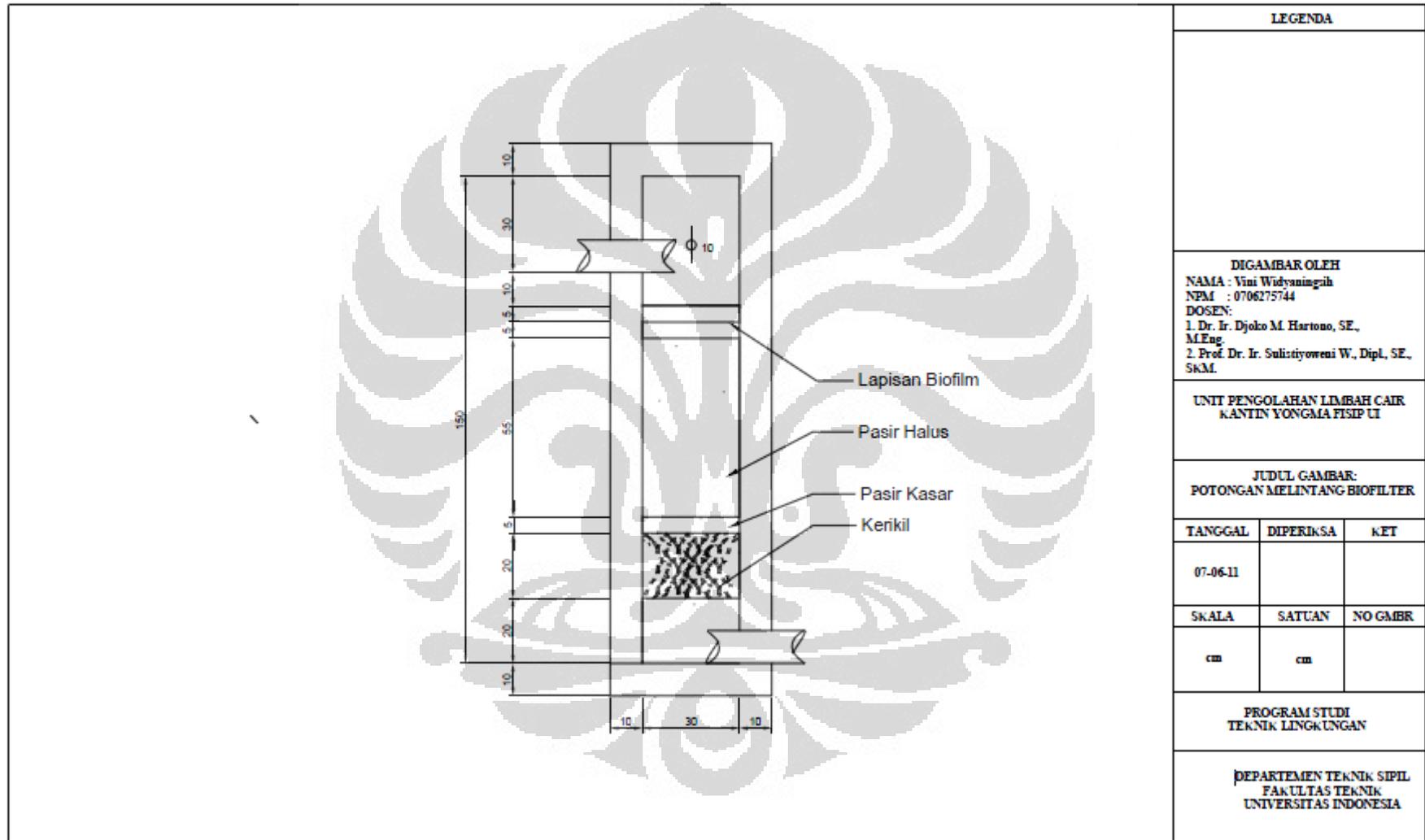
JUDUL GAMBAR:
TAMPAK ATAS BAK PENGENDAPAN
AWAL DAN EFLOKULITER

TANGGAL	REVISI A	KET
07.06.11		
SKALA	SATUAN	NO GMBR.
	cm	

PROGRAM STUDI
TEKNIK LINGKUNGAN

DEPARTEMEN TEKNIK IDL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS INDONESIA





LEGENDA

DIGAMBAR OLEH
 NAMA : Vini Widyaningsih
 NPM : 0706275744
 DOSEN:
 1. Dr. Ir. Djoko M. Hartono, SE.,
 M.Eng.
 2. Prof. Dr. Ir. Sulistiyoweni W., Dipl., SE.,
 SkM.

UNIT PENGOLAHAN LIMBAH CAIR
 KANTIN YONGMA FISIP UI

JUDUL GAMBAR:
 POTONGAN MELINTANG BIOFILTER

TANGGAL	DIPERIKSA	KET
07-06-11		
SKALA	SATUAN	NO GAMBR
cm	cm	

PROGRAM STUDI
 TEKNIK LINGKUNGAN

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK
 UNIVERSITAS INDONESIA



LAMPIRAN 3

Grain Size Distribution



LAMPIRAN 4
Data-Data FISIP UI



SEBARAN KARYAWAN (NON STRUKTURAL)
FAKULTAS ILMU SOSIAL DAN ILMU POLITIK
UNIVERSITAS INDONESIA
PERIODE OKTOBER TAHUN 2010

NO	UNT KERJA / STATUS	JUMLAH	KRT.
1.	Karyawan PNS	53	
2.	Karyawan Honorar	62	
3.	Karyawan Kontrak	8	
4.	Kearsipan	1	
5.	Departemen Ilmu Komunikasi	7	
6.	Program Sarjana Reguler & Paralel Ilmu Komunikasi	2	
7.	Program Sarjana Ekstensi Ilmu Komunikasi	1	
8.	Program Pascasarjana Ilmu Komunikasi	11	
9.	Program Pascasarjana Ilmu Politik	6	
10.	Departemen Ilmu Administrasi	3	
11.	Program Sarjana Reguler & Paralel Ilmu Administrasi	4	
12.	Program Sarjana Ekstensi Ilmu Administrasi	3	
13.	Program Pascasarjana Ilmu Administrasi	13	
14.	Departemen Sosiologi	2	
15.	Program Sarjana Reguler Sosiologi	1	
16.	Program Pascasarjana Sosiologi	6	
17.	Program Pascasarjana Ilmu Kesejahteraan Sosial	3	
18.	Departemen Antropologi	2	
19.	Program Pascasarjana Antropologi	4	
20.	Program Pascasarjana Kriminologi	1	
21.	Program Sarjana Reguler Ilmu Hubungan Internasional	1	
22.	Program Pascasarjana Ilmu Hubungan Internasional	5	
23.	Pusat Kajian Ilmu Komunikasi	3	
24.	Pusat Kajian Ilmu Politik	1	
25.	Pusat Kajian / Laboratorium Sosiologi	3	
26.	Ceric	2	
27.	Pusat Studi Gender	2	
28.	Pusat Kajian Antropologi	3	
29.	Pusat Kajian / Laboratorium Ilmu Hubungan Internasional	1	
30.	Tax Centre	1	
	JUMLAH	215	



**KLASIFIKASI STAF PENGAJAR UI-BHMN
FAKULTAS ILMU SOSIAL DAN ILMU POLITIK
UNIVERSITAS INDONESIA
BERDASARKAN JABATAN & JENIS KELAMIN
PERIODE NOVEMBER 2010**

DEPARTEMEN	ASS. DOSEN			ASS. AHLI			LEKTOR			LEK-KEPALA			GURU PESAR			L	P	JML
	L	P	JML	L	P	JML	L	P	JML	L	P	JML	L	P	JML			
ILMU KOMUNIKASI	-	3	3	3	1	4	-	-	0	-	-	0	-	-	0	3	4	7
ILMU POLITIK	3	2	5	3	-	3	1	-	1	-	-	0	-	-	0	7	2	9
ILMU ADMINISTRASI	2	3	5	6	3	9	-	-	0	1	-	1	-	-	0	9	6	15
SOSIOLOGI	-	1	1	2	7	9	1	1	2	-	-	0	-	-	0	3	9	12
ANTROPOLOGI	-	-	0	-	2	2	-	-	0	-	-	0	-	-	0	0	2	2
ILMU KESEJAHTERAAN SOSIAL	-	-	0	2	1	3	-	-	0	-	-	0	-	-	0	2	1	3
KRIMINOLOGI	-	-	0	3	-	3	-	-	0	-	-	0	-	-	0	3	0	3
ILMU HUB. INTERNASIONAL	1	-	1	2	1	3	1	-	1	2	-	2	-	-	0	6	1	7
M K N D	-	-	0	1	-	1	-	-	0	-	-	0	-	-	0	1	0	1
JUMLAH	6	9	15	22	15	37	3	1	4	3	0	3	0	0	0	34	25	59



**KLASIFIKASI STAF PENGAJAR TETAP
MENURUT JABATAN
FISIP-UI (Keadaan November 2010)**

NO.	JURUSAN/BAGIAN	CAPEG			ASS. AHLI			LEKTOR			LEKTOR KEPALA			GURU BESAR			L	P	JML
		L	P	JML	L	P	JML	L	P	JML	L	P	JML	L	P	JML			
1	ILMU KOMUNIKASI	0	2	2	2	0	2	2	7	9	4	4	8	4	1	5	12	14	26
2	ILMU POLITIK	1	0	1	2	2	4	3	3	6	2	1	3	5	0	5	13	6	19
3	ILMU ADMINISTRASI	1	5	6	1	1	2	2	7	9	6	4	10	6	0	6	16	17	33
5	SOSIOLOGI	0	1	1	1	3	4	6	3	9	4	3	7	2	0	2	13	10	23
6	ANTROPOLOGI	0	0	0	2	1	3	3	1	4	2	1	3	1	2	3	8	5	13
6	ILMU KES. SOSIAL	1	0	1	0	3	3	0	9	9	1	3	4	2	0	2	4	15	19
7	KRIMINOLOGI	1	0	1	1	2	3	5	2	7	4	2	6	2	0	2	13	6	19
8	ILMU HUB. INTERNASIONAL	0	1	1	0	0	0	2	1	3	3	3	6	1	0	1	6	5	11
9	M K N D	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	2	2
	J U M L A H	4	9	13	9	12	21	23	34	57	26	22	48	23	3	26	85	80	165

LAMPIRAN 5

Kuisisioner Pengolahan Limbah Cair Kantin FISIP UI

Lokasi Kios :
No Kios :
Nama :
Jumlah Anggota dalam 1 Kios :orang

A. Produk

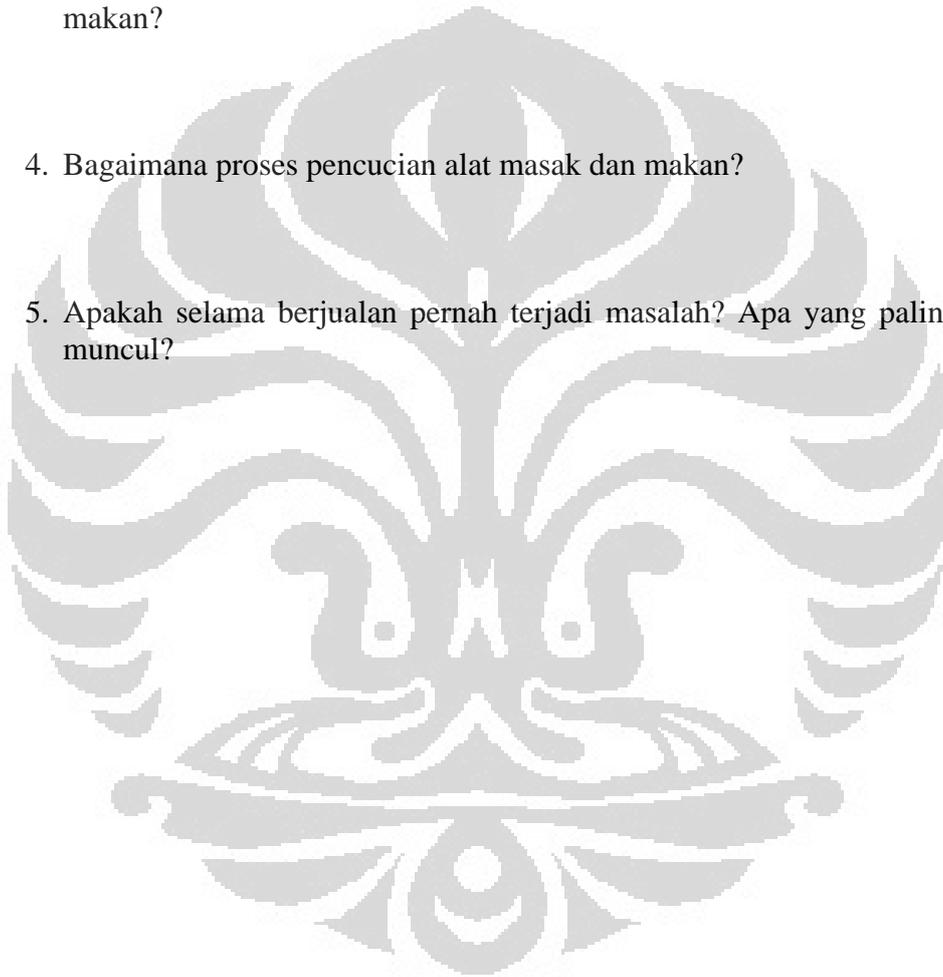
1. Produk apakah yang Bapak/Ibu jual? Sebutkan!
2. Jenis makanan/minuman apakah yang Bapak/Ibu jual?
3. Bagaimana cara pengolahan masing-masing makanan/minuman tersebut?
4. Dalam pengolahan makanan/minuman tersebut, apakah memerlukan air bersih? Untuk apa saja?
5. Berapa porsi/paket rata-rata penjualan masing-masing makanan/minuman setiap harinya?

B. Penjualan

1. Kios Bapak/Ibu buka setiap hari apa saja? Jam berapa?
2. Selama berjualan, adakah jam-jam sibuk? Jam berapa saja?

C. Pencucian

1. Dimana sumber air bersih yang digunakan selama berjualan?
2. Dimana tempat pencucian alat masak dan makan yang digunakan selama berjualan? Kolektif atau tiap kios dapat 1? Jika kolektif, berapa kios yang tergabung?
3. Dimana tempat pembuangan air bekas masak dan cucian alat masak dan makan?
4. Bagaimana proses pencucian alat masak dan makan?
5. Apakah selama berjualan pernah terjadi masalah? Apa yang paling sering muncul?



LAMPIRAN 6

Prosedur Pengukuran Parameter

Prosedur Pengukuran pH

- Prinsip Analisa Total Padatan Tersuspensi (TSS)
pH menunjukkan kadar asam atau basa dalam suatu larutan, melalui konsentrasi (aktivitas) ion hidrogen H⁺. Ion H⁺ dan ion OH⁻ selalu berada dalam kesetimbangan kimiawi yang dinamis dengan H₂O melalui reaksi:



- **Bahan dan Peralatan**

Bahan:

1. Sampel
2. Air suling

Peralatan:

1. pHmeter atau kertas pH
2. Gelas beaker 100 mL

- **Analisa Contoh**

1. Kocok contoh uji sampai homogen, kemudian tuang 100 ml sampel ke dalam gelas beaker.
2. Nyalakan pH meter, kemudian celupkan ujung elektroda ke dalam sampel.
3. Tunggu hingga pHmeter menunjukkan pembacaan nilai pH yang stabil.
4. Catat nilai pH yang terbaca.

- **Perhitungan**

Nilai pH yang terbaca pada pHmeter adalah nilai pH dari sampel. Untuk pembacaan nilai pH tidak perlu dilakukan pengenceran sampel.

Prosedur Pengukuran *Total Suspended Solids* (TSS)

- Prinsip Analisa Total Padatan Tersuspensi (TSS)

Bila zat padat dalam sampel dipisahkan dengan menggunakan filter kertas atau filter *fiber glass* (serabut kaca) dan kemudian zat padat yang tertahan pada filter dikeringkan pada suhu $\pm 105^{\circ}$ C. Maka berat residu sesudah pengeringan adalah Zat Padat Tersuspensi.

- **Bahan dan Peralatan**

Bahan:

1. Kertas saring (*glass-fiber filter*) jenis Whatman Grade 934 AH, dengan ukuran pori (*Particle Retention*) $1,5 \mu\text{m}$ (*Standar for TSS in water analysis*).
2. Air suling.
3. Sampel

Peralatan:

1. Desikator yang berisi silika gel
2. Oven
3. Timbangan analitik
4. Pengaduk magnetik
5. Pipet volum
6. Gelas ukur
7. Cawan porselen/cawan *gouch*
8. Penjepit
9. Pompa vacuum
10. Tungku pembakar (*furnace*)

- **Persiapan untuk Penguapan**

1. Jika hanya total padatan, panaskan cawan penguapan yang bersih pada 180°C selama 1 jam.
2. Didiamkan dan didinginkan cawan dalam desikator. Kemudian timbang hingga berat konstan.

- **Pemilihan Saringan dan Volume Contoh**

Diperkirakan volume contoh yang akan menghasilkan residu kering sebanyak 2,5-200 mg. jika lebih dari 10 menit penyaringan belum selesai, digunakan saringan yang lebih besar atau dikurangi volume contohnya.

- **Analisa Contoh**

1. Kocok contoh uji sampai homogen, kemudian pipet 100 ml sampel ke dalam saringan vakum *fiber glass*.
2. Bilas sebanyak tiga kali dengan masing-masing 10 mL air destilasi, biarkan penyaringan selesai terlebih dahulu sebelum membilas dan biarkan selama 3 menit setelah pembilasan selesai.
3. Filter *fiber glass* dengan zat tersuspensi yang tertahan diambil dengan hati-hati dari saringan ,pindahkan pada cawan porselen kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam
4. Kemudian dinginkan dalam desikator, timbang sampai bobot tetap.

Didapat nilai TSS

- **Perhitungan**

$$\text{mg TSS per liter} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{volume contoh / sample (mL)}}$$

Dimana:

A adalah berat cawan + residu kering setelah pemanasan 105°C, mg;

B adalah berat cawan kosong sesudah pemanasan 105°C, mg.

Jika dilakukan pengenceran, maka nilai TSS adalah nilai TSS yang terbaca dikali dengan faktor pengenceran sampel.

Prosedur Pengukuran Total Fosfat

- Prinsip Analisa Total Fosfat

Fosfat dalam seluruh sampel air dalam penelitian ini diukur dengan metode spektrofotometri menggunakan reagen Molybdate dan Asam amino. Reagen tersebut bereaksi dalam suasana asam hingga membentuk warna biru. Warna ini menunjukkan konsentrasi fosfor yang dapat dibaca oleh alat spektrofotometer DR-2000 pada panjang gelombang 530 nm.

- Bahan dan Peralatan

Bahan:

1. Reagen Molybdate dan Asam amino
2. Air suling.
3. Sampel

Peralatan:

1. Kuvet
2. Pipet volum
3. Gelas ukur
4. Spektrofotometer DR-2000

- Analisa Contoh

1. Sampel dihomogenkan dengan cara dikocok.
2. Untuk sampel yang pekat, dilakukan pengenceran sampel terlebih dahulu. Pengenceran sampel dilakukan karena spektrofotometer hanya dapat membaca kadar fosfat dalam *range* hingga 2 mg/L. Sampel air yang pekat dengan kadar fosfat yang melebihi *range* tersebut tidak dapat terbaca oleh alat ini.
3. Sampel yang diencerkan dalam gelas ukur dihomogenkan.
4. Sampel yang telah diencerkan dan dihomogenkan kemudian dipipet untuk dimasukkan ke dalam dua buah kuvet masing-masing sebanyak 25 ml. Kuvet yang digunakan sebelumnya harus dibilas dengan air suling dan air sampel terlebih dahulu. Kuvet pertama akan digunakan sebagai blanko dan tidak diberi reagen, sementara kuvet kedua akan

diberi reagen dan sebagai sampel yang akan ditentukan konsentrasi fosfatnya.

5. Sampel dalam kuvet dihomogenkan.
6. 1 ml reagen Molybdate dan 1 ml Asam amino ditambahkan ke dalam satu buah kuvet (kuvet kedua) yang telah berisikan 25 ml sampel. Campuran dalam kuvet tersebut kemudian dihomogenkan.
7. Spektrofotometer DR-2000 dipasang untuk pengukuran fosfat dengan menekan tombol 487. Kemudian ditentukan pembacaan panjang gelombang sebesar 530 nm.
8. Penentuan konsentrasi fosfat akan dilakukan setelah campuran dalam kuvet kedua didiamkan selama 10 menit. *Timer* selama 10 menit dapat dipasang juga pada alat spektrofotometer.
9. Setelah 10 menit, kuvet pertama sebagai blanko diletakkan dalam alat spektrofotometer dan ditetapkan sebagai blanko dengan menekan tombol "ZERO". Ditunggu sesaat hingga pembacaan alat spektrofotometer menunjukkan "0,00 mg/l P", kemudian kuvet dikeluarkan.
10. Kuvet kedua yang berisi campuran sampel dan reagen dimasukkan ke dalam alat spektrofotometer dan ditentukan konsentrasi fosfatnya dengan menekan tombol "READ".
11. Alat spektrofotometer akan menunjukkan hasil pembacaan konsentrasi fosfat dengan satuan mg/L P.

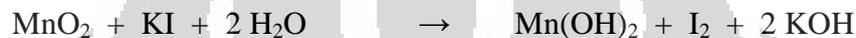
- **Perhitungan**

Nilai Total Fosfat yang terbaca pada alat spektrofotometer merupakan nilai Total Fosfat sampel. Jika dilakukan pengenceran, maka nilai Total Fosfat adalah nilai Total Fosfat yang terbaca dikali dengan faktor pengenceran.

Prosedur Pengukuran *Biological Oxygen Demand* (BOD)

- Prinsip Analisa Kebutuhan Oksigen Biologis (BOD)

Oksigen akan mengoksidasi Mn^{+2} dalam suasana basa membentuk endapan MnO_2 . Dengan penambahan alkali iodida dalam suasana asam akan membebaskan iodium. Banyaknya iodium yang dibebaskan ekuivalen dengan banyaknya oksigen terlarut. Iodium yang dibebaskan dianalisa dengan metoda titrasi iodometri, dengan larutan standar thiosulfat dan indikator kanji/amilum. Reaksi :



- **Bahan dan Peralatan**

Bahan:

1. Mangan sulfat, $MnSO_4 \cdot 4H_2O$, $MnSO_4 \cdot 2H_2O$ atau $MnSO_4 \cdot H_2O$;
2. Natrium hidroksida, NaOH atau Kalium hidroksida, KOH;
3. Na Iodida, NaI atau Kalium Iodida, KI;
4. Amilum/kanji;
5. Natrium azida, NaN_3
6. Asam salisilat;
7. Asam sulfat, H_2SO_4 pekat;
8. Sodium thiosulfat, $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$;
9. Kalium bi-iodat, $KH(IO_3)_2$; dan
10. Kalium dikromat, $K_2Cr_2O_7$.
11. Air suling;
12. Sampel

Peralatan:

1. Botol *Winkler*,
2. Buret mikro 2 mL atau digital buret 25 mL;
3. Pipet volume 5 mL: 10 mL dan 50 mL;
4. Pipet ukur 5 mL;

5. Erlenmeyer 125 mL;
6. Gelas piala 400 mL;
7. Labu ukur 1000 mL;
8. Inkubator dengan suhu 20°C

- **Persiapan untuk Pengukuran**

1. Aerasi air suling yang digunakan sebagai larutan pengencer minimal selama 1 jam atau hingga kandungan oksigen terlarut ± 9 mg O₂/L.
2. Lakukan pengenceran sampel dengan air suling yang telah diaerasi.
3. Sediakan botol *Winkler* secara ganda, satu botol untuk pengukuran DO₀ dan satu botol untuk pengukuran DO₅.
4. Masukkan sampel yang telah diencerkan ke dalam masing-masing botol *Winkler* sampai meluap, hati-hati jangan sampai terjadi gelembung udara, kemudian tutup rapat jangan sampai ada gelembung udara di dalam botolnya.
9. Masukkan botol *Winkler* untuk pengukuran DO₅ ke dalam inkubator bersuhu 20°C.
5. Lakukan pengukuran sampel segera setelah sampel di ambil.

- **Analisa Contoh**

1. Ambil sampel yang sudah disiapkan
2. Tambahkan 1 mL MnSO₄ dan 1 mL alkali iodida azida dengan ujung pipet tepat di atas permukaan larutan
3. Tutup segera dan homogenkan hingga terbentuk gumpalan sempurna.
4. Biarkan gumpalan mengendap 5 menit sampai dengan 10 menit.
5. Tambahkan 1 mL H₂SO₄ pekat, tutup dan homogenkan hingga endapan larut sempurna.
6. Pipet 50 mL, masukkan ke dalam erlenmeyer 150 mL
7. Titrasi dengan Na₂S₂O₃ dengan indikator amilum/kanji sampai warna biru tepat hilang.
8. Ulangi langkah 1-7 untuk pengukuran DO₅.

CATATAN

Penambahan volume pereaksi diatas berdasarkan botol winkler 250 mL sampai dengan 300 mL, bila menggunakan botol winkler dengan volume yang lain agar dihitung secara proporsional.

- Perhitungan

$$\text{Oksigen Terlarut (mg /L)} = \frac{V \times N \times 8000 \times F}{50}$$

Dimana:

V adalah mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;

N adalah normalitas $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;

F adalah faktor (volume botol dibagi volume botol dikurangi pereaksi MnSO_4 dan alkali iodida azida).

$$\text{BOD}_5 = \frac{(\text{DO}_0 - \text{DO}_5) \times (1 - \text{FP})}{\text{FP}}$$

Dimana:

DO_0 adalah kandungan oksigen terlarut saat hari ke-0, mgO_2/L

DO_5 adalah kandungan oksigen terlarut saat hari ke-5, mgO_2/L

FP adalah faktor pengenceran

Prosedur Pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD)

- Prinsip Analisa Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)

Zat organik dioksidasi dengan campuran mendidih asam sulfat dan kalium dikromat yang diketahui normalitasnya dalam suatu refluks selama 2 jam. Kelebihan kalium dikromat yang tidak tereduksi, dititrasi dengan larutan ferro ammonium sulfat (FAS).

- **Bahan dan Peralatan**

Bahan:

1. Larutan baku kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) 0,25 N;
2. Larutan asam sulfat-perak sulfat;
3. Larutan indikator ferroin;
4. Larutan FAS (Ferro Amonium Sulfat) 0,1 N;
5. Asam sulfat, H_2SO_4 pekat;
6. Serbuk merkuri sulfat ($HgSO_4$);
7. Batu didih
8. Air suling
9. Sampel

Peralatan:

1. Peralatan refluks
2. *Hot Plate* atau yang setara
3. Labu ukur 100 mL atau 1000 mL
4. Buret 25 mL atau 50 mL
5. Pipet volume 5, 10, 15, 50 mL
6. Gelas ukur 100 mL
7. Spatula
8. Gelas beaker 300 mL
9. Erlenmeyer 250 mL (labu refluks)
10. Timbangan analitik

- **Analisa Contoh**

1. Pipet 10 mL contoh/sampel, masukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL.

2. Tambahkan 0,2 gr serbuk HgSO₄ dan beberapa batu didih.
3. Tambahkan 5 mL larutan kalium dikromat, K₂Cr₂O₇ 0,25 N.
4. Tambahkan 15 mL pereaksi asam sulfat-perak sulfat perlahan-lahan sambil didinginkan dalam air pendingin.
5. Hubungkan dengan pendingin Leibig dan dididihkan diatas *hot plate* selama 2 jam.
6. Dinginkan dan cuci bagian dalam dari pendingin dengan air suling hingga volume contoh/sampel menjadi ± 70 mL.
7. Dinginkan sampai temperatur kamar, tambahkan indikator ferroin 2 sampai dengan 3 tetes, titrasi dengan larutan FAS 0,1 N sampai warna merah kecoklatan, catat kebutuhan larutan FAS.
8. Lakukan langkah 1 sampai 7 terhadap air suling sebagai blanko. Catat kebutuhan larutan FAS. Analisis blanko ini sekaligus melakukan pembakuan larutan FAS dan dilakukan setiap penentuan KOK.

Perhitungan

$$COD(mg / LO_2) = \frac{(A - B) \times N \times 8000}{V_{sampel}}$$

Dimana:

A adalah volume FAS blanko (air suling), mL

B adalah volume FAS sampel, mL

N adalah normalitas FAS

V adalah volume sampel

Jika dilakukan pengenceran, maka nilai COD adalah nilai COD yang terbaca hasil titrasi sampel dengan FAS dikali dengan faktor pengenceran sampel.

Prosedur Pengukuran Minyak/Lemak

- Prinsip Analisa Minyak/Lemak

Minyak dan lemak dalam contoh uji air diekstraksi dengan pelarut organik dalam corong pisah dan untuk menghilangkannya air yang masih tersisa Na_2SO_4 Ahidrat. Ekstrak minyak dan lemak dipisahkan dari pelarut organik secara destilasi. Residu yang tertinggal pada labu destilasi ditimbang sebagai minyak dan lemak.

- Bahan dan Peralatan

Bahan:

1. Larutan Petroleum eter
2. HCL 1:1

Peralatan:

1. Cawan
2. Erlenmeyer 100 mL
3. Timbangan analitik
4. Oven
5. Desikator
6. Saringan minyak
7. Pipet ukur
8. Tabung ekstraksi

- Analisa Contoh

1. Mengambil sampel 100 mL
2. Sampel dimasukan Hidroklorit 0,1 mL sampai terlarut
3. Sampel dicampurkan Petroleum ether (PE) 10 mL, lalu didiamkan minimal selama 5 menit, setelah mengendap lapisan yang berada diatas diambil dan ditampung di dalam cawan yang sudah diketahui beratnya
4. Sampel dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105°C selama 1 jam
5. Sampel dinginkan di dalam desikator

- **Perhitungan**

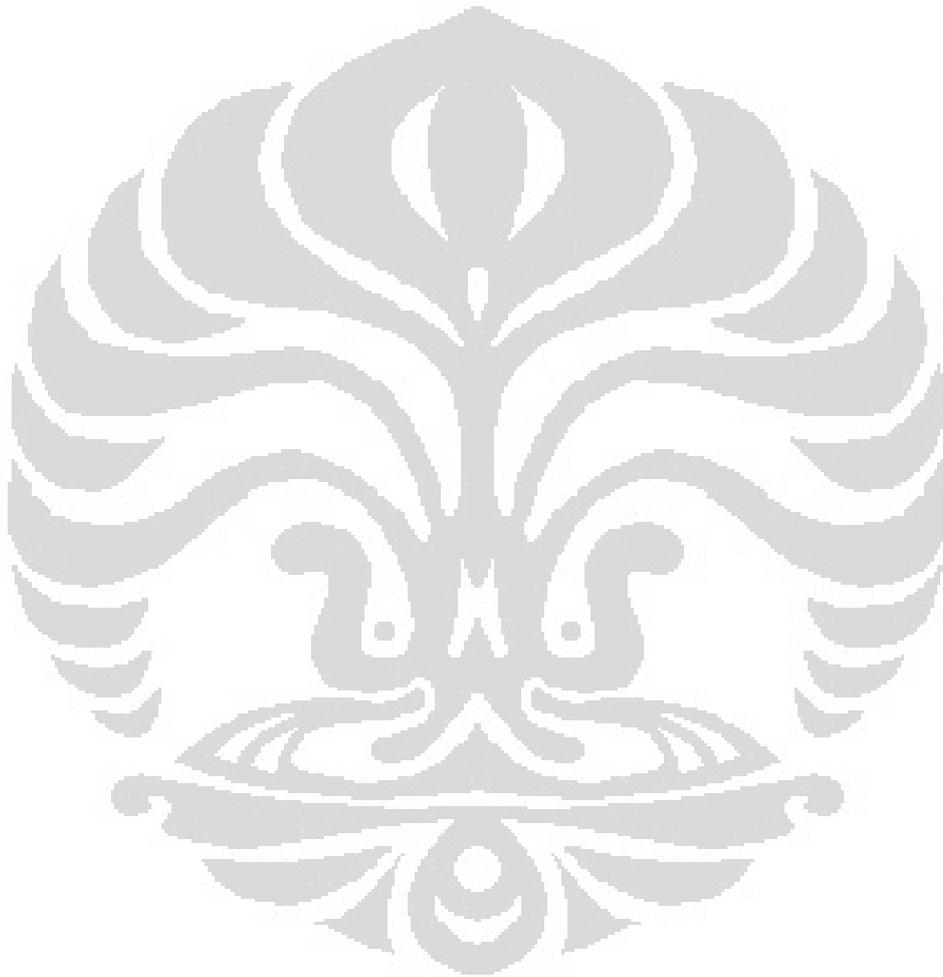
$$\text{Minyak / Lemak (mg / L)} = \frac{(A - B) \times 1000}{V_{\text{sampel}}}$$

Dimana:

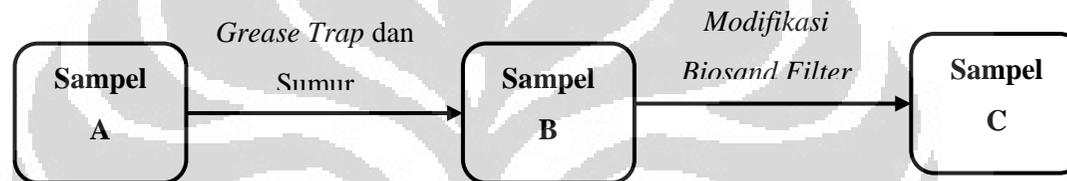
A adalah berat labu + ekstraksi, mg

B adalah berat labu kosong, mg

V adalah volume sampel



LAMPIRAN 7
Data Sampling



Tanggal	Sampling ke-	Parameter	Satuan	Pengenceran	Sampel			Standar
					A	B	C	Kep MenLH No. 112 Thn 2003
25-Mar-11	1	Debit	L/dtk	-	0,109	-	0,044	-
		pH		-	5,64	5,2	7,65	6 - 7
		Total Fosfat	mg/L	5	5,87	6,26	7,11	-
		TSS	mg/L	5	130	400	10	100
		COD	mg/L	-	-	758,056	-	-
		BOD	mg/L	-	186,613	292,713	110,202	100
		Minyak/Lemak	mg/L	-	317	417	66	10

Tanggal	Sampling ke-	Parameter	Satuan	Pengenceran	Sampel			Standar Kep MenLH No. 112 Thn 2003
					A	B	C	
01-Apr-11	2	Debit	L/dtk	-	0,048	-	0,037	-
		pH		-	5,14	5,36	7,65	6 - 7
		Total Fosfat	mg/L	5	1,31	3,92	3,01	-
		TSS	mg/L	5	770	90	2	100
		COD	mg/L	5	400	1340	-	-
		BOD	mg/L	-	95,778	228,71	78,605	100
		Minyak/Lemak	mg/L	-	619,5	110,5	108	10

Tanggal	Sampling ke-	Parameter	Satuan	Pengenceran	Sampel			Standar Kep MenLH No. 112 Thn 2003
					A	B	C	
08-Apr-11	3	Debit	L/dtk	-	0,180	-	0,040	-
		pH		-	-	-	7,53	6 - 7
		Total Fosfat	mg/L	5	7,13	4,44	3,23	-
		TSS	mg/L	5	240	240	10	100
		COD	mg/L	-	6186,08	1207,04	490,36	-
		BOD	mg/L	-	663,423	193,033	118,012	100
		Minyak/Lemak	mg/L	-	1170	545,5	309,5	10

Tanggal	Sampling ke-	Parameter	Satuan	Pengenceran	Sampel				Standar
					A (Detik ke-0)	B (Detik ke-20)	C (Detik ke-40)	D (Detik ke-60)	Kep MenLH No. 112 Thn 2003
29-Apr-11	4	Debit	L/dtk	-	-	-	-	0,040	-
		pH	-	-	5,3	8,28	8,36	8,3	6 - 7
		Total Fosfat	mg/L	5	8,1	7	6,25	8,45	-
		TSS	mg/L	5	80	30	40	10	100
		COD	mg/L	5	535,8	-	-	678,68	-
		BOD	mg/L	-	-	-	-	273,643	100
		Minyak/Lemak	mg/L	-	-	-	-	-	10

LAMPIRAN 8

Foto Penelitian



Suasana Kantin Yongma FISIP UI



Kios Kantin Yongma FISIP UI



Bagian Belakang Kantin Yongma FISIP UI

Ruang Tempat Pencucian Kantin Yongma FISIP UI



***Grease Trap* Kantin Yongma FISIP UI**



Sumur Pengumpul (*Sump Well*) Kantin Yongma FISIP UI



Pengukuran Debit Kantin Yongma FISIP UI (sebelum diolah dengan *grease trap*)



Pengambilan Sampel pada Manhole Pipa Pembuangan Air Limbah Kantin Yongma menuju Saluran Drainase Kampus



Kontainer *Biosand Filter* Skala Laboratorium



Media Pasir Halus *Biosand Filter* Skala Laboratorium



***Biosand Filter* Skala Laboratorium**



Air Baku dan Air Olahan *Biosand Filter* Skala Laboratorium

