



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
PERTAMINA MARITIME TRAINING CENTER
(STUDI PERBANDINGAN DENGAN INSTALASI
PENGOLAHAN AIR LIMBAH GEDUNG PERTAMINA
LEARNING CENTER)**

SKRIPSI

**ARINA PRIYANKA V.
0806459356**

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



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
PERTAMINA MARITIME TRAINING CENTER
(STUDI PERBANDINGAN DENGAN INSTALASI
PENGOLAHAN AIR LIMBAH GEDUNG PERTAMINA
LEARNING CENTER)**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**

ARINA PRIYANKA

0806459356

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



UNIVERSITAS INDONESIA

**DESIGN PLANNING OF PERTAMINA MARITIME
TRAINING CENTER SEWERAGE TREATMENT PLANT
(COMPARATIVE STUDY OF PERTAMINA LEARNING
CENTER SEWERAGE TREATMENT PLANT)**

FINAL REPORT

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

ARINA PRIYANKA

0806459356

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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Arina Priyanka V.

NPM : 0806459356

Tanda Tangan : *Arina Priyanka V.*

Tanggal : 3 Juli 2012

STATEMENT OF ORIGINALITY

**This undergraduate thesis is the result of my own work,
and all sources of both quoted and referred
had I stated correctly.**

Name : Arina Priyanka V.

Student Number : 0806459356

Signature : 

Date : July 3rd, 2012

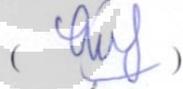
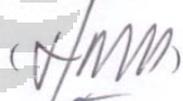
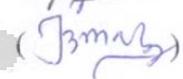
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Arina Priyanka V.
NPM : 0806459356
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Skripsi : Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah Gedung Pertamina Maritime Training Center (Studi Perbandingan dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah Pertamina Learning Center)

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA 
Pembimbing 2 : Dr. Cindy R. Priadi S.T, M.Sc 
Penguji : Dr. Ir. Djoko M. Hartono, S.E., M. Eng 
Penguji : Ir. Irma Gusniani, M.Sc 

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 3 Juli 2012

STATEMENT OF LEGITIMATION

This final report submitted by:

Name : Arina Priyanka V.
Student Number : 0806459356
Study Program : Environmental Engineering
Thesis Title : Design Planning of Pertamina Maritime Training
Center Sewerage Treatment Plant (Comparative
Study of Pertamina Learning Center Sewerage
Treatment Plant)

Has been successfully defended before the Council of Examiners and was accepted as part of the requirements necessary to obtain a Bachelor of Engineering degree in Environmental Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Universitas Indonesia

BOARD OF EXAMINERS

Adviser 1 : Dr. Ir. Setyo S. Moersidik, DEA

Adviser 2 : Dr. Cindy R. Priadi S.T, M.Sc

Examiner : Dr. Ir. Djoko M. Hartono, S.E., M. Eng

Examiner : Ir. Irma Gusniani, M.Sc

Defined in : Depok

Date : July 3rd 2012

KATA PENGANTAR

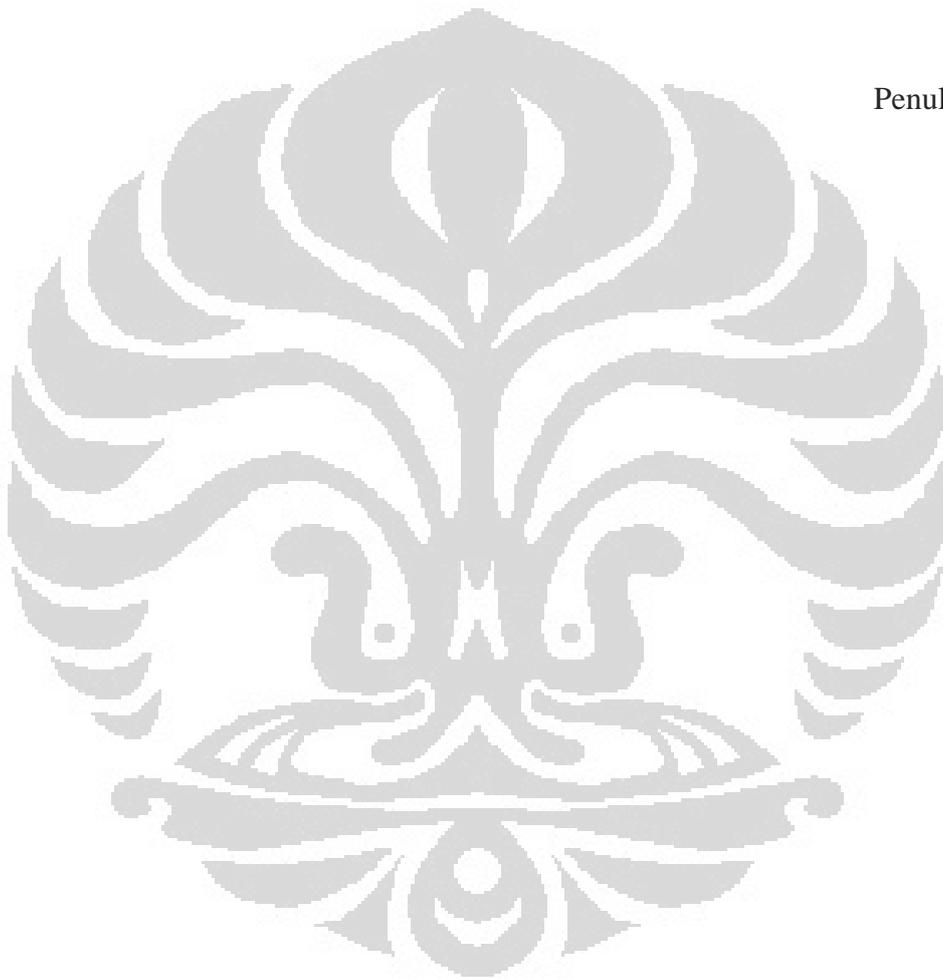
Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karuniaNya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat mendapat gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Lingkungan. Skripsi ini tentunya tidak luput dari bantuan serta dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu saya ingin menghaturkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Setyo Sarwanto. Moersidik, DEA dan Dr. Cindy R. Priadi S.T, M.Sc, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan dan membantu saya dalam penyusunan skripsi ini.
2. Zita Noesdiana, Hening Soepiyono, Afni Zahara, Chandra Indah Irawati, Afidya Indina Harumanti, Yahya Eru Cakra, dan Yoddy Brakumara selaku orang tua dan keluarga saya atas semua doa serta dukungan moral dan material yang diberikan.
3. Bapak Agus Sunarto, selaku pembimbing dari PT. Pertamina Persero atas ilmu yang diberikan serta bantuan dan dukungannya dalam pengambilan data maupun penyusunan skripsi.
4. Seluruh Staf SHE Pertamina, Pertamina Maritime Training Center, Pertamina Learning Center dan Laboratorium BPLHD, yang telah membantu dalam proses pengambilan data.
5. Syifarahma Ayu, Amirah Munawar, Sucipta Laksono, Rendy Dwi Putra, Triananda Pangestu Gusti, Citra Anindya, Rahayu Handayani dan Rizki Ibtida Prasetyaningtyas yang telah memberikan dukungan, semangat dan bantuan materil maupun imateril dalam penyusunan skripsi ini.
6. Sahabat-sahabat seperjuangan Sipil dan Lingkungan 2008, serta semua warga Departemen Teknik Sipil yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu atas semua bantuan, dukungan semangat dan doa untuk kelancaran penyusunan skripsi ini.

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

Depok, 3 Juli 2012

Penulis



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

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

Nama : Arina Priyanka V.
NPM : 0806459356
Program Studi : Teknik Lingkungan
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Jenis Karya : Skripsi

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

**PERANCANGAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
PERTAMINA MARITIME TRAINING CENTER (STUDI
PERBANDINGAN DENGAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
PERTAMINA LEARNING CENTER)**

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

Demikian pernyataan saya ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 3 Juli 2012

Yang Menyatakan



(Arina Priyanka V.)

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

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

Name : Arina Priyanka V.
Student ID : 0806459356
Study Program : Environmental Engineering
Department : Civil Engineering
Faculty : Faculty of Engineering Universitas Indonesia
Type of Work : Final Report

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

**DESIGN PLANNING OF PERTAMINA MARITIME TRAINING CENTER
SEWERAGE TREATMENT PLANT (COMPARATIVE STUDY OF
PERTAMINA LEARNING CENTER SEWERAGE TREATMENT PLANT)**

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

I certify that the above statement is true.

Signed at : Depok

Date this : 20th June 2012

The Declarer



(Arina Priyanka V.)

ABSTRAK

Nama : Arina Priyanka
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah Gedung Pertamina Maritime Training Center (Studi Perbandingan dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah Pertamina Learning Center)

Gedung Pertamina Maritime Training Center (MTC) merupakan gedung yang digunakan oleh lembaga pelatihan Pertamina untuk pengembangan sumber daya manusia dalam bidang kelautan dengan jumlah karyawan dan trainee sebanyak rata-rata 1.200 orang per harinya. Gedung Pertamina MTC yang telah cukup lama berdiri ini hanya memiliki fasilitas pengolahan air limbah berupa *septic tank* konvensional untuk pengolahan *black water* yang sudah beberapa tahun belakangan tidak terpelihara, sedangkan untuk *grey water* dan limbah dapur langsung dibuang ke saluran kota. Dengan mempertimbangkan pencemaran yang terjadi maka akan dirancang sebuah instalasi pengolahan air limbah menggunakan studi pendahuluan mengenai karakteristik dan kuantitas limbah serta IPAL eksisting Pertamina Learning Center Simprug yang telah lebih dahulu melakukan pengolahan limbahnya. Studi pendahuluan ini terdiri dari studi karakteristik yang meliputi kuantitas dan kualitas pada limbah yang dihasilkan oleh Gedung Pertamina Learning Center dan Pertamina MTC, evaluasi kualitatif dan kuantitatif IPAL eksisting Pertamina Learning Center Simprug untuk menentukan sistem pengolahan, serta pemilihan proses pengolahan biologis dengan menggunakan alternatif proses *Rotary Biological Contactor* (RBC) dan *Extended Aeration*. Studi perbandingan ini merekomendasikan sistem pengolahan dengan menggunakan proses pengolahan biologis biofilter anaerob-aerob yang dinilai paling efektif untuk diterapkan pada Gedung Pertamina MTC.

Kata kunci:
Perancangan, Instalasi Pengolahan Air Limbah, *Training Center*

ABSTRACT

Name : Arina Priyanka V.
Study Program : Environmental Engineering
Title : Design Planning of Pertamina Maritime Training Center
Sewerage Treatment Plant (Comparative Study of Pertamina
Learning Center Sewerage Treatment Plant)

Pertamina Maritime Training Center (MTC) is a building used by Pertamina training institute for human resource development in the marine sector with a number of employees and trainees as many as 1.200 people per day. Pertamina MTC building has been operated for years but has only conventional septic tank as its wastewater treatment facility to treat black water that has been poorly maintained in recent years, whereas for grey water and kitchen wastewater are discharged into municipal drainage. Taking into account the pollution that occurs, a wastewater treatment plant will be designed based on preliminary study on the characteristics and quantity of wastewater and the existing Pertamina Simprug Learning Center sewerage treatment plant as a comparison. This preliminary study includes characterization of the quantity and quality of the wastewater generated by Pertamina Learning Center dan Pertamina MTC, qualitative and quantitative evaluation of the existing Pertamina Learning Center Simprug STP to determine treatment system, and selection of biological treatment processes by using alternative Rotary Biological Contactor (RBC) and Extended Aeration process. This comparative study results in a recommendation of direct treatment system using biological process of anaerobic-aerobic biofilter, considered as the most effective option for Pertamina MTC building.

Key words:

Design Planning, Sewerage Treatment Plant, *Training Center*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
STATEMENT OF ORIGINALITY	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
STATEMENT OF LEGITIMATION	v
KATA PENGANTAR	vi
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	viii
STATEMENT OF AGREEMENT OF PUBLICATION	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR PERSAMAAN	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN	3
1.4 RUANG LINGKUP	3
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 DEFINISI	5
2.2 KARAKTERISTIK AIR LIMBAH DOMESTIK	5
2.2.1 Karakteristik Fisik	6
2.2.2 Karakteristik Kimia	8
2.2.2.1 Kimia Anorganik	8
2.2.2.2 Kimia Organik	9
2.2.2.3 Gas-gas	10
2.2.2.4 Pengukuran Kandungan Organik	11
2.2.3 Karakteristik Biologi	12
2.3 KUANTITAS AIR LIMBAH PERKANTORAN	13
2.4 STANDAR BAKU MUTU AIR LIMBAH	13
2.5 TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK	15
2.5.1 Pengolahan Pendahuluan (<i>Preliminary Treatment</i>)	15
2.5.1.1 Screening	15
2.5.1.2 Grit Removal	16
2.5.1.3 Flow Equalization (Bak Ekualisasi)	17
2.5.2 Pengolahan Primer (<i>Primary Treatment</i>)	18
2.5.2.1 Sedimentasi Primer (<i>Primary Sedimentation</i>)	18
2.5.2.2 Flotasi	19
2.5.3 Pengolahan Sekunder atau Biologis (<i>Secondary Treatment</i>)	19
2.5.3.1 Biofilter Anaerob-aerob	24

2.5.3.2	Aerasi Biologis (<i>Activated Sludge</i>)	29
2.5.3.3	Rotary Biological Contactor	32
2.5.4	Pengolahan Lanjutan (<i>Advanced Treatment</i>)	35
2.6	JENIS-JENIS SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH DKI JAKARTA	37
BAB 3	METODE PENELITIAN	40
3.1	DIAGRAM ALIR	41
3.2	LOKASI DAN WAKTU PENELITIAN	42
3.2.1	Deskripsi Pertamina Learning Center	42
3.2.1.1	Unit Pengolahan Air Limbah	43
3.2.2	Deskripsi Pertamina Maritime Training Center	45
3.3	PENGUMPULAN DATA	46
3.4	ANALISIS DATA	47
3.5	EFISIENSI UNIT PENGOLAHAN	49
3.6	PENENTUAN UNIT-UNIT PENGOLAHAN	49
3.7	ALTERNATIF PENGOLAHAN	50
3.8	RANCANGAN RINCI SISTEM PENGOLAHAN	51
BAB 4	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	51
4.1	AKTIVITAS TRAINING CENTER	52
4.1.1	Aktivitas Gedung Pertamina Learning Center	52
4.1.2	Aktivitas Gedung Pertamina Maritime Training Center	54
4.2	KUANTITAS AIR LIMBAH	57
4.2.1	Kuantitas Limbah Gedung Pertamina Learning Center	57
4.2.1.1	Berdasarkan Jumlah Pemakaian Air Bersih	57
4.2.1.2	Berdasarkan Perhitungan Efluen IPAL Pertamina Learning Center	60
4.2.2	Kuantitas Limbah Gedung Pertamina Maritime Training Center	61
4.2.2.1	Kuantitas Limbah Hasil Kegiatan Dapur	61
4.2.2.2	Kuantitas Limbah Total dari Jumlah Pemakaian Air	63
4.3	KUALITAS AIR LIMBAH	64
4.3.1	Kualitas Limbah Gedung Pertamina Learning Center	64
4.3.2	Kualitas Limbah Gedung Pertamina Maritime Training Center	69
4.4	EVALUASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PERTAMINA LEARNING CENTER	70
4.5	PERENCANAAN SISTEM PENGOLAHAN	72
4.5.1	Sistem Pengolahan dengan Menggunakan <i>Pre-Treatment</i> Limbah Dapur	73
4.5.2	Sistem Pengolahan Langsung	74
4.5.3	Pemilihan Opsi Sistem Pengolahan	76
4.6	PEMILIHAN PROSES INSTALASI PENGOLAHAN	78
4.6.1	Kebutuhan Lahan	78
4.6.2	Performansi Unit Pengolahan	79
4.6.3	Kemudahan Operasi dan Pemeliharaan	79
4.6.4	Biaya Investasi Awal	79
4.6.5	Residu Hasil Pengolahan	79
4.7	PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH	80
4.7.1	Kuantitas Pengolahan	80

4.7.2	Kualitas Pengolahan.....	81
BAB 5 PERHITUNGAN DESAIN		
5.1	PENGOLAHAN PENDAHULUAN.....	84
5.1.1	Bak Pemisah Lemak (<i>Grease Trap</i>)	84
5.1.2	Bar Screen.....	85
5.1.3	Bak Ekualisasi.....	87
5.2	PENGOLAHAN SEKUNDER	88
5.2.1	Biofilter Anaerobik	88
5.2.2	Biofilter Aerobik.....	90
5.2.3	Secondary Clarifier (Bak Pengendap Akhir).....	93
5.2.4	Desinfeksi	96
5.3	REKAPITULASI DESAIN.....	97
5.3.1	Waktu Detensi Instalasi Pengolahan Air Limbah.....	97
5.3.2	Luas Kebutuhan Lahan Instalasi Pengolahan Air Limbah.....	97
5.4	SPEKIFIKASI TEKNIS.....	99
5.4.1	Bak Pemisah Minyak (<i>Grease Tank</i>)	99
5.4.2	Bar Screen.....	99
5.4.3	Bak Ekualisasi.....	99
5.4.4	Unit Reaktor Biofilter Anaerob	100
5.4.5	Unit Reaktor Biofilter Aerob	100
5.4.6	Bak Pengendapan Akhir	100
5.4.7	Bak Klorinasi	101
5.4.8	Media Pembiakan Mikroba.....	101
5.4.9	Blower Udara	101
BAB 6 PENUTUP		
6.1	KESIMPULAN	102
6.2	SARAN.....	104
DAFTAR REFERENSI.....		105
LAMPIRAN.....		105

DAFTAR TABEL

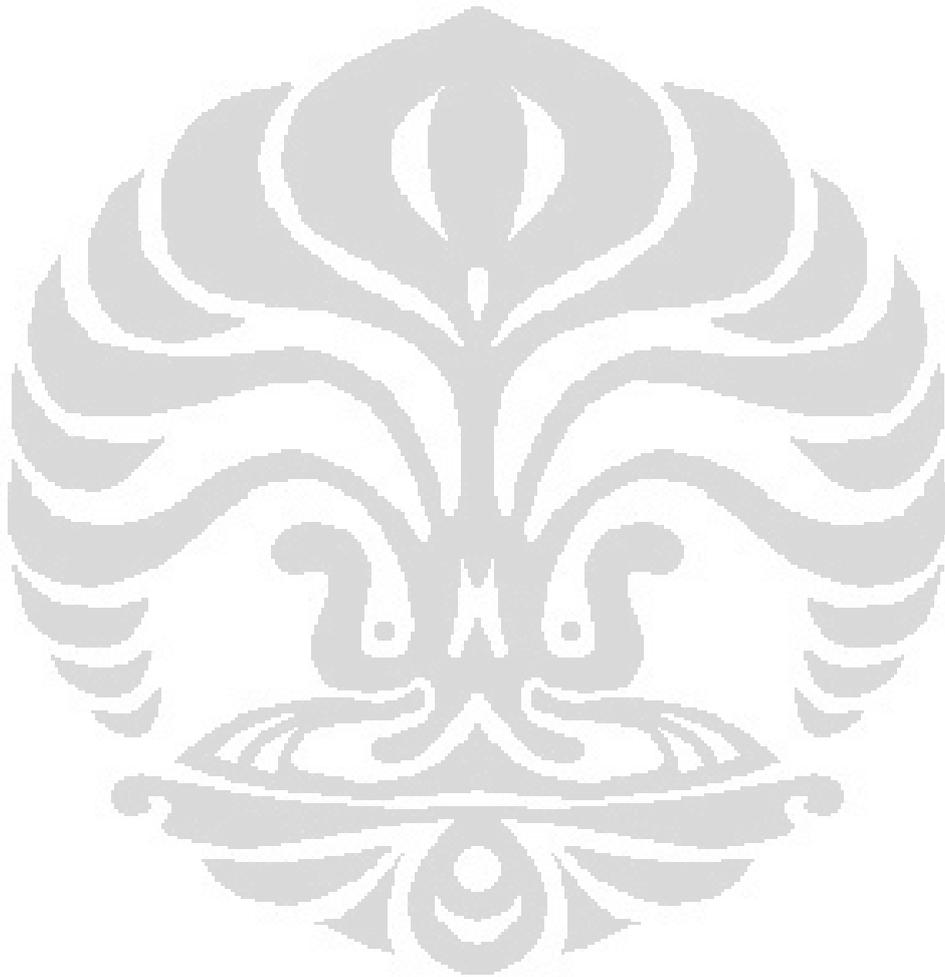
Tabel 2.1 Karakteristik limbah domestik atau limbah perkotaan	6
Tabel 2.2 Baku mutu limbah cair domestik	14
Tabel 2.3 Definisi istilah umum yang digunakan untuk pengolahan air limbah biologis	21
Tabel 2.4 Klasifikasi trickling filter	27
Tabel 2.5 Klasifikasi material atau media filter pada trickling filter/biofilter	28
Tabel 2.6 Perbandingan luas permukaan spesifik media biofilter	28
Tabel 2.7 Produk inorganik yang terbentuk dari oksidasi protein	30
Tabel 2.8 Perbandingan Proses Pengolahan Air Limbah RBC dengan Lumpur Aktif	35
Tabel 2.9 Jenis-jenis IPAL yang digunakan di DKI Jakarta	38
Tabel 3.1 Standar Pengujian Parameter	49
Tabel 3.2 Pertimbangan pemilihan alternatif pengolahan	51
Tabel 4.1 Jenis Penggunaan Lahan Komplek Pertamina Learning Center	54
Tabel 4.2 Aktivitas/Kegiatan dan Potensi Limbah yang Dihasilkan pada Gedung Pertamina Learning Center	55
Tabel 4.3 Debit penggunaan air bersih Pertamina Learning Center	58
Tabel 4.4 Penggunaan air bersih eksisting di kompleks PLC Simpruk	59
Tabel 4.5 Debit Limbah Hasil Kegiatan Dapur Pertamina MTC	63
Tabel 4.6 Volume Pemakaian Air Pertamina Maritime Training Center	64
Tabel 4.7 Data Sekunder Pengukuran Kualitas Limbah <i>In-Site</i>	66
Tabel 4.8 Data Sekunder Kualitas Efluen IPAL Pertamina Learning Center	66
Tabel 4.9 Data Primer Kualitas Influen dan Efluen IPAL Pertamina Learning Center	67
Tabel 4.10 Perbandingan Kualitas Influen Pertamina Learning Center dengan Karakteristik Umum Limbah Domestik atau Limbah Perkotaan.....	68
Tabel 4.11 Data Primer Kualitas Air Limbah Hasil Aktivitas Dapur Pertamina MTC	70
Tabel 4.12 <i>Percent Removal</i> Beban Polutan IPAL Pertamina Learning Center....	71
Tabel 4.13 Persentase <i>Removal Rencana Pre-Treatment</i> Limbah Dapur Pertamina Maritime Training Center	74
Tabel 4.14 Perhitungan Debit Rata-rata	75
Tabel 4.15 Konsentrasi Limbah Campuran Pertamina Maritime Training Center	76
Tabel 4.16 Pemilihan Unit Pengolahan	81
Tabel 4.17 Debit Rencana Instalasi Pengolahan	82
Tabel 4.18 Kualitas Beban Pengolahan	83
Tabel 5.1 Kriteria Desain Bak Ekualisasi	88
Tabel 5.2 Rekapitulasi Waktu Detensi pada Unit Pengolahan	98
Tabel 5.3 Rekapitulasi Luas Kebutuhan Lahan Unit Pengolahan.....	99

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komposisi Air Limbah	5
Gambar 2.2. Proses pengolahan air limbah secara biologis	23
Gambar 2.3. Diagram proses pengolahan biofilter anaerob-aerob	25
Gambar 2.4 Diagram Proses Pengolahan Air Limbah dengan Sistem RBC	33
Gambar 3.1. Diagram Alir Kerja	42
Gambar 3.2 Pertamina Training Center(kiri) dan Gelanggang Olah Raga(kanan)	43
Gambar 3.3 Pertamina Residence (kiri) dan Gedung Pertemuan Wanita Patra (kanan)	44
Gambar 3.4 Instalasi Pengolahan Air Limbah Pertamina Learning Center	44
Gambar 3.5 Skema Instalasi Pengolahan Air Limbah Pertamina Learning Center	45
Gambar 3.6 Gedung Pertamina Maritime Training Center	47
Gambar 4.1 Denah Gedung Pertamina Maritime Training Center	56
Gambar 4.2 Bak Pengumpul dan Penyaring Sementara Limbah Hasil Kegiatan Dapur	57
Gambar 4.3 Saluran Tempat Pembuangan Limbah Hasil Kegiatan Dapur	57
Gambar 4.4 Saluran Kota Tempat Pembuangan Limbah MTC	57
Gambar 4.5 Debit Penggunaan Air Bersih Pertamina Learning Center	59
Gambar 4.6 Neraca Penggunaan Air Pertamina Learning Center.....	60
Gambar 4.7 Debit Harian dari Alat Ukur Efluen IPAL Pertamina Learning Center	61
Gambar 4.8 Fluktuasi Debit Limbah Dapur Pertamina MTC	63
Gambar 4.9 Volume Pemakaian Air Bulanan Pertamina Maritime Training Center.....	65
Gambar 4.10 Bak Pengumpul	69
Gambar 4.11 Unit pemisah minyak dan lemak kompartemen 1 (kiri) dan kompartemen 2 (kanan)	69
Gambar 4.12 Unit pemisah minyak dan lemak kompartemen 3 (kiri) hasil buangan menuju saluran kota (kanan)	70
Gambar 4.12 Skema Sistem Pengolahan Eksisting	73
Gambar 4.13 Skema Sistem Pengolahan Rencana	79
Gambar 4.14 Diagram Alir Pengolahan Limbah Pertamina Maritime Training Center	84

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 Oksidasi biologis aerobik bahan organik.....	20
Persamaan 2.2 BOD Surface Loading.....	34



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Karakteristik operasional proses pengolahan air limbah dengan proses biologis	108
Lampiran 2. Parameter perencanaan proses pengolahan air limbah dengan proses Biologis	109
Lampiran 3. Besaran population equivalen (P_e) untuk perancangan IPAL berdasarkan jenis peruntukan bangunan	110
Lampiran 4. Tabel Pemeriksaan Outlet IPAL Pertamina Learning Center	113
Lampiran 5. Hasil pemeriksaan kualitas air	114
Lampiran 6. Gambar Teknis IPAL Pertamina Learning Center	118
Lampiran 7. Gambar Teknis IPAL Pertamina Maritime Training Center	123
Lampiran 8. Rencana Anggaran Biaya IPAL Pertamina Maritime Training Center	132



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari kegiatan rumah tangga, perumahan, rumah susun, apartemen, perkantoran, rumah dan kantor rumah dan toko, rumah sakit, mall, pasar swalayan, balai pertemuan, hotel, industri, sekolah, baik berupa *grey water* (air bekas) ataupun *black water* (air kotor/tinja) (Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005).

Semakin besarnya laju perkembangan penduduk dan industrialisasi di Jakarta, serta padatnya pemukiman dan kondisi sanitasi lingkungan yang buruk dan buangan industri yang langsung dibuang ke badan air tanpa proses pengolahan telah menyebabkan pencemaran sungai-sungai yang ada di Jakarta, dan air tanah dangkal di sebagian besar daerah di wilayah DKI Jakarta, bahkan kualitas air di perairan teluk Jakarta sudah menjadi semakin buruk. (Nusa Idaman Said, 2008)

Untuk wilayah Jakarta, air limbah domestik (rumah tangga) memberikan kontribusi terhadap pencemaran air sekitar 75%, air limbah perkantoran dan daerah komersial 15% dan air limbah industri hanya sekitar 10%. Sedangkan dilihat dari beban polutan organiknya, air limbah rumah tangga memberikan kontribusi sekitar 70%, air limbah perkantoran 14% dan air limbah industri sebesar 16%. (JICA, 1990)

Menurut Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005, bahwa dalam rangka menjaga dan mempertahankan kualitas air tanah maka perlu diwajibkan setiap orang atau badan usaha melakukan pengelolaan limbah cair hasil usaha dan/atau kegiatan. Berdasarkan data dari PD PAL Jaya, (1996) limbah domestik, perkantoran dan daerah komersial yang kontribusi pencemarannya telah mencapai lebih dari 80% dari total sumber pencemaran air di DKI Jakarta hanya sekitar 3% yang telah diolah.

Parameter pencemaran air buangan domestik berdasarkan Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005 meliputi pH, Organik (KMnO_4), zat padat tersuspensi, ammonia, minyak dan lemak, senyawa aktif biru

metilen, COD, BOD. Maka dari itu, diperlukan bagi setiap perkantoran dan daerah komersial di DKI Jakarta untuk melakukan pengolahan limbahnya berdasarkan parameter tersebut sebelum dibuang ke badan air.

Sebagai studi penelitian, diambil PT Pertamina (Persero) selaku BUMN yang bertugas mengelola penambangan minyak dan gas bumi di Indonesia dimana memiliki banyak kegiatan usaha dan memiliki beberapa gedung perkantoran yang terletak di DKI Jakarta. PT. Pertamina memiliki dua buah training center, yaitu Pertamina Learning Center dan Pertamina Maritime Training Center.

Training center pertama yaitu PT. Pertamina Learning Center telah melakukan pengolahan limbah menggunakan pengolahan biologis biofilter anaerob dan biofilter aerob, dengan kapasitas pengolahan sebesar 45 m³/hari. Sedangkan training center kedua, yaitu Pertamina Maritime Training Center yang memiliki kapasitas gedung sebesar 1200 orang per harinya belum memiliki pengolahan limbahnya.

Dari uraian yang telah disebutkan diatas maka Gedung Pertamina Maritime Training Center memerlukan instalasi pengolahan limbah yang akan dirancang dengan melakukan perhitungan efisiensi instalasi pengolahan air limbah Gedung Pertamina Learning Center serta perbandingan karakteristik limbah yang dihasilkan dari Gedung Pertamina Learning Center dengan Gedung Pertamina Maritime Training Center.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

1. Bagaimana karakteristik limbah yang dihasilkan pada gedung Pertamina Maritime Training Center dibandingkan dengan karakteristik limbah yang dihasilkan oleh gedung Pertamina Learning Center?
2. Bagaimana Teknologi pengolahan pada IPAL Pertamina Learning Center dapat dijadikan referensi untuk pembuatan IPAL pada Gedung Pertamina Maritime Training Center?
3. Bagaimana perancangan instalasi pengolahan air limbah yang sesuai untuk diterapkan pada Gedung Pertamina Maritime Training Center berdasarkan studi perbandingan dengan Gedung Pertamina Learning Center?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

- Mengetahui karakteristik air limbah yang dihasilkan pada Gedung Pertamina Marine Training Center dan Pertamina Learning Center.
- Mengetahui kelayakan instalasi pengolahan air limbah Gedung Pertamina Learning Center dilihat dari efisiensi pengolahannya untuk diterapkan di Gedung Pertamina Maritime Training Center dan alternatif teknologi pengolahan lainnya.
- Mendapatkan rancangan instalasi pengolahan air limbah domestik yang sesuai dengan standar baku mutu yang ditetapkan pemerintah untuk diterapkan di Gedung Pertamina Maritime Training Center sehingga efluen yang dihasilkan aman dibuang ke lingkungan. Rancangan secara rinci ini meliputi perhitungan dan rancangan instalasi, tata letak instalasi, profil hidrolis, serta estimasi biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik yang telah direncanakan.

1.4 RUANG LINGKUP

Ruang lingkup dari penyusunan laporan skripsi perancangan instalasi pengolahan air limbah ini meliputi:

- Penentuan kuantitas dan kualitas air limbah yang dihasilkan pada gedung Pertamina Maritime Training Center dan Gedung Pertamina Learning Center.
- Perhitungan efisiensi instalasi pengolahan air limbah Gedung Pertamina Learning Center.
- Pemilihan metode pengolahan yang sesuai diterapkan di Gedung Pertamina Maritime Training Center berdasarkan studi perbandingan serta aspek teknis, ekonomis dan lingkungan.
- Perencanaan dan perancangan bangunan instalasi pengolahan air limbah domestik gedung Pertamina Maritime Training Center meliputi perhitungan dimensi unit serta gambar perencanaan.
- Perhitungan rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan instalasi pengolahan air limbah domestik gedung Pertamina Maritime Training Center.

1.5 SISTEMATIKA PENULISAN

Bab 1 Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang masalah, maksud dan tujuan penulisan, ruang lingkup perencanaan, serta sistematika pembahasan.

Bab 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi studi literatur tentang pengolahan air limbah domestik perkantoran, kualitas dan kuantitas air limbah perkantoran, serta teknologi pengolahan yang menjadi dasar analisis dan pertimbangan dari perancangan instalasi pengolahan.

Bab 3 Metodologi Penelitian

Bab ini berisi diagram kerja, metode yang digunakan pada penelitian serta langkah-langkah perencanaan yang akan dilakukan

Bab 4 Analisis Data

Bab ini berisi tentang data umum objek studi penelitian, serta analisis data-data primer dan sekunder yang didapatkan dari pengumpulan data untuk pemilihan proses pengolahan.

Bab 5 Perancangan Sistem Pengolahan

Bab ini berisi perencanaan sistem pengolahan berdasarkan proses pemilihan yang telah ditentukan beserta rancangan rinci sistem pengolahan yang mencakup perhitungan detail pengolahan, dimensi unit, profil hidrolis serta rencana anggaran biaya.

Bab 6 Kesimpulan

Pada bab ini terdapat kesimpulan yang diambil berdasarkan tujuan penelitian, tinjauan pustaka, analisa, dan perancangan sistem pengolahan yang dilakukan.

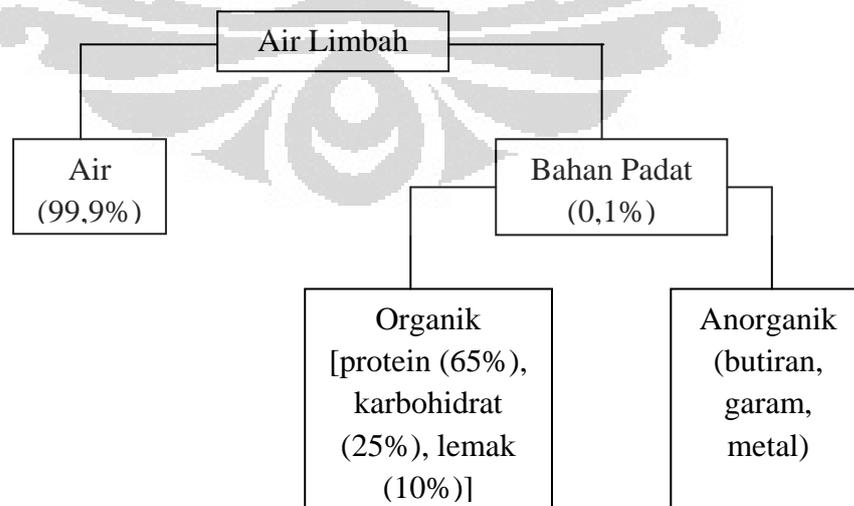
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 DEFINISI

Menurut Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005 tentang Pengolahan Air Limbah Domestik di Provinsi DKI Jakarta, yang dimaksud dengan air limbah adalah air yang berasal dari sisa kegiatan proses produksi dan usaha lainnya yang tidak dimanfaatkan kembali. Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari kegiatan rumah tangga, perumahan, rumah susun, apartemen, perkantoran, rumah dan kantor rumah dan toko, rumah sakit, mall, pasae swalayan, balai pertemuan, hotel, industri, sekolah, baik berupa *grey water* (air bekas) ataupun *black water* (air kotor/tinja).

2.2 KARAKTERISTIK AIR LIMBAH DOMESTIK

Dari hasil pengumpulan data terhadap beberapa contoh air limbah rumah yang berasal dari berbagai macam sumber pencemar di DKI Jakarta menunjukkan bahwa konsentrasi senyawa pencemar sangat bervariasi. Hal ini disebabkan karena sumber air limbah juga bervariasi sehingga faktor waktu dan metoda pengambilan contoh sangat mempengaruhi besarnya konsentrasi. Komposisi air limbah bervariasi tergantung dari sumbernya, namun sebagian besar air limbah memiliki komposisi sebagai berikut:



Gambar 2.1. Komposisi Air Limbah (Sugiharto, 1987)

Dibawah ini merupakan karakteristik umum dari limbah domestik atau perkotaan:

Tabel 2.1 Karakteristik limbah domestik atau limbah perkotaan

No.	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum	Rata-rata
1	BOD	mg/l	31,52	675,33	353,43
2	COD	mg/l	46,62	1183,4	615,01
3	Angka permanganat (KMnO ₄)	mg/l	69,84	739,56	404,7
4	Amoniak (NH ₃)	mg/l	10,79	158,73	84,76
5	Nitrit	mg/l	0,013	0,274	0,1435
6	Nitrat	mg/l	2,25	8,91	5,58
7	Klorida	mg/l	29,74	103,73	66,735
8	Sulfat	mg/l	81,3	120,6	100,96
9	pH		4,92	8,99	6,96
10	Zat padat tersuspensi (SS)	mg/l	27,5	211	119,25
11	Deterjen	mg/l	1,66	9,79	5,725
12	Minyak/lemak	mg/l	1	125	63
13	Cadmium (Cd)	mg/l	ttd	0,016	0,008
14	Timbal (Pb)	mg/l	0,002	0,04	0,021
15	Tembaga (Cu)	mg/l	ttd	0,49	0,245
16	Besi (Fe)	mg/l	0,19	70	35,1
17	Warna	Pt-Co	31	150	76
18	Phenol	mg/l	0,04	0,63	0,335

Sumber: Nusa Idaman Said, *Pengelolaan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta*, 2008

2.2.1 Karakteristik Fisik

a. Padatan

Padatan merupakan material yang tersuspensi atau terlarut dalam air atau air limbah. Padatan dapat mempengaruhi kualitas limbah dengan berbagai cara. Padatan total (*total solid*) merupakan sisa bahan yang tersisa setelah penguapan

dan pengeringan sampel selanjutnya dalam oven pada suhu tertentu (103 hingga 105°C). Padatan total pada dasarnya mencakup total padatan tersuspensi (*total suspended solid*), yang merupakan porsi padatan keseluruhan ditahan oleh filter dan diukur setelah pengeringan pada suhu 105 °C, dan total padatan terlarut (*total dissolved solid*), yang merupakan bagian yang melewati filter berukuran pori 2µm (atau lebih kecil) dibawah kondisi tertentu. (Standard Method, 1998)

b. Bau

Bau dalam air limbah domestik biasanya disebabkan oleh gas yang dihasilkan oleh dekomposisi bahan organik atau dengan zat yang ditambahkan ke air limbah. Air limbah segar memiliki bau khas yang agak tidak menyenangkan, namun lebih baik daripada bau air limbah yang telah mengalami dekomposisi aerobik (tanpa oksigen). Karakteristik bau paling khas dari air limbah septik berasal dari hidrogen sulfida, yang diproduksi oleh mikroorganisme anaerob yang mengubah sulfat menjadi sulfida.

Bau telah dinilai sebagai perhatian utama publik untuk pelaksanaan fasilitas pengolahan air limbah. Dalam beberapa tahun terakhir, kontrol bau telah menjadi pertimbangan utama dalam desain dan operasi pengumpulan air limbah, pengolahan, dan fasilitas pembuangan, khususnya yang berkenaan dengan penerimaan publik dari fasilitas ini (Metcalf & Eddy, 2004)

c. Temperatur

Temperatur berpengaruh terhadap aktifitas biologis dan kimiawi dalam air. Temperatur air limbah biasanya lebih tinggi dibanding air minum. Tergantung dari lokasi dan waktu, temperatur effluen limbah lebih tinggi atau lebih rendah dibanding temperatur influen (Reynolds & Richards, 1996)

d. Warna

Warna merupakan ciri kualitatif yang dapat dipakai untuk mengkaji kondisi umum air limbah. Jika warnanya coklat muda, maka umur air kurang dari 6 jam. Warna abu – abu muda sampai setengah tua merupakan tanda bahwa air limbah sedang mengalami pembusukan atau telah ada dalam sistem pengumpul untuk beberapa lama. Bila warnanya abu – abu tua atau hitam, air limbah sudah membusuk setelah mengalami pembusukan oleh bakteri dengan kondisi anaerobik.

2.2.2 Karakteristik Kimia

Karakter kimia air limbah meliputi senyawa organik, senyawa anorganik dan gas. Senyawa organik adalah karbon yang dikombinasi dengan satu atau lebih elemen-elemen lain (O, N, P, H). Saat ini terdapat lebih dari dua juta senyawa organik yang telah diketahui. Senyawa anorganik terdiri atas semua kombinasi elemen yang bukan tersusun dari karbon organik. (Metcalf & Eddy, 2004)

2.2.2.1 Kimia Anorganik

Beberapa komponen anorganik air limbah dan air alami penting dalam membangun dan mengendalikan kualitas air. Konsentrasi konstituen anorganik juga meningkat oleh proses penguapan alami, yang menghilangkan sebagian air permukaan dan meninggalkan substansi anorganik dalam air. Karena konsentrasi berbagai konstituen anorganik dapat sangat mempengaruhi penggunaan menguntungkan dari air, adalah baik untuk memeriksa sifat dari beberapa konstituen. (Standard Method, 1998)

a. pH

Konsentrasi ion-hidrogen merupakan parameter kualitas penting dari perairan alam dan air limbah. Rentang konsentrasi yang cocok untuk keberadaan kehidupan sebagian besar kehidupan biologis cukup sempit dan kritis. Air limbah dengan konsentrasi ion-hidrogen yang merugikan ion sulit untuk mengobati dengan cara biologis, dan jika konsentrasi tidak berubah sebelum dibuang, efluen air limbah dapat mengubah konsentrasi di perairan alami. (Metcalf & Eddy, 2004)

b. Nitrogen

Unsur nitrogen dan fosfor sangat penting untuk pertumbuhan tanaman dan protista dan karena itu dikenal sebagai nutrisi atau biostimulants. Kuantitas kecil unsur-unsur lain, seperti besi, juga diperlukan untuk pertumbuhan biologis, tetapi nitrogen dan fosfor, dalam banyak kasus, merupakan nutrisi penting utama. Karena nitrogen adalah sebuah unsur pembangun penting dalam sintesis protein, data nitrogen akan dibutuhkan untuk mengevaluasi treatability air limbah dengan proses biologis. Nitrogen yang tidak cukup dapat mengharuskan penambahan nitrogen untuk membuat air dapat diolah. (Metcalf & Eddy, 2004)

c. Fosfor

Fosfor juga penting untuk pertumbuhan alga dan organisme biologis lainnya. Karena ganggang berbahaya yang terdapat di permukaan air, sehingga terdapat kebutuhan untuk mengendalikan jumlah senyawa fosfor yang memasuki perairan permukaan di pembuangan limbah domestik dan industri dan limpasan alami. Air limbah kota, misalnya, dapat mengandung 4-15 mg/L fosfor dalam bentuk P. (Metcalf & Eddy, 2004)

d. Surfaktan

Surfaktan sintesis merupakan senyawa yang termasuk kelas kimia yang berbeda namun mengandung gugus polar hidrofobik yang lemah (mis: alkyl atau alkylaryl) dan satu atau lebih gugus polar. Surfaktan dapat diklasifikasikan kedalam kelompok anionik (muatan negatif) atau kationik (muatan positif). Surfaktan anionik merupakan yang paling umum digunakan dan diproduksi, biasanya sebagai detergen.

Surfaktan memasuki badan air dari air limbah industri maupun rumah tangga. Walaupun bukan merupakan senyawa yang beracun, surfaktan dapat mempengaruhi biota air. Detergen dapat memberikan rasa dan bau pada air pada konsentrasi 0,4-3 mg/l dan klorinasi dapat meningkatkan efeknya. (Chapman, 1996)

2.2.2.2 Kimia Organik

Kandungan organik secara umum terdiri dari kombinasi senyawa karbon, hydrogen, nitrogen dan oksigen. Material organik pada air limbah biasanya terdiri dari protein (40-60%), karbohidrat (25-60%), dan minyak dan lemak (8-12%). (Metcalf & Eddy, 2004).

a. Minyak dan Lemak

Yang dimaksud minyak dan lemak (*oil and grease*) adalah senyawa-senyawa organik yang dapat diekstrak dari suatu larutan menggunakan heksan atau CFC. Dengan demikian, penentuan kandungan komponen minyak dan lemak di dalam air limbah diketahui melalui ekstraksi sampel dengan kedua jenis pelarut tersebut (Sawyer et al., 1994)

Lemak merupakan senyawa organik yang lebih stabil dan sulit didekomposisi oleh bakteri. Kandungan minyak dan lemak di dalam suatu air limbah dapat menimbulkan berbagai masalah baik di saluran maupun di dalam instalasi pengolahan air limbah itu sendiri. Keberadaannya di dalam air permukaan dapat mengganggu kehidupan biota serta dapat mengganggu estetika dengan terbentuknya materi-materi terapung dan lapisan film di atas permukaan air (Metcalf & Eddy, 2004).

2.2.2.3 Gas-gas

Gas umumnya ditemukan dalam air limbah mencakup nitrogen (N_2), oksigen (O_2), karbon dioksida (CO_2), yang merupakan gas umum dari atmosfer dan akan ditemukan di seluruh perairan yang terkena udara, dan hidrogen sulfida (H_2S), amonia (NH_3), dan metana (CH_4) yang berasal dari dekomposisi bahan organik pada air limbah. Meskipun tidak ditemukan dalam air limbah yang tidak diolah, gas-gas lainnya yang harus diketahui dalam pengolahan limbah yaitu klorin (Cl_2) dan ozon (O_3) (untuk desinfeksi dan kontrol bau), dan oksida sulfur dan nitrogen (proses pembakaran).

a. Dissolved Oxygen (DO)

Oksigen terlarut diperlukan untuk respirasi semua mikroorganisme aerobik serta bentuk kehidupan aerobik lainnya. Namun, hanya sedikit oksigen yang terlarut dalam air. Jumlah aktual dari oksigen (dan gas lain) yang dapat hadir dalam larutan diatur oleh (1) kelarutan gas, (2) tekanan parsial gas di atmosfer, (3) suhu, dan (4) kemurnian (salinitas, padatan tersuspensi, dll) dari air.

Karena laju reaksi biokimia yang menggunakan oksigen meningkat dengan meningkatnya suhu, oksigen terlarut-tingkat cenderung lebih kritis dalam bulan-bulan musim panas. Karena pada bulan-bulan musim panas arus sungai yang biasanya lebih rendah, dengan demikian jumlah total oksigen yang tersedia juga lebih rendah. Kehadiran oksigen terlarut dalam air limbah dibutuhkan untuk mencegah pembentukan bau berbahaya (Metcalf & Eddy, 2004).

2.2.2.4 Pengukuran Kandungan Organik

Untuk menentukan kandungan organik dalam limbah cair umumnya dipakai parameter *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD).

a. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri aerobik melalui proses biologis (*biological oxidation*) secara dekomposisi aerobik. *Biological Oxygen Demand* (BOD) merupakan suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. Angka BOD menggambarkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) hampir semua senyawa zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi di dalam air. Pemeriksaan BOD dilakukan untuk menentukan beban pencemaran akibat buangan dan untuk merancang sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar. Prinsip pemeriksaan BOD didasarkan atas reaksi oksidasi zat organik dengan oksigen di dalam air, dan proses tersebut berlangsung karena adanya bakteri. Sebagai hasil oksidasi akan terbentuk karbon dioksida, air dan amoniak. Dengan demikian zat organik yang ada dalam air diukur berdasarkan jumlah oksigen yang dibutuhkan bakteri untuk mengoksidasi zat organis tersebut. (Alaerts dan Santika, 1987)

Hasil tes BOD digunakan; (1) untuk menentukan perkiraan jumlah oksigen yang akan dibutuhkan untuk menstabilkan secara biologis bahan organik, (2) untuk menentukan ukuran fasilitas pengolahan limbah, dan (3) untuk mengukur efisiensi dari beberapa proses pengolahan, dan (4) untuk menentukan kesesuaian dengan izin pembuangan air limbah. (Standard Method, 1998)

b. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen kimiawi adalah jumlah kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi zat-zat organik. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya kandungan oksigen di dalam air. Hasil pengukuran COD dapat

dipergunakan untuk memperkirakan BOD *ultimate* atau nilai BOD tidak dapat ditentukan karena terdapat bahan-bahan beracun.

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan analisis terhadap jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada di dalam 1 liter sampel air dengan menggunakan mengoksidasi K₂Cr₂O₇ sebagai sumber oksigen. Angka COD yang didapat merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh organik, dimana secara alami dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologi yang mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air (Alaerts dan Santika, 1987).

Reaksi utama menggunakan dikromat sebagai agen pengoksidasi dapat direpresentasikan secara umum dengan persamaan tidak seimbang berikut:



Tes COD juga digunakan untuk mengukur bahan organik dalam limbah industri dan kota yang mengandung senyawa yang beracun bagi kehidupan biologis. COD limbah adalah, secara umum, lebih tinggi dari BOD karena senyawa kimia lebih dapat teroksidasi daripada yang bisa teroksidasi secara biologis. Untuk berbagai jenis limbah, adalah mungkin untuk mengkorelasikan BOD dengan COD. Ini dapat sangat berguna karena COD dapat ditentukan dalam tiga jam, dibandingkan dengan lima hari untuk BOD. Setelah korelasi telah ditetapkan, pengukuran COD dapat digunakan untuk mengontrol instalasi pengolahan dan operasi. (Standard Method, 1998)

2.2.3 Karakteristik Biologi

Mikroorganisme ditemukan dalam jenis yang sangat bervariasi hampir dalam semua bentuk air limbah. Pemeriksaan biologi didalam air limbah bertujuan untuk memisahkan apakah ada bakteri-bakteri pathogen yang berada dalam air limbah. Keterangan biologis diperlukan untuk mengukur kualitas air serta untuk menaksir tingkat kekotoran air limbah sebelum dibuang ke badan air. (Sugiharto,1987)

Disetiap badan air, baik air alam maupun air buangan terdapat bakteri atau mikroorganisme. Mikroorganisme dan bakteri pada air limbah dapat berupa eucaryotes (tanaman biji, spora, lumut), eubacteria, dan archaeobacteria.

Bakteri merupakan kelompok mikroorganisme terpenting dalam sistem penanganan limbah. Bakteri ada yang bersifat patogen sehingga merugikan dan ada yang bersifat nonpatogen/menguntungkan. Bakteri patogen bermacam-macam bentuk dan jenisnya sehingga sulit dideteksi. Yang paling berbahaya adalah bakteri coli (E-coli dan Streptococci). Bakteri coli berasal dari usus manusia dan makluk hidup lain (ayam, sapi, itik, babi). Selain itu pada air limbah juga ditemukan ganggang (fitoplankton) yang hidup dengan memanfaatkan nutrien serta jamur yang bermanfaat dalam menguraikan senyawa karbon.

Analisa mikrobiologi untuk bakteri-bakteri tersebut maka diperlukan adanya indikator organisme. Indikator organisme menunjukkan adanya pencemaran oleh tinja manusia dan hewan sehingga mudah dideteksi. Dengan demikian bila indikator organisme tersebut ditemui dalam sampel air, berarti air tersebut tercemar oleh tinja dan kemungkinan besar mengandung bakteri patogen. Analisis menggunakan indikator organisme adalah metode yang paling umum dan dilaksanakan secara rutin. (Gunawan, 2006)

2.3 KUANTITAS AIR LIMBAH PERKANTORAN

Kuantitas air limbah merupakan elemen yang penting untuk diketahui untuk menentukan perhitungan perencanaan desain dan kapasitas instalasi pengolahan. Besar kecilnya kuantitas dan debit limbah bergantung pula pada besar kecilnya pemakaian air. Pemakaian air bersih untuk jenis bangunan perkantoran adalah 50 liter/pegawai/hari dengan kuantitas air limbah sebesar 40 liter/pegawai/hari menurut Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005. Tabel besaran population equivalen (PE) untuk perancangan IPAL berdasarkan jenis peruntukan bangunan dapat dilihat pada lampiran.

2.4 STANDAR BAKU MUTU AIR LIMBAH

Untuk menentukan tingkat pengolahan yang akan diterapkan dalam perencanaan perlu dilakukan penentuan efisiensi pengolahan yang akan dicapai.

Hal ini sangat bergantung pada standar kualitas yang akan diterapkan. Standar kualitas air merupakan persyaratan kualitas air yang diterapkan oleh suatu negara atau daerah untuk keperluan perlindungan dan pemanfaatan air pada negara atau daerah yang bersangkutan. Terdapat dua macam standar kualitas air, yaitu standar aliran (*stream standard*) dan standar buangan (*effluent standard*).

Stream standard adalah karakteristik kualitas air yang disyaratkan bagi sumber air yang disusun dengan mempertimbangkan pemanfaatan sumber air tersebut, kemampuan mengencerkan, dan membersihkan diri terhadap beban pencemaran. Baku mutu ini baik untuk diterapkan pada sumber air dimana pembangunan industri masih jarang. Sedangkan *effluent standard* adalah karakteristik kualitas air yang disyaratkan bagi air limbah yang akan disalurkan ke sumber air dimana dalam penyusunannya telah mempertimbangkan pengaruh terhadap pemanfaatan sumber air yang menampungnya.

Menurut Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005, baku mutu limbah cair adalah batas kadar dan jumlah unsur pencemar yang ditenggang adanya dalam limbah cair untuk dibuang dari suatu jenis kegiatan tertentu. Sehingga air limbah dari untuk dibuang ke saluran umum kota, wajib memenuhi ketentuan yang disajikan dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 2.2. Baku mutu limbah cair domestik

PARAMETER	SATUAN	INDIVIDUAL/ RUMAH TANGGA	KOMUNAL
pH	-	6-9	6-9
KMnO ₄	Mg/L	85	85
TSS	Mg/L	50	50
Amoniak	Mg/L	10	10
Minyak & Lemak	Mg/L	10	10
Senyawa Biru Metilen	Mg/L	2	2
COD	Mg/L	100	80
BOD	Mg/L	75	50

Sumber: Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005

2.5 TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK

Tujuan dari pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi BOD, partikel tercampur, dan membunuh mikroorganisme patogen, serta menghilangkan bahan nutrisi, komponen beracun yang tidak dapat didegradasi (Sugiharto, 1987). Air limbah diolah dalam unit pengolahan sehingga air effluennya bisa dibuang ke badan air tanpa menimbulkan gangguan.

Menurut Moersidik 1996, tujuan pengolahan limbah cair adalah:

- Mengurangi jumlah padatan tersuspensi
- Mengurangi jumlah padatan terapung
- Mengurangi jumlah bahan organik
- Membunuh bakteri patogen
- Mengurangi jumlah bahan kimia yang berbahaya dan beracun
- Mengurangi unsur nutrisi (N dan P) yang berlebihan
- Mengurangi unsur lain yang dianggap dapat menimbulkan dampak negative terhadap ekosistem

2.5.1 Pengolahan Pendahuluan (*Preliminary Treatment*)

Dalam pengolahan air dan air limbah, pengolahan pendahuluan mungkin diperlukan untuk menghilangkan pengotor tertentu atau untuk membuat air atau air limbah dapat menerima pengolahan berikutnya.

Dalam pengolahan air limbah kota dan industri, pengolahan pendahuluan seperti *screening* dan *shredding*, *grit removal*, *flow equalization*, *quality equalization* dan netralisasi mungkin diperlukan. Untuk air limbah kota, *screening* dan *shredding* dan *grit removal* selalu diperlukan untuk kinerja instalasi pengolahan yang baik. Beberapa instalasi pengolahan kota skala kecil tidak memiliki *grit removal*, namun, terdapat masalah akumulasi grit dalam tangki aerasi dan digester.

2.5.1.1 Screening

Screening atau biasa disebut dengan *bar screen* digunakan dalam pengolahan air limbah kota atau industri, untuk menghilangkan padatan kasar berupa potongan-potongan kayu, bahan-bahan dari plastik, dan kain. Padatan yang

disaring kemudian dibuang ke wadah yang terletak di belakang *screen* untuk penyimpanan sebelum dibuang. Peran utama *screening* adalah untuk menghilangkan bahan-bahan kasar dari aliran yang dapat (1) merusak peralatan proses selanjutnya, (2) mengurangi keandalan dan efektivitas proses pengolahan secara keseluruhan, atau (3) mencemari saluran air. *Fine screen* kadang-kadang digunakan di tempat setelah *coarse screen*, dimana penghilangan padatan yang lebih besar diperlukan untuk (1) melindungi peralatan proses atau (2) menghilangkan bahan-bahan yang dapat menghambat penggunaan kembali dari *biosolids*. (Reynolds & Richards, 1996)

Umumnya *bar screen* terbuat dari batangan besi/baja yang dipasang miring ke suatu kerangka yang melintang saluran. Ditempatkan dengan kemiringan 30° sampai 45° dari horizontal (Metcalf & Eddy, 2004). Tebal batang biasanya 5 sampai 15 mm dengan jarak antar batang 25 sampai 50 mm yang diatur sehingga tinja lolos. Bar screen didesain dengan perencanaan pada aliran puncak (Qasim, 1985).

2.5.1.2 Grit Removal

Penghilangan grit dari air limbah dapat dicapai dalam *grit chamber* atau dengan pemisahan sentrifugal padatan. *Grit chamber* yang dirancang untuk menghapus grit, yang terdiri dari pasir, kerikil, arang, atau bahan padat lainnya yang memiliki velocity atau *specific gravity* lebih besar daripada zat padat organik dalam limbah cair. *Grit chamber* paling umum terletak setelah *bar screen* dan sebelum tangki sedimentasi primer. Tangki sedimentasi primer memiliki fungsi utama untuk menghilangkan padatan organik berat. Dalam beberapa instalasi, *grit chamber* mendahului fasilitas *screening*. Umumnya, pemasangan fasilitas *screening* sebelum *grit chamber* membuat operasi dan pemeliharaan fasilitas *grit removal* lebih mudah. (Reynolds & Richards, 1996)

Grit chamber disediakan untuk (1) melindungi peralatan mekanis bergerak dari abrasi dan keausan normal yang menyertainya; (2) mengurangi frekuensi *digester cleaning* yang disebabkan oleh akumulasi grit yang berlebihan. Grit removal sangat penting untuk dipasang di depan sentrifugal, *heat exchangers*, dan *high-pressure diaphragm pumps*. (Metcalf & Eddy, 2004)

Ada tiga jenis grit chamber: aliran horisontal, baik dari konfigurasi baik segi empat atau persegi; tipe *aerated*; atau *vortex*. Pada tipe aliran horisontal, aliran melewati *chamber* dalam arah horisontal dan kecepatan garis lurus dari aliran dikontrol oleh dimensi unit, gerbang distribusi influen, dan weir pada akhir efluen. Jenis *aerated* terdiri dari tangki aerasi aliran spiral di mana akan dipasang ke dalam unit. Jenis *vortex* terdiri dari sebuah tangki silinder di mana aliran tangensial memasuki *chamber* dan membentuk sebuah pola aliran pusaran; kekuatan sentrifugal dan gravitasi menyebabkan pasir untuk terpisahkan. (Metcalf & Eddy, 2004)

2.5.1.3 Flow Equalization (Bak Ekualisasi)

Flow Equalization merupakan peredaman variasi laju aliran untuk mencapai suatu laju aliran konstan atau hampir konstan dan dapat diterapkan dalam sejumlah situasi yang berbeda, tergantung pada karakteristik sistem pengumpulan. Waktu detensi di bak ekualisasi maksimum 30 menit untuk mencegah terjadinya pengendapan dan dekomposisi air limbah. Tinggi muka air saat kondisi puncak harus berada dibawah aliran masuk agar tidak terjadi aliran balik. Setelah keluar dari bak ekualisasi ini, debit air buangan yang berfluktuasi akan menjadi debit rata-rata.

Manfaat utama dari aplikasi bak ekualisasi antara lain: (1) pengolahan biologis ditingkatkan, karena shock loading dihilangkan atau dapat diminimalisir, zat penghambat dapat diencerkan, dan pH dapat distabilkan; (2) kualitas efluen dan kinerja tangki sedimentasi sekunder setelah pengolahan biologis ditingkatkan melalui peningkatan konsistensi dalam pemuatan padatan; (3) kebutuhan luas permukaan filtrasi efluen dikurangi, filter kinerja ditingkatkan, dan siklus filter-backwash yang lebih seragam dimungkinkan dengan muatan hidrolis yang lebih rendah; dan (4) dalam pengolahan kimia, redaman loading massa meningkatkan kontrol pakan kimia dan keandalan proses. Kekurangan dari flow equalization meliputi (1) memerlukan area atau lokasi yang relatif besar, (2) fasilitas ekualisasi mungkin harus menanggung kontrol bau dekat daerah perumahan (3) operasi dan pemeliharaan tambahan diperlukan, dan (4) biaya modal meningkat. (Metcalf & Eddy, 2004)

2.5.2 Pengolahan Primer (*Primary Treatment*)

Tujuan pengolahan yang dilakukan pada tahap ini adalah menghilangkan partikel-partikel padat organik dan organik melalui proses fisika, yakni sedimentasi dan flotasi. Sehingga partikel padat akan mengendap (disebut sludge) sedangkan partikel lemak dan minyak akan berada di atas/permukaan (disebut grease). Instalasi pada tahap pengolahan primer diantaranya adalah sedimentasi primer dan flotasi.

2.5.2.1 Sedimentasi Primer (*Primary Sedimentation*)

Tujuan sedimentasi awal adalah untuk menghilangkan zat padat yang tersuspensi. Partikel tertentu, seperti padatan limbah kertas, pulp atau domestik, akan menggumpal pada saat partikel tersebut menuju dasar tangki sedimentasi, sehingga mempengaruhi laju pengendapan (Gunawan, 2006)

Tujuan utama dari sedimentasi primer adalah untuk menghilangkan settleable solid dan material mudah mengambang dan dengan demikian mengurangi kandungan padatan tersuspensi. Sedimentasi primer digunakan sebagai langkah awal dalam pengolahan lebih lanjut dari air limbah. Rancangan dan pengoperasian yang efisien dari tangki sedimentasi primer harus menghilangkan dari 50 sampai 70 persen dari padatan tersuspensi dan dari 25 sampai 40 persen BOD.

Tangki sedimentasi juga telah digunakan sebagai tangki retensi stormwater, yang dirancang untuk memberikan waktu detensi sedang (10 sampai 30 menit) untuk overflow baik dari combined sewers maupun storm sewers. Tujuannya sedimentasi ini adalah untuk menghapus sebagian besar dari padatan organik yang kemudian dapat dilepas langsung ke badan air penerima. Tangki sedimentasi juga telah digunakan untuk menyediakan waktu detensi yang cukup untuk desinfeksi efektif untuk aliran tersebut.

Efisiensi bak sedimentasi yang berkaitan dengan penghilangan BOD dan TSS berkurang dengan (1) arus putaran yang dibentuk oleh inersia dari cairan yang masuk, (2) sirkulasi sel terinduksi angin yang terbentuk pada tangki terbuka, (3) arus konveksi termal, (4) air dingin atau hangat menyebabkan pembentukan kepadatan arus yang bergerak sepanjang bagian bawah bak dan air hangat yang

naik dan mengalir di bagian atas tangki, dan (5) stratifikasi termal di iklim kering panas. (Metcalf & Eddy, 2004)

2.5.2.2 Flotasi

Flotasi adalah unit operasi yang digunakan untuk memisahkan partikel padat atau cair dari fase cair. Pemisahan ini dilakukan dengan memasukkan gelembung gas halus (biasanya udara) ke dalam fase cair. Gelembung melekat pada partikel, dan gaya apung dari gabungan partikel dan gelembung gas cukup besar untuk menyebabkan partikel untuk naik ke permukaan. Partikel yang memiliki kerapatan lebih tinggi daripada cairan juga dapat difasilitasi (misalnya, suspensi minyak dalam air).

Dalam pengolahan air limbah, flotasi digunakan terutama untuk menghapus materi tersuspensi dan berkonsentrasi biosolids. Keuntungan utama dari flotasi dari sedimentasi adalah bahwa partikel yang sangat kecil atau ringan yang mengendap perlahan-lahan dapat dihilangkan lebih lengkap dan dalam waktu yang lebih singkat. Ketika partikel telah melayang ke permukaan, mereka dapat dikumpulkan dengan operasi skimming.

Penggunaan flotasi pada masa kini yang diterapkan pada pengolahan air limbah adalah terbatas pada penggunaan udara sebagai agen flotasi. Gelembung udara yang ditambahkan atau dibuat terbentuk oleh (1) injeksi udara ketika cairan berada di bawah tekanan, diikuti dengan pelepasan tekanan (*dissolved air-flotation*), dan (2) aerasi pada tekanan atmosfer (*dispersed air-flotation*). Dalam sistem ini, tingkat removal dapat ditingkatkan melalui penggunaan berbagai aditif kimia. Dalam pengolahan air limbah kota, *dissolved air-flotation* sering digunakan, terutama untuk thickening *biosolid* limbah. (Metcalf & Eddy, 2004)

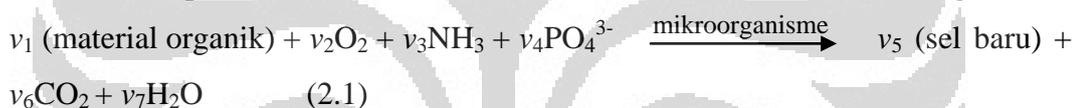
2.5.3 Pengolahan Sekunder atau Biologis (*Secondary Treatment*)

Di dalam proses pengolahan air limbah khususnya yang mengandung polutan senyawa organik, teknologi yang digunakan sebagian besar menggunakan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan organik tersebut. Proses pengolahan air limbah dengan aktifitas mikroorganisme biasa disebut dengan proses biologis.

Tujuan dari pengolahan biologis air limbah domestik adalah untuk:

- Mengubah (dengan kata lain, mengoksidasi) konstituen *biodegradable* terlarut dan partikulat menjadi produk akhir yang dapat diterima,
- Menangkap dan menggabungkan padatan koloid tersuspensi dan *nonsettleable* menjadi flok biologis atau biofilm.
- Mengubah atau menghilangkan nutrisi, seperti nitrogen dan fosfor, dan
- Dalam beberapa kasus, menghilangkan konstituen dan senyawa kecil organik tertentu. (Metcalf & Eddy, 2004)

Penghilangan partikulat dan BOD karbon terlarut dan stabilisasi materi organik yang ditemukan dalam air limbah dilakukan secara biologis dengan menggunakan berbagai mikroorganisme, terutama bakteri. Mikroorganisme digunakan untuk mengoksidasi atau mengubah materi organik terlarut dan partikel karbon menjadi produk akhir yang sederhana dan biomassa tambahan, yang diwakili oleh persamaan berikut untuk oksidasi biologis aerobik bahan organik.



di mana: v_i = koefisien stoikiometri

Dalam Persamaan. (2.1), oksigen (O_2), amonia (NH_3), dan fosfat (PO_4^{3-}) digunakan untuk mewakili nutrisi yang dibutuhkan untuk konversi dari bahan organik untuk produk akhir yang sederhana [yaitu karbon dioksida (CO_2) dan air]. Mikroorganisme juga digunakan untuk menghilangkan nitrogen dan fosfor dalam proses pengolahan air limbah. Bakteri tertentu mampu mengoksidasi amonia (nitrifikasi) menjadi nitrit dan nitrat, sementara bakteri lainnya dapat mengurangi nitrogen teroksidasi menjadi gas nitrogen. Untuk penghilangan fosfor, proses biologis dikonfigurasi untuk mendorong pertumbuhan bakteri dengan kemampuan untuk mengambil dan menyimpan sejumlah besar fosfor anorganik.

Karena biomassa memiliki berat jenis sedikit lebih besar dari air, biomassa dapat dihilangkan dari air limbah yang diolah dengan pengendapan gravitasi. Penting untuk dicatat bahwa kecuali biomassa yang dihasilkan dari bahan organik akan dihapus secara periodik, pengolahan lengkap belum dicapai karena biomassa, yang merupakan organik, akan diukur sebagai BOD dalam efluen. Tanpa penghilangan biomassa dari cairan yang diolah, pengolahan yang dicapai

hanyalah yang terkait dengan oksidasi bakteri dari bagian dari materi organik yang ada pada awalnya.

Istilah umum yang digunakan dalam bidang pengolahan air limbah biologis dan definisinya disajikan dalam tabel di bawah ini:

Tabel 2.3. Definisi istilah umum yang digunakan untuk pengolahan air limbah biologis

Istilah	Definisi
Fungsi metabolik	
Proses aerobik (oxic)	Proses pengolahan biologis yang terjadi dalam kehadiran oksigen
Proses anaerobik	Proses pengolahan biologis yang terjadi dalam ketiadaan oksigen
Proses anoksik	Proses di mana nitrogen nitrat diubah menjadi gas nitrogen secara biologis dalam ketiadaan oksigen. Proses ini juga dikenal sebagai denitrifikasi.
Proses fakultatif	Proses pengolahan biologis di mana organisme dapat berfungsi dengan adanya atau tidak adanya molekul oksigen
Proses gabungan aerobik/anaerobik/anoksik	Berbagai kombinasi proses aerobik, anoksik, dan anaerobik dikelompokkan bersama-sama untuk mencapai tujuan pengolahan khusus
Fungsi Pengolahan	
Penghilangan nutrisi biologis	Istilah yang diterapkan pada penghilangan nitrogen dan fosfor dalam proses pengolahan biologis.
Penghilangan fosfor biologis	Istilah yang diterapkan pada penghilangan biologis fosfor oleh akumulasi dalam biomassa dan pemisahan padatan setelahnya
Penghilangan BOD yang mengandung karbon	Konversi biologis dari materi organik karbon dalam limbah cair menjadi jaringan sel dan berbagai produk akhir gas. Dalam konversi, diasumsikan bahwa nitrogen yang terdapat dalam berbagai senyawa dikonversi menjadi amonia
Proses nitrifikasi	Dua langkah biologis di mana amonia dikonversi pertama kali menjadi nitrit dan kemudian nitrat
Proses denitrifikasi	Proses biologis dimana nitrat direduksi menjadi nitrogen dan produk akhir gas lain
Proses stabilisasi	Proses biologis di mana bahan organik dalam lumpur yang dihasilkan dari pengendapan primer dan pengolahan biologis air limbah distabilkan, biasanya dengan konversi ke gas dan jaringan sel. Tergantung pada apakah stabilisasi ini dilakukan di bawah kondisi aerobik atau anaerobik, proses ini dikenal sebagai <i>aerobic</i> atau <i>anaerobic digestion</i>
Substrat	Istilah yang digunakan untuk menunjukkan bahan organik atau nutrisi yang dikonversi selama pengolahan biologis atau yang mungkin membatasi dalam pengolahan biologis. Sebagai contoh, bahan organik karbon dalam limbah cair disebut sebagai substrat yang diubah selama pengolahan biologis

Sumber: Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, 2004

Proses biologis utama yang digunakan untuk pengolahan air limbah dapat dibagi menjadi dua kategori utama: pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth*) dan pertumbuhan melekat (*attached growth*) atau proses biofilm. Desain dan operasi yang sukses membutuhkan pemahaman tentang jenis mikroorganisme yang terlibat, reaksi spesifik yang mereka lakukan, faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi kinerja, kebutuhan gizi, dan kinetika reaksi mereka.

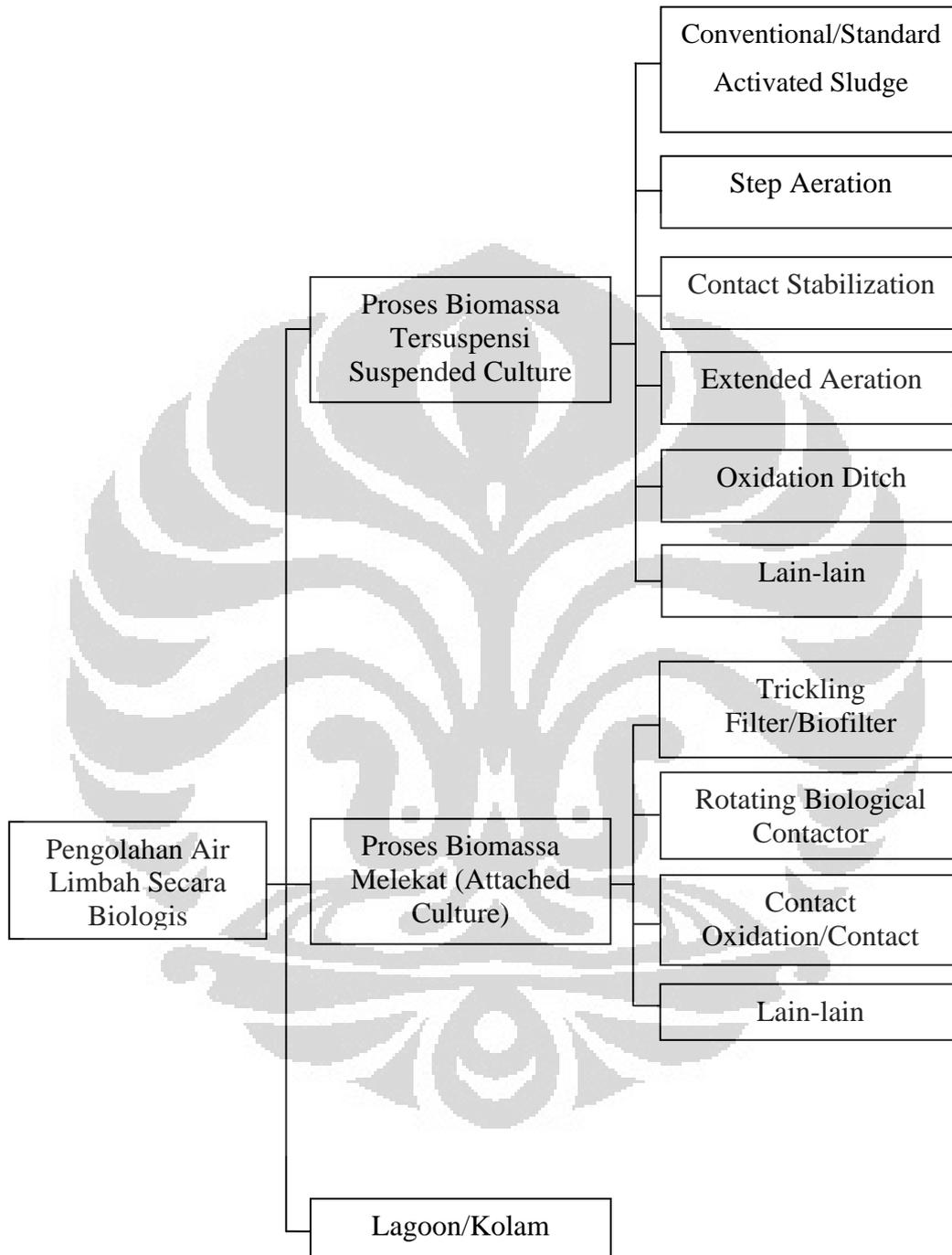
Proses biologis dengan biakan tersuspensi adalah system pengolahan dengan menggunakan aktifitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan yang ada dalam air dan mikroorganisme yang digunakan dibiakkan secara tersuspensi di dalam suatu reactor. Beberapa contoh proses pengolahan dengan system ini antara lain: proses lumpur aktif standar atau konvensional (*standard activated sludge*), *step aeration*, *contact stabilization*, *extended aeration*, *oxidation ditch* (kolam oksidasi sistem parit) dan lainnya.

Proses biologis dengan biakan melekat yakni proses pengolahan limbah dimana mikroorganisme yang digunakan dibiakkan pada suatu media sehingga mikroorganisme tersebut melekat pada permukaan media. Proses ini disebut juga dengan proses film mikrobiologis atau proses biofilm. Beberapa contoh teknologi pengolahan air limbah dengan cara ini antara lain: trickling filter, biofilter tercelup, reactor kontak biologis putar (*rotating biological contactor/RBC*), *contact aeration/oxidation* (aerasi kontak) dan lainnya.

Proses pengolahan air limbah secara biologis dengan lagoon atau kolam adalah dengan menampung air limbah pada suatu kolam yang luas dengan waktu tinggal yang cukup lama sehingga dengan aktifitas mikroorganisme yang tumbuh secara alami, senyawa polutan yang ada dalam air akan terurai. Untuk mempercepat proses penguraian senyawa polutan atau memperpendek waktu tinggal dapat juga dilakukan proses aerasi. Salah satu contoh proses pengolahan air limbah dengan cara ini adalah kolam aerasi atau kolam stabilisasi (*stabilization pond*). Proses dengan sistem lagoon tersebut kadang-kadang dikategorikan sebagai proses biologis dengan biakan tersuspensi.

Secara garis besar klasifikasi proses pengolahan air limbah secara biologis dapat dilihat seperti pada Gambar 2-1, sedangkan karakteristik pengolahan,

parameter perencanaan serta efisiensi pengolahan untuk tiap jenis proses dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 2.2. Proses pengolahan air limbah secara biologis

2.5.3.1 Biofilter Anaerob-aerob

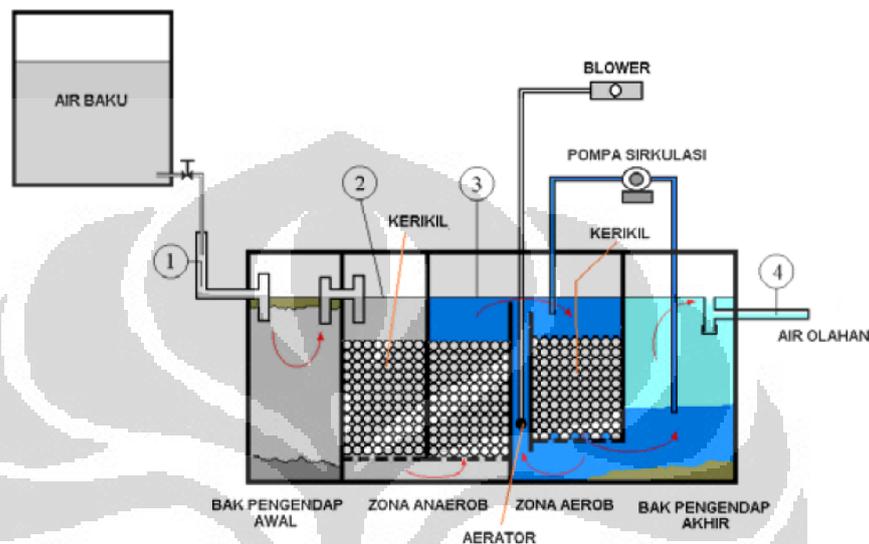
Proses pengolahan air limbah rumah tangga dengan biofilter anaerob-aerob ini merupakan pengembangan dari proses biofilter anaerob dengan proses aerasi kontak. Pengolahan air limbah dengan proses biofilter anaerob-aerob terdiri dari beberapa bagian, yakni bak pengendap awal, biofilter anaerob (anoxic), biofilter aerob, bak pengendap akhir, dan jika perlu dilengkapi dengan bak kontaktor khlor.

Air limbah dialirkan melalui saringan kasar (*bar screen*) untuk menyaring sampah yang berukuran besar seperti sampah daun, kertas, plastic, dll. Setelah melalui bar screen air limbah dialirkan ke bak pengendap awal untuk mengendapkan partikel lumpur pasir dan kotoran lainnya. Air limpasan dari pengendap awal kemudian dialirkan ke bak kontaktor anaerob dengan arah aliran dari atas ke bawah dan bawah ke atas. Di dalam bak kontaktor anaerob diisi dengan media dari bahan plastic atau kerikil/batu split. Jumlah bak kontaktor anaerob ini bisa dibuat lebih dari satu sesuai dengan kualitas dan jumlah air baku yang akan diolah. Penguraian zat-zat organik yang ada dalam air limbah dilakukan oleh bakteri anaerobik atau fakultatif aerobik. Setelah beberapa hari operasi, pada permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikroorganisme yang akan menguraikan zat organik yang belum terurai pada bak pengendap.

Air limpasan dari bak kontaktor biofilter anaerob kemudian dialirkan ke bak kontaktor biofilter aerob. Di dalam bak kontaktor aerob diisi dengan media kerikil, atau dapat juga dari bahan plastic (polyethylene), pvc, batu apung atau bahan serat, sambil diaerasi sehingga mikroorganisme yang ada akan menguraikan zat organik dalam air limbah serta tumbuh dan menempel pada permukaan media. Dengan demikian air limbah akan kontak dengan mikroorganisme yang tersuspensi dalam air maupun yang menempel pada permukaan media yang mana hal tersebut dapat meningkatkan efisiensi penguraian zat organik, deterjen serta mempercepat proses nitrifikasi, sehingga efisiensi penghilangan ammonia menjadi lebih besar. Proses ini sering dinamakan Aerasi Kontak (*Contact Aeration*).

Dari bak aerasi air dialirkan ke pengendap akhir. Di dalam bak ini lumpur aktif yang mengandung massa mikroorganisme diendapkan dan dipompa

kembali ke bagian inlet bak aerasi dengan pompa sirkulasi lumpur. Sedangkan air limpasan dari bak pengendap akhir dialirkan ke bak khlorinasi untuk membunuh bakteri pathogen. Dengan kombinasi proses anaerob dan aerob tersebut dapat menurunkan zat organik (BOD dan COB) konsentrasi ammonia, deterjen, padatan tarsuspensi (SS), phospat dan lainnya.



Gambar 2.3. Diagram proses pengolahan biofilter anaerob-aerob
 Sumber: Nusa Idaman Said, *Pengelolaan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta*, 2008

Proses dengan Biofilter Anaerob-Aerob ini mempunyai beberapa keuntungan yakni:

- Adanya air buangan yang melalui media kerikil yang terdapat pada biofilter mengakibatkan timbulnya lapisan lendir yang menyelimuti kerikil atau yang disebut juga *biological film*. Air limbah yang masih mengandung zat organik yang belum teruraikan pada bak pengendap bila melalui lapisan lendir ini akan mengalami proses penguraian secara biologis. Efisiensi biofilter tergantung dari luas kontak antara air limbah dengan mikro-organisme yang menempel pada permukaan media filter tersebut. Makin luas bidang kontakannya maka efisiensi penurunan konsentrasi zat organiknya (BOD) akan semakin besar.
- Biofilter juga berfungsi sebagai media penyaring air limbah yang melalui media ini. Sebagai akibatnya, air limbah yang mengandung suspended solids dan bakteri *E.coli* setelah melalui filter ini akan berkurang konsentrasinya.

Efisiensi penyaringan akan sangat besar karena dengan adanya biofilter up flow yakni penyaringan dengan sistem aliran dari bawah ke atas akan mengurangi kecepatan partikel yang terdapat pada air buangan dan partikel yang tidak terbawa aliran ke atas akan mengendapkan di dasar bak filter. Sistem biofilter anaerob-aerob ini sangat sederhana, operasinya mudah dan tanpa memakai bahan kimia serta tanpa membutuhkan energi. Proses ini cocok digunakan untuk mengolah air limbah dengan kapasitas yang tidak terlalu besar.

- Dengan kombinasi proses Anaerob-Aerob, efisiensi penghilangan senyawa fosfor menjadi lebih besar bila dibandingkan dengan proses anaerob atau proses aerob saja. Selama berada pada kondisi anaerob, senyawa fosfor anorganik yang ada dalam sel-sel mikroorganisme akan keluar sebagai akibat hidrolisa senyawa fosfor. Sedangkan energi yang dihasilkan digunakan untuk menyerap BOD (senyawa organik) yang ada di dalam air limbah. Selama berada pada kondisi aerob, senyawa fosfor terlarut akan diserap oleh bakteri atau mikroorganisme dan akan sintesa menjadi polyphospat dengan menggunakan energi yang dihasilkan oleh proses oksidasi senyawa organik (BOD). Dengan demikian dengan kombinasi proses anaerob-aerob dapat menghilangkan BOD maupun fosfor dengan baik. Proses ini dapat digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban organik yang cukup besar.
- Pengelolaannya sangat mudah.
- Biaya operasinya rendah.
- Dibandingkan dengan proses lumpur aktif, Lumpur yang dihasilkan relatif sedikit.
- Dapat menurunkan konsentrasi senyawa nitrogen atau fosfor yang dapat menyebabkan eutrophikasi.
- Suplai udara untuk aerasi relative kecil
- Dapat digunakan untuk air limbah dengan beban BOD yang cukup besar.
- Dapat menghilangkan padatan tersuspensi (SS) dengan baik.

Pada sistem biofilter, untuk mendapatkan instalasi pengolahan yang baik dan mendapatkan efisiensi removal yang tinggi dan dapat teruji, pengendapan

primer lamella yang dikombinasikan sebelum unit pengolahan submerged biofilter juga dapat berhasil digunakan untuk pengolahan air limbah. Submerged biofilter (atau biofilter terendam) memungkinkan retensi suspended solid (*physical filtration*) dan transformasi biologis material organik (C,N) melalui bakteri aerobik secara bersama-sama melekat pada penyangga granular. Kedua fungsi tersebut (fisik dan biologis) dapat didorong dengan penambahan reagen sebelum reaktor. (Pujol et al, 1994)

Berikut ini merupakan klasifikasi biofilter/trickling filter berdasarkan karakteristik desainnya.

Tabel 2.4 Klasifikasi trickling filter

Design Characteristics	Low or standard rate	Intermediate rate	High rate	High rate	Roughing
Type of Packing	Rock	Rock	Rock	Plastic	Rock/Plastic
Hydraulic loading, m ³ /m ² .d	1-4	4-10	10-40	10-75	40-200
Organic Loading, kg BOD/m ³ .d	0.07-0.22	0.24-0.48	0.4-2.4	0.6-3.2	>1.5
Recirculation ratio	0	0-1	1-2	1-2	0-2
Filter flies	Many	Varies	Few	Few	Few
Sloughing	intermittent	intermittent	Continuous	Continuous	Continuous
Depth, m	1.8-2.4	1.8-2.4	1.8-2.4	3.0-12.2	0.9-6
BOD removal efficiency, %	80-90	50-80	50-90	60-90	40-70
Effluent quality	Well nitrified	Some nitrification	No nitrification	No nitrification	No nitrification
Power, kW/10 ³ m ³	2-4	2-8	6-10	6-10	10-20

Sumber : Metcalf & Eddy, 2004

Tabel 2.5 Klasifikasi material atau media filter pada trickling filter/biofilter

Packing Material	Nominal size, cm	Approx unit weight, kg/m³	Approx specific surface area, m²/m³	Void Space, %	Application
River Rock (small)	2.5-7.5	1250-1450	60	50	N
River Rock (large)	10-13	800-1000	45	60	C,CN,N
Plastic-conventional	61 x 61 x 122	30-80	90	>95	C,CN,N
Plastic- high specific surface area	61 x 61 x 122	65-95	140	>94	N
Plastic random packing-conventional	Varies	30-60	98	80	C,CN,N
Plastic random packing- high specific surface area	Varies	50-80	150	70	N

*C = BOD removal, N = Tertiary nitrification, CN = Combined BOD dan nitrification
 Sumber : Metcalf & Eddy 2004

Tabel 2.6 Perbandingan luas permukaan spesifik media biofilter

No.	Jenis Media	Luas Permukaan Spesifik (m²/m³)
1	Trickling filter dengan batu pecah	100-200
2	Modul sarang tawon (honeycomb modul)	15-240
3	Tipe Jaring	50
4	Bio-ball	200-235
5	RBC	80-150

Sumber : Nusa Idaman Said (2005)

2.5.3.2 Aerasi Biologis (*Activated Sludge*)

Secara umum proses biologis yang terdapat dalam sistem aerasi biologis atau lebih dikenal dengan *Activated Sludge* adalah sebagai berikut. Air limbah yang mengalir kedalam bak aerasi (*aeration basin*) mengandung material organik (BOD) sebagai suplai makanan. Bakteri memetabolisasi sampah organik tersebut, menghasilkan pertumbuhan dengan mengambil oksigen terlarut dan melepaskan karbon dioksida. Protozoa menggunakan bakteri sebagai energy untuk bereproduksi. Beberapa pertumbuhan microbial mati, melepaskan isi kandungan sel kedalam air limbah untuk proses resintesis. Setelah penambahan populasi besar mikroorganisme, aerasi air limbah selama beberapa jam menghilangkan material organik dari air limbah melalui sintesis kedalam sel microbial. *Mixed liquor* secara kontinyu ditransfer kedalam clarifier untuk pemisahan flok biologis secara gravitasi dan melepaskan efluen yang telah melalui pengendapan. Flok yang mengendap dikembalikan secara kontinyu kedalam bak aerasi untuk pencampuran dengan air limbah yang baru memasuki bak aerasi. (Hammer, 2008)

Suspensi cair mikroorganisme dalam bak aerasi secara umum dikenal dengan *mixed liquor*, dan pertumbuhan biologis disebut sebagai *Mixed Liquor Suspended Solid* (MLSS). Nama lumpur aktif atau *Activated Sludge* diambil berdasarkan suspensi biologis yang dikembalikan ke bak aerasi, karena berbentuk seperti lumpur dan sangat aktif dalam menghilangkan material organik terlarut dari air limbah. Proses ekstraksi ini merupakan respon metabolik dari bakteri dalam keadaan respirasi endogen atau membutuhkan makanan. Proses *activated sludge* merupakan proses aerobik karena endapan biologis tersuspensi dalam *mixed liquor* yang mengandung oksigen. (Hammer, 2008)

Pada kondisi operasi yang tepat dan waktu aerasi yang cukup, maka bakteri mampu mengubah substrat menjadi produk yang sederhana. Beberapa senyawa nitrogen-organik seperti protein mengandung C, H, N, O, P, dan S. ketika protein didegradasi oleh bakteri, maka bakteri akan memperoleh C untuk pertumbuhan, energy untuk aktifitas sel, serta melepaskan produk inorganik.

(Gerardi, 2002). Produk inorganik yang terbentuk dari oksidasi protein ditunjukkan pada tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.7 Produk inorganik yang terbentuk dari oksidasi protein

Elemen yang terdapat dalam protein	Produk inorganik yang terbentuk
Karbon (C)	Karbon dioksida (CO ₂)
Hydrogen (H)	Air (H ₂ O)
Nitrogen (N)	Ion ammonium (NH ₄ ⁺)
Oksigen (O)	Air (H ₂ O)
Phosphor (P)	Ion fosfat (PO ₄ ³⁻)
Sulfur (S)	Ion sulfat (SO ₄ ²⁻)

Sumber: Gerardi, Michael H. (2002)

Variabel perencanaan yang umum digunakan dalam proses pengolahan air limbah dengan sistem lumpur aktif (Davis dan Cornwell, 1985) adalah sebagai berikut :

a. Beban BOD (BOD Loading rate)

Beban BOD adalah jumlah massa BOD di dalam air limbah influen dibagi dengan volume reaktor.

$$\text{Beban BOD (kg/m}^3 \cdot \text{hari)} = \frac{Q \times S_0}{V} \quad (2.1)$$

Q : debit air limbah influen (m³/hari)

S_0 : konsentrasi BOD dalam air limbah influen (kg/m³)

V : volume reaktor (m³)

b. Mixed-Liquour Suspended Solids

MLSS adalah jumlah dari bahan organik dan mineral berupa padatan terlarut, termasuk mikroorganisme do dalam mixed liquor (Ignasius, 1999). MLSS merupakan jumlah total dari padatan tersuspensi yang berupa material organik dan mineral, termasuk di dalamnya adalah mikroorganisme. MLSS ditentukan dengan cara menyaring lumpur campuran dengan kertas saring (filter), kemudian filter dikeringkan pada temperatur 105°C, dan berat padatan ditimbang.

c. Mixed-Liquour Volatile Suspended Solids

Porsi organik pada MLSS diwakili oleh MLVSS, yang berisi material organik bukan mikroba, mikroba hidup dan mati, dan hancuran sel (Nelson dan Lawrence 1980). MLVSS diukur dengan memanaskan terus sampel filter yang telah kering pada suhu 600-650°C, dan nilainya mendekati 65-75% dari MLSS.

- d. Food-to-Microorganism ratio atau Food-to-Mass-Ratio (F/M ratio)
Parameter ini menunjukkan jumlah zat organik (BOD) yang dihilangkan dibagi dengan jumlah massa mikroorganisme di dalam bak aerasi atau reaktor. Besarnya ditunjukkan dalam kilogram BOD per kilogram MLSS per hari.
- e. Hydraulic Retention Time (HRT)
HRT adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh larutan influen masuk dalam tangki aerasi untuk proses lumpur aktif; nilainya berbanding terbalik dengan laju pengenceran (dilution rate, D).
- f. Hydraulic Recycle Ratio
Hydraulic Recycle Ratio adalah perbandingan antara jumlah lumpur yang disirkulasi ke bak aerasi dengan jumlah air limbah yang masuk ke dalam aerasi.
- g. Umur lumpur (Sludge Age)
Parameter ini menunjukkan waktu tinggal rata-rata mikroorganisme dalam sistem lumpur aktif. Jika HRT memerlukan waktu dalam jam, maka waktu tinggal sel mikroba dalam bak aerasi dapat dalam hitungan hari. Parameter ini berbanding terbalik dengan laju pertumbuhan mikroba.

Kelebihan yang dimiliki dalam pengolahan activated sludge adalah :

- a. Efisiensi pengolahan baik dengan kemampuan removal yang besar
- b. Hasil yang diperoleh memiliki kualitas effluent yang lebih baik (TSS lebih banyak dihilangkan)
- c. Memiliki kemampuan untuk mengadaptasikan dirinya pada kondisi influent air buangan yang melonjak secara tiba-tiba, walaupun memang kondisi yang optimal akan dicapai pada kondisi influent yang lebih konstan dan teratur
- d. Dapat mengolah air limbah dengan beban BOD yang besar, sehingga luas lahan yang dibutuhkan relatif tidak terlalu besar

Sedangkan, kelemahan yang dimiliki dalam penggunaan activated sludge adalah:

- a. Mekanisme kontroling dan prosesnya kompleks sehingga memerlukan ketelitian lebih agar beroperasi dengan baik
- b. Adanya kemungkinan terjadinya bulking pada lumpur aktif, terdapat buih, dan jumlah lumpur yang dihasilkan cukup besar
- c. Dibutuhkan tenaga ahli yang berkualitas untuk menjadi operator
- d. Biaya operasional dan kapitalnya lebih tinggi

Extended aeration, merupakan modifikasi dari proses lumpur aktif. Proses extended aeration sangat populer digunakan untuk mengolah air limbah dengan debit dan BOD loading yang kecil, contohnya pada perkantoran, sekolah, dan perumahan skala kecil. Pada banyak kasus, BOD loading pada sistem extended aeration $< 320 \text{ g/m}^3 \cdot \text{d}$ dan periode aerasi lebih dari 12 jam. (Hammer, 2008)

Extended Aeration memiliki beberapa ketentuan, antara lain:

- Dibutuhkan waktu aerasi lebih lama (sekitar 24-36 jam) dibandingkan sistem konvensional, karena dengan BOD loading yang cukup rendah, proses biologis menjadi sangat stabil dan dapat menerima kondisi beban yang sedikit tanpa mengalami gangguan.
- Limbah yang masuk dalam tangki aerasi tidak diolah dulu dalam pengendapan primer
- Sistem beroperasi dengan F/M ratio yang lebih rendah (umumnya 0,02-0,07 kg BOD/ per kg MLSS per hari) dibandingkan dengan sistem lumpur aktif konvensional (0,2-0,5 kg BOD per kg MLSS per hari) (Reynolds & Richards, 1996).
- Sistem ini membutuhkan sedikit aerasi dibandingkan dengan pengolahan konvensional dan terutama cocok untuk komunitas yang kecil yang menggunakan paket pengolahan.

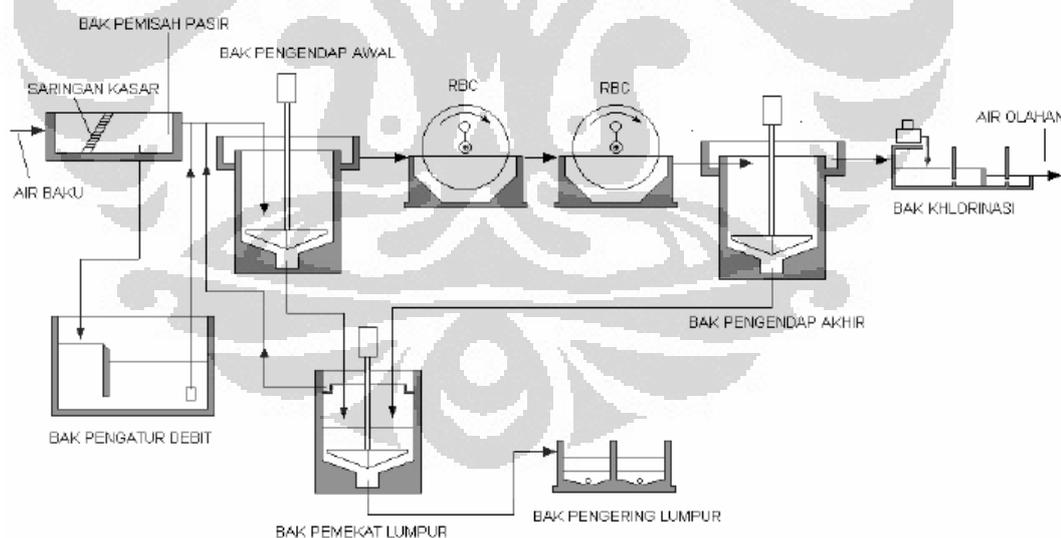
2.5.3.3 Rotary Biological Contactor

Reaktor kontak biologis putar atau *rotating biological contactor* disingkat RBC merupakan adaptasi dari proses pengolahan air limbah dengan

biakan melekat (*attached growth*). Media yang dipakai berupa piring (*disk*) tipis berbentuk bulat yang dipasang berjajar-jajar dalam suatu poros yang terbuat dari baja, selanjutnya diputar di dalam reaktor khusus dimana di dalamnya dialirkan air limbah secara kontinyu.

Secara garis besar, proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC terdiri dari bak pemisah pasir, bak pengendap awal, bak kontrol aliran, reaktor/kontraktor biologis putar (RBC), bak pengendap akhir, bak khlorinasi, serta unit pengolahan lumpur

Prinsip kerja pengolahan air limbah dengan RBC yakni air limbah yang mengandung polutan organik dikontakkan dengan lapisan mikroorganisme (*microbial film*) yang melekat pada permukaan media di dalam suatu reaktor. Media tempat melekatnya film biologis ini berupa piringan (*disk*) dari bahan polimer atau plastik yang ringan dan disusun dari berjajar – jajar pada suatu poros sehingga membentuk suatu modul atau paket, selanjutnya modul tersebut diputar secara pelan dalam keadaan tercelup sebagian ke dalam air limbah yang mengalir secara kontinyu ke dalam reaktor tersebut. (Said, 2008)



Gambar 2.4 Diagram Proses Pengolahan Air Limbah dengan Sistem RBC

Menurut Said (2008), terdapat beberapa parameter desain yang harus diperhatikan dalam sistem RBC, diantaranya adalah:

- Ratio Volume Reaktor Terhadap Luas Permukaan Media (G)

Nilai G adalah menunjukkan kepadatan media yang dihitung sebagai perbandingan volume reaktor dengan luas permukaan media. Beban BOD (BOD Surface Loading).

$$\text{BOD}_{\text{Loading}} = \text{LA} = (Q \times C_0) / A \text{ (gr/m}^2 \cdot \text{Hari)} \dots\dots\dots (2.2)$$

Q : debit air limbah yang diolah (m³/hari)

C₀ : konsentrasi BOD (mg/l)

A : Luas permukaan media RBC (m²)

- **Beban Hidrolik (Hydraulic Loading, HL)**

Beban hidrolik adalah jumlah air limbah yang diolah persatuan luas permukaan media per hari. Dalam RBC, parameter ini relatif kurang begitu penting dibanding dengan parameter beban BOD, tetapi jika beban hidrolik terlalu besar maka akan mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme pada permukaan media.

- **Waktu Tinggal Rata-rata (Average Detention Time, T)**

Waktu tinggal rata-rata adalah debit air limbah yang diolah oleh volume efektif reaktor setiap harinya.

- **Jumlah Stage (Tahap)**

Dalam reaktor RBC dapat dibuat tahapan. Semakin banyak jumlah tahap, efisiensi pengolahan juga semakin besar (Metcalf & Eddy, 2004)

- **Diameter Piringan**

Diameter piringan yang kecil dengan jumlah tahapan yang banyak lebih efisien dibanding dengan diameter piringan yang besar namun jumlah tahapan yang sedikit.

- **Kecepatan Putaran**

Apabila kecepatan putaran lebih besar maka transfer oksigen dari udara di dalam air limbah akan mejadi lebih besar, tetapi akan memerlukan energi yang lebih besar.

- **Temperatur**

Suhu optimal untuk proses RBC berkisar antara 15-40 °C. Sistem RBC relatif sensitif terhadap perubahan suhu. Suhu tergantung dari konsentrasi organik yang terlarut di limbah tersebut (Metcalf & Eddy, 2004).

Keunggulan dari sistem RBC yakni proses operasi maupun konstruksinya sederhana, kebutuhan energi relatif lebih kecil, tidak memerlukan udara dalam jumlah yang besar, lumpur yang terjadi relatif kecil dibandingkan dengan proses lumpur aktif, serta relatif tidak menimbulkan buih. Sedangkan kekurangan dari sistem RBC yakni sensitif terhadap temperatur. Berikut merupakan perbandingan antara proses pengolahan RBC dan Activated sludge.

Tabel 2.8. Perbandingan Proses Pengolahan Air Limbah RBC dengan Lumpur Aktif

No.	Item	RBC	Activated Sludge
1	Tipe Biakan	Unggun Tetap (Fixed Film)	Tersuspensi
2	Jenis Mikroba	Bervariasi	Simpel
3	Konsumsi Energi	Relatif Kecil	Lebih Besar
4	Stabilitas Terhadap Fluktuasi Beban	Stabil	Tidak Stabil
5	Kualitas air olahan	Kurang baik	Baik
6	Operasional dan Perawatan	Mudah	Sulit
7	Konsentrasi Biomasa	Tidak terkontrol	Dapat dikontrol
8	Permasalahan yang sering terjadi	Penyumbatan (clogging)	Bulking (pertumbuhan tidak normal)
9	Fleksibilitas pengembangan	Fleksibel	Kurang fleksibel
10	Investasi awal	Relatif menguntungkan untuk kapasitas kecil atau medium	Menguntungkan untuk kapasitas besar

Sumber: Nusa Idaman Said, *Pengelolaan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta*, 2008

2.5.4 Pengolahan Lanjutan (*Advanced Treatment*)

Pengolahan air limbah lanjutan didefinisikan sebagai pengolahan tambahan yang diperlukan untuk menghilangkan konstituen tersuspensi, koloid, dan terlarut yang tersisa setelah pengolahan sekunder konvensional. Konstituen

terlarut dapat berkisar dari ion anorganik yang relatif sederhana, seperti kalium, nitrat, sulfat, dan fosfat, hingga senyawa organik sintesis yang kompleks yang jumlahnya terus meningkat. Dalam beberapa tahun terakhir, efek dari zat-zat ini pada lingkungan telah menjadi lebih jelas dipahami. Penelitian sedang berlangsung untuk menentukan:

1. Dampak lingkungan dari potensi biologis zat aktif beracun yang ditemukan dalam air limbah
2. Bagaimana zat ini dapat dihilangkan oleh kedua proses, pengolahan air limbah konvensional dan pengolahan lanjutan.

Akibatnya, persyaratan pengolahan air limbah menjadi lebih ketat baik dari segi pembatasan konsentrasi dari zat-zat tersebut pada efluen pengolahan limbah cair dan membangun keseluruhan batas toksisitas limbah. Untuk memenuhi persyaratan baru, banyak fasilitas pengolahan sekunder yang ada akan harus dibangun.

Kebutuhan untuk pengolahan air limbah lanjutan didasarkan pada pertimbangan dari satu atau lebih faktor berikut:

1. Kebutuhan untuk menghilangkan bahan organik dan total padatan tersuspensi melampaui apa yang dapat dicapai oleh proses pengolahan sekunder konvensional untuk memenuhi debit yang lebih ketat dan persyaratan penggunaan kembali
2. Kebutuhan untuk menghilangkan sisa total padatan tersuspensi untuk mengondisikan air limbah yang diolah untuk disinfeksi yang lebih efektif
3. Kebutuhan untuk menghilangkan nutrisi melampaui apa yang dapat dicapai oleh proses pengolahan sekunder konvensional untuk membatasi eutrofikasi pada badan air sensitif.
4. Kebutuhan untuk menghapus anorganik tertentu (misalnya, logam berat) dan konstituen organik (misalnya, MBTE dan NDMA) untuk memenuhi debit yang lebih ketat dan persyaratan penggunaan kembali untuk air permukaan dan penyebaran efluen berbasis tanah dan untuk aplikasi penggunaan kembali langsung dapat diminum.
5. Kebutuhan untuk menghapus anorganik tertentu (misalnya, logam berat, silika) dan konstituen organik untuk digunakan kembali dalam industri

(misalnya, air pendingin, air proses, *low-pressure boiler makeup water*, dan air boiler tekanan tinggi)

2.6 JENIS-JENIS SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH DKI JAKARTA

Pengelolaan limbah cair yang terdapat di wilayah DKI Jakarta saat ini menggunakan berbagai macam sistem pengolahan (unit proses dan unit operasi). Sistem pengolahan air limbah yang digunakan berupa pengolahan secara fisik maupun pengolahan secara biologis. Proses pengolahan Air limbah secara biologis yang digunakan di beberapa IPAL tersebut berupa proses aerob dan anaerob.

Sistem pengolahan secara fisik yang telah ada menggunakan proses penyaringan (filtrasi). Unit operasi dengan proses filtrasi yang telah digunakan berupa *membrane clear box unit* (MCB), *vacuum rotation membrane* (VRM), dan saringan pasir. Proses penyaringan dilakukan dengan media membrane dan pasir.

Sistem pengolahan secara biologis yang telah ada menggunakan proses *aerob* dan *anaerob*. Proses pengolahan Air limbah secara aerob menggunakan unit operasi berupa tangki aerasi, *rotating biological contactor*, dan biofilter. Sementara itu, pengolahan secara anaerob menggunakan unit operasi berupa tangki kontak dan *biofilter*. Beberapa sistem yang banyak digunakan diantaranya menggunakan *biogard system* dan *biocaps system*.

Jenis-jenis IPAL yang telah digunakan di wilayah kegiatan dapat dilihat pada Tabel 2.5. Berdasarkan tabel tersebut, dapat dilihat lokasi IPAL yang telah dibangun di seluruh wilayah DKI Jakarta. Selain itu juga memberikan gambaran sistem dan proses apa yang dipergunakan oleh masing-masing IPAL. IPAL, seperti yang tercantum pada Tabel 2.5 merupakan prasarana yang dibangun oleh Dinas Pekerjaan Umum DKI Jakarta. IPAL tersebut dibangun dalam skala kecil dengan kapasitas bervariasi antara 10-800 m³/hari. IPAL yang paling besar kapasitasnya adalah IPAL Waduk Grogol sebesar 800 m³/hari. Sementara IPAL dengan kapasitas 10 m³/hari dibangun di kantor-kantor kecamatan. Berikut ini contoh jenis-jenis pengolahan limbah perkantoran di DKI Jakarta.

Tabel 2.9. Jenis-jenis IPAL yang digunakan di DKI Jakarta

No.	Lokasi IPAL	Sistem	Proses	Unit Operasi	Perlengkapan Pendukung	Layanan	Keterangan
1	Kantor Dinas Pariwisata	Biogard	Aerob	Tangki aerasi	Inlet chamber, bar screen, tangki pemisah, tangki sedimentasi, tangki khlorinasi, effluent basin	On-site	Kantor
2	Dinas Pemadam Kebakaran	Pengolahan fisik	Filtrasi	MCB	Sump pit, bar screen, tangki sedimentasi, clear water tank, sludge holding	On-site	Kantor
3	Dinas Perindustrian & Perdagangan	Biogard	Aerob	Tangki aerasi	Inlet chamber, bar screen, tangki pemisah, tangki sedimentasi, tangki khlorinasi, effluent basin	On-site	Kantor
4	Dinas Pertanahan & Pemetaan	Biogard	Aerob	Tangki aerasi	Inlet chamber, bar screen, tangki pemisah, tangki sedimentasi, tangki khlorinasi, effluent basin	On-site	Kantor
5	Dinas Teknis Gunung Sahari	Pengolahan fisik	Filtrasi	MCB	Sump pit, bar screen, clear water tank, sludge holding	On-site	Kantor
6	Dinas Teknis Jatinegara Timur	Biogard	Aerob	Tangki aerasi	Inlet chamber, bar screen, tangki pemisah, tangki sedimentasi, tangki khlorinasi, effluent basin	On-site	Kantor

No.	Lokasi IPAL	Sistem	Proses	Unit Operasi	Perlengkapan Pendukung	Layanan	Keterangan
7	Dinas UPP UPT DPU	Biogard	Aerob	Tangki aerasi	Inlet chamber, bar screen, tangki pemisah, tangki sedimentasi, tangki khlorinasi, effluent basin	On-site	Kantor
8	Dinas Teknis Jatibaru	Biofilter	Aerob- anaerob	Biofilter, tangki aerasi	Bak stabilisasi, bak pengendap	On-site	Kantor
9	Gedung Balaikota	Pengolahan fisik & biologis	Aerob, filtrasi	Tangki aerasi, VRM	Sump pit, sludge holding tank	On-site	Kantor
10	Walikota Jakbar	Pengolahan fisik & biologis	Filtrasi, aerob	Saringan pasir, tangki aerasi	Inlet chamber, bar screen, tangki pemisah, tangki sedimentasi, effluent basin	On-site	Kantor
11	Walikota Jaktim	Bioaktivator	Aerob	Tangki aerasi	Screen, grease trap, bak ekualisasi, bak pengendap, effluent tank, sludge holding tank	On-site	Kantor
12	Walikota Jakut	Pengolahan fisik	Filtrasi	Saringan pasir		On-site	Kantor

Sumber: *Konsep Standar Pengelolaan Air Limbah di Provinsi DKI Jakarta, 2008*

BAB 3

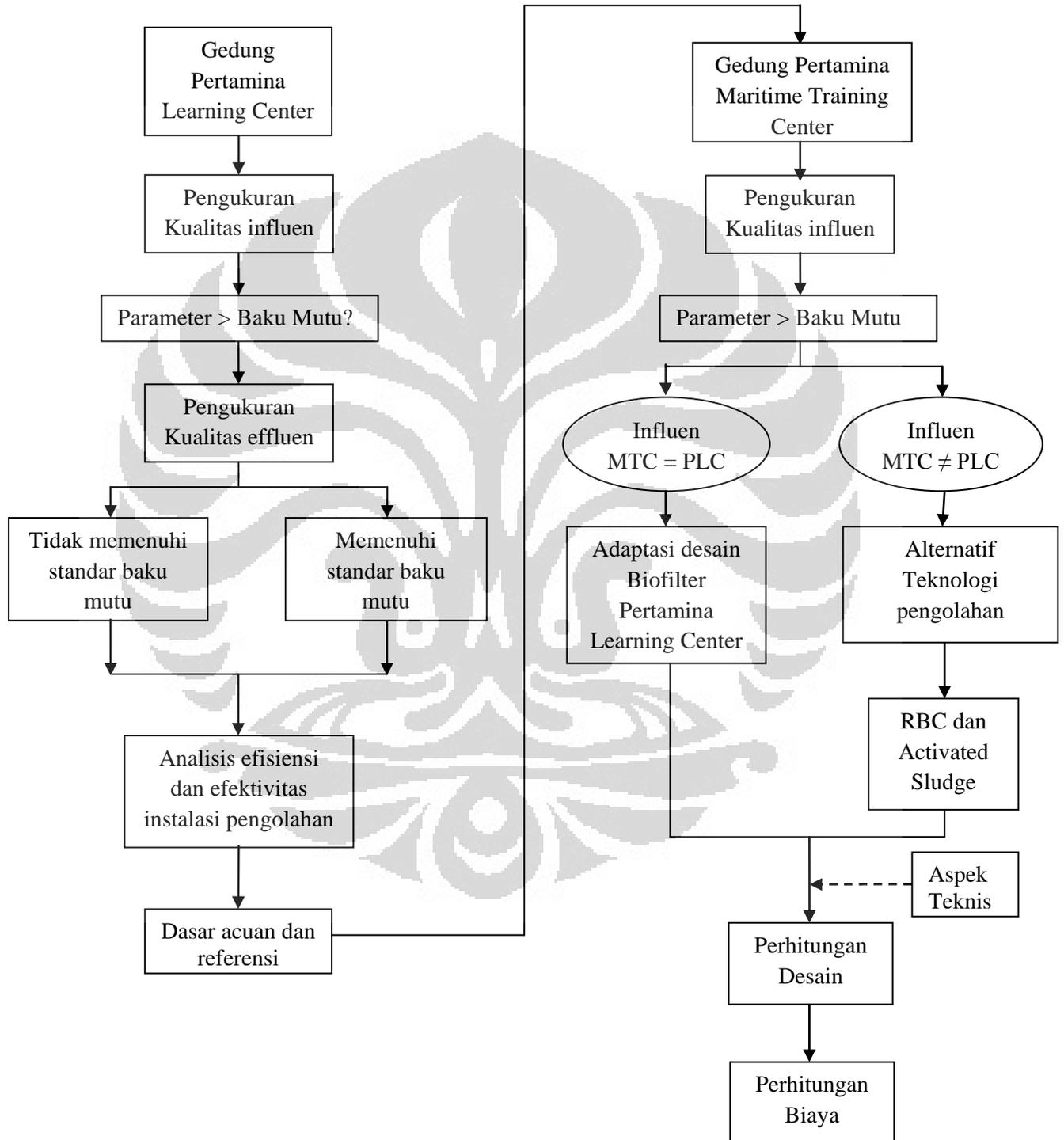
METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan kuantitas air limbah pada Gedung Pertamina Learning Center yang akan menjadi acuan dalam pembuatan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Pertamina Maritime Training Center. Pertamina Learning Center merupakan salah satu fasilitas bagi PT. Pertamina Training & Consulting (PTC), yaitu salah satu anak perusahaan PT. Pertamina (Persero), yang memfokuskan diri pada Pengembangan kompetensi sumber daya manusia, khususnya dalam bidang Minyak dan Gas melalui pelatihan dan konsultasi sebagai solusi bisnis. Kegiatan pada PT Pertamina Learning Center antara lain melaksanakan kegiatan training dan konsultasi yang fokus pada peningkatan bisnis dan daya saing (*business-related training & consulting*). Pertamina Learning Center telah melakukan pengolahan limbahnya dengan menggunakan sistem biofilter anaerob-aerob dengan kapasitas pengolahan 45 m³ per hari.

Pertamina Maritime Training Center (MTC) pada awalnya adalah lembaga pendidikan dan latihan bagi karyawan Pertamina Direktorat Perkapalan, Kebakaran dan Komunikasi. Sejalan dengan kebutuhan sertifikasi wajib bagi para pelaut maka Pertamina Maritime Training Center melengkapi peralatan latihan dan fasilitas kemaritiman sesuai dengan ketentuan pengembangan sumber daya manusia kepelautan. Dari persamaan kegiatan yang dilakukan pada Pertamina Learning Center dan Pertamina Maritime Training Center maka diperkirakan akan memiliki karakteristik limbah serupa dan akan membutuhkan pengolahan yang sama. Oleh karena itu diadakan penelitian untuk membandingkan karakteristik sistem biofilter anaerob-aerob pada Pertamina Learning Center sebagai acuan perencanaan sistem pengolahan gedung Pertamina Maritime Training Center. Selanjutnya, dibutuhkan pula teknologi pengolahan lainnya sebagai alternatif apabila sistem biofilter anaerob-aerob tidak layak untuk diterapkan.

3.1 DIAGRAM ALIR

Diagram alir kerja penelitian instalasi pengolahan air limbah domestik Pertamina Maritime Training Center dapat diutarakan dalam bagan berikut:



Gambar 3.1. Diagram Alir Kerja

3.2 LOKASI DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian dilakukan di lokasi IPAL Pertamina Learning Center, Jl. Teuku Nyak Arief Simpruk RT 001/03, Kelurahan Grogol Selatan, Kecamatan Kebayoran Lama, Kotamadya Jakarta Selatan serta lokasi perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah yang akan dibuat, yaitu Gedung Pertamina Maritime Training Center, Jl. Pemuda No. 44, Jakarta Timur. Penelitian dilakukan pada bulan Februari 2012 yang terdiri dari pengambilan sampel dan uji sampel pada Laboratorium Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah, Kuningan, Jakarta Selatan serta pengukuran debit pada Pertamina Learning Center dan Pertamina Maritime Training Center.

3.2.1 Deskripsi Pertamina Learning Center

Komplek Pertamina Learning Center Simpruk memiliki luas sebesar $64.999 \text{ m}^2 \approx 65.000 \text{ m}^2$. Dari luas tersebut digunakan untuk gedung pertemuan, mess, asrama, sarana olah raga dan jalan seluas 43.111 m^2 (66%), sisanya seluas 21.888 m^2 (34%) digunakan untuk lapangan sepak bola, taman dan tanah terbuka.



Gambar 3.2 Pertamina Training Center (kiri) dan Gelanggang Olah Raga (kanan)



Gambar 3.3 Pertamina Residence (kiri) dan Gedung Pertemuan Wanita Patra (kanan)

3.2.1.1 Unit Pengolahan Air Limbah

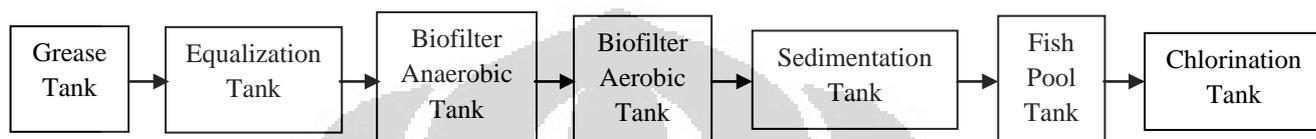
Untuk mengolah air limbah yang dihasilkan oleh Gedung Pertamina Learning Center telah dibuat Unit Pengolahan air limbah yang telah beroperasi sejak bulan Maret 2011. Unit Pengolahan air limbah ini berlokasi di sebelah utara dari Komplek Pertamina Learning Center dan memiliki luas $\pm 45 \text{ m}^2$ seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 3.4 Instalasi Pengolahan Air Limbah Pertamina Learning Center

Air limbah domestik dari setiap unit bangunan dialirkan ke *sump pit*/ bak penampung (ukuran 3,5 m x 2 m x 2 m) berjumlah 23 buah dan bak transfer

(ukuran 3,5 m x 2 m x 2 m) berjumlah 4 buah yang tersebar di area Komplek Pertamina Learning Center kemudian dialirkan ke IPAL komunal (kapasitas $\pm 73,65 \text{ m}^3$) dengan sistem biofilter anaerobik-aerobik. Selanjutnya air limbah domestik terolah di effluen basin dipompakan ke saluran drainase umum yang bermuara ke aliran Kali Grogol. Proses pengolahan air limbah domestik saat telah menggunakan IPAL komunal ini dengan kapasitas debit effluen $45 \text{ m}^3/\text{hari}$ dapat dilihat pada skema dibawah ini:



Gambar 3.5 Skema Instalasi Pengolahan Air Limbah Pertamina Learning Center

- **Grease Tank**
Grease tank merupakan unit yang diletakkan pada awal pengolahan, bertujuan sebagai pemisah antara air limbah dengan minyak dan lemak. Unit ini terdiri dari tiga kompartemen yang dipisahkan oleh baffle.
- **Equalization Tank**
Tangki/bak ekualisasi merupakan unit pengolahan yang berfungsi untuk meredam variasi laju aliran air limbah, yang berasal dari bak pengumpul sekaligus sebagai tangki aerasi. Bak ekualisasi ini berukuran 4,5 m x 1 m x 3 m dan memiliki 2 buah diffuser untuk menyuplai oksigen.
- **Biofilter Anaerobic Tank**
Pada tangki biofilter anaerob digunakan media dari bahan pvc yang disusun menyerupai sarang tawon dengan ketebalan ± 1 meter sebagai biofilter. Air limpasan dari bak ekualisasi dialirkan ke bak kontaktor anaerob dengan arah aliran dari atas ke bawah dan bawah ke atas. Tangki ini berukuran 2,85 m x 1.5 m x 3 m dengan luas permukaan yang mengecil di bagian bawah/alas.
- **Biofilter Aerobic Tank**
Pada tangki biofilter aerob aliran air masuk dari atas ke bawah. Media biofilter yang digunakan sama dengan yang digunakan pada biofilter anaerob, yaitu media dari bahan pvc yang disusun menyerupai sarang tawon dan dengan

ketebalan yang sama, yaitu ± 1 meter. Pada tangki biofilter aerob terdapat 16 buah diffuser untuk menyuplai oksigen untuk menjaga kondisi aerobik pada air limbah. Tangki ini berukuran 4,5 m x 3,25 m x 3 m dengan luas permukaan yang mengecil di bagian bawah/alas.

- Sedimentation Tank

Tangki sedimentasi memiliki sistem *up-flow*, sehingga aliran air masuk dari bawah ke atas. Air memasuki pusat lingkaran (tabung) pada tangki sedimentasi dengan v-notch pada bagian atasnya, dan kemudian air limpasan dialirkan ke fish pool tank.

- Fish Pool Tank

Pada fish pool tank digunakan ikan mas yang berfungsi sebagai indikator biologis air limbah yang telah terolah.

- Chlorination Tank

Bak klorinasi merupakan unit pengolahan akhir yang berfungsi untuk menghilangkan bau dan bakteri pathogen pada air limbah. Klorin dialirkan dari tangki penyimpanan ke dalam bak klorinasi 2/3 kali sehari. Bak klorinasi terdiri dari 3 kompartemen dengan 2 baffle yang kemudian mengalirkan air ke pipa buangan kota.

3.2.2 Deskripsi Pertamina Maritime Training Center

Pertamina Maritime Training Center merupakan lembaga pendidikan dan pelatihan milik Pertamina yang terletak di Jl. Pemuda No.44 Jakarta Timur. Lembaga ini menyediakan sertifikasi dalam bidang kelautan dan kemaritiman.

Pertamina Maritime Training Center memiliki luas tanah sebesar 3.893 m² dengan luas bangunan sebesar 3.780 m² yang terdiri dari satu gedung utama yang memiliki 4 lantai, satu gedung pendaftaran 2 lantai yang pada lantai kedua merupakan area praktek diklat berupa kolam renang, serta gedung kelas satu lantai yang terletak di belakang dan sedang dalam masa pembangunan.



Gambar 3.6 Gedung Pertamina Maritime Training Center

3.3 PENGUMPULAN DATA

Tahapan ini dimaksudkan untuk mengumpulkan data primer yang dibutuhkan pada penelitian dan perancangan instalasi pengolahan sebagai berikut:

a. Kualitas Air Limbah

Data kualitas/karakteristik pada Gedung Pertamina Maritime Training Center dilakukan melalui pengambilan air dengan metode *grab sampling* yang diambil pada waktu puncak debit maksimum. Kemudian sampel air di uji di Laboratorium Badan Pengelola Lingkungan Hidup Daerah, Kuningan, Jakarta Selatan. Parameter kualitas air yang dibutuhkan antara lain BOD, COD, TSS, pH, Ammonia, Organik, Senyawa Aktif Biru Metilen, Minyak dan Lemak serta Fosfat. Pengambilan sampel air dilakukan pada tiga titik, yaitu influen dan efluen dari unit pengolahan biofilter anaerob-aerob Pertamina Learning Center serta pipa buangan limbah dari gedung Pertamina Maritime Training Center.

b. Kuantitas Air Limbah

Data kuantitas air limbah dan kuantitas (debit) pada Gedung Pertamina Maritime Training Center dan Gedung Pertamina Learning Center dilakukan melalui pengambilan dan penghitungan sampel debit. Pengambilan sampel debit influen dan effluen air limbah Gedung Pertamina Maritime Training Center dan Gedung Pertamina Learning Center dilakukan pada hari dan jam kerja yang berlaku di gedung tersebut, yaitu antara hari Senin-Jumat yang dimulai dari pukul 08.00-17.00 WIB. Dengan asumsi bahwa tidak terdapat perbedaan beban organik

air limbah yang signifikan antara hari Senin hingga Jumat (hari kerja), maka asumsi beban organik seragam pada waktu-waktu kerja dimana pemilihan hari sampling tidak mempengaruhi nilai kualitas air limbah selama masih pada hari-hari kerja.

3.4 ANALISIS DATA

Data primer yang telah didapat dilakukan analisis laboratorium dengan parameter kualitas air BOD, COD, TSS, pH, Ammonia, Organik, Senyawa Aktif Biru Metilen, Minyak dan Lemak serta Fosfat. Penentuan parameter kualitas air ini didasarkan atas kebutuhan perancangan instalasi serta perencanaan tingkat pengolahan untuk menentukan efisiensi pengolahan yang akan dicapai dengan berpegang pada standar baku mutu limbah cair menurut Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005.

Analisis dilakukan di Laboratorium Lingkungan Hidup Daerah, Kuningan, Jakarta Selatan. Setelah didapatkan hasil, data tersebut kemudian dibandingkan dengan data sekunder kualitas limbah Gedung Pertamina Learning Center. Perbandingan ini dilakukan untuk memperoleh gambaran karakteristik limbah dari aktivitas Gedung Training Center sebagai acuan dalam penentuan desain dan unit pengolahan yang akan dilakukan.

Tabel 3.1 Standar Pengujian Parameter

Parameter	Standar Pengujian
BOD ₅	SNI 6989.72:2009 Air dan air limbah - Bagian 72 : Cara uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (<i>Biochemical Oxygen Demand/BOD</i>)
COD	SNI 06-6989.15-2004 Air dan air limbah - Bagian 15 : Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks terbuka secara titrimetri
TSS	SNI 06-6989.26-2005 Air dan air limbah - Bagian 26 : Cara uji kadar padatan total secara gravimetric
pH	SNI 06-6989.11-2004 Air dan air limbah - Bagian 26 : Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter
NH ₃ -N (Amoniak)	SNI 06-6989.30-2005 Air dan air limbah - Bagian 30 : Cara uji amonia dengan spektrofotometer secara fenat
KMnO ₄ (Organik)	SNI 06-6989.22-2004 Air dan air limbah - Bagian 22: Cara uji nilai permanganat secara titrimetri
Senyawa Aktif Biru Metilen (MBAS)	SNI 06-6989.51-2005 Air dan air limbah - Bagian 51: Cara uji kadar surfaktan anionik dengan spektrofotometer secara biru metilen
Minyak dan Lemak	SNI 06-6989.10-2004 Air dan air limbah - Bagian 10 : Cara uji minyak dan lemak secara gravimetric
PO ₄ (Fosfat)	SNI 06-6989.31-2005 Air dan air limbah - Bagian 31: Cara uji kadar fosfat dengan spektrofotometer secara asam askorbat

3.5 EFISIENSI UNIT PENGOLAHAN

Untuk menentukan efisiensi unit pengolahan air limbah biofilter aerob dan anaerob pada gedung Pertamina Learning Center digunakan perbandingan kualitas influen dan efluen, yang kemudian didapatkan nilai persentase removal melalui rumus berikut

$$\% \text{ Removal} = \frac{(\text{Nilai Parameter Influent} - \text{Nilai Parameter Effluent})}{\text{Nilai Parameter Influent}} \times 100\%$$

$$\% \text{ BOD Removal} = \frac{(\text{BOD Influent} - \text{BOD Effluent})}{\text{BOD Influent}} \times 100\%$$

$$\% \text{ COD Removal} = \frac{(\text{COD Influent} - \text{COD Effluent})}{\text{COD Influent}} \times 100\%$$

3.6 PENENTUAN UNIT-UNIT PENGOLAHAN

Berdasarkan analisa yang dilakukan, didapat perbandingan kualitas serta kuantitas air limbah pada Gedung Pertamina Maritime Training Center dengan Gedung Pertamina Learning Center. Perbandingan karakteristik limbah yang dilakukan adalah dengan melihat parameter-parameter dominan dalam air limbah dan menjadi kunci dalam pengolahan dan parameter-parameter yang melebihi standar baku mutu. Setelah itu dilakukan analisa efisiensi pengolahan pada sistem biofilter anaerob-aerob yang diterapkan pada Pertamina Learning Center serta kekurangan-kekurangan apa saja yang terdapat dalam unit pengolahan baik pada konstruksi maupun operasinya.

Analisa karakteristik serta efisiensi pengolahan ini menjadi dasar pada penentuan unit-unit pengolahan pada Pertamina Maritime Training Center. Apabila sistem biofilter anaerob-aerob pada Pertamina Learning Center layak untuk diterapkan, maka dapat pengolahan dapat dibuat dengan menyesuaikan kuantitas serta aspek-aspek teknis yang ada pada Pertamina Maritime Training Center dengan berpedoman pada baku mutu yang diizinkan Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005. Apabila tidak sesuai, maka akan dilakukan pemilihan unit-unit pengolahan alternatif yang akan dipakai dalam instalasi berdasarkan analisa literatur.

3.7 ALTERNATIF PENGOLAHAN

Alternatif pemilihan dilakukan apabila sistem biofilter anaerob-aerob pada Gedung Pertamina Learning Center tidak memiliki kesesuaian karakteristik limbah pada Pertamina Maritime Training Center ataupun efisiensi pada pengolahan pada sistem pengolahan biofilter anaerob-aerob tidak optimal. Berdasarkan studi literatur, teknologi pengolahan limbah yang sesuai untuk diterapkan pada lingkup perkantoran yang memiliki skala kecil dan jenis limbah domestik dengan mempertimbangkan aspek teknis pada gedung Pertamina Maritime Training Center maka dipilih pengolahan *Rotary Biological Contactor* (RBC) dan *Activated Sludge* tipe *Extended Aeration* sebagai alternatif pengolahan. Pertimbangan kedua jenis pengolahan ini untuk dijadikan alternative adalah sebagai berikut:

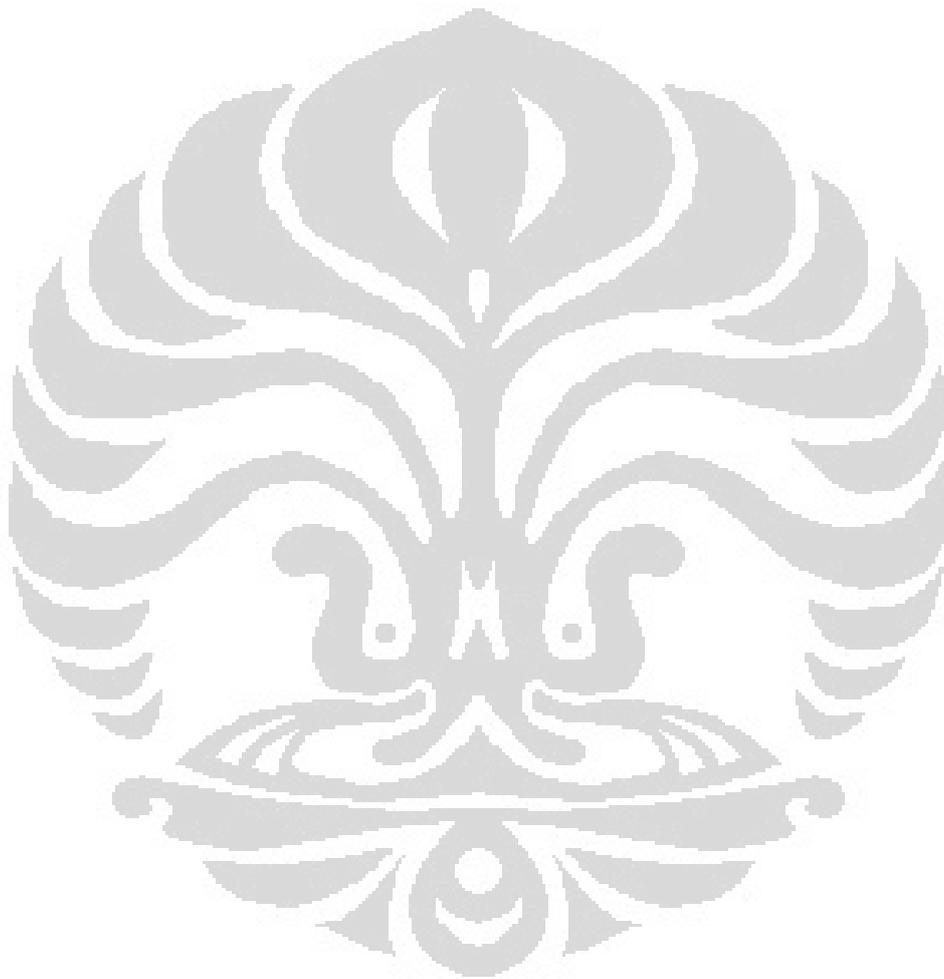
Tabel 3.2 Pertimbangan pemilihan alternatif pengolahan

Rotary Biological Contactor	Activated Sludge (Tipe Extended Aeration)
Proses operasi maupun konstruksinya sederhana	Efisiensi pengolahan baik dengan kemampuan removal yang besar
Kebutuhan energi relatif lebih kecil	Luas lahan yang dibutuhkan relatif tidak terlalu besar
Tidak memerlukan udara dalam jumlah yang besar	Sistem beroperasi dengan F/M ratio yang lebih rendah dibandingkan dengan sistem lumpur aktif konvensional
Investasi awal relatif menguntungkan untuk kapasitas kecil atau medium	Dapat beradaptasi pada kondisi influent air buangan yang melonjak secara tiba-tiba
Stabil terhadap fluktuasi beban	Tidak membutuhkan tangki pengendapan primer
Lumpur yang terjadi relatif kecil dibandingkan AS	Membutuhkan sedikit aerasi dan terutama cocok untuk komunitas yang kecil
Tidak menimbulkan buih	

Sumber: Analisa Penulis, 2012

3.8 RANCANGAN RINCI SISTEM PENGOLAHAN

Rancangan rinci meliputi perhitungan dimensi unit-unit pengolahan yang direncanakan, spesifikasi teknis dan gambar dari unit-unit yang direncanakan, tata letaknya dalam denah lokasi gedung, serta perhitungan rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan bangunan instalasi pengolahan.



BAB 4

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Dalam perancangan instalasi pengolahan air limbah terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan sebagai dasar perencanaan dan menjadi penentu dalam pemilihan proses pengolahan. Faktor-faktor ini diantaranya adalah debit/kuantitas air buangan dan karakteristik/kualitas air buangan. Berikut ini merupakan pembahasan dari studi mengenai kuantitas dan kualitas air limbah yang juga berhubungan dengan aktivitas yang dilakukan pada Gedung Pertamina Learning Center Simprug dan Gedung Pertamina Maritime Training Center sebagai referensi perencanaan instalasi pengolahan air limbah pada Gedung Pertamina Maritime Training Center.

4.1 AKTIVITAS TRAINING CENTER

Jenis (kualitas) dan kuantitas limbah yang dihasilkan pada suatu tempat akan sangat dipengaruhi oleh kegiatan/aktivitas yang terjadi pada tempat tersebut, sehingga hal ini dapat dijadikan salah satu tolok ukur dari studi perbandingan untuk mengidentifikasi air limbah yang dihasilkan pada Pertamina Learning Center dan Pertamina Maritime Training Center.

4.1.1 Aktivitas Gedung Pertamina Learning Center

Komplek Pertamina Learning Center Simpruk memiliki luas sebesar 65.000 m² yang terdiri dari gedung pertemuan, mess, asrama, sarana olah raga dan jalan seluas 43.111 m² (66%), sisanya seluas 21.888 m² (34%) digunakan untuk lapangan sepak bola, taman dan tanah terbuka. Jenis penggunaan bangunan yang terdapat di kompleks Pertamina Learning Center Simpruk adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Jenis Penggunaan Lahan Komplek Pertamina Learning Center

No.	Penggunaan Lahan	Luas (m ²)	(%)
1	Ruang Gen Set	6.755	10,39
2	Gedung Pertemuan + Musholla	6.907	10,63
3	GOR 1 + Lap. Tenis Terbuka	4.800	7,48
4	Lap. Basket/Volly	2.876	4,43
5	Kolam Renang + Fitness Center	7.557	11,63
6	GOR 2 + Gedung PLC + Asrama Perawat	22.953	35,31
7	Lapangan Sepak Bola	2.765	4,25
8	Mess R1 dan R8 + Lapangan Parkir	6.612	10,17
9	Lahan Parkir 1	2.590	3,99
10	Lahan Parkir 2	1.035	1,59
11	Kantin	1.49	0,23
	Jumlah	64.999	100

Sumber: Pertamina Learning Center Simprug, 2008

Dari penggunaan lahan yang disebutkan diatas dapat dirincikan aktivitas yang terjadi pada setiap gedung, sehingga dapat diperkirakan potensi limbah yang mungkin dihasilkan dari setiap aktivitas/kegiatan yang. Pada setiap gedung pada umumnya akan dihasilkan limbah dari tinja (*blackwater*) yang merupakan salah satu indikasi terdapatnya parameter kunci BOD pada air limbah, yaitu merupakan representasi material/senyawa organik yang dapat dioksidasi secara biologis. Sedangkan nilai COD yang merupakan representasi material/senyawa organik yang terdapat pada limbah yang dapat dioksidasi secara kimiawi, dan parameter organik (KMnO₄) merupakan parameter kunci dari limbah hasil kegiatan dapur, dimana terdapat pada Gedung Pertamina Learning Center dan Gedung Pertamina Residence (Asrama).

Limbah *laundry* yang dihasilkan dari gedung Pertamina Residence mengandung beberapa senyawa diantaranya fosfat, nitrogen ammonia, Cl₂, nitrogen, mineral oil, dan ion surfaktan (MBAS). Pospat yang ada dalam detergen berasal dari Sodium Tripolyphosphate (STPP) yang merupakan salah satu bahan yang kadarnya besar dalam detergen (HERA, 2003). Sedangkan parameter MBAS atau surfaktan yang berasal dari sabun dan deterjen menjadi parameter kunci yang

dihasilkan dari gedung olahraga, kolam renang, Gedung Pertamina Learning Center serta Residence yang melibatkan kegiatan mandi serta mencuci.

Rincian aktivitas dan kegiatan serta perkiraan limbah yang ada pada Kompleks Gedung Pertamina Learning Center diberikan pada tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2 Aktivitas/Kegiatan dan Potensi Limbah yang Dihasilkan pada Gedung Pertamina Learning Center

No.	Gedung	Aktivitas/Kegiatan	Parameter Kunci
1.	Gedung Pertemuan Wanita Patra	Kegiatan Pertemuan, Acara pernikahan, dsb.	BOD
2.	Gedung Pertamina Learning Center	Kegiatan Perkantoran dan kegiatan dapur (memasak, mencuci)	BOD, COD, Organik, MBAS
3.	Gedung Pertamina Training Center	Kegiatan Perkantoran	BOD
4.	Gedung Pertamina Foundation	Kegiatan Perkantoran	BOD
5.	Gedung Pertamina Residence (Asrama)	Kegiatan rumah tangga, kegiatan dapur (memasak, mencuci), dan laundry.	BOD, COD, Fosfat, Ammonia, Organik, MBAS
6.	GOR 1 (Lapangan Tenis Indoor & Outdoor)	Kegiatan olahraga	BOD, MBAS
7.	GOR 2 (Hall Basket dan Futsal)	Kegiatan olahraga	BOD, MBAS
8.	Kolam Renang dan Fitness Center	Kegiatan olahraga	BOD, MBAS
9.	Lapangan Bola	Kegiatan olahraga	

Sumber: Hasil Analisa

4.1.2 Aktivitas Gedung Pertamina Maritime Training Center

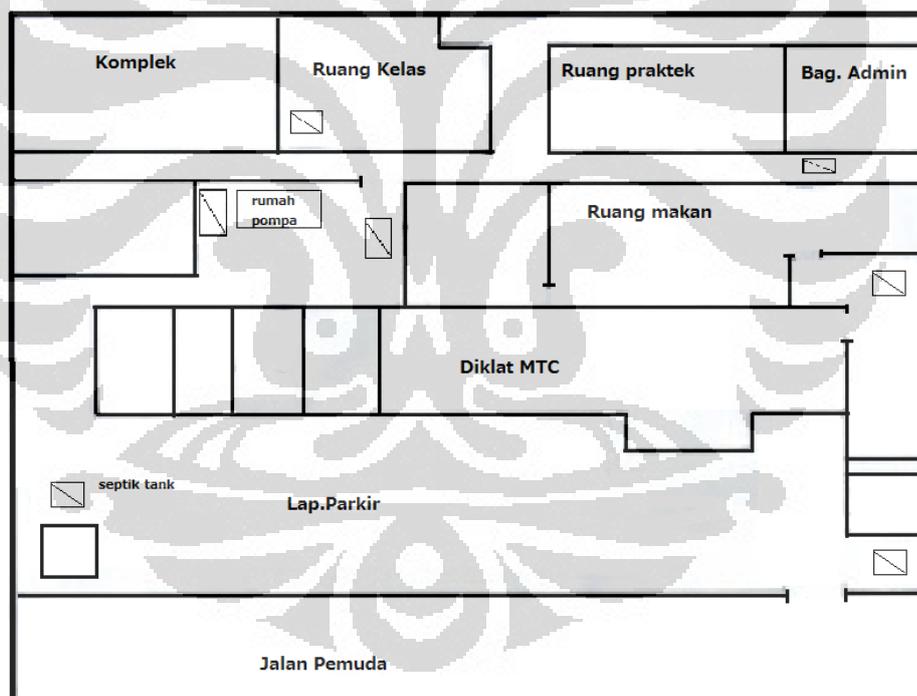
Gedung Pertamina Maritime Training Center memiliki luas tanah sebesar 3.893 m² dengan luas bangunan sebesar 3.780 m² yang terdiri dari satu gedung utama yang memiliki 4 lantai, satu gedung pendaftaran 2 lantai yang pada lantai kedua merupakan area praktek diklat berupa kolam renang, serta gedung kelas satu lantai yang terletak di belakang dan sedang dalam masa pembangunan.

Kegiatan yang dilakukan pada gedung Pertamina Maritime Training Center diantaranya aktivitas perkantoran karyawan pertamina, kegiatan

pelatihan/training bagi para trainee dan kegiatan dapur (memasak, mencuci, dsb). Kegiatan pelatihan dimulai pada pukul 07.30 dan selesai pada pukul 21.00. Sedangkan untuk kegiatan dapur dimulai pada pukul 06.00 dan selesai pada pukul 20.00. Jumlah karyawan dan pekerja tetap pada gedung Pertamina Training Center adalah sekitar 50 orang, dan jumlah trainee rata-rata per harinya adalah sekitar 1200 orang yang dibagi dalam 3 shift pelatihan.

Limbah yang dihasilkan pada gedung Pertamina Maritime Training Center pada umumnya berasal dari aktivitas dapur, kamar mandi dan musholla. Pembuangan limbah dari kamar mandi (black water) dialirkan menuju septic tank yang tersebar di area Pertamina Maritime Training Center yaitu sebanyak 7 buah yang kemudian dialirkan menuju saluran (riool) kota.

Berikut ini adalah denah area gedung Pertamina Maritime Training Center.



Gambar 4.1 Denah Gedung Pertamina Maritime Training Center

Air limbah yang berasal dari dapur belum memiliki pengolahan khusus, namun sudah dibuat bak pengumpul sementara dan diletakkan saringan didalamnya untuk menyaring padatan kasar (seperti sisa-sisa makanan) yang terbuang bersama air limbah hasil kegiatan dapur dan dibersihkan secara berkala, kemudian air limbah yang lolos saringan tersebut langsung dialirkan ke saluran

kota. Sedangkan air limbah dari wastafel, (grey water) langsung dialirkan menuju saluran kota.



Gambar 4.2 Bak Pengumpul dan Penyaring Sementara Limbah Hasil Kegiatan Dapur



Gambar 4.3 Saluran Tempat Pembuangan Limbah Hasil Kegiatan Dapur



Gambar 4.4 Saluran Kota Tempat Pembuangan Limbah Gedung Pertamina MTC

4.2 KUANTITAS AIR LIMBAH

4.2.1 Kuantitas Limbah Gedung Pertamina Learning Center

Jumlah/kuantitas air buangan air limbah yang dihasilkan sangat penting untuk diketahui karena merupakan dasar penentuan kapasitas pengolahan dan dimensi dari instalasi pengolahan limbah itu sendiri. Untuk menentukan kuantitas air limbah yang dihasilkan dari Gedung Pertamina Learning Center, dilakukan melalui dua cara, yaitu berdasarkan jumlah pemakaian air, dan berdasarkan perhitungan limbah efluen instalasi pengolahan air limbah.

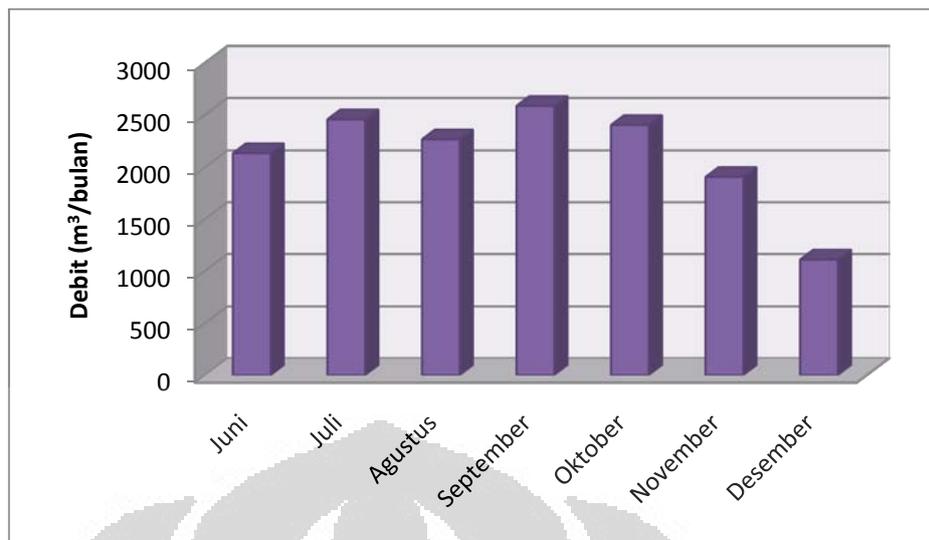
4.2.1.1 Berdasarkan Jumlah Pemakaian Air Bersih

Kebutuhan air bersih untuk kegiatan di kompleks Gedung Pertamina Learning Center Simpruk seluruhnya menggunakan air PAM Palyja. Air tanah/sumur digunakan hanya sebagai cadangan darurat. Data pemakaian air PAM rata-rata pada periode Juni-Desember 2011 adalah sebesar 2.125 m³/bulan atau sama dengan 70,83 m³/hari. Tabel 4.3 berikut merupakan tabel pemakaian air PAM bulanan Pertamina Learning Center

Tabel 4.3 Debit Penggunaan Air Bersih Pertamina Learning Center

Bulan	Debit (m ³ /bulan)	Debit (m ³ /hari)
Juni	2137	71.23
Juli	2458	81.93
Agustus	2271	75.70
September	2588	86.27
Oktober	2403	80.10
November	1908	63.60
Desember	1110	37.00
Rata-rata	2125	70.83

Sumber: Pertamina, 2011



Gambar 4.5 Debit Penggunaan Air Bersih Pertamina Learning Center

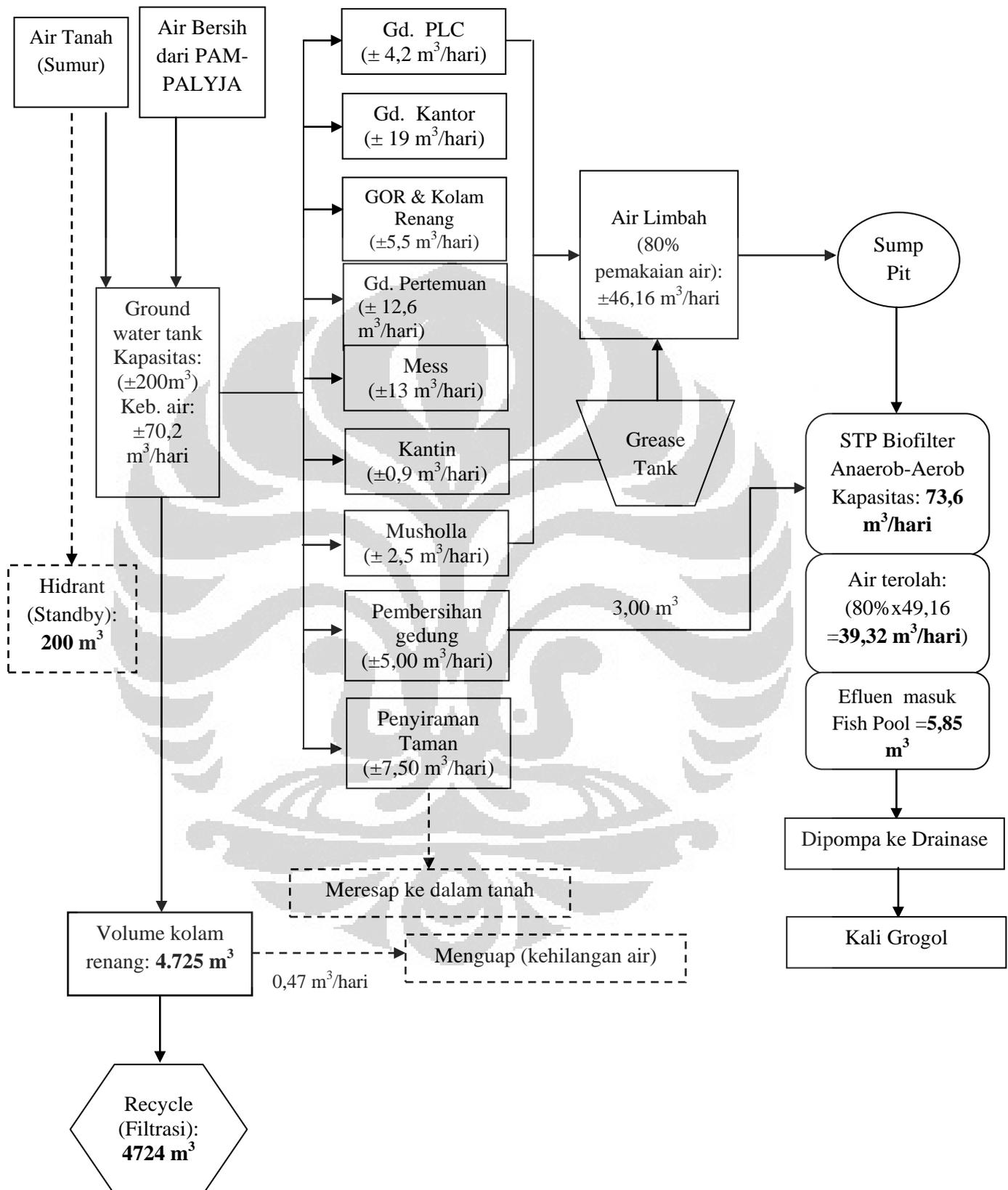
Kebutuhan air bersih untuk kegiatan di kompleks Pertamina Learning Center Simprug yakni sebagai berikut:

Tabel 4.4 Penggunaan air bersih eksisting di kompleks PLC Simpruk

No.	Peruntukkan Bangunan	Unit	Pemakaian Air Bersih (liter)	Kuantitas (orang/hari)	Pemakaian Air (m ³ /hari)	Debit Air Limbah (m ³)
1	Gedung PLC	lt/orang/hari	30	140	4,20	3,36
2	Gedung Kantor	lt/orang/hari	50	380	19,0	15,2
3	Gedung Olah Raga	lt/orang/hari	20	150	3,00	2,40
4	Gedung Pertemuan	lt/orang/hari	30	420	12,6	10,08
5	Musholla	lt/orang/hari	10	250*	2,50	2,0
6	Kantin	lt/orang/hari	15	60*	0,9	0,72
7	Mess	lt/orang/hari	100	130*	13,0	10,4
8	Kolam Renang*)	lt/hari	50	50	2,5	2,00
9	Pembersihan Gedung	lt/hari	-	-	5,00	3,00
10	Penyiraman Taman	lt/hari	-	-	7,50	-
	Total			1140	70,2	49,16

Sumber: Pertamina, 2012

*) sudah termasuk perhitungan jumlah polulasi keseluruhan



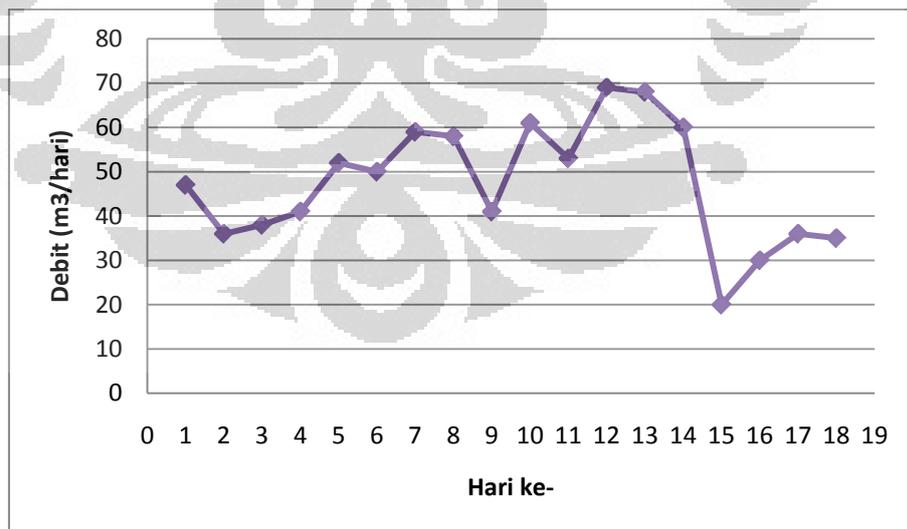
Gambar 4.6 Neraca Penggunaan Air Pertamina Learning Center

Dari perhitungan melalui data penggunaan air bersih yang dilakukan pada tabel 4.4 didapat total pemakaian air bersih di Komplek Pertamina Learning Center yaitu sebesar $70,2 \text{ m}^3$ per hari, dengan rata-rata pengguna yakni sejumlah 1140 orang per hari, sehingga didapat jumlah pemakaian air bersih di Komplek Pertamina Learning Center yaitu sebesar $0,0615 \text{ m}^3$ per orang per hari atau sama dengan 61,5 L/orang.hari.

Untuk perhitungan jumlah air limbah yang dihasilkan di Komplek Pertamina Learning Center, diasumsikan sebesar 80% dari jumlah pemakaian air, sehingga didapatkan total air limbah yang dihasilkan yaitu sebesar $49,16 \text{ m}^3$ per hari, dengan rata-rata pengguna yakni sejumlah 1140 orang per hari, sehingga didapat jumlah air limbah yang dihasilkan di Komplek Pertamina Learning Center berdasarkan jumlah pemakaian air bersih yaitu sebesar $0,04312 \text{ m}^3$ per orang per hari atau sama dengan 43,12 L/orang.hari.

4.2.1.2 Berdasarkan Perhitungan Efluen IPAL Pertamina Learning Center

Berdasarkan data yang didapat dari hasil pengukuran alat ukur efluen pada instalasi pengolahan air limbah Pertamina Learning Center, didapatkan rata-rata debit harian yang dibuang ke saluran kota per harinya adalah sebesar $47,5 \text{ m}^3$ dengan data yang diambil pada bulan Februari sebagai berikut:



Gambar 4.7 Debit Harian dari Alat Ukur Efluen IPAL Pertamina Learning Center

Dari data yang didapat dari perhitungan efluen Instalasi Pengolahan Air Limbah diatas, diperoleh nilai kuantitas air limbah yang setara dengan perhitungan melalui penggunaan air bersih. Dengan rata-rata efluen air limbah sebesar $47,5 \text{ m}^3/\text{hari}$ dengan jumlah pengguna diasumsikan sama, yaitu 1140 orang/hari, maka rata-rata jumlah air limbah yang dihasilkan di Komplek Gedung Pertamina Learning Center berdasarkan perhitungan efluen dari instalasi pengolahan air limbah yaitu $0,0417 \text{ m}^3/\text{orang.hari}$ atau sama dengan $41,7 \text{ L/orang.hari}$.

4.2.2 Kuantitas Limbah Gedung Pertamina Maritime Training Center

Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya, limbah yang dihasilkan pada gedung Pertamina Maritime Training Center terdiri dari aktivitas domestik, yaitu dari aktivitas dapur, kamar mandi serta musholla dimana air limbah dari aktivitas dapur dialirkan ke dalam bak pengumpul sementara yang terdiri dari 2 kompartemen yang berfungsi untuk menyaring limbah yang berupa padatan dan kemudian hasil penyaringan langsung dibuang ke saluran (drainase) kota.

4.2.2.1 Kuantitas Limbah Hasil Kegiatan Dapur

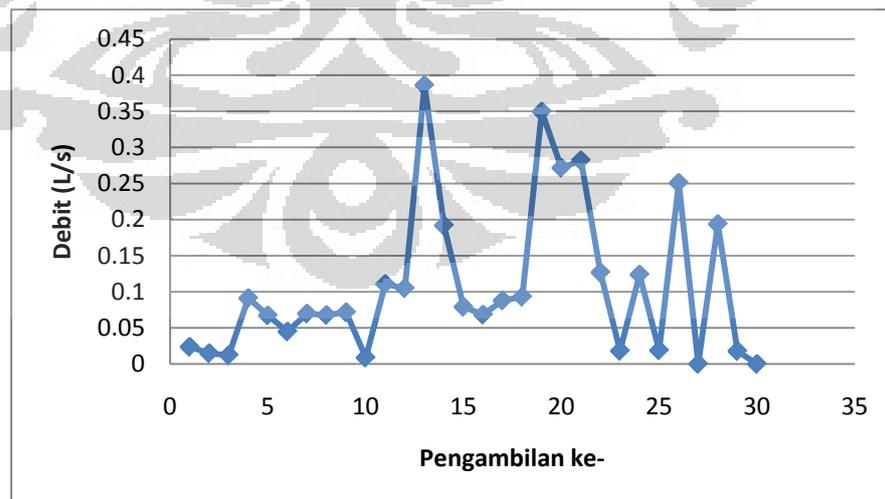
Untuk limbah yang berasal dari dapur, penulis melakukan pengukuran langsung pada bak pengumpul sementara. Pengukuran dilakukan pada hari Rabu, yang merupakan hari puncak aktivitas training center yang dimana jumlah peserta training terbanyak dalam satu minggu. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan wadah bervolume 2 liter dan stopwatch, untuk mengetahui fluktuasi debit dengan rentang waktu 20 menit pada jam operasional kerja dapur, yakni pukul 06.30-20.00 pada hari kerja (senin-jumat).

Berikut ini merupakan hasil pengukuran fluktuasi debit limbah hasil kegiatan dapur gedung Pertamina Maritime Training Center.

Tabel 4.5 Debit Limbah Hasil Kegiatan Dapur Pertamina MTC

Pengukuran ke-	Pukul	Waktu Pengisian (s)	Q (L/s)	Pukul	Pengukuran ke-	Waktu Pengisian (s)	Q (L/s)
1	06.20	84,2	0,02	11.20	16	29,3	0,07
2	06.40	134	0,01	11.40	17	22,7	0,09
3	07.00	164	0,01	12.00	18	21,5	0,09
4	07.20	21,9	0,09	12.20	19	5,72	0,34
5	07.40	29,7	0,07	12.40	20	7,36	0,27
6	08.00	44,5	0,04	13.00	21	7,09	0,28
7	08.20	28,6	0,07	13.20	22	15,8	0,12
8	08.40	29,4	0,07	13.40	23	110	0,02
9	09.00	27,9	0,07	14.00	24	16,1	0,12
10	09.20	228	0,01	14.20	25	106	0,02
11	09.40	18,0	0,11	14.40	26	7,97	0,25
12	10.00	19,0	0,10	15.00	27	0,00	0,00
13	10.20	5,18	0,38	15.20	28	10,3	0,19
14	10.40	10,4	0,19	15.40	29	112	0,02
15	11.00	25,3	0,07	16.00	30	0,00	0,00

Sumber: Hasil Pengukuran

**Gambar 4.8** Fluktuasi Debit Limbah Dapur Pertamina MTC

Dari perhitungan langsung tersebut dapat diketahui nilai rata-rata debit yang dihasilkan dari kegiatan dapur, yakni sebesar 0,11 L/s. Dengan rata-rata waktu operasi dari pukul 06.00-20.00, atau selama 14 jam per harinya, maka total debit limbah yang dihasilkan oleh kegiatan dapur gedung Pertamina Maritime Training Center adalah 5.456 L/hari atau sebesar 5,45 m³/hari.

4.2.2.2 Kuantitas Limbah Total dari Jumlah Pemakaian Air

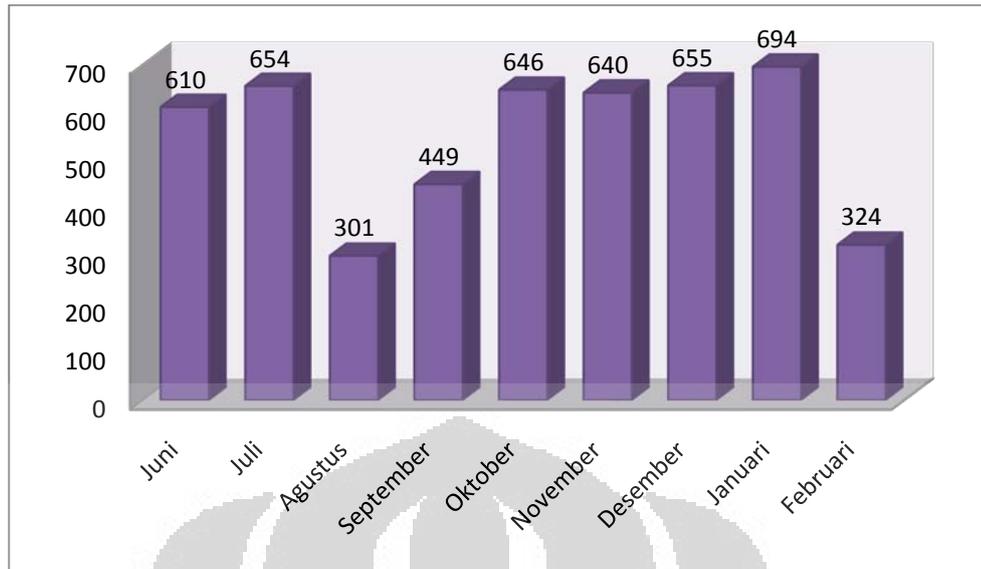
Persediaan air bersih gedung Pertamina Maritime Training Center 100% berasal dari pasokan air PAM. Jumlah pemakaian air gedung Pertamina Training Center yang dihitung dari meteran PAM berkisar antara 301-694 m³ per bulannya, dengan rata-rata jumlah pemakaian air yaitu 552 m³/bulan.

Berdasarkan PerGub No. 122 Tahun 2005, besar jumlah debit air limbah yang dihasilkan oleh bangunan perkantoran yaitu sebesar 80% dari jumlah pemakaian air, sehingga debit limbah total dari jumlah pemakaian air gedung Pertamina Maritime Training Center rata-rata adalah sebesar 14,7 m³/hari. Perhitungan debit air limbah gedung Pertamina Maritime Training Center pada periode Juni 2011-Februari 2012 diberikan pada tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4.6 Volume Pemakaian Air Pertamina Maritime Training Center

Bulan	Debit Pemakaian Air (m ³ /bulan)	Debit Pemakaian Air (m ³ /hari)	Debit Air Limbah (m ³ /hari)
Juni	610	20,3	16,3
Juli	654	21,8	17,4
Agustus	301	10,0	8,02
September	449	14,9	11,9
Oktober	646	21,5	17,2
November	640	21,3	17,0
Desember	655	21,8	17,5
Januari	694	23,1	18,50
Februari	324	10,8	8,64
Rata-rata	552	18,4	14,7

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.8 Volume Pemakaian Air Bulanan Pertamina Maritime Training Center

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, jumlah total populasi gedung Pertamina Maritime Training Center setiap harinya adalah sebesar 1250 orang (jumlah karyawan tetap dan trainee). Dengan jumlah trainee sebanyak 1200 orang untuk 3 shift pelatihan, maka diasumsikan jumlah pemakaian air setiap orang untuk trainee akan lebih kecil dari jumlah pemakaian air pekerja/karyawan tetap Pertamina Maritime Training Center. Sehingga dapat dianggap total pengguna gedung Pertamina Maritime Training Center setiap harinya adalah:

$$\text{Total pengguna gedung} = \left(\frac{1200}{3 \text{ shift}} \right) + 50 \text{ karyawan tetap} = 450 \text{ orang}$$

Sehingga didapatkan satuan jumlah air limbah yang dihasilkan setiap orang per harinya di gedung Pertamina Maritime Training Center berdasarkan jumlah pemakaian air adalah sebagai berikut.

$$\text{Jumlah limbah} = \frac{14,7 \text{ m}^3/\text{hari}}{450 \text{ orang}} = 0,03 \text{ m}^3/\text{orang.hari} = 32,7 \text{ L/orang.hari}$$

4.3 KUALITAS AIR LIMBAH

4.3.1 Kualitas Limbah Gedung Pertamina Learning Center

Data kualitas air limbah pada Gedung Pertamina Learning Center didapatkan melalui dua sumber, yaitu data sekunder dari pengujian efluen yang

telah rutin dilakukan oleh Pertamina selama tiga bulan sekali dan data primer yang didapatkan dari pengujian sampel yang dilakukan oleh penulis.

Data sekunder yang didapatkan dari Pertamina pada pengukuran yang dilakukan pada lokasi (*in-site*) adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7 Data Sekunder Pengukuran Kualitas Limbah *In-Site*

Parameter	Lokasi Pengambilan Contoh			
	Inlet IPAL		Outlet IPAL	
pH	7,84	7,85	7,01	6,83
DHL, 2 mhos	619	620	494	493
Turb	40,0	40,0	4,00	3,00
DO	3,18	2,85	2,71	2,57
Suhu, (°C)	29,6	29,8	30,5	30,1
Salinitas	0,02	0,02	0,02	0,02
Kondisi Fisik	Keruh dan berbau		Warna kekuningan, tidak berbau	

Sumber: Pertamina Learning Center, Februari 2012

Sedangkan data hasil uji kualitas yang dilakukan di Laboratorium BPLHD adalah sebagai berikut:

Tabel 4.8. Data Sekunder Kualitas Efluen IPAL Pertamina Learning Center

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu	Metoda
1	pH		7.4	6-9	SNI 06-6989.11-2004
2	Organik (kMnO ₄)	mg/L	13.25	85	SNI 06-6989.22-2004
3	Zat padat tersuspensi	mg/L	2.0	50	Spektrophotometer
4	Ammonia	mg/L	0.26	10	SNI 06-6989.30-2005
5	Minyak dan lemak	mg/L	<1.13	10	Spektrophotometer
6	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	< 0.03	2	SNI 06-6989.51:2005
7	COD (Dichromat)	mg/L	<40.00	80	SNI 6989.22:2009
8	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	6.24	20	SNI 6989.22:2009

Sumber: Pertamina, November 2011

Data primer kualitas air didapatkan melalui pengujian sampel pada inlet dan outlet IPAL Pertamina Learning Center. Pengambilan sampel inlet dilakukan pada outlet unit grease tank menuju bak ekualisasi, sedangkan pengambilan sampel outlet dilakukan pada *fish pool*.

Melalui uji di laboratorium BPLHD yang dilakukan, didapatkan data hasil uji sebagai berikut:

Tabel 4.10. Data Primer Kualitas Influen dan Efluen IPAL Pertamina Learning Center

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Baku Mutu	Metoda
			Inlet	Outlet		
1	pH		7.7	7.2	6-9	SNI 06-6989.11-2004
2	Organik (kMnO ₄)	mg/L	49.33	15.11	85	SNI 06-6989.22-2004
3	Zat padat tersuspensi	mg/L	27.0	10.0	50	Spektrophotometer
4	Ammonia	mg/L	22.08	0.36	10	SNI 06-6989.30-2005
5	Minyak dan lemak	mg/L	<1.13	<1.13	10	Spektrophotometer
6	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	0.03	<0.03	2	SNI 06-6989.51:2005
7	COD (Dichromat)	mg/L	64.53	40.00	80	SNI 6989.22:2009
8	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	34.37	7.82	20	SNI 6989.22:2009
9	PO ₄ (Fosfat)	mg/L	2.00	0.38		SNI 06-6989.31:2005

Sumber: BPLHD DKI Jakarta, April 2012

Keterangan: = Nilai berada di atas baku mutu
 = Nilai berada di bawah baku mutu

Dari data hasil uji dapat dilihat bahwa outlet dari IPAL Pertamina Learning Center telah memenuhi standar baku mutu pembuangan air limbah ke saluran umum kota berdasarkan Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005. Namun dari inlet IPAL dapat dilihat juga bahwa parameter yang melebihi baku mutu hanya ammonia dan BOD, dimana parameter lainnya telah dikategorikan aman dengan konsentrasi yang sudah berada dibawah baku mutu.

Apabila dibandingkan dengan literatur, kualitas air limbah dari influen Instalasi Pengolahan Air Limbah Pertamina Learning Center untuk parameter

BOD, COD, Amoniak, pH, dan zat padat tersuspensi (SS) masih berada pada kisaran karakteristik air limbah domestik perkantoran pada umumnya, namun cenderung mendekati ambang bawah atau nilai minimum. Sedangkan untuk parameter organik (KMnO₄), deterjen serta minyak dan lemak memiliki nilai yang lebih kecil dari ambang bawah atau nilai minimum. Perbandingan karakteristik tersebut disajikan pada tabel 4.5 berikut

Tabel 4.11 Perbandingan Kualitas Influen Pertamina Learning Center dengan Karakteristik Umum Limbah Domestik atau Limbah Perkotaan

No.	Parameter	Satuan	Literatur*		Influen IPAL PLC
			Minimum	Maksimum	
1	BOD	mg/l	31,5	675	34,4
2	COD	mg/l	46,6	1183	64,5
3	Organik (KMnO ₄)	mg/l	69,8	739	49,3
4	Amoniak (NH ₃)	mg/l	10,8	158	22,0
5	pH		4,92	8,99	7,70
6	Zat padat tersuspensi (SS)	mg/l	27,5	211	27,0
7	Deterjen	mg/l	1,66	9,79	0,03
8	Minyak/lemak	mg/l	1,00	125	<1,13

Sumber: Hasil Perhitungan

* Nusa Idaman Said, *Pengelolaan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta*, 2008

Karakteristik kandungan pencemar yang cenderung kecil pada influen instalasi pengolahan air limbah tersebut dapat disebabkan oleh beberapa hal antara lain ialah adanya bak pengumpul dan bak transfer sebelum air limbah masuk ke instalasi pengolahan air limbah yang secara tidak langsung berfungsi sebagai pengolahan pendahuluan, dimana berperan sebagai unit sedimentasi yang akan mengendapkan sebagian zat padat tersuspensi. Selain itu karena menggunakan sistem pemompaan, air limbah dalam bak pengumpul/bak transfer tersebut akan tinggal dalam beberapa waktu yang menyebabkan terjadinya penguraian alami

dari mikroorganisme yang terdapat dalam air limbah dan mempengaruhi kandungan BOD, COD dan organik air limbah.

Faktor lain yang mempengaruhi rendahnya kandungan pencemar, terutama parameter minyak dan lemak serta deterjen yakni pada gedung Pertamina Residence limbah hasil kegiatan dapur tidak dialirkan menuju IPAL, melainkan hanya dibuat pre-treatment untuk menyaring minyak dan lemak berupa bak yang terdiri dari tiga kompartemen. Unit pengolahan ini menyaring air limbah hasil kegiatan memasak dan mencuci yang terdiri dari tiga tahap, dan kemudian air hasil penyaringan tersebut langsung dialirkan menuju saluran kota.



Gambar 4.10 Bak Pengumpul



Gambar 4.11 Unit pemisah minyak dan lemak kompartemen 1 (kiri) dan kompartemen 2 (kanan)



Gambar 4.12 Unit pemisah minyak dan lemak kompartemen 3 (kiri) hasil buangan menuju saluran kota (kanan)

4.3.2 Kualitas Limbah Gedung Pertamina Maritime Training Center

Sampel pengujian kualitas limbah dari hasil aktivitas dapur Pertamina Maritime Training Center diambil pada hari Rabu, 7 Maret 2012 yang merupakan hari puncak aktivitas training center yang dimana jumlah peserta training terbanyak dalam satu minggu. Sampel diambil dengan menggunakan metode grab sampling pada waktu puncak fluktuasi debit kegiatan dapur dalam satu hari berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan, yaitu pada pukul 10.20. Data kualitas air limbah hasil aktivitas dapur Pertamina Maritime Training Center disajikan dalam tabel berikut

Tabel 4.11. Data Primer Kualitas Air Limbah Hasil Aktivitas Dapur Pertamina MTC

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu	Metoda
1	pH		5.6	6-9	SNI 06-6989.11-2004
2	Organik (kMnO ₄)	mg/L	447.38	85	SNI 06-6989.22-2004
3	Zat padat tersuspensi	mg/L	391.0	50	Spektrophotometer
4	Ammonia	mg/L	4.50	10	SNI 06-6989.30-2005
5	Minyak dan lemak	mg/L	1.29	10	Spektrophotometer
6	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	2.78	2	SNI 06-6989.51:2005
7	COD (Dichromat)	mg/L	1165.38	80	SNI 6989.22:2009
8	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	206.75	20	SNI 6989.22:2009
9	PO ₄ (Fosfat)	mg/L	1.62		SNI 06-6989.31:2005

Sumber: BPLHD DKI Jakarta, April 2012

Keterangan: = Nilai berada di atas baku mutu
 = Nilai berada di bawah baku mutu

4.4 EVALUASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PERTAMINA LEARNING CENTER

Evaluasi instalasi pengolahan air limbah Gedung Pertamina Learning Center dapat dilihat melalui perhitungan % removal, yaitu efisiensi instalasi dalam mengurangi/menghilangkan beban polutan dari masing-masing parameter kualitas air limbah berdasarkan kualitas pada inlet dan outlet instalasi pengolahan. Berikut ini merupakan perhitungan efisiensi penghilangan dari tiap parameter:

$$\% \text{ Removal} = \frac{(\text{Nilai Parameter Influent} - \text{Nilai Parameter Effluent})}{\text{Nilai Parameter Influent}} \times 100\%$$

Tabel 4.12 Percent Removal Beban Polutan IPAL Existing Pertamina Learning Center

Parameter	Satuan	Inlet	Outlet	Removal (%)
pH		7.7	7,2	6,49
Organik (kMnO ₄)	mg/L	49.33	15,11	69,4
Zat padat tersuspensi	mg/L	27	10	62,9
Ammonia	mg/L	22.08	0,36	98,4
Minyak dan lemak	mg/L	<1.13	<1,13	-
Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	0.03	<0,03	-
COD (Dichromat)	mg/L	64.53	40	38,0
BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	34.37	7,82	77,3
PO ₄ (Fosfat)	mg/L	2	0,38	81,0

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan: = Nilai berada di atas baku mutu
 = Nilai berada di bawah baku mutu

Dari hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa instalasi pengolahan dengan metode Biofilter Anaerob-Aerob yang telah diterapkan pada Gedung Pertamina Learning Center sudah cukup efektif dalam mengurangi beban polutan yang terdapat pada air limbah hingga batas minimum yang diperbolehkan

yaitu standar baku mutu air limbah berdasarkan Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005. Namun, instalasi pengolahan secara keseluruhan menunjukkan efisiensi yang rendah dengan persentase removal yang cenderung kecil, yaitu pengurangan zat padat tersuspensi (SS) sebesar 62,96%, pengurangan COD sebesar 38,01%, dan pengurangan BOD sebesar 77,25%

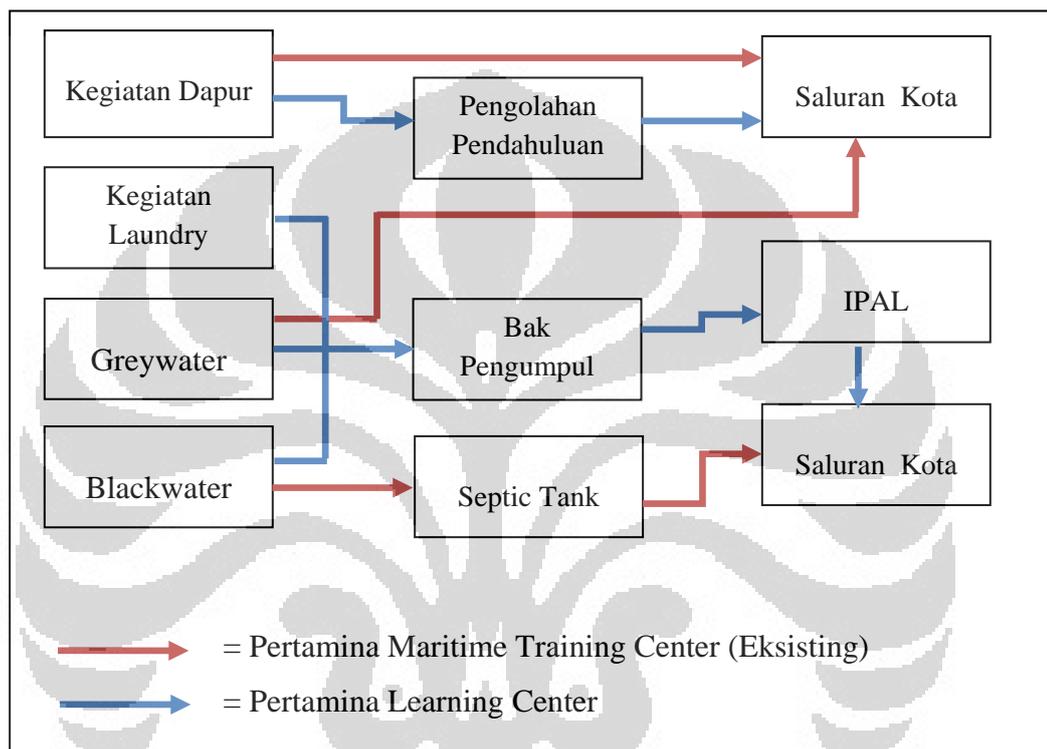
Berdasarkan literatur (Metcalf & Eddy, 2004), perancangan dan pengoperasian yang efisien dari tangki sedimentasi primer mampu menghilangkan dari 50 sampai 70 persen dari padatan tersuspensi dan dari 25% hingga 40% BOD. Sedangkan melalui proses biologis, dengan menggunakan metode biofilter/trickling filter diharapkan dapat menghilangkan persentase BOD sebesar 85%-90%.

Efisiensi penghilangan polutan yang cenderung kecil ini disebabkan karena beban awal polutan yang masuk dari inlet telah menunjukkan nilai yang relatif rendah, yaitu kandungan zat padat tersuspensi yang sebesar 27 mg/L, kandungan COD yang sebesar 64,5 mg/L, dan kandungan BOD yang sebesar 34,37 mg/L, dimana kandungan zat padat tersuspensi dan COD tersebut telah berada dibawah standar baku mutu yang diizinkan.

Selain melalui perhitungan efisiensi instalasi pengolahan, evaluasi instalasi pengolahan air limbah pada Gedung Pertamina Learning Center juga dapat dilakukan dengan pengamatan kualitatif secara langsung. Hal yang dapat mudah diamati adalah adanya sampah-sampah kasar berupa plastic atau dedaunan yang sering ditemui dalam bak ekualisasi maupun kompartemen biofilter anaerob-aerob akibat tidak adanya bar screen pada saluran inlet instalasi pengolahan. Hal ini tentu dapat mempengaruhi kinerja unit pengolahan. Kemudian, letak *fish pool* yang berada sebelum unit pengolahan klorinasi menyebabkan air limpasan dari *fish pool tank* menuju unit klorinasi terpengaruh dengan aktivitas ikan sebagai indicator biologis tersebut, sehingga air effluent dari instalasi pengolahan berwarna kekuningan. Selain itu, baik pada inlet maupun outlet unit *fish pool tank* tidak dipasang jaring pembatas, sehingga ikan dapat berpindah ke unit sedimentasi maupun klorinasi dan sering menyebabkan penyumbatan pada pipa inlet maupun outlet tersebut yang mengakibatkan operasional instalasi pengolahan tidak berjalan dengan baik.

4.5 PERENCANAAN SISTEM PENGOLAHAN

Setelah mempelajari sistem pengelolaan dan pengolahan limbah serta kualitas maupun kuantitas air limbah yang dihasilkan pada Gedung Pertamina Learning Center dan Pertamina Maritime Training Center, didapatkan skema sistem pengolahan eksisting yang diterapkan pada kedua gedung seperti yang diberikan pada gambar 4.12 berikut.



Gambar 4.12 Skema Sistem Pengolahan Eksisting

Sesuai dengan metode penelitian yang telah diperoleh pada Bab 3, maka akan dirancang suatu sistem pengolahan air limbah yang sesuai untuk diterapkan pada gedung Pertamina Maritime Training Center. Setelah mempertimbangkan data dan hasil evaluasi yang didapat pada sistem pengolahan eksisting yang terdapat pada gedung Pertamina Maritime Training Center dan gedung Pertamina Learning Center dipilih dua opsi sistem pengelolaan limbah sebagai bahan pertimbangan, untuk diterapkan pada gedung Pertamina Maritime Training Center yaitu sistem pengolahan eksisting gedung Pertamina Learning Center dengan menggunakan pengolahan pendahuluan (*pre-treatment*) untuk limbah dapur dan sistem pengolahan baru, yaitu sistem pengolahan secara langsung.

4.5.1 Sistem Pengolahan dengan Menggunakan *Pre-Treatment* Limbah Dapur

Pada sistem pengolahan eksisting yang diterapkan pada gedung Pertamina Learning Center dilakukan pengolahan pendahuluan (*pre-treatment*) pada limbah hasil kegiatan dapur. Namun seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, hasil *pre-treatment* tersebut langsung dibuang menuju saluran kota tanpa mengetahui kualitas efluen dari hasil *pre-treatment* tersebut.

Pada opsi sistem pengolahan dengan menggunakan *pre-treatment* limbah hasil kegiatan dapur yang akan dirancang ini, efluen yang dihasilkan dari *pre-treatment* akan masuk ke dalam instalasi pengolahan sehingga diharapkan kualitas efluen *pre-treatment* akan sama dengan atau mendekati kualitas air limbah yang dihasilkan dari kegiatan domestik. Removal beban pencemar yang diharapkan pada pengolahan pendahuluan diberikan pada tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.13 Persentase Removal Rencana *Pre-Treatment* Limbah Dapur Pertamina Maritime Training Center

No	Parameter	Satuan	Limbah Dapur MTC	Limbah Domestik PLC	Removal (%)
1	pH		5.6	7.7	
2	Organik (KMnO ₄)	mg/L	447.38	49.33	88,9
3	Zat padat tersuspensi	mg/L	391.0	27.0	93,1
4	Ammonia	mg/L	4.50	22.08	
5	Minyak dan lemak	mg/L	1.29	<1.13	0,16
6	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	2.78	0.03	98,8
7	COD (Dichromat)	mg/L	1165.38	64.53	94,4
8	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	206.75	34.37	83,3
9	PO ₄ (Fosfat)	mg/L	1.62	2.00	

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa removal yang dibutuhkan oleh pengolahan pendahuluan dari hasil kegiatan dapur agar efluen hasil pengolahan tersebut sama dengan kualitas hasil kegiatan domestik menunjukkan angka yang

tinggi. Untuk mencapai angka removal tersebut dibutuhkan tidak hanya pengolahan fisik (*grease trap*) namun juga pengolahan biologis.

4.5.2 Sistem Pengolahan Langsung

Pada skema perencanaan kedua, yakni sistem pengolahan secara langsung, air limbah hasil kegiatan dapur dari Pertamina Maritime Training Center langsung dialirkan ke unit pengolahan limbah, sehingga air limbah yang masuk ke instalasi pengolahan akan mengalami pencampuran yang menyebabkan konsentrasi beban pencemar lebih besar.

Dari perhitungan debit berdasarkan pemakaian air dan perhitungan efluen IPAL gedung Pertamina Learning Center didapatkan nilai satuan limbah rata-rata yang dihasilkan tiap orang per harinya adalah 45,3 L/orang.hari atau 0,04 m³/orang.hari. Perhitungannya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.14 Perhitungan Debit Rata-rata

No.	Metode Perhitungan	Debit Limbah	
		(m ³ /org.hari)	(L/org.hari)
1.	Pemakaian Air Bersih Pertamina Learning Center	0,043	43
2.	Perhitungan Efluen IPAL	0,042	42
3.	Pemakaian Air Bersih Pertamina Maritime Training Center	0,033	33
	Jumlah	0,118	118
	Rata-rata	0,0393	39,3

Sumber: Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan diatas cukup mendekati jumlah air limbah yang dihasilkan oleh gedung perkantoran berdasarkan PerGub No.122 Tahun 2005, yaitu sebesar 40 L/orang.hari. Dengan asumsi kegiatan yang dilakukan pada Pertamina Learning Center dengan Pertamina Maritime Training Center cenderung sama, maka diasumsikan air limbah yang dihasilkan per orang setiap harinya adalah sama. Konsentrasi beban pencemar campuran pada air limbah yang masuk ke dalam instalasi pengolahan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut

$$[\text{Campuran}] = \frac{([\text{Dapur MTC}] \times Q_{\text{Dapur MTC}}) + ([\text{Domestik}] \times Q_{\text{Domestik}})}{Q_{\text{Dapur MTC}} + Q_{\text{Domestik}}}$$

Dengan pembulatan jumlah populasi gedung Pertamina Maritime Training Center sebanyak 500 orang per harinya dan limbah yang dihasilkan dibulatkan sebesar 0,04 m³/orang.hari maka total limbah yang dihasilkan di adalah sebesar 20 m³/hari. Dengan debit yang dihasilkan dari kegiatan dapur sebesar 5,5 m³/hari, maka jumlah debit yang dihasilkan dari kegiatan domestic adalah sebesar 14,5 m³/hari. Sehingga rumusnya akan menjadi;

$$[\text{Campuran}] = \frac{([\text{Dapur MTC}] \times 5,5 \text{ m}^3/\text{hr}) + ([\text{Domestik}] \times 14,5 \text{ m}^3/\text{hr})}{20 \text{ m}^3/\text{hr}}$$

Hasil perhitungan konsentrasi limbah campuran untuk setiap parameter ditunjukkan pada tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.15 Konsentrasi Limbah Campuran Pertamina Maritime Training Center

No	Parameter	Satuan	Limbah Dapur MTC	Limbah Domestik PLC	Konsentrasi Campuran
1	PH		5,6	7,7	7,13
2	Organik (kMnO ₄)	mg/L	447,38	49,33	155,98
3	Zat padat tersuspensi	mg/L	391,0	27,0	124,53
4	Ammonia	mg/L	4,50	22,08	17,37
5	Minyak dan lemak	mg/L	1,29	<1,13	1,17
6	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	2,78	0,03	0,77
7	COD (Dichromat)	mg/L	1165,38	64,53	367,26
8	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	206,75	34,37	81,77
9	PO ₄ (Fosfat)	mg/L	1,62	2,00	1,89

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan pada tabel di atas, dapat dilihat bahwa beban pencemar dari hasil kegiatan dapur yang memiliki nilai yang cukup tinggi dapat menaikkan konsentrasi beban pencemar dari air limbah hasil kegiatan domestik yang dinilai relatif rendah apabila dibandingkan dengan kualitas limbah domestik pada umumnya, yang telah dijelaskan sebelumnya. Namun, pada tabel terlihat bahwa perbandingan BOD/COD dari konsentrasi campuran adalah sebesar $81,77/367,26 = 0,22$. Hal ini menunjukkan bahwa air limbah tersebut tidak dapat diolah dengan menggunakan proses biologis, dimana pengolahan biologis memerlukan persyaratan perbandingan BOD/COD minimal 0,6 (Said dan Ineza, 2002) sehingga dibutuhkan pengolahan pendahuluan pada rangkaian instalasi pengolahan untuk menurunkan nilai COD hingga sebesar $\pm 136,3$ atau dengan penurunan dari nilai COD awal sebesar 62,8%

4.5.3 Pemilihan Opsi Sistem Pengolahan

Berdasarkan kedua opsi yang telah dijabarkan diatas maka akan dipilih sistem pengolahan yang akan diterapkan pada gedung Pertamina Maritime Training Center dengan membandingkan beberapa hal yang menjadi dasar pertimbangan, yaitu kapasitas pengolahan berdasarkan debit air limbah yang dihasilkan, kualitas pengolahan/besar beban pencemar, serta efisiensi pengolahan kedua sistem pengolahan rencana.

Pada sistem pengolahan pertama, debit yang dihasilkan dari kegiatan dapur sebesar $5,5 \text{ m}^3/\text{hari}$ dan jumlah debit yang dihasilkan dari kegiatan domestik adalah sebesar $14,5 \text{ m}^3/\text{hari}$. Sehingga akan dibutuhkan dua unit pengolahan, yakni pengolahan pendahuluan (*pre-treatment*) yang memiliki kapasitas $5,45 \text{ m}^3/\text{hari}$ dan instalasi pengolahan yang menampung hasil effluent dari pengolahan pendahuluan dan air limbah dari hasil kegiatan domestik sebesar $20 \text{ m}^3/\text{hari}$.

Kualitas air limbah yang dihasilkan dari hasil kegiatan dapur menunjukkan angka yang cukup tinggi, sehingga untuk mengurangi konsentrasi beban pencemar dari limbah hasil kegiatan dapur sampai sama dengan atau mendekati kualitas air limbah dari kegiatan domestik dibutuhkan pengolahan pendahuluan dengan efisiensi yang cukup tinggi, diantara pengurangan zat padat tersuspensi sebesar 93,1%, senyawa aktif biru metilen (MBAS) sebesar 98,8%,

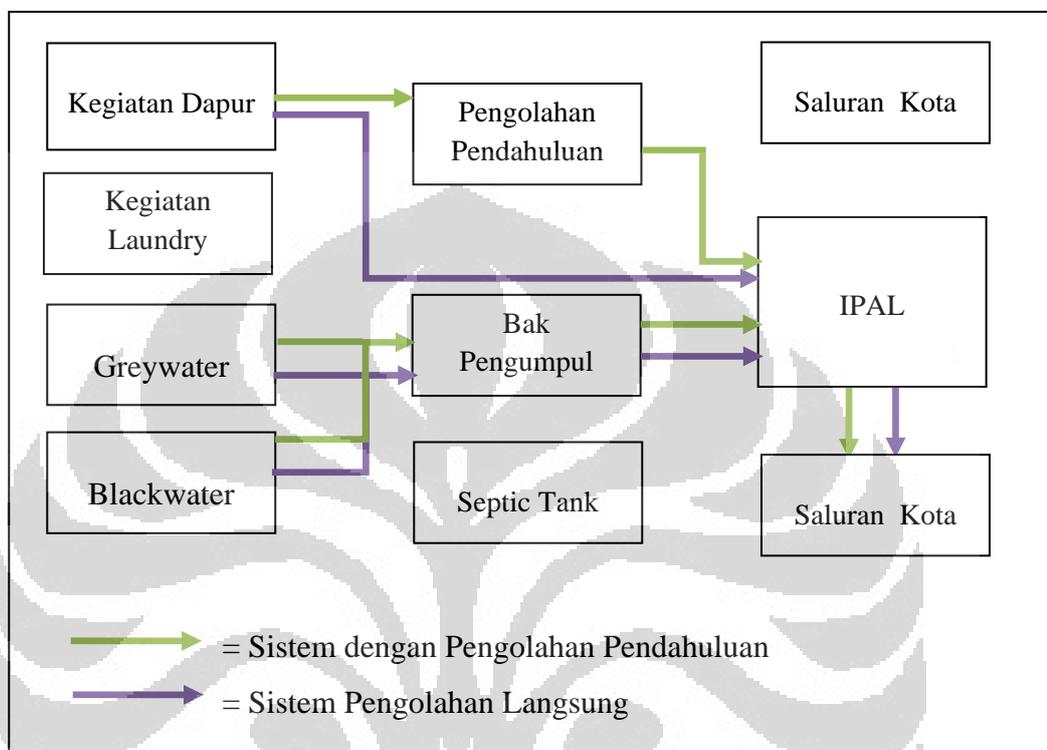
nilai COD sebesar 94,4% dan BOD sebesar 83,3%. Menurut Metcalf & Eddy (2004) pengendapan primer atau prasedimentasi dapat mengurangi 50 sampai 70 persen dari padatan tersuspensi dan dari 25 sampai 40 persen BOD. Pada proses pengolahan air limbah khususnya yang mengandung polutan senyawa organik, untuk menghasilkan pengurangan/*removal* nilai BOD dan COD yang lebih tinggi teknologi yang digunakan sebagian besar menggunakan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan organik tersebut, atau lebih dikenal dengan proses biologis. Selain itu dari segi efisiensi pengolahan air limbah domestik pada instalasi pengolahan air limbah Pertamina Learning Center, tidak menunjukkan performa yang maksimal. Hal ini dikarenakan performa bakteri dan mikroorganisme yang menguraikan senyawa organik melalui pengolahan biologis reaktor biofilter anaerob-aerob pada instalasi pengolahan air limbah Pertamina Learning Center hanya dapat mencapai efisiensi yang maksimal, yaitu 80 – 95% untuk influen dengan kandungan beban organik yang memiliki batas tertentu.

Pada sistem pengolahan kedua, air limbah dari hasil kegiatan domestik maupun hasil kegiatan dapur langsung dialirkan ke instalasi pengolahan, sehingga hanya dibutuhkan satu instalasi pengolahan yang dapat menampung total debit air limbah yang dihasilkan pada gedung Pertamina Maritime Training Center dengan kapasitas sebesar 20 m³/hari.

Kualitas air limbah yang masuk ke instalasi pengolahan merupakan gabungan konsentrasi beban pencemar hasil kegiatan dapur dengan hasil kegiatan domestik, sehingga dihasilkan kualitas beban pencemar yang lebih tinggi untuk masuk ke dalam instalasi pengolahan dibandingkan dengan sistem pengolahan pertama. Hal ini merupakan sebuah keuntungan dimana beban pencemar yang lebih tinggi akan meningkatkan kandungan MLSS pada proses pengolahan biologis yang terdapat pada instalasi pengolahan sehingga dapat meningkatkan performa mikroorganisme yang terdapat didalamnya.

Dari uraian yang telah dijabarkan diatas dapat disimpulkan bahwa sistem pengolahan limbah secara langsung lebih efektif untuk diterapkan pada instalasi pengolahan air limbah Pertamina Maritime Training Center dibandingkan dengan sistem pengolahan dengan menggunakan pengolahan pendahuluan air limbah hasil kegiatan dapur. Namun, pada instalasi pengolahan dibutuhkan unit untuk

mengurangi nilai COD yang dihasilkan dari hasil kegiatan dapur. Oleh karena penyumbang nilai COD sebagian besar berasal dari kegiatan dapur, yaitu berasal dari minyak dan lemak maka dibutuhkan unit pengolahan grease trap sebelum air limbah masuk ke unit pengolahan biologis.



Gambar 4.13 Skema Sistem Pengolahan Rencana

4.6 PEMILIHAN PROSES INSTALASI PENGOLAHAN

Seperti yang telah dijelaskan pada bab metodologi penelitian, telah ditentukan alternatif pemilihan teknologi pengolahan limbah yang sesuai untuk diterapkan pada gedung Pertamina Maritime Training Center, yaitu dengan menggunakan proses pengolahan Rotary Biological Contactor (RBC) atau Activated Sludge tipe Extended Aeration. Pemilihan proses instalasi pengolahan air limbah tersebut meliputi aspek-aspek yang dijabarkan sebagai berikut:

4.6.1 Kebutuhan Lahan

Kebutuhan lahan merupakan aspek terpenting dalam perencanaan instalasi pengolahan air limbah pada Gedung Pertamina Maritime Training Center, hal ini dikarenakan luas lahan yang tersedia untuk dialokasikan pada

pembuatan IPAL sangat terbatas, mengingat letak gedung yang terdapat ditengah-tengah pemukiman padat penduduk dan luas pekarangannya cukup terbatas.

4.6.2 Performansi Unit Pengolahan

Performansi unit pengolahan merupakan kinerja instalasi pengolahan dalam menangani limbah. Hal ini menyangkut efisiensi pengolahan dalam mengurangi beban pencemar serta kerentanan mengalami gangguan disaat terjadi perubahan beban organik dan hidrolis.

4.6.3 Kemudahan Operasi dan Pemeliharaan

Aspek kemudahan dalam operasi dan pemeliharaan mempengaruhi biaya operasi dan pemeliharaan yang dibutuhkan serta keahlian dan jumlah tenaga kerja yang diperlukan untuk mengoperasikan serta memelihara instalasi pengolahan agar tetap menjalankan fungsi dan kegunaannya secara optimum. Biaya operasi ini mencakup biaya bahan bakar atau pelumas, biaya listrik untuk aerator dan sebagainya, peralatan-peralatan mekanis serta biaya pembersihan lumpur.

4.6.4 Biaya Investasi Awal

Biaya investasi awal adalah biaya pembuatan/konstruksi awal instalasi pengolahan yang berupa biaya pembuatan unit, pembelian alat, bahan dan material, serta biaya pompa dan perpipaan.

4.6.5 Residu Hasil Pengolahan

Residu atau hasil sisa pengolahan yaitu lumpur yang dihasilkan dari proses pengolahan. Aspek ini tidak menjadi hal yang diutamakan mengingat kecilnya karakteristik beban pengolahan dan debit air limbah yang dihasilkan gedung Pertamina Maritime Training Center.

Metode pemilihan yang dilakukan adalah dengan membandingkan dan menilai ketiga jenis pengolahan, yaitu Rotary Biological Contactor (RBC), Extended Aeration, dan Biofilter Anaerob-Aerob yang akan diberi nilai (skala 1-3) berdasarkan keunggulannya dari yang tertinggi hingga yang terendah. Kemudian nilai ini akan dikalikan dengan bobot dari masing-masing aspek yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan proses instalasi pengolahan yang telah

ditentukan berdasarkan tingkat prioritasnya. Perhitungannya diberikan pada tabel 4.16 sebagai berikut:

Tabel 4.16 Pemilihan Unit Pengolahan

No.	Kriteria Pemilihan	Bobot (%)	Bobot Penilaian		
			RBC	Extended Aeration	Biofilter Anaerob Aerob
1.	Kebutuhan Lahan	50	2	1	3
2.	Performansi Unit Pengolahan	15	3	2	3
3.	Kemudahan Operasi dan Pemeliharaan	15	1	3	2
4.	Biaya Investasi Awal	15	1	3	2
5.	Residu Hasil Pengolahan	5	2	1	2
	Nilai	100	1,85	2,2	2,6

Sumber: Studi Literatur

Berdasarkan jumlah bobot yang didapatkan, maka disimpulkan bahwa jenis pengolahan Biofilter Anaerob-Aerob merupakan metode yang paling baik untuk diterapkan pada Gedung Pertamina Maritime Training Center, dengan perolehan nilai tertinggi, yaitu sebesar 2,6.

4.7 PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH

Setelah didapatkan jenis proses pengolahan yang akan digunakan berdasarkan pemilihan yang dilakukan, ditentukan kuantitas dan kualitas beban pengolahan yang menjadi dasar perancangan berdasarkan hasil penelitian yang telah didapat sebelumnya.

4.7.1 Kuantitas Pengolahan

Dalam merencanakan instalasi pengolahan air limbah, khususnya untuk menentukan kapasitas instalasi pengolahan dibutuhkan data kuantitas air limbah. Debit rata-rata yang dihasilkan oleh gedung Pertamina Maritime Training Center telah didapat melalui perhitungan pemakaian air bersih gedung Pertamina

Maritime Training Center dan Pertamina Learning Center serta perhitungan effluent instalasi pengolahan air limbah Pertamina Learning Center yang diberikan pada tabel 4.14.

Dalam perancangan instalasi pengolahan digunakan debit air limbah maksimum harian, debit rata-rata air limbah, dan debit puncak air limbah. Ketiga jenis debit tersebut selanjutnya akan mempengaruhi desain dan kapasitas instalasi. Setiap jenis debit akan menjadi pertimbangan utama dalam menentukan desain dan jumlah unit yang akan dibangun dalam instalasi.

Tabel 4.17. Debit Rencana Instalasi Pengolahan

Parameter	Koefisien Pengali*	Nilai	Satuan
Q_{avg}	1	20	m ³ /hari
Q_{max}	2	40	m ³ /hari
Q_{min}	0,4	8	m ³ /hari
Q_{peak}	3	60	m ³ /hari

*) Sumber: Qasim, 1985

4.7.2 Kualitas Pengolahan

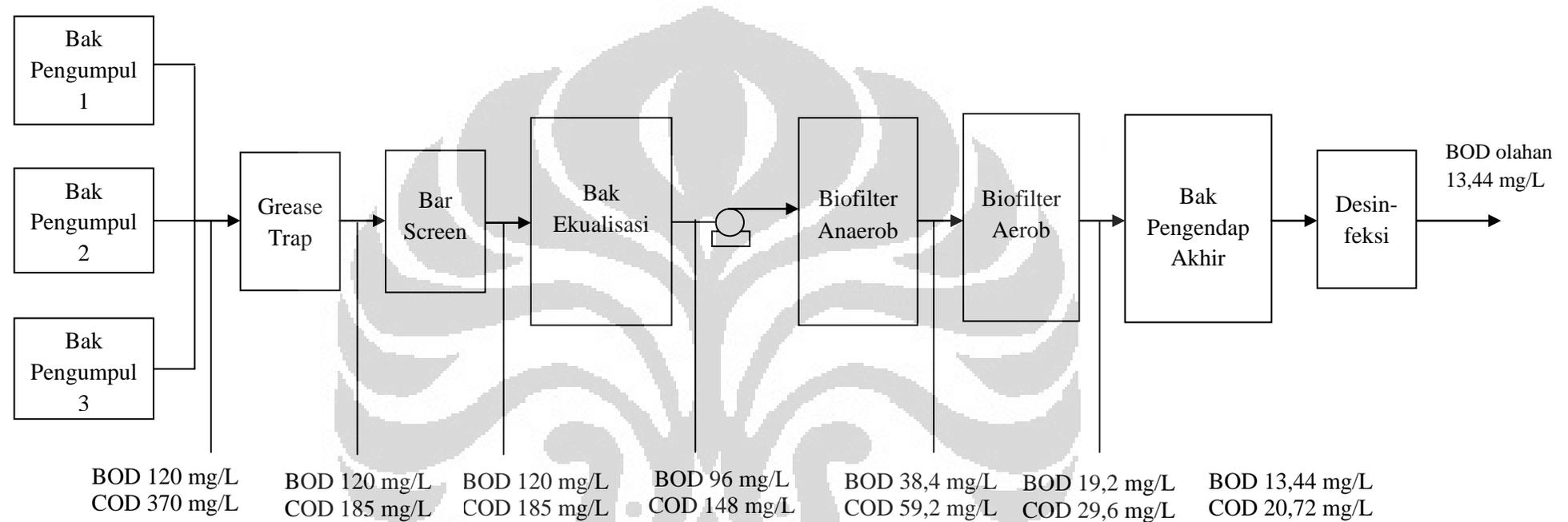
Melalui sistem yang dipilih, yaitu sistem pengolahan secara langsung, didapatkan kualitas limbah dari hasil perhitungan konsentrasi limbah campuran dari dapur Pertamina Maritime Training Center dengan kualitas limbah dari inlet IPAL Gedung Pertamina Learning Center sebagai acuan perancangan IPAL Gedung Pertamina Maritime Training Center. Namun, untuk konsentrasi BOD sebesar 81,77 mg/L dinilai terlalu kecil untuk digunakan pengolahan dengan proses biologis. Sehingga dengan mempertimbangkan faktor keamanan dan mengantisipasi adanya kelebihan BOD loading serta menyeimbangkan persyaratan perbandingan BOD/COD digunakan nilai BOD sebesar 120 mg/L pada rencana instalasi pengolahan.

Berikut ini merupakan pengurangan polutan yang harus diturunkan untuk memenuhi standar baku mutu limbah cair domestic berdasarkan PerGub No. 112 Tahun 2005.

Tabel 4.18. Kualitas Beban Pengolahan

Unit pengolahan	BOD ₅	COD	TSS	NH ₃ N	Organik	Oil & Grease
Grease Trap	120	370	125	20	160	1,2
	-	50%	-	-	-	80%
	120	185	125	20	160	0,24
Bar Screen	120	185	125	20	160	0,24
	-	-	-	-	-	10%
	120	185	125	20	160	0,21
Equalization Tank	120	185	125	20	160	0,21
	20%	20%	-	-	-	10%
	96	148	125	20	160	0,19
Biofilter Anaerob	96	148	125	20	160	0,19
	60%	60%	60%	60%	35%	-
	38,4	59,2	75	8	140	0,19
Biofilter Aerob	38,4	59,2	75	8	140	0,19
	50%	50%	50%	50%	30%	-
	19,2	29,6	37,5	4	98	0,19
Bak Pengendap Akhir	19,2	29,6	37,5	4	98	0,19
	30%	30%	30%	20%	20%	-
	13,44	20,72	9,75	3,2	78,4	0,19
Desinfeksi	13,44	20,72	26,25	3,2	78,4	0,19
	-	-	-	-	-	-
	13,44	20,72	26,25	3,2	78,4	0,19
Baku Mutu Effluen	20 mg/L	80 mg/L	50 mg/L	10 mg/L	85 mg/L	10 mg/L
Keterangan	ok	ok	ok	ok	ok	ok

Sumber: Hasil Analisis



Gambar 4.14. Diagram Alir Pengolahan Limbah Pertamina Maritime Training Center

BAB 5 PERHITUNGAN DESAIN

5.1 PENGOLAHAN PENDAHULUAN

5.1.1 Bak Pemisah Lemak (*Grease Trap*)

a. Kriteria Desain

Kriteria perencanaan unit pemisah lemak dan lemak ini mengacu pada bak pemisah lemak sederhana yang terdapat pada Pergub Provinsi DKI Jakarta No.122 Th. 2005 sebagai berikut:

- Waktu tinggal: 30 – 60 menit
- Minimal terdiri dari dua ruang
- Dipasang sebelum instalasi pengolahan air limbah
- Untuk IPAL kapasitas 6 m³ atau setara 25 orang atau lebih.

b. Perhitungan

- Perhitungan Dimensi

$$Q_{\text{maks}} = 40,68 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,695 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Kedalaman air (H)} = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bak} = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Lebar bak} = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi jagaan} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Volume bak desain} = 0,8 \times 0,8 \times 0,8 = 0,512 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah ruang yang dibutuhkan bak} &= \frac{1,695 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,75 \text{ jam}}{0,512 \text{ m}^3} \times 1 \text{ ruang} \\ &= 2,48 \text{ ruang} \\ &= 3 \text{ ruang} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran pengisian bak} &= \frac{Q}{A} = \frac{1,695 \text{ m}^3/\text{jam}}{(0,8 \times 0,8) \text{ m}^2} = 2,65 \text{ m/jam} \\ &= 7,36 \times 10^{-4} \text{ m/detik} \end{aligned}$$

$$\text{Waktu pengisian seluruh bak} = \frac{3 \times 0,512 \text{ m}^3}{1,695 \text{ m}^3/\text{jam}} = 0,90 \text{ jam} = 54 \text{ menit}$$

- Menentukan karakteristik effluent

$$\begin{aligned}\text{Minyak} &= 1,2 \text{ mg/L} \\ &= 1,2 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \times 40,68 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,0488 \text{ kg/hari} \\ &= 0,05 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Berat jenis minyak diasumsikan $< 1 \text{ kg/cm}^3$ yaitu sekitar $0,8 \text{ kg/cm}^3$

$$\text{Debit endapan minyak} = \frac{\text{Konsentrasi}}{\text{Berat jenis}} = \frac{0,05 \text{ kg/hari}}{0,8 \times 1000 \text{ kg/m}^3} = 6,25 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_{\text{effluent}} = 40,68 \text{ m}^3/\text{hari} - 6,25 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{hari} = 40,679 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Kehilangan tekanan

- Akibat friksi (H_{gs})

$$H_{gs} = \frac{V^2 L}{K_{st} R^{4/3}}, \text{ dimana:}$$

K_{st} = koefisien kekasaran pipa (110 untuk PVC)

L = panjang pipa = 0,6 m

$$R = \text{jari-jari hidrolis} = \frac{D}{4} = \frac{0,254}{4} = 0,0635 \text{ m}$$

$$H_{gs} = \frac{V^2 L}{K_{st} R^{4/3}} = 3 \times \frac{(7,36 \times 10^{-4})^2 \times 0,6}{110 \times 0,0635^{4/3}} = 3,467 \times 10^{-7} \text{ m}$$

- Akibat peralatan (H_L), bend 90°

$$H_L = \xi \times \frac{V^2}{2g}, \text{ dimana:}$$

$$\xi = 1,129$$

$$V = 7,36 \times 10^{-4} \text{ m/det}$$

$$H_L = \xi \times \frac{V^2}{2g} = 3 \times 1,129 \times \frac{(7,36 \times 10^{-4})^2}{2 \times 9,81} = 9,35 \times 10^{-8} \text{ m}$$

5.1.2 Bar Screen

Bar screen yang akan dibuat dalam perencanaan IPAL ini merupakan tipe coarse screen yang dibuat secara manual dengan menggunakan baja tahan karat bediameter 1 cm. Saringan ini dibersihkan berkala secara manual.

a. Kriteria Desain

- Kecepatan aliran yang masuk saringan (v) = 0,3 – 0,6 m/s
- Jarak bukaan antar batang (B) = 25 – 75 mm; (digunakan $B = 25$ mm)
- Diameter kisi (D) = 10 mm
- Sudut kemiringan terhadap horizontal (α) = 45° – 60°; (digunakan $\alpha = 60^\circ$)
- Lebar saluran (b) = 0,5 m
- Kedalaman air pada saluran (d) = 0,3 m

b. Perhitungan

- Perhitungan lebar bukaan dan jumlah batang

Banyaknya celah/bukaan antar batang:

$$n_c = \frac{0,5 - \text{mm}}{(0,025 + 0,010)\text{m}} = 14,28 = 15 \text{ celah}$$

$$\text{Jumlah batang} = n_c - 1 = 15 - 1 = 14 \text{ batang}$$

$$\text{Lebar bukaan efektif} = 14 \times 0,025 \text{ m} = 0,35 \text{ m}$$

$$\text{Panjang batang bar rack yang terendam} = \frac{d}{\sin 60^\circ} = \frac{0,3 \text{ m}}{0,866} = 0,346 \text{ m}$$

- Kehilangan tekanan

$$h_L = \beta \left(\frac{W}{b} \right)^{4/3} h_v \sin \alpha,$$

$$h_v = \frac{v^2}{2g} = \text{velocity head (m)}$$

dimana:

h_L = kehilangan tekanan (head loss) (m)

β = faktor bentuk kisi, untuk kisi berbentuk lingkaran, $\beta = 1,79$

W = diameter kisi yang menghadap arah aliran (m)

b = jarak antara kisi (m)

α = sudut perletakan kisi terhadap horizontal (°)

v = kecepatan aliran (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

$$\text{Maka, } h_L = 1,79 \left(\frac{0,01 \text{ m}}{0,025 \text{ m}} \right)^{4/3} \times \frac{0,3 \text{ m/s}}{2 \times 9,81 \text{ m/s}^2} \times \sin 60^\circ$$

$$= 6,9 \times 10^{-3} \text{ m}$$

5.1.3 Bak Ekualisasi

a. Kriteria Desain

Tabel 5.1 Kriteria Desain Bak Ekualisasi

Parameter	Satuan	Nilai
Kedalaman minimum	m	1,5 – 2
Ambang bebas	m	1
Laju pemompaan udara	m ³ /m ³ -menit	0,01 – 0,015

Sumber: Metcalf & Eddy, 2004

b. Perhitungan

- Perhitungan Dimensi

$$Q_{\text{peak}} = 2,542 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Waktu pengisian bak } (t_d) = 2 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak maksimum} &= Q_{\text{peak}} \cdot t_d = 2,542 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ jam} \\ &= 5,084 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Diambil: Panjang bak} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar bak} = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman bak} = \frac{V}{A_{\text{penampang}}} = \frac{5,084 \text{ m}^3}{2 \text{ m}^2} = 1,69 \text{ m} \approx 1,7 \text{ m}$$

Karena debit relatif kecil, untuk tinggi jagaan diambil 0,3 m, sehingga total kedalaman bak = kedalaman air + tinggi jagaan = 2 m

- Struktur Inlet

Struktur inlet menggunakan pipa berdiameter 4 inci.

- Struktur Outlet

Struktur outlet menggunakan pipa berdiameter 4 inci untuk menyesuaikan dengan spesifikasi diameter hisap dan diameter outlet pompa. Pompa yang digunakan adalah jenis pompa celup (submersible pump) dengan kapasitas 15 – 30 liter per menit atau 1,7 m³/jam digunakan untuk mentransfer air limbah dari tangki ekualisasi ke tangki prasedimentasi.

- Laju Pemompaan

$$\begin{aligned} \text{Laju pemompaan yang dibutuhkan} &= \text{laju pemompaan} \times \text{volume bak maks} \\ &= 0,01 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{-menit} \times (1,5 \times 0,75 \times 1,5) \text{ m}^3 \\ &= 0,0168 \text{ m}^3/\text{menit} \end{aligned}$$

5.2 PENGOLAHAN SEKUNDER

5.2.1 Biofilter Anaerobik

a. Kriteria Desain

- Kapasitas Rencana : 40,68 m³/hari
- BOD Masuk : 100 mg/L
- Efisiensi Pengolahan : 60%
- BOD Keluar : 40 mg/L
- Untuk pengolahan air dengan proses biofilter standar, beban BOD per volume media = 0,4 – 4,7 kg BOD/m³.hari
Ditetapkan beban pengolahan BOD yang digunakan = 1,0 kg BOD/m³.hari

b. Perhitungan

- Beban BOD di dalam air limbah = 40,68 m³/hari x 100 g/m³ = 4.068 g/hari
= 4,068 kg/hari
- Jumlah BOD yang dihilangkan = 0,6 x 4,068 kg/hari = 2,44 kg/hari
- Beban BOD per volume media yang digunakan = 1,0 kg/m³.hari
- Volume media yang diperlukan = $\frac{4,068 \text{ kg/hari}}{1,0 \text{ kg/m}^3\text{.hari}} = 4,068 \text{ m}^3$
- Volume media = 60 % dari total volume reaktor, maka volume reaktor biofilter anaerob yang diperlukan = $\frac{10}{6} \times 4,068 \text{ m}^3 = 6,78 \text{ m}^3$
- Waktu tinggal yang dibutuhkan = $\frac{6,78 \text{ m}^3}{40,68 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari}$
= 4 jam
- Dimensi Reaktor Biofilter Anaerob

Lebar	: 1,5 m
Panjang	: 2,0 m

$$\begin{aligned}
 \text{Kedalaman} & : 2,5 \text{ m} \\
 \text{Tinggi ruang bebas} & : \frac{V_{\text{reaktor}} - V_{\text{dibutuhkan}}}{A} \\
 & : \frac{(1,5 \times 2,0 \times 2,5) \text{ m}^3 - 6,78 \text{ m}^3}{(1,5 \times 2,0)} \\
 & : 0,25 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman air efektif} & : 2,25 \text{ m} \\
 \text{Jumlah ruang} & : 1
 \end{aligned}$$

- Cek:

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu tinggal rata-rata} & : \frac{(1,5 \times 2,0 \times 2,25) \text{ m}^3}{40,68 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari} \\
 & : 3,98 \text{ jam} \\
 \text{Tinggi ruang lumpur} & : 0,3 \text{ m} \\
 \text{Tinggi bed media pembiakan mikroba} & : \frac{V_{\text{media}}}{A_{\text{efektif}}} = \frac{4,068 \text{ m}^3}{(1,35 \times 2) \text{ m}^2} = 1,50 \text{ m} \\
 \text{Tinggi air di atas bed media maksimum} & : 0,25 \text{ m} \\
 \text{Volume media pada biofilter anaerob} & : 4,068 \text{ m}^3 \\
 \text{Beban BOD per volume media} & : \frac{\text{Beban BOD}}{A} = \frac{4,068 \text{ kg BOD/hari}}{(4,068) \text{ m}^3} \\
 & = 1 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari}
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan desain saat terjadi *shock loading*

Pada perencanaan desain suatu instalasi pengolahan sebaiknya juga diperhatikan antisipasi terjadinya penambahan beban yang tidak terduga di kemudian hari (*shock loading*), sehingga desain yang telah dibuat dapat menunjang kelebihan beban yang ada.

$$\text{Pada saat BOD}_5 = 200 \text{ mg/L}$$

$$\text{Efisiensi Pengolahan} = 60\%$$

$$\text{BOD Keluar} = 80 \text{ mg/L}$$

- Beban BOD di dalam air limbah = $40,68 \text{ m}^3/\text{hari} \times 200 \text{ g/m}^3 = 8.136 \text{ g/hari}$
 $= 8,136 \text{ kg/hari}$

- Jumlah BOD yang dihilangkan = $0,6 \times 8,136 \text{ kg/hari} = 4,88 \text{ kg/hari}$
- Cek:

$$\text{Waktu tinggal rata-rata} : \frac{(1,5 \times 2,0 \times 2,25) \text{ m}^3}{40,68 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari}$$

$$: 3,98 \text{ jam}$$

$$\text{Tinggi ruang lumpur} : 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi bed media pembiakan mikroba} : \frac{V_{\text{media}}}{A_{\text{efektif}}} = \frac{4,068 \text{ m}^3}{(1,35 \times 2) \text{ m}^2} = 1,50 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi air di atas bed media maksimum} : 0,25 \text{ m}$$

$$\text{Volume media pada biofilter anaerob} : 4,068 \text{ m}^3$$

$$\text{Beban BOD per volume media} : \frac{\text{Beban BOD}}{A} = \frac{8,136 \text{ kg BOD/hari}}{(4,068) \text{ m}^3}$$

$$= 2 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari}^*$$

*Standar high rate trickling filter: $0,4 - 4,7 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari}$ (Metcalf & Eddy, 2004)

5.2.2 Biofilter Aerobik

a. Kriteria Desain

- Kapasitas Rencana : $40,68 \text{ m}^3/\text{hari}$
- BOD Masuk : 40 mg/L
- Efisiensi Pengolahan : 50%
- BOD Keluar : 20 mg/L

- Untuk pengolahan air dengan proses biofilter standar, beban BOD per volume media = $0,4 - 4,7 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari}$

Ditetapkan beban pengolahan BOD yang digunakan = $1,0 \text{ kg BOD/m}^3 \cdot \text{hari}$

b. Perhitungan Desain

- Beban BOD di dalam air limbah = $40,68 \text{ m}^3/\text{hari} \times 40 \text{ g/m}^3 = 1.627,2 \text{ g/hari}$
= $1,63 \text{ kg/hari}$
- Jumlah BOD yang dihilangkan = $0,5 \times 1,63 \text{ kg/hari} = 0,815 \text{ kg/hari}$
- Beban BOD per volume media yang digunakan = $1,0 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}$

- Volume media yang diperlukan = $\frac{1,63 \text{ kg/hari}}{1,0 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}} = 1,63 \text{ m}^3$
- Volume media = 50 % dari total volume reaktor, maka volume reaktor biofilter aerob yang diperlukan = $\frac{10}{5} \times 1,63 \text{ m}^3 = 3,26 \text{ m}^3$
- Waktu tinggal yang dibutuhkan = $\frac{3,26 \text{ m}^3}{40,68 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari}$
= 1,92 jam
- Dimensi Reaktor Biofilter Aerob
 - Lebar : 1,5 m
 - Panjang : 1,2 m
 - Kedalaman : 2,0 m
 - Tinggi ruang bebas : $\frac{V_{\text{reaktor}} - V_{\text{dibutuhkan}}}{A}$
: $\frac{(1,5 \times 1,2 \times 2,0) \text{ m}^3 - 3,26 \text{ m}^3}{(1,5 \times 1,2)}$
: 0,2 m
 - Kedalaman air efektif : 1,8 m
- Cek:
 - Waktu tinggal total rata-rata : $\frac{(1,5 \times 1,2 \times 1,8) \text{ m}^3}{40,68 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari}$
: 1,91 jam
 - Tinggi ruang lumpur : 0,3 m
 - Tinggi bed media pembiakan mikroba : $\frac{V_{\text{media}}}{A_{\text{efektif}}} = \frac{1,63 \text{ m}^3}{(1,35 \times 1,2) \text{ m}^2} = 1,0 \text{ m}$
 - Tinggi air di atas bed media maksimum : 0,3 m
 - Volume media pada biofilter anaerob : 1,63 m³
- Kebutuhan Oksigen

Kebutuhan oksigen di dalam reaktor biofilter aerob sebanding dengan jumlah oksigen yang dihilangkan. Sehingga kebutuhan teoritis = jumlah BOD yang dihilangkan = 0,815 kg/hari.

 - Faktor keamanan ditetapkan: $\pm 1,4$

- Kebutuhan Oksigen Teoritis = $1,4 \times 0,815 \text{ kg/hari}$
= $1,141 \text{ kg/hari}$
- Temperatur udara rata-rata = 28°C
- Berat udara pada suhu 28°C = $1,1725 \text{ kg/m}^3$
- Diasumsikan jumlah oksigen didalam udara 23,2%, sehingga:
- Jumlah kebutuhan udara teoritis = $\frac{1,141 \text{ kg/hari}}{1,1725 \text{ kg/m}^3 \times 0,232 \text{ g O}_2/\text{g udara}}$
= $4,19 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Efisiensi diffuser = 2,5 %
- Kebutuhan udara aktual = $\frac{4,19 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,025} = 167,78 \text{ m}^3/\text{hari}$
= $0,1165 \text{ m}^3/\text{menit}$
- Cek:
 - Ratio volume udara/volume air limbah = $\frac{0,1165 \text{ m}^3/\text{menit}}{0,02825 \text{ m}^3/\text{menit}} = 4,12$
 - Blower udara yang diperlukan:
Jika efisiensi blower dianggap 60%, maka diperlukan blower dengan spesifikasi sebagai berikut:
Kapasitas = $0,1165 \text{ m}^3/\text{menit}$
Total Head = 2 m
Jumlah = 2 unit
 - Diffuser:
Total transfer udara = $0,1165 \text{ m}^3/\text{menit}$
Tipe diffuser yang digunakan = diffuser gelembung kasar

c. Perhitungan desain saat terjadi *shock loading*

- Pada saat BOD_5 = 80 mg/L
- Efisiensi Pengolahan = 50%
- BOD Keluar = 40 mg/L
- Beban BOD di dalam air limbah = $40,68 \text{ m}^3/\text{hari} \times 80 \text{ g/m}^3 = 3254,4 \text{ g/hari}$
= $3,254 \text{ kg/hari}$
- Jumlah BOD yang dihilangkan = $0,5 \times 3,254 \text{ kg/hari} = 1,627 \text{ kg/hari}$

- Cek:

$$\begin{aligned} \text{Waktu tinggal total rata-rata} &: \frac{(1,5 \times 1,2 \times 1,8) \text{ m}^3}{40,68 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari} \\ &: 1,91 \text{ jam} \\ \text{Tinggi ruang lumpur} &: 0,2 \text{ m} \\ \text{Tinggi bed media pembiakan mikroba} &: \frac{V_{\text{media}}}{A_{\text{efektif}}} = \frac{1,63 \text{ m}^3}{(1,35 \times 1,2) \text{ m}^2} = 1,0 \text{ m} \\ \text{Tinggi air di atas bed media maksimum} &: 0,3 \text{ m} \\ \text{Volume media pada biofilter anaerob} &: 1,63 \text{ m}^3 \\ \text{Beban BOD per volume media} &: \frac{\text{Beban BOD}}{A} = \frac{3,254 \text{ kg BOD/hari}}{(3,21) \text{ m}^3} \\ &= 1,01 \text{ kg BOD/m}^3\text{hari}^* \end{aligned}$$

*Standar high rate trickling filter: 0,4 – 4,7 kg BOD/m³.hari (Metcalf & Eddy, 2004)

5.2.3 Secondary Clarifier (Bak Pengendap Akhir)

a. Kriteria Desain

- Waktu detensi = 1 – 2 jam (Qasim, 1985)
- Overflow rate (V_o) = 30 – 50 m³/m².hari (Qasim, 1985)
ditentukan: 30 m³/m².hari

b. Data Perencanaan

- $Q_{\text{maks}} = 40,68 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Rasio panjang : lebar = 1 : 1
- Konsentrasi solid = 4,5 %
- Berat jenis solid = $1,03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

c. Perhitungan

- Menghitung influen bak pengendap akhir

$$Q_{\text{maks}} = 40,68 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,47 \text{ L/det}$$

$$\text{BOD influen} = 20 \text{ mg/L}$$

$$= 20 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \times 40,68 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,81 \text{ kg/hari}$$

$$\begin{aligned}
 \text{TSS influen} &= 37,5 \text{ mg/L} \\
 &= 37,5 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \times 40,68 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 1,52 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan karakteristik lumpur bak pengendap akhir

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi} &= 30\% \times \text{BOD}_{\text{disisihkan}} \\
 &= 30\% \times \text{TSS}_{\text{disisihkan}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BOD}_{\text{removal}} &= 30\% \times 0,81 \text{ kg/hari} \\
 &= 0,243 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{TSS}_{\text{removal}} &= 30\% \times 1,52 \text{ kg/hari} \\
 &= 0,456 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Debit lumpur} &= \frac{\text{SS}_{\text{removal}}}{\text{Konsentrasi solid} \times \text{Berat jenis}} \\
 &= \frac{0,456 \text{ kg/hari}}{4,5\% \times 1,03 \times 1000 \text{ kg/m}^3} \\
 &= 0,00983 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan debit, BOD₅, COD dan TSS dalam effluent bak pengendap akhir

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{effluent}} &= 40,68 \text{ m}^3/\text{hari} - 0,00983 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 40,67 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BOD}_5 &= 0,81 \text{ kg/hari} - 0,243 \text{ kg/hari} = 0,567 \text{ kg/hari} \\
 &= \frac{0,567 \text{ kg/hari}}{40,67 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 1000 \text{ gr/kg} = 13,94 \text{ gr/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{TSS} &= 1,52 \text{ kg/hari} - 0,456 \text{ kg/hari} = 1,064 \text{ kg/hari} \\
 &= \frac{1,064 \text{ kg/hari}}{40,67 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 1000 \text{ gr/kg} = 26,16 \text{ gr/m}^3
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Dimensi Bak Sedimentasi

Diambil:

Perbandingan panjang dan lebar = 1 : 1

- Menghitung luas permukaan

$$A = \frac{Q}{V_o} = \frac{0,47 \text{ L/det} \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{L} \times 86400 \text{ det/hari}}{30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ hari}}$$

$$=1,353 \text{ m}^2$$

- Menghitung panjang, lebar dan kedalaman bak

$$P = L$$

$$A = L^2$$

$$1,353 = L^2$$

$$L = P = \sqrt{1,353} = 1,163 \approx 1,2 \text{ m}$$

Kedalaman bak diambil = 1 m

Dengan tinggi jagaan = 0,5 m

$$\text{Volume bak} = 1,2 \times 1,2 \times 1 \text{ m} = 1,44 \text{ m}^3$$

- Memeriksa *overflow rate*

$$\text{Overflow rate pada } Q_{\text{desain}} = \frac{4,7 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{det} \times 86400 \text{ det/hari}}{(1,2 \times 1,2) \text{ m}^2}$$

$$= 28,2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$$

$$\text{Overflow rate pada } Q_{\text{peak}} = \frac{7,06 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{det} \times 86400 \text{ det/hari}}{(1,2 \times 1,2) \text{ m}^2}$$

$$= 42,36 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$$

- Menghitung waktu detensi

Waktu detensi saat $Q_{\text{rata-rata}}$

$$t_d = \frac{V_{\text{bak}}}{Q} = \frac{1,44 \text{ m}^3}{0,8475 \text{ m}^3/\text{jam}} = 1,699 = 1,7 \text{ jam}$$

Waktu detensi saat Q_{peak}

$$t_d = \frac{V_{\text{bak}}}{Q} = \frac{1,44 \text{ m}^3}{2,5425 \text{ m}^3/\text{jam}} = 0,566 \text{ jam}$$

- Perhitungan ruang lumpur

$$\text{Volume lumpur dalam 1 hari} = 0,0658 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1 \text{ hari} = 0,0658 \text{ m}^3$$

Dimensi alas ruang lumpur ditetapkan:

$$P = 0,3 \text{ m}$$

$$L = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Luas alas ruang lumpur} = 0,3 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} = 0,09 \text{ m}^2$$

Asumsi ruang lumpur terisi penuh selama ± 7 hari, maka

$$\text{Kedalaman ruang lumpur} = \frac{V_{\text{lumpur}}}{A} = \frac{0,00453 \text{ m}^3/\text{hari} \times 7 \text{ hari}}{0,09 \text{ m}^2}$$

$$= 0,35 \text{ m}$$

- Struktur Outlet

Ditetapkan lebar pelimpah (weir) = 10 cm

Panjang pelimpah (weir) = 100 cm x 4 = 400 cm

Disediakan kedalaman v notch 2 cm dengan jarak 10 cm dari pusat ke pusat

$$\text{Jumlah notch} = \frac{100}{10} \times 4 = 40 \text{ notch}$$

5.2.4 Desinfeksi

a. Kriteria Desain

- pH optimum = 6 – 7
- Aliran merata
- Dosis desinfeksi yang diberikan = 2 – 8 mg/L
- Waktu kontak 15 – 45 menit;
- Kadar klor dalam kaporit 70%
- Berat jenis kaporit (ρ) = 0,8 – 0,88 kg/L

b. Perhitungan

- Menghitung influen bak pengendap akhir

Debit dari secondary clarifier, $Q = 40,67 \text{ m}^3/\text{hari} = 1,69 \text{ m}^3/\text{jam}$

Dosis yang diberikan = 2 mg/L

Kebutuhan klor = Debit x dosis klor

$$= 40,67 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,002 \text{ kg/m}^3$$

$$= 0,081 \text{ kg/hari}$$

- Kebutuhan kaporit dalam larutan = $\frac{\text{berat klor}}{\text{kadar klor}} = \frac{0,081 \text{ kg/hari}}{0,7}$

$$= 0,1162 \text{ kg/hari}$$

- Dimensi bak kontak pada Q_{peak}

- Memilih susunan ruang dan dimensi

Ruang kontak klorinasi dibuat memiliki tiga putaran keliling susunan baffle dengan dimensi dan pengaturannya, seperti berikut:

$$V_{\text{bak}} = Q \times t = 1,69 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,5 \text{ jam} = 0,85 \text{ m}^3$$

Ditetapkan:

Panjang putaran keliling ruang kontak = 2,5 m

Lebar = 0,25 m

Total Kedalaman = 1,5 m

Tinggi jagaan = 0,2 m

- Menghitung ruang kontak pada Q_{peak}

$$\text{Waktu kontak pada } Q_{\text{peak}} (t) = \frac{V_{\text{bak klorinasi}}}{Q_{\text{peak}}} = \frac{(2,5 \times 0,25 \times 1,3) \text{m}^3}{1,69 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$= 0,48 \text{ jam}$$

5.3 REKAPITULASI DESAIN

5.3.1 Waktu Detensi Instalasi Pengolahan Air Limbah

Dari perhitungan desain yang telah dilakukan didapatkan jumlah waktu detensi air limbah pada masing-masing unit pengolahan pada instalasi pengolahan air limbah Pertamina Maritime Training Center sebagai berikut.

Tabel 5.2 Rekapitulasi Waktu Detensi pada Unit Pengolahan

No.	Unit Pengolahan	Waktu Tinggal	Satuan
1.	Bak Pemisah Minyak	0,9	jam
2.	Bak Ekualisasi	2,0	jam
3.	Reaktor Biofilter Anaerob	4,0	jam
4.	Reaktor Biofilter Aerob	1,9	jam
5.	Bak Pengendapan Akhir	1,7	jam
6.	Bak Klorinasi	0,5	jam
	Total	11	jam

Sumber: Hasil Perhitungan

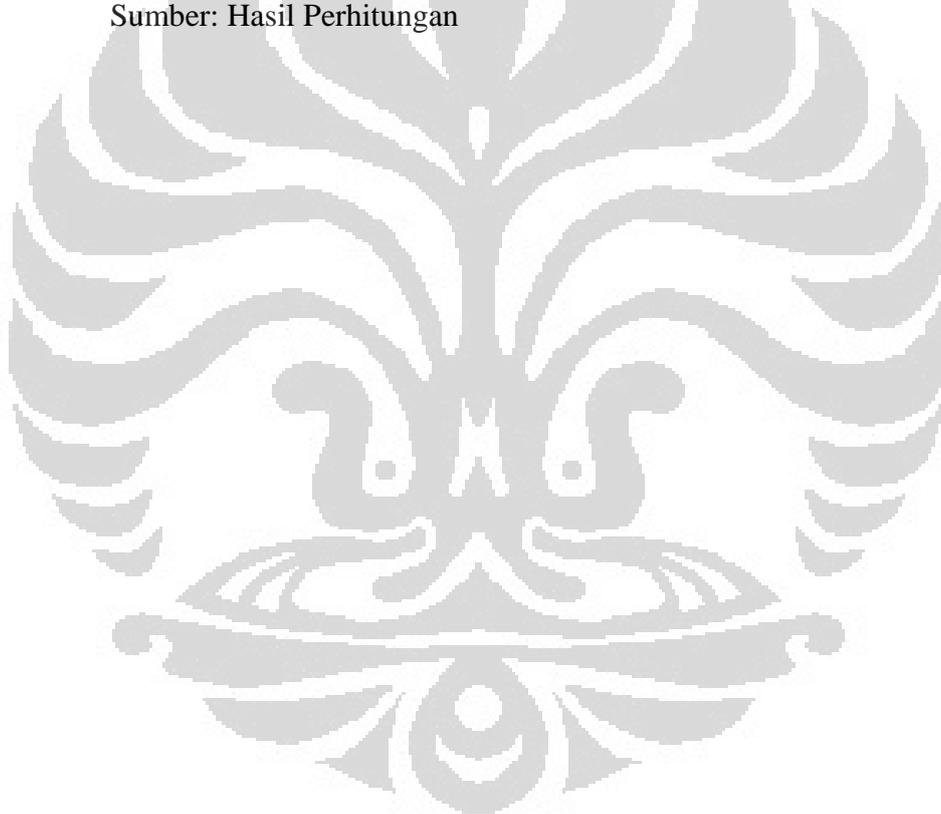
5.3.2 Luas Kebutuhan Lahan Instalasi Pengolahan Air Limbah

Gedung Pertamina Maritime Training Center memiliki luas tanah sebesar 3.893 m² dengan luas bangunan sebesar 3.780 m² sehingga luas tanah terbuka yang tersedia hanya sebesar 113 m² yang sudah termasuk lahan parkir seluas ± 90 m² dan luas lahan yang dapat digunakan untuk instalasi pengolahan hanya sebesar 23 m². Tabel 5.3 berikut ini merupakan perkiraan luas lahan rencana instalasi pengolahan air limbah yang dibutuhkan.

Tabel 5.3 Rekapitulasi Luas Kebutuhan Lahan Unit Pengolahan

No.	Unit Pengolahan	Luas Lahan	Satuan
1.	Bak Pemisah Minyak	2,4	m ²
2.	Bak Ekualisasi	3,0	m ²
3.	Reaktor Biofilter Anaerob	3,0	m ²
4.	Reaktor Biofilter Aerob	1,8	m ²
5.	Bak Pengendapan Akhir	1,44	m ²
6.	Bak Klorinasi	0,8	m ²
	Total	12,44	m²

Sumber: Hasil Perhitungan



5.4 SPESIFIKASI TEKNIS

5.4.1 Bak Pemisah Minyak (Grease Tank)

Dimensi bak:

Panjang	: 2,4 m
Lebar	: 0,8 m
Kedalaman	: 0,8 m
Tinggi ruang bebas	: 0,2 m
Bahan	: Beton K-275
Volume	: 1,628 m ³

5.4.2 Bar Screen

Dimensi saluran:

Panjang	: 0,7
Lebar	: 0,5
Kedalaman	: 0,3
Bahan	: Beton K-275
Volume	: 0,182 m ³

Batang saringan:

Panjang	: 30 cm
Diameter	: 1 cm
Jumlah	: 14 batang
Total panjang	: 4,2 m

5.4.3 Bak Ekualisasi

Dimensi bak:

Panjang	: 2 m
Lebar	: 1,5 m
Kedalaman	: 1,7 m
Tinggi ruang bebas	: 0,3 m
Bahan	: Beton K-275
Volume	: 2,15 m ³

Pompa Air Limbah:

Jenis Pompa	: Submersible Pump
Kapasitas	: 15 – 30 liter/menit
Total listrik	: 100 watt
Total Head	: 2 meter
Jumlah	: 1 unit

5.4.4 Unit Reaktor Biofilter Anaerob

Dimensi reaktor:

Panjang	: 2 m
Lebar	: 1,5 m
Kedalaman	: 2,5 m
Bahan	: Beton K-275
Volume	: 2,82 m ³

5.4.5 Unit Reaktor Biofilter Aerob

Dimensi reaktor:

Panjang	: 1,2 m
Lebar	: 1,5 m
Kedalaman	: 2,0 m
Bahan	: Beton K-275
Volume	: 1,44 m ³

5.4.6 Bak Pengendapan Akhir

Dimensi bak:

Panjang	: 1,2 m
Lebar	: 1,2 m
Kedalaman	: 1 m
Tinggi ruang bebas	: 0,5 m
Bahan	: Beton K-275
Volume	: 0,92 m ³

5.4.7 Bak Klorinasi

Dimensi bak:

Panjang	: 1,0 m
Lebar	: 0,8 m
Kedalaman	: 1,5 m
Tinggi ruang bebas	: 0,5 m
Bahan	: Beton K-275
Volume	: 0,84 m ³

5.4.8 Media Pembiakan Mikroba

Material	: PVC sheet
Ketebalan	: 0,15 – 0,23 mm
Luas kontak spesifik	: 200 – 226 m ² /m ³
Diameter lubang	: 2 cm x 2 cm
Warna	: Bening/transparan
Berat spasifik	: 30 – 35 kg/m ³
Porositas rongga	: 0,98
Jumlah	: 5,7 m ³

5.4.9 Blower Udara

Tipe	: HIBLOW 60
Kapasitas	: 60 liter per menit
Listrik	: 100 watt, 220 volt
Jumlah	: 2 unit

BAB 6 PENUTUP

6.1 KESIMPULAN

1. Karakteristik limbah yang dihasilkan dari gedung Pertamina Learning Center dan Pertamina Maritime Training Center adalah sebagai berikut:

- Rata-rata jumlah air limbah yang dihasilkan di Komplek Gedung Pertamina Learning Center berdasarkan jumlah pemakaian air bersih adalah sebesar 43,12 L/orang.hari, dan berdasarkan perhitungan efluen IPAL yaitu sebesar 41,7 L/orang.hari, sedangkan rata-rata jumlah air limbah yang dihasilkan di Gedung Pertamina Maritime Training Center berdasarkan jumlah pemakaian air bersih adalah sebesar 32,7 L/orang.hari.
- Kualitas influen dan efluen dari IPAL Pertamina Learning Center adalah sebagai berikut:

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji	
			Inlet	Outlet
1	pH		7.7	7.2
2	Organik (KMnO ₄)	mg/L	49.33	15.11
3	Zat padat tersuspensi	mg/L	27.0	10.0
4	Ammonia	mg/L	22.08	0.36
5	Minyak dan lemak	mg/L	<1.13	<1.13
6	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	0.03	<0.03
7	COD (Dichromat)	mg/L	64.53	40.00
8	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	34.37	7.82
9	PO ₄ (Fosfat)	mg/L	2.00	0.38

- Kualitas limbah dapur Gedung Pertamina Maritime Training Center adalah sebagai berikut:

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji
1	pH		5.6
2	Organik (KMnO ₄)	mg/L	447.38
3	Zat padat tersuspensi	mg/L	391.0
4	Ammonia	mg/L	4.50
5	Minyak dan lemak	mg/L	1.29
6	Senyawa Aktif Biru Metilen	mg/L	2.78
7	COD (Dichromat)	mg/L	1165.38
8	BOD (20°C, 5 hari)	mg/L	206.75
9	PO ₄ (Fosfat)	mg/L	1.62

2. Efisiensi IPAL Pertamina Learning Center berdasarkan perhitungan removal beban pencemar menunjukkan nilai yang cenderung kecil dikarenakan beban organik yang masuk ke IPAL cenderung kecil sehingga menyebabkan kurang maksimalnya performa proses pengolahan. Tidak adanya bar screen dan unit fish pool tank yang kurang direncanakan dengan baik menyebabkan operasional instalasi pengolahan kurang berjalan dengan baik. Sistem pengolahan yang sesuai untuk diterapkan pada gedung Pertamina Maritime Training Center adalah pengolahan secara langsung menggunakan proses Biofilter Anaerob-Aerob dengan perolehan bobot tertinggi dibandingkan RBC dan Extended Aeration sebagai alternatif, yaitu 2,6.
3. Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah Pertamina Maritime Training Center adalah sebagai berikut:
 - Instalasi Pengolahan Air Limbah Pertamina Maritime Training Center dirancang dengan debit harian maksimum sebesar 40 m³ per hari, debit rata-rata sebesar 20 m³ per hari dan debit puncak sebesar 60 m³/hari.

- Unit-unit pengolahan yang direncanakan terdapat pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Pertamina Maritime Training Center terdiri dari bak pemisah minyak dan lemak, bar screen, bak ekualisasi, reaktor biofilter anaerob, reaktor biofilter aerob, bak pengendap akhir dan desinfeksi.
- Instalasi pengolahan Pertamina Maritime Training Center dirancang untuk melakukan pengolahan dengan konsentrasi BOD influen sebesar 120 mg/L dan dapat menerima konsentrasi beban loading hingga 200 mg/L.
- Instalasi pengolahan Pertamina Maritime Training Center pengolahan dirancang dengan memiliki waktu tinggal total sebesar 11 jam dengan luas kebutuhan lahan total sebesar 12,44 m².

6.2 SARAN

- Menambahkan bar screen pada instalasi pengolahan air limbah Pertamina Learning Center
- Memperbaiki dan menata ulang tata letak unit fish pool tank pada instalasi pengolahan air limbah Pertamina Learning Center.
- Menyalurkan air limbah hasil kegiatan dapur Pertamina Residence, Pertamina Learning Center ke IPAL Pertamina Learning Center.

DAFTAR REFERENSI

- Alaerts, G dan Santika, SS. 1987. *Metoda Penelitian Air*. Usaha Nasional, Surabaya.
- Ali, Firdaus. 2008. *Konsep Standar Pengelolaan Air Limbah di Provinsi DKI Jakarta*. Jakarta. Dinas Pekerjaan Umum DKI Jakarta. PT. Tribina Buana
- Anonim. 2003. Sodium Tripolyphosphate (STPP) CAS: 7758-29-4. *Human & Environmental Risk Assessment on ingredients of European household cleaning products (HERA)*. <http://www.heraproject.com/files/13-F-04-%20HERA%20STPP%20full%20web%20wd.pdf>
- Standard Method. (1998). *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater* (20th ed.). Washington, D.C. American Public Health Association.
- Chapman. (1996). *Water Quality Assessment: A Guide to The Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring* (2nd ed.) London: E&FN SPON
- Davis, L. Mackenzie and David A. Cornwell. (1985). *Introduction to Enviromental Engineering. Second edition*. United State of Amerika: PWS Publisher.
- Gerardi, Michael H. (2002). *Nitrification and Denitrification in the Activated Sludge Process*. John Wiley & Sons, inc.,
- Hammer, Mark J. & Jr, Mark J. Hammer. (2008). *Water and Wastewater Technology*. New Jersey: Pearson Prentice Hall
- Ignasius DA, Sutapa. (1999). *Lumpur Aktif : Alternatif Pengolah Limbah Cair*. Cibinong: Jurnal Studi Pembangunan, Kemasyarakatan & Lingkungan Peneliti Puslitbang Limnologi-LIPI.
- Japan International Cooperation Agency (JICA). 1990. *The Study of Urban Drainage and Waste Water Disposal Project In The City Of Jakarta*.
- Mahida, U.N. 1984. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Jakarta. CV Rajawali
- Metcalf & Eddy, Inc., Tchobanoglous, G., Burton, F.L., & Stensel, H.D. (2004). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse* (4th ed.). Singapore: Mc. Graw Hill

- Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 122 Tahun 2005 Tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik di Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta
- Pujol, B., Sagberg, P., Lemmel, H., Hamon, M. (1994). The Use of Reagents in Up-flow submerged Biofilters. *Chemical Water and Wastewater III*. 221-229.
- Qasim, Syed R. (1985). *Waswater Treatment Plants Planning, Design, and Operations*. USA: CB.S College Publishing
- Reynolds, Tom D. & Richards, Paul A. (1996). *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering* (2nd ed.). USA: International Thompson Publishing
- Said, Nusa Idaman. (2008). *Pengelolaan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta 'Tinjauan Permasalahan, Strategi dan Teknologi Pengolahan'*. Jakarta: Pusat Teknologi Lingkungan Deputi Bidang Teknologi Pengembangan Sumberdaya Alam Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Said dan Ineza. (2002). *Uji Performance Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Proses Biofilter Tercelup*. Jakarta: Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan.
- Sawyer, Clair N & Mc. Carty, Perry L. (2003). *Chemistry for Environmental Engineering and Science*, (5th edition). Singapore: Mc Graw Hill
- Sugiharto, 1987. *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: UI Press
- Widayat, Wahyu & Nusa Idaman Said. (2005). Rancang Bangun Paket IPAL Rumah Sakit dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob, Kapasitas 20-30 m³ Per Hari

Lampiran 1 Karakteristik operasional proses pengolahan air limbah dengan proses biologis

JENIS PROSES		EFISIENSI PENGHILANGAN BOD (%)	KETERANGAN
PROSES BIOMASSA TERSUSPENSII	Lumpur Aktif Standar	85-95	-
	Step Aeration	85-95	Digunakan untuk beban pengolahan yang besar
	Modified Aeration	60-75	Untuk pengolahan dengan kualitas air olahan sedang.
	Contact Stabilization	80-90	Digunakan untuk pengolahan paket. Untuk mereduksi eksese lumpur.
	High Rate Aeration	75-90	Untuk pengolahan paket, bak aerasi dan bak pengendap akhir merupakan satu paket. Memerlukan area yang kecil.
	Pure Oxygen Process	85-95	Untuk pengolahan air limbah yang sulit diuraikan secara biologis. Luas area yang dibutuhkan kecil
	Oxidation Ditch	75-95	Konstruksinya mudah, tetapi memerlukan area yang luas.
PROSES BIOMASSA MELEKAT	Trickling Filter	80-95	Sering timbul lalat dan bau. Proses operasinya mudah.
	Rotating Biological Contactor (RBC)	80-95	Konsumsi energy rendah, produksi lumpur kecil. Tidak memerlukan proses aerasi.
	Contact Aeration Process	80-95	Memungkinkan untuk penghilangan nitrogen dan phosphor.
	Biofilter Anaerobic	65-85	Memerlukan waktu tinggal yang lama, lumpur yang terjadi kecil.
LAGOON	Kolam Stabilisasi	60-80	Memerlukan waktu tinggal yang cukup lama, dan area yang dibutuhkan sangat luas.

Lampiran 2 Parameter perencanaan proses pengolahan air limbah dengan proses biologis

JENIS PROSES		BEBAN BOD		MLSS	Q _A /Q	T (Jam)	EFISIENSI PENGHILANGAN BOD (%)
		kg/kg SS.d	kg/m ³ .d	(mg/l)			
PROSES BIOMASSA TERSUSPENSISI	Lumpur Aktif Standar	0,2-0,4	0,3-0,8	1500-2000	3-7	6-8	85-95
	Step Aeration	0,2-0,4	0,4-1,4	1000-1500	3-7	4-6	85-95
	Modified Aeration	1,5-3,0	0,6-2,4	400-800	2-2,5	1,5-30	60-75
	Contact Stabilization	0,2	0,8-1,4	2000-8000	≥ 12	≥ 5	80-90
	High Rate Aeration	0,2-0,4	0,6-2,4	3000-6000	5-8	2-3	75-90
	Pure Oxygen Process	0,3-0,4	1,0-2,0	3000-4000	-	1-3	85-95
	Oxidation Ditch	0,03-0,04	0,1-0,2	3000-4000	-	24-48	75-95
	Extended Aeration	0,03-0,05	0,15-0,25	3000-6000	≥ 15	16-24	75-95
PROSES BIOMASSA MELEKAT	Trickling Filter	-	0,08-0,4	-	-	-	80-95
	Rotating Biological Contactor (RBC)	-	0,01-0,3	-	-	-	80-95
	Contact Aeration Process	-	-	-	-	-	80-95
	Biofilter Anaerobic	-	-	-	-	-	65-85

CATATAN:Q: Debit air limbah (m³/day)Q_R: Return Sludge (m³/day)Q_A: Laju air suplai udara (m³/day)

Lampiran 3 Besaran Population Equivalen (Pe) Untuk Perancangan IPAL Berdasarkan Jenis Peruntukan Bangunan.

No.	Peruntukkan Bangunan	Pemakaian Air Bersih	Debit Air Limbah	Satuan	PE	Acuan
1	Rumah mewah	250	200	Liter/penghuni/hari	1,67	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M. Noerbambang dan Takeo Morimura
2	Rumah biasa	150	120	Liter/penghuni/hari	1,00	Study JICA 1990 (proyeksi 2010)
3	Apartemen	250	200	Liter/penghuni/hari	1,67	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M. Noerbambang dan Takeo Morimura
4	Rumah susun	100	80	Liter/penghuni/hari	0,67	
5	Asrama	120	96	Liter/penghuni/hari	0,80	
6	Klinik/Puskesmas	3	2,7	Liter/pengunjung/hari	0,02	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M. Noerbambang dan Takeo Morimura
7	Rumah sakit mewah	1000	800	Liter/jumlah tempat tidur pasien/hari	6,67	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M. Noerbambang dan Takeo Morimura
	Rumah sakit menengah	750	600	Liter/jumlah tempat tidur pasien/hari	5,00	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M. Noerbambang dan Takeo Morimura
	Rumah sakit umum	425	340	Liter/jumlah tempat tidur pasien/hari	2,83	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M. Noerbambang dan Takeo Morimura
8	Sekolah dasar	40	32	Liter/siswa/hari	0,27	SNI 03-7065-2005
9	SLTP	50	40	Liter/siswa/hari	0,33	SNI 03-7065-2005
10	SLTA	80	64	Liter/siswa/hari	0,53	SNI 03-7065-2005

11	Perguruan Tinggi	80	64	Liter/mahasiswa/hari	0,53	SNI 03-7065-2005
12	Rumah toko/rumah kantor	100	80	Liter/penghuni dan pegawai/hari	0,67	SNI 03-7065-2005
13	Gedung kantor	50	40	Liter/ pegawai/hari	0,33	SNI 03-7065-2005
14	Toserba (toko serba ada, mall, department store)	5	4,5	Liter/m ² luas lantai/hari	0,04	SNI 03-7065-2005
15	Pabrik/industry	50	40	Liter/pegawai/hari	0,33	SNI 03-7065-2005
16	Stasiun/terminal	3	2,7	Liter/penumpang tiba dan pergi/hari	0,02	SNI 03-7065-2005
17	Bandar udara*	3	2,7	Liter/penumpang tiba dan pergi/hari	0,02	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M. Noerbambang dan Takeo Morimura
18	Restoran	15	13,5	Liter/kursi/hari	0,11	SNI 03-7065-2005
19	Gedung pertunjukkan	10	9	Liter/kursi/hari	0,08	SNI 03-7065-2005
20	Gedung bioskop	10	9	Liter/kursi/hari	0,08	SNI 03-7065-2005
21	Hotel melati s.d. bintang 2	150	120	Liter/tempat tidur/hari	1,00	SNI 03-7065-2005
22	Hotel bintang 3 ke atas	250	200	Liter/tempat tidur/hari	1,67	SNI 03-7065-2005
23	Gedung peribadatan	5	4,5	Liter/orang/hari (belum termasuk air wudhu)	0,04	SNI 03-7065-2005

24	Perpustakaan	25	22,5	Liter/jumlah pengunjung/hari	0,19	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M. Noerbambang dan Takeo Morimura
25	Bar	30	24	Liter/jumlah pengunjung/hari	0,20	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M. Noerbambang dan Takeo Morimura
26	Perkumpulan sosial	30	27	Liter/jumlah pengunjung/hari	0,23	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M. Noerbambang dan Takeo Morimura
27	Klab malam	235	188	Liter/jumlah kursi/hari	1,57	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M. Noerbambang dan Takeo Morimura
28	Gedung pertemuan	25	20	Liter/kursi/hari	0,17	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M. Noerbambang dan Takeo Morimura
29	Laboratorium	150	120	Liter/jumlah staf/hari	1,00	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M. Noerbambang dan Takeo Morimura
30	Pasar tradisional/modern	40	36	Liter/kios/hari	0,30	Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Soufyan M. Noerbambang dan Takeo Morimura

Ket: *untuk pelayanan public.

-Perhitungan menggunakan pendekatan PE hanya dipakai apabila tidak ada data aktual jumlah

Sumber: *Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 122 Tahun 2005*

Lampiran 4 Tabel Pemeriksaan Outlet IPAL Pertamina Learning Center

No.	Hari	Tanggal	Pagi	Bacaan	Sore	Bacaan	Debit 8 Jam	Debit 24 Jam	Debit 72 Jam
1	Rabu	1 Feb 2012	07.30	4199 m ³	16.00	4227 m ³	28 m ³	22 m ³	
2	Kamis	2 Feb 2012	07.30	4246 m ³	16.00	4266 m ³	20 m ³	47 m ³	
3	Jumat	3 Feb 2012	07.30	4282 m ³	16.00	4300 m ³	18 m ³	36 m ³	
4	Sabtu	4 Feb 2012	07.30	-	16.00	-	-	-	-
5	Minggu	5 Feb 2012	07.30	-	16.00	-	-	-	-
6	Senin	6 Feb 2012	07.30	4396 m ³	16.00	4409 m ³	13 m ³		114 m ³
7	Selasa	7 Feb 2012	07.30	4437 m ³	16.00	4451 m ³	14 m ³	41 m ³	
8	Rabu	8 Feb 2012	07.30	4489 m ³	16.00	4504 m ³	15 m ³	52 m ³	
9	Kamis	9 Feb 2012	07.30	4539 m ³	16.00	4559 m ³	20 m ³	50 m ³	
10	Jumat	10 Feb 2012	07.30	4598 m ³	16.00	4618 m ³	20 m ³	59 m ³	
11	Sabtu	11 Feb 2012	07.30	-	16.00	-	-	-	-
12	Minggu	12 Feb 2012	07.30	-	16.00	-	-	-	-
13	Senin	13 Feb 2012	07.30	4771 m ³	16.00	4798 m ³	27 m ³		173 m ³
14	Selasa	14 Feb 2012	07.30	4812 m ³	16.00	4841 m ³	29 m ³	41 m ³	
15	Rabu	15 Feb 2012	07.30	4873 m ³	16.00	4898 m ³	25 m ³	61 m ³	
16	Kamis	16 Feb 2012	07.30	4926 m ³	16.00	4951 m ³	25 m ³	53 m ³	
17	Jumat	17 Feb 2012	07.30	4995 m ³	16.00	5020 m ³	25 m ³	69 m ³	
18	Sabtu	18 Feb 2012	07.30	-	16.00	-	-	-	-
19	Minggu	19 Feb 2012	07.30	-	16.00	-	-	-	-
20	Senin	20 Feb 2012	07.30	5200 m ³	16.00	5225 m ³	25 m ³		205 m ³
21	Selasa	21 Feb 2012	07.30	5260 m ³	16.00	5270 m ³	10 m ³	60 m ³	
22	Rabu	22 Feb 2012	07.30	5280 m ³	16.00	5290 m ³	10 m ³	20 m ³	
23	Kamis	23 Feb 2012	07.30	5310 m ³	16.00	5325 m ³	15 m ³	30 m ³	
24	Jumat	24 Feb 2012	07.30	5346 m ³	16.00	5366 m ³	20 m ³	36 m ³	
25	Sabtu	25 Feb 2012	07.30	-	16.00	-	-	-	-
26	Minggu	26 Feb 2012	07.30	-	16.00	-	-	-	-
27	Senin	27 Feb 2012	07.30	5450 m ³	16.00				104 m ³

A large, light gray watermark logo is centered on the page. It features a stylized, symmetrical design with a central vertical axis. The top part is a teardrop shape with a smaller teardrop inside. Below this are several curved, wave-like elements that resemble water droplets or ripples. The bottom part consists of a horizontal bar with a central circular element and a teardrop shape below it. The text is overlaid on this logo.

LAMPIRAN 5
HASIL PEMERIKSAAN KUALITAS AIR



LAMPIRAN 6
GAMBAR TEKNIS IPAL PERTAMINA
LEARNING CENTER



LAMPIRAN 7
GAMBAR TEKNIS IPAL PERTAMINA
MARITIME TRAINING CENTER

Lampiran 8. Rencana Anggaran Biaya Pembangunan IPAL Pertamina Maritime Training Center

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)		Jumlah Biaya (Rp)
				Material	Upah	
I	PEKERJAAN ENGINEERING DESAIN					
1.	Analisa kualitas limbah	3	Sampel		150.000,00	450.000,00
II	PEKERJAAN PONDASI					
1.	Galian IPAL	64,3	m ³		96.739,50	6.220.349,85
2.	Lantai kerja IPAL:					
	Pasir urug	2,15	m ³	208.967,50	16.302,50	484.330,50
	Lantai kerja, komposisi 1 semen : 3 pasir : 5 kerikil, tebal 5 cm	21,5	m ²	32.805,30	19.556,00	1.125.767,95
III	PEKERJAAN KONSTRUKSI					
1.	Plat beton tebal 10 cm, K-275 (125 kg besi)	15,7	m ³	4.797.962,50	1.422.214,20	97.656.774,19
2.	Pekerjaan plaster dan acian	127	m ²	23.815,50	49.309,70	9.286.900,40
3.	Pelapisan (water proofing)	147	m ²	74.955,00	33.083,00	15.881.586,00
IV	PERLENGKAPAN (EQUIPMENT) MECHANICAL DAN ELECTRICAL					
1.	Pintu man hole (bordes alumunium dengan rangka besi)	3,43	m ²	1.391.250,00	358.750,00	6.002.500,00
2.	Baja screening (Ø=1cm)	4,5	m	7.500,00	2.500,00	45.000,00
3.	Beton tatakan sarang tawon	0,25	m ³	2,971,936.00	1,249,564.00	1.055.375,00
4.	Filter penyerap bau	5	buah	3.242.800,00	107.200,00	16.750.000,00
5.	Instalasi pipa (material pipa pvc kelas AW Rucika) termasuk fitting, jointing & support besi	1	Ls	1.372.500,00	127.500,00	1.500.000,00
6.	Material dan instalasi pompa submersible	1	Buah	7.323.750,00	426.250,00	7.750.000,00

	(Sturumi)					
7.	Material dan instalasi blower udara (Hi-blow Jepang)	2	Buah	7.087.500,00	412.500,00	15.000.000,00
8.	Water meter	1	Buah	2.928.000,00	272.000,00	3.200.000,00
9.	Jaringan pipa udara dan diffuser udara	1	Ls	2.500.000,00	-	2.500.000,00
10.	Media biofilter (tempat tumbuh mikroba) + pemasangan	6	m ³	2.896.900,00	53.100,00	17.700.000,00
11.	Panel listrik, kabel, saklar dll	1	Ls	3.829.500,00	670.500,00	4.500.000,00
V	PEKERJAAN BAK PENGUMPUL (BP)					
1.	Pekerjaan Tanah dan Galian					
	Volume galian tanah 4 buah	20	m ³	-	96.739,50	1.934.790,00
	Urug pasir urug	1,2	m ³	208.967,50	16.302,50	270.324,00
2.	Pekerjaan Tanah (Jaringan Pipa)					
	Volume galian tanah jaringan pipa	4,5	m ³	-	102.360,00	460.620,00
	Volume galian aspal jaringan pipa	3,0	m ³	-	126.000,00	378.000,00
	Volume galian beton jaringan pipa	2,5	m ³	-	126.000,00	315.000,00
	Urug pasir urug	2,25	m ³	208.967,50	16.302,50	506.857,50
	Kembalikan aspal galian jaringan	6,0	m ³	27.788,40	71.811,60	597.600,00
	Kembalikan beton galian jaringan	4,5	m ³	32.805,30	19.556,00	235.625,85
VI	PEKERJAAN FINISHING					
1.	Lampu penerangan	2	Buah	893.950,00	56.050,00	1.900.000,00
2.	Pengecatan	30	m ²	26.147,50	15.392,50	1.246.200,00
VII	START-UP					
1.	Seeding mikroba	1,0	Ls	7.500.000,00	2.500.000,00	10.000.000,00
2.	Bahan kimia dan nutrisi pertumbuhan mikroba	3,0	Bulan	1.000.000,00	250.000,00	3.750.000,00
					SUB-TOTAL	228.703.601,24
					JASA 10%	22.870.360,12
					SUB-TOTAL	251.573.961,36
					PPN 10%	25.157.396,13
					TOTAL	276.731.357,49