PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN KOMBINASI UNIT BIOFILTER AEROBIK DAN ADSORPSI KARBON AKTIF DI KANTOR PUSAT PT. PERTAMINA *MARKETING OPERATION REGION* (MOR) V SURABAYA

TUGAS AKHIR

OLEH:

RIDLO BARKAH JEMBAR PINANGGIH

H75216067

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL

SURABAYA

2020

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ridlo Barkah Jembar Pinanggih

NIM : H75216067

Program Studi : Teknik Lingkungan

Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir yang berjudul: "PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DOMESTIK DI KANTOR PUSAT PT. PERTAMINA *MARKETING OPERATION REGION* (MOR) V SURABAYA". Apabila suatu saat nanti saya terbukti melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 21 Juli 2020

Yang menyatakan,

METERAI TEMPEL

3101CAHF584462389

6000

ENAM RIBU RUPIAH

Ridlo Barkah Jembar Pinanggih

NIM. H75216067

Dipindai dengan CamScanner

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir oleh:

Nama : Ridlo Barkah Jembar Pinanggih

NIM : H75216067

Judul :Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik di Kantor Pusat PT. Pertamina *Marketing Operation Region* (MOR) V Surabaya

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan:

Surabaya,10 Juli 2020

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Dyah Ratri Nurmaningsih, M.T	**Sulistiya Nengse, M.T**
NIP. 198503222014032003	NIP. 201603320

PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Ridlo Barkah Jembar Pinanggih telah ini telah dipertahankan
di depan tim penguji tugas akhir
di Surabaya, 21 Juli 2020

Mengesahkan,
Dewan Penguji

Dosen Penguji I

Dyah Ratri Nurmaningsih, M.T
NIP. 198503222014032003

Dosen Penguji II

Sulistiya Nengse, M.T
NIP. 201603320

Dosen Penguji III

Teguh Taruna Utama, M.T
NIP. 201603319

Dosen Penguji IV

Abdul Hakim, M.T
NIP. 198008062014031002

Mengetahui,
Plt. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

Dr. Hj. Evi Fatimatur Rusdiyah, M.Ag.
NIP:197312272005012003

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Ridlo Barkah Jembar Pinanggih
NIM : H75216067
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI/ TEKNIK LINGKUNGAN
E-mail address : r.ba@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
■ Sekripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :
PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN KOMBINASI UNIT BIOFILTER AEROBIK DAN ADSORPSI KARBON AKTIF DI KANTOR PUSAT PT. PERTAMINA *MARKETING OPERATION REGION* (MOR) V SURABAYA

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara ***fulltext*** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 05 Agustus 2020

Penulis

(Ridlo Barkah Jembar Pinanggih)

Dipindai dengan CamScanner

ABSTRAK

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN KOMBINASI UNIT BIOFILTER AEROBIK DAN ADSORPSI KARBON AKTIF DI KANTOR PUSAT PT. PERTAMINA *MARKETING OPERATION REGION* (MOR) V SURABAYA

Permasalahan air limbah di Indonesia merupakan isu pencemaran lingkungan yang strategis dalam pembangunan berkelanjutan, baik yang bersumber dari pemukiman penduduk maupun unit usaha perkantoran. Tingginya kandungan organik terlarut di dalam air limbah dapat menyebabkan penurunan intensitas masuknya cahaya matahari yang dibutuhkan oleh mikroorganisme fotosintetik dan berdampak pada penurunan kualitas badan air. Tujuan dari penelitian ini yaitu merencanakan pembangunan unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) domestik di Kantor Pusat PT. Pertamina *Marketing Operation Region* (MOR) V Surabaya dengan menggunakan kombinasi unit biofilter aerobik dan adsorpsi karbon aktif beserta perhitungan volume bangunan dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan. Teknologi pengolahan ini dipilih karena memiliki keunggulan dalam meremoval kadar pencemar organik dengan tingkat efisiensi yang tinggi dan kebutuhan lahan yang tidak terlalu luas. Metode penelitian menggunakan data sekunder yang diperoleh dari data perusahaan berupa debit pemakaian air bersih, *layout* kantor, data kualitas air limbah, serta informasi lain yang terkait dengan perencanaan. Hasil penelitian yang didapat berupa gambar desain (DED) unit IPAL, dimensi total bangunan pengolah seluas 34m^2(P=17m dan L=2m), spesifikasi bahan yang digunakan, serta rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan konstruksi unit IPAL yaitu sebesar Rp243.136.020,00. Perencanaan ini juga ditunjang dengan panduan dalam operasional dan perawatan unit IPAL.

Kata kunci: Biofilter Aerobik, Adsorpsi Karbon Aktif, desain IPAL, Air limbah domestik

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ABSTRACT

DOMESTIC WASTE WATER TREATMENT PLANNING (WWTP) WITH THE COMBINATION OF AEROBIC BIOFILTER UNITS AND ACTIVE CARBON ADSORPTION IN THE HEAD OFFICE PT. PERTAMINA MARKETING OPERATION REGION (MOR) V SURABAYA

The problem of wastewater in Indonesia is a strategic issue of environmental pollution in sustainable development, both sourced from residential areas and office business units. The high dissolved organic content in wastewater can cause a decrease in the intensity of sunlight needed by photosynthetic microorganisms and have an impact on the quality of water bodies. The purpose of this study is to plan the construction of a domestic Waste Water Treatment Plant (WWTP) at the Head Office of PT. Pertamina Marketing Operation Region (MOR) V Surabaya using a combination of aerobic biofilter units and activated carbon adsorption along with the calculation of building volume and the required Budget Plan. This processing technology was chosen because it has advantages in renovating organic pollutant levels with a high level of efficiency and land requirements that are not too broad. The research method uses secondary data obtained from company data in the form of debit of clean water usage, office layout, waste water quality data, and other information related to planning. The results obtained in the form of design drawings (DED) of WWTP units, the total dimensions of the processing plant area of 34m2 (P = 17m and L = 2m), as well as the material specifications used, as well as the budget plan required for the construction of WWTP unit construction is Rp243. 136,020.00. This planning is also supported by guidelines in the operation and maintenance of WWTP units.

Keywords: *Aerobic Biofilter, Activated Carbon Adsorption, WWTP design, Domestic wastewater*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI v
ABSTRAK vi
ABSTRACT vii
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiv
BAB I 1
PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Identifikasi Masalah 3
1.3 Pembatasan Masalah 4
1.4 Perumusan Masalah 4
1.5 Tujuan 4
1.6 Manfaat 5
BAB II 6
TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Air Limbah 6
2.2 Air Limbah Domestik 6
2.3 Sumber Air Limbah Domestik 7
2.4 Karakteristik dan Kandungan Air Limbah Domestik 7
2.4.1 Karakteristik Fisika 7
2.4.2 Karakteristik Kimiawi 9
2.4.3 Karakteristik Biologi 12
2.5 Klasifikasi dan Kriteria Mutu Air 13
2.6 Baku Mutu Air Limbah Domestik 16

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.7 Kualitas dan Kuantitas Air Limbah.....17
2.8 Pemilihan Unit Bangunan Pengolah Air Limbah Domestik 19
2.9 Pengolahan Air Limbah Secara Aerobik.....20
2.10Pengolahan Air Limbah dengan IPAL Biofilter Aerob 24
2.11Pengolahan Air Limbah dengan Adsorpsi Karbon Aktif.....31
2.12Profil Hidrolis.....38
BAB III 41
METODOLOGI PELAKSANAAN 41
3.1 Umum.....41
3.3 Diagram Alir Pelaksanaan.....42
3.4 Tahap Persiapan 43
3.6 Metode Pengumpulan Data.....43
3.7 Metode Analisis Data.....47
3.8 Penyusunan Laporan Tugas Akhir.....50
BAB IV 51
GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN 51
4.1 Gambaran Umum Pertamina MOR V.....51
4.2 Aktivitas Pekerja MOR V 52
4.3 Gambaran Rencana Lokasi 53
4.4 Jenis Fasilitas Kantor 57
4.5 Kondisi Eksisting Air Limbah 57
BAB V 59
HASIL DAN PEMBAHASAN.....59
5.1 Analisis Kuantitas Air Limbah.....59
5.1.1 Pengukuran Langsung Pada Saluran *Outlet* Pembuangan.....59
5.1.2 Perhitungan Pemakaian Air Bersih Secara Teoritis.....60
5.1.3 Perhitungan Rekening Bulanan PDAM.....61
5.2 Analisis Kualitas Air Limbah.....64
5.3 Pemilihan Alternatif Pengolahan 65
5.3.1 Alternatif Pengolahan dengan *Activated Sludge*.....66
5.3.2 Alternatif Pengolahan dengan *Trickling Filter*.....67
5.3.3 Alternatif Pengolahan *Rotating Biological Contactor* (RBC).....68

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

5.3.4 Alternatif Pengolahan Biofilter Anaerobik.....69
5.3.5 Alternatif Pengolahan Biofilter Aerob dan Karbon Aktif 70
5.4 Efisiensi Removal Alternatif Pengolahan 71
5.5 Pertimbangan Massa Unit Pengolahan.....79
BAB VI 87
PERENCANAAN DESAIN TEKNIS 87
6.1 Preliminary Design.....87
6.1.1 Desain Unit Bar Screen 87
6.1.2 Desain Unit Bak Ekualisasi 91
6.1.3 Perhitungan Pompa Air Limbah 94
6.1.4 Desain Bak Pengendap Awal.....96
6.1.5 Desain Bak Biofilter Aerobik 100
6.1.6 Desain Bak Adsorpsi Karbon Aktif.....105
6.1.7 Desain Bak Kontrol Akhir 109
6.1.8 Rekapitulasi Desain 112
6.1.9 Profil Hidrolis 113
6.2 Biil of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB).....123
6.2.1 *Bill of Quantity* (BOQ) 123
6.2.2 Uraian Harga Satuan Pokok Kegiatan 133
6.2.4 Rencana Anggaran Biaya 137
6.3 Petunjuk Operasional dan Perawatan IPAL 138
6.3.1 Pengoperasian Unit IPAL.....138
6.3.2 Pengoperasian Pompa.....141
6.3.3 Penghentian Operasional IPAL 141
6.3.4 Pemeliharaan Rutin IPAL.....142
6.3.5 Perawatan Unit IPAL.....143
6.3.6 Permasalahan Yang Mungkin Timbul dan Cara Penanganannya...144
6.3.7 Pelaksanaan K3 Pelaksana IPAL.....145
6.3.8 Sistem Tanggap Darurat IPAL 146
BAB VII.....149
KESIMPULAN DAN SARAN.....149
7.1 Kesimpulan 149

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

7.2 Saran.....149
DAFTAR PUSTAKA 150

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan Bahan Pencemar Air Limbah Domestik.....12
Tabel 2.2 Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas Air.....14
Tabel 2.3 Standar Baku Mutu Air Limbah Domestik Tahun 2014.....16
Tabel 2.4 Standar Baku Mutu Air limbah Domestik 17
Tabel 2.5 Karakteristik Proses Pengolahan Air Limbah Secara Biologis.....23
Tabel 2.6 Kriteria Desain IPAL Biofilter Aerob.....29
Tabel 4.1 Data Rekening PDAM Pemakaian Air Bersih Pertamina MOR V 58
Tabel 5.1 Debit Air Limbah Domestik di Kantor PT. Pertamina MOR V 64
Tabel 5.2 Perbandingan Parameter Kualitas Air Limbah Domestik.....65
Tabel 5.3 Keunggulan dan Kelemahan Pengolahan *Activated Sludge* 66
Tabel 5.4 Keunggulan dan Kelemahan Pengolahan Trickling Filter.....67
Tabel 5.5 Keunggulan dan Kelemahan Pengolahan (RBC).....68
Tabel 5.6 Keunggulan dan Kelemahan Pengolahan Biofilter Anaerobik.....69
Tabel 5.7 Keunggulan dan Kelemahan Pengolahan Biofilter Aerobik.....70
Tabel 5.8 Efisiensi Removal Air Limbah Pada Unit IPAL Activated Sludge.....72
Tabel 5.9 Efisiensi Removal Air Limbah Pada Unit IPAL Tricling Filter.....72
Tabel 5.10 Efisiensi Removal Pada Unit Rotating Biological Contactor (RBC) ..73
Tabel 5.11 Efisiensi Removal Air Limbah Pada Unit IPAL Biofilter Anaerobik .73
Tabel 5.12 Removal Pada Unit IPAL Biofilter Aerobik Adsorpsi Karbon Aktif..74
Tabel 5.13 Kadar Pencemar Efluen Air Limbah dari Alternatif Pengolahan 74
Tabel 5.14 Removal yang Dibutuhkan Biofilter Aerobik Karbon Aktif 75
Tabel 5.15 Beban Removal Kadar Pencemar Pada Bak Ekualisasi.....77
Tabel 5.16 Beban Removal Kadar Pencemar Pada Bak Pengendap Awal.....78
Tabel 5.17 Beban Removal Kadar Pencemar Pada Bak Biofilter Aerobik 78
Tabel 5.18 Beban Removal Kadar Pencemar Pada Bak Adsorpsi Karbon Aktif ..79
Tabel 5.19 Pertimbangan Massa Pada Bak Ekualisasi 82
Tabel 5.20 Pertimbangan Massa Pada Bak Pengendap Awal.....83
Tabel 5.21 Pertimbangan Massa Pada Bak Biofilter Aerob 84
Tabel 5.22 Pertimbangan Massa Pada Bak Adsorpsi Karbon Aktif.....85
Tabel 5.23 Konsentrasi dan Debit Lumpur yang Dihasilkan.....86

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 6.1 Kriteria Desain Unit Bar Screen 88
Tabel 6.2 Kriteria Desain Unit Bak Ekualisasi 91
Tabel 6.3 Kriteria Desain Pompa Air Limbah 94
Tabel 6.4 Kriteria Desain Unit Pengendapan Awal 96
Tabel 6.5 Kriteria Desain Unit Biofilter Aerobik 100
Tabel 6.6 Kriteria Desain Unit Adsorpsi Karbon Aktif 105
Tabel 6.7 Kriteria Desain Bak KontrolAkhir 109
Tabel 6.8 Rekapitulasi Waktu Detensi Perencanaan Unit IPAL 112
Tabel 6.9 Rekapitulasi Luas Kebutuhan Lahan Unit IPAL 112
Tabel 6.10 Hasil Perhitungan Profil Hidrolis Unit Bangunan Pengolah 122
Tabel 6.11 Uraian Tahapan Pekerjaan Konstruksi IPAL 123
Tabel 6.12 Hasil Perhitungan Luas Total Pembersihan Lahan 124
Tabel 6.13 Hasil Perhitungan Volume Penggalian Tanah Untuk Konstruksi.....125
Tabel 6.14 Hasil Perhitungan Volume Pengurugan Pasir dan Pemadatan 126
Tabel 6.15 Hasil Perhitungan Pekerjaan Bekisting Lantai 127
Tabel 6.16 Hasil Perhitungan Pekerjaan Bekisting Lantai 128
Tabel 6.17 Hasil Perhitungan Volume Pekerjaan Beton Lantai Kerja 129
Tabel 6.18 Hasil Perhitungan Volume Pekerjaan Beton Lantai 130
Tabel 6.19 Hasil Perhitungan Pekerjaan Beton Dinding 131
Tabel 6.20 Hasil Perhitungan Pekerjaan Beton Tutup Bangunan.....132
Tabel 6.21 Hasil Perhitungan Volume Pekerjaan Waterproofing.....133
Tabel 6.22 Uraian Harga Bahan / Material dan Upah Pekerja 134
Tabel 6.23 Nilai HSPK Konstruksi Perencanaan IPAL.....135
Tabel 6.24 Rencana Anggaran Biaya Unit Bangunan Pengolah 138
Tabel 6.25 Cheklist Pemeliharaan IPAL.....142
Tabel 6.26 Permasalahan Pada Unit IPAL dan Cara Penanganannya 144

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Klasifikasi Pengolahan Air Limbah Secara Biologis Aerobik.....22
Gambar 2.2 Proses Metabolisme dengan Sistem Biofilter 25
Gambar 2.3 Penampang Biofilter Aerobik 25
Gambar 2.4 Metode Aerasi Air Limbah dengan Sistem Biofilter Tercelup. 26
Gambar 2.5 Skema Alir Pengolahan Air Limbah dengan Unit Biofilter Aerob....27
Gambar 2.6 Proses Alir Pengolahan Air Limbah dengan Unit Biofilter Aerob 27
Gambar 2.7 Penampang Unit IPAL Biofilter Bahan Fiberglass.....30
Gambar 2.8 Penampang Unit IPAL Biofilter Bahan Beton.....30
Gambar 2.9 Mekanisme Adsorpsi Karbon Aktif.....32
Gambar 2.10 Serbuk Karbon Aktif.....33
Gambar 2.11 Bentuk Permukaan Karbon Aktif.....34
Gambar 2.12 Pengolahan Air Limbah Kombinasi Adsorpsi Karbon Aktif.....35
Gambar 2.13 Perbandingan Waktu Jenuh Karbon Aktif.....36
Gambar 3.1 Lokasi Kantor Pusat PT. Pertamina MOR V Surabaya 41
Gambar 3.2 Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir 42
Gambar 3.3 Rincian Jenis dan Metode Pengumpulan Data.....44
Gambar 4.1 Tampak Depan Gedung Kantor PT. Pertamina MOR V Surabaya....53
Gambar 4.2 Batas Lokasi Kantor Pertamina MOR V.....54
Gambar 4.3 Layout Kantor PT. Pertamina MOR V 55
Gambar 4.4 Denah Rencana Penempatan IPAL Kantor MOR V 56
Gambar 4.5 Rencana Lokasi IPAL Kantor MOR V 56
Gambar 4.6 Masjid Wal Ashri di Lingkungan Kantor MOR V.....57
Gambar 5.1 Diagram Alir Pengolahan dengan Activated Sludge 66
Gambar 5.2 Diagram Alir Pengolahan dengan Trickling Filter.....67
Gambar 5.3 Diagram Alir Pengolahan dengan Rotating Biological Contactor.....68
Gambar 5.4 Diagram Alir Pengolahan dengan Biofilter Anaerobik.....69
Gambar 5.5 Diagram Alir Pengolahan dengan Adsorpsi Karbon Aktif 70
Gambar 6.1 Diagram Pompa Air Limbah dengan *Valve By Pass* 139

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan air limbah di Indonesia merupakan salah satu isu strategis dalam pembangunan berkelanjutan dan menjadi masalah pencemaran yang kompleks, khususnya di lingkungan perkotaan. Meski demikian, permasalahan ini masih kurang mendapat prioritas dalam pengelolaan dan pengolahannya, serta sering dikesampingkan. Masalah pencemaran ini jika ditinjau dari perspektif agama Islam secara tersirat dijelaskan di dalam kitab suci Al-Qur'an. Sesuai dengan Firman Allah SWT dalam QS. Ar-Rum ayat:41 yang artinya:

"*Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).*" Ayat ini menjelaskan bahwasanya Allah telah menciptakan bumi dan seisinya dengan keadaan yang sebaik-baiknya, serta bersih dari segala macam bentuk pencemaran. Namun dalam kenyataannya, akibat dari aktivitas kehidupan manusia secara tidak langsung akan berdampak terhadap lingkungan sekitar. Salah satu yang dihasilkan adalah air buangan rumah tangga atau air limbah domestik. Air limbah domestik merupakan limbah cair yang dominan mencemari lingkungan berasal dari kegiatan MCK dan aktivitas pemukiman penduduk (rumah tangga), serta kegiatan usaha seperti pasar, restoran, dan gedung perkantoran. Air limbah domestik terdiri dari tinja, air kemih, serta limbah cair lain (kamar mandi, dapur, cucian) yang kira-kira mengandung 99,9% air dan 0,1% zat padat. Zat padat yang ada dalam air limbah domestik terbagi atas 70% zat organik dan 30% zat anorganik terutama pasir, garam-garaman, dan logam (Sugiharto, 1987).

Air limbah domestik dapat juga berasal dari aktivitas perkantoran, salah satunya terdapat di Kantor Pusat PT. Pertamina *Marketing Operation Region* (MOR) V Surabaya. Berdasarkan data kondisi *eksisting* air limbah domestik dari aktivitas pekerja di tempat ini, beberapa kandungan yang terdapat pada air limbah domestik sebagai parameter kadar pencemar, antara lain kadar BOD_5 berkisar 17-35 mg/L, kadar COD berkisar 51-120mg/L, kadar TSS 20-40 mg/l, nilai pH berkisar

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

6-9, kadar minyak dan lemak <5mg/L, kadar amonia berkisar 4-8 mg/L, serta total *coliform* yang cukup tinggi berkisar 3000-20600 /100ml air (Pertamina, 2019). Dari data parameter tersebut, air limbah yang dihasilkan ditempat ini belum ada pengolahan secara lanjut menggunakan unit IPAL, sehingga dibuang secara langsung ke saluran drainase yang mengarah ke badan air. Hal ini dilakukan dengan beralasan bahwa kadar pencemar pada air limbah domestik yang dihasilkan masih cukup rendah dan hanya beberapa parameter saja yang melebihi batas baku mutu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlkh/Setjen/Kum.1/8 Tahun 2016. Namun sekecil apapun kadar pencemar yang terdapat pada air limbah domestik jika dibuang secara langsung dan terus menerus, maka akan terjadi akumulasi beban kadar pencemar yang beresiko pada penurunan kualitas Sungai Jagir Wonokromo sebagai badan air penerima. Tingginya kandungan senyawa organik terlarut pada air limbah domestik menjadi penyebab utama kekeruhan dan mengurangi penetrasi masuknya cahaya matahari ke badan air yang dibutuhkan oleh mikroorganisme fotosintetik. Oleh karena itu, pemerintah Kota Surabaya melalui Peraturan Daerah (PERDA) Kota Surabaya Nomor 12 Tahun 2016 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian air limbah mewajibkan semua unit usaha dan perkantoran untuk mengolah air limbah domestik yang dihasilkan sebelum dibuang langsung ke badan air. Di dalam peraturan tersebut menyebutkan bahwa setiap penanggungjawab usaha dan/atau kegiatan permukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, asrama dan hotel yang menghasilkan air limbah (domestik/non-domestik) serta membuang air limbahnya ke sungai maka wajib memiliki unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan wajib memiliki izin pembuangan air limbah. Hal ini bertujuan untuk menjaga dan memperbaiki kualitas badan air penerima. Selanjutnya, air dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan sesuai dengan peruntukkannya.

Setiap unit IPAL memiliki efisiensi dan efektivitas pengolahan yang berbeda-beda sesuai dengan tinggi rendahnya beban kadar pencemar, karakteristik, dan kualitas air limbah yang akan diolah. Kadar pencemar pada air limbah yang relatif rendah dapat diolah menggunakan unit IPAL Biofilter Aerob. Jenis unit IPAL ini dianggap sangat tepat dan paling ekonomis untuk karakteristik BOD air limbah tidak melebihi 400 mg/l, namun jika kadar BOD lebih tinggi dari 4.000 mg/l, proses

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

anaerob dominan lebih efisien. Selain itu pengolahan aerob juga dapat menghasilkan efisiensi penurunan BOD sekitar 80%-90% (Rachman, 2009). Pengolahan dengan unit biofilter aerob yang terbuat dari beton ini memiliki ketahanan ≥ 50 tahun dibandingkan dari *fiberglass* yang hanya bertahan ±20 tahun serta mampu meremoval kadar BOD sekitar ≥ 90 % dengan waktu tinggal yang relatif singkat sekitar6-8 jam (Said, 2008). Pengolahan dengan unit IPAL Biofilter Aerobik ini dapat dikombinasikan dengan unit pengolahan secara kimiawi, salah satunya penyerapan atau adsorpsi dengan karbon aktif. Adsorben karbon aktif memiliki daya adsorpsi dan luas permukaan yang lebih baik jika dibandingkan jenis adsorben lain dan paling sering digunakan dalam proses pengolahan air limbah. Kombinasi dengan metode adsorpsi menggunakan karbon aktif setebal 20 cm dapat menurunkan bau dan warna sebesar 99,25% (Badewasta, 2010). Kombinasi pengolahan ini bertujuan untuk mengoptimalkan efisiensi *removal* kandungan pencemar pada air limbah domestik setelah melalui proses aerobik. Sehingga menghasilkan air olahan dengan kadar pencemar yang relatif rendah hingga 0 (nol).

Berdasarkan pada uraian di atas, maka diperlukan perencanaan unit instalasi pengolah air limbah domestik di kantor pusat PT. Pertamina (Persero) MOR V dengan kombinasi Unit IPAL Biofilter Aerobik dan Unit Adsorpsi Karbon Aktif. Perencanaan ini diharapkan dapat menjadi solusi pengolahan yang tepat sesuai dengan kualitas air hasil olahan yang diinginkan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas didapat identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Serangkaian aktivitas operasional yang dilakukan oleh pekerja di Kantor Pusat PT. Pertamina MOR V Surabaya dapat berdampak potensial terhadap pencemaran lingkungan dari buangan berupa air limbah domestik yang dihasilkan jika tidak diolah dengan baik.
2. Pembuangan secara terus menerus tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu akan menyebabkan akumulasi kandungan beban pencemar akibat senyawa organik terlarut pada air limbah domestik yang cukup tinggi, sehingga berdampak terhadap penurunan kualitas perairan setempat.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3. Peningkatan kekeruhan pada badan air penerima dapat mengakibatkan penurunan penetrasi masuknya cahaya matahari ke badan air sehingga mengganggu aktivitas mikroorganisme fotosintetik yang berdampak pada ekosistem perairan setempat.

1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang dan identifikasi masalah di atas agar pembahasan tidak melebar, maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Kajian hanya dilakukan dalam lingkup perencanaan unit IPAL Domestik di Kantor Pusat PT. Pertamina (Persero) *Marketing Operation Region* (MOR) V, Jl. Jagir Wonokromo No.88, Wonokromo, Kota Surabaya, Jawa Timur
2. Perencanaan unit IPAL domestik difokuskan pada kombinasi pengolahan menggunakan unit Biofilter Aerobik dan unit Adsorpsi Karbon Aktif.
3. Data kualitas air limbah domestik yang digunakan sebagai dasar perencanaan unit IPAL mengacu pada data hasil pengujian di laboratorium.

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang dan pembatasan masalah di atas, maka dapat ditarik rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kualitas air limbah domestik yang dihasilkan di Kantor Pusat PT. Pertamina MOR V Surabaya?
2. Bagaimana perencanaan unit bangunan pengolahan air limbah domestik dengan kombinasi unit Biofilter Aerobik dan Adsorpsi Karbon Aktif berdasarkan data kualitas air limbah domestik?

1.5 Tujuan

Berdasarkan dari rumusan masalah di atas, perencanaan unit Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik di Kantor Pusat PT. Pertamina MOR V Surabaya ini mempunyai tujuan sebagai berikut

1. Mengetahui kondisi *eksisting* kualitas air limbah domestik yang dihasilkan di Kantor Pusat PT. Pertamina MOR V Surabaya sebagai dasar perencanaan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Merencanakan unit bangunan pengolah air limbah domestik, termasuk diagram alir proses pengolahan sesuai dengan data karakteristik dan kualitas air limbah domestik yang dihasilkan.
3. Menghitung volume pekerjaan (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk pembangunan unit IPAL di Kantor Pusat PT Pertamina MOR V Surabaya.

1.6 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari perencanaan unit bangunan pengolah air limbah domestik di Kantor Pusat PT. Pertamina MOR V Surabaya ini adalah:

1. Memberikan solusi yang tepat dalam pemilihan jenis unit IPAL yang sesuai dengan kandungan dan karakteristik pencemar pada air limbah yang diolah.
2. Memberikan alternatif desain perencanaan yang sesuai dengan standar baku mutu air limbah domestik yang ditetapkan oleh pemerintah.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah

Air limbah merupakan limbah sisa dari suatu hasil usaha atau kegiatan yang berwujud cair. Air limbah terbentuk dari kombinasi cairan, sampah dan kadar pencemar air yang terlarut maupun tersuspensi ke dalam badan air. Dengan kata lain, air limbah adalah air buangan yang bersumber dari area pemukiman atau domestik dan area komersial (Moduto, 2000). Air limbah yang dibuang secara langsung ke badan air akan menyebabkan masalah yang kompleks terhadap ekosistem perairan akibat beban kadar pencemar yang terdapat pada air limbah lebih pekat daripada kadar badan air. Berdasarkan jenisnya, air limbah terbagi menjadi air limbah domestik dan air limbah non domestik.

2.2 Air Limbah Domestik

Air limbah domestik *(domestik waste water)* merupakan air buangan yang berasal dari aktivitas kehidupan masyarakat dan terbagi menjadi dua yaitu *black water* dari WC atau kakus, serta *grey water* dari hasil mencuci, mandi dan memasak (Marhadi, 2016). Beban pencemar yang terdapat pada air limbah domestik didominasi oleh kandungan senyawa organik. Air limbah domestik terdiri dari tinja, air kemih, serta limbah cair lain (kamar mandi, dapur, cucian) yang kira-kira mengandung 99,9% air dan 0,1% zat padat. Beberapa kandungan yang terdapat pada air limbah domestik sebagai parameter kadar pencemar, antara lain BOD, COD, TSS, pH, total *coliform*, amoniak, minyak dan lemak. Zat padat yang ada pada air limbah domestik terbagi atas 70% zat organik dan 30% zat anorganik terutama pasir, garam-garaman, serta logam (Sugiharto, 1987). Oleh karena itu, air limbah domestik perlu diolah agar tidak mencemari dan membahayakan kesehatan lingkungan, karena air limbah domestik hampir lebih dari 99% berisi air itu sendiri sisanya adalah kandungan pencemar (Ditjen Cipta Karya, 2013). Kandungan padatan pada air limbah domestik terbilang cukup tinggi dengan komposisi material organik sebesar 70% yang terdiri dari kandungan karbohidrat, lemak, protein dan urea (Qasim, 1985) dalam (Anwar. dkk., 2008).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.3 Sumber Air Limbah Domestik

Air limbah domestik merupakan limbah cair yang berasal dari kegiatan MCK dan aktivitas pemukiman penduduk (rumah tangga), serta kegiatan usaha seperti pasar, restoran, gedung perkantoran dan pemukiman yang paling dominan mencemari lingkungan (Ditjen Cipta Karya, 2013). Selain itu, sumber air limbah domestik dapat berasal dari usaha, apartemen, perniagaan, perkantoran, rumah makan, dan pemukiman (Permen PUPR, 2017). Menurut, (Marhadi, 2016) air limbah domestik juga berasal dari beberapa sumber di antaranya, sebagai berikut:

1. Air limbah yang bersumber dari kegiatan rumah tangga *(domestic wastes water),* yaitu air limbah yang berasal dari pemukiman penduduk. Pada umumnya air limbah ini terdiri dari ekskreta (tinja dan air seni), air bekas cucian dapur dan kamar mandi, dan umumnya terdiri dari bahan-bahan organik.
2. Air limbah kota praja *(municipal wastes water)* yaitu air limbah yang berasal dari daerah perkantoran, perdagangan, hotel, restoran, tempat-tempat umum, tempat ibadah, dan sebagainya. Pada umumnya zat-zat yang terkandung dalam jenis air limbah ini sama dengan air limbah rumah tangga atau masuk ke dalam air limbah domestik.

2.4 Karakteristik dan Kandungan Air Limbah Domestik

Studi mengenai karakteristik air limbah dibutuhkan agar lebih mudah dalam memahami sifat-sifat air limbah. Penentuan karakteristik air limbah dilakukan melalui mekanisme tertentu dengan memisahkan fraksi solid *disolved* pada air limbah (Ginting, 2007). Beberapa parameter untuk menentukan karakteristik air limbah dapat dibedakan menjadi tiga yaitu karakteristik fisik, kimia, dan biologi *(Tchobanoglous et.al., 2003)*.

2.4.1 Karakteristik Fisika

Sifat fisik air limbah dapat ditentukan berdasarkan jumlah padatan terlarut, kekeruhan, warna, bau dan suhu atau temperatur. Beberapa sifat ini dapat dikenali secara visual, namun secara pasti harus dilakukan pengujian di laboratorium (Ginting, 2007). Karakteristik fisik air limbah antara lain:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1. Padatan

Zat padat di dalam air limbah secara umum diklasifikasikan menjadi padatan terlarut dan padatan tersuspensi. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel koloid dan partikel biasa seperti TDS, dan TS serta padatan tersuspensi mempunyai diameter lebih besar daripada padatan terlarut *(Tchobanoglous et.al., 2003)*. Partikel koloid di dalam air limbah dapat mempengaruhi tingkat kekeruhan dan warna air *(Degremont, 1991)*.

2. Temperatur

Parameter yang juga berpengaruh terhadap kondisi air limbah adalah temperatur. Semakin tinggi temperatur maka akan menurunkan kelarutan gas yang menyebabkan peningkatan reaksi kimia dan perubahan pertumbuhan pada mikroorganisme. Pada air limbah domestik biasanya bertemperatur lebih tinggi daripada air bersih. Hal ini diakibatkan oleh kegiatan domestik yang terjadi hingga menghasilkan air limbah *(Tchobanoglous et.al., 2003)*.

3. Bau dan Warna

Bau di dalam air limbah merupakan karakteristik yang bersifat kualitatif sebagai indikator proses alamiah air limbah, sehingga memudahkan dalam menentukan tingkat bahaya pencemaran suatu perairan. Reaksi hidrolisis dan proses degradasi secara anaerobik maupun aerobik dari zat organik dapat menghasilkan gas dan senyawa seperti amoniak, sulfida yang bercampur nitrogen, sulfur, dan fosfor. Sedangkan warna merupakan hasil produk degradasi dari air limbah. Air limbah yang baru biasanya berwarna abu-abu, akan tetapi bahan organik dalam air limbah akan mengalami dekomposisi oleh mikroorganisme dan oksigen terlarut hingga (nol), sehingga air limbah akan berubah warna menjadi hitam. Warna di dalam air limbah disebabkan oleh adanya ion-ion logam besi dan mangan (secara alami), humus, plankton, tanaman air dan buangan industri. Warna juga berkaitan dengan kekeruhan air, sehingga untuk melihat warna yang nyata harus menghilangkan kekeruhan pada air. Kadar kekeruhan pada air limbah dapat dihitung dengan mengalikan nilai kekeruhan yang diperoleh dengan faktor pengencernya *(Lin, 2007)*. Warna dan kekeruhan juga menimbulkan pemandangan yang tidak bagus dalam air limbah meskipun warna tidak menimbulkan sifat racun *(Tchobanoglous et.al., 2003)*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.4.2 Karakteristik Kimiawi

Karakteristik kimia air limbah dapat diketahui dari beberapa indikator larutan tersuspensi yang terdapat di dalam air limbah, antara lain:

1. BOD (*Biologycal Oxygen Demand*)

   BOD didefinisikan sebagai jumlah kandungan oksigen yang diperlukan oleh populasi mikroorganisme untuk menstabilkan materi organik yang berada dalam kondisi aerob (Qasim, 1985). Semakin besar angka BOD menunjukkan bahwa derajat pengotoran air buangan semakin besar (Sugiharto, 1987). Parameter yang paling umum digunakan untuk pengukuran kandungan zat organik adalah BOD_5, yaitu pengukuran oksigen terlarut yang digunakan mikroorganisme untuk oksidasi biokimia zat organik dengan waktu 5 hari. Untuk menghitung konsentrasi BOD_5 menggunakan rumus berikut *(Lin, 2007).*

$$BOD = \frac{(D_1 - D_2)}{P} \quad \text{.....} \quad \textbf{(2.1)}$$

Dimana : D_1 = Kadar DO sampel yang diencerkan (mg/L)

D_2 = Kadar DO sampel setelah diinkubasi dengan suhu 20º (mg/L)

P = Volumetrik fraksi desimal sampel (sampel/300mL)

Atau dapat menggunakan rumus berikut:

$$BOD_5 = (A_1 - A_2) - \frac{\left(\frac{B_1 - B_2}{v_S}\right) v_C}{P} \quad \text{.....} \quad \textbf{(2.2)}$$

Dimana : BOD_5 = Nilai BOD_5 sampel uji (mg/L)

A_1 = Kadar oksigen terlarut sebelum inkubasi (0 hari) (mg/L)

A_2 = Kadar oksigen terlarut setelah inkubasi (5 hari) (mg/L)

B_1 = Kadar oksigen terlarut Blanko sebelum inkubasi (0) (mg/L)

B_2 = Kadar oksigen terlarut Blanko setelah inkubasi (5hari) (mg/L)

V_b = Volume suspensi mikroba dalam botol DO Blanko (ml/L)

V_c = Volume suspensi mikroba dalam botol uji (ml/L)

P = Perbandingan volume sampel uji (V_1) dan volume total (V_2)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. DO *(Dissolved Oxygen)*

Keadaan oksigen terlarut *(Dissolved Oxygen)* bertolak belakang dengan keadaan BOD. Semakin tinggi BOD semakin rendah oksigen terlarut, dimana keadaan oksigen terlarut dalam air dapat menunjukkan tanda-tanda kehidupan ikan dan biota dalam perairan. Selain itu, lumut dan sejenis ganggang juga menjadi sumber oksigen karena proses fotosintesis melalui bantuan sinar matahari. Kemampuan air untuk mengadakan pemulihan secara alami tergantung pada tersedianya oksigen terlarut. Angka oksigen terlarut (DO) yang semakin tinggi menunjukkan keadaan semakin baik. Pada temperatur dan tekanan udara alami kandungan DO di dalam air bisa mencapai 8 mg/lt. Alat yang dapat meningkatkan DO di dalam air limbah adalah aerator (Qasim, 1985).

3. COD *(Chemical Oxygen Demand)*

Chemical Oxygen Demand adalah indikator yang digunakan untuk mengetahui jumlah oksigen dan zat organik yang dibutuhkan untuk mengoksidasi materi organik dengan oksidasi secara kimia (Qasim, 1985). Nilai COD dalam air limbah biasanya lebih tinggi daripada nilai BOD. Hal ini diakibatkan karena lebih banyak senyawa kimia yang dapat dioksidasi dibandingkan oksidasi secara biologi. Semakin tinggi nilai COD dalam air buangan mengindikasikan bahwa derajat pencemaran pada suatu perairan makin tinggi pula. Untuk mengetahui kadar COD hanya membutuhkan waktu tes selama 3 jam sehingga menguntungkan bagi instalasi pengolahan jika melakukan tes COD dibandingkan tes BOD_5 yang membutuhkan waktu 5 hari untuk mendapatkan hasilnya (*Tchobanoglous et.al., 2003*). Dalam menentukan kadar COD di dalam air limbah secara umum tidak jauh berbeda dengan metode empiris pada penentuan kadar BOD (Lin, 2007). Menurut, *(Tchobanoglous et.al., 2003)* menyebutkan bahwa keterkaitan nilai BOD termasuk parameter COD, sedangkan nilai COD tidak selalu mengikat kandungan BOD. Kadar perbandingan antara nilai BOD_5 : COD pada air limbah domestik adalah 0,4:0,6. Pada prinsipnya, penurunan kadar COD di dalam air limbah menggunakan metode secara fisik hanya memiliki kemampuan 40%, sedangkan penurunan dengan penambahan bahan kimia pendukung mampu menurunkan kadar COD hingga mencapai 80% *(Reynolds, 1982)*.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4. TSS (*Total Suspended Solid*)

Padatan total terlarut adalah residu dari padatan total air limbah yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2μm atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Yang termasuk TSS antara lain: lumpur, tanah liat, logam oksida, sulfida, bakteri, ganggang, dan jamur (Qasim, 1985). Padatan total adalah parameter kualitas yang sangat penting untuk pengolahan air dan air limbah dengan batas baku mutu masing-masing 30 dan 12 mg /l. TSS dapat ditentukan dengan menyaring sampel yang tercampur melalui membran berdiameter 24 mm dengan ukuran pori 0,2 μm. Filter membran ditempatkan di dalam wadah kemudian residu akan tertahan pada filter. Setelah itu dikeringkan dalam oven selama 1 jam dengan suhu 103ºC sampai 105ºC *(Lin, 2007).* Sedangkan menurut *(Tchobanoglous et.al., 2003)*, TSS dapat juga diartikan sebagai padatan yang tertahan oleh media filter dengan kerapatan 1,58 mikron dengan wujud yang direpresentasikan dengan mengeringkan media filter tersebut pada suhu 105ºC. Kadar TSS dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{TSS} = \frac{(\text{C}-\text{D}) \times 1000}{\text{V}} \qquad \text{.....} \quad \textbf{(2.3)}$$

Dimana : C = Berat saringan dan wadah ditambah residu kering (mg)

D = Berat saringan dan wadah (mg)

V = Volume sampel (mL)

5. pH *(Puissance d'Hydrogen Scale*)

pH merupakan derajat tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Air murni memiliki pH netral pada suhu 25ºC yaitu 7,0. Larutan pH <7 bersifat asam, dan pH >7 bersifat basa (Yulianti, 2015). Tingkat keasaman air limbah dapat diukur dengan pH meter. Keasaman ditetapkan berdasarkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen yang terlarut di dalam air. Air limbah yang mempunyai pH rendah akan cenderung bersifat korosif terhadap bahan-bahan konstruksi besi yang kontak dengan air. Air limbah rumah tangga cenderung mempunyai pH <7 atau bersifat asam.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.4.3 Karakteristik Biologi

Indikator utama dalam menentukan karakteristik biologi dalam air limbah adalah keberadaan mikroorganisme. Mikroorganisme banyak ditemukan dalam jenis yang bervariasi dalam air limbah dengan konsentrasi 105-108 organisme/ml. Kebanyakan merupakan sel tunggal yang bebas atau berkelompok yang mampu melakukan proses-proses kehidupan (tumbuh, metabolisme, dan reproduksi) (Qasim, 1985).

Karakteristik air limbah juga berperan sebagai indikator pencemar yang mengisyaratkan tingkat pencemaran pada suatu perairan. Selain karakteristik juga terdapat beberapa kandungan terlarut maupun terdispersi pada air limbah domestik yang berdampak negatif. Beberapa kandungan di dalam air limbah domestik antara lain jumlah mikroorganisme, padatan dan cairan terapung seperti minyak, koloid tersuspensi maupun polutan dalam bentuk larutan. Kandungan yang terdapat pada air limbah domestik terbagi atas berbagai kontaminan yang terdiri atas kadar maksimum dan kadar minimum seperti pada Tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2.1 Kandungan Bahan Pencemar Air Limbah Domestik

Kontaminan	Satuan	Konsentrasi		
		Maksimum	Rata - Rata	Minimum
Padatan Total (TS)	mg/l	1200	720	350
Padatan Terlarut Total (TDS)	mg/l	850	500	250
Padatan Tersuspensi Total (TSS)	mg/l	350	220	100
BOD	mg/l	400	220	110
COD	mg/l	1000	500	250
Nitrogen	mg/l	85	40	20
Fosfor	mg/l	15	8	4
Klorida	mg/l	100	50	30
Sulfat	mg/l	50	30	20
Lemak	mg/l	150	100	50
Total Coliform	mg/l	10^7-10^9	10^7-10^9	10-10^9

Sumber: Tchobanoglous et.al., 2003

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.5 Klasifikasi dan Kriteria Mutu Air

Klasifikasi mutu air merupakan pembagian kondisi kualitas air yang menunjukkan kondisi cemar pada suatu badan air berdasarkan standar baku mutu yang ditetapkan. Upaya pengelolaan kualitas air di kota Surabaya terdapat di Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 02 Tahun 2004. Peraturan tersebut menjadi acuan utama dalam menentukan tingkat kualitas air dan mutu kelas air. Mutu air adalah kondisi kualitas air yang diukur dan atau diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dengan metode tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Sedangkan kelas air adalah peringkat kualitas air yang dinilai masih layak untuk dimanfaatkan sesuai peruntukan tertentu. Untuk mengetahui tingkat pencemaran dapat ditentukan berdasarkan standar baku mutu, sehingga dapat dihitung beban pencemar yang dapat ditenggang oleh badan air penerima. Hal itu sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Kriteria mutu air dibagi menjadi beberapa kelas sebagai berikut:

1. Kelas I, merupakan mutu yang paling baik diantara kelas yang lainya. Air pada kelas ini peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas II, peruntukannya dapat digunakan untuk sarana/prasarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar dan air payau, peternakan, air untuk mengairi pertamanan, dan/ atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas III, peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar dan air payau, peternakan, air untuk mengairi pertamanan, dan/atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas IV, peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertamanan dan/atau peruntukan lain yang mensyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Berdasarkan kelas mutu air di atas, kriteria mutu air dapat dilihat dari parameter yang terkandung di dalam air sesuai kelas air dalam tabel 2.2 berikut ini:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 2.2 Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas Air

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	ºC	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi Temperatur dari keadaan ilmiah
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	1000	
KIMIA ANORGANIK						
pH		6-9	6-9	6-9	6-9	Kondisi alamiah ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Phospat(P)	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO3 sebagai N	mg/L	10	10	20	20	
Nh3-N	mg/L	0,5	-	-	-	Bagi perikanan kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka ≤0,02 mg/L sebagai NH^3
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	
Kolbalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/L	1	-	-	-	
Baron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom(VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,01	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	Bagi pengolahan air minum secara konvensional al, Cu≤ 1 mg/L
Besi	mg/L	0,3	-	-	-	Bagi pengolahan air minum secara konvensional al, Fe≤ 5mg/L
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional al, Pb≤ 0,1 mg/L
Mangan	mg/L	1	-	-	-	
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional al, Zn≤ 5 mg/L
Khlorida	mg/L	1	-	-	-	
Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02	-	
Flourida	mg/L	0,5	1,5	1,5	-	
Nitrit sebagai N	mg/L	0,06	0,06	0,06	-	Bagi pengolahan air minum secara

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
						konvensional al, NO2_N ≤ 1 mg/L
Sulfat	mg/L	400	-	-	-	
Khlorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	-	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan
Belerang sebagai H2S	mg/L	0,002	0,002	0,002	-	
MIKROBIOLOGI						
Fecal Coliform	Jml/100ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal coliform ≤ 2000 jml/ 100 ml dan total coliform ≤ 10000 jml/100ml
Total Coliform	Jml/100ml					
RADIOAKTIVITAS						
Gross - A	ug/L	0,1	0,1	0,1	0,1	
Gross - B	ug/L	1	1	1	1	
KIMIA ORGANIK						
Minyak&Lemak	bg/L	1000	1000	1000	-	
Detergen MBAS	bug/L	200	200	200	-	
Senyawa Fenol	ug/L	1	1	1	-	
BHC	ug/L	210	210	210	-	
Aldrin/Dioldrin	ug/L	17	-	-	-	
Chlordane	ug/L	3	-	-	-	
DDT	ug/L	2	-	-	2	
Heptachlor	ug/L	18	-	-	-	
Lindane	ug/L	56	-	-	-	
Methoxyctor	ug/L	35			-	
Ebdrin	ug/L	1			-	
Toxaphan	ug/L	-	-	-	-	

Sumber: Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001

Keterangan: mg = miligram

ug = mikrogram

ml = mililiter

L = liter

Bq = Bequerel

MBAS = Methylene Blue Active Substance

ABAM = Air Baku untuk Air Minum

1. Logam berat merupakan logam terlarut. Nilai di atas batas maksimum, kecuali pH dan DO.
2. Bagi pH merupakan nilai rentang yang tidak boleh kurang atau lebih dari nilai yang tercantum.
3. Nilai DO merupakan batas minimum.
4. Arti (-) di atas menyatakan bahwa untuk kelas termasuk, parameter tersebut tidak dipersyaratkan.
5. Tanda £ adalah lebih kecil atau sama dengan Tanda < adalah lebih kecil

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.6 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Berdasarkan standar peraturan yang ditetapkan oleh pemerintah, terdapat batas baku mutu yang harus dipenuhi sebelum air limbah dibuang langsung ke badan air. Standar ini dijadikan sebagai acuan utama dalam proses pengolahan air limbah domestik untuk mengendalikan potensi dampak pencemaran lingkungan. Sesuai lampiran Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen LHK) Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik pada Tabel 2.3 sebagai berikut:

Tabel 2.3 Standar Baku Mutu Air Limbah Domestik Tahun 2014

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

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014

Peraturan yang tertuang di Permen LHK Nomor 5 Tahun 2014 ini hanya mencangkup 4 indikator parameter utama pada air limbah domestik yaitu kadar pH, BOD, TSS, Minyak dan Lemak. Sedangkan untuk sumber pencemarnya terbagi atas beberapa sumber usaha atau kegiatan permukiman (*real estate*), diantaranya: dari pemukiman rumah tangga, rumah susun, penginapan, asrama, pelayanan kesehatan, lembaga pendidikan, perkantoran, perniagaan, pasar, rumah makan, balai pertemuan, arena rekreasi, permukiman, industri, IPAL kawasan, IPAL permukiman, IPAL perkotaan, pelabuhan, bandara, stasiun kereta api, terminal, dan lembaga pemasyarakatan. Kemudian pada tahun 2016, pemerintah mengeluarkan standar peraturan terbaru yang digunakan sebagai acuan batas baku mutu air limbah yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlkh/Setjen/Kum.1/8 Tahun 2016 tentang Standar Baku Mutu Air Limbah Domestik. Pada peraturan terbaru ini parameter pencemar pada air limbah tidak lagi mencangkup 4 indikator, melainkan 8 indikator utama, yaitu kadar BOD, COD, TSS, derajat keasaman atau pH, amoniak, total *coliform*, minyak dan lemak serta besaran debit air limbah yang dihasilkan oleh setiap orang per hari.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Mengacu pada peraturan terbaru, yang dimaksud standar batas baku mutu air limbah domestik adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha atau kegiatan yang dilakukan (Permen LHK, 2016). Parameter pencemar yang dijadikan indikator dalam standar baku mutu air limbah domestik pada Permen LHK tahun 2016 tertuang pada Tabel 2.4 sebagai berikut:

Tabel 2.4 Standar Baku Mutu Air limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Amoniak	mg/L	5
Minyak & Lemak	mg/L	10
Total Coliform	Jumlah/100 mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia No. 68, 2016

2.7 Kualitas dan Kuantitas Air Limbah

Air limbah dapat diuji berdasarkan standar kualitas dan kuantitasnya. Kualitas air limbah domestik yang akan diolah diuji dari hasil analisa kualitas melalui uji laboratorium. Sedangkan untuk kuantitas air limbah dilakukan dengan menentukan jumlah beban pencemaran yang akan diolah. Dengan kata lain, kuantitas air limbah domestik adalah jumlah timbulan atau debit dari air limbah, debit air limbah didapatkan dari data jumlah pemakaian atau konsumsi air bersih. Rentang kuantitas air limbah domestik biasanya adalah 60-80% dari konsumsi air harian (*Tchobanoglous et.al., 2003*). Kuantitas dan kualitas air limbah sangat penting untuk diketahui untuk menentukan desain perencanaan bangunan pengolah mulai dari waktu tinggal di dalam reaktor, volume reaktor, jumlah media, jumlah volume udara untuk proses aerasi, dan besarnya pompa sirkulasi dan perhitungan desain lainya (*Tchobanoglous et.al., 2003*). Sebelum mengolah air limbah domestik yang berasal dari pipa pembuangan, maka perlu dilakukan pengujian parameter pencemar untuk mengetahui kualitas dan kuantitas air limbah domestik yang akan diolah.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tingkat kadar pencemar yang terdapat di dalam air limbah domestik dapat diketahui berdasarkan pendekatan secara aktual di lapangan dengan 3 (tiga) kategori sebagai berikut:

1. Air limbah domestik dengan tingkat pencemaran rendah, BOD < 300 mg/l
2. Air limbah domestik dengan tingkat pencemaran sedang, 300 < BOD < 500 mg/l
3. Air limbah domestik dengan tingkat pencemaran tinggi, 500 < BOD < 1000 mg/l

Menurut (*Tchobanoglous et.al., 2003*), pengujian pada air limbah dilakukan untuk mengetahui tingkat kadar pencemar guna menentukan unit bangunan pengolah yang sesuai. Pengujian air limbah harus memperhatikan karakteristik yang terdapat pada air limbah, proses pengolahan pada air limbah dan kemampuan badan air penerima dalam menerima air hasil pengolahan dengan unit IPAL. Berdasarkan standar pengujiannya, terdapat 2(dua) standar yang diterapkan untuk menetapkan kualitas air limbah yang akan diolah, yaitu:

1. *Stream Standard*

   Standar kualitas ambang batas merupakan standar syarat kualitas akhir dari badan air penerima. Jadi, apapun jenis air limbah yang masuk dan bagaimanapun kualitasnya, yang menjadi ukuran utama adalah kualitas akhir badan air penerima setelah tercampur dengan air limbah dari proses pengolahan. Faktor yang terlibat dalam standar ini yaitu air buangan yang masuk ke badan air dan badan air penerima (sungai). Dari standar ini pertimbangan utamanya adalah kemampuan alam atau badan air penerima untuk melakukan *self purification.*

2. *Effluent Standard*

   Standar kualitas ini lebih menitikberatkan pada kualitas air limbah yang dibuang ke dalam badan air penerima. Maksudnya adalah apapun jenis air limbah yang akan diolah dan bagaimanapun kualitasnya, sebelum air limbah tersebut dibuang ke badan air penerima maka harus memenuhi syarat-syarat tertentu yang telah ditetapkan sesuai dengan baku mutu dari pemerintah, tanpa memperhatikan keadaan badan air penerimanya. Pada standar ini harus memperhitungkan *self purification* pada tingkat pengolahan di dalam IPAL.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.8 Pemilihan Unit Bangunan Pengolah Air Limbah Domestik

Penentuan jenis unit IPAL yang tepat didasarkan pada kesesuaian antara kualitas air limbah yang akan diolah, baku mutu, efektifitas pengolahan unit IPAL serta kualitas air limbah olahan yang diharapkan. Selain itu, terdapat beberapa pertimbangan terkait dengan efisiensi pengolahan yang optimal, baik secara teknis maupun ekonomis. Menurut (Wahyudi, 2011), terdapat beberapa kriteria yang harus diperhatikan saat melakukan pemilihan alternatif unit pengolahan, diantaranya:

1. Efisiensi Pengolahan

   Efisiensi pengolahan dalam air limbah berhubungan dengan tingkat kemampuan proses yang dilakukan oleh unit IPAL dalam mengolah air limbah dan kemampuan *removal* kadar pencemar. Semakin tinggi tingkat efisiensi unit IPAL semakin baik proses pengolahan yang berlangsung.

2. Aspek Teknis

   Aspek ini sangat penting untuk diperhatikan karena berhubungan dengan konstruksi bangunan, kemudahan dalam pembangunan maupun operasi perawatan, ketersediaan tenaga ahli, kemudahan mendapatkan bahan konstruksi, serta efektivitas lahan yang digunakan.

3. Aspek Lingkungan

   Aspek lingkungan mencangkup lingkungan secara fisik maupun sosial masyarakat karena memungkinkan adanya gangguan terhadap masyarakat sekitar dan ekologis.

4. Aspek ekonomis

   Aspek ini sangat diperhitungkan dalam perencanaan pembangunan IPAL karena mencangkup pembiayaan tahap konstruksi, operasi, perawatan dan pemeliharaan instalasi bangunan selama masa proses pengolahan.

Berdasarkan beberapa pertimbangan tersebut, kemudian dipilih alternatif pengolah dengan efisiensi *removal* tinggi sesuai dengan kualitas air limbah yang dihasilkan. Pada perencanaan kali ini dipilih jenis pengolahan air limbah domestik menggunakan kombinasi unit IPAL biofilter aerobik dan adsorpsi karbon aktif.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.9 Pengolahan Air Limbah Secara Aerobik

Proses pengolahan air limbah domestik dapat dilakukan melalui beberapa metode kombinasi unit bangunan pengolah baik secara fisika, kimia, maupun biologi. Seluruh proses tersebut bertujuan untuk menghilangkan kandungan padatan tersuspensi, koloid, dan bahan-bahan organik maupun anorganik yang terlarut di dalam air limbah. Untuk mengolah air limbah yang mengandung senyawa organik tinggi umumnya menggunakan teknologi pengolahan air limbah secara biologis atau gabungan antara proses biologis dengan proses kimia-fisika. Pengolahan secara biologis dinilai efektif untuk menurunkan beban kadar pencemar organik pada air limbah dengan memanfaatkan peran mikroorganisme. Pengolahan air limbah secara biologi dimaksudkan untuk menghilangkan zat-zat padat organik terlarut yang berbentuk koloid. Selain itu, zat organik tersuspensi juga dapat terdegradasi di dalam proses ini (*Tchobanoglous et.al., 2003*). Bahan organik pada air limbah dapat dikonvensi menjadi massa mikroorganisme atau biomassa, sehingga lebih mudah untuk terendapkan dan dipisahkan melalui proses *bioflokulasi*. Proses *bioflokulasi* bertujuan untuk mengubah molekul organik yang kompleks menjadi produk yang lebih sederhana dengan menggunakan bantuan mikroorganisme, sehingga cocok diolah melalui proses biologi *(biodegradable).*

Keberhasilan dalam mengolah air limbah domestik secara biologi bergantung pada kemampuan aktivitas mikroorganisme yang ada di dalamnya. Proses biologis ini dapat dilakukan pada kondisi aerobik (dengan udara), kondisi anaerobik (tanpa udara) atau kombinasi anaerobik dan aerobik. Proses biologis aerobik biasanya digunakan untuk pengolahan air limbah domestik dengan beban BOD yang tidak terlalu besar $\leq$ 400 mg/l, sedangkan proses biologis anaerobik digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban BOD yang sangat tinggi $\geq$ 4000 mg/l. Pada pengolahan secara aerobik, suplai oksigen yang dibutuhkan harus diatur sesuai kebutuhan mikroorganisme untuk mendekomposisi kandungan senyawa organik pencemar. Karena itu diperlukan perlakuan khusus yang mampu menjaga keseimbangan pertumbuhan mikroorganisme dengan mengontrol parameter-parameter yang dibutuhkan dalam pengolahan biologis. Sebagai pengolahan sekunder, pengolahan secara biologi banyak diterapkan karena termasuk pengolahan yang murah, efisien, dan lebih ramah terhadap lingkungan (Said, 1999).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Proses pengolahan secara biologi secara garis besar dapat dibedakan menjadi dua jenis reaktor, yaitu reaktor pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth reactor*) dan reaktor pertumbuhan melekat (*attached growth reactor*). Selain itu, pengolahan air limbah secara aerobik juga dapat dibagi menjadi tiga proses yakni proses biologis dengan biakan tersuspensi *(suspended culture),* proses biologis dengan biakan melekat *(attached culture)* dan proses pengolahan dengan sistem *lagoon* kolam atau kombinasi ketiganya. Proses biologis dengan biakan tersuspensi adalah sistem pengolahan dengan menggunakan aktifitas mikroorganisme untuk menguraikan senyawa polutan yang ada dalam air dan mikroorganisme yang digunakan dibiakkan secara tersuspensi di dalam suatu reaktor. Beberapa metode pertumbuhan ini diantaranya: pengolahan air limbah sistem lumpur aktif, *step aeration*, *contact stabilization, extended aeration, oxidation ditch* (kolam oksidasi sistem parit) dan lainya (Said, 2003).

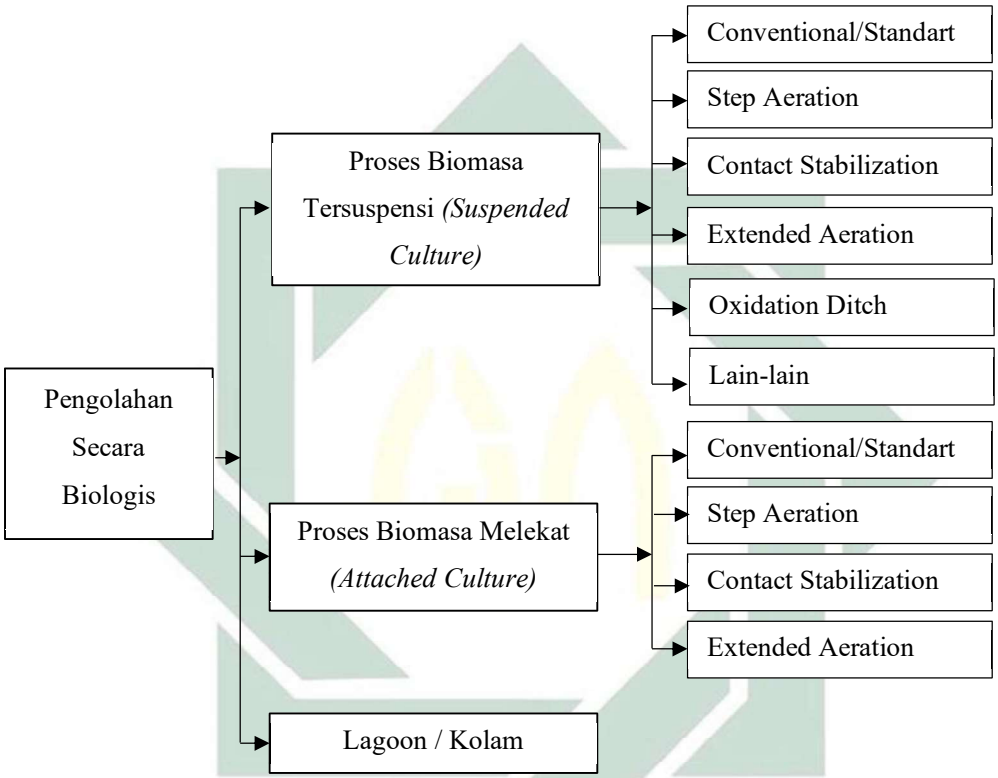
Metode pertumbuhan melekat merupakan sistem pengolahan biologis pada limbah cair dengan melekatkan partikel-partikel yang ada di dalam limbah cair pada media pengolah (Said, 2003). Proses biologis dengan biakan melekat merupakan proses pengolahan air limbah dimana mikroorganisme yang digunakan dibiakkan pada suatu media sehingga mikroorganisme tersebut melekat pada permukaan media. Beberapa contoh teknologi pengolahan air limbah dengan cara ini antara lain: *trickling filter*, biofilter, *rotating biological contactor* atau RBC, *contact aeration/oxidation* (aerasi kontak) dan lainnya. Selain metode tersuspensi dan melekat juga terdapat metode dengan proses kolam. Proses pengolahan air limbah dengan *lagoon* atau kolam pada prinsipnya menampung air limbah pada suatu kolam yang luas dengan waktu tinggal yang cukup lama sehingga aktifitas mikroorganisme dapat tumbuh secara alami dan senyawa polutan yang ada dalam air akan terurai. Untuk mempercepat proses penguraian senyawa polutan atau memperpendek waktu tinggal di dalam kolam dapat dilakukan melalui proses aerasi atau menginjeksikan udara. 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. Sistem penguraian aerob pada umumnya dioperasikan secara kontinyu.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Menurut (Said, 2008), persamaan umum reaksi penguraian secara aerob sebagai berikut:

Bahan Organik + O_2 ⟶ Sel baru + Energi untuk sel + CO_2 +H_2O + Produk Akhir ..... **(2.4)**

Klasifikasi pengolahan air limbah secara aerobik dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Klasifikasi Pengolahan Air Limbah Secara Biologis Aerobik

Sumber: Said, 2003

Pemilihan jenis teknologi yang digunakan untuk mengolah air limbah domestik perlu memperhatikan karakteristik air limbah yang akan diolah, debit atau jumlah air limbah, standar kualitas air hasil olahan, serta efisiensi pengolahan untuk tiap-tiap jenis. Dalam menentukan unit bangunan pengolah air limbah domestik yang digunakan didasarkan pada efisiensi *removal* BOD yang cukup tinggi serta dapat dimodifikasi sesuai dengan karakteristik air buangan atau limbah yang ada. Efisiensi *removal* unit bangunan pengolah dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 2.5 Karakteristik Proses Pengolahan Air Limbah Secara Biologis

No.	Jenis Proses Pengolahan	Efisiensi Removal BOD (%)	Keterangan
Proses Biomasa Tersuspensi			
1.	Lumpur Aktif Standar	85-95	-
2.	Step Aeration	85-95	Digunakan untuk beban pengolahan yang besar
3.	Modified Aeration	60-75	Untuk pengolahan dengankualitas air olahan sedang
4.	Contact Stabilization	80-90	Digunakan untuk pengolahan paket. Untuk mereduksi ekses lumpur
5.	Hight Aeration	85 - 95	Digunakan untuk Untuk pengolahan paket, bak aerasi dan bak pengendap akhir merupakan satu paket. Memerlukan area yang kecil.
6.	Pure Oxydation Process	85 - 95	Untuk pengolahan air limbah yang sulit diuraikan secara bilogis. Luas area yang dibutuhkan kecil.
7.	Oxidation Ditch	75 - 95	Konstruksinya mudah, tetapi memerlukan area yang luas.
Proses Biomasa Melekat			
8.	Trickling Filter	80 - 95	Sering timbul lalat dan bau. Proses operasinya mudah.
9.	Rotating Biological Contactor (RBC)	80 - 95	Konsumsi energi rendah, produksi lumpur kecil. Tidak memerlukan proses aerasi.
10.	Contact Aeration Process	80 - 95	Memungkinkan untuk penghilangan nitrogen dan phospor.
11.	Biofilter Anaerobik	60 - 80	memerlukan waktu tinggal yang cukup lama, dan area yang dibutukkan sangat luas
12.	Biofilter Aerobik	≥ 90 %	Cocok untuk pengolahan dengan kadarpencemar yang tidak terlalu besar <400 mg/L dengan waktu tinggalnya yang singkat sekitar ≥ 6-8 jam
Lagoon			
13	Kolam Stabilisasi	60-80	Memerlukan waktu tinggal yang cukup lama, dan area yang dibutukkan sangat luas

Sumber: Said, 2008

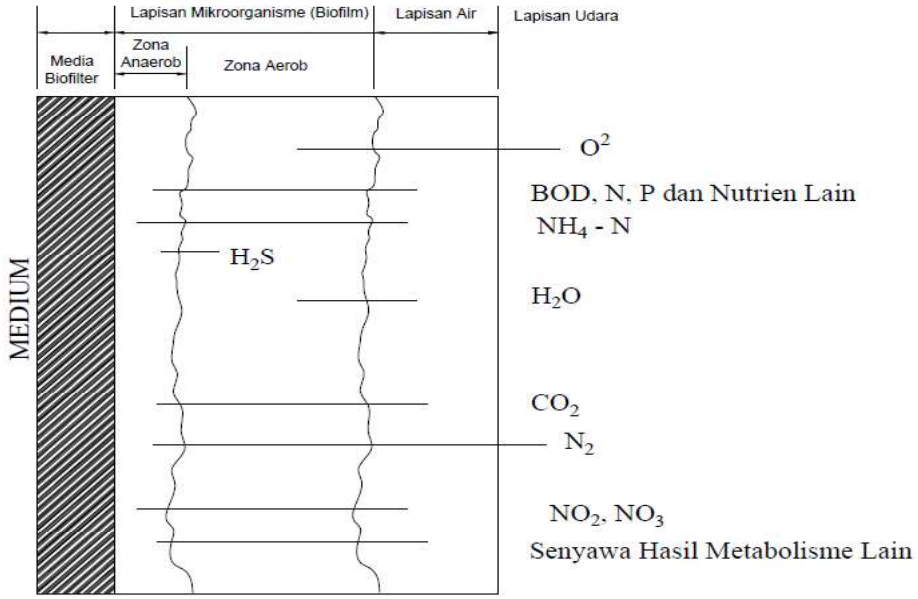
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2.10 Pengolahan Air Limbah dengan IPAL Biofilter Aerob

Proses pengolahan air limbah domestik dapat dilakukan dengan mengalirkan air limbah melalui saluran *interceptor* masuk ke unit IPAL kemudian dibuang ke badan air penerima (sungai, saluran irigasi atau laut) dalam keadaan aman sesuai kriteria. Salah satu jenis unit IPAL yang mulai dikembangkan untuk mengolah limbah cair domestik dengan efisiensi cukup tinggi adalah unit biofilter aerob. Proses pengolahan pada unit IPAL biofilter aerobik pada umumnya menggunakan metode tercelup. Proses biofilter tercelup ini dilakukan dengan cara mengalirkan air limbah domestik ke dalam reaktor biologis yang berisi media penyangga.

Pengembangbiakan mikroorganisme pada biofilter aerob terjadi di dalam media disertai dengan aerasi oksigen (aerobik) untuk membentuk lapisan *biofilm*. Jika lapisan biofilm yang terbentuk cukup tebal, maka kondisi mikrobiologis pada medium akan membentuk dua keadaan. Lapisan bagian luar mikrobiologis berada dalam keadaan aerobik, sedangkan lapisan bagian dalam biofilm yang melekat pada medium berada dalam keadaan anaerobik. Saat air limbah berada pada kondisi anaerobik maka efek sampingnya akan terbentuk gas H_2S. Sedangkan pada saat konsentrasi oksigen terlarut cukup besar maka gas H_2S yang terbentuk akan diubah menjadi sulfat(SO_4) oleh bakteri sulfat di dalam lapisan biofilm. Pada kondisi aerobik nitrogen-amonium pada air limbah akan diubah menjadi nitrit dan nitrat dan selanjutnya nitrat yang terbentuk mengalami proses *denitrifikasi* menjadi gas nitrogen(N^2). Proses ini memudahkan dalam penghilangan senyawa nitrogen karena di dalam sistem biofilm terjadi kondisi aerobik pada saat yang bersamaan (Said, 2003). Medium biofilm pada sistem biofilter terdiri dari beberapa lapisan, mulai dari medium penyangga, lapisan biofilm pada medium, lapisan air limbah dan lapisan udara terluar. Secara sederhana mekanisme proses metabolisme pada sistem biofilter aerobik dapat dilihat pada gambar 2.2.

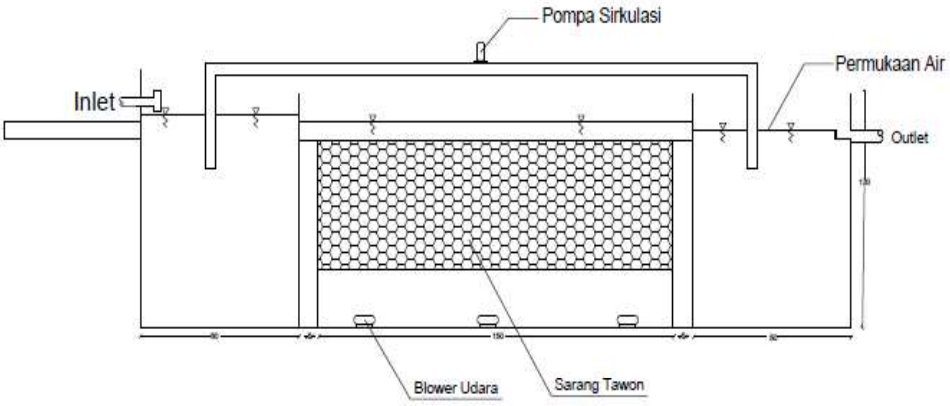
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 2.2 Proses Metabolisme dengan Sistem Biofilter

Sumber: Said, 2008

Prinsip kerja pada sistem biofilter aerobik yaitu dengan mendifusi senyawa polutan yang ada di dalam air limbah (senyawa organik, BOD, COD, amonia, sulfida, sulfur dan yang lainnya) ke dalam lapisan film biologis yang melekat pada permukaan medium. Kemudian ditambahkan oksigen terlarut melalui injeksi blower udara atau pompa sirkulasi ke dalam air limbah. Berikut penampang sederhana pada sistem biofilter aerobik pada gambar 2.3.

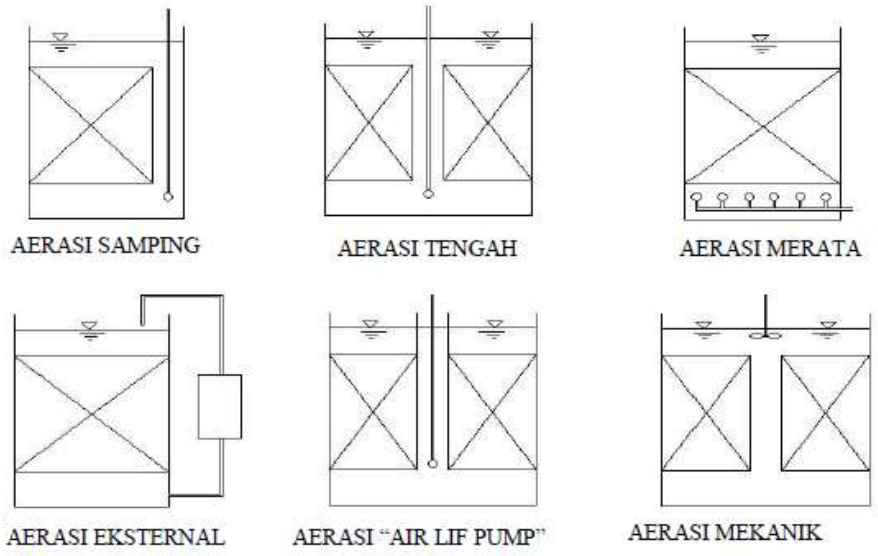


Gambar 2.3 Penampang Biofilter Aerobik

Sumber: Said, 2008

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Menginjeksikan oksigen terlarut pada air limbah bertujuan untuk menguraikan senyawa polutan dengan bantuan mikroorganisme yang ada di dalam lapisan biofilm dengan mengubah energi yang dihasilkan menjadi biomassa. Penginjeksian kadar oksigen ke dalam air limbah dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu melalui aerasi samping, aerasi tengah (pusat), aerasi merata ke seluruh permukaan, aerasi eksternal, aerasi dengan "*air lift pump*", dan aerasi dengan sistem mekanik. Sistem aerasi sangat bergantung dari jenis media yang digunakan maupun efisiensi air hasil olahan yang diharapkan. Pada prinsipnya sistem aerasi dilakukan dengan menyirkulasi aliran udara secara menyeluruh hingga ke permukaan media agar terjadi penyerapan oksigen pada air limbah. Beberapa cara yang umum digunakan dalam proses aerasi dapat dilihat pada gambar 2.4 sebagai berikut:



Gambar 2.4 Metode Aerasi Air Limbah dengan Sistem Biofilter Tercelup.

Sumber: Said, 2008

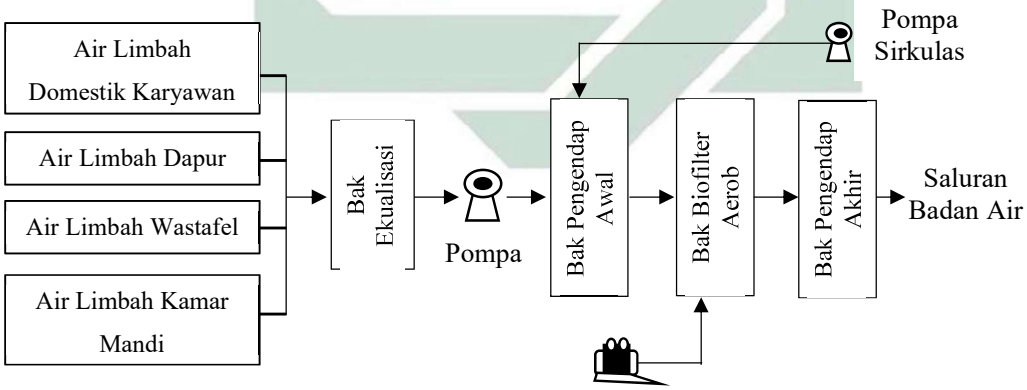
Proses pengolahan dengan IPAL biofilter aerob ini merupakan pengembangan dari metode aerasi kontak. Pengolahan biofilter aerob memiliki efisiensi *removal* BOD sekitar 60-90 % dan penyisihan TSS sekitar 50-70 % dengan waktu tinggalnya sekitar 2-10 jam (*Tchobanoglous et.al., 2003*). Sedangkan menurut Lin tahun (2007), penyisihan BOD terjadi sebesar 65-80 % dan menurut Christian tahun (2003), penyisihan BOD dapat terjadi sebesar 65-85%. Serta

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

menurut (Said, 2008), penyisihan BOD sekitar ≥ 90 % dan waktu tinggalnya sekitar ≥ 6-8 jam. Proses pengolahan secara aerob tersebut terbukti lebih efisien dalam menurunkan material zat organik (BOD, COD), amonia, detergen, padatan tersuspensi, *phospat,* dan lainnya. Secara umum skema alir proses pengolahan air limbah dengan biofilter aerob dapat dilihat pada gambar 2.5 dan gambar 2.6 sebagai berikut:

Gambar 2.5 Skema Alir Pengolahan Air Limbah dengan Unit Biofilter Aerob

Sumber: Said, 1999



Gambar 2.6 Proses Alir Pengolahan Air Limbah dengan Unit Biofilter Aerob

Sumber: Said, 1999

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Proses pengolahan diawali ketika aliran air limbah domestik dari sumber dialirkan melalui saringan kasar (*bar screen*) yang berfungsi untuk menyaring benda-benda dengan volume besar seperti sampah daun, kertas, plastik, dan lain-lain. Setelah melalui *bar screen*, kemudian air limbah dialirkan menuju ke bak ekualisasi untuk meredam fluktuasi debit laju aliran. Air limbah yang berada di dalam bak ekualisasi lalu dipompa ke bak pengendap awal untuk mengendapkan partikel-partikel lumpur, pasir, dan kotoran organik tersuspensi dengan laju aliran yang sudah ditentukan. Selain sebagai bak pengendap, pada kompartemen ini juga berfungsi sebagai bak pengontrol aliran, serta bak pengurai senyawa organik yang berbentuk padatan, *sludge digestion* (pengurai lumpur) dan bak penampung lumpur. Air limpasan limbah dari bak pengendap awal selanjutnya dialirkan menuju ke kompartemen biofilter bak aerobik. Di dalam kompartemen aerob ini diisi dengan media penyangga dari bahan plastik tipe sarang tawon. Ketika air limbah masuk melewati media penyangga maka akan terjadi proses aerasi kontak (*Contact Aeration*), yaitu diaerasi atau dihembus dengan udara sehingga mikroorganisme yang tersuspensi dapat menguraikan material zat organik yang ada dalam air limbah serta tumbuh dan menempel pada permukaan media. Hal ini dapat meningkatkan efisiensi penguraian zat organik, detergen serta mempercepat proses nitrifikasi, sehingga efisiensi penghilangan amonia menjadi lebih besar. Penguraian zat-zat organik yang ada dalam air limbah dilakukan oleh bakteri aerobik atau *facultatif aerobic*. Setelah beberapa hari beroperasi, maka permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikroorganisme (*biofilm*). Mikroorganisme inilah yang akan menguraikan zat organik yang belum sempat terurai pada bak pengendap awal (Said, 2008).

Kriteria perencanaan IPAL dengan unit biofilter aerob ini mencangkup setiap unit bagian kompartemen yang ada pada desain biofilter yang meliputi bak pengendap awal, reaktor biofilter aerob, resirkulasi, desain beban organik serta kompartemen awal berupa bak ekualisasi. Secara garis besar kriteria perencanaan yang terdapat pada biofilter aerob dapat dilihat pada tabel 2.6 sebagai berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 2.6 Kriteria Desain IPAL Biofilter Aerob

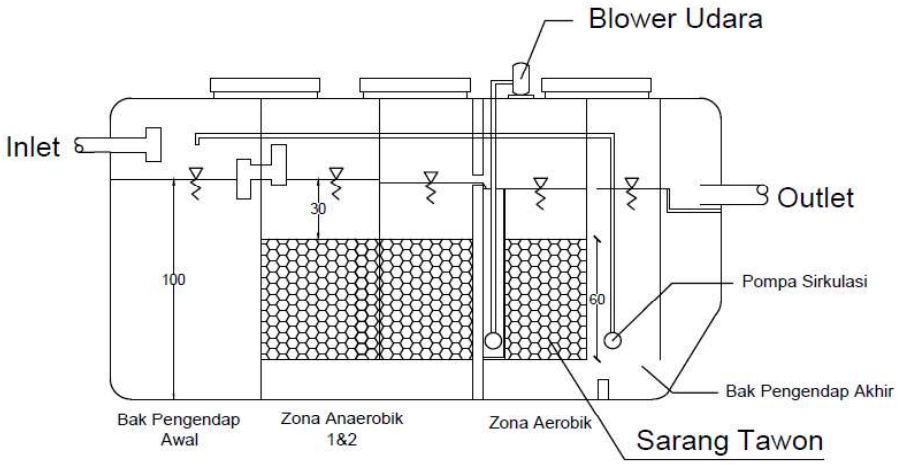
Unit Bangunan	Kriteria Desain Perencanaan
Bak Pengendap Awal	• Waktu tinggal (Retention Time) rata-rata = 3-5 jam • Beban Permukaan = 20-50 m^3/m^2.hari (JWWA)
Biofilter Aerob	• Beban BOD per satuan permukaan media (L_A) = 5-30 g BOD/$m^{2.}$ • Beban BOD 0,5 - 4 kg BOD per m^3 media.(menurut Nusa Idaman Said, BPPT, 2002) • Waktu tinggal total rata-rata = 6 - 8 jam • Tinggi ruang lumpur = 0,5 m • Tinggi Bed media pembiakan mikroba = 1,2 m • Tinggi air di atas bed media = 20 cm
Bak Pengendap Akhir	• Waktu Tinggal (Retention Time) rata-rata = 2- 5 Jam • Beban permukaan (surface loading) rata-rata = 10 m^3/m^2.hari • Beban permukaan = 20 –50 m^3/m^2.hari. (JWWA)
Ratio Sirkulasi *(Recycle Ratio)*	• 25 – 50 %
Media Perkembangbiakan Mikroba	• Tipe : Sarang Tawon • Material : PVC sheet • Ketebalan : 0,15 – 0,23 mm • Luas kontak spesifik : 150 -226 m^3/m^2 • Diameter Lubang : 2cm x 2cm • Berat Spesifik : 30 – 35 km/m^3 • Porositas rongga : 0,98

Sumber : Said, 2008

Perencanaan desain unit IPAL biofilter pada umumnya terbuat dari dua bahan utama, yaitu *fiberglass* dan beton. Unit biofilter yang terbuat dari bahan *fiberglass* biasanya dijual dalam bentuk IPAL paket. Salah satu pertimbangan utama yang harus diperhatikan dalam pemilihan material pada perencanaan unit IPAL adalah spesifikasi bahan dan umur ketahanan material yang digunakan. Umur material adalah masa pakai material agar masih bisa dipakai atau berfungsi dengan baik, serta tidak berkurang kualitas atau menurun performanya. Penurunan kualitas material pada bagian bangunan bisa berpengaruh besar terhadap fungsi bangunan, terutama dari segi keselamatan dan efisiensi pemakaian. Setiap jenis bahan unit IPAL memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Kelebihan dari material beton yang digunakan untuk bangunan dinding memiliki masa pakai 30-60 tahun, serta untuk lantai beton bertulang memiliki masa pakai 60-90 tahun. Sedangkan untuk masa pakai material berbahan *fiberglass* jauh lebih pendek berkisar antar 17-20 tahun karena mengalami pengeroposan (Hindarto, 2011). Namun pada kondisi

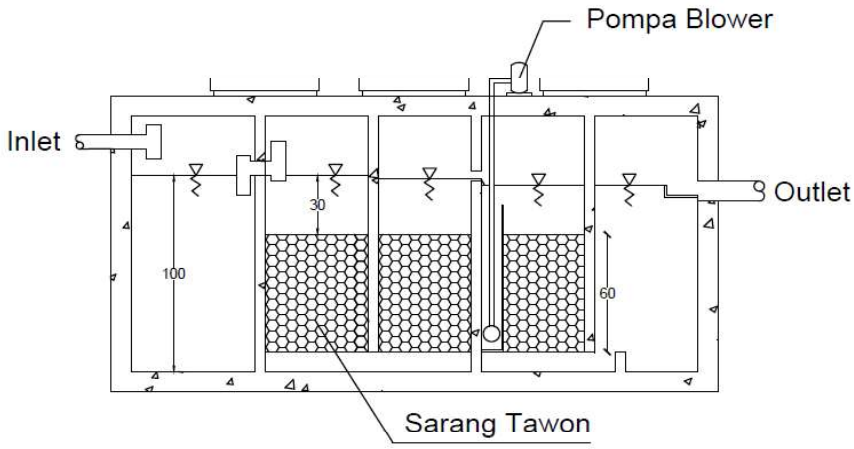
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

wilayah tertentu material *fiberglass* juga efektif untuk diterapkan dari segi biaya, kondisi topografi wilayah dan proses pembangunannya. Secara umum penampang unit IPAL Biofilter yang terbuat dari bahan *fiberglass* dan beton dapat dilihat pada gambar 2.7 dan gambar 2.8 berikut ini:



Gambar 2.7 Penampang Unit IPAL Biofilter Bahan Fiberglass

Sumber: Said, 2008



Gambar 2.8 Penampang Unit IPAL Biofilter Bahan Beton

Sumber: Said, 2008

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

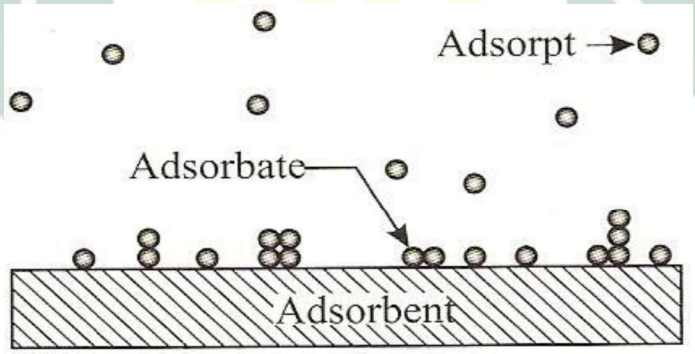
2.11 Pengolahan Air Limbah dengan Adsorpsi Karbon Aktif

Pengolahan air limbah domestik lebih dominan menggunakan pengolahan biologis baik secara aerob maupun anaerob. Hal ini dinilai lebih efektif daripada proses fisik dan kimia karena kemampuan mikroorganisme untuk mendegradasi kontaminan yang ada dalam air limbah. Namun tidak semua komponen pencemar dapat didegradasi oleh mikroorganisme pada proses biologis. Dalam beberapa kasus, pengobatan biologis tidak dapat mengolah air limbah secara efektif karena komponen bandel dan *bioresistent* hadir dalam air limbah. Oleh karena itu, proses fisik-kimia dapat menjadi salah satu solusi yang tepat (Getzer, 2002; Belis *et.al* , 2004) dalam (Shah, 2010). Diantara berbagai macam proses pengolahan secara fisik, adsorpsi *Granular Activated Carbon* (GAC) paling sering digunakan untuk menyerap bahan organik *volatile* dan *bioresistant* pada air limbah. Kandungan polutan organik pada air limbah yang melewati kompartemen karbon aktif akan diserap dengan kemudian terendapkan.

Karbon aktif merupakan salah satu jenis adsorben yang paling sering digunakan dalam proses pengolahan air limbah. Hal ini disebabkan karena karbon aktif memiliki daya adsorpsi dan luas permukaan yang lebih baik jika dibandingkan jenis adsorben lainya (Walas, 1990). Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorpsinya dengan proses aktivasi, yaitu terjadi penghilangan hidrogen, gas-gas dan air permukaan karbon sehingga terjadi perubahan fisik pada permukaannya. Aktivasi pada karbon aktif terjadi karena terbentuknya gugus aktif akibat adanya interaksi radial secara bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom oksigen maupun nitrogen. Karbon aktif yang baik harus memiliki luas area permukaan yang cukup besar agar daya adsorpsinya juga besar(Sudibandriyo et.al., 2003). Karbon aktif merupakan arang dengan struktur *amorphous* atau *mikrokristalin* yang sebagian besar terdiri atas karbon bebas dan memiliki *internal surface*. Kemampuan karbon aktif untuk mengadsorpsi ditentukan oleh struktur kimianya yaitu atom C, H dan O yang terikat secara kimia membentuk gugus fungsi. Aktifitas penyerapan karbon aktif tergantung dari kandungan senyawa karbon dalam bahan, umumnya terdiri dari 85–95% karbon bebas (Ramdja, 2008).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Proses pengolahan air limbah domestik umunya dipadukan dengan metode adsorpsi karbon aktif. Pengolahan dengan metode ini berfungsi untuk membunuh mikroorganisme, menyetarakan kandungan kimia dan menyerapnya, netralisasi limbah asam maupun basa, memperbaiki proses pemisahan lumpur, memisahkan padatan yang tak terlarut, filtrasi, mengoksidasi warna dan racun, mengurangi konsentrasi minyak dan lemak serta meningkatkan efisiensi instalasi flotasi. Pada prinsipnya proses yang terjadi pada pengolahan air limbah domestik dengan karbon aktif ini adalah metode adsorpsi. Metode ini merupakan proses pemisahan air limbah dari pengotor yang terlarut di dalamnya dengan cara penyerapan, seperti partikel-partikel diskrit, kation-kation, maupun kandungan bau pada air limbah. Adsorpsi adalah suatu fenomena meningkatnya konsentrasi suatu partikel tertentu antara dua fase suatu material yang diserap *(adsorbat)* oleh bahan penyerap *(adsorben).* Adsorpsi pada karbon aktif terjadi karena adanya energi permukaan dan gaya tarik menarik permukaan.



Gambar 2.9 Mekanisme Adsorpsi Karbon Aktif

Sumber: Addy Rachmad,(2011) dalam Nurhayti, (2018)

Kinetika proses adsorpsi pada karbon aktif dapat dijelaskan sebagai tingkat perpindahan molekul dari larutan ke dalam pori–pori *adsorben*. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kecepatan adsorpsi dan berapa banyak adsorbat yang dapat diserap oleh adsorben. Salah satu faktor tersebut adalah karakteristik adsorben. Faktor yang cukup penting dalam proses adsorpsi ialah karakteristik media adsorben yang meliputi luas permukaan, ukuran partikel, komposisi kimia dan lain-lain. Namun pada proses adsorpsi faktor yang paling dominan ialah luas permukaan spesifik dan ukuran partikel *(Cheremisinoff, 2002).*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 2.10 Serbuk Karbon Aktif

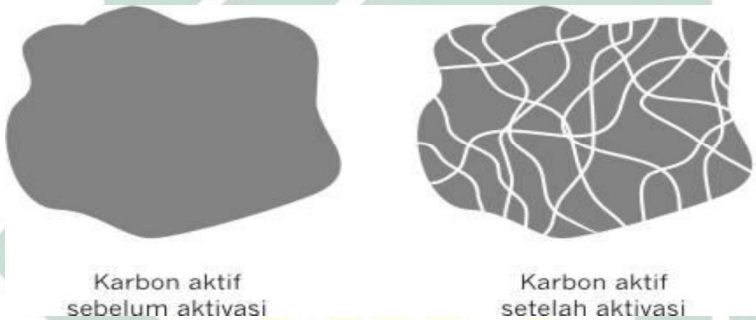
Sumber: Cahyo, 2015

Karbon aktif biasanya digunakan dalam bentuk bubuk (*powder*) dengan ukuran < 200*mesh* atau dalam bentuk butiran (*granular*) dengan diameter > 0,1 mm. Ukuran partikel dan luas permukaan (m^2/gr) adalah sifat penting dari karbon aktif untuk digunakan sebagai adsorben. Untuk pengolahan air minum biasanya digunakan karbon aktif dengan luas permukaan 850-900 m^2/gr. Sedangkan untuk pengolahan air limbah biasanya menggunakan ukuran partikel berbentuk *granullar*. Luas permukaan atau ukuran partikel pada karbon aktif juga mempengaruhi kecepatan daya adsorpsinya. Karbon aktif dalam bentuk granular dapat menyerap zat organik terlarut pada konsentrasi hingga 100 mg/ℓ dalam waktu 1 jam dengan pengadukan yang cukup. Kelebihan lain dari karbon aktif adalah prospek menghasilkan efluen dengan konsentrasi zat organik yang kecil. Karbon aktif mempunyai sifat sebagai adsorben sehingga mampu menyerap kandungan pencemar yang terlarut maupun tersuspensi di dalam air limbah domestik. Kemampuan penyerapan adsorben terhadap larutan dapat dipengaruhi oleh pH. Hal ini berkaitan dengan *protonasi* dan *deprotonasi* permukaan sisi aktif dari adsorben. pH akan berpengaruh terhadap muatan permukaan adsorben, derajat ionisasi, spesi yang terserap dalam adsorpsi, dan kesetimbangan kimia. Waktu adsorpsi juga mempengaruhi proses adsorpsi, karena dalam prosesnya dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan adsorben menyerap zat pencemar (Nurhayati, 2018).

Karbon aktif juga digunakan untuk menghilangkan bau, warna, logam berat dan pengotor-pengotor organik (Said, 2010). Sebagai senyawa karbon, kemampuan daya adsorpsinya dapat ditingkatkan melalui proses aktivasi. Pada proses ini terjadi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

penghilangan kadar hidrogen (H_2), gas-gas dan air pada permukaan karbon sehingga terjadi perubahan fisik pada permukaannya. Aktivasi pada karbon aktif terjadi karena adanya gugus aktif yang terbentuk akibat adanya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen. Proses aktivasi pada karbon aktif dapat terjadi melalui dua cara, yaitu aktivasi secara kimia dan fisika. Metode aktivasi secara kimia dapat dilakukan dengan merendam bahan baku pada bahan kimia (H_3PO_4, $ZnCl_2$, $CaCl_2$, K_2S, HCl, H_2SO_4, NaCl, dan Na_2CO_3) sebelum masuk ke proses karbonasi. Proses aktivasi dapat membentuk pori-pori baru akibat pengikisan atom karbon melalui oksidasi (Nuraini, 2017).



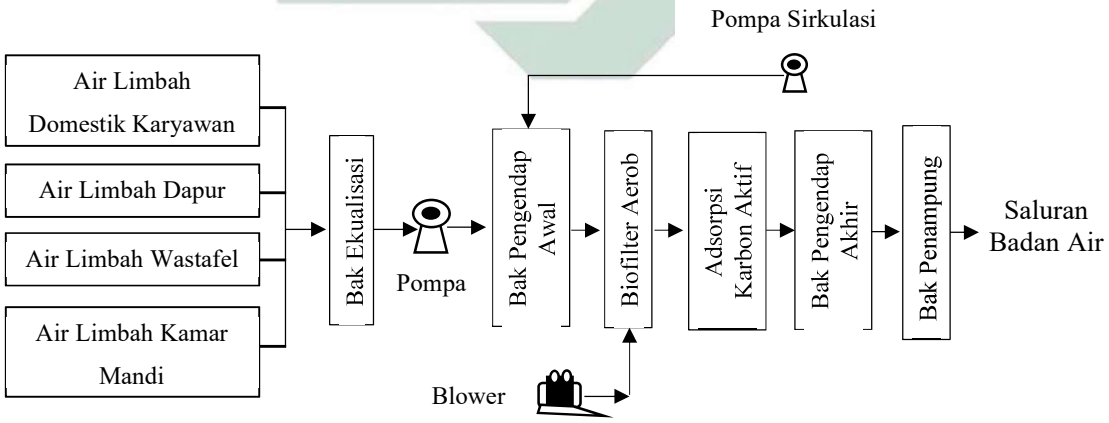
Gambar 2.11 Bentuk Permukaan Karbon Aktif

Sumber: Nuraini, 2017

Pertimbangan utama pemilihan karbon aktif sebagai adsorben adalah kapasitas penyerapan kontaminan yang besar, yaitu luas permukaan yang besar, berkisar antara 500 sampai 1400 m^3/gr karbon. Pertimbangan lain yaitu porositasnya tinggi, mudah diproduksi, harganya murah. Mekanisme pengolahan air limbah domestik menggunakan karbon aktif terjadi melalui proses adsorpsi pada pori-pori karbon aktif. Karbon aktif dapat mengadopsi gas dan senyawa kimia tertentu tergantung besar atau volume pori dan luas permukaan (Setyawan M., 2014). Pada prinsipnya proses pengolahan air limbah domestik dengan adsorpsi karbon aktif ditempatkan setelah unit proses lainya. Tahap awal pengolahan yaitu mengalirkan air limbah dari kompartemen unit pengolah sebelumnya dialirkan masuk ke kompartemen karbon aktif. Kontaminan yang terdapat pada air limbah akan tertahan dan terserap oleh media karbon aktif. Hal ini terjadi akibat adanya

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

tarikan dari permukaan karbon aktif yang lebih kuat dibanding dengan daya kuat yang menahan pada lautan. Senyawa-senyawa kontaminan yang terserap oleh karbon aktif umumnya memiliki nilai kelarutan yang lebih kecil dari karbon aktif. Apabila ukuran pori kontaminan lebih kecil daripada ukuran pori karbon aktif, maka kontaminan dapat masuk ke dalam pori karbon aktif dan terakumulasi di dalamnya. Karbon aktif juga dapat menjadi media filter melalui proses aktivasi sehingga pori-porinya terbuka. Daya serap karbon aktif berkisar antara 25-90% terhadap berat karbon aktif itu sendiri (Hambali, 2010). Setelah melewati proses pengolahan dari bak penyerapan karbon aktif kemudian air limbah dialirkan ke bak pengendap akhir. Setelah melewati bak pengendap akhir, air limbah limpasan (*over flow*) yang sudah jernih dialirkan menuju ke bak penampung. Bak ini berfungsi menampung air hasil olahan yang sudah jernih untuk dimanfaatkan kembali sesuai peruntukannya sebelum dibuang ke badan air penerima (Said, 1999). Kompartemen bak adsorpsi karbon aktif yang tergabung menjadi satu bagian dari unit IPAL, maka penempatan media karbon aktif diletakkan pada jaring besi khusus yang memudahkan dalam penggantian saat mencapai masa jenuh penyerapannya. Pada prinsipnya proses penggantian atau regenerasi ini dilakukan dengan mengangkat media karbon aktif dan menggantinya dengan karbon aktif baru tanpa menghentikan proses pengolahan. Proses pengolahan air limbah dengan kombinasi adsorpsi karbon aktif secara umum dapat dilihat pada gambar 2.12 sebagai berikut:

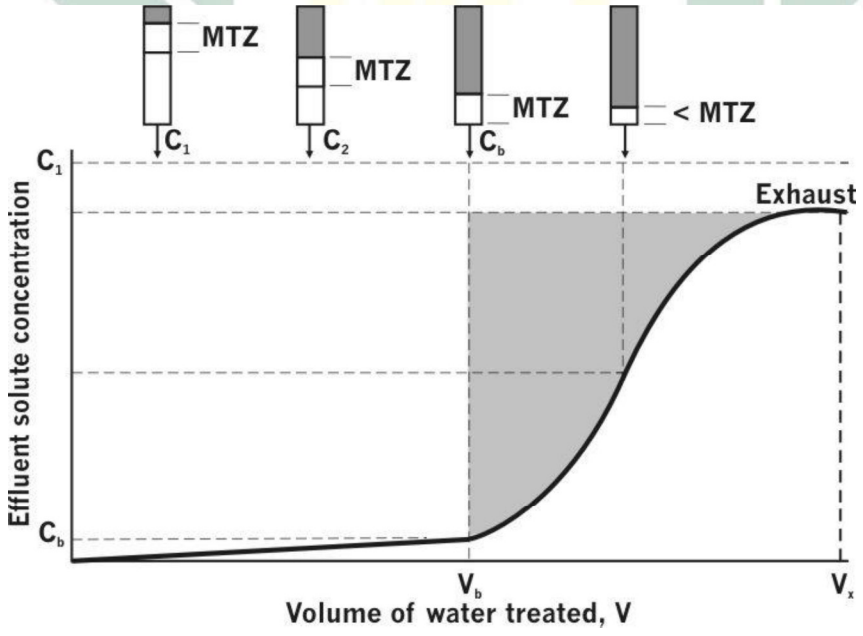


Gambar 2.12 Pengolahan Air Limbah Kombinasi Adsorpsi Karbon Aktif

Sumber: Said, 1999

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, proses pengolahan air limbah yang dilakukan oleh (Badewasta, 2010) telah membuktikan bahwa pengolahan air limbah domestik dengan proses kombinasi dan salah satunya menggunakan metode adsorpsi dengan menggunakan pasir silika dan arang aktif didapatkan penurunan bau dan warna sebesar 99,25% dengan menggunakan karbon aktif setebal 20 cm. Masa penggantian karbon aktif berkisar selama ±2-3 bulan sekali tergantung kepekatan kadar pencemar yang terdapat pada air limbah. Proses penyerapan pada karbon aktif dibatasi oleh kapasitas penyerapan karbon aktif itu sendiri. Kapasitas penyerapan ini sangat tergantung dari banyaknya materi yang diserap, waktu penyerapan dan karakteristik dari karbon aktif. Apabila penyerapan sudah jenuh maka perlu dilakukan regenerasi. Kapasitas adsorpsi karbon aktif dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti laju aliran, suhu, dan pH (fase cair) dimana kolom adsorpsi dapat dianggap habis ketika limbah cair konsentrasi *sorbate* sama dengan 95-100% dari konsentrasi influen. Perbandingan waktu jenuh untuk pergantian karbon aktif dapat dilihat pada gambar 2.13 sebagai berikut:



Gambar 2.13 Perbandingan Waktu Jenuh Karbon Aktif

Sumber: Nurhayati, 2018

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Proses regenerasi karbon aktif dapat dilakukan melalui 3 (tiga) cara, yaitu :

1. Proses Uap

   Proses regenerasi ini dilakukan dengan mengalirkan uap pada media karbon aktif. Pada metoda ini hanya efektif untuk tipe dan tingkat kandungan organik tertentu.

2. Proses Panas

   Proses ini dilakukan melalui pemanasan pada temperatur tinggi sekitar 815^0C dengan pengontrolan yang baik. Mekanisme prosesnya terjadi dalam proses pirolisa melalui pembakaran materi yang telah terserap oleh karbon aktif.

3. Proses Kimia

   Metoda ini menggunakan pelarut untuk mengektraksi materi yang telah terserap karbon aktif pada temperatur 100^0C.

Proses regenerasi karbon aktif dalam penerapan dapat diganti secara langsung melalui metode sederhana dengan memperhatikan umur jenuh karbon aktif, waktu penyerapan, kualitas air serapan dan kapasitas adsorpsinya. Kemampuan karbon aktif dalam mengolah limbah zat warna juga teruji dalam penelitian yang dilakukan oleh (Masriati, 2006). Dalam pengolahan air limbah terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap karbon aktif, antara lain :

1. Sifat Serapan

   Banyak senyawa yang dapat diadsorpsi oleh karbon aktif, tetapi kemampuannya untuk mengadsorpsi berbeda untuk masing-masing senyawa. Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama.

2. Temperatur

   Pemakaian karbon aktif dianjurkan untuk mengamati temperatur pada saat berlangsungnya proses. Faktor yang mempengaruhi temperatur atau suhu proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas *thermal* senyawa serapan. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna maupun dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3. pH atau derajat keasaman

Kandungan asam-asam organik dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Hal ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

4. Waktu Kontak

Penambahan arang aktif dalam suatu cairan membutuhkan sedikit waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah arang yang digunakan. Pengadukan juga mempengaruhi waktu kontak. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel arang aktif untuk berkontak dengan senyawa serapan. Untuk larutan yang mempunyai viskositas tinggi, dibutuhkan waktu kontak yang lebih lama.

2.12 Profil Hidrolis

Profil hidrolis merupakan gambaran level muka air dengan elevasi tanah. Menurut Marsono (1995) dalam Rosidi, (2017) menyatakan bahwa profil hidrolis yang dapat dihitung menggunakan persamaan *headloss* dalam bangunan maupun pipa air limbah. Profil hidrolis juga dapat ditentukan berdasarkan besaran penurunan level muka air akibat adanya jatuhan, belokan, dan kecepatan aliran air pada bangunan pengolah. Perhitungan kehilangan tekan aliran air limbah yang mengalami belokan dan jatuhan saat menuju unit bangunan pengolah selanjutnya didasarkan pada persamaan **Manning**, sebagai berikut:

$$Hf = \left(\frac{vn}{R^2/s}\right)^2 xL \qquad \text{.....} \quad \textbf{(2.5)}$$

Dimana:

v = Kecepatan aliran (m/s)

n = Koefisien kekasaran

R = Jari-jari hidrolis (m)

L = panjang jatuhan atau belokan (m)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Perhitungan kehilangan tekan akibat gesekan aliran pada unit-unit IPAL dapat ditentukan berdasarkan pada persamaan **Darcy-Weisbach,** yaitu:

$$Hf = f \times \left(\frac{L}{4R}\right) \times \left(\frac{v^2}{2g}\right) \qquad \text{.....} \quad \textbf{(2.6)}$$

Dimana:

f = 1,5 x (0,01989 + 0,0005078) / 4R

v = Kecepatan aliran (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

R = Jari-jari hidrolis (m)

L = panjang jatuhan atau belokan (m)

Sedangkan untuk kehilangan tekanan dalam media filter sarang tawon dapat ditentukan berdasarkan persamaan **Rose** sebagai berikut:

$$Hf = 1{,}067 \times \left(\frac{Cd \times L \times v^2}{\Psi \times d \times e^4 \times g}\right) \qquad \text{.....} \quad \textbf{(2.7)}$$

$$\text{Dengan } N_{Re} = \left(\frac{\Psi \times \rho \times d \times v}{\mu}\right) \qquad \text{.....} \quad \textbf{(2.8)}$$

- Untuk N_{Re} = <1, maka $C_D = \left(\frac{24}{NRe}\right)$
- Untuk N_{Re} = 1 < N_{Re} < 10^4, maka $C_D = \left(\frac{24}{NRe} + \frac{3}{NRe}\right) + 0{,}34$
- Untuk N_{Re} = >1, maka C_D = 0,4

Dimana:

e = porositas media

v = Kecepatan aliran (m/s)

d = ukuran rogga media (m)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

L = panjang jatuhan atau belokan (m)

Ψ= faktor bentuk

μ = Viskositas dinamis (kg/m.s)

ρ = massa jenis (kg/m^3)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Untuk menghitung *headloss* air limbah yang terjadi pada saat proses filtrasi atau penyaringan baik menggunakan media pasir, kerikil, zeolit, *grannular activated carbon* (GAC) atau karbon aktif maka digunakan persamaan *Kozeny-Carman*. Persamaan ini hanya berlaku pada aliran laminar dimana bilangan *Reynolds* (Re<1000). Bilangan *Reynolds* dihitung dengan persamaan berikut:

$$N_{RE} = \left(\frac{d.v}{\mu}\right) \quad \text{.....} \quad \textbf{(2.9)}$$

Dimana:

N_{re} = Bilangan Reynolds

v = Kecepatan aliran (m/s)

d = diameter / ukuran media (m)

μ = Viskositas dinamis, temperatur 25°C =0,9X10^{-6} (m/s^2).

Perhitungan headloss pada saat proses penyaringan dengan menggunakan persamaan **Kozeny-Carman** sebagai berikut:

$$\left(\frac{Hf}{L}\right) = \left(\frac{150\ .v\ .\mu\ (1-Po^2)}{g.\Psi.d^2.Po^2}\right) \quad \text{.....} \quad \textbf{(2.10)}$$

Dimana:

Hf = Headloss(m)

Po = porositas media

v = Kecepatan aliran (m/s)

d = diameter / ukuran media (m)

g = percepatan gravitasi (9,81m/s^2)

L = Tinggi media(m)

Ψ = faktor bentuk, berkisar antara 0,6-0,95

μ = Viskositas dinamis, temperatur 25°C =0,9X10^{-6} (m/s^2).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB III
METODOLOGI PELAKSANAAN

3.1 Umum

Metodologi pelaksanaan Tugas Akhir ini berisi tentang tahapan-tahapan perencanaan unit IPAL Domestik di PT. Pertamina (Persero) *Marketing Operation Region* (MOR) V Surabaya mulai dari awal sampai tahap akhir pelaksanaan. Setiap tahap pelaksanaan saling terkait satu sama lain yang dimulai dari tahap persiapan, penentuan lokasi pelaksanaan, kerangka pikir, pengumpulan data, analisis data, perencanaan desain, dan penyusunan laporan.

3.2 Lokasi Pelaksanaan

Lokasi pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik ini direncanakan di Kantor Pusat PT. Pertamina(Persero) *Marketing Operation Region* (MOR) V Surabaya, yang terletak di JL. Jagir Wonokromo No. 88 Kota Surabaya, Jawa Timur. Lokasi kantor secara detail dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut:

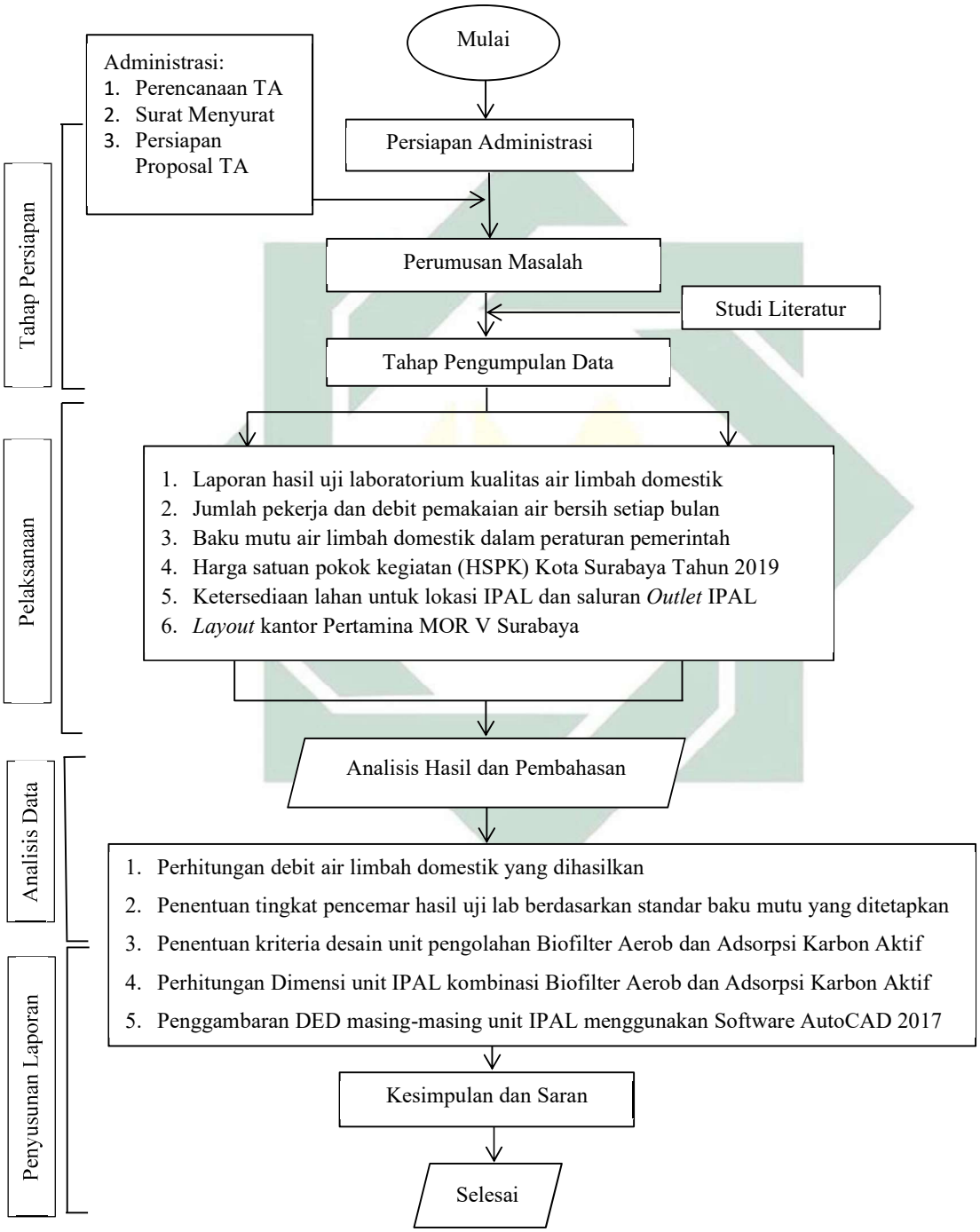
Gambar 3.1 Lokasi Kantor Pusat PT. Pertamina MOR V Surabaya

(Sumber: Google Earth, 2020)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.3 Diagram Alir Pelaksanaan

Diagram alir ini berisi tentang sebuah alur yang sistematis dan terarah sesuai kaidah akademis mulai dari awal hingga akhir proses perencanaan untuk memperoleh hasil yang optimal sesuai dengan tujuan dan ruang lingkup studi.



Gambar 3.2 Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir

Sumber: Hasil Analisis, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.4 Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahap awal dalam pelaksanaan perencanaan unit IPAL domestik. Kegiatan yang dilakukan pada tahap persiapan ini, diantaranya:

1. Studi Pustaka

   Studi pustaka digunakan untuk mendapatkan gambaran awal dalam proses perencanaan. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapat referensi yang sesuai dengan proses perencanaan baik dari sumber buku-buku literatur, internet, maupun dari jurnal-jurnal ilmiah terkait.

2. Penentuan Data

   Penentuan data dalam perencanaan unit IPAL ini disesuaikan dari data yang dibutuhkan mulai dari data utama maupun data pendukung dari literatur yang relevan dengan perencanaan mengenai IPAL yang digunakan, yaitu kombinasi unit biofilter aerobik dan unit adsorpsi karbon aktif sebagai unit tambahan.

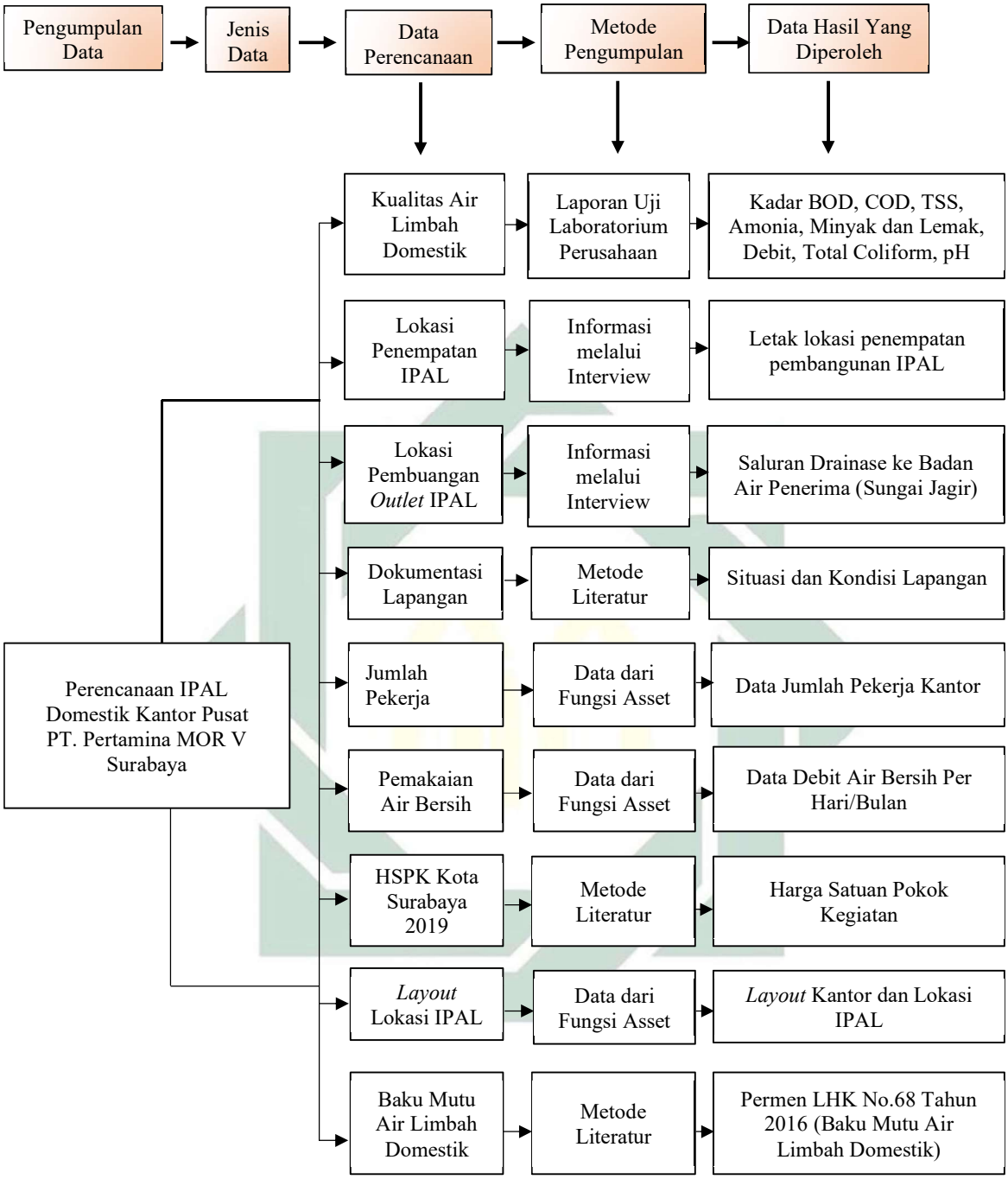
3. Persiapan Administrasi

   Persiapan data administrasi diperlukan dalam pengajuan tugas akhir perencanaan unit IPAL Domestik. Persiapan administrasi ini meliputi penentuan studi kasus yang dipilih, perencanaan matriks judul TA, persiapan surat menyurat dan proposal perencanaan Tugas Akhir serta data-data administrasi penunjang lainya yang dibutuhkan.

3.6 Metode Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan pada proses perencanaan unit IPAL domestik meliputi data primer dan data sekunder. Data primer dikumpulkan melalui observasi lapangan. Sedangkan data sekunder berlangsung sebelum dan saat pelaksanaan. Namun dalam perencanaan ini pengumpulan data yang dibutuhkan didapat melalui data sekunder. Hal ini akibat adanya penerapan konsep *Work From Home* (WFH) yang diberlakukan di PT. Pertamina MOR V pada saat tahap pengumpulan data. Secara umum rencana pengumpulan data pada proses perencanaan ini secara detail dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 3.3 Rincian Jenis dan Metode Pengumpulan Data

Sumber: Data Primer, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan tahap pengumpulan data tersebut, data yang dibutuhkan pada perencanaan unit IPAL Domestik di Kantor Pusat PT. Pertamina MOR V difokuskan pada data-data terkait yang berhubungan dengan proses perencanaan unit IPAL terpilih yang direncanakan. Detail tahap pengumpulan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Data kualitas air limbah domestik

   Pengujian parameter kualitas air yang dihasilkan dari aktivitas MCK pekerja kantor PT. Pertamina MOR V Surabaya dilakukan dengan cara sampling sederhana kemudian sampel air limbah diuji di laboratorium EnviLab untuk mengetahui indikator pencemar sesuai standar baku mutu. Berdasarkan data analisis kualitas air limbah yang dilakukan oleh perusahaan, maka didapat data parameter pencemar yang dijadikan acuan dalam tahap perencanaan instalasi pengolahan air limbah domestik.

2. Data lokasi penempatan IPAL domestik

   Penentuan lokasi dibutuhkan untuk menunjang perencanaan desain unit pengolahan guna mengetahui elevasi dan kontur permukaan tanah setempat. Penetapan lokasi pengolahan dilakukan melalui metode wawancara dengan pegawai Pertamina bagian Analisis Lingkungan, yaitu Bapak Galuh Candra Permana. Terdapat beberapa faktor yang dijadikan pertimbangan dalam menentukan lokasi pengolahan, yaitu:

   a. Ketersediaan lahan yang memadai
   b. Lokasi yang dipilih memungkinkan untuk pengaliran secara gravitasi ditinjau dari topografinya atau lokasi memiliki kemiringan lahan yang baik.
   c. Kemampuan lahan dalam mendukung struktur bangunan pengolah.
   d. Apabila lokasi sering tergenang atau banjir maka perlu adanya tanggul perlindungan banjir sebelum konstruksi pengolahan.

3. Saluran pembuangan *outlet* IPAL hasil olahan

   Penentuan saluran pembuangan menuju ke badan air penerima ini dibutuhkan agar limpasan air hasil olahan dapat tersalurkan dengan baik menuju saluran penerima dan tidak meluber keluar *(overload)*. Penentuan saluran *outlet* IPAL dilakukan melalui metode *interview* secara langsung disertai penjelasan dan dokumentasi lapangan untuk mengetahui situasi dan kondisi lapangan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4. Data jumlah pekerja

Jumlah pekerja di Kantor MOR V merupakan salah satu faktor penting dalam proses perencanaan karena berpengaruh pada debit air limbah yang akan dihasilkan. Penentuan jumlah pekerja dapat dilakukan dengan metode proyeksi pada akhir tahun perencanaan atau diasumsikan pekerja dalam jumlah tetap mulai dari awal samai dengan tahap akhir perencanaan. Data jumlah pekerja didapatkan dari data rekap di Fungsi Asset (salah satu bagian Fungsi Pertamina MOR V).

5. Jumlah pemakaian air bersih

Sumber air bersih yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan kantor MOR V berasal dari suplai PDAM Kota Surabaya. Sehingga data pemakaian air bersih yang digunakan setiap bulan dapat diketahui dari laporan rekening bulanan pemakaian air bersih di Fungsi Aset.

6. *Layout* kantor

Penentuan lokasi IPAL harus mengacu pada pola penggunaan lahan sesuai dengan *site plan* yang ada. Data *layout* kantor didapat dari sumber literatur dan data fungsi Aset MOR V.

7. Baku mutu air limbah domestik

Data ini digunakan sebagai acuan dasar standar batas baku mutu dalam pengolahan air limbah domestik. Standar baku mutu yang digunakan tertera pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Permen LHK / Setjen /68 Tahun 2016) tentang standar baku mutu air limbah domestik.

8. HSPK (Harga Satuan Pokok Kegiatan) Kota Surabaya tahun 2019

HSPK Kota Surabaya tahun 2019 didapatkan dari sumber data literatur di internet. Dalam menghitung kebutuhan biaya tenaga kerja, bahan dan peralatan yang digunakan dalam perencanaan ini maka dilakukan Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP). Pedoman AHSP Pekerjaan umum ini dijadikan acuan dalam menghitung biaya pembangunan dan dasar dalam menyusun Harga Perkiraan Sendiri(HPS) atau *Owner's Estimate*(OE) dan *Engineering's Estimate*(EE) bidang pekerjaan umum.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3.7 Metode Analisis Data

Tahap analisis data dilakukan setelah melakukan pengumpulan seluruh data yang dibutuhkan dalam proses perencanaan unit IPAL. Tahap ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan hasil akhir proses perencanaan yang tepat. Metode analisis pengolahan data yang dilakukan meliputi:

1. Debit air limbah domestik

   Perhitungan debit air limbah domestik yang dihasilkan di kantor MOR V dapat diketahui dari perhitungan jumlah pemakaian air bersih dan jumlah pekerja kantor. Data jumlah pemakaian air bersih juga dapat diketahui berdasarkan laporan rekening bulanan dari PDAM Kota Surabaya dalam satu tahun terakhir.

   $$Q_{air\ Bersih}\ (m^3/hari) = n\ pekerja(org)\ x\ Keb_{air\ Bersih}\ (l/org/hari)$$

   Perhitungan debit air bersih ini kemudian digunakan untuk menghitung debit air limbah domestik. Perhitungan dilakukan dengan asumsi 80% jumlah air bersih yang terbuang menjadi air limbah, dengan rumus sebagai berikut:

   $$Q_{air\ Limbah}\ (m^3/hari) = Q_{air\ Bersih}\ (m^3/hari)\ x\ 80\%$$

2. Tingkat pencemaran

   Tingkat pencemaran yang terkandung di dalam air limbah dianalisis berdasarkan hasil uji laboratorium dengan menggunakan 8 parameter, yaitu BOD, COD, TSS, pH, Total *Coliform*, Amoniak, minyak & lemak, dan debit air. Penentuan tingkat pencemaran ini mengacu pada standar baku mutu air limbah domestik di Permen LHK No. 68 Tahun 2016. Parameter pencemar ini digunakan dalam penentuan derajat pencemaran air, terutama dalam mengevaluasi kapasitas purifikasi dari badan air penerima. Selain itu, parameter pencemar ini juga berfungsi sebagai penentuan tingkat efisiensi unit pengolahan.

3. Kriteria desain dan dimensi unit pengolahan

   Perhitungan dimensi masing-masing unit pengolah air limbah perlu adanya kriteria desain berdasarkan perencanaan terdahulu/studi literatur. Beberapa kriteria yang harus diperhatikan, antara lain:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

a. Lama waktu tinggal atau *Retention Time*
b. Tinggi ruang lumpur, tinggi bed media, tinggi air di atas media
c. *Headloss* aliran air limbah
d. Kecepatan aliran di dalam unit pengolahan
e. Volume dan dimensi medium penyangga
f. Efisiensi pengolahan unit
g. Beban BOD dan beban kadar pencemar permukaan.

Penentuan kriteria desain ini didasarkan pada studi literatur atau penelitian terdahulu dari data sekunder. Selain untuk mempermudah dalam melakukan proses perencanaan unit biofilter aerob dan adsorpsi karbon aktif, kriteria desain juga sangat dibutuhkan dalam metode analisis data agar perencanaan unit sesuai dengan kaidah yang sesuai dan realistis dalam proses pembangunan.

4. Penggambaran DED *(Detail Engineering Desain)*

Penggambaran DED dilakukan setelah melakukan tahap analisis data terkait dimensi masing-masing unit IPAL. Pada penggambaran DED ini dilakukan dengan menggunakan Software Auto CAD 2017. Penggambaran unit ini mencangkup proses alir pengolahan secara umum maupun detail potongan unit pengolah. Beberapa detail yang digambar antara lain:

a. Denah lokasi dan unit IPAL yang direncanakan
b. Skema alir proses pengolahan
c. Detail dimensi ukuran bangunan
d. Detail potongan tampak unit pengolah.
e. Detail penurunan muka air di dalam unit
f. Bangunan pelengkap berupa gambar kerja bentuk bangunan pelengkap yang dibutuhkan.

5. BOQ *(Bill of Quantity)* dan Perhitungan RAB (Rencana Anggaran Biaya)

Tahap analisis data yang paling penting dalam proses perencanaan unit IPAL salah satunya adalah pemilihan spesifikasi bahan dan harga berdasarkan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK). HSPK ini mencangkup harga satuan masing-masing bahan beserta dengan spesifikasi teknis bahan yang bisa digunakan, sehingga mempermudah dalam analisis data perencanaan. Sehingga dapat dibuat daftar rincian kebutuhan bahan dan pekerjaan menurut kelompok

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

atau bagian pekerjaan secara sistematis yang disebut *Bill of Quantity* (BOQ). Kuantitas dan harga atau BOQ perencanaan ini mencangkup volume dan bagian setiap jenis pekerjaan, harga satuan, hasil kali volume dengan harga satuan setiap jenis pekerjaan, dan jumlah seluruh hasil pekerjaan sebagai total harga pekerjaan. Pada perencanaan ini menggunakan acuan HSPK Kota Surabaya tahun 2019. Penentuan spesifikasi jenis bahan yang digunakan akan berkaitan dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB) perencanaan yang dibutuhkan dalam proses pembangunan. Oleh karena itu terdapat 3 komponen utama yang dibutuhkan untuk menyusun harga satuan pekerjaan, yaitu harga satuan dasar (HSD) bahan, harga satuan dasar tenaga kerja, dan harga satuan dasar alat. Setelah mengetahui harga satuan dasar masing-masing komponen maka dilakukan langkah analisis sebagai berikut:

a. Menentukan satuan yang digunakan untuk memperhitungkan kebutuhan bahan, tenaga kerja dan peralatan. Hal ini diperlukan untuk memproduksi satu satuan jenis pekerjaan. Misal (OH) kerja, (Kg) untuk Semen, dan (Jam) untuk sewa peralatan.
b. Menentukan koefisien bahan, tenaga kerja, dan peralatan untuk menghasilkan satuan jenis pekerjaan. Untuk koefisien bahan dan tenaga kerja pekerjaan konstruksi dapat digunakan Lampiran C pada AHSP SNI tahun 2013 sesuai dengan jenis pekerjaannya (sub level 2).
c. Menentukan HSD bahan bangunan, HSD tenaga kerja dan HSD alat sesuai dengan lokasi setempat. Untuk pekerjaan bangunan gedung, HSD alat tidak dihitung.
d. Mengalikan masing-masing koefisien dengan masing-masing HSD untuk menghasilkan HSP suatu jenis pekerjaan tertentu.

6. SOP (Standar Operasional Prosedur)

Standar operasional prosedur pelaksanaan merupakan data yang wajib dibuat dalam suatu proses perencanaan unit IPAL. Hal ini bertujuan agar proses pengolahan yang terjadi pada unit IPAL dapat berjalan sesuai dengan efisiensi *removal* yang diharapkan dan mempermudah dalam perawatan maupun penggunaan. Data yang didapatkan dari hasil analisis ini kemudian dijadikan acuan dalam proses perencanaan pembangunan unit IPAL. Setelah itu dilakukan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

penyimpulan mengenai data yang terkumpul untuk melakukan tindakan pengolahan lebih lanjut mengenai evaluasi ambang batas kelayakan dalam proses perencanaan.

3.8 Penyusunan Laporan Tugas Akhir

Tahap terakhir terakhir dalam proses perencanaan unit IPAL dalam tahap ini adalah penyusunan laporan tugas akhir. Laporan ini membahas mengenai serangkaian proses yang dilakukan selama kegiatan perencanaan dilakukan mulai dari tahap awal hingga tahap akhir. Tahap penyusunan laporan ini mencangkup metode yang digunakan, pemilihan alternatif bangunan yang tepat, desain teknis hingga kesimpulan dan saran yang tepat dalam proses perencanaan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB IV
GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN

4.1 Gambaran Umum Pertamina MOR V

PT. Pertamina (Persero) merupakan salah satu unit usaha yang bergerak dibidang energi di bawah kementerian BUMN yang telah menempuh enam dekade dalam perkembangan industri energi dan migas. Tonggak sejarah berdirinya PT. Pertamina diawali sekitar tahun 1950-an kemudian bertransformasi hingga sekarang ini. Dalam perkembangannya PT. Pertamina(Persero) melakukan industri migas dari kegiatan usaha hulu *(upstream)* hingga kegiatan usaha hilir *(downstream)* yang mencangkup pengolahan di kilang minyak *(refinery)*, pengangkutan atau pendistribusian, penyimpanan *(storange),* distribusi hingga niaga. Salah satu fungsi usaha bagian hilir dibidang niaga dari PT. Pertamina yang bergerak di regional Jawa bagian timur adalah PT. Pertamina (Persero) MOR *(Marketing Operation Region)* V.

Fungsi kerja dari PT. Pertamina MOR V adalah melakukan pelayanan mengenai penyimpanan minyak *(storange),* pengangkutan, pendistribusian dan pemasaran (niaga) yang terbagi dari beberapa depot atau Terminal Pengisian Bahan Bakar (TBBM) dan Depot Pengisian Pesawat Udara (DPPU). Terminal Pengisian Bahan Bakar (TBBM) wilayah kerja yang ditangani oleh Pertamina MOR V meliputi Jawa Timur & Bali (JATIM-BALINUS), dan NTB, NTB, dan Lorosae yang dikelompokkan menjadi cabang Jawa Timur (7 depot dan 2 DPPU), cabang Denpasar (5 depot dan 4 DPPU), cabang Kupang (8depot dan 4 DPPU) dan cabang Lorosae (1 depot dan 1 DPPU).

Sebagai bagian dari komitmen perusahaan dalam menjalankan manajemen perubahan yang tengah digulirkan dengan status hukum Pertamina sebagai Badan Usaha Milik Negara (BUMN) Perseroan, maka PT. Pertamina melaksanakan praktik-praktik *Good Corporate Governance* atau tata kelola perusahaan yang baik sebagai bagian dari pencapaian visi misi perusahaan. Bentuk wujud komitmen tersebut, PT. Pertamina menjabarkan tata nilai perusahaan dalam bentuk 6C dan salah satunya adalah *Clean.* Oleh karena itu, PT. Pertamina berusaha untuk menjamin kerja dan operasi yang ramah lingkungan tanpa adanya limbah berbahaya

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

yang terbuang ke lingkungan, serta menekan emisi pencemar terhadap lingkungan guna meningkatkan efisiensi energi. Aspek lingkungan nyatanya selalu menjadi prioritas utama dalam operasi perusahaan baik di lingkungan kantor maupun pada unit-unit operasi di lapangan. Salah satu perhatian yang tengah difokuskan oleh perusahaan adalah mengenai pengelolaan timbulan air limbah yang dihasilkan. Dalam pengelolaannya air limbah merupakan salah satu sub-bidang yang termasuk ke dalam komponen penyehatan dan sanitasi lingkungan perusahaan di bawah Fungsi *Health Safety, Security and Environment* (HSSE). Sedangkan IPAL merupakan sarana yang dibuat untuk mengelola air limbah bagian dari upaya penyehatan sanitasi tersebut. Sehingga sistem kelembagaan dari IPAL masuk ke dalam bidang dan fungsi dari HSSE divisi *Environment* atau lingkungan.

4.2 Aktivitas Pekerja MOR V

Secara umum, aktivitas kantor MOR V sama seperti aktivitas kantor pada umumnya, yaitu beroperasi efektif pada hari Senin-Jumat mulai dari pukul 08.00 WIB hingga pukul 15.30 WIB. Rentang waktu tersebut merupakan hari aktif kantor yang menghasilkan debit air limbah cukup besar dari pemakaian air bersih oleh pegawai kantor. Suplai air bersih yang digunakan di kantor MOR V sepenuhnya berasal dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Surya Sembada Kota Surabaya. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan selama satu bulan diketahui bahwa pemakaian air bersih yang digunakan oleh pegawai kantor dominan dilakukan pada pukul 12.00 hingga pukul 13.00 WIB. Waktu tersebut merupakan saat dimana para pekerja melakukan ishoma (istirahat, sholat dan makan). Pada waktu tersebut intensitas penggunaan toilet, wastafel, dan aktivitas di kamar mandi juga meningkat. Sehingga dapat diprediksi bahwa jam-jam tersebut banyak pegawai kantor yang keluar ruangan untuk berwudlu, mencuci tangan dan buang air. Intensitas pemakaian air juga meningkat sekitar pukul 15.00 WIB saat pekerja kantor menunaikan ibadah Sholat Ashar dan menurun seiring dengan jam perkantoran selesai pada pukul 16.00 WIB. Dengan adanya aktivitas rutin ini tentunya dapat mengakibatkan bertambahnya jumlah dan jenis limbah yang dihasilkan sehingga dapat mempengaruhi kondisi keseimbangan lingkungan jika tidak diolah secara baik.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4.1 Tampak Depan Gedung Kantor PT. Pertamina MOR V Surabaya

Sumber: Google Maps, 2020

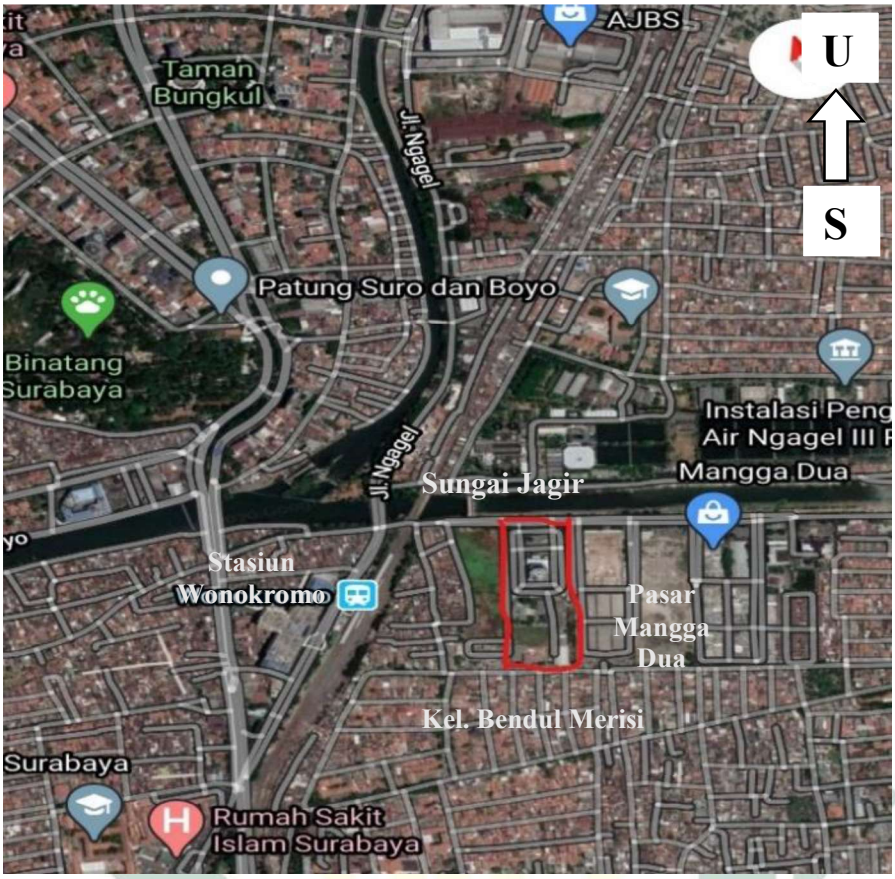
Penelitian ini difokuskan pada perencanaan instalasi pengolah air limbah yang dihasilkan di lingkungan Pertamina MOR V dengan parameter utama yang ditinjau yaitu BOD, COD, TSS dan Total *coliform*. Karena secara umum aktivitas pemakaian air bersih di tempat ini hanya digunakan untuk kegiatan MCK pekerja kantor tanpa adanya aktivitas *loading* minyak di lapangan maka air limbah yang dihasilkan murni air limbah domestik. Berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari Fungsi Aset MOR V, untuk jumlah pegawai aktif yang tercatat bekerja di kantor pusat berjumlah 314 pegawai. Oleh karena itu, perencanaan unit instalasi pengolahan air limbah domestik ini dimaksudkan untuk mengolah air limbah domestik yang berasal dari aktivitas pegawai di lingkungan kantor pusat PT. Pertamina MOR V.

4.3 Gambaran Rencana Lokasi

Secara geografis letak kantor MOR V berada pada ketinggian wilayah ±7 meter di atas permukaan laut pada koordinat 7º18’8” 112º44’30”. Lokasi kantor ini terletak di Jalan Jagir Wonokromo No. 88 Kelurahan Jagir, Kecamatan Wonokromo, Kota Surabaya dengan batas-batas yakni:

- Sebelah Barat berbatasan langsung dengan Stasiun Wonokromo
- Sebelah Timur berbatasan dengan Pasar Mangga Dua
- Sebelah Utara berbatasan dengan bantaran Kali Jagir.
- Sebelah selatan berbatasan dengan pemukiman penduduk Kelurahan Bendul Merisi.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

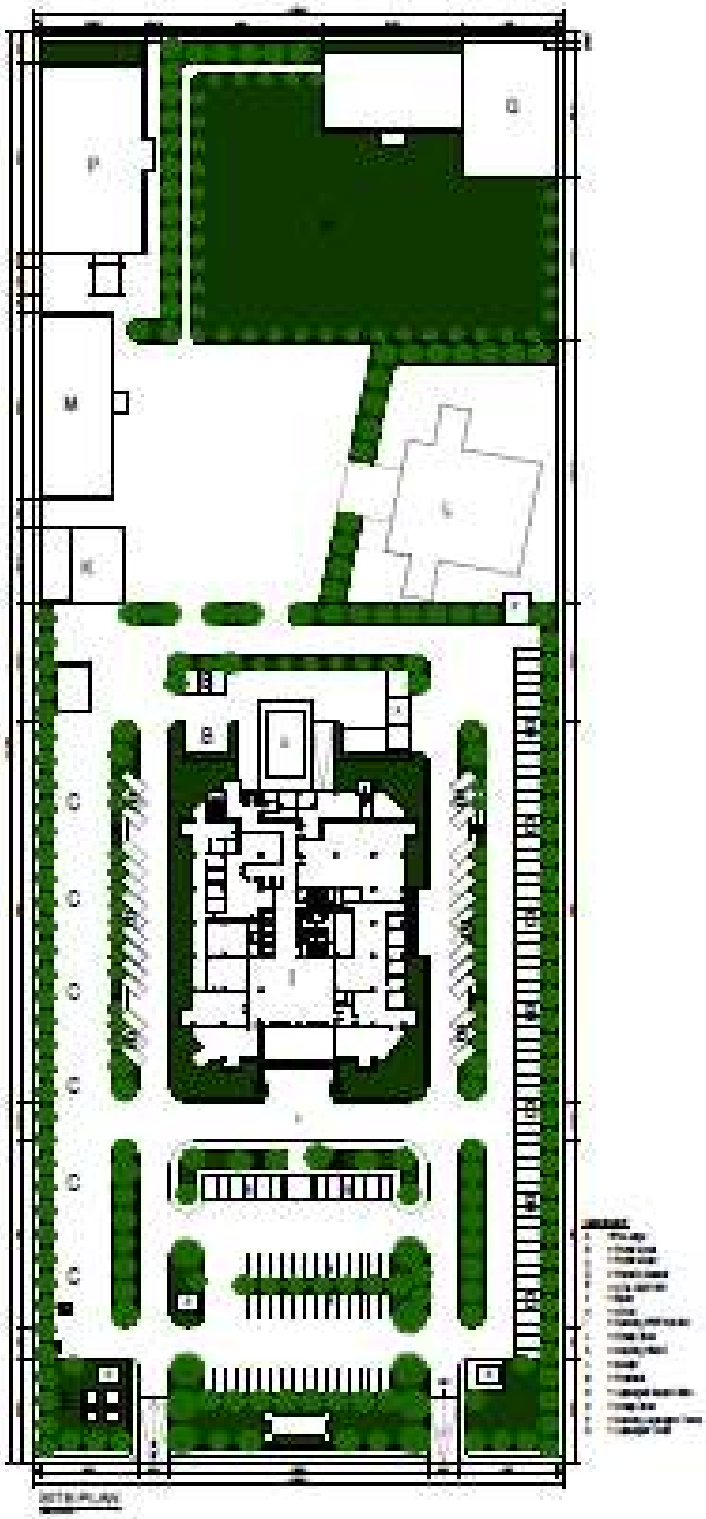


Gambar 4.2 Batas Lokasi Kantor Pertamina MOR V

Sumber: Google Maps, 2020

Berada di dekat bantaran Sungai Jagir menjadikan sanitasi di sekitar daerah perencanaan ini masih belum begitu baik. Pasalnya sebagian besar masyarakat yang tinggal di bantaran kali masih membuang air limbah (*black water dan grey water*) secara langsung menuju saluran yang mengarah ke sungai. Berada di dekat bantaran Sungai Jagir menjadikan sanitasi di sekitar daerah perencanaan ini masih belum begitu baik. Pasalnya sebagian besar masyarakat yang tinggal di bantaran kali masih membuang air limbah (*black water dan grey water*) secara langsung menuju saluran yang mengarah ke sungai. Sebagai bentuk komitmen PT. Pertamina dalam mewujudkan lingkungan yang bersih dengan sanitasi yang sehat maka direncanakan pembangunan IPAL domestik ini. Dalam perencanaan IPAL ini, salah satu faktor yang harus diperhatikan adalah lokasi penempatan IPAL dan ketersediaan lahan untuk pembangunan IPAL. *Layout* kantor Pertamina MOR V dapat dilihat pada gambar 4.3 di bawah ini:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.3 Layout Kantor PT. Pertamina MOR V

Sumber: Data Perusahaan, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan *layout* kantor tersebut, tata guna lahan untuk pembangunan IPAL domestik kantor direncanakan berlokasi di pelataran bagian selatan masjid Wal Asri MOR V. Denah lokasi penempatan IPAL dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 sebagai berikut:

Gambar 4.4 Denah Rencana Penempatan IPAL Kantor MOR V

Sumber: Google Maps, 2020

Gambar 4.5 Rencana Lokasi IPAL Kantor MOR V

Sumber: Data Perusahaan, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4.4 Jenis Fasilitas Kantor

Penentuan tingkat kualitas dan kuantitas air limbah yang akan diolah sangat bergantung pada jumlah pemakai air bersih dan peruntukan jenis bangunan yang ada di lingkungan kantor Pertamina MOR V. Berdasarkan data yang didapat dari perusahaan terdapat beberapa fasilitas umum yang ada di lingkungan PT. Pertamina MOR V yang berpotensi sebagai penghasil sumber air limbah, yaitu:

- Masjid Wal Ashri MOR V
- Poliklinik / *medical* MOR V
- Gedung administrasi kantor pusat 12 lantai
- Gedung olahraga
- Kantin umum dan kantin khusus
- Gedung tanggap darurat

Gambar 4.6 Masjid Wal Ashri di Lingkungan Kantor MOR V

Sumber: Data Perusahaan, 2020

4.5 Kondisi Eksisting Air Limbah

Air limbah yang akan diolah pada perencanaan IPAL ini berasal dari aktivitas pemakaian air bersih oleh pegawai kantor. Berdasarkan data sekunder dari perusahaan besar pemakaian air bersih yang dipasok dari PDAM Surya Sembada Kota Surabaya dalam setahun terakhir dapat dilihat pada tabel berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.1 Data Rekening PDAM Pemakaian Air Bersih Pertamina MOR V

No.	Bulan	Meter Awal (m^3)	Meter Akhir (m^3)	Pemakaian (m^3)
1.	Apr-19	287377	290101	2724
2.	Mei-19	290101	292796	2695
3.	Jun-19	292796	295714	2918
4.	Jul-19	295714	298840	3126
5.	Agu-19	298840	302670	3830
6.	Sep-19	302870	305104	2434
7.	Okt-19	305104	308880	3776
8.	Nov-19	308880	312051	3171
9.	Des-19	312051	315759	3708
10.	Jan-20	315759	319232	3473
11.	Feb-20	319232	322734	3502
12.	Mar-20	322734	326931	4197
Total Pemakaian Rata-rata / bulan				3296,2
Total Pemakaian Rata-rata / hari				109,87
Total Pemakaian Rata-rata / Jam				4,58

Sumber: Data Perusahaan, 2020

Berdasarkan tabel tersebut, debit rata-rata pemakaian air bersih dalam satu bulan selama satu tahun terakhir adalah sebesar 3296,2 m^3/bulan atau rata-rata pemakaian per hari sebesar 109,87m^3. Pemakaian air bersih ini ditujukan untuk memenuhi beberapa fasilitas bangunan yang terdapat dilingkungan kantor. Mengacu pada informasi yang didapatkan dari pegawai Pertamina dibidang pengelolaan lingkungan hidup menyatakan bahwa terdapat beberapa saluran pembuangan air limbah yang diarahkan langsung menuju saluran drainase. Namun ada dua *outlet* saluran yang dijadikan titik sampling pengambilan sampel uji air limbah untuk mengetahui kualitas air limbah yang dihasilkan, yaitu saluran *outlet* dari poliklinik dan saluran *outlet* dari gedung kantor MOR V. Sedangkan untuk air limbah dari aktivitas wudlu di Masjid Wal Asri Pertamina masih dibuang secara langsung menuju drainase yang mengarah ke Sungai Jagir Wonokromo. Pada prinsipnya air limbah yang dihasilkan dari kedua saluran *outlet* tersebut belum dilakukan proses pengolahan sama sekali dan hanya ditampung pada suatu bangunan penampung untuk mengendapkan partikel diskrit yang mungkin terbawa oleh aliran air limbah kemudian dibuang secara langsung menuju ke badan air penerima yaitu Sungai Jagir.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Kuantitas Air Limbah

Perencanaan unit IPAL ini ditujukan untuk mengolah air limbah domestik yang dihasilkan dari aktivitas pegawai di lingkungan Kantor Pusat PT. Pertamina MOR V Surabaya. Dalam melakukan perencanaan langkah awal yang harus dilakukan adalah menentukan kuantitas dan kualitas air limbah yang dihasilkan. Perhitungan kuantitas atau debit air limbah digunakan sebagai dasar penentuan kapasitas pengolahan dan dimensi unit IPAL yang dirancang serta mengetahui fluktuasi debit air limbah yang masuk ke dalam unit IPAL. Besar kecilnya debit air limbah sangat bergantung dari pemakaian air bersih yang dilakukan oleh pegawai di lingkungan Pertamina. Penentuan timbulan debit air limbah dapat dilakukan dengan beberapa 3 (tiga) cara, yaitu: pengukuran debit air limbah pada saluran *inlet*, perhitungan secara teoritis menggunakan asumsi kebutuhan air bersih (per orang per hari) mengacu pada penelitian terdahulu dan berdasarkan rekening air dari PDAM Surya Sembada Kota Surabaya. Berikut beberapa cara yang dapat digunakan dalam menentukan besaran debit air limbah:

5.1.1 Pengukuran Langsung Pada Saluran *Outlet* Pembuangan

Pada umumnya penentuan debit air limbah yang dihasilkan dari aktivitas pekerja di lingkungan kantor dapat diukur secara langsung pada saluran *outlet* pembuangan air limbah. Pengukuran ini dilakukan dengan menampung air limbah pada suatu wadah (ember) dengan volume tertentu selama jam operasional kantor (07.00–16.00 WIB). Kemudian penentuan debit dihitung dengan cara membagai volume air limbah yang tertampung di dalam wadah terhadap waktu tampung air limbah. Sehingga volume air limbah yang dihasilkan dapat diketahui per satuan waktunya. Pengukuran dengan cara ini cocok diterapkan pada perencanaan unit IPAL dengan saluran *outlet* pembuangan yang terhubung dalam satu saluran dengan debit yang stabil. Disisi lain penentuan debit air limbah dengan cara ini juga terdapat banyak kendala yang dapat menyebabkan ketidakakuratan nilai debit yang terhitung. Beberapa penyebab ketidakakuratan tersebut antara lain: Saluran

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pembuangan tidak terpusat pada satu *outlet*, membutuhkan pemantauan secara detail saat pengukuran di lapangan, aliran air limbah yang keluar tidak stabil atau tidak keluar setiap saat dan debit air limbah bervariasi hanya pada jam-jam tertentu. Berdasarkan beberapa pertimbangan tersebut maka penentuan nilai debit air limbah tidak dilakukan dengan pengukuran menggunakan cara ini. Hal ini dikarenakan saluran pembuangan air limbah yang terdapat di lingkungan PT. Pertamina MOR V tidak tersalur pada satu *outlet* pembuangan dan debit air limbah yang dihasilkan cenderung dominan pada jam-jam istirahat kantor saja. Sehingga dikhawatirkan dapat mempengaruhi ketidakakuratan pada perhitungan debit air limbah tersebut.

5.1.2 Perhitungan Pemakaian Air Bersih Secara Teoritis

Penentuan debit air limbah juga dapat dihitung berdasarkan kapasitas jumlah pemakai dan intensitas pemakaian air bersih oleh pegawai kantor. Menurut data sekunder yang didapat dari Fungsi Aset Pertamina MOR V diketahui bahwa jumlah pegawai yang bekerja di kantor pusat berjumlah 420 orang dengan status sebagai pegawai tetap. Dari jumlah pekerja tersebut, maka dapat diketahui kebutuhan air bersih yang digunakan oleh pegawai kantor guna mengetahui besaran debit air limbah yang dihasilkan. Untuk menghitung besaran debit air limbah yang dihasilkan, maka perlu diketahui terlebih dahulu besaran total debit air bersih yang digunakan oleh pegawai kantor. Perhitungan debit air bersih kantor dilakukan dengan mengalikan jumlah pekerja terhadap nilai asumsi penggunaan air bersih setiap orangnya.

Mengacu pada (Standar Nasional Indonesia, 2005) tentang debit kebutuhan air bersih yang digunakan untuk kebutuhan kantor dapat dihitung berdasarkan pada jenis peruntukan bangunannya. Beberapa bangunan yang terdapat di lingkungan kantor pusat PT. Pertamina MOR V Surabaya dengan tingkat konsumsi pemakaian air bersih yang cukup tinggi adalah gedung kantor pusat dan fasilitas tempat ibadah Masjid Wal Ashri. Berdasarkan standar SNI tersebut, besar pemakaian air bersih pada kantor sebesar 50 liter/orang/hari, sedangkan untuk gedung peribadatan diasumsikan bahwa pegawai kantor beragama Islam dengan pemakaian sebesar 5 liter/orang/hari dan rutin pergi ke poliklinik dengan besaran 3 liter/orang/hari.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berikut perhitungan debit total kebutuhan air bersih yang digunakan oleh pegawai kantor Pertamina MOR V:

Q air bersih (Q_{bersih})= Jumlah pekerja x kebutuhan air bersih

= (420 x 50) + (420 x 5) + (420 x 3)l/orang

= 21.000 + 2.100 + 1.260l/orang

= 24360 l/orang

= 24,36 m^3/hari

= 1,02 m^3/jam

Berdasarkan perhitungan tersebut debit pemakaian air bersih oleh pekerja kantor adalah sebesar **24,36 m^3/hari**. Namun dalam kenyataannya tidak semua pegawai yang bekerja di kantor beragama Islam. Sehingga debit pemakaian dapat lebih rendah dari perhitungan tersebut. Kemudian untuk mencari besaran debit air limbah yang dihasilkan dari aktivitas pegawai kantor didasarkan pada asumsi 80% dari total pemakaian air bersih *(Tchobanoglous et.al., 2003)*. Sehingga dapat dilakukan perhitungan debit air limbah yang dihasilkan adalah:

Debit Air Limbah (Q_{al}) = Debit air bersih x 80%

= 24.360 l/hari x 80%

= 19.488 l/hari

= 19,49 m^3/hari

= 0,81 m^3/jam (dibulatkan menjadi 1 m^3/jam)

5.1.3 Perhitungan Rekening Bulanan PDAM

Penentuan debit air limbah sebenarnya dapat ditentukan berdasarkan pemantauan penggunaan air yang tertera pada meteran PDAM kantor. Namun jika kondisi tidak memungkinkan untuk melakukan pengamatan secara langsung, maka dapat mengacu pada data rekening pemakaian air bersih dari PDAM yang diperoleh melalui Fungsi Aset PT. Pertamina MOR V. Data penggunaan air tersebut menunjukkan angka pemakaian air seluruh fasilitas yang meliputi aktivitas MCK di gedung kantor, penggunaan air di sarana masjid, klinik kesehatan, air *hydrant* dan aktivitas penggunaan air bersih lainya di lingkungan kantor Pertamina MOR V secara keseluruhan selama 1 bulan. Berdasarkan rekening meteran dari PDAM

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Surya Sembada Surabaya, data debit rata-rata pemakaian air bersih dalam satu bulan selama satu tahun terakhir (April 2019 – Maret 2020) adalah sebesar **3296,2 m^3/bulan**. Jika data tersebut mempresentasikan jumlah air bersih yang digunakan oleh semua pegawai di lingkungan PT. Pertamina MOR V secara keseluruhan untuk seluruh fasilitas yang membutuhkan penggunaan air, maka penggunaan air bersih rata-rata per hari adalah sebesar 109,87 m^3/hari. Berikut perhitungan debit air bersih rata-rata yang digunakan berdasarkan data rekening air dari PDAM Surya Sembada Kota Surabaya:

Q air bersih = Pemakaian Air Bersih dari PDAM
= 3296 m^3/bulan
= 109,87 m^3/hari
= 4,58 m^3/jam

Besaran debit air bersih yang akan menjadi air limbah diperkirakan sebanyak 70-80% dari penggunaan air bersih(Pratiwi dan Purwanti, 2015). Sedangkan menurut *(Reynold, 1996)*, menyatakan bahwa debit air limbah yang dihasilkan diasumsikan sebesar 80% dari total pemakaian air bersih yang digunakan. Mengacu pada kedua literatur tersebut untuk penentuan debit air limbah adalah dengan mengasumsikan secara langsung 80% dari penggunaan air bersih per hari. Sehingga dapat dilakukan perhitungan debit air limbah yang dihasilkan sebagai berikut:

Debit Air Limbah (Q_{al}) = Debit air bersih x 80%
= 109,87 m^3/hari x 80%
= 87,90 m^3/hari
= 3,66 m^3/jam
= 0,0010 m^3/detik

Pada penentuan debit air limbah dengan beberapa metode di atas, dapat diketahui besaran nilai debit yang berbeda-beda. Penentuan debit air limbah dengan pengukuran langsung pada saluran *outlet* tidak dipilih dikarenakan banyak kendala yang mungkin dapat terjadi saat untuk dilakukan, sehingga mempengaruhi keakuratan nilai debit yang diukur. Untuk perhitungan neraca air berdasarkan data

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

rekening air PDAM Kota Surabaya menunjukkan angka debit sebesar 87,90 m^3/hari. Sedangkan angka debit air limbah dengan asumsi jumlah pegawai kantor yang menggunakan air bersih adalah sebesar 18,712 m^3/hari. Berdasarkan kedua cara tersebut, cara yang paling representatif atau paling mendekati kondisi sebenarnya adalah perhitungan dengan menggunakan data rekening PDAM. Cara ini mengindikasikan bahwa aktivitas domestik apapun yang membutuhkan air bersih dari suplai PDAM akan terbuang menjadi air limbah yang harus diolah pada perencanaan IPAL ini. Sehingga nilai debit rata-rata air limbah yang akan diolah sebesar 87,90 m^3/hari. Untuk nilai debit yang lainya dapat dilihat sebagai berikut:

Debit Jam Puncak (Qam_{Peak}) = Q air limbah x f peak
= 3,66 x 1,5
= 5,49 m^3/jam
= 131,8 m^3/hari

***f peak yang dipilih 1,5 (1,5-2)**

Debit rata-rat (Qab_r) = Qam peak x f abr
= 5,49 x 80%
= 4,39 m^3/jam
= 105,5 m^3/hari

***fabr yang dipilih= 80% (60%-80%)**

Debit air limbah Min.(Qab_{min}) = Q abr x f ab min
= 4,39 x 80%
= 3,52 m^3/jam
= 84,38 m^3/hari

***fab min yang dipilih= 80% (60%-80%)**

Debit Limbah Maks (Qab_{maks}) = Q abr x f ab maks
= 4,39 x 4
= 17,58 m^3/jam
= 421,9 m^3/hari

***f ab maks yang dipilih = 4**

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Secara singkat data perhitungan debit air limbah domestik yang dihasilkan di lingkungan Kantor Pusat PT. Pertamina MOR V Surabaya dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5.1 Debit Air Limbah Domestik di Kantor PT. Pertamina MOR V

No.	Jenis Debit	Hasil	Satuan	Konversi	Satuan	Konversi	Satuan
1.	Debit air bersih	0,0013	m^3/detik	4,58	m^3/jam	109,87	m^3/hari
2.	Debit air limbah	0,0010	m^3/detik	3,66	m^3/jam	87,90	m^3/hari
3.	Debit rata-rata	0,0012	m^3/detik	4,39	m^3/jam	105,5	m^3/hari
4.	Debit air limbah jam puncak	0,0015	m^3/detik	5,49	m^3/jam	131,8	m^3/hari
5.	Debit air limbah minimum	0,00098	m^3/detik	3,52	m^3/jam	84,38	m^3/hari
6.	Debit air limbah maksimum	0,0049	m^3/detik	17,58	m^3/jam	421,9	m^3/hari

Sumber: Analisis Perhitungan, 2020

5.2 Analisis Kualitas Air Limbah

Berbeda dengan kuantitas air limbah, kualitas air limbah merupakan penentuan tingkat pencemaran air limbah berdasarkan parameter pencemarnya. Penentuan kadar pencemar tersebut penting untuk dilakukan guna mengetahui beban organik yang masuk ke dalam unit pengolahan dan mengukur kinerja unit IPAL. Mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik, terdapat parameter yang digunakan sebagai acuan utama untuk mengukur tingkat pencemaran, antara lain: pH, BOD, COD, TSS, Minyak & Lemak, Amoniak, dan Total *Coliform*. Berdasarkan data sekunder yang didapat dari Fungsi HSSE (*Health, Safety, Security and Environment*) Pertamina MOR V pada hasil sampling di lapangan dan uji laboratorium Envilab didapatkan hasil kualitas air limbah di lingkungan kantor PT. Pertamina MOR V Surabaya sebagai berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 5.2 Perbandingan Parameter Kualitas Air Limbah Domestik

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Kadar	Selisih	Metode
1.	pH	pH Unit	6-9	7,38	-	SNI 06-6989.11-2004
2.	BOD	mg/l	30	41	11	APHA 5210 B-2017
3.	COD	mg/l	100	118	18	SNI 6989.73-2009
4.	TSS	mg/l	30	36	6	SNI 06-6989.3-2004
5.	Minyak & Lemak	mg/l	5	<5	-	SNI 06-6968.10-2011
6.	Amoniak	mg/l	10	15.50	-	SNI 06-6968.30-2005
7.	Coliform	mg/l	3000	4360000	433000	IKM-EI-SML-30 (Membran Filter)

Sumber: Data Perusahaan, 2020

Analisa parameter pencemar air limbah tersebut diambil dari dua *outlet* pembuangan air limbah yang berbeda, yaitu dari *outlet* gedung kantor dan *outlet* klinik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat parameter pencemar yang melebihi kadar baku mutu diisyaratkan, yaitu

- Kadar TSS : 36 mg/l
- Kadar COD : 118 mg/l
- Kadar BOD : 41 mg/l
- Total Coliform : 436000 mg/l

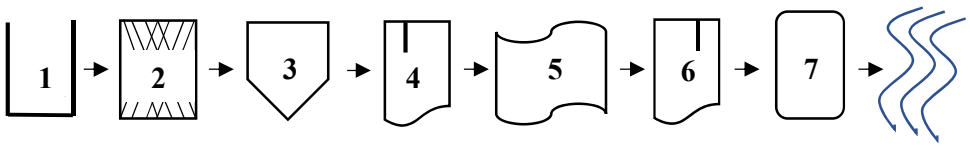
Sehingga perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut dengan pemilihan alternatif unit pengolahan untuk menurunkan kadar pencemar di dalam air limbah agar aman untuk dibuang ke badan air penerima.

5.3 Pemilihan Alternatif Pengolahan

Penentuan jenis unit bangunan pengolah air limbah domestik didasarkan pada beberapa pertimbangan terkait dengan tingkat efisiensi pengolahan agar efluen air limbah yang keluar sesuai dengan keinginan yang dikehendaki dan memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan. Berdasarkan pertimbangan tersebut, kemudian dipilih alternatif pengolahan yang tepat untuk diterapkan di Kantor Pusat PT. Pertamina MOR V. Sebelum menentukan unit bangunan terpilih dari beberapa alternatif unit bangunan pengolah tersebut maka perlu diketahui juga untuk keunggulan dan kelemahan masing-masing unit pengolah beserta diagram alir proses pengolahannya untuk mendapat alternatif unit yang tepat.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

5.3.1 Alternatif Pengolahan dengan *Activated Sludge*



Gambar 5.1 Diagram Alir Pengolahan dengan *Activated Sludge*

Keterangan:

1. Sumur Pengumpul
2. *Bar Screen*
3. Bak Ekualisasi
4. Bak Pengendap Awal
5. *Activated Sludge*
6. Bak Pengendap Akhir
7. Bak Desinfeksi

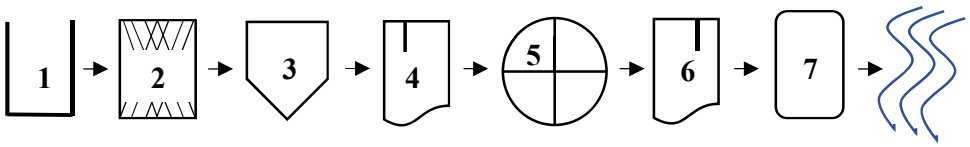
Tabel 5.3 Keunggulan dan Kelemahan Pengolahan *Activated Sludge*

No.	Pengolahan *Activated Sludge*	
	Keunggulan	**Kelemahan**
1.	Efisiensi pengolahan baik dengan kemampuan *removal* yang besar	Memerlukan modal dan biaya operasional yang cukup tinggi
2.	Menguntungkan untuk kapasitas besar	Konsumsi energi cukup tinggi memerlukan suplai listrik yang konstan
3.	Sangat baik dan cocok pada daerah di mana lahan tidak cukup tersedia	Mikroorganisme pengolah sangat sensitif terhadap bahan kimia
4.	Konsentrasi BOD pada air hasil olahan dapat mencapai lebih rendah dari 25 mg/l	Efluen lumpur masih diperlukan tahap pengolahan lebih lanjut
5.	Cocok untuk kandungan polutan organik (BOD,COD) yang tidak terlalu tinggi (di bawah 3000 mg/l)	Membutuhkan desain dan konstruksi yang rumit
6.	Konsentrasi biomassa dapat dikontrol	Membutuhkan operasi dan perawatan tenaga ahli

Sumber: Rosidi, 2017

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

5.3.2 Alternatif Pengolahan dengan *Trickling Filter*



Gambar 5.2 Diagram Alir Pengolahan dengan *Trickling Filter*

Keterangan:

1. Sumur Pengumpul
2. *Bar Screen*
3. Bak Ekualisasi
4. Bak Pengendap Awal
5. *Trickling Filter*
6. Bak Pengendap Akhir
7. Bak Desinfeksi

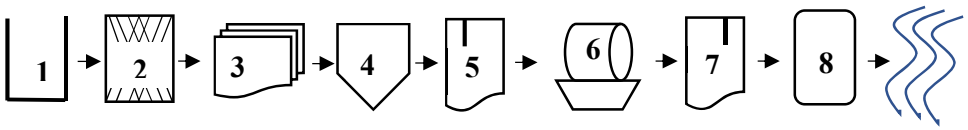
Tabel 5.4 Keunggulan dan Kelemahan Pengolahan *Trickling Filter*

No.	Pengolahan *Trickling Filter*	
	Keunggulan	**Kelemahan**
1.	Mempunya efisiensi pengolahan 60%-80%	Memerlukan pengolahan lumpur lengkap
2.	Sangat baik untuk oksidasi ataupun nitrifikasi	Hanya untuk mengolah limbah encer dengan beban BOD rendah
3.	Suplai oksigen dapat diperoleh secara alamiah melalui permukaan paling atas media dan kebutuhan oksigen relatif kecil	Proses pengolahan sering terganggu oleh lalat yang datang sehingga sering menimbulkan bau yang tidak sedap
4.	Tidak terganggu adanya beban hidrolik dan organik	Perlu tenaga terlatih untuk pengoperasiannya
5.	Sangat ekonomis dan praktis	Kehilangan tekanan yang cukup besar antara 1,8-3,6 atm
6.	Tidak terlalu membutuhkan lahan yang luas	Masih membutuhkan pengolahan tambahan untuk mendapat efluen yang baik
7.	Energi yang digunakan relatif kecil	Kurang fleksibel jika dibanding dengan pengolahan *activated sludge*

Sumber: Wahyudi, 2011

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

5.3.3 Alternatif Pengolahan *Rotating Biological Contactor* (RBC)



Gambar 5.3 Diagram Alir Pengolahan dengan *Rotating Biological Contactor*

Keterangan:

1. Sumur Pengumpul
2. *Bar Screen*
3. *Grit Chamber*
4. Bak Ekualisasi
5. Bak Pengendap Awal
6. *Rotating Biological Contactor* (RBC)
7. Bak Pengendap Akhir
8. Bak Desinfeksi

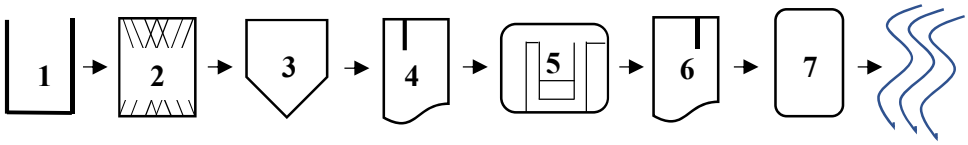
Tabel 5.5 Keunggulan dan Kelemahan Pengolahan (RBC)

No.	Pengolahan *Rotating Biological Contactor* (RBC)	
	Keunggulan	**Kelemahan**
1.	Proses operasi maupun konstruksi sederhana	Pengontrolan jumlah mikroorganisme sulit untuk dilakukan
2.	Kebutuhan lahan dan energi yang relatif lebih kecil	Sangat sensitif terhadap perubahan suhu
3.	Tidak memerlukan udara dalam jumlah yang besar	Masih memerlukan unit pengolahan lain, karena BOD terkadang masih tinggi
4.	Investasi awal relatif menguntungkan untuk kapasitas kecil atau medium	Material yang digunakan terkadang susah didapatkan di pasar lokal
5.	Stabil terhadap fluktuasi beban organik maupun hidrolis	Terkadang masih menimbulkan bau dan menimbulkan cacing rambut
6.	Lumpur yang terjadi relatif kecil dibandingkan *activated sludge*	Lapisan mikroorganisme pengolah cepat terkelupas
7.	Tidak menimbulkan buih atau *bulking* seperti proses lumpur aktif	Kualitas efluen air olahan kurang baik jika dibanding dengan proses lumpur aktif

Sumber: Puspasari, 2017

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

5.3.4 Alternatif Pengolahan Biofilter Anaerobik



Gambar 5.4 Diagram Alir Pengolahan dengan Biofilter Anaerobik

Keterangan:

1. Bak Pengumpul
2. *Bar Screen*
3. Bak Ekualisasi
4. Bak Pengendap Awal
5. Biofilter Anaerobik
6. Bak Pengendap Akhir
7. Bak Desinfeksi

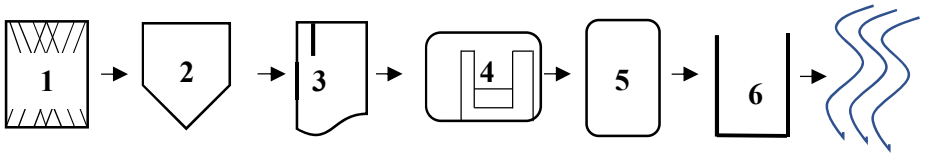
Tabel 5.6 Keunggulan dan Kelemahan Pengolahan Biofilter Anaerobik

No.	Pengolahan Biofilter Anaerobik	
	Keunggulan	**Kelemahan**
1.	Cocok untuk pengolahan dengan beban besar	Membutuhkan waktu start dan waktu tinggal yang relatif lama karena menunggu lapisan film terbentuk
2.	Produksi lumpur yang dihasilkan relatif kecil	Tahap starter bakteri anaerob cukup susah dan lama
3.	Dapat menghilangkan padatan tersuspensi dengan baik	Kontrol bakteri atau mikroorganisme tidak dapat dilakukan
4.	Dapat menghilangkan nitrogen dan *phospor* penyebab *eutrofikasi*	Pengurangan rendah terhadap bakteri patogen, padatan dan zat organik
5.	Pembangunan dan perbaikan dapat menggunakan material lokal	Kurang efektif untuk mengolah air limbah dengan beban BOD relatif rendah
6.	Pengaruh penurunan suhu terhadap efisiensi pengolahan kecil	Efluen lumpur tinja dengan kapasitas besar masih perlu pengolahan sekunder atau pembuangan lebih lanjut
7.	Proses pengoperasiannya relatif mudah dan umur pelayanannya panjang	Kurang efektif untuk menurunkan kadar BOD < 3000 mg/l

Sumber: Said, 2008

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

5.3.5 Alternatif Pengolahan Biofilter Aerob dan Karbon Aktif



Gambar 5.5 Diagram Alir Pengolahan dengan Adsorpsi Karbon Aktif

Keterangan:

1. *Bar Screen*
2. Bak Ekualisasi
3. Bak Pengendap Awal
4. Biofilter Aerobik
5. Adsorpsi Karbon Aktif
6. Bak Kontrol Akhir

Tabel 5.7 Keunggulan dan Kelemahan Pengolahan Biofilter Aerobik

No.	Pengolahan Biofilter Aerob dan Adsorpsi Karbon Aktif	
	Keunggulan	**Kelemahan**
1.	Cocok untuk pengolahan dengan beban yang tidak terlalu besar	Diperlukan penggantian media karbon aktif secara bertahap
2.	Tahan terhadap fluktuasi air limbah dan tidak ada *bulking sludge*	Tidak dapat melakukan kontrol jumlah dan jenis mikroba yang hidup
3.	Proses pengoperasiannya relatif mudah	Waktu start relatif lama menunggu terbentuknya lapisan film
4.	Produksi lumpur yang dihasilkan relatif kecil jika dibandingkan dengan proses lumpur aktif	Kurang efektif me*removal* kadar beban BOD > 3000 mg/l dan mudah terjadi penyumbatan ketika SS influen tinggi
5.	Dapat menghilangkan padatan tersuspensi secara efektif	Membutuhkan suplai udara yang cukup besar
6.	Biaya operasi relatif murah dengan lahan yang kecil	Jenis mikroba pengurai bervariatif dan tidak terkontrol
7.	Dapat menghilangkan nitrogen dan *phospor* yang dapat menyebabkan *euthropikasi.*	Media karbon aktif cepat untuk jenuh jika konsentrasi pencemar tinggi.

Sumber: Said, 2008

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

5.4 Efisiensi Removal Alternatif Pengolahan

Perencanaan IPAL yang baik harus memperhatikan tingkat efisiensi pengolahan alternatif unit bangunan pengolahnya. Pertimbangan ini sangat penting untuk diperhitungkan karena dapat mempengaruhi kinerja unit IPAL dalam proses pengolahan serta efektivitas dalam meremoval kadar pencemar yang terdapat pada air limbah. Tingkat efisiensi *removal* kadar pencemar untuk masing-masing alternatif unit IPAL memiliki kemampuan yang berbeda-beda. Dengan mengacu pada studi literatur penelitian terdahulu dapat dijadikan pertimbangan khusus dalam melakukan perencanaan unit IPAL guna mengetahui tingkat efisiensi *removal* dalam proses pengolahan maupun efluen yang dihasilkan.

Efisiensi penyisihan kadar pencemar oleh unit IPAL yang terdapat pada air limbah memiliki kemampuan *removal* yang berbeda-beda. Semakin besar prosentase *removal* unit IPAL menunjukkan semakin baik efluen air limbah yang dihasilkan dalam proses pengolahan. Untuk menghitung besaran kadar *removal* dapat dilakukan antara mengalikan kadar pencemar dengan prosentase *removal* unitnya. Berikut contoh perhitungan efisiensi *removal* BOD pada alternatif pengolahan unit bangunan Bak Ekualisasi:

Efisiensi r*emoval* BOD = Kadar pencemar x Prosentase r*emoval*

= 41 mg/l x 40%

= 16,40 mg/l

Perhitungan efisiensi *removal* tersebut, menjelaskan bahwa kadar pencemar BOD di dalam air limbah sebesar 41 mg/l dengan prosentase penghilangan pencemar oleh unit bangunan bak ekualisasi sebesar 40%, maka dapat mereduksi kadar pencemar pada air limbah sebesar 16,40 mg/l. Sehingga efluen air limbah yang memasuki unit bangunan selanjutnya sebesar 24,60 mg/l atau sudah berkurang sebesar 16,40 mg/l. Begitu juga seterusnya perhitungan untuk parameter pencemar dan unit bangunan pengolah lainya dalam perencanaan unit IPAL ini. Untuk perhitungan lebih rinci efisiensi removal pada unit bangunan IPAL lainya dapat dilihat di tabel sebagai berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 5.8 Efisiensi Removal Air Limbah Pada Unit IPAL *Activated Sludge*

No.	Bangunan Pengolahan	TSS (mg/L)		BOD (mg/L)		COD (mg/L)	
		Efisiensi	Kadar	Efisiensi	Kadar	Efisiensi	Kadar
1.	*Bar Screen*		**36**		**41**		**118**
		0%	0	0%	0	0%	0
2.	Bak Ekualisasi		36		41		118
		40%	14,40	40%	16,40	40%	47,20
3.	Bak Pengendap Awal		21,60		24,60		70,80
		60%	12,96	30%	7,38	30%	21,24
4.	*Activated Sludge*		8,64		17,22		49,56
		80%	6,91	80%	13,78	80%	39,65
5.	Bak Pengendap Akhir		1,73		3,44		9,91
		30%	0,52	30%	1,03	30%	2,97
6.	Pembuangan Akhir						
			1,21		**2,41**		**6,94**

Sumber: Analisis Perhitungan, 2020

Tabel 5.9 Efisiensi Removal Air Limbah Pada Unit IPAL *Tricling Filter*

No.	Bangunan Pengolahan	TSS (mg/L)		BOD (mg/L)		COD (mg/L)	
		Efisiensi	Kadar	Efisiensi	Kadar	Efisiensi	Kadar
1.	*Bar Screen*		36		41		118
		0%	0	0%	0	0%	0
2.	Bak Ekualisasi		36		41		118
		40%	14,40	40%	16,40	40%	47,20
3.	Bak Pengendap Awal		21,60		24,60		70,80
		60%	12,96	30%	7,38	30%	21,24
4.	*Trickling Filter*		8,64		17,22		49,56
		60%	5,18	65%	11,19	80%	39,65
5.	Bak Pengendap Akhir		3,46		6,03		9,91
		30%	1,04	30%	1,81	30%	2,97
6.	Pembuangan Akhir						
			2,42		**4,22**		**6,94**

Sumber: Analisis Perhitungan, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 5.10 Efisiensi Removal Pada Unit *Rotating Biological Contactor* (RBC)

No.	Bangunan Pengolahan	TSS (mg/L)		BOD (mg/L)		COD (mg/L)	
		Efisiensi	**Kadar**	**Efisiensi**	**Kadar**	**Efisiensi**	**Kadar**
1.	*Bar Screen*		36		41		118
		0%	0	0%	0	0%	0
2.	*Grit Chamber*		36		41		118
		30%	10,80	20%	8,20	20%	23,60
3.	Bak Ekualisasi		25,20		32,80		94,40
		40%	10,08	40%	13,12	40%	37,76
4.	Bak Pengendap Awal		15,12		19,68		56,64
		60%	9,07	30%	5,90	30%	16,99
5.	RBC		6,05		13,78		39,65
		84%	5,08	81%	11,16	80%	31,72
6.	Bak Pengendap Akhir		0,97		2,62		7,93
		30%	0,29	30%	0,79	30%	2,38
7.	Pembuangan Akhir						
			0,68		**1,83**		**5,55**

Sumber: Analisis Perhitungan, 2020

Tabel 5.11 Efisiensi Removal Air Limbah Pada Unit IPAL Biofilter Anaerobik

No.	Bangunan Pengolahan	TSS (mg/L)		BOD (mg/L)		COD (mg/L)	
		Efisiensi	**Kadar**	**Efisiensi**	**Kadar**	**Efisiensi**	**Kadar**
1.	*Bar Screen*		36		41		118
		0%	0	0%	0	0%	0
2.	Bak Ekualisasi		36		41		118
		40%	14,40	40%	16,40	40%	47,20
3.	Bak Pengendap Awal		21,60		24,60		70,80
		60%	12,96	30%	7,38	30%	21,24
4.	Biofilter Anaerobik		8,64		17,22		49,56
		60%	5,18	80%	13,78	80%	39,65
5.	Bak Pengendap Akhir		3,46		3,44		9,91
		30%	1,04	30%	1,03	30%	2,97
6.	Pembuangan Akhir						
			2,42		**2,41**		**6,94**

Sumber: Analisis Perhitungan, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 5.12 Removal Pada Unit IPAL Biofilter Aerobik Adsorpsi Karbon Aktif

No.	Bangunan Pengolahan	TSS (mg/L)		BOD (mg/L)		COD (mg/L)	
		Efisiensi	Kadar	Efisiensi	Kadar	Efisiensi	Kadar
1.	*Bar Screen*		36		41		118
		0%	0	0%	0	0%	0
2.	Bak Ekualisasi		36		41		118
		40%	14,40	40%	16,40	40%	47,20
3.	Bak Pengendap Awal		21,60		24,60		70,80
		60%	12,96	30%	7,38	30%	21,24
4.	Biofilter Aerob		8,64		17,22		49,56
		80%	6,91	80%	13,78	80%	39,65
5.	Adsorpsi Karbon Aktif		1,73		3,44		9,91
		80%	1,38	80%	2,76	80%	7,93
6.	Bak Kontrol Akhir						
			0,35		**0,69**		**1,98**

Sumber: Analisis Perhitungan, 2020

Setelah melakukan perhitungan efisiensi *removal* pada beberapa alternatif unit bangunan pengolah tersebut, maka dapat ditentukan unit bangunan IPAL yang memiliki efektivitas paling tinggi dalam me*removal* kadar pencemar dalam air limbah berdasarkan kadar efluen yang keluar dari proses pengolahan.

Tabel 5.13 Kadar Pencemar Efluen Air Limbah dari Alternatif Pengolahan

Jenis Alternatif	TSS (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)
Unit *Activated Sludge*	1,21	2,41	6,94
Unit *Trickling Filter*	2,42	4,22	6,94
Unit *Rotating Biological Contactor* (RBC)	0,68	1,83	5,55
Unit Biofilter Anaerobik	2,42	2,41	6,94
Biofilter Aerob & Adsorpsi Karbon Aktif	0,35	0,69	1,98
Baku Mutu	30	30	100

Sumber : Hasil Perhitungan, 2020

Berdasarkan hasil analisis efisiensi *removal* alternatif unit bangunan pengolah tersebut, unit IPAL yang dianggap paling tepat dan sesuai dengan karakteristik kualitas air limbah dengan tingkat efisiensi *removal* kadar pencemar yang paling tinggi dibanding dengan unit pengolahan lainya adalah alternatif unit IPAL Biofilter Aerobik dengan kombinasi Adsorpsi Karbon Aktif. Disisi lain,

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

penentuan ini didasarkan pada efluen hasil olahan yang relatif kecil, yaitu BOD sebesar 0,69 mg/l, COD sebesar 1,98 mg/l dan TSS sebesar 0,35 mg/l. Setelah itu menentukan efisiensi *removal* yang dibutuhkan dengan mengacu pada standar baku mutu yang disyaratkan. Perhitungan prosentase *removal* yang dibutuhkan oleh unit IPAL biofilter aerobik adsorpsi karbon aktif ditentukan dengan membandingkan kadar pencemar di dalam air limbah terhadap standar baku mutu yang ditetapkan pada peraturan pemerintah sebagai berikut:

Removal BOD $= \frac{\text{Kadar BOD} - \text{Baku Mutu}}{\text{Kadar BOD}}$

$= \frac{41 \text{ mg/l} - 30 \text{ mg/l}}{41 \text{ mg/l}} \; x \; 100\%$

$= 27 \%$

Removal COD $= \frac{\text{Kadar COD} - \text{Baku Mutu}}{\text{Kadar COD}}$

$= \frac{118 \text{ mg/l} - 30 \text{ mg/l}}{118 \text{ mg/l}} \; x \; 100\%$

$= 15 \%$

Removal TSS $= \frac{\text{Kadar TSS} - \text{Baku Mutu}}{\text{Kadar TSS}}$

$= \frac{36 \text{ mg/l} - 30 \text{ mg/l}}{36 \text{ mg/l}} \; x \; 100\%$

$= 17 \%$

Tabel 5.14 Removal yang Dibutuhkan Biofilter Aerobik Karbon Aktif

Parameter	Kadar	Baku Mutu	Satuan	Removal yang dibutuhkan
TSS	36	30	Mg/l	17%
BOD	41	30	Mg/l	27%
COD	118	100	Mg/l	15%

Sumber: Analisis Perhitungan, 2020

Perhitungan prosentase *removal* yang dibutuhkan oleh unit IPAL dimaksudkan untuk mengetahui besaran kadar pencemar yang harus di *removal* agar memenuhi standar baku mutu minimum. Sehingga memudahkan dalam menghitung beban pencemar yang harus dihilangkan mulai dari unit bangunan awal ketika *influen* air limbah masuk hingga *efluen* air limbah keluar dan aman untuk dibuang ke badan air penerima. Berikut contoh perhitungan *removal* pada unit bangunan bak ekualisasi:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BOD in = **41** mg/l

= 0,041 kg/m^3

mBOD in = BOD in x Qpeak

= 0,041 kg/m^3 x 131,85 m^3/hari

= 5,41 kg/hari

BOD Ef = BOD $Loading\ in$ x $(1 - \text{Removal BOD})$

= $41\frac{mg}{l}\ x\ (1 - 40\%)$

= 24,6 mg/l

mBOD efl =BOD Loa in x $(100\% - \text{Removal BOD})$

= $5{,}41\frac{kg}{hari}\ x\ (100\% - 40\%)$

= 3,24 kg/hari

COD in = **118** mg/l

= 0,12 kg/m^3

mCOD in = BODin x Qpeak

= 0,12 kg/m^3 x 131,85 m^3/hari

= 15,56 kg/hari

COD Efluen = COD Loading in x $(1 - \text{Removal COD})$

= $118\frac{mg}{l}\ x\ (1 - 40\%)$

= 70,8 mg/l

mCOD efl = COD Loa in x $(100\% - \text{Removal COD})$

= $15{,}56\frac{kg}{hari}\ x\ (100\% - 40\%)$

= 9,33 kg/hari

TSS in = **36** mg/l

= 0,036 kg/m^3

mTSS in = TSSin x Qpeak

= 0,036 kg/m^3 x 131,85 m^3/hari

= 4,746 kg/hari

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

TSS Efluen = TSS Loading in x (1 − Removal TSS)

$= 36 \frac{mg}{l} \; x \; (1 - 40\%)$

= 21,6 mg/l

mTSS efl = TSS Loa in x (100% − Removal TSS)

$= 4{,}746 \frac{kg}{hari} \; x \; (100\% - 40\%)$

= 2,85 kg/hari

Perhitungan beban BOD pada air limbah tersebut, menjelaskan bahwa kadar influen BOD sebesar 41 mg/l yang masuk ke dalam IPAL dengan debit air limbah (Q_{ab}) sebesar 131,85 m^3/hari memiliki masa BOD sebesar 5,41 kg/hari. Namun setelah melewati unit bak ekualisasi terjadi penghilangan kadar pencemar sebesar 40%, sehingga terjadi penurunan kadar pencemar yang masuk ke unit pengolah selanjutnya yaitu bak pengendap awal sebesar 24,6 mg/l begitu seterusnya pada parameter lain dan unit pengolah lainya. Untuk perhitungan lebih rinci mengenai efisiensi *removal* pada unit bangunan lainya dapat dilihat di tabel berikut:

Tabel 5.15 Beban Removal Kadar Pencemar Pada Bak Ekualisasi

Bak Ekualisasi				
	Uraian	**Kadar**		**Satuan**
Influent	BOD *Loading*	**41**		mg/L
		0,041		kg/m³
		5,41		kg/hari
	COD *Loading*	**118**		mg/L
		0,12		kg/m³
		15,56		kg/hari
	TSS *Loading*	**36**		mg/L
		0,036		kg/m³
		4,746		kg/hari
Effluent	**Uraian**	***Removal Efficiency***	**Kadar**	**Satuan**
	BOD *Loading*	40%	24,6	mg/L
			3,24	kg/hari
	COD *Loading*	40%	70,80	mg/L
			9,33	kg/hari
	TSS *Loading*	40%	21,60	mg/L
			2,85	kg/hari

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 5.16 Beban Removal Kadar Pencemar Pada Bak Pengendap Awal

Bak Pengendap Awal				
Influent	**Uraian**	**Kadar**		**Satuan**
	BOD *Loading*	**24,6**		mg/L
		3,24		kg/hari
	COD *Loading*	**70,80**		mg/L
		9,33		kg/hari
	TSS *Loading*	**21,6**		mg/L
		2,85		kg/hari
Effluent	**Uraian**	***Removal Efficiency***	**Kadar**	**Satuan**
	BOD *Loading*	30%	17,22	mg/L
			3,24	kg/hari
	COD *Loading*	30%	49,56	mg/L
			9,33	kg/hari
	TSS *Loading*	60%	8,64	mg/L
			2,84	kg/hari

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

Tabel 5.17 Beban Removal Kadar Pencemar Pada Bak Biofilter Aerobik

Biofilter Aerobik				
Influent	**Uraian**	**Kadar**		**Satuan**
	BOD *Loading*	**17,22**		mg/L
		3,24		kg/hari
	COD *Loading*	**49,56**		mg/L
		9,33		kg/hari
	TSS *Loading*	**8,64**		mg/L
		2,84		kg/hari
Effluent	**Uraian**	***Removal Efficiency***	**Kadar**	**Satuan**
	BOD *Loading*	80%	3,44	mg/L
			0,648	kg/hari
	COD *Loading*	80%	9,912	mg/L
			9,334	kg/hari
	TSS *Loading*	80%	1,728	mg/L
			0,57	kg/hari

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 5.18 Beban Removal Kadar Pencemar Pada Bak Adsorpsi Karbon Aktif

Adsorpsi Karbon Aktif				
	Uraian	**Kadar**		**Satuan**
Influent	BOD *Loading*	**3,44**		mg/L
		0,648		kg/hari
	COD *Loading*	**9,912**		mg/L
		9,334		kg/hari
	TSS *Loading*	**1,728**		mg/L
		0,569		kg/hari
Effluent	**Uraian**	***Removal Efficiency***	**Kadar**	**Satuan**
	BOD *Loading*	80%	0,69	mg/L
			0,130	kg/hari
	COD *Loading*	80%	1,98	mg/L
			1,866	kg/hari
	TSS *Loading*	80%	0,35	mg/L
			0,11	kg/hari

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

5.5 Pertimbangan Massa Unit Pengolahan

Pertimbangan massa atau *mass balance* merupakan perhitungan yang bertujuan untuk mengetahui beban masa pencemar, konsentrasi lumpur dan debit lumpur yang tersisihkan selama proses pengolahan di dalam IPAL, memudahkan dalam proses operasi pengolahan lumpur, pemilihan teknologi pengolahnya maupun proses akomodasi untuk menyalurkan menuju ke instalasi pengolahan lumpur. Berikut contoh perhitungan *mass balance* unit bak ekualisasi:

1. Menghitung Penyisihan BOD unit Bak Ekualisasi

BOD = 41 mg/l

= 0,041 kg/m^3

- $_M$BOD *inlet* = BOD x Debit Air Limbah

  = 0,041 kg/m^3 x 131,847 m^3/hari

  = 5,4057 kg/hari

- *removal* BOD = 40% (Sumber: Said, 2008)

  $_M$BOD = *removal* x BOD $_M$BOD in

  = 40% x 5,4057 kg/hari

  = 2,1623

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Menghitung Penyisihan COD unit Bak Ekualisasi

COD = 118 mg/l

= 0,12 kg/m^3

- $_M$COD *inlet* = COD x Debit Air Limbah

  = 0,12 kg/m^3 x 131,847 m^3/hari

  = 15,5579 kg/hari

- *removal* COD = 40% (Sumber: Said, 2008)

  $_M$COD = *removal* COD x $_M$COD in

  = 40% x 15,5579 kg/hari

  = 6,2232

3. Menghitung Penyisihan TSS unit Bak Ekualisasi

TSS = 36 mg/l

= 0,036 kg/m^3

- $_M$TSS *inlet* = TSS x Debit air limbah

  = 0,036 kg/m^3 x 131,847 m^3/hari

  = 4,7465 kg/hari

- *removal* TSS = 40% (Sumber: Said, 2008)

  $_M$TSS = *removal* TSS x $_M$TSS in

  = 40% x 4,7465 kg/hari

  = 1,8986

4. Menghitung Produksi Lumpur Unit Bak Ekualisasi

Perhitungan beban lumpur yang diproduksi dalam proses pengolahan didapatkan dari penyisihan kadar padatan tersuspensi yang tertahan pada unit IPAL, dimana asumsi bahwa air limbah yang masuk ke dalam unit IPAL, kadar lumpur yang terkandung hanya sebesar 5% sedangkan 95% lainya berupa air.

- Menghitung Massa lumpur yang dihasilkan

  MTSS = 5% x Masa Lumpur

  Masa Lumpur $= \frac{\text{m TSS}}{5\%}$

  = 1,8086 kg/hari / 5%

  = 37,9718 kg/hari

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

- Menghitung Debit lumpur

  Bj lumpur = 1030,3 kg/m^3

  Q Lumpur $= \frac{\text{Massa lumpur}}{\text{BJ Lumpur}}$

  = 37,9718 kg/hari / 1030,3 kg/m^3

  = 0,0369 m^3/hari

5. Menghitung *Efluen* BOD unit Bak Ekualisasi
   - *Efluen* BOD

     $_M$BOD$_{(ef)}$ = $_M$BOD$_{(in)}$ x $_M$BOD$_{(r)}$

     = 5,4057 kg/hari – 2,1623 kg/hari

     = 3,2434 kg/hari

     BOD$_{(ef)}$ = $_M$BOD$_{(in)}$ / 86,4

     = 3,2434 kg/hari / 86,4

     = 0,0375 mg/l

6. Menghitung *Efluen* COD unit Bak Ekualisasi
   - *Efluen* COD

     $_M$COD$_{(ef)}$ = $_M$COD$_{(in)}$ x $_M$COD$_{(r)}$

     = 15,557 kg/hari – 6,2232 kg/hari

     = 9,3347 kg/hari

     COD$_{(ef)}$ = $_M$COD$_{(in)}$ / 86,4

     = 9,3347 kg/hari / 86,4

     = 0,1080 mg/l

7. Menghitung *Efluen* TSS unit Bak Ekualisasi
   - *Efluen* TSS

     $_M$TSS $_{(ef)}$ = $_M$TSS $_{(in)}$ x $_M$TSS $_{(r)}$

     = 4,7465 kg/hari – 1,8986 kg/hari

     = 2,8479 kg/hari

     TSS $_{(ef)}$ = $_M$TSS $_{(in)}$ / 86,4

     = 2,8479 kg/hari / 86,4

     = 0,0330 mg/l

Berdasarkan perhitungan tersebut, dapat diketahui pertimbangan massa kadar influen air limbah pada bak ekualisasi yang masuk ke dalam IPAL, daya *removal* dan efluen air limbah setelah proses pengolahan pada bak ekualisasi. Untuk hasil

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

perhitungan yang telah dilakukan pada unit bak pengendap awal, biofilter aerob, bak adsorpsi karbon aktif dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5.19 Pertimbangan Massa Pada Bak Ekualisasi

Influen		
Parameter	Kadar	Satuan
BOD COD TSS	41 118 36	mg/l
Massa Kadar Pencemar		
Parameter	Kadar	Satuan
MBOD MCOD MTSS	5,4057 15,5579 4,7465	kg/hari
Removal		
Parameter Removal	Prosentase(%)	Sumber
BOD COD TSS	40% 40% 40%	(Said, NI., 2008
Perhitungan		
Parameter	Kadar	Satuan
MBOD = 40% x MBOD MCOD = 40% x MCOD MTSS = 40% x MTSS	2,1623 6,2232 1,8986	kg/hari
Lumpur terdiri dari 95% air dan 5% TSS, sehingga :		
Parameter	Kadar	Satuan
Massa lumpur = TSS_M / 5%	37,9718	kg/hari
Debit lumpur (r) = Massa lumpur / BJ Lumpur	0,0369	m^3/hari
Efluen		
$BOD_{M(ef)} = BOD_{M(in)} - BOD_{M(r)}$ $BOD_{(ef)}$ =,$MBOD_{(in)}$ / 86,4	3,2434 0,0375	kg/hari mg/l
$COD_{M(ef)} = COD_{M(in)} - COD_{M(r)}$ $COD_{(ef)} = MCOD_{(in)}$ / 86,4	9,3347 0,1080	kg/hari mg/l
$TSS_{M(ef)} = TSS_{M(in)} - TSS_{M(r)}$ $TSS_{(ef)} = MTSS_{(in)}$ / 86,4	2,8479 0,0330	kg/hari mg/l

Sumber: Analisis Perhitungan, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 5.20 Pertimbangan Massa Pada Bak Pengendap Awal

Influen		
Parameter	Kadar	Satuan
BOD **COD** **TSS**	**24,60** **70,80** **21,60**	Mg/l
Massa Kadar Pencemar		
Parameter	Kadar	Satuan
MBOD MCOD MTSS	3,2434 9,3347 2,8479	kg/hari
Removal		
Parameter Removal	Prosentase(%)	Sumber
BOD COD TSS	30% 30% 60%	(Metcalf dan Eddy, 1981) & (Qasim, 1986)
Perhitungan		
Parameter	Kadar	Satuan
MBOD = 30% x MBOD MCOD = 30% x MCOD MTSS = 60% x MTSS	0,9730 2,8004 1,7087	kg/hari
Lumpur terdiri dari 95% air dan 5% TSS, sehingga :		
Parameter	Kadar	Satuan
Massa lumpur = TSS_M / 5% Debit lumpur (r) = Massa lumpur / BJ Lumpur	34,1747 0,0332	kg/hari m^3/hari
Efluen		
$BOD_{M(ef)} = BOD_{M(in)} - BOD_{M(r)}$ $BOD_{(ef)}$ =,$MBOD_{(in)}$ / 86,4	2,2704 0,0263	kg/hari mg/l
$COD_{M(ef)} = COD_{M(in)} - COD_{M(r)}$ $COD_{(ef)} = MCOD_{(in)}$ / 86,4	6,5343 0,0756	kg/hari mg/l
$TSS_{M(ef)} = TSS_{M(in)} - TSS_{M(r)}$ $TSS_{(ef)} = MTSS_{(in)}$ / 86,4	1,1392 0,0132	kg/hari mg/l

Sumber: Analisis Perhitungan, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 5.21 Pertimbangan Massa Pada Bak Biofilter Aerob

Influen		
Parameter	Kadar	Satuan
BOD **COD** **TSS**	**17,22** **8,64** **49,56**	Mg/l
Massa Kadar Pencemar		
Parameter	Kadar	Satuan
MBOD MCOD MTSS	2,2704 6,5343 1,1392	kg/hari
Removal		
Parameter Removal	Prosentase(%)	Sumber
BOD COD TSS	80% 80% 80%	(Said, el al.,2011)
Perhitungan		
Parameter	Kadar	Satuan
MBOD = 65% x MBOD MCOD = 60% x MCOD MTSS = 70% x MTSS	1,8163 5,2275 0,9113	kg/hari
Lumpur terdiri dari 95% air dan 5% TSS, sehingga :		
Parameter	Kadar	Satuan
Massa lumpur = TSS_M / 5%	18,2265	kg/hari
Debit lumpur (r) = Massa lumpur / BJ Lumpur	0,01769	m^3/hari
Efluen		
$BOD_{M(ef)} = BOD_{M(in)} - BOD_{M(r)}$ $BOD_{(ef)}$ =,$MBOD_{(in)}$ / 86,4	0,4541 0,00526	kg/hari mg/l
$COD_{M(ef)} = COD_{M(in)} - COD_{M(r)}$ $COD_{(ef)} = MCOD_{(in)}$ / 86,4	1,3069 0,0151	kg/hari mg/l
$TSS_{M(ef)} = TSS_{M(in)} - TSS_{M(r)}$ $TSS_{(ef)} = MTSS_{(in)}$ / 86,4	0,2278 0,00264	kg/hari mg/l

Sumber: Analisis Perhitungan, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 5.22 Pertimbangan Massa Pada Bak Adsorpsi Karbon Aktif

Influen		
Parameter	Kadar	Satuan
BOD **COD** **TSS**	**3,44** **9,91** **1,72**	Mg/l
Massa Kadar Pencemar		
Parameter	Kadar	Satuan
MBOD MCOD MTSS	0,4541 1,3069 0,2278	kg/hari
Removal		
Parameter Removal	Prosentase(%)	Sumber
BOD COD TSS	80% 80% 80%	(Said, el al.,2011)
Perhitungan		
Parameter	Kadar	Satuan
MBOD = 80% x MBOD MCOD = 80% x MCOD MTSS = 80% x MTSS	0,3633 1,0455 0,1823	kg/hari
Lumpur terdiri dari 95% air dan 5% TSS, sehingga :		
Parameter	Kadar	Satuan
Massa lumpur = TSS_M / 5%	3,6453	kg/hari
Debit lumpur (r) = Massa lumpur / BJ Lumpur	0,003538	m^3/hari
Efluen		
$BOD_{M(ef)} = BOD_{M(in)} - BOD_{M(r)}$ $BOD_{(ef)}$ =,$MBOD_{(in)}$ / 86,4	0,0908 0,00105	kg/hari mg/l
$COD_{M(ef)} = COD_{M(in)} - COD_{M(r)}$ $COD_{(ef)} = MCOD_{(in)}$ / 86,4	0,2614 0,0030	kg/hari mg/l
$TSS_{M(ef)} = TSS_{M(in)} - TSS_{M(r)}$ $TSS_{(ef)} = MTSS_{(in)}$ / 86,4	0,0456 0,00053	kg/hari mg/l
Check *Effluen* Air Limbah		
Parameter	Kadar	Satuan
BOD COD TSS	**0,69** **1,98** **0,35**	mg/l mg/l mg/l

Sumber: Analisis Perhitungan, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan perhitungan *mass balance* tersebut, maka dapat diketahui besaran perbandingan kadar pencemar yang tereduksi pada unit IPAL hingga produksi konsentrasi dan debit lumpur yang dihasilkan pada proses pengolahan di dalam IPAL. Hasil perhitungan pertimbangan masa dalam proses pengolahan di dalam IPAL dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 5.23 Konsentrasi dan Debit Lumpur yang Dihasilkan

No.	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	Massa Lumpur (kg/hari)	Debit Lumpur (m^3/hari)
1.	**Influen Air Limbah** ⇩				
	41	118	36	37,972	0,0369
2.	**Bar Screen** ⇩				
	41	118	36	37,972	0,0369
3.	**Bak Ekualisasi** ⇩				
	24,60	70,80	21,60	34,175	0,0332
4.	**Pengendap Awal** ⇩				
	17,22	49,56	8,64	18,226	0,0177
5.	**Biofilter Aerob** ⇩				
	3,44	9,91	1,73	3,645	0,0035
6.	**Bak Karbon Aktif** ⇩				
	0,69	1,98	0,35	0.980	0,00093
7.	**Hasil Akhir Kolam Kontrol** ⇩				
	0,69	1,98	0,35	0,98	0,0009

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB VI
PERENCANAAN DESAIN TEKNIS

6.1 Preliminary Design

Desain unit IPAL merupakan rancangan awal dalam pembangunan konstruksi IPAL yang dilakukan dengan mempertimbangkan kriteria desain pada tiap-tiap unit bangunan sesuai dengan bagan alir proses pengolahan. Bagan alir proses pada perencanaan ini menunjukkan proses pengolahan air limbah yang akan direalisasikan. Dengan adanya rancangan awal dan bagan alir proses ini, diharapkan dapat memberi kemudahan dalam mendesain bangunan, menghitung efisiensi serta kualitas *effluen* masing-masing unit agar desain yang diperoleh dapat dikerjakan dengan baik. Perhitungan desain unit IPAL terpilih dengan metode biofilter aerob dan adsorpsi karbon aktif disajikan sebagai berikut:

6.1.1 Desain Unit Bar Screen

Screening merupakan bagian awal dari unit IPAL yang digunakan untuk menyaring padatan kasar di dalam air limbah seperti kayu, plastik, ranting dan padatan besar lainya. Terdapat beberapa tipe kisi dan faktor bentuk bar *(ß)* yang digunakan dalam menyaring partikel di dalam air limbah *(Metcalf dan Eddy, 1991),* dalam (Hermana, 2011). Berikut tipe dan faktor bentuk kisi *bar screen*:

a. *Sharp-edged rectangular* = 2,42
b. *Rectangular with semicircular upstream face* = 1,83
c. *Rectangular with semicircular upstream dan downstream face* = 1,67
d. *Circular* = 1,79
e. *Tear Shape* = 0,76

Bar Screen yang digunakan pada perencanaan unit IPAL ini menggunakan pembersihan manual tipe *Coarse Sreen* yang dibuat dari bahan baja tahan karat dengan tipe batang *(ß)* segi empat sisi tajam dengan faktor bentuk 2,42. Dalam perawatannya saringan ini dibersihkan secara manual dengan menggunakan alat seperti jala yang diberi tangkai atau dengan pencucian berkala. Hal ini penting untuk dilakukan agar unit ini dapat berfungsi dengan baik. Kriteria desain *bar screen* yang direncanakan dapat dilihat pada tabel 6.1 sebagai berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 6.1 Kriteria Desain Unit *Bar Screen*

No.	Kriteria Desain	Manual	Mekanis	Satuan
1.	Kecepatan aliran melalui *screen*	0,3 -0,6	0,6 – 1,0	m/detik
2.	Ukuran bar (batang): o Lebar o Tebal	 4 – 8 25 - 50	 8 – 10 50 – 75	 mm mm
3.	Jarak antar bar (batang)	25 – 50	75 – 85	mm
4.	*Slope* dengan Horizontal (derajad)	45 - 60	75 – 85	mm
5.	*Head loss* yang dibolehkan, *clogged screen*	150	150	mm
6.	Maksimum *head loss*, *clogged screen*	600	800	mm
7	Sudut kemiringan horizontal	45º - 60º	45º - 60º	

Sumber: Syed R, Qasim, 1999 dalam (PUPR,2013)

Berdasarkan kriteria desain tersebut, perhitungan rencana unit *bar screen* pada pengolahan air limbah ditetapkan sebagai berikut:

- Debit air limbah(Q) = 131,85 m^3/hari
  = 5,49 m^3/jam
  = 0,0153 m^3/detik
- Kecepatan(v) = 0,5 m/detik
- Tipe batang(β) = segi empat sisi tajam
- Kemiringan(α) = 60º
- Nilai faktor kisi (F_k) = 2,42
- Kedalaman (H) = 60 cm = 0,6 m
- Lebar (L) = 60 cm = 0,6 m
- Jarak antar batang(b) = 25 mm = 0,025 m
- Lebar batang (w) = 5 mm = 0,005 m
- Percepatan Gravitasi (g) = 9,81 m/detik
- Freeboard (F_b) = 0,1 m

Berikut perhitungan teknis dimensi unit Bar Screen yang direncanakan :

1. Luas area (A_{cross})

A_{cross} = Lebar saluran x kedalaman
= L x H
= 0,6m x 0,6m
= 0,36 m²

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Ketinggian total saluran (H_{total})

$$H_{total} = H_{air} + H_{fb}$$
$$= 0{,}6 \text{ m} + 0{,}1 \text{ m}$$
$$= 0{,}7 \text{ m}$$

3. Jumlah celah saluran (N_c)

$$N_c = \frac{L}{b+w}$$
$$= \frac{0{,}6\ m}{0{,}025m + 0{,}005m}$$
$$= 20 \text{ celah}$$

4. Jumlah batang (N)

$$N = nc - 1$$
$$= 20 \text{ celah} - 1$$
$$= 19 \text{ batang}$$

Jadi, jumlah kisi batang *bar screen* adalah sebanyak 19 batang.

5. Lebar celah total (L_{ct})

$$L_{ct} = n \times b$$
$$= 19 \text{ batang} \times 0{,}025\text{m}$$
$$= 0{,}48\text{m}$$

6. Panjang kisi yang terendam air (Kisi Terendam)

$$K_t = \frac{\text{Hair}}{Sin\ 60°}$$
$$= \frac{0{,}6 \text{ m}}{Sin\ 60°}$$
$$= 0{,}69\text{m}$$

7. Kecepatan aliran melalui *screen*

- Kondisi tidak *Clogging*:

$$V_s = \frac{\text{Q}}{\text{Lct x Kt}}$$
$$= \frac{0{,}00153\ m^3/detik}{0{,}48\text{m x } 0{,}69\text{m}}$$
$$= 0{,}0005 \text{ m/detik}$$

- Kondisi *Clogging* (50%)

$$V_s = 0{,}5 \times \text{Lct}$$
$$= 0{,}5 \times 0{,}48\text{m}$$
$$= 0{,}2 \text{ m/detik}$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$$Vs' = \frac{Q}{Lct \times Kt}$$

$$= \frac{0{,}00153\ m^3/detik}{0{,}48m \times 0{,}69m}$$

$$= 0{,}009\ m/detik$$

8. Kehilangan tekan atau *Headloss* (HL)

- Kondisi tidak *clogging*:

$$\Delta hf = \frac{Vs^2}{2\,g}$$

$$= \frac{(0{,}5\ m)^2}{2\ x\ (9{,}81\ m/detik^2)}$$

$$= 1{,}2$$

- *Headloss Bar Screen* (Δh_{scr})

$$\Delta hf_{scr} = ß \times \left(\frac{w}{b}\right)^{\frac{4}{3}} x\ \Delta h \times Sin Ø$$

$$= 2{,}42 \times \left(\frac{0{,}005}{0{,}025}\right)^{\frac{4}{3}} x\ 1{,}22 \times Sin\ 60^o$$

$$= 0{,}0014\ m$$

9. Luas Lahan *Bar Screen*

$$A^2 = L_{ef} \times P$$

$$0{,}36\ m = 0{,}6m \times P$$

$$P = 0{,}6$$

Jadi, luas lahan yang diperlukan untuk *bar screen* adalah $0{,}36m^2$.

Berdasarkan perhitungan tersebut, didapatkan dimensi unit *bar screen* yang direncanakan sebagai berikut:

- Panjang saluran = 1m
- Lebar saluran = 0,6m
- Kedalaman saluran = 0,6m
- Jumlah batang *screen* = 19 batang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

6.1.2 Desain Unit Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi merupakan unit IPAL yang berfungsi untuk menyeragamkan konsentrasi zat pencemar, meratakan kandungan padatan terlarut (SS), menghindari *shock loading* air limbah agar proses pengolahan dapat berjalan dengan stabil. Proses pengaliran pada *outlet* bak ekualisasi tidak dialirkan melalui pipa, tetapi menggunakan pompa celup air limbah. Bak ekualisasi direncanakan hanya terdiri dari 1 kompartemen yang dilengkapi dengan *submersible pump*. Pada saat pembersihan bak, aliran air limbah akan dipompakan langsung menuju ke bak pengendap awal tanpa melewati unit bak ekualisasi. Untuk menghindari *shock loading* fluktuasi air limbah maka pembersihan dilakukan pada hari libur, dimana debit air limbah relatif sedikit. Kriteria desain bak ekualisasi pada tabel 6.2 berikut:

Tabel 6.2 Kriteria Desain Unit Bak Ekualisasi

No.	Kriteria Desain	Nilai	Satuan
1.	Waktu detensi (Td)	4 – 8	jam
2.	Perbandingan P:L	1-2 hingga 1-4	m
3.	Ketebalan Dinding	20-30	cm
4.	Kedalaman efektif (Hair)	1,5-2	m
5.	Ambang Batas	1	m
6.	Efisiensi removal BOD	30-40	%
7.	Laju Pemompaan Udara	0,01-0,015	m^3/m^3-menit
8.	Ketinggian maksimum bak (Hmaks)	< 4	meter

Sumber: Said, 2008

Berdasarkan kriteria desain di atas, perhitungan rencana desain unit bak ekualisasi pada pengolahan air limbah ditetapkan sebagai berikut:

- Kapasitas Pengolahan(Q) = 131,85 m^3/hari
  = 5,49 m^3/jam
- Waktu detensi (Td) = 4 jam
- Ketebalan dinding = 0,2 m
- Kedalaman efektif (Hair) = 2 m
- *Freeboard* (Fb) = 0,3 m
- Percepatan gravitasi (g) = 9,81 m/detik
- Spesifikasi bahan = Beton K275
- Efisiensi *removal* BOD = 40%

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berikut perhitungan dimensi bak ekualisasi yang direncanakan sesuai dengan kriteria desain:

1. Volume Bak Ekualisasi

$$V_{bak} = \text{Debit x Td}$$

$$= \frac{131{,}85 \frac{m3}{hari} \text{ x } 4 \text{ jam}}{24\ jam}$$

$$= 21{,}97\ m^3/\text{jam}$$

Jadi, volume bak yang direncanakan adalah sebesar = 21,97 m^3/jam.

2. Luas area Efektif (A_{ef})

$$A_{ef} = V/h$$

$$= \frac{21{,}97 m3/\text{jam}}{2m}$$

$$= 10{,}99\ m^2$$

Luas area efektif yang direncanakan adalah sebesar 10,99m^2.

3. Rasio Panjang, Lebar dan Kedalaman

- Jika rasio P:L = 1:2 dengan kedalaman efektif (H) = 2,0m, maka:

$$\text{Lebar (L)} = (A_{ef} / 2)^{0.5}$$

$$= (10{,}99\ m^2 / 2)^{0.5}$$

$$= 2{,}25m,$$

$$\text{Panjang (P)} = \text{Lbak x 2}$$

$$= 2{,}25m \text{ x } 2$$

$$= 4{,}5 \text{ meter}$$

Sehingga rasio perbandingan dimensi (P x L x H), yaitu:

Panjang (P) = 4,5m

Lebar (L) = 2,25m dibulatkan menjadi 2 m

Kedalaman(h) = 2m

- Berdasarkan rasio perbandingan (P x L x h), maka dapat diketahui Volume efektif sebagai berikut:

$$V_{ef} = P \text{ x } L \text{ x } h$$

$$= 4{,}5m \text{ x } 2m \text{ x } 2m$$

$$= 18\ m^3$$

Jadi, volume efektif bak yang direncanakan adalah sebesar = 18 m^3.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4. Volume Cek (Vc_{ek})

$$V_{cek} = \frac{Vef}{Q} \text{ x } 24$$

$$= \frac{18m^3}{5{,}49\ m^3/jam}$$

= 3 jam **(Sesuai)**

5. Ketinggian total (H_{total})

$$H_{total} = H_{air} + Fb$$

= 2m + 0,3m

= 2,3 meter

6. Beban permukaan *(Surface Loading)*

$$SL = \frac{Q}{P\ x\ L}$$

$$= \frac{131{,}85\ m^3/\text{hari}}{4{,}5m\ x\ 2m}$$

= 14,65 m^3/m^2/hari

= 0,61 m^3/m^2/jam

7. Waktu tinggal jam puncak (asumsi jumlah limbah adalah 2x jumlah limbah rata-rata), maka TD_{peak}:

$$TD_{peak} = \frac{1}{2}\ x\ TD$$

$$= \frac{1}{2}\ x\ 3\ jam$$

= 1,64 jam

8. Beban permukaan saat jam puncak adalah 2x beban permukaan,

= 2 x 14,65 m^3/m^2.hari

= 29,30 m^3/m^2.hari **(Sesuai)**

(kriteria desain yang ditetapkan yaitu 20-50 m^3/m^2.hari (JJWA)).

Berdasarkan perhitungan tersebut, didapatkan dimensi unit bak ekualisasi yang direncanakan sebagai berikut:

- Panjang bak = 4,5m
- Lebar bak = 2m
- Kedalaman bak = 2m
- Kedalaman total bak = 2,3m
- Luas Area = 9m^2

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

6.1.3 Perhitungan Pompa Air Limbah

Perhitungan pompa diperlukan untuk mengetahui karakteristik pompa dan aksesoris yang dibutuhkan dalam mengolah air limbah. Pompa air limbah berfungsi untuk mengalirkan air limbah secara konstan dari bak ekualisasi menuju ke unit IPAL selanjutnya. Dalam perencanaan ini ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perhitungan pompa dengan mengacu pada kriteria desain berikut:

Tabel 6.3 Kriteria Desain Pompa Air Limbah

Kriteria Desain	Nilai	Satuan
Kecepatan aliran dalam pipa	1 - 2	m/detik
Sudut kemiringan pompa	30° - 90°	

Sumber: Said, 2008

Berdasarkan kriteria desain di atas, perhitungan rencana desain pompa air limbah pada proses pengolahan ditetapkan sebagai berikut:

- Debit yang digunakan = Debit pada saat jam puncak (Qam peak)
- Kapasitas Pengolahan = 131,85 m^3/hari
  = 5,49 m^3/jam
  = 0,00153 m^3/detik
- Kecepatan asumsi pipa = 1 m/detik (mencegah penggerusan di pipa)
- Jenis pompa = Pompa *submersible* air limbah
- Sudut kemiringan pipa = tegak lurus (90°
- Kedalaman efektif = 2 m (sama dengan Bak Ekualisasi)

Berikut perhitungan pompa air limbah sesuai dengan kriteria desain:

1. Debit per Pipa air limbah

$$Q_{Pipa} = \frac{Q}{\text{n pompa operasi}}$$

$$= \frac{0{,}00153\ \text{m3/detik}}{1\ \text{buah}}$$

$$= 0{,}00153\ m^3/\text{detik.pipa}$$

$$= 1{,}53\ \text{L/detik}$$

Jadi, debit air limbah yang mengalir pada pipa sebesar 1,53 L/detik.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Luas penampang (A)

Q per Pipa = Luas x V.asumsi

Luas penampang $= \frac{Q}{V.asumsi}$

$= \frac{0{,}00153\ m3/detik}{1\ m/detik}$

= 0,00153 m^2

3. Diameter pipa yang digunakan

Luas penampang = ¼ x π x D²

0,00153 m^2 = ¼ x 3,14 x D²

D² = 0,00153 m^2 x 4 / 3,14

D = 0,0441 m

=44,09 mm (1,74 *inchi*)

Pipa di pasaran = 50 mm (1,97 *inchi*)

D = 0,05 m

4. Maka, Luas penampang pipa

A = ¼ x 3,14 x (0,05)²

= 0,002 m^2

5. Volume Cek $V_{cek} = \frac{Q}{A}$

$= \frac{0{,}00153\ m3/detik}{0{,}002m2}$

= 1 m/detik

6. Power pompa(Head Pompa) = Q_{pompa} x g x Hf_{total} x densitas

= 0,00153m^3/s.pipa x 9,81m/det x2,3mx 1000

= 36,823 watt

= 0,037 kW

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, *head* pompa yang diperlukan adalah 2,30m. Jenis pompa yang direkomendasikan pada perencanaan ini adalah:

a. Tipa pompa = Pompa celup *(submersible pump)*
b. Tipe kapasitas = 40 – 120 L/menit (91,56 L/menit)
c. Total head = maks 8 meter (2,460 meter)
d. *Output* listrik = maks. 350 watt (36,823 watt)
e. Material = *fiberglass* dan *technopolime*
f. Merek dan tipe = Pedrollo SCO511 (TOP2) atau merk setara

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

6.1.4 Desain Bak Pengendap Awal

Proses penghilangan materi tersuspensi atau *flok* kimia di dalam air limbah dapat dilakukan secara gravitasi pada unit operasi bak pengendap awal. Pada prinsipnya kompartemen bak pengendap awal ini berfungsi untuk menghilangkan padatan tersuspensi sebelum masuk ke proses pengolahan selanjutnya sehingga tidak memberatkan kinerja uit IPAL. Kriteria desain bak pengendap awal yang direncanakan dapat dilihat tabel 6.4. sebagai berikut:

Tabel 6.4 Kriteria Desain Unit Pengendapan Awal

Kriteria Desain	Nilai	Satuan
Waktu Tinggal *(Retention Time)* rata-rata	2 – 5	Jam
Over Flow Rate (OFR): o Aliran rata-rata o Aliran puncak	 32 – 40 80 -120	m^3/m^2.hari
Beban Permukaan *(surface loading)*	20 – 50	m^3/m^2.hari
Kecepatan Pengerukan lumpur	0,6 – 1,2	m/menit
Beban *Weir* atau *weir loading* (WL)	<250	m^3/hari
Freeboard	0,3 – 0,5	m

Sumber: *Japan Sewage Work Association* (JSWA) dalam Said, 2008

Berdasarkan kriteria desain di atas, perhitungan rencana desain unit bak pengendap awal pada proses pengolahan air limbah ditetapkan sebagai berikut:

- Debit air limbah(Q) = 131,85 m^3/hari
  = 5,49 m^3/jam
  = 0,000153 m^3/detik
- Waktu detensi (Td) = 2 jam
- Ketebalan dinding = 0,2 m
- Kedalaman efektif (Hair) = 2 m
- *Freeboard* (Fb) = 0,3 m
- Percepatan gravitasi (g) = 9,81 m/detik
- Spesifikasi bahan = Beton K275
- Efisiensi *removal* BOD = 30%

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berikut perhitungan dimensi bak pengendap awal yang direncanakan sesuai dengan kriteria desain:

1. Volume bak pengendap awal

$$V_{bak} = \text{Debit x Td}$$

$$= \frac{131{,}85\frac{m3}{hari} \text{ x } 2 \text{ jam}}{24\ jam}$$

$$= 10{,}99\ m^3/jam$$

Jadi, volume bak yang direncanakan adalah sebesar = 10,99 m^3/jam.

2. Luas area Efektif (A_{ef})

$$A_{ef} = \frac{V}{Td}$$

$$= \frac{10{,}99m3/jam}{2\ jam}$$

$$= 5{,}5\ m^2$$

Luas area efektif yang direncanakan adalah sebesar 5,5m^2.

3. Rasio Panjang, Lebar dan Kedalaman

- Jika rasio lebar bak (L) ditetapkan = 2m, maka:

$$A_{efektif} = P \text{ x } L$$

$$5{,}5m^2 = P \text{ x } 2m$$

$$\text{Panjang (P)} = A_{efektif} / L$$

$$= 5{,}5m^2 / 2m$$

= 2,75m, dibulatkan menjadi 3 meter.

- Sehingga rasio perbandingan dimensi (P x L x H), yaitu:

Panjang (P) = 3m

Lebar (L) = 2m

Kedalaman(H)= 2m

- Berdasarkan rasio perbandingan (P x L x h), maka dapat diketahui Volume efektif sebagai berikut:

$$V_{ef} = P \text{ x } L \text{ x } h$$

$$= 3m \text{ x } 2m \text{ x } 2m$$

$$= 12\ m^3$$

Jadi, volume efektif bak pengendap awal yang direncanakan untuk mengolah air limbah adalah sebesar = 12m^3.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4. Waktu tinggal rata-rata (H_{rt})

$$V_{cek} = \frac{Vef}{Q} \text{ x } 24$$

$$= \frac{12m^3}{5{,}49\ m^3/jam}$$

= 2,18 jam **(Sesuai)**

5. Ketinggian total (H_{total})

$$H_{total} = H_{air} + F_b$$

= 2m + 0,3m

= 2,3 meter

6. Beban permukaan *(Surface Loading)*

$$SL = \frac{Q}{P\ x\ L}$$

$$= \frac{131{,}85\ m^3/\text{hari}}{3m\ x\ 2m}$$

= 22,0 m^3/m^2/hari (**Sesuai)**

= 0,92 m^3/m^2/jam

Jadi, beban permukaan adalah sebesar 22 m^3/m^2.hari, sesuai dengan kriteria desain yang ditetapkan yaitu (20-50 m^3/m^2.hari) (JJWA).

7. Volume *freeboard* (V_{free})

$$V_{free} = A \text{ x } fb$$

= 5,5m^2 x 0,3m

= 1,65m^3

8. Volume total bak

$$V_{total} = V_{bak} + V_{freeboard}$$

= 10,99m^3 + 1,65m^3

= 12,64m^3

9. Kecepatan pengendapan

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

$$= \frac{131{,}85\frac{m^3}{\text{hari}}/24}{5{,}5m^2}$$

= 1,0m/jam

= 0,00028m/detik

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

10. Volume lumpur

$V_{.lumpur}$ = 0,005 x faktor reduksi

= 0,005 x 30%

= 0,0015 L/g

11. BOD yang tersisihkan = $BOD_{removed}$

= BODin – BOD out

= 2,27 kg/hari

= 0,094 kg/jam

= 0,00227mg/L

$$Nre = \frac{VH \times R}{v}$$

$$= \frac{0{,}00028\frac{m}{detik} x\ 1{,}184}{0{,}000008394}$$

= 39,2

12. Cd koefisien drag $= \frac{18{,}5}{Nre^{0,6}}$

$$= \frac{18{,}5}{(39{,}4)^{0,6}}$$

= 2,048

Jika diketahui nilai (Vs= 0,4m/detik), maka nilai Vs (Kecepatan pengendapan) lebih tinggi daripada Vh (Kecepatan aliran), oleh karena itu lumpur yang mengendap tidak akan terangkat kembali atau mengapung kembali. Dengan perhitungan tersebut, didapatkan dimensi unit bak pengendap awal yang direncanakan sebagai berikut:

- Panjang bak = 3m
- Lebar bak = 2m
- Kedalaman bak = 2m
- Kedalaman total bak = 2,3m
- Luas Area = 6 m^2

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

6.1.5 Desain Bak Biofilter Aerobik

Perancangan desain unit bak biofilter aerob pada pengolahan air limbah ini menggunakan sistem aerasi kontinyu, dimana sistem ini cocok untuk mengolah air limbah dengan kapasitas kecil serta menghasilkan sedikit lumpur. Kriteria desain bak biofilter aerobik dapat dilihat pada tabel 6.5. berikut ini:

Tabel 6.5 Kriteria Desain Unit Biofilter Aerobik

Kriteria Desain	Keterangan	Satuan
Waktu detensi total rata-rata	6 – 8	jam
Standar beban BOD per volume media *(Hight Rate)*	0,4 - 4,7	kg BOD/m^3.hari
Volume media	50% $V_{reaktor}$	
Tinggi ruang lumpur	0,3 - 0,5	m
Tinggi bed media perbiakan mikroba	1,2 – 1,5	m
Tinggi air di atas bed media	0,2 – 0,3	m
Beban BOD	0,5 - 4	kg BOD per m^3
Beban BOD per satuan Permukaan media (L_A)	5 - 30	g BOD per m^3
Efisiensi *difusser*	2,5 – 5%	

Sumber: Nusa Idaman Said (2008), dalam BPPT (2002)

Berdasarkan kriteria desain di atas, perhitungan rencana desain bak biofilter aerobik pada proses pengolahan air limbah ditetapkan sebagai berikut:

- Debit air limbah(Q) = 131,85 m^3/hari
  = 5,49 m^3/jam
  = 0,000153 m^3/detik
- Waktu detensi (T_d) = 6 jam
- Ketebalan dinding = 0,2 m
- *Freeboard* (F_b) = 0,3 m
- Percepatan gravitasi(g) = 9,81 m/detik
- Spesifikasi bahan = Beton K275
- Efisiensi removal BOD = 80%
- Beban BOD/ media = 0,5 kg/m^3.hari
- Jumlah ruang (n) = 2 Kompartemen (aerasi dan media)
- BOD_{in} = 17,22 mg/L
- BOD_{out} = 3,44 mg/L

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berikut perhitungan dimensi bak biofilter aerob yang direncanakan sesuai dengan kriteria desain:

1. Dimensi bak aerob 1 :

   Lebar = 2m Sama dengan lebar bak pengendap awal

   Panjang = 2m

   Kedalaman = 1,5m

2. Dimensi bak aerob 2 :

   Lebar = 2 m

   Panjang = 2 m

   Kedalaman = 1,5 m

3. Total volume efektif biofilter aerob (V_{ef})

   V_{ef} = 2P x L x Kedalamam Efektif

   = 2 x 1,5m x 2m x 2m

   = $12m^3$

   Jadi, volume efektif reaktor Biofilter Aerobik adalah sebesar 12 m^3

4. Volume total media reaktor biofilter aerobik

   $V_{reaktor}$ = Panjang x Lebar x Tinggi media bed

   = 3m x 2m x 1,5m

   = 9 m^3

   Jadi, volume total reaktor biofilter aerobik adalah sebesar $4,5m^3$.

5. Tinggi bed media pembiakan mikroba (H_{bed})

   H_{bed} = 1,5m **(Sesuai)**

6. Tinggi ruang lumpur(H_{lumpur})

   H_{lumpur} = 0,3m **(Sesuai)**

7. Tinggi air di atas bed media (H_{ab})

   H_{ab} = $H_{efektif\ bed} - H_{bed} - H_{lumpur}$

   = 2m – 1,5m – 0,3m

   = 0,2m **(Sesuai)**

8. Waktu tinggal rata-rata di dalam reaktor Aerob (Hrt_{Av})

   $$Hrt_{Av} = \frac{Volume\ Efektif}{Debit\ Air\ Limbah}$$

   $$= \frac{12\ m^3}{5{,}49 m^3/jam}$$

   = 2,18 jam

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

9. Waktu tinggal total di dalam reaktor aerob saat jam puncak

$$HRT_{rec} = \frac{\text{Waktu tinggal rata-rata}}{2}$$

$$= \frac{2{,}18\text{jam}}{2}$$

$$= 1{,}09 \text{ jam}$$

10. BOD *loading* per volume media

$$BOD_{Loading} = \frac{\text{Beban BOD}}{\text{Volume total media}}$$

$$= \frac{2{,}27\text{kg/hari}}{9\ m^3}$$

$$= 0{,}25 \text{ kg BOD/m}^3\text{.hari}$$

$$= 2{,}5 \text{ kg BOD/m}^2\text{.hari}$$

Standar BOD *Loading* adalah 0,4 – 4,7 kg BOD/m³.hari **(Sesuai)**

11. Jika media yang digunakan memiliki luas spesifik 150 m^2/m^3, maka:

$$BOD_{Loading} = \frac{\text{Luas spesifik}}{\text{BOD Loading per volume media}}$$

$$= \frac{150\ m^2/m^3}{2{,}5\ \text{kg}\frac{\text{BOD}}{m^3\text{.hari}}}$$

$$= 6{,}0 \text{ g BOD /m}^2\text{.hari}$$

Standar maksimal = 6,0 g BOD /m².hari **(Sesuai)**

12. Beban BOD di dalam air limbah

Beban BOD = Q x BOD masuk

= 131,85 x 17,22 g/m^3

=2270 g/m^3

= 2,27 kg/hari

13. Jumlah BOD yang dihilangkan

Jumlah BOD *removal* = Efisiensi *removal* x beban BOD

= 80% x 2,27kg/hari

= 1,82kg/hari

14. Beban BOD/V.media = 0,5kg/m^3.hari

15. Volume media yang diperlukan

$$V_{media} = \frac{\text{Beban BOD}}{\text{Beban BOD per V.media}}$$

$$= \frac{2{,}27\text{kg/hari}}{0{,}5\frac{\text{kg}}{m^3}\text{.hari}}$$

$$= 4{,}54 m^3$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

16. Volume reaktor biofilter aerob

V.media = 50%Volume reaktor

V.reaktor = 50% x Volume media

= 9,08m^3

17. Volume Freeboard (Vfb) = A x Fb

= 6m^2 x 0,3m

=1,8m^2

Berdasarkan perhitungan tersebut, didapatkan dimensi Unit Bak Biofilter Aerob yang direncanakan sebagai berikut:

- Panjang bak = 3m
- Lebar bak = 2m
- Kedalaman bak = 2m
- Kedalaman total bak = 2,3m
- Luas Area = 6 m^2

Berdasarkan perhitungan dimensi dan beban BOD di dalam air limbah tersebut, spesifikasi jenis media pembiakan media yang tepat dalam perencanaan aerob pengolahan air limbah ini adalah:

- Jenis media digunakan = Tipe sarang tawon
- Material bahan = *PVC Sheet*
- Ketebalan = 0,15 – 0,23 mm
- Ukuran modul = 30 x 25 x 30 cm
- Luas & berat spesifik = 150 m^2/m^3 / 20-35 kg/m^3
- Diameter lubang = 3x 3 cm
- Warna = Bening transparan
- Porositas rongga = 0,98
- Jumlah total media = 4,54 m^3

Berdasarkan perhitungan dimensi tersebut, kebutuhan *diffuser* oksigen dan jenis blower yang tepat dapat ditentukan sebagai berikut:

1. Secara Teoritis kebutuhan oksigen (O_2) pada reaktor aerob

Kebutuhan O_2 = Jumlah BOD yang dihilangkan

= 1,82 kg/hari

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Faktor keamanan yang diterapkan untuk suplai oksigen (O_2)

$F_k\ O_2$ = ± 2,0

= 2 x 1,82kg/hari

= 3,63kg/hari

3. Asumsi temperatur udara rata-rata berada pada suhu 28°C dengan berat udara pada suhu 28°C m_{udara} = 1,1725 kg/m^3. Sedangkan jumlah oksigen ($n_{oksigen}$) udara diasumsikan sebesar 23,2% = 0,232 g O_2/g.
4. Jadi, jumlah kebutuhan udara secara teoritis

Kebutuhan udara $= \frac{\text{Jumlah kebutuhan udara}}{\text{m udara x n oksigen}}$

$= \frac{3.63\text{kg/hari}}{1{,}1725\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\text{ x } 0{,}322\text{ g } O_2\text{ /g udara}}$

= 13,35kg/m^3

5. *Effisiensi difusser* 5% = 0,05
6. Kebutuhan udara aktual $= \frac{\text{Jumlah kebutuhan udara}}{\text{effisiensi difusser}}$

$= \frac{13{,}35\ kg/m^3}{0{,}05}$

= 267 m^3/hari

= 0,19 m^3/menit

= 150 l/menit

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, jenis pompa blower udara yang cocok untuk direkomendasikan pada perencanaan ini adalah:

a. Spesifikasi merk blower = HIBLOW 200
b. Tipe kapasitas blower = 200 L/menit (150 L/menit)
c. Total *head* = 2000 mm-aqua (2 meter)
d. Jumlah blower = 2 unit
e. Power (*Output* listrik) = 200 watt x 2 unit

   = 400 watt
f. Pipa *outlet* = ½ *inchi*
g. Kelistrikan = 1 fase
h. Total transfer udara = 400 L/menit
i. Tipe *difusser* = *perforated pipe difusser* atau merk setara.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

6.1.6 Desain Bak Adsorpsi Karbon Aktif

Perancangan unit adsorpsi karbon aktif merupakan bagian dari kombinasi unit IPAL yang berfungsi untuk menghilangkan sisa warna dan mengurangi konsentrasi zat organik yang tidak tereduksi oleh unit biofilter aerobik. Pada perancangan ini media adsorpsinya menggunakan karbon aktif jenis GAC (*Granular Active Carbon*). Berikut kriteria desain unit adsorpsi karbon aktif pada tabel 6.6.

Tabel 6.6 Kriteria Desain Unit Adsorpsi Karbon Aktif

Kriteria Desain	Nilai	Satuan
Volume *flowrate* (V)	50 - 400	m^3/jam
Volume bed (Vb)	10 - 50	m^3
Luas penampang (Ab)	5 – 30	m^2
Panjang bed media (D)	1,8 – 4	m
Densitas GAC (ρ)	350 - 550	kg/m^3
Kecepatan aliran bed (vf)	5 - 15	m/jam
Waktu kotak bed kosong (EBCT)	5 - 30	menit
Waktu kontak efektif (t)	2 - 10	menit
Waktu operasi	100 - 600	hari

Sumber: *Metcalf & Eddy (2004),* dalam Muzakky (2016)

Berdasarkan kriteria desain tersebut, perhitungan rencana desain unit adsorpsi karbon aktif pada pengolahan air limbah ditetapkan sebagai berikut:

- Debit air limbah(Q) = 131,85 m^3/hari
  = 5,49 m^3/jam
  = 0,000153 m^3/detik
- Waktu operasi (T_o) = 100 hari
- Ketebalan dinding = 0,2 m
- *Freeboard* (F_b) = 0,3 m
- Densitas GAC (ρ) = 350 kg/m^3
- Volume *Treated*/kg = 5$m^{3/}$/kg
- Vb = 0,01 m^3
- Massa jenis GAC = 450kg/m^3 (0,45kg)
- Luas penampang (Ab) = 4,75m^2
- Panjang *bed* = 2,5m
- Kecepatan aliran bed (vf) = 5m/jam

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berikut perhitungan dimensi bak adsorpsi karbon aktif yang direncanakan sesuai dengan kriteria desain di atas:

1. Volume bed media yang dibutuhkan (V_{bed})

$$V_{bed} = \frac{\text{Debit x TD}}{vf}$$

$$= \frac{5{,}49\text{m}^3/\text{jam x } 2{,}5\text{jam}}{5m/jam}$$

$$= 2{,}75\text{m}^3/\text{jam}$$

Jadi, volume bed media yang direncanakan sebesar = 2,75m^3/jam.

2. Massa karbon aktif GAC

$$M_{GAC} = V_{bed} \text{ x } \rho$$

$$= 2{,}75\text{m}^3/\text{jam x } 350\text{kg/ m}^3$$

$$= 961 \text{ kg}$$

Jadi masa GAC yang dibutuhkan dalam perencanaan sebanyak 961 kg

3. Tinggi bed (H_{bed})

$$H_{bed} = \text{Vbed x Ab}$$

$$= 2{,}75\text{m}^3/\text{jam x } 5\text{m}^2$$

$$= 0{,}80\text{m}$$

4. Lebar bed (L_{bed})

$$L_{bed} = \frac{\text{Ab}}{\text{D}}$$

$$= \frac{4{,}75\text{m}^2}{2{,}5\text{m}}$$

$$= 1{,}9\text{m}$$

$$= 2 \text{ meter}$$

5. Waktu kontak saat kosong

$$\text{Ebct} = \frac{\text{D}}{\text{Vf}}$$

$$= \frac{2{,}5\text{m}}{5\text{m}}$$

$$= 0{,}5 \text{ jam}$$

6. Massa GAC (M)

$$\text{M} = \text{Q/Vb/Massa jenis GAC}$$

$$\text{Vb} = \text{Q/massa jenis GAC/M}$$

$$= 5{,}49\text{m}^3/\text{jam} / 0{,}45\text{kg} / 961\text{kg}$$

$$= 0{,}01\text{m}^3$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

7. Massa *Treated*(Mt)

$$Mt = \frac{Volume\ treated}{Q}$$

$$= \frac{0{,}05m^3}{5{,}49m^3/jam}$$

= 0,9101 kg/jam

8. Waktu *breakthought* (T)

$$T = \frac{M}{Mt}$$

$$= \frac{961kg}{0{,}9101kg/jam}$$

= 1056,3 jam

1 hari(24jam) = 44 hari

1bulan(30hari) = 1,5 bulan

Waktu *recorvery* karbon aktif yang ditetapkan adalah 1,5 bulan. Hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Rasidi, (2017), dimana ditetapkan nilai keamanan *recorvery* karbon aktif yaitu 1 bulan sekali.

9. Volume total (Vtotal)

$$Vtotal = \frac{M}{Ps}$$

$$= \frac{961kg}{550kg/m^3}$$

= 2,75 m^3/hari

10. Volume per reaktor (Vreaktor)

$$Vreaktor = \frac{1}{4}\pi d^2$$

$$= 0{,}25 \times 3{,}14 \times (300mm)^2$$

$$= 0{,}1m^3$$

11. Kebutuhan reaktor (n)

$$n = \frac{Vtotal}{Vreaktor}$$

$$= \frac{2{,}75\ m^3/hari}{0{,}1m^3}$$

= 39buah

= dibulatkan menjadi 40 buah.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan perhitungan tersebut, didapatkan dimensi unit bak adsorpsi karbon aktif yang direncanakan sebagai berikut:

- Panjang bak = 2,5m terbagi menjadi 2 bak (1,25m)
- Lebar bak = 2m
- Kedalaman bak = 2m
- Kedalaman total bak = 2,3m
- Luas Area = $6m^2$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, waktu *breakthough* karbon aktif adalah 44 hari(1,5 bulan). Nilai tersebut dalam perancangan ini digunakan sebagai acuan penentuan waktu *recorvery* media karbon aktif GAC. Berikut penentuan susunan reaktor yang terdapat pada media karbon aktif sesuai hasil perhitungan.

- Jumlah baris vertikal = 4 buah
- Jumlah baris horisontal = 10 buah
- Panjang total vertikal = 0,80m
- Panjang total horisontal = 2,5m

Berdasarkan perhitungan dimensi adsorpsi karbon aktif dengan susunan reaktor tersebut, maka dapat dihitung *headloss* media sebagai berikut:

1. Debit per reaktor

$$(Q_{reaktor}) = \frac{Q}{\text{Jumah reaktor}}$$

$$= \frac{0{,}00153 m^3/detik}{40 \text{ buah}}$$

$$= 0{,}00004 \ m^3/detik$$

2. Void media = 0,42
3. Kecepatan aliran(v)

$$v = \frac{Qreaktor}{A \text{ media}}$$

$$= \frac{0{,}00004 m^3/detik}{(0{,}25 \text{ x } 3{,}14 \text{ x } (0{,}3^2) \text{x } 0{,}42}$$

$$= 0{,}0002 m/s$$

4. *Headloss* aliran (Hf)

$$Hf = 0{,}000089 \text{ x } v \ D^2$$

$$= 0{,}000089 \text{ x } 0{,}0002 m/s \text{ x } (300)^2$$

$$= 2x10^{-15}$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

6.1.7 Desain Bak Kontrol Akhir

Bak kontrol akhir atau kolam kontrol merupakan kompartemen bak tambahan dalam unit proses pengolahan air limbah yang berfungsi untuk menampung eksisting air hasil olahan agar dapat digunakan kembali sesuai dengan peruntukannya. Bak kontrol akhir berbentuk persegi panjang dengan bagian akhir dilengkapi dengan pipa *outlet* air limbah. Kriteria desain bak kontrol akhir yang direncanakan dapat dilihat tabel 6.7 berikut:

Tabel 6.7 Kriteria Desain Bak Kontrol Akhir

Kriteria Desain	Keterangan	Satuan
Waktu Tinggal (Td)	1,5 – 2,5	jam
Beban pelimpah (weir)	<11	$m^3/m/jam$
Beban Permukaan (OFR)	0,8 – 2,5	$m^3/m^2/jam$
Kedalaman (H)	3 - 6	m

Sumber: Metcalf dan Eddy, 2004

Berdasarkan kriteria desain tersebut, perhitungan rencana desain bak kontrol akhir pada pengolahan air limbah ditetapkan sebagai berikut:

- Debit air limbah(Q) = 131,85 m^3/hari
  = 5,49 m^3/jam
  = 0,000153 m^3/detik
- Waktu tinggal(T_d) = 2,5 jam
- Kedalaman efektif(H_{air}) = 2m
- Konstruksi bangunan = Beton K275
- *Overflowrate* (OFR) = 0,8 m^3/m^2/jam
- Rasio P:L = 2:1

Berikut perhitungan dimensi bak penampung akhir yang direncanakan sesuai dengan kriteria desain di atas:

1. Volume bak yang dibutuhkan

$$V_{bak} = Q \times Td$$
$$= 5{,}49 m^3/jam \times 2{,}5 jam$$
$$= 13{,}73 m^3/jam$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Luas area bak yang dibutuhkan

$$As = \frac{Q}{OFR}$$

$$= \frac{5{,}49\ m^3/jam}{0{,}8 m^3/m^2.jam}$$

$$= 6{,}87 m^2$$

Jadi, luas area bak penampung akhir yang direncanakan = $6{,}87 m^2$

3. Rasio Panjang, Lebar dan Kedalaman

- Jika rasio perbandingan P:L = 2:1 dengan lebar bak (L) yang ditetapkan = 2m, maka:

$$P = L$$

$$P = 2L$$

$$\text{Panjang (P)} = 4M$$

- Sehingga rasio perbandingan dimensi (P x L x H), yaitu:

Panjang (P) = 4m

Lebar (L) = 2m

Kedalaman = 2m

- Berdasarkan rasio perbandingan (P x L x h), maka dapat diketahui Volume efektif sebagai berikut:

$$V_{ef} = P \times L \times h$$

$$= 4m \times 2m \times 2m$$

$$= 16 m^3$$

Jadi, volume efektif bak yang direncanakan sebesar = $24 m^3$

4. Luas penampang (A_x)

$$A_x = L \times H$$

$$= 2m \times 2m$$

$$= 4 m^2$$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

5. Check *Over Flow Rate* (OFR)

$$OFR = \frac{Q}{As}$$

$$= \frac{5{,}49 m^3/\text{jam}}{6{,}9 m^2}$$

$= 0{,}8\ m^3/m^2$.hari **(Sesuai)**

6. Check waktu tinggal (Td)

$$Td = \frac{Vbak}{Q}$$

$$= \frac{10{,}99 m^3/jam}{5{,}49 m^3/\text{jam}}$$

= 2,91 jam **(Sesuai)**

7. Ketinggian total (H_{total})

$H_{total} = H_{air} + F_b$

= 2m + 0,3m

= 2,3 meter

8. Volume *freeboard* (V_{free})

V_{free} = A x fb

$= 6{,}87 m^2 \times 0{,}3 m$

$= 2{,}0 m^3$

9. Volume total bak

$Vtotal = V_{bak} + V_{freeboard}$

$= 10{,}99 m^3 + 2{,}0 m^3$

$= 12{,}99 m^3$

Berdasarkan perhitungan tersebut, dimensi unit bak penampung akhir yang direncanakan sebagai berikut:

- Panjang bak = 4m
- Lebar bak = 2m
- Kedalaman bak = 2m
- Kedalaman total bak = 2,3m
- Luas Area = $8m^2$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

6.1.8 Rekapitulasi Desain

Berdasarkan perhitungan desain yang telah dilakukan, diperoleh jumlah waktu detensi dan kebutuhan luas lahan masing-masing unit bangunan pengolahan pada perencanaan instalasi pengolah air limbah di kantor pusat PT. Pertamina MOR V Surabaya. Luas dimensi IPAL berguna untuk menentukan kebutuhan lahan yang ada di lapangan berdasarkan pada perhitungan dimensi yang telah dilakukan. Sedangkan waktu tinggal atau *time ditention* (TD) berguna untuk mengetahui lama waktu yang digunakan untuk mengolah air limbah di dalam unit IPAL. Berikut hasil perhitungan total waktu detensi unit IPAL dapat dilihat pada tabel 6.8 sebagai berikut:

Tabel 6.8 Rekapitulasi Waktu Detensi Perencanaan Unit IPAL

No.	Unit Pengolahan	Waktu Tinggal	Satuan
1.	Bak ekualisasi	3	jam
2.	Bak pengendap awal	2,18	jam
3.	Bak biofilter aerobik	2,18	jam
4.	Bak adsorpsi karbon aktif	1,73	jam
5.	Bak kontrol akhir	2,,91	jam
Total		**12**	jam

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, waktu tinggal total air limbah di dalam unit IPAL pada saat proses pengolahan bertahan selama **12 jam**. Sedangkan kebutuhan luas lahan total yang dibutuhkan dalam pembangunan unit IPAL dapat dilihat pada tabel 6.9 sebagai berikut:

Tabel 6.9 Rekapitulasi Luas Kebutuhan Lahan Unit IPAL

No.	Unit Pengolahan	Panjang	Lebar	Kedalaman	Satuan
1.	Bak ekualisasi	4,5	2	2	m
2.	Bak pengendap awal	3	2	2	m
3.	Bak biofilter aerob	3	2	2	m
4.	Bak adsorpsi karbon aktif	2,5	2	2	m
5.	Bak penampung akhir	4	2	2	m
Total		**17**	**2**	**2**	meter

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

6.1.9 Profil Hidrolis

Perhitungan profil hidrolis dibutuhkan untuk mengetahui elevasi penurunan muka air selama proses pengolahan pada masing-masing unit bangunan pengolah. Profil hidrolis dapat dihitung menggunakan persamaan *headloss* dalam bangunan maupun pipa air limbah akibat adanya jatuhan, belokan, dan kecepatan aliran air pada bangunan pengolah sebagai berikut:

1. Saluran *Bar Screen*

   Berdasarkan penetapan nilai perencanaan perhitungan pada *preliminary sizing,* didapatkan hasil kehilangan tekan pada *bar screen* sebagai berikut:

   Kedalaman air(Hair) = 0,6m
   V. aliran(v) = 0,5m/det
   Lebar batang(w) = 5mm = 0,005m
   Jarak antar batang(b) = 25mm = 0,25m
   Tipe *bar screen*(β) = 2,42
   Percepatan gravitasi(g) = 9,81

   Perhitungan *headloss* air limbah oleh *bar screen* dapat dihitung sebagai berikut:

   $$\textit{Headloss}\ (\text{Hf}) = \beta \times \left(\frac{w}{b}\right)^{4/3} x \frac{v^2}{2g}\ x\ sin\ 60°$$

   $$= 2{,}42 \times \left(\frac{0{,}005}{0{,}025}\right)^{4/3} x \frac{0{,}5^2}{2\ x\ 9{,}81}\ x\ sin\ 60°$$

   $$= 0{,}0014\text{m}$$

   Elevasi muka air limbah setelah melewati *screen*, yaitu:

   Elv_1 = Hair – Htotal
   = 0,6m – 1,0m
   = - 0,40m
   Elevasi akhir = Elv_1 – Hf
   = -0,40 – 0,0014m
   = -0,401m

   Sehingga, elevasi air limbah pada bak *bar screen* adalah **-0,401m**

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Bak Ekualisasi

Aliran air limbah pada bak ekualisasi mengalami kehilangan tekan akibat belokan dan jatuhan didasarkan pada (persamaan 2.5), dan kehilangan tekan akibat gesekan aliran pada (persamaan 2.6) sebagai berikut:

- Panjang(b) = 4,5m
- Tinggi (y) = 2,3m
- Kedalaman air(H_1) = 2m
- Kecepatan aliran(v) = 0,3m/det
- Koef. kekasaran(n) = 0,013
- Tinggi sekat(L) = 2m
- Percepatan gravitasi(g)= 9,81m/det

Perhitungan *headloss* air limbah oleh bak ekualisasi dapat dihitung sebagai berikut:

a. Jari-jari hidrolis(R) $= \frac{b \times y}{b+2y}$

$= \frac{4{,}5m \times 2{,}3m}{4{,}5m + 2(2{,}3m)}$

= 1,1m

b. Headloss jatuhan (Hf_h) $= \frac{v \times n}{(R^2)^2}\ x\ L$

$= \frac{0{,}3m/det \times 0{,}013}{(1{,}1^2)^2}\ x\ 2m$

= 0,000026m

c. Headloss kecepatan(Hf_v)

Koefisien kekasaran(f) = 1,5 x(0,01989 + 0,0005078)/4R)

= 0,001m

$Hf_y = f \times \frac{L}{4R}\ x\ \frac{v^2}{2g}$

$= 1{,}5 \times \frac{2m}{4(1{,}1)} \times \frac{(0{,}3m/det)^2}{2 \times 9.81m/det}$

= 0,002m

d. Headloss pipa Inlet(Hf_{in}) = S x L

= 0,01 x 2m

= 0,002m

Hf Total Bak Ekualisasi = 0,00002m + 0,002m + 0,002m

= 0,004m

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Elevasi awal(Elv_1) = Hair – H total bak + tutup beton

= 2m – 2,30m +0,15m

= -0,45m

Elevasi akhir = ketinggian awal(Elv_1) – *Headloss*(Hf)

= (-0,45) – 0,004m

= -0,454m

3. Pompa Air Limbah

Berdasarkan penetapan nilai perencanaan pada *preliminary sizing,* didapatkan nilai *hedaloss* pada pompa air limbah *submersible* sebagai berikut:

Panjang Pipa *Discharge* = 4m

Hfstatis = 2,3m

a. *Headloss Mayor* (Hf_m)

(Hf_m) = *Hf Discharge*

$$= \left(\left(\frac{Q}{0{,}00155 \text{ x } C \text{ x } D^2}\right)^{2{,}65}\right)^{1{,}85} \text{ x } L$$

$$= \left(\left(\frac{1{,}53\ L/det}{0{,}00155 \text{ x } 120 \text{ x } 5^2}\right)^{2{,}65}\right)^{1{,}85} \text{ x } 4m$$

= 0,074m

b. *Hf Velocity* atau *Hf minor*

$$(Hf_{vel}) = \frac{V^2}{2g}$$

$$= \frac{(1m/detik)^2}{2 \text{ x } 9{,}81 \text{ m/detik}}$$

= 0,031 m

c. Hf belokan (2 kali), dengan (K=0,9)

$$= \frac{2 \text{ x } K \text{ x } v^2}{2g}$$

$$= \frac{2 \text{ x } 0{,}9 \text{ x } (1)^2}{2 \text{ x } 9{,}81}$$

= 0,055m

Head total pompa = *Head statis* + *Hf discharge* + *Hf velocity* + Hf Belokan

= 2,3m + 0,074m + 0,031m + 0,055m

= 2,46 m

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4. Bak Pengendap awal

Aliran air limbah dari bak ekualisasi kemudian di pompa menuju ke kompartemen bak pengendap awal dengan *head* = 2,46m, maka:

Sisa tekan = *Head* pompa – Htotal bak pengendap awal

= 2,46m – 2,3m

= 0,16m

Berikut perhitungan kehilangan tekan pada unit bak pengendap awal:

- Panjang(b) = 3m
- Tinggi (y) = 2,3m
- Elevasi awal(Elv_1) = 0,16m
- Kecepatan aliran(v) = 1 m/det
- Koef. kekasaran(n) = 0,013
- Perc. Gravitasi(g) = 9,81 m/s
- Tinggi sekat(L) = 2m

a. Jari-jari hidrolis(R) $= \frac{b \times y}{b+2y}$

$= \frac{3m \times 2,3m}{3m + 2(2,3m)}$

= 0,91m

b. *Headloss* jatuhan(Hf_h) $= \frac{v \times n}{(R^2)^2} \; x \; L$

$= \frac{1m/det \times 0,013}{(0.91^2)^2} \; x \; 2m$

= 0,00038m

c. *Headloss* kecepatan(Hf_v) = 1,5 x(0,01989 + 0,0005078)/4R)

= 0,007m

Hf $= f \times \frac{L}{4R} x \frac{v^2}{2g}$

$= 0,007 \times \frac{2m}{4(0,91)} \times \frac{(1m/det)^2}{2 \times 9.81m/det}$

= 0,015m

d. *Headloss* pipa *Inlet*(Hf_{in}) = S x L

= 0,01 x 2m

= 0,002m

Hf total = 0,00038m + 0,015m + 0,002m

= 0,0178m

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Sehingga elevasi akhir muka air limbah pada bak pengendap awal yaitu:

$$Elv_2 = Elv_1 - Hf$$
$$= 0{,}16m - 0{,}0178m$$
$$= +0{,}142m$$

Jadi, elevasi akhir air limbah pada bak pengendap awal adalah **+0,142m**

5. Bak Biofilter Aerob

Aliran air limbah pada bak pengendap awal mengalir secara gravitasi menuju ke bak biofilter aerob. Perhitungan *headloss* pada media sarang tawon didasarkan pada (persamaan 2.7) sebagai berikut:

- Debit air limbah(Q) = 131,85m^3/hari
  = 0,00153 m^3/detik
- Ukuran rongga(d) = 0,1 m
- Faktor bentuk(Ψ) = 1
- Porositas media(e) = 0,98
- Massa jenis(ρ) = 0,0063kg/m^3
- Viskositas kinetika(μ) = 8,7 x10^{-7} kg/m.s (pada suhu 25°C)
- Panjang(b) = 3m
- Tinggi (y) = 2,3m
- Elevasi awal air(H) = 0,14m
- Kecepatan aliran(v) = 1 m/det
- Koef. kekasaran(n) = 0,013
- Tinggi sekat(L) = 2m

Berikut perhitungan kehilangan tekan pada unit bak biofilter aerob:

a. Jari-jari hidrolis(R) $= \frac{b \times y}{b+2y}$

$$= \frac{3m \times 2{,}3m}{3m + 2(2{,}3m)}$$

$$= 0{,}91m$$

b. *Headloss* jatuhan (Hf_h) $= \frac{v \times n}{(R^2)^2}\ x\ L$

$$= \frac{1\ m/det \times 0{,}013}{(0.91^2)^2}\ x\ 2m$$

$$= 0{,}00038m$$

c. *Headloss* kecepatan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Koefisien kekasaran(f) = 1,5 x(0,01989 + 0,0005078)/4R)

= 0,007m

$Hf_v = f \times \frac{L}{4R} x \frac{v^2}{2g}$

$= 0{,}007 \times \frac{2m}{4(0{,}91)} \times \frac{(1m/det)^2}{2 \times 9.81m/det}$

= 0,0155m

d. *Headloss* Belokan

$Hfb = (\frac{v \times n}{(R)^{2/3}})^2 x\ L$

$= (\frac{1\frac{m}{det} \times 0{,}013}{(0{,}91m)^{2/3}})^2 x\ 2m$

= 0,00038m

e. *Headloss Inlet* Hf_{in} = S x L

= 0,01 x 2m

= 0,002m

f. *Headloss* media sarang tawon

Kecepatan filtrasi(v) $= (\frac{Q}{d^2}) / e$

$= (\frac{0{,}00153m3/det}{(0{,}1)^2}) / 0{,}98$

= 0,156m/s

$N_{RE} = \frac{\Psi \times \rho \times d \times v}{\mu}$

$= \frac{1 \times 0{,}9963 \times 0{,}1 \times 0{,}16}{0{,}00000087}$

= 17832

Cd = 0,4 dikarenakan (NRE > 10^4)

Hf srt $= 1{,}067 \times \frac{Cd \times L \times v^2}{\Psi \times d \times e^4\ x\ g}$

$= 1{,}067 \times \frac{0{,}4 \times 2m \times (0{,}156m/s)^2}{1 \times 0{,}1 \times (0{,}98)^4 x\ 9{,}81}$

= 0,019m

g. *Headloss* kecepatan

Lebar media filter = 2m

Koefisien kekasaran(f) = 1,5 x(0,01989 + 0,0005078)/4R)

= 0,007m

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$$Hf = f \times \frac{L}{4R} x \frac{v^2}{2g}$$

$$= 0{,}007 \times \frac{2m}{4(0{,}91)} \times \frac{(0{,}156 m/det)^2}{2 \times 9.81 m/det}$$

$$= 0{,}00037m$$

Hf Total Biofilter Aerob = 0,00038m + 0,0155m + 0,00038m + 0,019m + 0,00037m

= 0,035m

Elevasi akhir muka air pada unit bak biofilter aerob yaitu:

$Elv_2 = Elv_1 - Hf$

= 0,142 – 0,0353m

= +0,107m

Jadi, elevasi akhir muka air pada unit bak biofilter aerob adalah **+0,11m**

6. Bak Adsorpsi Karbon Aktif

Aliran air limbah dari kompartemen bak biofilter aerobik kemudian mengalir secara gravitasi menuju kompartemen bak karbon aktif untuk dilakukan proses adsorpsi. Perhitungan *headloss* pada media karbon aktif didasarkan pada (persamaan 2.10). Berikut perhitungan kehilangan tekan pada unit bak karbon aktif:

- Debit air limbah(Q) = 0,00153m^3/det
- Ukuran media (d) = 4mm = 0,004 m
- Faktor bentuk(Ψ) = 0,73
- Porositas media(e) = 0,32
- Viskositas dinamik(μ) = 0,0000009 kg/m.s (suhu 25°C)
- Panjang(b) = 2,5m
- Tinggi (y) = 2,3m
- Elevasi awal air(H_1) = 0,11m
- Kecepatan aliran(v) = 1 m/det
- Koef. kekasaran(n) = 0,013
- Perc. Gravitasi(g) = 9,81 m/s
- Tinggi media(L1) = 0,60m
- Tinggi sekat(L2) = 2m

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berikut perhitungan kehilangan tekan pada unit bak karbon aktif:

a. Jari-jari *hidrolis*(R) $= \frac{b \times y}{b+2y}$

$= \frac{2{,}5m \times 2{,}3m}{2{,}5m + 2(2{,}3m)}$

= 0,81m

b. *Headloss* jatuhan(Hf_h) $= \frac{v \times n}{(R^2)^2}\ x\ L$

$= \frac{1\ m/det \times 0{,}013}{(0.81^2)^2}\ x\ 2m$

= 0,00045m

c. *Headloss* kecepatan(Hf_f)

Koefisien kekasaran(f) = 1,5 x(0,01989 + 0,0005078)/4R)

= 0,006m

Hf $= f \times \frac{L}{4R}\ x\ \frac{v^2}{2g}$

$= 0{,}007 \times \frac{2m}{4(0{,}81)} \times \frac{(1\ m/det\ )^2}{2 \times 9.81m/det}$

= 0,0123m

d. *Headloss Inlet* (Hf_{in}) = S x L

= 0,01 x 2m

= 0,002m

e. *Headloss* media karbon aktif

Amedia $= \frac{1}{4}\ x\ 3{,}14\ xd^2$

$= \frac{1}{4}\ x\ 3{,}14\ x\ (0{,}004m)^2$

= 0,0324m²

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

$= \frac{0{,}00153m^3/detik}{0{,}0324m^2}$

= 0,047m/detik

$\frac{Hf\ ka}{L1} = \frac{150 \times v \times \mu \times (1-Po^2)}{g \times \Psi \times d^2 \times Po2}$

$= \frac{150 \times 0{,}047m/\ det \times 0{,}0000009 \times (1-(0{,}32^2))}{9{,}81 \times 0{,}73 \times (0{,}004^2) \times (0{,}32^2)}$

Hfka = 0,48770m x 0,55m

= 0,02682 m

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Headloss Total $= Hf_h + Hf_f + Hf_v + Hf_{ka}$

$= 0{,}00045m + 0{,}01230m + 0{,}0 + 0{,}002m$

$= 0{,}0416$ m

Sehingga elevasi akhir muka air limbah pada bak pengendap awal yaitu:

$Elv_2 = Elv_1 - Hf$

$= 0{,}107m - 0{,}0416m$

$= 0{,}07m$

Jadi, elevasi akhir muka air pada unit bak pengendap awal adalah **+0,07m**

7. *Headloss* Kolam Kontrol Akhir

Aliran air limbah dari bak karbon aktif kemudian dialirkan secara gravitasi melalui pipa *outlet* menuju ke kolam bak kontrol akhir. Berikut perhitungan kehilangan tekan pada unit bak kontrol akhir:

- Panjang(b) = 4m
- Tinggi (y) = 2,3m
- Kedalaman air(H) = 0,07m
- Kecepatan aliran(v) = 1 m/det
- Koef. kekasaran(n) = 0,013
- Perc. Gravitasi(g) = 9,81 m/s
- Tinggi sekat(L) = 2m

Berikut perhitungan kehilangan tekan pada unit bak penampung akhir:

a. Jari-jari hidrolis(R) $= \frac{b \times y}{b+2y}$

$= \frac{4m \times 2{,}3m}{4m + 2(2{,}3m)}$

$= 1{,}07m$

b. *Headloss* jatuhan(Hf_h) $= \frac{v \times n}{(R^2)^2} \; x \; L$

$= \frac{1\ m/det \times 0{,}013}{(1{,}07^2)^2} \; x \; 2m$

$= 0{,}000309m$

c. *Headloss* kecepatan(Hf_v)

Koefisien kekasaran(f) $= 1{,}5 \times (0{,}01989 + 0{,}0005078)/4R)$

$= 0{,}008m$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$$Hf = f \times \frac{L}{4R} x \frac{v^2}{2g}$$

$$= 0{,}007 \times \frac{2m}{4(0{,}91)} \times \frac{(1\ m/det)^2}{2 \times 9.81 m/det}$$

$$= 0{,}02147m$$

d. *Headloss pipa Inlet*(Hf_{in}) = S x L

= 0,01 x 2m

= 0,002m

Hf total = 0,000309m + 0,02147m + 0,002m

= 0,0238m

Elevasi awal(Elv_1) = Hair – H total bak

= 2m – 2,30m

= -0,30m

Sehingga elevasi akhir muka air pada kolam kontrol akhir yaitu:

Elv_2 = Elv_1 – Hf

= -0,30 – 0,024m

= -0,32m

Jadi, elevasi akhir muka air pada kolam kontrol akhir adalah **+0,32m**

Berdasarkan perhitungan kehilangan tekan dari masing-masing unit bangunan pengolah tersebut, maka dapat diketahui rekapitulasi *headloss* pada tabel 6.10 sebagai berikut:

Tabel 6.10 Hasil Perhitungan Profil Hidrolis Unit Bangunan Pengolah

No.	Unit Bangunan	Elevasi Awal	Headloss	Elevasi Akhir
1.	*Bar Screen*	-0,40	0,001	-0,401
2.	Bak ekualisasi	-0,45	0,004	-0,454
3.	Pompa Air Limbah	2,46	2,30	+0,16
4.	Bak pengendap awal	+0,16	0,0178	+0,14
5.	Bak biofilter aerobik	+0,14	0,0353	+0,10
6.	Bak karbon aktif	+0,10	0,0416	+0,07
7.	Bak Kontrol akhir	-0,30	0,0238	-0,32

Sumber: Analisis Perhitungan, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

6.2 Biil of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rincian Anggaran biaya (RAB) adalah bagian terpenting dalam sebuah pekerjaan konstruksi. Hal ini dikarenakan pada isi BOQ terdapat deskripsi kegiatan, kebutuhan material/bahan yang akan digunakan dan harga satuan pokok kegiatan (mengacu pada HSP Kota Surabaya 2019). Sedangkan RAB merupakan total harga dari BOQ yang telah ditentukan.

6.2.1 *Bill of Quantity* (BOQ)

Bill of Quantity merupakan tahapan penting dalam konstruksi IPAL yang terdiri dari tiga aspek utama, yaitu deskripsi kegiatan, harga satuan pekerjaan, dan kuantitas (volume + unit) dari rencana konstruksi. Dalam menentukan pekerjaan konstruksi unit IPAL pada perencanaan ini dibagi menjadi 3 tahap, yakni tahap persiapan, tahap pekerjaan utama dan tahap *finishing*. Ketiga tahapan ini sangat berpengaruh terhadap Rincian Anggaran Biaya (RAB). Berikut rincian tahapan pekerjaan unit IPAL dapat dilihat pada tabel 6.12 di bawah ini.

Tabel 6.11 Uraian Tahapan Pekerjaan Konstruksi IPAL

No.	Uraian Kegiatan
	Tahap Persiapan
1.	Pembersihan lapangan "ringan" dan peralatan
2.	Pembongkaran paving yang tidak dipakai kembali
3.	Pengukuran dan pemasangan *bouwplank*
	Tahap Pekerjaan Utama
1.	Penggalian tanah biasa untuk konstruksi
2.	Pengangkutan tanah dari lubang galian dalamnya lebih dari 1 m
3.	Pekerjaan pengurugan pasir dan pemadatan
4.	Pekerjaan bekisting lantai dan dinding
5.	Pekerjaan beton bertulang dengan besi beton (polos /ulir)
6.	Pekerjaan Beton dengan spesifikasi K275
7.	Pemasangan pipa air kotor diameter 4'
8.	Pelapisan *waterprofing*
	Tahap *Finishing*
1.	Pengurugan tanah dengan pemadatan
2.	Pembersihan lapangan dan perataan tanah

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Berdasarkan tahapan pekerjaan konstruksi tersebut, untuk menentukan nilai BOQ setiap tahapnya maka harus dilakukan perhitungan sebagai berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1. BOQ Pembersihan Lahan

Pekerjaan pembersihan lahan merupakan tahap awal pembangunan IPAL dengan membersihkan tempat lokasi perencanaan sesuai dengan luas lahan IPAL yang direncanakan. Perhitungan luas lahan dihitung dengan rumus (panjang total x lebar total) sebagai berikut:

a. Bak ekualisasi = 4,9m x 2,4m
   = 11,76m^2
b. Bak pengendap awal = 3,3m x 2,4m
   = 7,92m^2
c. Bak biofilter aerob = 3,2m x 2,4m
   = 7,68m^2
d. Bak karbon aktif(GAC) = 2,7m x 2,4m
   = 6,48m^2
e. Bak penampung olahan = panjang x lebar
   = 4,4m x 2,4m
   = 10,56m^2
f. Pipa air limbah = (0,5 m x 1 m) x 2
   = 1m^2

Sehingga, volume total pembersihan lahan perencanaan ini sebesar 4**5,4m^2.**

Tabel 6.12 Hasil Perhitungan Luas Total Pembersihan Lahan

No.	Unit Bangunan	Hasil	Satuan
1	Bak ekualisasi	11,76	m²
2	Bak pengendap awal	7,92	m²
3	Biofilter aerob	7,68	m²
4	Bak adsorpsi karbon aktif	6,48	m²
5	Bak penampung	10,56	m²
6	Pekerjaan pipa	1	m²
Total		45,4	m²

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi

Pada pekerjaan ini, dimensi ukuran penggalian tanah disesuaikan dengan volume unit bangunan pengolah ditambah dimensi ukuran tambahan berikut:

- Tebal pasir = 0,05m
- Tebal lantai kerja = 0,05m
- *Freeboard* (Fb) = 0,3m
- Tebal plat bawah = 0,2m
- Tebal penutup = 0,15m
- Tebal dinding = 0,2m

Pekerjaan BOQ penggalian tanah biasa untuk konstruksi dihitung dengan rumus: (Panjang total x Lebar total x (kedalaman gali + tebal pasir + *Freeboard* + tebal lantai kerja + tebal tutup + tebal plat bawah), sebagai berikut:

a. Bak ekualisasi = 4,9m x 2,4m x 2,75m
   = 32,34 m^3
b. Bak pengendap awal = 3,3m x 2,4 x 2,45m
   = 19,404 m^3
c. Bak biofilter aerob = 3,2m x 2,4m x 2,45m
   = 18,816 m^3
d. Bak karbon aktif(GAC) = 2,7m x 2,4m x 2,45m
   = 15,876 m^3
e. Bak Kontrol Akhir = 4,4m x 2,4m x 2,60m
   = 27,456 m^3

Sehingga, volume total galian tanah perencanaan IPAL sebesar **113,892 m^3.**

Tabel 6.13 Hasil Perhitungan Volume Penggalian Tanah Untuk Konstruksi

No.	Unit Bangunan	Hasil	Satuan
1	Bak ekualisasi	32,34	m^3
2	Bak Pengendap awal	19,404	m^3
3	Bak Biofilter Aerob	18,816	m^3
4	Bak adsorpsi karbon aktif	15,876	m^3
5	Bak Penampung Akhir	29,04	m^3
Total		113,892	m^3

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3. Pekerjaan Pengurugan Pasir dengan Pemadatan

Pekerjaan pengurugan pasir dilakukan setelah tahap penggalian tanah yang berguna untuk memadatkan lantai kerja dasar IPAL. Perhitungan BOQ dalam pekerjaan ini menggunakan rumus: panjang total x lebar total x tebal pasir sebagai berikut:

a. Bak ekualisasi = 4,9m x 2,4m x 0,05m
= 0,588 m^3
b. Bak pengendap awal = 3,3m x 2,4m x 0,05m
= 0,396 m^3
c. Bak biofilter aerob = 3,2m x 2,4m x 0,05m
= 0,384 m^3
d. Bak karbon aktif(GAC) = 2,7m x 2,4m x 0,05m
= 0,324m^3
e. Bak penampung olahan = 4,4m x 2,4m x 0,05m
= 0,528 m^3
f. Pipa air limbah = 2m x 0,009m x 0,005m
= 0,06 m^3

Sehingga, volume total pengurugan pasir dan pemadatan tanah dalam perencanaan konstruksi IPAL ini adalah sebesar **2,28 m^3.**

Tabel 6.14 Hasil Perhitungan Volume Pengurugan Pasir dan Pemadatan

No.	Unit Bangunan	Hasil	Satuan
1	Bak ekualisasi	0,588	m^3
2	Bak Pengendap awal	0,396	m^3
3	Bak Biofilter Aerob	0,384	m^3
4	Bak adsorpsi karbon aktif	0,324	m^3
5	Bak Penampung Akhir	0,528	m^3
6	Pipa air limbah	0,006	m^3
Total		2,28	m^3

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4. Pekerjaan Bekisting Lantai dan Dinding

Pekerjaan bekisting merupakan tahap persiapan konstruksi IPAL sebelum masuk ke tahap pekerjaan pengecoran beton. Pekerjaan bekisting dilakukan pada dua jenis pekerjaan, yaitu bekisting pada lantai dan bekisting dinding. Bekisting lantai dilakukan untuk pengecoran dasar lantai IPAL, sedangkan bekisting dinding dilakukan untuk persiapan konstruksi beton dinding. Berikut perhitungan pekerjaan bekisting pada lantai dan dinding IPAL.

- Pekerjaan bekisting lantai dihitung dengan rumus: Luasan lantai atau Panjang total x Lebar total, sebagai berikut:
  a. Bak ekualisasi = 4,9m x 2,4m
     = 11,76 m^3
  b. Bak pengendap awal = 3,3m x 2,4m
     = 7,92 m^3
  c. Bak biofilter aerob = 3,2m x 2,4m
     = 7,68 m^3
  d. Bak karbon aktif(GAC) = 2,7m x 2,4m
     = 6,48 m^3
  e. Bak penampung olahan = 4,4m x 2,4m
     = 10,56 m^3

Sehingga, volume total bekisting lantai dalam perencanaan konstruksi IPAL ini adalah sebesar **44,4 m^3.**

Tabel 6.15 Hasil Perhitungan Pekerjaan Bekisting Lantai

No.	Unit Bangunan	Hasil	Satuan
1	Bak ekualisasi	11,76	m²
2	Bak Pengendap awal	7,92	m²
3	Bak Biofilter Aerob	7,68	m²
4	Bak adsorpsi karbon aktif	6,48	m²
5	Bak Penampung Akhir	10,56	m²
Total		44,4	m²

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

- Pekerjaan bekisting dinding dihitung dengan rumus: (Panjang total x Lebar total x (kedalaman + *freeboard* + tebal tutup bangunan), sebagai berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

a. Bak ekualisasi = (2x4,9m) + (2x2,4m) x (2,45)
= 21,56 m^3

b. Bak pengendap awal = (2x3,3m) + (2x2,4m) x (2,45)
= 18,36 m^3

c. Bak biofilter aerob = (2x3,2m) + (2x2,4m) x (2,45)
= 18,16 m^3

d. Bak karbon aktif(GAC) = (2x2,7m) + (2x2,4m) x (2,45)
= 17,16 m^3

e. Bak penampung olahan = (2x4,4m) + (2x2,4m) x (2,45)
= 20,56 m^3

f. *Baffle* dinding:

- Panjang *Baffle* = 2m
- Lebar *Baffle* = 0,1m
- Tinggi *Baffle* = 1,8m
- Jumlah *Baffle* = 4 buah

Bekisting Baffe = 2 x (2+0,2) x 1,8 x 4
= 30,24 m^3

Total *bekisting* dinding = 126,04m^3

Sehingga, volume total *bekisting* dinding dalam perencanaan konstruksi IPAL ini adalah sebesar **126,04 m^3.**

Tabel 6.16 Hasil Perhitungan Pekerjaan *Bekisting* Lantai

No.	Unit Bangunan	Hasil	Satuan
1	Bak ekualisasi	21,56	m^3
2	Bak Pengendap awal	18,36	m^3
3	Bak Biofilter Aerob	18,16	m^3
4	Bak adsorpsi karbon aktif	17,16	m^3
5	Bak Kontrol Akhir	20,56	m^3
6	Baffle dinding	30,24	m^3
Total		126,04	m^3

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

5. Pekerjaan konstruksi beton K125

Pekerjaan beton dalam konstruksi lantai kerja IPAL menggunakan spesifikasi beton K125, dimana spesifikasi beton ini tidak sekeras beton K275 yang digunakan sebagai beton dinding IPAL. Pekerjaan beton lantai kerja konstruksi IPAL dihitung dengan rumus: Beton lantai bangunan = Panjang total x Lebar total x Tebal lantai kerja.

a. Bak ekualisasi = 4,9m x 2,4m x 0,05m
= 0,588 m^3
b. Bak pengendap awal = 3,3m x 2,4m x 0,05m
= 0,396 m^3
c. Bak biofilter aerob = 3,2m x 2,4m x 0,05m
= 0,384m^3
d. Bak karbon aktif(GAC) = 2,7m x 2,4m x 0,05m
= 0,324 m^3
e. Bak kontrol akhir = 4,4m x 2,4m x 0,05m
= 0,528 m^3

Sehingga, volume total beton lantai dalam perencanaan konstruksi IPAL ini adalah sebesar **2,22m^3.**

Tabel 6.17 Hasil Perhitungan Volume Pekerjaan Beton Lantai Kerja

No.	Unit Bangunan	Hasil	Satuan
1	Bak ekualisasi	0,588	m^3
2	Bak Pengendap awal	0,396	m^3
3	Bak Biofilter Aerob	0,384	m^3
4	Bak adsorpsi karbon aktif	0,324	m^3
5	Bak Kontrol Akhir	0,528	m^3
Total		2,22	m^3

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

6. Pekerjaan konstruksi beton K275

Pekerjaan beton dalam konstruksi IPAL terbagi menjadi tiga tahap dengan spesifikasi beton digunakan adalah beton K275. Berikut perhitungan volume beton untuk masing-masing jenis pekerjaan:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

- Pekerjaan lantai beton konstruksi IPAL dihitung dengan rumus: Beton lantai bangunan = Panjang total x Lebar total x Tebal plat bawah.

  f. Bak ekualisasi = 4,9m x 2,4m x 0,20m
     = 2,35 m^3

  g. Bak pengendap awal = 3,3m x 2,4m x 0,20m
     = 1,58 m^3

  h. Bak biofilter aerob = 3,2m x 2,4m x 0,20m
     = 1,54m^3

  i. Bak karbon aktif(GAC) = 2,7m x 2,4m x 0,20m
     = 1,29 m^3

  j. Bak kontrol akhir = 4,4m x 2,4m x 0,20m
     = 2,11 m^3

Sehingga, volume total beton lantai dalam perencanaan adalah sebesar **8,88 m^3.**

Tabel 6.18 Hasil Perhitungan Volume Pekerjaan Beton Lantai

No.	Unit Bangunan	Hasil	Satuan
1	Bak ekualisasi	2,94	m^3
2	Bak Pengendap awal	1,98	m^3
3	Bak Biofilter Aerob	1,92	m^3
4	Bak adsorpsi karbon aktif	1,62	m^3
6	Bak Penampung Akhir	2,64	m^3
Total		13,08	m^3

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

- Pekerjaan beton dinding bangunan yang direncanakan dalam konstruksi IPAL menggunakan beton dengan spesifikasi K275. Rumus perhitungan untuk menentukan volume total beton pada dinding bangunan: (Panjang total + Lebar total) x tebal dinding x (kedalaman + *freeboard* + tebal tutup).

  a. Bak ekualisasi = (4,9m + 2,4m) x 0,2m x 2,45m
     = 3,58 m^3

  b. Bak pengendap awal = (3,3m + 2,4m) x 0,2m x 2,45m
     = 2,79 m^3

  c. Bak biofilter aerob = (3,2m + 2,4m) x 0,2m x 2,45m
     = 2,74 m^3

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

d. Bak karbon aktif(GAC) = (2,7m + 2,4m) x 0,2m x 2,45m
= 2,50 m^3

e. Bak kontrol akhir = 4,4m x 2,4m x 0,2m x 2,30m
= 3,33 m^3

f. Beton *Baffle* sekat = 4 x 2m x 0,1m x 1,8m
= 1,44 m^3

Sehingga, volume total beton dinding dalam perencanaan konstruksi IPAL ini adalah sebesar **16,39 m^3.**

Tabel 6.19 Hasil Perhitungan Pekerjaan Beton Dinding

No.	Unit Bangunan	Hasil	Satuan
1	Bak ekualisasi	3,58	m²
2	Bak Pengendap awal	2,79	m²
3	Bak Biofilter Aerob	2,74	m²
4	Bak adsorpsi karbon aktif	2,50	m²
5	Bak Penampung Akhir	3,33	m²
Total		16,39	m³

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

- Pekerjaan beton penutup bangunan yang direncanakan dalam konstruksi IPAL memiliki ketebalan 0,15m. Rumus perhitungan untuk menentukan volume total beton untuk tutup bangunan dihitung dengan rumus: Beton dinding = Panjang x Lebar x tebal tutup

a. Bak ekualisasi = 4,9m x 2,4m x 0,15m
= 1,764 m^3

b. Bak pengendap awal = 3,3m x 2,4m x 0,15m
= 1,188 m^3

c. Bak biofilter aerob = 3,2m x 2,4m x 0,15m
= 1,152m^3

d. Bak karbon aktif(GAC) = 2,7m x 2,4m x 0,15m
= 0,972 m^3

Sehingga, volume total beton pada tutup bangunan dalam perencanaan konstruksi IPAL ini adalah sebesar **5,08 m^3.**

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 6.20 Hasil Perhitungan Pekerjaan Beton Tutup Bangunan

No.	Unit Bangunan	Hasil	Satuan
1	Bak ekualisasi	1,764	m²
2	Bak Pengendap awal	1,188	m²
3	Bak Biofilter Aerob	1,152	m²
4	Bak adsorpsi karbon aktif	0,972	m²
Total		5,08	m²

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

Sehingga, volume total pekerjaan beton K275 yang direncanakan dalam konstruksi IPAL V.beton = V.btn lantai + V.btn dinding + V.btn tutup

$=8{,}88m^3 + 16{,}39m^3 + 5{,}08m^3$

$= \mathbf{30{,}34m^3}$

7. Pekerjaan *Waterproffing*

Pekerjaan waterproofing merupakan pelapisan dinding agar tidak mudah bocor atau merembes. BOQ pekerjaan waterproofing dihitung dengan rumus: (Panjang total x Lebar total x Kedalaman bak) + fb sebagai berikut:

a. Bak ekualisasi = 4,5m x 2m x (2m + 0,3m)
   = 20,7 m^3
b. Bak pengendap awal = 3m x 2m x (2m + 0,3m)
   = 13,8 m^3
c. Bak biofilter aerob = 3m x 2m x (2m + 0,3m)
   = 13,8 m^3
d. Bak karbon aktif(GAC) = 2,5m x 2m x (2m + 0,3m)
   = 11,5m^3
e. Bak penampung olahan = 4m x 2m x (2m + 0,3m)
   = 18,4 m^3

Sehingga, volume total *waterproofing* pada dinding bangunan dalam perencanaan konstruksi IPAL ini adalah sebesar **78,2 m^3**

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 6.21 Hasil Perhitungan Volume Pekerjaan *Waterproofing*

No.	Unit Bangunan	Hasil	Satuan
1	Bak ekualisasi	20,7	m^3
2	Bak Pengendap awal	13,8	m^3
3	Bak Biofilter Aerob	13,8	m^3
4	Bak karbon aktif	11,5	m^3
5	Bak Penampung Akhir	18,4	m^3
Total		78,2	m^3

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

8. Pekerjaan Pembesian dengan Besi Beton (Polos)

Volume pekerjaan pembesian mengacu pada perhitungan volume pekerjaan beton bangunan (lantai, dinding, tutup bangunan). Berdasarkan hasil perhitungana didapat volume sebesar 41,55 m^3. Jika besi yang digunakan memiliki berat 150kg/m^3 beton, maka:

Pembesian = volume beton x berat jenis besi

= 30,34m^3 x 150kg/m^3

= 4551,15 kg

Sehingga, berat besi yang dibutuhkan dalam perencanaan konstruksi IPAL ini adalah **4551,15 kg.**

9. Pekerjaan Pompa dan Pipa

Pekerjaan pompa dihitung berdasarkan jumlah pompa yang digunakan. Pada perencanaan ini jumlah pompa air limbah yang digunakan sebanyak 3 buah, dimana 1 unit pompa air limbah yang terdapat pada bak ekualisasi dan 2 unit blower untuk aerasi. Sedangkan jumlah pipa direncanakan sebanyak 2 batang.

6.2.2 Uraian Harga Satuan Pokok Kegiatan

Berdasarkan tahapan pekerjaan di atas, maka tahapan selanjutnya adalah menentukan bahan/material yang dibutuhkan dan upah pekerja dalam pembangunan unit IPAL. Berikut uraian bahan/material dengan harga di pasaran per satuannya sesuai dengan HSPK Kota Surabaya tahun 2019 pada tabel 6.22 berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 6.22 Uraian Harga Bahan / Material dan Upah Pekerja

No.	Uraian	Satuan	Analisis Harga
1.	Mandor	8 jam/hari	Rp171.000,00
2.	Tukang	8 jam/hari	Rp156.000,00
3.	Pembantu tukang	8 jam/hari	Rp145.000,00
4.	Paku biasa 2-5 *inchi*	Doz	Rp29.100,00
5.	Kayu meranti papan 2/20, 4/10	m^3	Rp4.188.000,00
6.	Kayu meranti usuk 4/6, 5/7	m^3	Rp4.188.000,00
7.	Paku triplek/eternit	kg	Rp20.833,00
8.	*Plywood* ukuran 122x244x9 mm	lembar	Rp105.000,00
9.	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	m^3	Rp4.711.500,00
10.	Kayu meranti *bekisting*	m^3	Rp3.350.400,00
11.	Minyak *bekisting*	liter	Rp30.100,00
12.	Semen PC 40kg	Zak	Rp58.500,00
13.	Pasir cor/beton	m^3	Rp272.500,00
14.	Batu pecah mesin 1/2cm	m^3	Rp278.000,00
15.	Besi beton polos	kg	Rp13.500,00
16.	Kawat ikat beton	kg	Rp26.900,00
17.	Pipa plastik PVC tipe C uk.4 *inchi*	4m	Rp91.933,00
18.	Pipa plastik PVC tipe C uk.4 *inchi* (pj. 4m)	batang	Rp91.933,00
19.	Serat Fiber	lembar	Rp12.600,00
20.	*Waterprofing*	kg	Rp49.300,00
21.	Tanah Urug	m3	Rp140.667,00
22	Biaya air	liter	Rp6,00
23	paku usuk	kg	Rp14.800,00
24	Media Karbon Aktif		Rp7.500,00
25	Media sarang tawon 30cm x 30cm x 30cm	m3	Rp65.500,00
26	Pompa Air Limbah	unit	Rp8.359.000,00

Sumber: HSPK Kota Surabaya, 2019

6.2.3 Nilai HSPK Konstruksi IPAL

Berdasarkan tahapan pekerjaan dan bahan/material yang ditentukan maka tahap selanjutnya adalah menentukan nilai HSPK per satuan pekerjanya. Berikut contoh perhitungan dalam menentukan nilai HSPK pada pekerjaan pembersihan lahan dan pembongkaran paving yang tidak terpakai kembali.

- Dalam tahap pembersihan lahan dibutuhkan:
  - mandor atau kepala tukang
  - pembantu tukang
- Diketahui analisis harga:
  - Mandor/kepala tukang = Rp.171.000,00
  - Pembantu tukang =Rp. 145.000,00

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

- Diketahui koefisien pekerja:
  - Koef. Mandor = 0,05
  - Koef. Pembantu tukang = 0,10
- Maka, nilai HSPK perencanaan:

  = (Koef. Mandor x harga analisis) + (koef. Pembantu tukang x harga satuan)

  = (0,05 x Rp.171.000,00) + (0,10 x Rp.145.000,00)

  = Rp.8.620 + Rp.14.640

  = Rp.23.259,40

Jadi nilai HSPK pada tahap pekerjaan pembersihan lahan adalah sebesar **Rp.23.259,40.** Untuk nilai HSPK pada tahap pekerjaan lain sesuai dengan HSPK Kota Surabaya tahun 2019 dapat dilihat pada tabel 6.23 sebagai berikut:

Tabel 6.23 Nilai HSPK Konstruksi Perencanaan IPAL

A. Pekerjaan Persiapan					
No	**Uraian Kegiatan**	**Koef.**	**Satuan**	**Harga satuan**	**Harga**
1	**Pembersihan Lahan dan Pembongkaran paving yang tidak terpakai (m²)**				
	Mandor	0,05	O.H	Rp171.000,00	Rp8.620
	Pembantu Tukang	0,101	O.H	Rp145.000,00	Rp14.640
	Nilai HSPK			**Rp23.259,40**	
2	**Pengukuran dan pemasangan *Bouwplank* (UITZET) (m²)**				
	Mandor	0,05	O.H	Rp171.000,00	Rp8.620
	Pembantu Tukang	0,10	O.H	Rp145.000,00	Rp14.640
	Tukang	0,10	O.H	Rp156.000,00	Rp15.740
	Kayu meranti Papan (2/20)	0,01	m³	Rp4.188.000,00	Rp50.256
	Kayu meranti usuk (5/7)	0,012	m³	Rp4.188.000,00	Rp50.256
	paku biasa 2"-5"	0,05	doz	Rp29.100,00	Rp1.455
	Nilai HSPK			**Rp140.966**	
B. Pekerjaan Utama					
1	**Penggalian Tanah Biasa Untuk Konstruksi**				
	Mandor	0,03	O.H	Rp171.000,00	Rp4.310
	Pembantu Tukang	0,757	O.H	Rp145.000,00	Rp109.797
	Nilai HSPK			**Rp114.107**	
2	**Pengangkutan Tanah Dari Lubang Galian Dalamnya >1m**				
	Mandor	0,01	O.H	Rp171.000,00	Rp1.293
	Pembantu Tukang	0,151	O.H	Rp145.000,00	Rp21.959
	Nilai HSPK			**Rp23.252**	
3	**Pengurugan Pasir Padat**				
	Mandor	0,01	O.H	Rp171.000,00	Rp1.724
	Pembantu Tukang	0,303	O.H	Rp145.000,00	Rp43.919
	Nilai HSPK			**Rp45.643**	

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4	**Pekerjaan Bekisting Lantai**				
	Mandor	0,03	O.H	Rp171.000,00	Rp5.689
	Pembantu Tukang	0,67	O.H	Rp145.000,00	Rp96.621
	Tukang	0,33	O.H	Rp156.000,00	Rp51.941
	Kayu meranti *Bekisting*	0,04	m³	Rp3.350.400,00	Rp134.016
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,015	m³	Rp4.711.500,00	Rp70.673
	paku usuk	0,40	kg	Rp14.800,00	Rp5.920
	minyak bekisting	0,20	liter	Rp30.100,00	6020
	Plywood Uk.122 x 244 x 9mm	0,35	lembar	Rp105.000,00	36750
	Nilai HSPK			**Rp407.630**	
5	**Pekerjaan Bekisting Dinding**				
	Mandor	0,03	O.H	Rp171.000,00	Rp5.689
	Pembantu Tukang	0,67	O.H	Rp145.000,00	Rp96.621
	Tukang	0,33	O.H	Rp156.000,00	Rp51.941
	Kayu meranti Bekisting	0,03	m³	Rp3.350.400,00	Rp100.512
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,02	m³	Rp4.711.500,00	Rp94.230
	paku usuk	0,40	kg	Rp14.800,00	Rp5.920
	minyak *bekisting*	0,20	liter	Rp30.100,00	6020
	Plywood Uk.122 x 244 x 9mm	0,35	lembar	Rp105.000,00	36750
	Nilai HSPK			**Rp397.683**	
6	**Pekerjaan Pembesian Dengan Besi Beton (Polos/Ulir)**				
	Mandor	0,001	O.H	Rp171.000,00	Rp121
	Pembantu Tukang	0,007	O.H	Rp145.000,00	Rp1.025
	Tukang	0,01	O.H	Rp156.000,00	Rp1.102
	Besi Beton Polos	1,05	kg	Rp13.500,00	Rp14.175
	Kawat Beton	0,02	kg	Rp26.900,00	Rp403,50
	Nilai HSPK			**Rp16.826**	
7	**Pekerjaan Beton K275**				
	Mandor	0,03	O.H	Rp171.000,00	Rp4.827
	Pembantu Tukang	1,666	O.H	Rp145.000,00	Rp241.553
	Tukang	0,28	O.H	Rp156.000,00	Rp43.284
	Semen PC 40kg	10,15	Zak	Rp58.500,00	Rp593.775
	Pasir cor	0,43	m³	Rp272.500,00	Rp116.494
	batu pecah mesin 1/2 cm	0,54	m³	Rp278.000,00	Rp150.120
	Biaya Air	215,00	Liter	Rp6,00	Rp1.290
	Nilai HSPK			**Rp1.151.343**	
8	**Pekerjaan Beton K125**				
	Mandor	0,03	O.H	Rp171.000,00	Rp4.827
	Pembantu Tukang	1,666	O.H	Rp145.000,00	Rp241.553
	Tukang	0,28	O.H	Rp156.000,00	Rp43.284
	Semen PC 40kg	6,90	Zak	Rp58.500,00	Rp403,650
	Pasir cor	0,52	m³	Rp272.500,00	Rp141,019
	batu pecah mesin 1/2 cm	0,53	m³	Rp278.000,00	Rp148,072
	Biaya Air	215,00	Liter	Rp6,00	Rp1.290
	Nilai HSPK			**Rp983.695**	

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

9	**Pemasangan pipa air kotor diameter 4'**				
	Mandor	0,004	O.H	Rp171.000,00	Rp706,8
	Mandor	0,01	O.H	Rp171.000,00	Rp2.327
	Tukang	0,14	O.H	Rp156.000,00	Rp21.248
	Pembantu Tukang	0,08	O.H	Rp145.000,00	Rp11.858
	Pipa plastik PVC Tipe C uk. 4' Pj 4m	0,30	Batang	Rp91.933,00	Rp27.580
	Pipa plastik PVC Tipe C uk. 4' Pj 4m	0,11	batang	Rp91.933,00	Rp9.653
	Nilai HSPK			**Rp73.374**	
10	**Pelapisan *Waterprofing***				
	Mandor	0,008	O.H	Rp171.000,00	Rp1.292,8
	Tukang	0,08	O.H	Rp156.000,00	Rp11.805
	Pembantu Tukang	0,05	O.H	Rp145.000,00	Rp7.320
	waterprof	0,35	kg	Rp49.300,00	Rp17.255
	Serat fiber	1,00	lembar	Rp12.600,00	Rp12.600
	Nilai HSPK			**Rp50.272**	
C. Finishing					
1	**Pembersihan Lapangan ringan dan perataan**				
	Mandor	0,05	O.H	Rp171.000,00	Rp8.620
	Pembantu Tukang	0,101	O.H	Rp145.000,00	Rp14.640
	Nilai HPK			**Rp23.259**	

Sumber: HSPK Kota Surabaya, 2019

6.2.4 Rencana Anggaran Biaya

Berdasarkan pada perhitungan *Bill of Quantity* dan analisis harga berdasarkan HSPK Kota Surabaya tahun 2019 pada tabel di atas, maka dapat dilakukan perhitungan rencana anggaran biaya untuk rencana pembangunan unit IPAL dihitung dengan mengalikan kuantitas dengan satuan harga pada HSPK. Contoh perhitungan rencana anggaran biaya pada pekerjaan pembersihan lahan dan pembongkaran paving sebagai berikut:

- Nilai HSPK pembersihan lahan dan pembongkaran paving = Rp23.259,40
- Luas lahan yang dibersihkan adalah 45,4m^2
- Maka, perhitungan RAB pada pembersihan lahan adalah:

  = Kuantitas (luas lahan) x nilai HSPK

  = 45,4m^2 x Rp23.259,40

  = **Rp1.055.976,79**

Hasil perhitungan rencana anggaran biaya pada tahap pembangunan unit bangunan pengolah lainnya dapat dilihat pada Tabel 6.24 sebagai berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 6.24 Rencana Anggaran Biaya Unit Bangunan Pengolah

No	Uraian Kegiatan	Satuan	Jumlah	Harga	Harga Total
1	Pembersihan lahan dan pembongkaran paving	m2	45,4	Rp23.259,40	Rp1.055.976
2	Pengukuran dan pemasangan *bowplank*	m2	45,4	Rp140.966	Rp6.399.856
3	Penggalian Tanah biasa untuk konstruksi	m3	114	Rp114.107	Rp12.995.886
4	Pengangkutan tanah dari lubang yang dalamnya >1m	m3	114	Rp23.252	Rp2.648.259
5	Pengurugan pasir padat	m3	2,28	Rp45.643	Rp104,065,50
6	pekerjaan *bekisting* lantai	m2	44,4	Rp407.630	Rp18.098.755
7	pekerjaan *bekisting* dinding	m2	126	Rp397.683	Rp50,123.979
8	Pekerjaan pembesian dengan Besi beton (Polos/Ulir)	kg	4551	Rp16.826	Rp76.576.345
9	Pekerjaan Beton K275 Total	m3	30,34	Rp1.151.343	Rp34.932.902
10	pemasangan pipa air kotor diameter4'	m3	2	Rp73.374	Rp146.747
11	Pelapisan *waterprofing*	m2	78,2	Rp50.272	Rp3.931.261
12	pembersihan lapangan ringan dan peralatan	m2	45,4	Rp23.259	Rp1.055.977
13	pengadaan pompa	buah	3	Rp8.359.000,	Rp25,077.000
14	pengadaan media karbon aktif	kg	961,4	Rp7.500,00	Rp7.210.364
15	pengadaan media sarang tawon 30x30x30 cm	m3	9,08	Rp65.500,00	Rp594.844,70
16	Pekerjaan Beton K125 lantai kerja	m3	2,22	Rp983.695	Rp2.183.802
Total Harga Perencanaan					**Rp243.136.020,**

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

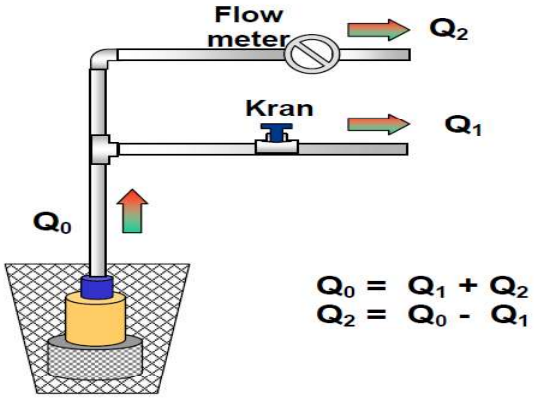
6.3 Petunjuk Operasional dan Perawatan IPAL

6.3.1 Pengoperasian Unit IPAL

Salah satu hal terpenting dalam pengolahan air limbah domestik adalah cara pengoperasian untuk mengolah air limbah. Karena efektifitas pengolahan juga bergantung pada proses operasi yang baik dan benar. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pengoperasian unit IPAL, diantaranya:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1. Seluruh peralatan mekanik dan elektrik harus dipastikan dalam keadaan siap dan dapat berjalan dengan baik.
2. Pengoperasian unit IPAL pertama kali *(Start Up)* dilakukan, maka bak IPAL reaktor aerob harus sudah terisi air limbah sepenuhnya.
3. Debit air limbah diatur sesuai dengan kapasitas IPAL dengan cara mengatur posisi bukaan *valve by pass* untuk mengalirkan debit air limbah. Sesuai dengan diagram pompa air limbah di bawah ini:



Gambar 6.1 Diagram Pompa Air Limbah dengan *Valve By Pass*
Sumber: Said, 2008

4. Air limbah yang berasal dari kegiatan domestik kantor dialirkan menuju bak ekualisasi. Di dalam bak ekualisasi pompa akan bekerja secara otomatis, yakni jika permukaan air limbah lebih tinggi melampaui batas level maksimum maka pompa akan menyala dan mengalirkan air limbah menuju bak pengendap awal dalam sistem IPAL. Ketika permukaan air limbah di dalam bak ekualisasi mencapai level minimum maka pompa secara otomatis akan mati dengan sendirinya.
5. Kenaikan level air limbah di dalam bak pengendap awal yang dialirkan melalui pompa akan mengalir secara gravitas menuju ke bak aerob ketika muka air limbah melebihi batas penyekat bak aerob. Di dalam bak pengendap awal akan terjadi proses pengendapan partikel diskrit yang terbawa oleh aliran pompa. Waktu detensi air limbah di dalam bak pengendap awal berkisar antara 2-4 jam dengan beban permukaan 20-50 $m^3/m^2 \cdot$hari.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

6. Pengurasan pada bak ekualisasi dilakukan minimal 1 tahun sekali atau bila jumlah lumpur sudah mulai terisi 1/3 dari volume bak ekualisasi.
7. Air limbah yang melimpas menuju bak kontaktor aerob akan dilakukan proses aerasi dengan menggunakan pompa blower. Proses pembiakan mikroba akan terjadi secara alami atau natural karena di dalam air limbah domestik sudah mengandung mikroorganisme yang melekat pada media filter.
8. Pengoperasian pada bak biofilter dimulai dari awal operasi (*start up*) sampai mencapai operasi yang stabil memerlukan waktu adaptasi *(seeding)* 4-8 minggu. Waktu adaptasi diperlukan untuk membiakkan mikroorganisme pengurai agar dapat tumbuh dan melekat pada permukaan media penyangga sarang tawon.
9. Pertumbuhan mikroba secara fisik dapat dilihat dari adanya lapisan lendir tang melekat pada permukaan media penyangga yang disebut *biofilm*.
10. Air limpasan dari bak aerob kemudian dialirkan menuju ke bak pengendap akhir. Di dalam bak ini akan dilakukan proses sirkulasi air pengotor dari bak pengendap akhir menuju ke bak pengendap awal.
11. Setelah proses operasional IPAL berjalan selama ±2 bulan maka perlu dilakukan pemeriksaan kualitas air limbah untuk mengetahui efisiensi pengolahan.
12. Pemeriksaan kualitas air untuk mengetahui efektifitas pengolahan minimal dilakukan 2 kali dalam satu tahun.
13. Unit IPAL juga dilengkapi dengan 2 buah pompa air limbah, yaitu 1 buah pompa operasi dan 1 buah pompa cadangan yang dioperasikan secara bergantian.
14. Air olahan yang sudah melewati proses pengolahan pada unit IPAL ditampung pada bak penampung untuk dimanfaatkan kembali sesuai peruntukannya, sedangkan kelebihan dari air olahan tetap dialirkan menuju ke badan air.
15. Unit IPAL yang terpasang belum dilengkapi dengan bak pengering lumpur, maka pengurasan lumpur dilakukan oleh menggunakan mobil tangki air kotor (lumpur) dan dibuang ke tempat pengolahan air kotor atau IPLT.

***Catatan:**

Pengisian air limbah ke dalam reaktor dilakukan secara bertahap ke setiap ruang di dalam reaktor agar beban pada dinding reaktor merata, sehingga menyebabkan tekanan merata di bagian dinding reaktor. Pengisian dilakukan sampai semua ruangan di dalam reaktor terisi air limbah sampai penuh dan keluar ke bak kontrol *outlet*. Selanjutnya debit pompa air limbah yang masuk ke dalam reaktor dan pompa sirkulasi diatur sesuai dengan kapasitas perencanaan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

6.3.2 Pengoperasian Pompa

Unit IPAL ini dilengkapi dengan empat buah pompa utama tipe HIBLOW 200 yang dioperasikan secara bersamaan dan terus menerus (kontinyu).

1. Penginjeksian udara atau proses aerasi pada unit IPAL dilengkapi dengan dua buah blower yang dioperasikan secara bergantian. Hal ini dimaksudkan agar ada waktu istirahat blower udara sehingga *life time* dapat bertahan lebih lama.
2. Pompa air limbah dilengkapi juga dua buah *(satu pompa untuk operasional dan satu lagi untuk back up)*.
3. Pompa air limbah dilengkapi juga dengan radar atau pelampung yang berfungsi untuk mendeteksi tinggi muka air secara otomatis. Jika permukaan air limbah di dalam bak ekualisasi cukup tinggi maka pompa akan berhenti dengan sendirinya. Namun jika permukaan air limbah di dalam bak ekualisasi turun sampai level minimum maka pompa akan beroperasi secara kontinyu.
4. Pompa sirkulasi air limbah juga dilengkapi sebanyak 2 buah sama seperti pompa air limbah.
5. Untuk pengoperasian pompa secara teknis dapat dilihat dari panduan petunjuk buku operasional dari pabriknya yang terdapat di dalam kemasan.

6.3.3 Penghentian Operasional IPAL

Dalam pengoperasian unit IPAL kadangkala terdapat berbagai kendala dan hambatan yang mengharuskan adanya penghentian proses pengolahan air limbah di dalam IPAL. Sebelum menghentikan pengoperasian unit IPAL terdapat beberapa tindakan yang perlu untuk dilakukan sebagai berikut:

1. Apabila pompa air limbah di dalam tangki biofilter dihentikan, maka blower udara dan pompa sirkulasi di dalam reaktor masih tetap dijalankan.
2. Air limbah yang masih berada di dalam unit pengolahan awal dipompa dan dimasukkan ke dalam reaktor selanjutnya hingga habis.
3. Setelah itu medium penyangga karbon aktif yang berada pada kompartemen ketiga dikeluarkan melalui lubang di bagian atas unit IPAL.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

6.3.4 Pemeliharaan Rutin IPAL

Pengoperasian unit IPAL dilakukan secara terus menerus selama proses pengolahan air limbah, sehingga perlu diadakan pemeriksaan rutin agar operasional IPAL dapat berjalan secara optimal. Berikut format data pemeriksaan unit IPAL sebagai upaya pemeliharaan IPAL.

Tanggal : .....

Petugas : .....

Paraf : .....

Tabel 6.25 Cheklist Pemeliharaan IPAL

No.	Komponen Sistem IPAL	Standar	Hasil Pemeriksaan	
			Ya	Tidak
1.	Pompa IPAL	Air limbah mengalir lancar		
		Elektroda berfungsi baik		
2.	Blower Udara	*Pressure gauge* normal (2-2,5 bar)		
		Suara bising kuat		
		Vent belt tidak retak		
		Filter udara bersih		
		Lakher bising		
		Oli terisi 3/4		
3.	Panel Kontrol	Tegangan 380 V		
		Indikator *lamp* berfungsi baik		
		Selector auto-manual berfungsi baik		
		Timer berfungsi baik		
4.	Difusser	Gelembung udara tersebar merata		
5.	Pompa Sirkulasi	Pompa sirkulasi berfungsi secara bergantian		
6.	Bak Pengendap Awal	Terdapat *rising sludge*		
		pH normal (6-9)		
7.	Biofilter Aerob	Air limbah berwarna hitam		
		Terjadi *short circuit*		
		Gelembung udara merata		
		Tumbuh lapisan biofilm pada media		
		pH normal (6-9)		
		DO normal (2-4 ppm)		
8.	Kompartemen Karbon Aktif	Air limbah berwarna coklat jernih		
		Tumbuh lapisan biofilm		
		Karbon aktif berwarna hitam		
		pH normal (6-9)		

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No.	Komponen Sistem IPAL	Standar	Hasil Pemeriksaan	
			Ya	Tidak
9.	Bak Pengendap Akhir	Air limbah terlihat jernih		
		Terdapat *rissing sludge*		
		pH normal (6-9)		
	Meter Air	Berfungsi dengan baik		

Sumber: Pedoman IPAL Biofilter Fasilitas Kesehatan, 2011

6.3.5 Perawatan Unit IPAL

Perawatan unit IPAL merupakan hal yang penting dalam proses pengolahan air limbah. Namun dalam unit IPAL ini tidak terlalu membutuhkan perawatan yang khusus, tetapi terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perawatan unit IPAL, antara lain:

1. Mencegah masuknya sampah dalam bentuk padat seperti plastik, kain, batu, dll yang bisa masuk ke dalam sistem IPAL.
2. Membersihkan bak kontrol harus dibersihkan secara rutin minimal satu minggu sekali atau sesegera mungkin jika terdapat penyumbatan pada saluran IPAL.
3. Menghindari masuknya zat-zat kimia beracun yang dapat mengganggu pertumbuhan mikroba di dalam media biofilter misalnya cairan merkuri, perak nitrat atau logam berat lainya.
4. Pengurasan lumpur yang mengendap di bak ekualisasi dan bak pengendap awal dilakukan secara periodik untuk menguras lumpur yang tidak dapat terurai secara biologis. Minimal dilakukan 6 bulan sekali atau disesuaikan dengan kebutuhan.
5. Perawatan rutin pada pompa pengumpul, pompa air limbah, pompa sirkulasi, pompa blower dilakukan 3-4 bulan sekali. Untuk perawatan pompa secara teknis dapat dilihat pada buku petunjuk dari pabriknya yang terdapat di dalam kemasan.
6. Untuk menghemat pengeluaran kantor *recorvery* karbon aktif dapat dilakukan dengan pencucian reaktor menggunakan air bersih, kemudian media GAC dijemur pada terik panas matahari. Prinsip utamanya yaitu dengan cara *driying* bantuan sinar matahari hingga padatan *volatile* yang ada dalam pori karbon aktif dapat diuapkan. Cara ini mungkin dapat menjadi salah satu solusi yang tepat untuk menghemat biaya pengeluaran kantor.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

6.3.6 Permasalahan Yang Mungkin Timbul dan Cara Penanganannya

Dalam pengolahan air limbah tentu terdapat masalah yang mungkin timbul selama proses berlangsung, baik masalah yang diakibatkan dari unit bangunan pengolah maupun dari aliran air limbahnya. Berikut beberapa masalah yang mungkin timbul selama proses pengolahan beserta cara penanganannya.

Tabel 6.26 Permasalahan Pada Unit IPAL dan Cara Penanganannya

No.	Jenis Permasalahan	Penyebab	Cara Mengatasi
1.	Bak kontrol atau bak penampung air limbah meluber	Pompa pengumpul air limbah tidak berjalan atau saringan pompa sering buntu	cara mengatasinya dapat dilakukan dengan mengecek aliran listrik pada pompa, cek posisi pelampung otomatis pompa, serta membersihkan saringan pompa dari kotoran yang masih tertahan.
2.	Aliran air limbah yang mengalir ke dalam reaktor lambat atau pelan	pompa air limbah yang berada di dalam bak ekualisasi kurang lancar atau meter air tersumbat	Mengecek pompa air limbah, mengecek saringan air limbah, cek *screen* meter air untuk memastikan ada tidaknya sumbatan. Jika ada maka harus dibersihkan.
3.	Blower udara di bak aerobik tidak bekerja	Listrik tidak mengalir atau mesin pompa mati	Cek instalasi kelistrikan ke blower
4.	Blower di bak aerobik bekerja tapi tidak mengeluarkan hembusan udara	Pipa saluran udara bocor	Lepas pipa kemudian sambung lagi dengan lem paralon.
5.	Terjadi pengapungan di bak aerob	Udara kurang	Cek instalasi kelistrikan ke blower
6.	Kualitas air limbah hasil olahan tidak memenuhi baku mutu lingkungan	Proses penguraian limbah berkurang karena aktifitas mikroba melemah. Hembusan udara di unit aerobik kurang. Sedangkan debit air limbah melebihi kapasitas IPAL	Mengatur debit air limbah yang masuk sesuai dengan rata-rata kapasitas IPAL. Periksa blower udara dan pipa penyalurnya untuk memastikan udara menghembus sempurna. Apabila terjadi kebocoran maka perbaiki.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No.	Jenis Permasalahan	Penyebab	Cara Mengatasi
7.	Air olahan yang keluar masih bau	Suplai udara kurang sedangkan debit air limbah melebihi kapasitas	Cek blower apakah sudah bekerja dengan baik atau belum

Sumber: Said, 2008

6.3.7 Pelaksanaan K3 Pelaksana IPAL

Dalam proses pengolahan air limbah selain menyertakan standar operasional prosedur, harus dilengkapi pula dengan upaya perlindungan dan pemantauan K3 (kesehatan dan keselamatan kerja) bagi pelaksana IPAL. Hal ini dimaksudkan untuk menjaga adanya potensi yang mengancam pelaksana IPAL, baik yang berhubungan langsung maupun tidak langsung dengan air limbah secara menyeluruh. Beberapa aspek pelaksanaan kesehatan dan keselamatan kerja yang harus dipenuhi agar pelaksana IPAL dapat bekerja dengan optimal, yaitu :

2. Kelengkapan Peralatan K3

   Perlengkapan K3 yang harus terpenuhi untuk pelaksana IPAL saat bekerja di lapangan maupun di laboratorium swapantau adalah Alat Pelindung Diri (APD). Beberapa APD yang dibutuhkan antara lain : pakaian kerja, sarung tangan, *earplug*, masker, sepatu *safety*, kacamata pelindung, dan sarana cuci tangan.
3. Unit IPAL dilengkapi juga dengan Alat Pemadam Api Ringan (APAR) atau *Fire Extinguiser*.
4. Memonitoring penerapan ergonomi saat bekerja di IPAL untuk mengantisipasi adanya kecelakaan kerja.
5. Tersedianya alat pengangkat dan pengangkut untuk mengangkat dan mengangkut mesin-mesin dan benda-benda berat.
6. Tersedianya Prosedur Tetap (Protap) / *Standar Operational Procedure* (SOP) dalam bekerja dan mengoperasikan peralatan.

Selain aspek pelaksanaan kesehatan dan keselamatan kerja yang harus dipenuhi agar pelaksana IPAL dapat bekerja dengan optimal, terdapat juga jaminan kesehatan bagi pelaksana, diantaranya:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1. Pemberian *extrafooding* bagi pelaksana IPAL
2. Pemeriksaan kesehatan bagi operator IPAL secara berkala min. 1 tahun sekali terhadap darah, HBsAg, telinga, kulit, saluran pernafasan, sistem pencernaan dan lain-lain. Selain itu dilengkapi Data Rekam Medik dari operator IPAL.
3. Pemberian imunisasi bagi petugas operator, khususnya imunisasi hepatitis.

6.3.8 Sistem Tanggap Darurat IPAL

Pengoperasian dan pemeliharaan IPAL dengan kapasitas besar dapat menyebabkan resiko baik berupa kecelakaan kerja, kesehatan kerja maupun resiko kerugian ekonomi. Hal ini disebabkan oleh adanya tindakan kerja yang tidak sesuai dengan standar K3, penggunaan bahan berbahaya dan beracun maupun bahan kimia lainya. Untuk itu, pada bangunan dan area lokasi IPAL serta manajemen pengelolaannya perlu dilengkapi dengan sistem tanggap darurat yang dapat meminimalisir resiko yang timbul. Sistem tanggap darurat yang perlu dilengkapi:

1. Sistem keamanan fasilitas

   Keamanan fasilitas berguna untuk menjaga fasilitas IPAL dari kemungkinan adanya risiko dan kerusakan yang terjadi saat proses pengolahan air limbah. Sistem keamanan IPAL mencangkup:

   a. Sistem penjagaan maupun sistem pemantauan IPAL secara rutin dan berkala.
   b. IPAL yang dibangun pada lokasi umum maka harus dilengkapi dengan pagar pengaman atau penghalang lain yang memadai. Namun, apabila IPAL dibangun di bawah tanah maka perlu dilakukan pengecatan pada fasilitas IPAL untuk menandai lokasi IPAL.
   c. Terdapat rambu-rambu pengaman atau tanda (*sign-sign*) yang mudah terlihat min. berjarak 10 meter dari lokasi IPAL.
   d. Penerangan di sekitar lokasi IPAL juga harus memadai.

2. Sistem pencegahan terhadap kebakaran

   Kebakaran pada pengoperasian IPAL dapat terjadi disebabkan oleh adanya *konsleting* arus listrik akibat pemilihan instalasi yang tidak berkualitas, kerusakan akibat gigitan tikus, maupun tumpahan bahan bakar. Untuk itu unit IPAL perlu dilengkapi dengan sarana berikut ini:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

a. Pemasang sistem *arde* atau (*Electronic-Spark Grounding*)
b. Pemasang tanda atau rambu peringatan yang dapat terlihat jelas dari jarak 10 meter lokasi IPAL.
c. Memasang peralatan pendeteksi bahaya kebakaran otomatis selama 24 jam yaitu alat deteksi peka asap *(smoke sensing alarm)* dan alat deteksi peka panas *(heat sensing alarm)*
d. Tersedianya alat pemadam kebakaran ringan atau APAR

3. Sistem penanggulangan keadaan darurat

Keadaan darurat dalam pengoperasian dan pemeliharaan IPAL dapat terjadi secara tiba-tiba tanpa direncanakan. Sehingga diperlukan upaya pencegah untuk meminimalisir dampak yang terjadi, antara lain:

a. Terdapat petugas penanggungjawab (koordinator) penanggulangan keadaan darurat IPAL.
b. Terdapat alur jaringan komunikasi atau pemberitahuan yang memadai kepada:
   - Tim penanggulangan keadaan darurat
   - Dinas pemadam kebakaran setempat
   - Pelayanan kesehatan darurat (IGD) Klinik maupun Rumah Sakit
c. Terdapat prosedur evakuasi yang jelas
d. Mempunyai peralatan penanggulangan keadaan darurat yang memadai

4. Sistem pengujian peralatan

Pengoperasian peralatan *mekanical* dan *electrikal* pada IPAL agar terhindar dari gangguan sistem akibat kerusakan peralatan yang tidak terkontrol pemeliharaannya maka perlu dilakukan upaya sebagai berikut:

a. Semua alat pengukur, peralatan operasi pengolahan dan perlengkapan pendukung operasi harus diuji minimum sekali dalam setahun.
b. Hasil pengujian harus dituangkan dalam berita acara perusahaan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

5. Pelatihan karyawan

Upaya cepat tanggap yang tepat perlu diterapkan dalam pengoperasian IPAL guna untuk mencegah dan mengendalikan dampak akibat keadaan darurat IPAL. Peran operator IPAL dalam kondisi ini menempati posisi yang strategis, sehingga perlu dibekali wawasan dan pengetahuan melalui pelatihan, yaitu:

a. Pelatihan dasar seperti pengenalan limbah, peralatan pelindung, keadaan darurat, prosedur inspeksi, P3K, K3 dan peraturan perundangan limbah B3.
b. Pelatihan khusus seperti pemeliharaan peralatan, pengoperasian alat pengolahan, laboratorium lingkungan , dokumentasi dan pelaporan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB VII
KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari perencanaan instalasi pengolahan air limbah domestik di Kantor Pusat PT. Pertamina MOR V Surabaya adalah sebagai berikut:

1. Kondisi *eksisting* kualitas air limbah yang dihasilkan dari aktivitas pegawai di lingkungan kantor Pusat PT. Pertamina MOR V Surabaya berdasarkan hasil analisis uji laboratorium menyatakan bahwa terdapat 4 (empat) parameter pencemar utama melebihi batas baku mutu air limbah domestik yang diisyaratkan. Kadar parameter pencemar yang melebihi baku mutu yaitu BOD 41mg/L (Bm:30mg/L), COD 118mg/L (Bm:100mg/L), TSS 36mg/L (Bm:30mg/L), dan total coliform433000/100ml (Bm:30000/100ml).
2. Perencanaan unit IPAL dengan kombinasi Biofilter aerob dan adsorpsi karbon aktif membutuhkan luas lahan total sebesar 34m^2 (panjang 17m dan lebar 2m), dengan rencana anggaran biaya (RAB) yang dibutuhkan dalam proses pembangunan sebesar Rp.243.136.020,95.

7.2 Saran

Berdasarkan pada uraian kesimpulan maka disarankan pada tahap perawatan unit IPAL harus dilakukan pengecekan secara berkala untuk mengetahui efektivitas penurunan kadar pencemar maupun penggantian media karbon aktif agar efluen air limbah yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sesuai dengan peruntukannya.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR PUSTAKA

Badewasta, H. (2010). *Pengaruh Ketinggian Unggun Pada Proses Filtrasi dan Adsorpsi Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Dengan Pewarna Napthol di 5 Ulu Palembang.* Palembang: Magister Sains Program Pasca Sarjana Universitas Sriwijaya.

Cheremisinoff, N. P. (2002). *Handbook of water and wastewater treatment technological.* Amerika: Pollution Engineering.

Degremont. (1991). *Water Treatment Handbook.* France: Lavoisier.

Ditjen Cipta Karya. (2013). *Diseminasi dan Sosialisasi Keteknisan Bidang PLP Materi Air Limbah 1.* Jakarta: Direktorat Perumahan, Kementrian Pekerjaan Umum.

Ginting, P. (2007). Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri. *CV. Yrama Widya Bandung*.

Hambali. (2010). Tempurung Kelapa Bahan Baku Biobriket yang Prospektif di Indonesia. *Jurnal Fakultas Teknologi Industri*, Institut Teknologi Bandung.

Hindarto, P. (2011, Juni Jumat). *Astudio*. Diambil kembali dari astudioarchitect: http://astudioarchitect.com/

Lin, S. D. (2007). *Water and Wastewater Calculation Manual.* New York: Mc Graw-Hill Companies, Inc.

Marhadi. (2016). Analisis Sistem Penyaluran Air Buangan Domestik Dengan OFF Site System (Studi Kasus Kecamatan Jambi). *Jurnal Civronlit*, 1.

Masriati, R. (2006). *Pengolahan Limbah Cair Industri Kerajinan Songket Tradisional Dengan Adsorpsi Menggunakan Karbon Aktif.* Palembang: Magister Teknik Program Pasca Sarjana Universitas Sriwijaya.

Moduto, H. M. (2000). Penyaluran Air Buangan (PAB). *ITB Bandung*, Volume ll.

Nurhayati, J. Z. (2018). Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Aktivasi Terhadap Karakteristik Karbon Aktif Ampas Tebu dan Fungsinya Sebagai Adsorben Limbah Laboratorium. *Jurnal Teknik Waktu,*, 62-71.

Peraturan, Pemerintah No. 82 Tahun (2001). *Pengelolaan Kualitas dan Pengendalian Pencemaran air.* Jakarta: Pemerintah Pusat.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Permen LHK No. 68 Tahun (2016). *Standart Baku Mutu Air Limbah Domestik.* Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

Pertamina, E. L. (2019). *Analitical Report Domestic Waste Water MOR V.* Gresik: PT.Envilab Indonesia.

Qasim, S. R. (1985). *Waste Water Treatment Plan (Planning, Design, and Operation).* USA: CBS College Publishing.

Rachman, I. C. (2009). *Pedoman Desain Teknik IPAL Agroindustri.* Jakarta: Direktorat Jendral Pengolahan Hasil Pertanian, Departemen Pertanian.

Ramdja, A. F. (2008). Pembuatan Karbon Aktif Dari Coalite Batubara Dan Aplikasinya Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Kain Jumputan. *Jurnal Teknik Kimia*.

Reynolds, T. D. (1982). *Unit Operation and Process Environmental Engineering.* Boston: Wadsworth.Inc.

Said, Nusa Idaman. (1999). *Kesehatan Masyarakat dan Teknologi Peningkatan Kualitas Air.* Jakarta: Direktorat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penetapan Teknologi.

Said, Nusa Idaman. (2003). *Teknologi Pengolahan Air Limbah Secara Anaerob dan Aerob Menggunakan Biofilter.* Jakarta: BPPT.

Said, Nusa Idaman. (2008). *Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Dengan Sistem Biofilter Anaerob-Aerob.* Jakarta: BPPT.

Said, Nusa Idaman. (2010). Metoda Penghilangan Logam Berat (As, Cd, Cr, Ag, Cu, Pb, Ni dan Zn) di Dalam Air Limbah Industri,. *JAI*, 136 – 148.

Setyawan M., S. J. (2014). *Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernih Asap Cair,.* Spektrum Industri.

Shah, K. K. (2010). *Combined Granular Activated Carbon and UV H2O2 Processes For The Treatment of Pharmaceutical Waste Water.* Toronto: Digital Commons Ryerson University.

Sugiharto. (1987). *Dasar dasar Pengelolaan Air Limbah.* Jakarta: UI Press.

Tchobanoglous et.al., B. F. (2003). *Waste Water Engineerin: Treatment, Disposal and Reuse.* New York: McGraw-Hill, Inc.

Wahyudi, S. (2011). *Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Buangan.* Surabaya: Teknik Lingkungan ITS.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Yulianti, M. A. (2015). Pengaruh Perubahan Massa Zeolit terhadap Kadar pH Limbah Pabrik Gula melalui Media Filtrasi. *Jurnal MIPA, Universitas Negeri Semarang*, 123-127.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id