



YAYASAN PENDIDIKAN DAYANG SUMBI

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

Jl. PHH Mustapa 23, Bandung 40124 Indonesia, Telepon: +62-22-7272215 ext 157, Fax:022-720 2892 Web site: <http://www.itenas.ac.id>, e-mail: lpp@itenas.ac.id

SURAT KETERANGAN MELAKUKAN KEGIATAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL 404/A.01/TL-FTSP/Itenas/VIII/2023

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Dr. M. Rangga Sururi, S.T., M.T.
Jabatan : Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Itenas
NPP : 40909

Menerangkan bahwa,

Nama : Syelfa Azhura Alsadilla
NRP : 252019069
Email : syelfa.alsadilla@gmail.com

Telah melakukan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat sebagai berikut:

Nama Kegiatan : Evaluasi Pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil PT X di Kecamatan Cikarang Barat, Kabupaten Bekasi

Tempat : PT X, Kecamatan Cikarang Barat, Kabupaten Bekasi

Waktu : 25 Juli-2 September 2022

Sumber Dana : PT X

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bandung, 23 Agustus 2023
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan
Itenas,

(Dr. M. Rangga Sururi, S.T., M.T.)
NPP. 40909

**EVALUASI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR
INDUSTRI TEKSTIL PT X
DI KECAMATAN CIKARANG BARAT KABUPATEN BEKASI**

PRAKTIK KERJA

TLB-490



Oleh:

SYELFA AZHURA ALSADILLA

252019069

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
BANDUNG
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN PRAKTIK KERJA

EVALUASI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR
INDUSTRI TEKSTIL PT X
DI KECAMATAN CIKARANG BARAT KABUPATEN BEKASI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Mata Kuliah Praktik Kerja (TLB-490)

Pada

Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional Bandung

Bandung, Juli 2023

Mengetahui/Menyetujui,

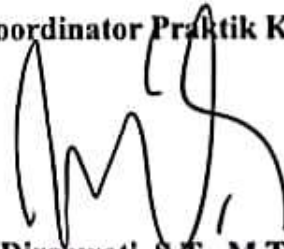
Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Etih Hartati, M.T.

NIDN/NIDK: 0409056501

Koordinator Praktik Kerja



Mila Dirgawati, S.T., M.T., Ph.D.

NIDN/NIDK: 0409058001

Ketua Program Studi



Dr. M. Rangga Sururi, S.T., M.T.

NIP/NIDK: 0403047803

PRAKATA

Puji syukur dipanjatkan kepada Allah Subhanahu Wata'ala karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan praktik kerja ini. Penulisan laporan praktik kerja ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan mata kuliah Praktik Kerja (TLB-490) di Program Studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak selama masa praktik kerja hingga penyusunan laporannya, sangatlah sulit untuk menyelesaikan laporan ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Etih Hartati, M.T., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan laporan praktik kerja ini;
2. Ibu Setia selaku manajer HRD PT X dan Bapak Purniyawan selaku manajer utility PT X yang telah memberi izin untuk pelaksanaan praktik kerja di PT X;
3. Bapak Sujarwo selaku pembimbing lapangan yang telah memberi ilmu dan arahan selama kegiatan praktik kerja di PT X;
4. Bapak Sutarto, Ibu Sujarwati, Bapak Silo, Bapak Murtado, dan segenap karyawan Divisi Utility yang telah membantu, memberi arahan, dan rekan kerja dalam pelaksanaan praktik kerja di PT X;
5. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberi bantuan dukungan material dan moral; dan
6. Mba Ria selaku teman satu kamar selama kegiatan praktik kerja yang selalu menemani dan mengayomi.
7. Teman-teman yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan praktik kerja ini.

Akhir kata, penulis berharap Allah Subhanahu Wata'ala berkenan membalas seluruh kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga laporan praktik kerja ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Bandung. 18 Juli 2023

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Maksud dan Tujuan	I-3
1.3 Ruang Lingkup	I-3
1.4 Sistematika Penulisan.....	I-4
BAB II GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN	II-1
2.1 Profil Perusahaan.....	II-1
2.2 Sejarah Perusahaan.....	II-1
2.3 Visi, Misi, dan Nilai-Nilai Perusahaan.....	II-1
2.3.1 Visi.....	II-1
2.3.2 Misi Perusahaan.....	II-3
2.3.3 Nilai-Nilai Perusahaan.....	II-3
2.4 Penggunaan Lahan	II-3
2.5 Struktur Organisasi.....	II-3
2.6 Proses Produksi	II-7
2.6.1 Proses di Divisi <i>Weaving</i>	II-7
2.6.2 Proses di Divisi <i>Finishing</i>	II-8
2.7 Kapasitas Produksi	II-15
2.8 Waktu Operasi Pabrik	II-15

2.9 Bahan Baku dan Bahan Penolong	II-15
2.10 Jenis Peralatan Produksi	II-16
2.11 Debit Air Limbah	II-18
2.12 Karakteristik Air Limbah	II-19
2.13 Pengolahan Air Limbah.....	II-19
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	III-1
3.1 Proses Produksi di Industri Tekstil.....	III-1
3.1.1 Penenunan (<i>Weaving</i>)	III-1
3.1.2 Proses Penyempurnaan Kain (<i>Finishing</i>).....	III-2
3.2 Air Limbah Tekstil	III-7
3.3 Parameter Kualitas Air Limbah	III-8
3.3.1 <i>Biochemical Oxygen Demand</i> (BOD).....	III-10
3.3.2 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	III-11
3.3.3 <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	III-11
3.3.4 Fenol Total.....	III-12
3.3.5 Krom Total.....	III-12
3.3.6 Amonia Total	III-12
3.3.7 Sulfida.....	III-13
3.3.8 Minyak dan Lemak	III-13
3.3.9 pH.....	III-14
3.3.10 Warna.....	III-15
3.3.11 Suhu	III-15
3.4 Pengolahan Air Limbah.....	III-15
3.4.1 Pengolahan Awal	III-16
3.4.2 Pengolahan Sekunder.....	III-26

3.4.3 Pengolahan Tersier.....	III-39
3.4.4 Pengolahan Lumpur	III-44
BAB IV METODOLOGI	IV-1
4.1 Studi Literatur.....	IV-1
4.2 Pengumpulan Data	IV-2
4.3 Pengolahan dan Analisis Data.....	IV-2
4.4 Kesimpulan.....	IV-2
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	V-1
5.1 Sumber Air Limbah.....	V-2
5.1.1 Air Limbah dari Proses Produksi.....	V-2
5.1.2 Air Limbah dari Kegiatan Domestik	V-8
5.2 Neraca Air Perusahaan	V-9
5.3 Kuantitas Air Limbah.....	V-17
5.4. Kualitas Air Limbah.....	V-22
5.5 Alur Instalasi Pengolahan Air Limbah.....	V-29
5.6 Proses Instalasi Pengolahan Air Limbah.....	V-30
5.6.1 Pengolahan awal	V-30
5.6.2 Pengolahan Sekunder.....	V-57
5.6.3 Pengolahan Tersier.....	V-92
5.6.4 <i>Chemical Treatment</i>	V-95
5.6.5 <i>Outlet Tank</i>	V-109
5.6.6 Tangki Indikator	V-111
5.6.7 <i>Outfall</i>	V-113
5.6.8 Pengolahan Lumpur	V-114
5.7 Rekapitulasi Evaluasi Unit IPAL	V-115

5.8 Parameter Pencemar di Outlet yang Tidak Memenuhi Baku Mutu	V-115
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	VI-1
6.1 Kesimpulan.....	VI-1
6.2 Saran.....	VI-2
DAFTAR PUSTAKA	xiv
LAMPIRAN.....	xix
Lampiran I Kualitas air rata-rata di IPAL PT X bulan Januari-Juni 2022	xx
Lampiran II <i>Detail Engineering Design</i> (DED) IPAL PT X	xxi
Lampiran III Dokumentasi	xxix
Lampiran IV Penilaian praktik kerja oleh perusahaan	xxx
Lampiran V Penilaian praktik kerja oleh perusahaan.....	xxxi
Lampiran V Kartu bimbingan praktik kerja	xxxi

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penggunaan Lahan PT X.....	II-4
Tabel 2. 2 Kapasitas Produksi PT X.....	II-15
Tabel 2. 3 Waktu Operasi Pabrik	II-15
Tabel 2. 4 Bahan Baku dan Bahan Penolong Produksi di PT X	II-16
Tabel 2. 5 Jenis Peralatan (Mesin) Produksi di PT X	II-16
Tabel 2. 6 Debit Air Limbah di Inlet dan Outlet IPAL PT X Januari-Juni 2022.....	II-18
Tabel 2. 7 Debit Air Limbah di Inlet IPAL PT X Juli 2021-Juni 2022.....	II-18
Tabel 2. 8 Karakteristik Air Limbah di Inlet IPAL PT X Juni 2022.....	II-19
Tabel 3. 1 Proses Produksi dan Limbah yang Dihasilkan.....	III-5
Tabel 3. 2 Baku Mutu Air Limbah Tekstil	III-8
Tabel 3. 3 Baku Mutu Air Limbah Domestik.....	III-9
Tabel 3. 4 Kriteria Desain <i>Screen</i> Berdasarkan Mekanisme Pembersihan	III-18
Tabel 3. 5 Kriteria Desain Bak Ekualisasi.....	III-23
Tabel 3. 6 Parameter Desain dan Operasional Lumpur Aktif	III-38
Tabel 3. 7 Kriteria Desain <i>Clarifier</i>	III-39
Tabel 5. 1 Neraca Air PT X.....	V-11
Tabel 5. 2 Neraca Air PT X (Lanjutan).....	V-11
Tabel 5. 3 Debit Air Limbah di Inlet dan Outlet IPAL PT X Januari-Juni 2022.....	V-18
Tabel 5. 4 Produksi Kain Divisi <i>Weaving</i> dan <i>Finishing</i> PT X Januari-Juni 2022.....	V-19
Tabel 5. 5 Debit Air Limbah di Inlet IPAL PT X Juli 2021 s.d. Juni 2022	V-20
Tabel 5. 6 Debit Maksimum Air Limbah di Inlet IPAL Setiap Bulannya Pada Januari-Juni 2022.....	V-21
Tabel 5. 7 Baku Mutu Air Limbah Rekomendasi untuk Sistem Terintegrasi PT X.....	V-23
Tabel 5. 8 Baku Mutu Lokal dan Baku Mutu Rekomendasi PT X	V-24
Tabel 5. 9 Karakteristik Air Limbah di Inlet IPAL Bulan Juni 2022.....	V-25

Tabel 5. 10 Kualitas Air Limbah di <i>Outlet</i> IPAL Pada Januari-Juni 2022	V-26
Tabel 5. 11 Kualitas Air dan Efisiensi Penurunan Parameter Pencemar di IPAL PT X Juni 2022.....	V-27
Tabel 5. 12 Persentase Penyisihan Parameter BOD IPAL PT X	V-28
Tabel 5. 13 Rekapitulasi Perhitungan Unit Finescreen IPAL PT X.....	V-34
Tabel 5. 14 Rekapitulasi Perhitungan Unit <i>Conoscreen Tank</i> di IPAL PT X..	V-41
Tabel 5. 15 Rekapitulasi Perhitungan Unit Grease Trap IPAL PT X	V-45
Tabel 5. 16 Rekapitulasi Perhitungan Bak Mini Ekualisasi IPAL PT X.....	V-50
Tabel 5. 17 pH Air Limbah Sebelum dan Sesudah Netralisasi di IPAL PT X	V-52
Tabel 5. 18 Rekapitulasi Perhitungan Bak Ekualisasi dan Netralisasi IPAL PT X	V-56
Tabel 5. 19 Suhu Rata-Rata di Bak Denitrifikasi	V-60
Tabel 5. 20 Rekapitulasi Perhitungan Bak Denitrifikasi IPAL PT X.....	V-64
Tabel 5. 21 Rekapitulasi Perhitungan Bak Aerasi I IPAL PT X.....	V-70
Tabel 5. 22 Rekapitulasi Perhitungan <i>Infeed Water Tank</i> IPAL PT X	V-72
Tabel 5. 23 Rekapitulasi Perhitungan <i>Clarifier</i> I IPAL PT X.....	V-78
Tabel 5. 24 Rekapitulasi Perhitungan <i>Clarified Water Tank</i> IPAL PT X.....	V-80
Tabel 5. 25 Kadar pH Rata-Rata di Bak Aerasi II IPAL PT X	V-81
Tabel 5. 26 Suhu Rata-Rata di Bak Aerasi II IPAL PT X.....	V-82
Tabel 5. 27 Konsentrasi DO Rata-Rata di Bak Aerasi II IPAL PT X.....	V-83
Tabel 5. 28 Rekapitulasi Perhitungan Bak Aerasi II IPAL PT X.....	V-86
Tabel 5. 29 Rekapitulasi Perhitungan <i>Clarifier</i> II IPAL PT X.....	V-91
Tabel 5. 30 Rekapitulasi Perhitungan Bak Koagulasi IPAL PT X.....	V-102
Tabel 5. 31 Rekapitulasi Perhitungan Unit Flokulasi IPAL PT X	V-107
Tabel 5. 32 Rekapitulasi Perhitungan Tangki Outlet IPAL PT X.....	V-111
Tabel 5. 33 Rekapitulasi Perhitungan Tangki Indikator IPAL PT X	V-112
Tabel 5. 34 Rekapitulasi Evaluasi Dimensi Unit IPAL PT X Terhadap Waktu Detensi	V-116
Tabel 5. 35 Perhitungan Ulang Dimensi Unit IPAL PT X.....	V-117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Peta Area PT X	II-2
Gambar 2. 2 Sturktur Organisasi PT X.....	II-5
Gambar 2. 3 Proses Produksi di PT X.....	II-8
Gambar 2. 4 Alur Proses <i>Weaving</i> di PT X.....	II-9
Gambar 2. 5 Proses <i>Printing Pigment</i>	II-10
Gambar 2. 6 Proses <i>Printing Reactive</i>	II-11
Gambar 2. 7 Proses <i>Dyeing Cold Batch</i>	II-13
Gambar 2. 8 Proses <i>Dyeing Pad Dry</i>	II-14
Gambar 2. 9 Lokasi IPAL dan <i>Outfall</i> PT X.....	II-21
Gambar 2. 10 Denah IPAL dan Jalur Pembuangan Air Limbah PT X	II-22
Gambar 2. 11 Alur Proses IPAL di PT X.....	II-23
Gambar 2. 12 Denah IPAL PT X	II-25
Gambar 3. 1 Skema Mesin Tenun	III-1
Gambar 3. 2 Distribusi Bentuk NH_3 dan NH_4^+ Berdasarkan pH Pada Suhu 25°C.....	III-13
Gambar 3. 3 Hubungan Antara H_2S , HS^- , dan S^{2-} pada Berbagai pH	III-14
Gambar 3. 4 Konfigurasi <i>In-line</i> Ekualisasi	III-21
Gambar 3. 5 Konfigurasi <i>Off-line</i> Ekualisasi	III-21
Gambar 3. 6 <i>Mixing</i> dalam Netralisasi	III-24
Gambar 3. 7 Proses Denitrifikasi di Perairan	III-27
Gambar 3. 8 <i>Preanoxic Denitrification</i>	III-27
Gambar 3. 9 <i>Postanoxic Denitrification</i>	III-28
Gambar 3. 10 <i>Conventional Activated Sludge Process</i>	III-34
Gambar 3. 11 <i>Tapered Aeration Activated Sludge Process</i>	III-35
Gambar 3. 12 <i>Step Aeration Activated Sludge Process</i>	III-35
Gambar 3. 13 <i>Complete Mix Aeration Activated Sludge Process</i>	III-36
Gambar 3. 14 <i>Extended Aeration Activated Sludge Process</i>	III-36
Gambar 3. 15 <i>Oxidation Ditch Activated Sludge Process</i>	III-36
Gambar 3. 16 <i>Contact Stabilization Activated Sludge Process</i>	III-37

Gambar 3. 17 <i>Pure Oxygen Activated Sludge Process</i>	III-37
Gambar 3. 18 Ilustrasi Proses Koagulasi-Flokulasi	III-42
Gambar 3. 19 <i>Lamella Separator</i>	III-43
Gambar 4. 1 Diagram Alir Tahapan Evaluasi	IV-1
Gambar 5. 1 Diagram Alir Air Limbah Dari Kegiatan Domestik	V-9
Gambar 5. 2 Neraca Air PT X	V-10
Gambar 5. 3 Perbandingan Debit Air Limbah di <i>Inlet</i> dan <i>Outlet</i> dengan Produksi <i>Weaving</i> , <i>Finishing</i> , dan Total Produksi	V-19
Gambar 5. 4 Debit Inlet Tahunan (Juli 2021-Juni 2022) IPAL PT X	V-20
Gambar 5. 5 Detail Desain Finescreen IPAL PT X.....	V-32
Gambar 5. 6 <i>Fine Screen</i> di PT X	V-35
Gambar 5. 7 Detail Desain Venturi Channel IPAL PT X	V-36
Gambar 5. 8 <i>Venturi Channel</i> dan <i>Flow Meter</i> di IPAL PT X.....	V-37
Gambar 5. 9 <i>Flow meter</i> di IPAL PT X	V-37
Gambar 5. 10 Potongan Gambar <i>Transfer Pit</i> di IPAL PT X	V-38
Gambar 5. 11 Detail Desain <i>Conoscreen Tank</i> IPAL PT X.....	V-39
Gambar 5. 12 <i>Conoscreen Tank</i> di IPAL PT X.....	V-41
Gambar 5. 13 <i>Conoscreen</i> di IPAL PT X.....	V-42
Gambar 5. 14 <i>Grease Trap</i> di IPAL PT X	V-43
Gambar 5. 15 Detail Desain <i>Grease Trap</i> IPAL PT X.....	V-44
Gambar 5. 16 <i>Cooling Tower</i> di PT X	V-46
Gambar 5. 17 Tampak Atas Bak Mini Ekualisasi di IPAL PT X.....	V-48
Gambar 5. 18 Potongan Gambar <i>Transfer Chanel</i> dan Bak Mini Ekualisasi .	V-49
Gambar 5. 19 Transfer Channel IPAL PT X	V-50
Gambar 5. 20 Bak Mini Ekualisasi IPAL PT X	V-50
Gambar 5. 21 <i>pH Control Adjustment</i> IPAL PT X	V-52
Gambar 5. 22 Detail Desain Bak Ekualisasi dan Netralisasi IPAL PT X	V-54
Gambar 5. 23 Potongan Gambar Bak Ekualisasi IPAL PT X.....	V-55
Gambar 5. 24 <i>Dosing Pump</i> di Bak Ekualisasi IPAL PT X.....	V-55
Gambar 5. 25 Bak Ekualisasi dan Netralisasi IPAL PT X	V-56

Gambar 5. 26 Bak Denitrifikasi di IPAL PT X	V-59
Gambar 5. 27 Perbandingan Konsentrasi Amonia Total dan BOD di <i>Outlet</i> IPAL Pada Januari-Juni 2022	V-60
Gambar 5. 28 Tampak Atas Bak Denitrifikasi IPAL PT X.....	V-62
Gambar 5. 29 Potongan A-A Bak Denitrifikasi IPAL PT X	V-62
Gambar 5. 30 <i>Root Blower</i> di IPAL PT X.....	V-65
Gambar 5. 31 Bak Aerasi I di PT X	V-67
Gambar 5. 32 Tampak Atas Bak Aerasi I IPAL PT X	V-68
Gambar 5. 33 Potongan Melintang Bak Aerasi I IPAL PT X	V-68
Gambar 5. 34 Potongan Membujur Bak Aerasi I IPAL PT X.....	V-69
Gambar 5. 35 Potongan Melintang <i>Clarifier Feeding Tank</i>	V-71
Gambar 5. 36 Potongan Melintang <i>Clarifier I</i> IPAL PT X	V-74
Gambar 5. 37 Potongan Membujur <i>Clarifier I</i> IPAL PT X	V-74
Gambar 5. 38 Potongan Membujur <i>Clarified Water Tank</i> IPAL PT X.....	V-79
Gambar 5. 39 Potongan Melintang <i>Clarified Water Tank</i> IPAL PT X	V-79
Gambar 5. 40 Tampak Atas Aerasi II IPAL PT X	V-85
Gambar 5. 41 Potongan Melintang Bak Aerasi II IPAL PT X.....	V-86
Gambar 5. 42 Bak Aerasi II di IPAL PT X	V-86
Gambar 5. 43 Bak <i>Clarifier II</i> IPAL PT X.....	V-91
Gambar 5. 44 Detail Desain <i>Ultrascreen Tank</i> IPAL PT X.....	V-93
Gambar 5. 45 <i>Ultrascreen</i> di IPAL PT X.....	V-94
Gambar 5. 46 Tangki Koagulasi IPAL PT X	V-96
Gambar 5. 47 <i>Lamella Separator</i> di IPAL PT X.....	V-108
Gambar 5. 48 Tangki <i>Outlet</i> IPAL PT X	V-110
Gambar 5. 49 Bak Sedimentasi untuk Pengolahan Kimia yang Belum Beroperasi.....	V-110
Gambar 5. 50 Tangki Indikator IPAL PT X.....	V-112
Gambar 5. 51 Titik Pembuangan Air Limbah Milik PT X di Sungai Cikedokan.....	V-113
Gambar 5. 52 <i>Thickener</i> IPAL PT X.....	V-114

Gambar 5. 53 *Bag Filter dan Keran Lumpur IPAL PT X*..... V-114

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan Lampiran II Peraturan Presiden Nomor 18 Tahun 2020 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional Tahun 2020-2024, industri tekstil dan pakaian jadi termasuk dalam proyek prioritas strategis untuk industri 4.0 bersamaan dengan industri makanan dan minuman, otomotif, elektronik, serta kimia dan farmasi. Proyek ini bertujuan untuk meningkatkan kontribusi industri terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) menjadi 21 persen. Kementerian Perindustrian dalam (Hidranto, 2022), mengungkapkan bahwa industri tekstil dan produk tekstil (TPT) memberi kontribusi sebesar 6,08 persen terhadap PDB sektor manufaktur pada triwulan III tahun 2021.

Provinsi tertinggi yang memiliki proporsi nilai tambah sektor industri manufaktur terhadap PDB pada tahun 2021 adalah Jawa Barat, sebesar 42,36% (Badan Pusat Statistik, 2022). Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 22 Tahun 2010 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Jawa Barat Tahun 2009-2029, menyatakan bahwa Kabupaten Bekasi diarahkan menjadi kawasan penyangga dalam sistem pusat kegiatan nasional kawasan perkotaan Jabodetabek serta untuk mengembangkan sektor industri ramah lingkungan dan hemat penggunaan air tanah.

Sektor industri memberikan pengaruh terhadap perekonomian nasional. Pada lain sisi, sektor ini menimbulkan permasalahan lingkungan karena penggunaan sumber daya alam sebagai bahan baku dan keterbatasan daya tampung lingkungan untuk menerima limbah dan emisi. Oleh karena itu, pemerintah menetapkan kebijakan industri ramah lingkungan yang tercantum dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2008 tentang Kebijakan Industri Nasional. Menurut Hiqmah (2017), industri yang menunjukkan rasa peduli terhadap lingkungan akan mendapat nilai daya saing dan peningkatan keuntungan karena konsumen cenderung memilih produk yang ramah lingkungan.

Upaya untuk mewujudkan industri ramah lingkungan dilaksanakan melalui standar industri hijau. Berdasarkan Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 40 Tahun 2022 tentang Standar Industri Hijau untuk Industri Tekstil Penyempurnaan Kain dan Industri Tekstil Pencetakan Kain, industri hijau adalah industri yang dalam proses produksinya mengutamakan upaya efisiensi dan efektivitas penggunaan sumber daya secara berkelanjutan sehingga mampu menyelaraskan pembangunan industri dengan kelestarian fungsi lingkungan hidup serta dapat memberikan manfaat bagi masyarakat. Persyaratan teknis untuk standar industri hijau bagi industri tekstil penyempurnaan kain dan industri tekstil pencetakan kain mencakup aspek bahan baku, bahan penolong, energi, air, proses produksi, produk, kemasan, limbah, dan emisi gas rumah kaca.

Permasalahan terbesar dari hadirnya industri tekstil adalah limbah cair (Enrico, 2019). Limbah cair dihasilkan dari berbagai proses yaitu pelepasan kanji (*desizing*), pemasakan (*scouring*), pemutihan (*bleaching*), pemerseran (*mercerizing*), pencelupan (*dyeing*), dan pencetakan (*printing*). Karakteristik air limbah tekstil umumnya mengandung alkalinitas yang tinggi, berwarna, BOD yang tinggi, dan *suspended solid* yang tinggi (Nemerow, 1978). Limbah cair yang dihasilkan industri tekstil memiliki potensi yang tinggi untuk mencemari lingkungan. Dampak yang ditimbulkan di antaranya adalah pencemaran air, menimbulkan bau, dan mengganggu kehidupan biota air (Enrico, 2019).

PT X merupakan perusahaan tekstil yang berada di Kecamatan Cikarang Barat, Kabupaten Bekasi. Perusahaan ini menghasilkan limbah cair yang selanjutnya akan diolah terlebih dahulu melalui instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang berada di perusahaan sebelum dibuang ke Sungai Cikedokan. Air limbah akan diolah secara fisika, biologi, dan kimia. Pengolahan air limbah ini bertujuan untuk menurunkan kandungan parameter pencemar sehingga efluen yang dihasilkan memenuhi baku mutu yang tercantum dalam Lampiran II Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 16 Tahun 2019 tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan

Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Selain itu, pengolahan air limbah juga diperlukan untuk mengurangi dampak terhadap lingkungan.

Selaras dengan adanya kebijakan mengenai industri hijau, pemenuhan terhadap baku mutu, mengurangi dampak lingkungan, dan meningkatkan rasa kepedulian perusahaan terhadap lingkungan, maka pengolahan air limbah harus dilaksanakan secara baik dan benar. Evaluasi terhadap IPAL milik PT X diperlukan untuk memastikan bahwa IPAL ini dapat berfungsi dengan baik. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan konsentrasi parameter pencemar pada efluen air limbah tekstil PT X dengan baku mutu yang tercantum dalam Lampiran II Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 16 Tahun 2019 tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Apabila ditemukan ketidaksesuaian dengan baku mutu, maka diperlukan pengecekan kesesuaian desain unit IPAL eksisting dengan kriteria desain yang sesuai dengan literatur.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari pelaksanaan Praktik Kerja ini adalah untuk mengevaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang berada di PT X. Adapun tujuannya adalah:

1. Menganalisis proses dari sumber limbah cair yang diolah di IPAL PT X
2. Menganalisis kualitas limbah cair yang masuk dan keluar di IPAL PT X
3. Mengevaluasi IPAL yang terdapat di PT X

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pelaksanaan Praktik Kerja ini yaitu:

1. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) berada di PT X yang merupakan industri tekstil.
2. Limbah cair dihasilkan dari proses produksi dan *grey water* dari limbah domestik di PT X.
3. Peraturan yang digunakan sebagai acuan adalah Lampiran II Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 16 Tahun 2019 tentang Perubahan

Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

4. Data kuantitas air limbah yang digunakan berdasarkan hasil pemantauan di *inlet* dan *outlet* IPAL selama 1 tahun yaitu Juli 2021 sampai Juni 2022.
5. Data kualitas air limbah yang digunakan berdasarkan hasil analisis laboratorium di *inlet* pada Juni 2022 dan di *outlet* pada Januari-Juni 2022.

1.4 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan praktik kerja ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan latar belakang, maksud dan tujuan, ruang lingkup, dan sistematika penulisan laporan praktik kerja.

BAB II GAMBARAN UMUM

Menjelaskan profil perusahaan, sejarah perusahaan, visi, misi, dan nilai-nilai perusahaan, penggunaan lahan, struktur organisasi, proses produksi, kapasitas produksi, waktu operasi pabrik, bahan baku dan penolong, jenis peralatan produksi, dan sistem pengolahan air limbah tempat praktik kerja dilaksanakan.

BAB III TINJAUAN PUSTAKA

Berisi teori dasar mengenai proses produksi di industri tekstil, karakteristik air limbah tekstil, baku mutu air limbah tekstil dan domestik, serta unit pengolahan air limbah.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan mengenai sumber air limbah perusahaan, neraca air perusahaan, evaluasi kuantitas air limbah, evaluasi kualitas air limbah, alur IPAL, proses IPAL, rekapitulasi evaluasi unit IPAL, dan parameter pencemar di *outlet* yang melebihi baku mutu.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Menyimpulkan hasil analisis pada bab sebelumnya dan memberi saran kepada PT X terkait sistem pengolahan air limbanya.

BAB II

GAMBARAN UMUM PERUSAHAAN

2.1 Profil Perusahaan

PT X merupakan perusahaan yang bergerak dibidang tekstil yang berada di Kecamatan Cikarang Barat, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat. PT X termasuk dalam jenis industri pertenunan (bukan pertenunan karung goni dan karung lainnya) dan industri penyempurnaan kain. Lingkup produksi dari PT X adalah penenunan (*weaving*) dan penyempurnaan (*finishing*) yang terdiri dari pengecapan (*printing*) dan pencelupan (*dyeing*) (PT X, 2022a). Lokasi PT X berbatasan dengan beberapa perusahaan dan permukiman penduduk, yaitu sebagai berikut:

Utara : PT Gunung Raja Paksi

Timur : PT Gunung Raja Paksi

Selatan: Saluran Sungaimalang, PT Duta Hita Jaya, PT Allure Industries

Barat : Permukiman penduduk

Lingkup area PT X ditunjukkan dalam **Gambar 2.1**.

2.2 Sejarah Perusahaan

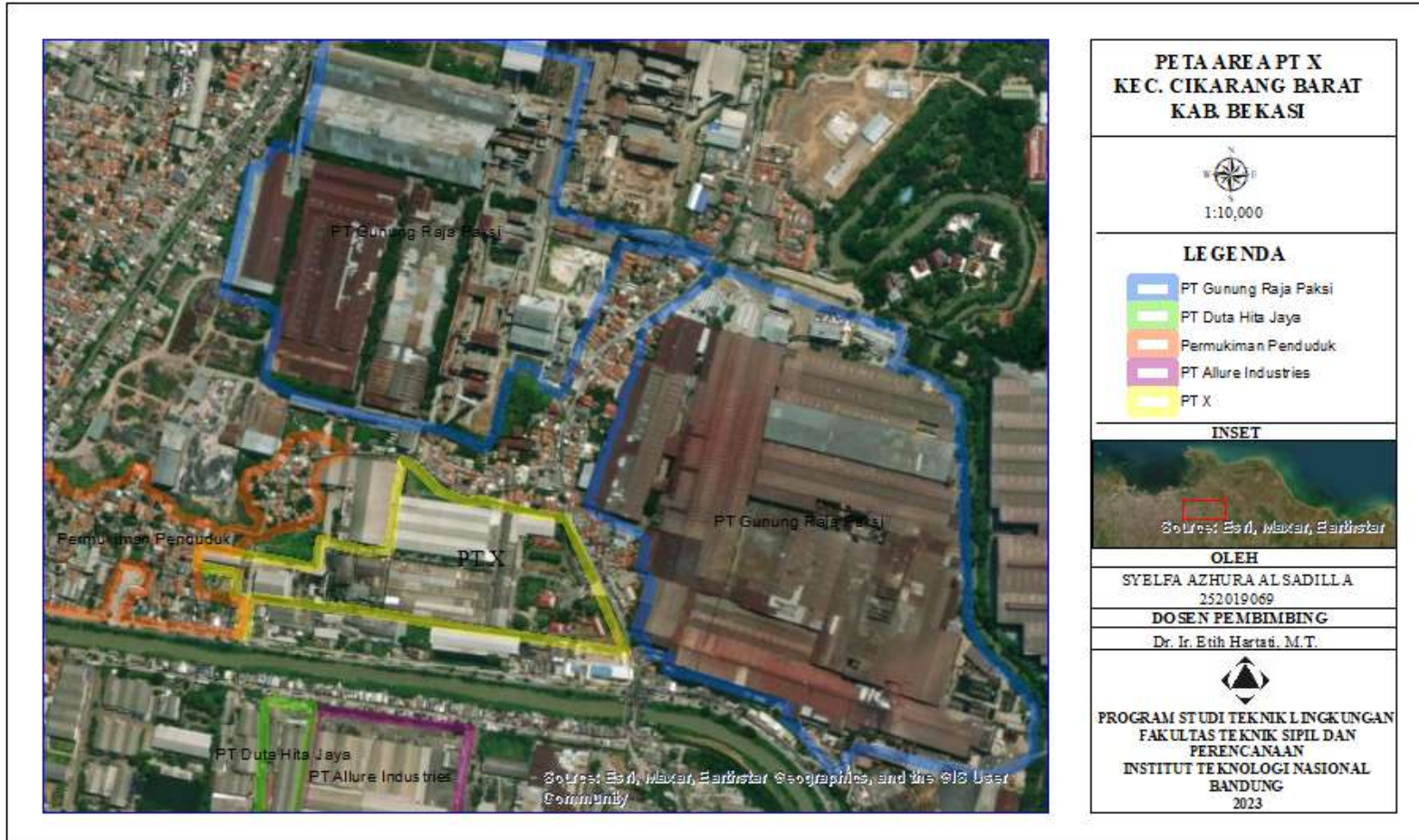
Pada tahun 1960, Mr DJ mendirikan sebuah perusahaan perdagangan. Pada tahun 1970, beliau mendirikan sebuah pabrik baru Bernama PT DPF. Pada tahun 1973, didirikan sebuah pabrik baru bernama PT SMEM. Pada tahun 1998 terjadi krisis dan PT SMEM sempat berhenti beroperasi selama beberapa bulan sebelum akhirnya berganti nama menjadi PT X yang berlokasi di Cikarang Barat (PT X, 2021).

2.3 Visi, Misi, dan Nilai-Nilai Perusahaan

PT X memiliki visi, misi, dan nilai-nilai perusahaan dalam menjalankan perusahaannya.

2.3.1 Visi

Visi PT X yaitu “kami memimpikan suatu pohon kehidupan, yang dapat manaungi lingkungan dan masyarakat di sekelilingnya dengan energi yang segar,



Gambar 2. 1 Peta Area PT X
Sumber: Google Earth, 2023

memancarkan keharuman, dan memberikan buah dari keunggulannya kepada semua *stakeholder*-nya, yang akan selalu berperan untuk selalu memelihara dan mempertahankan pohon kehidupan tersebut” (PT X, 2021).

2.3.2 Misi Perusahaan

PT X yang tergabung dalam sebuah grup perusahaan memiliki misi yaitu “menjadi pilihan utama pelanggan dalam menyediakan barang dan jasa, dengan integritas” (PT X, 2021).

2.3.3 Nilai-Nilai Perusahaan

PT X yang tergabung dalam sebuah grup perusahaan memiliki tiga nilai yaitu integritas, profesionalisme, dan kerja sama (PT X, 2021).

a. Integritas

Memiliki karakter yang menjunjung tinggi kebenaran serta bertanggung jawab melaksanakannya dalam aktivitas sehari-hari.

b. Profesionalisme

Memiliki semangat kerja dengan orientasi hasil yang konsisten dan unggul.

c. Kerja sama

Meraih keberhasilan pencapaian target dengan kerja sama yang saling mendukung dan melengkapi.

2.4 Penggunaan Lahan

PT X memiliki luas lahan 121.917 m² dengan 55,03% merupakan lahan terbuka dan 44,97% lahan tertutup. Luas dari lahan terbuka ialah 67.092,72 m² dan luas lahan tertutupnya adalah 54.824,28 m² (PT X, 2022a) Rincian luas penggunaan lahan di perusahaan ini ditunjukkan dalam **Tabel 2.1**.

2.5 Struktur Organisasi

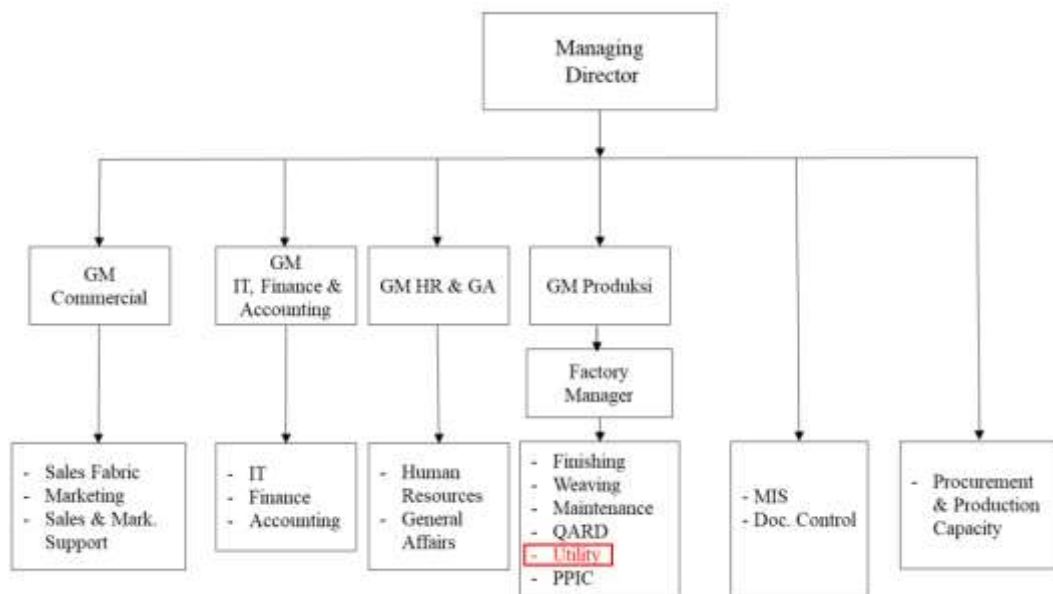
Perusahaan memerlukan berbagai bidang keahlian atau divisi untuk menjalankan operasionalnya. Setiap divisi memiliki tugas yang berbeda, namun tetap memiliki tujuan yang sama yaitu agar perusahaan dapat beroperasi dan mendapat keuntungan. Struktur organisasi yang ada di PT X ditunjukkan dalam **Gambar 2.2**.

Tabel 2. 1 Penggunaan Lahan PT X

No	Penggunaan Lahan	Luas	
		m ²	%
A. Bangunan			
1	Pos jaga	24	0,02
2	Parkir sepeda motor	180	0,14
3	Mess	762	0,6
4	Loker/R. Ganti	93	0,07
5	Kantor	864	0,69
6	Kantin	1.176	0,93
7	Gudang	6.478	5,14
8	Pabrik	35.070	27,85
9	Bengkel	1.800	1,43
10	Bak air	459	0,36
11	Water treatment	2.000	1,59
12	Ruang pemadaman	45	0,04
13	Mess karyawan	969	0,77
14	Koperasi	65	0,05
15	Boiler/storage	568	0,45
16	<i>Loading dock</i>	36	0,03
17	Jalan parkir (beton)	8.235,78	6,76%
Luas lahan tertutup A		58.824,28	46,72
B. Rencana pengembangan/lahan kosong		54.092,72	42,96
C. Sarana/Prasarana			
1	Taman/ruang terbuka hijau	13.000	10,32
Lahan Terbuka		67.092,72	53,28
Total luas lahan		126.092	100,00

Sumber: PT X, 2022

Praktik kerja ini dilaksanakan di divisi *utility* yang bertugas dalam pengolahan air bersih, air limbah, limbah B3, sumber energi, listrik, dan mesin. Divisi *utility* berhubungan dengan divisi lainnya dalam menjalankan tugasnya. Tugas dan peranan dari setiap divisi seperti yang ditunjukkan dalam **Gambar 2.2** adalah sebagai berikut:



Keterangan: tempat praktik kerja dilaksanakan

Gambar 2. 2 Sturktur Organisasi PT X

Sumber: PT X, 2022

1. *Managing Director*

Managing director merupakan manager dari semua general manager dan mengontrol secara langsung bagian MIS, dokumen kontrol, dan *procurement and production capacity*.

2. *General Manager Commercial*

General manager commercial bertugas untuk mengontrol divisi *sales fabric, marketing*, serta *sales and marketing support*.

a. *Sales Fabric*

Divisi ini bertugas menjual kain jadi.

b. *Marketing*

Divisi ini bertugas untuk memasarkan kain.

c. *Sales and Marketing Support*

Divisi ini bertugas untuk mendukung divisi *sales* dan *marketing*.

3. *General Manager IT, Finance, dan Accounting*

General manager IT, finance, dan accounting bertugas untuk mengontrol divisi *IT, finance* (keuangan), dan *accounting*.

- a. *IT (Information and Technology)*
Divisi IT bertanggung jawab dalam pengelolaan jaringan komputer dan internet perusahaan.
 - b. *Finance*
Divisi *finance* atau keuangan bertugas untuk mengelola keuangan perusahaan.
 - c. *Accounting*
Bertugas untuk mencatat keuangan perusahaan.
4. *General Manager Human Resource dan General Affair*
General Manager Human Resource dan *General Affair* bertugas untuk mengontrol divisi *human resources*.
- a. *Human Resources*
Divisi ini bertugas untuk mengontrol sumber daya tenaga kerja perusahaan.
 - b. *General Affairs*
General affairs merupakan bagian umum yang bertugas mengawasi kendaraan, bangunan, perizinan, K3, kesehatan.
5. *General Manager Production*
General Manager Production bertugas untuk mengontrol *factory manager*.
- 5.1 *Factory Manager*
Factory manager bertugas untuk mengontrol divisi *finishing*, *weaving*, *maintenance*, QARD, *utility*, dan PIPC.
- a. *Finishing*
Divisi ini bertugas untuk menghasilkan kain jadi.
 - b. *Weaving*
Divisi ini bertugas untuk membuat kain *greige* atau kain mentah.
 - c. *Maintenance*
Divisi *maintenance* merupakan divisi yang bertugas memelihara mesin produksi.
 - d. QARD (*Quality Assurance and Resource Development*)

Divisi ini bertugas mengecek kualitas, memberi garansi kualitas, dan penelitian untuk mendapatkan kualitas kain yang baik.

e. *Utiliy*

Divisi ini bertugas dalam pengelolaan air bersih, air limbah, limbah B3, sumber energi, listrik, dan mesin.

f. *PPIC (Production Planning and Inventory Control)*

Divisi ini bertugas untuk inventarisasi produksi dari bahan baku sampai bahan jadi dan mengontrol perencanaan produksi.

6. *MIS (Managing Information Systems)*

Divisi ini bertugas untuk memprogram sistem informatika perusahaan.

7. *Document Control*

Divisi ini bertugas untuk mengontrol seluruh dokumen perusahaan dan melakukan audit internal.

8. *Procurement and Production Capacity*

Divisi ini bertugas untuk pengadaan *spare part* dan kebutuhan perusahaan serta merencanakan produksi sesuai kapasitas mesin yang dimiliki perusahaan.

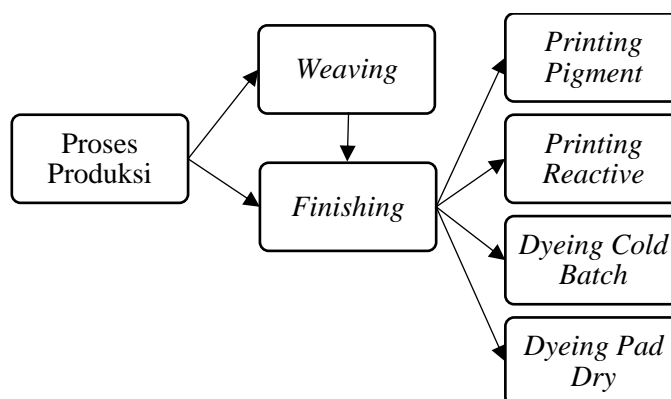
2.6 Proses Produksi

Proses produksi yang ada di PT X terdiri dari *weaving* dan *finishing*. Pada proses *weaving*, benang akan diubah menjadi kain *greige*. Kain *greige* adalah kain mentah yang berwarna putih. Kain ini akan melalui tahap penyempurnaan atau *finishing* untuk diberi warna dan corak serta untuk menghilangkan kotoran yang ada di kain baik kotoran alami maupun kotoran dari luar. Proses produksi yang terjadi di PT X ditunjukkan dalam **Gambar 2.3**.

2.6.1 Proses di Divisi *Weaving*

Proses produksi *greige shirting* dimulai dari proses penerimaan benang sebagai feeding untuk proses penggulungan (*rewinding*) benang dan pembentukan kain satu anyam (*warping*). Setelah melalui proses *rewinding* dan *warping*, proses berikutnya adalah penambahan kanji (*sizing*) yang bertujuan agar benang pada kain menjadi kuat dan tidak mudah putus. Kemudian dilakukan proses *reaching* untuk memberikan waktu bereaksi antara benang dengan kanji secara sempurna.

Berikutnya dilakukan proses penenunan (*weaving*) untuk membuat kain dengan anyaman banyak (kain *greige*). Setelah menjalani proses *weaving*, dilakukan pengecekan kualitas kain *greige* dengan proses *inspecting* untuk memisahkan kualitas kain grade A dan grade B. Selanjutnya dilakukan packing terhadap kain *greige*. Alur proses pembentukan *greige shirting* ditunjukkan dalam **Gambar 2.4**.



Gambar 2. 3 Proses Produksi di PT X

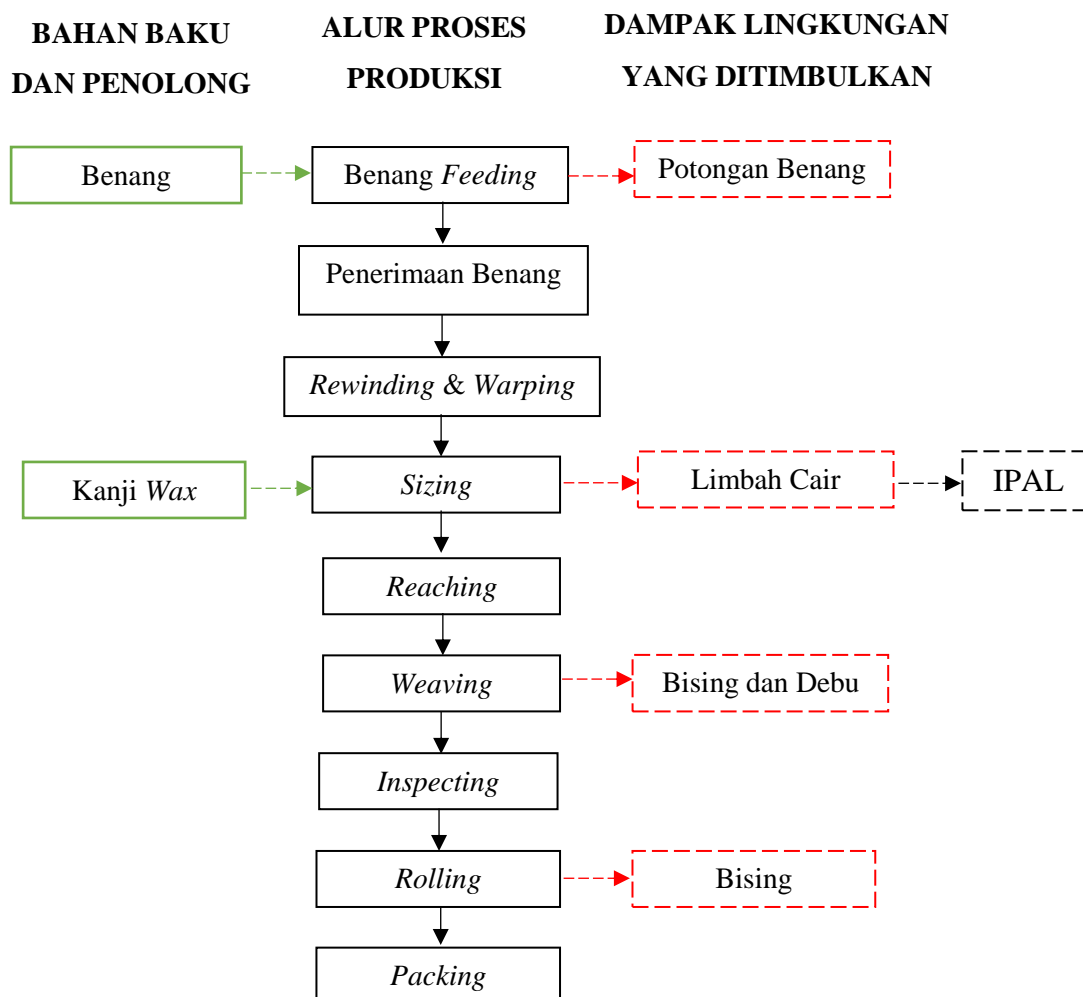
Sumber: PT X, 2022

2.6.2 Proses di Divisi *Finishing*

Proses penyempurnaan kain atau *finishing* terbagi menjadi pencelupan (*dyeing*) dan pencetakan (*printing*).

2.6.2.1 *Printing Pigment*

Pada mesin *singeing* dilakukan pembakaran bulu pada kain *greige*. Kemudian dilakukan pemutihan kain pada mesin *continuous*. Proses berikutnya dilakukan pelebaran kain pada mesin *mercerizing*. Proses pembuatan ukuran pola printing dilakukan pada tahap *setting printing* di mesin *rotary printing*. Setelah *setting printing* sesuai dengan pola yang diinginkan, selanjutnya dilakukan proses *printing* kain. Proses berikutnya adalah *curing*. Setelah itu, dilakukan proses *finishing* meliputi pencucian pada mesin washing dan stenter. Berikutnya dilakukan *inspecting* dan digulung menggunakan mesin *rolling*. Proses terakhir dari *printing pigment* adalah *packing*. Proses *printing pigment* ditunjukkan dalam **Gambar 2.5**.



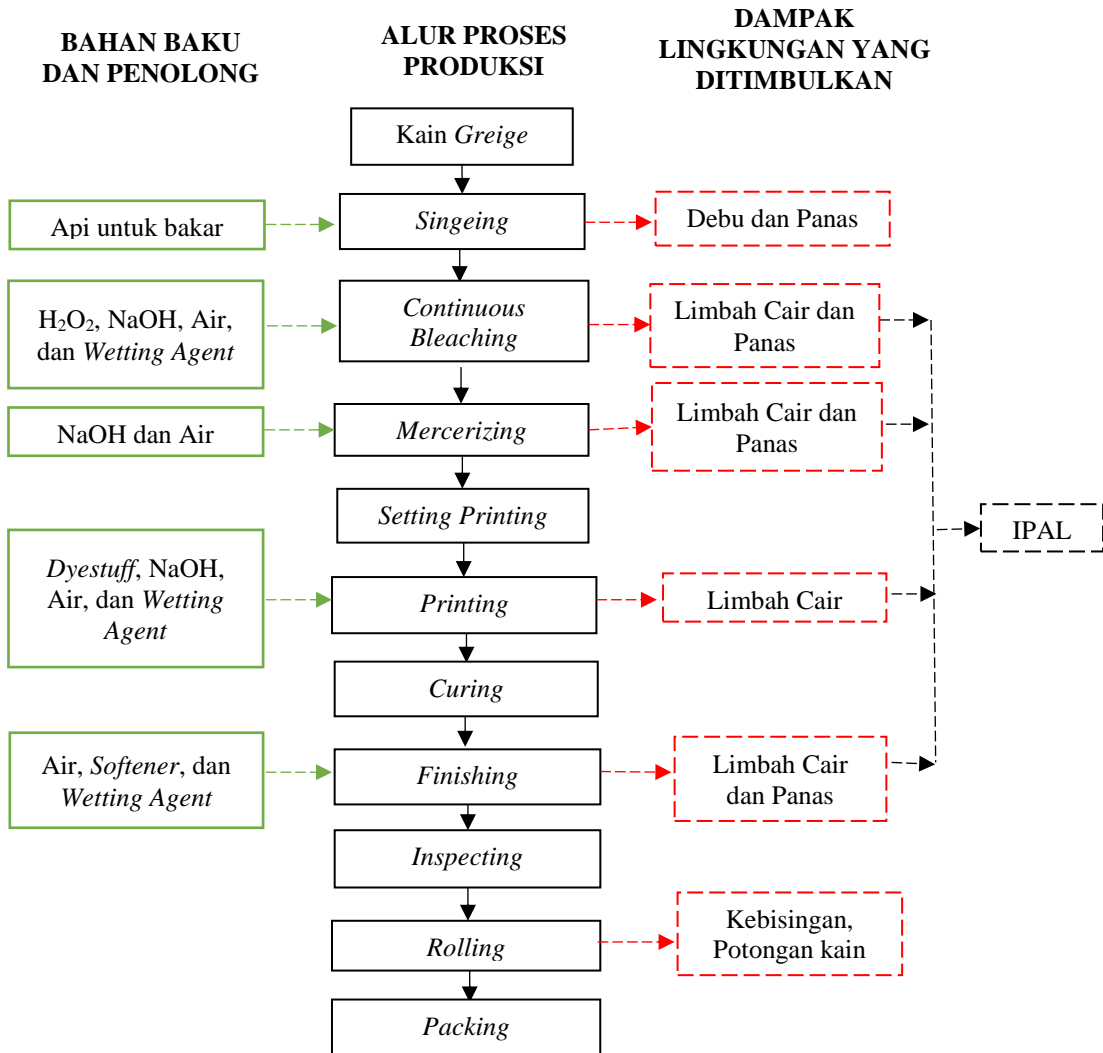
Gambar 2. 4 Alur Proses *Weaving* di PT X

Sumber: UKL UPL Semester I 2022 PT X, 2022

2.6.2.2 *Printing Reactive*

Dilakukan pembakaran bulu pada kain greige di mesin *singeing*. Dilanjutkan dengan proses *continuous bleaching* yang bertujuan untuk memutihkan kain. Proses *mercerizing* bertujuan untuk memberi tegangan pada kain sehingga menimbulkan efek kilau dan pelebaran kain. Proses pembuatan ukuran pola printing dilakukan pada tahap *setting printing*. Setelah *setting printing* sesuai dengan pola yang diinginkan, selanjutnya dilakukan proses *printing* kain. Proses berikutnya adalah *steamer* yaitu kain dipanaskan dengan suhu tinggi. Setelah itu dilakukan pencucian

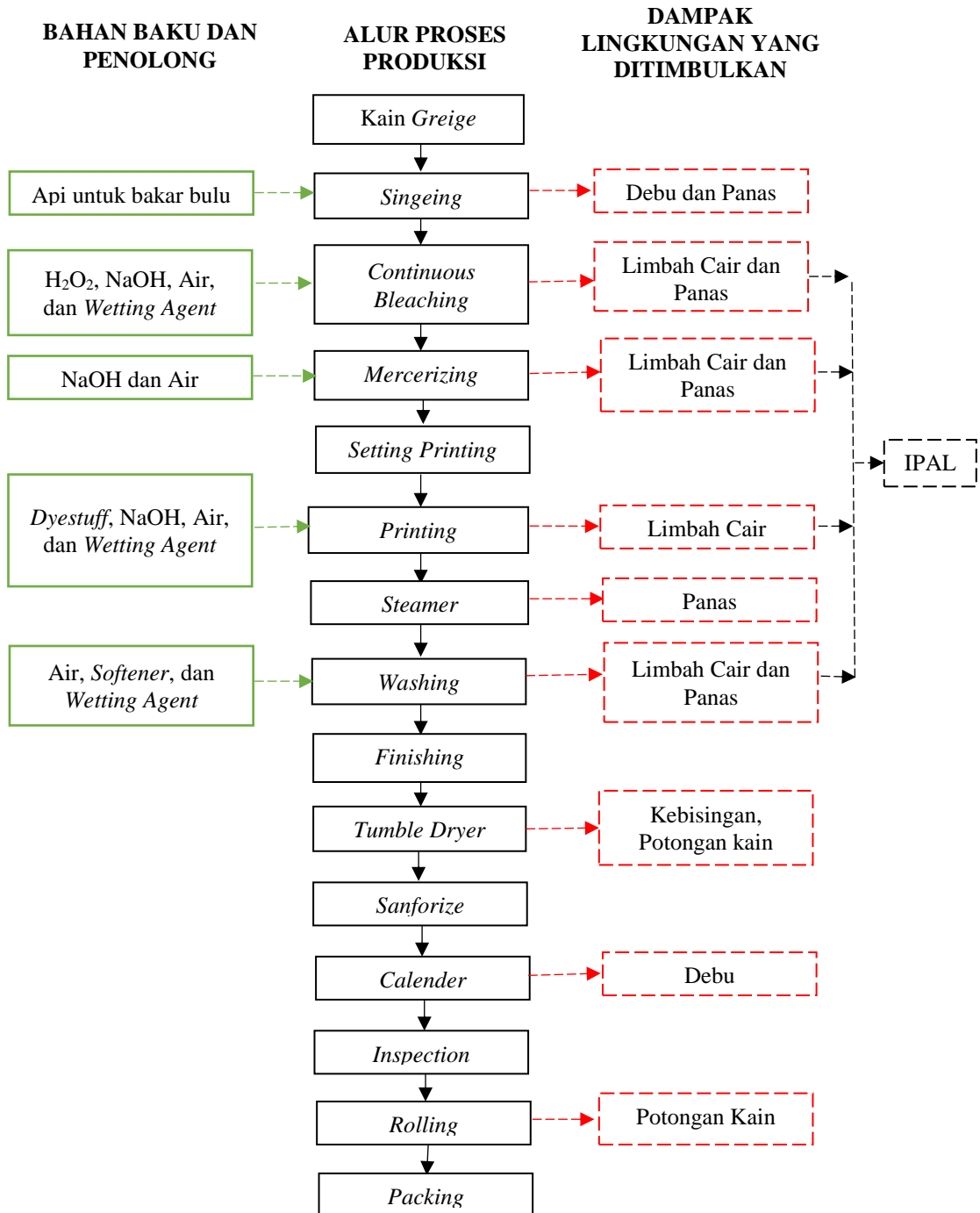
(*washing*) pada kain dan dilanjutkan dengan proses *finishing*. Kain dikeringkan dalam tahap *tumble dryer*.



Gambar 2. 5 Proses *Printing Pigment*

Sumber: UKL UPL Semester I 2022 PT X, 2022

Setelah itu, kain akan dilanjutkan untuk ke tahap *sanforize* yang bertujuan untuk melenturkan, menguatkan, dan agar kain tidak menyusut. Kemudian akan dilanjutkan pada proses *calender* atau penyetricaan dengan bantuan tekanan dan panas. Kain akan melalui tahap *inspection* untuk diketahui kualitasnya, lalu dilanjutkan ke tahap *rolling* dan *packing*. Tahapan proses *printing reactive* ditunjukkan dalam **Gambar 2.6**.



Gambar 2. 6 Proses *Printing Reactive*

Sumber: UKL UPL Semester I 2022 PT X, 2022

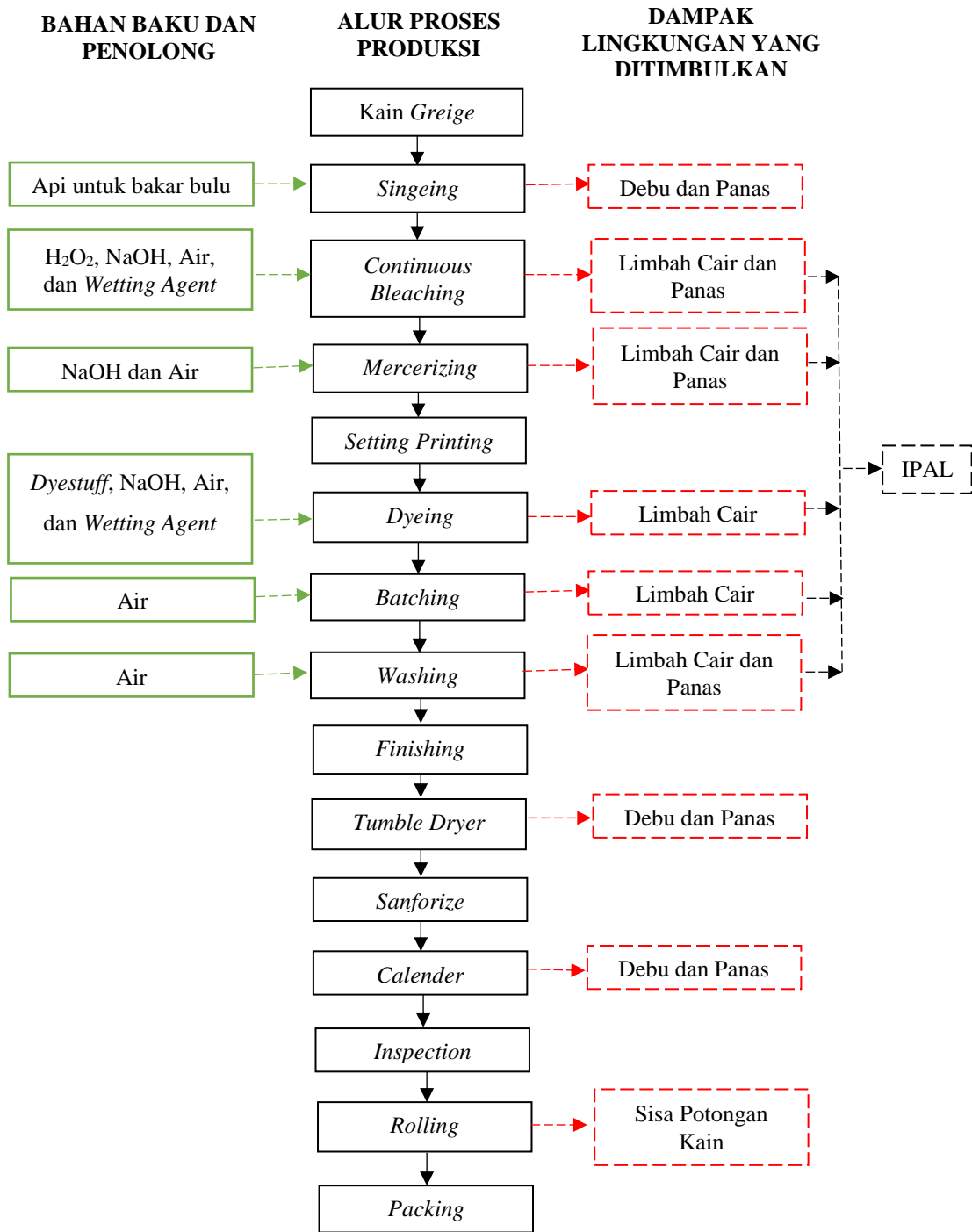
2.6.2.3 Dyeing Cold Batch

Pada proses ini dilakukan pembakaran bulu pada kain *greige* di mesin *singeing*. Proses dilanjutkan dengan *continuous bleaching* yang bertujuan untuk memutihkan

kain. Proses *mercerizing* bertujuan untuk memberi tegangan pada kain sehingga menimbulkan efek kilau dan pelebaran kain. Kemudian proses *setting printing* dan *dyeing*. Pada proses *batching*, zat warna dilarutkan atau didispersikan ke dalam larutan celup. Kain direndam dalam larutan celup lalu dipindahkan setelah sebagian besar zat warna dialihkan dan didistribusikan secara menyeluruh dan merata serta masuk ke dalam serat. Kemudian kain dicuci (*washing*) untuk menghilangkan sisa zat warna dan dilanjutkan ke proses *finishing*. Kain dikeringkan dalam tahap *tumble dryer*. Setelah itu, kain akan dilanjutkan untuk ke tahap *sanforize* yang bertujuan untuk melenturkan, menguatkan, dan agar kain tidak menyusut. Kemudian akan dilanjutkan pada proses *calender* atau penyetrikan dengan bantuan tekanan dan panas. Kain akan melalui tahap *inspection* untuk diketahui kualitasnya, lalu dilanjutkan ke tahap *rolling* dan *packing*. Tahapan proses *dyeing cold batch* ditunjukkan dalam **Gambar 2.7**.

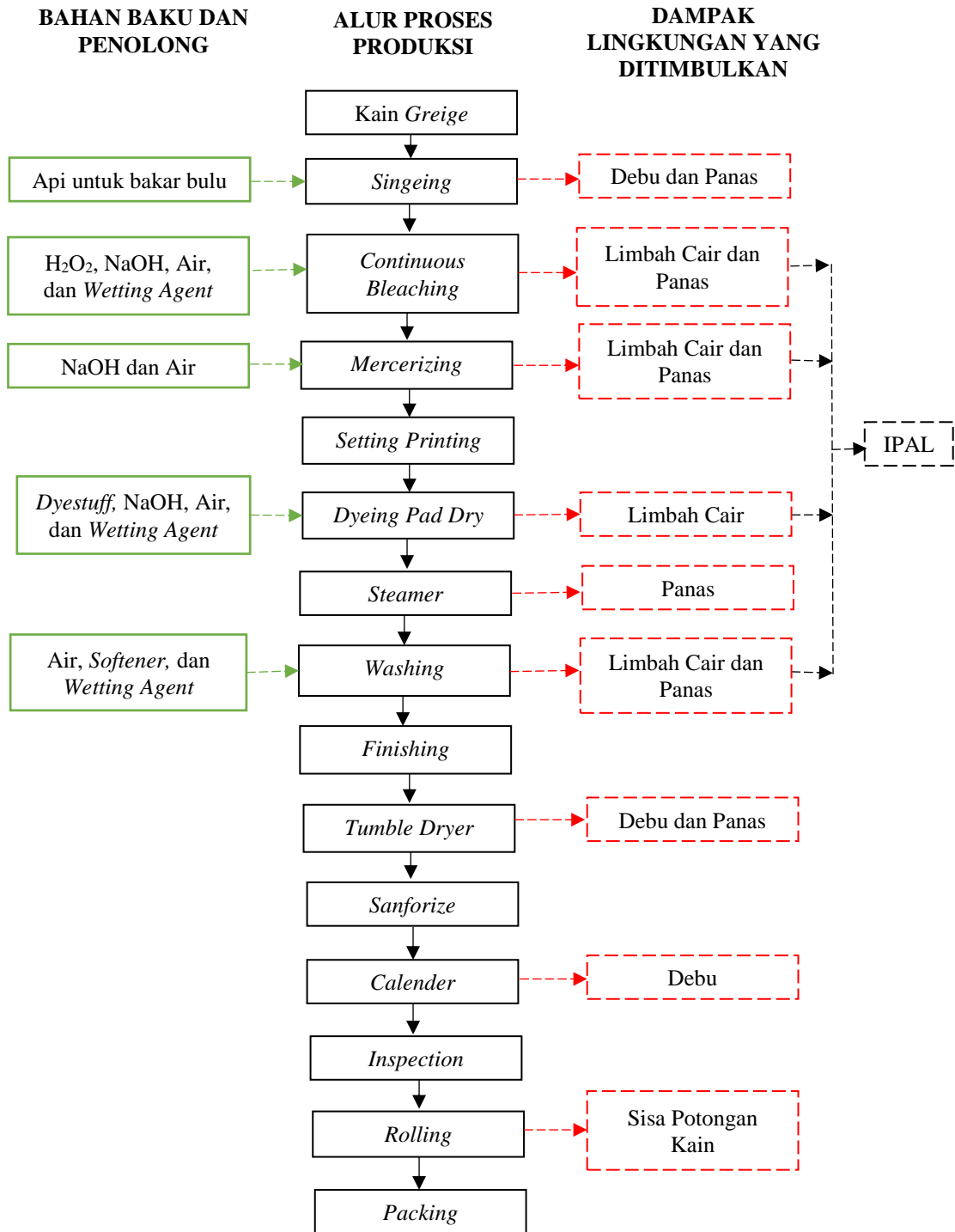
2.6.2.4 Dyeing Pad Dry

Pada proses ini dilakukan pembakaran bulu pada kain *greige* di mesin *singeing*. Tahapan berikutnya adalah *continuous bleaching* yang bertujuan untuk memutihkan kain. Proses *mercerizing* bertujuan untuk memberi tegangan pada kain sehingga menimbulkan efek kilau dan pelebaran kain. Selanjutnya proses *setting printing* dan *dyeing*. Proses berikutnya adalah *dyeing pad dry*, kain akan melalui proses *dye* lalu dikeringkan dan ditambahkan alkali lalu melalui proses *steaming*. Kemudian kain dicuci (*washing*) untuk menghilangkan sisa zat warna dan dilanjutkan ke proses *finishing*. Kain dikeringkan dalam tahap *tumble dryer*. Setelah itu, kain akan dilanjutkan untuk ke tahap *sanforize* yang bertujuan untuk melenturkan, menguatkan, dan agar kain tidak menyusut. Kemudian akan dilanjutkan pada proses *calender* atau penyetrikan dengan bantuan tekanan dan panas. Kain akan melalui tahap *inspection* untuk diketahui kualitasnya, lalu dilanjutkan ke tahap *rolling* dan *packing*. Tahapan proses *dyeing pad dry* ditunjukkan dalam **Gambar 2.8**.



Gambar 2. 7 Proses *Dyeing Cold Batch*

Sumber: UKL UPL Semester I 2022 PT X, 2022



Gambar 2. 8 Proses *Dyeing Pad Dry*

Sumber: UKL UPL Semester I 2022 PT X, 2022

2.7 Kapasitas Produksi

Jenis produk yang dihasilkan oleh PT X adalah *printing shirting* dan *greige shirting* dengan kapasitas produksi yang ditunjukkan dalam **Tabel 2.2**. Terdapat dua sifat produksi yaitu bahan $\frac{1}{2}$ jadi dan bahan jadi. Bahan $\frac{1}{2}$ jadi merupakan bahan yang kanjinya sudah dihilangkan akibat proses tenun tetapi belum melalui proses *finishing*. Sedangkan bahan jadi merupakan bahan yang sudah melalui proses *finishing* (*dyeing* dan *printing*).

Tabel 2. 2 Kapasitas Produksi PT X

No	Jenis Produk	Kapasitas Produk/Tahun			Sifat Produksi		
		Eksisting	Perubahan	Total	Rill *)	Bahan $\frac{1}{2}$ Jadi	Bahan Jadi
1	<i>Printing</i>	36.000.000	-	36.000.000	5.700.187	-	√
	<i>Shirting</i>	yard		yard	yard		
2	<i>Greige</i>	30.000.000	-	30.000.000	9.829.998	√	-
	<i>Shirting</i>	yard		yard	yard		

*) Jumlah produksi PT X periode Januari sampai Juni 2022

Sumber: UKL UPL Semester I 2022 PT X, 2022

2.8 Waktu Operasi Pabrik

PT X beroperasi selama 24 jam dalam sehari dan enam hari kerja dalam satu minggu. Untuk terus beroperasi selama 24 jam setiap harinya maka terdapat pembagian *shift* kerja yang ditunjukkan dalam **Tabel 2.3**.

Tabel 2. 3 Waktu Operasi Pabrik

Jenis Shift		Jam Kerja	Jumlah Tenaga Kerja
Non-Shift	Senin-Jumat	08:00 s/d 16:00 WIB	366
	Sabtu	07:00 s/d 12:00 WIB	
Shift I		07:00 s/d 15:00 WIB	203
Shift II		15:00 s/d 23:00 WIB	203
Shift III		23:00 s/d 07:00 WIB	203

Sumber: UKL UPL Semester I 2022 PT X, 2022

2.9 Bahan Baku dan Bahan Penolong

Bahan baku yang digunakan dalam proses produksi adalah benang dan kain *greige*. Sedangkan bahan penolong yang digunakan adalah *dyestuff*, *chemical*, dan air. Setiap bahan baku dan penolong memiliki bentuk, sifat, dan cara penyimpanan yang

berbeda. Dari bahan baku tersebut dihasilkan bahan sisa berupa afvalan (bahan sisa proses yang tidak layak untuk proses selanjutnya), bujukan (potongan sampel produksi), *bad stock* (kain cacat yang tidak lolos pengecekan kualitas), potongan (panjang kain kurang), dan sampel kain. Rincian lebih lanjut mengenai bahan baku dan bahan penolong yang digunakan ditunjukkan dalam **Tabel 2.4**.

Tabel 2. 4 Bahan Baku dan Bahan Penolong Produksi di PT X

Bahan Baku	Kapasitas Eksisting	Kapasitas Olah	Bentuk Fisik (padat/ cair/ gas/ lainnya)	Sifat Bahan	Asal Bahan	Cara Penyimpanan	Neraca Bahan	
							% Produk	% Sisa
A. Bahan Baku								
Benang	206.350 kg/bln	-	Padat	Mudah Terbakar	Dalam Negeri	Gudang Tertutup	Grey 99,9%	0,1% afvalan
Kain <i>greige</i>	35.000 yard/hari	-	Padat	Mudah Terbakar	Dalam Negeri	Gudang Tertutup	95,9% produk	4,1% afvalan, bujukan, <i>bad stock</i> , potongan, sampel
B. Bahan Penolong								
<i>Dyestuff</i>	1.011 kg/bln	-	Padat dan Cair	Korosif	Dalam Negeri	Drum	90%	10%
Bahan Kimia	70.225 kg/bln	-	Cair	Beracun	Dalam Negeri	Drum	90%	10%
Air	46.990 m ³ /bln	60.000 m ³ /bln	Cair	Tidak berbahaya	Dalam Negeri	Bak Reservoir	90%	0,10%

Sumber: UKL UPL Semester I 2022 PT X, 2022

2.10 Jenis Peralatan Produksi

Proses produksi menggunakan berbagai jenis alat yang didatangkan dari berbagai negara. Setiap alat memiliki fungsi yang berbeda-beda sehingga energi penggerak dan jenis dampak yang ditimbulkannya pun berbeda-beda. Jenis peralatan produksi yang digunakan di PT X ditunjukkan dalam **Tabel 2.5**.

Tabel 2. 5 Jenis Peralatan (Mesin) Produksi di PT X

No	Jenis Alat	Jumlah			Kondisi (%)	Negara Pembuat	Energi Penggerak	Jenis Dampak/ Cemaran
		Eksisting	Perluasan Jenis	Total				
1	<i>Warping (Texmac)</i>	1	-	1	80	Indonesia	Listrik	Tajam
2	<i>Warping (Benninger)</i>	1	-	1	80	China	Listrik	Tajam
3	<i>Sizing (Sucker M)</i>	1	-	1	80	Indonesia	Listrik	Panas
4	<i>Sizing Kanamaru</i>	1	-	1	80	Jepang	Listrik	Panas
5	<i>Compressor Atlas Copco</i>	5	-	5	80	Jepang	Listrik	Bising

No	Jenis Alat	Jumlah			Kondisi (%)	Negara Pembuat	Energi Penggerak	Jenis Dampak/Cemaran
		Eksisting	Perluasan Jenis	Total				
6	<i>Compresor Cobelco</i>	2	-	2	80	Italia	Listrik	Bising
7	<i>Winding</i>	3	-	3	80	Italia	Listrik	Getar
8	<i>Inspecting</i>	12	-	12	80	Italia	Listrik	Bising
9	<i>Folding/Yarding</i>	3	-	3	80	Italia	Listrik	Bising
10	Tenun (Toyota AJL)	217	-	217	80	Italia	Listrik	Bising
11	Tenun (Toyota)	6	-	6	80	Italia	Listrik	Bising
12	<i>Singeing dan Desizing</i>	1	-	1	80	Italia	Listrik	Bising
13	<i>Bakar Bulu Otsoff</i>	1	-	1	80	Italia	Listrik	Panas
14	<i>Continous Bleaching</i>	1	-	1	80	Italia	Listrik	Panas
15	<i>Chain Merserizing</i>	1	-	1	75	Indonesia	Listrik	Panas
16	<i>Shearing</i>	1	-	1	75	Indonesia	Listrik	Bising
17	<i>Sueding</i>	1	-	1	65	Jerman	Listrik	Bising
18	<i>Washing Sando I</i>	1	-	1	65	China	Listrik	Panas
19	<i>Dryer</i>	6	-	6	75	Jepang	Listrik	Panas
20	<i>Rotary Printing Pegazus</i>	2	-	2	75	Jepang	Listrik	Bising
21	<i>Rotary Zimer</i>	1	-	1	80	Indonesia	Listrik	Bising
22	<i>Thermosol</i>	1	-	1	80	Indonesia	Listrik	Bising
23	<i>Steamer Aeroli</i>	1	-	1	80	Indonesia	Listrik	Panas
24	<i>Chain Merserizing</i>	4	-	4	80	Indonesia	Listrik	Panas
25	<i>Shearing</i>	2	-	2	80	Korea	Listrik	Bising
26	<i>Sueding</i>	1	-	1	80	Indonesia	Listrik	Bising
27	<i>Washing Sando I</i>	1	-	1	100	Malaysia	Listrik	Panas
28	<i>Dryer</i>	6	-	6	80	Italia	Listrik	Panas
29	<i>Rotary Printing</i>	2	-	2	80	Italia	Listrik	Bising
30	<i>Rotary Zimer</i>	1	-	1	80	Italia	Listrik	Bising
31	<i>Thermosol</i>	1	-	1	80	Swiss	Listrik	Bising
32	<i>Steamer Aeroli</i>	1	-	1	80	Italia	Listrik	Panas
33	<i>Stenter</i>	4	-	4	80	Belanda	Listrik	Panas
34	<i>Oil Boiler</i>	3	-	3	80	Italia	Listrik	Panas
35	<i>Curing</i>	1	-	1	80	Italia	Listrik	Tajam
36	<i>Steam Boiler</i>	3	-	3	80	China	Listrik	Panas
37	<i>Rolling</i>	6	-	6	95	Indonesia	Listrik	Bising

No	Jenis Alat	Jumlah			Kondisi (%)	Negara Pembuat	Energi Penggerak	Jenis Dampak/Cemaran
		Eksisting	Perluasan Jenis	Total				
38	<i>Yarding</i>	4	-	4	80	Indonesia	Listrik	Bising
39	<i>Calender</i>	2	-	2	80	Swiss	Listrik	Bising
40	<i>Tamble Dryer</i>	-	1	1	100	India	Listrik	Panas
41	<i>Digital Printing</i>	-	1	1	100	China	Listrik	-
42	<i>Washing Arioli</i>	-	1	1	100	Italia	Listrik	Panas

Sumber: UKL UPL Semester I 2022 PT X, 2022

2.11 Debit Air Limbah

Debit air limbah dihitung dengan menggunakan *flow meter* yang terdapat di *inlet* dan *outlet*. Debit yang dihitung berasal dari air limbah produksi dan domestik. Debit air limbah yang dihasilkan PT X setiap bulannya pada semester 1 2022 ditunjukkan dalam **Tabel 2.6**.

Tabel 2. 6 Debit Air Limbah di Inlet dan Outlet IPAL PT X Januari-Juni 2022

Bulan	Inlet (m ³ /bulan)	Outlet (m ³ /bulan)
Januari	35.703	34.939
Februari	28.999	28.168
Maret	32.978	32.129
April	28.198	27.876
Mei	21.914	21.775
Juni	6.368	3.558
Rata-Rata per Hari (m ³ /hari)	856,444	824,694

Sumber: UKL UPL Semester I 2022 PT X, 2022

Sementara itu, debit air limbah di inlet IPAL PT X selama 1 tahun dari Juli 2021 hingga Juni 2022 ditunjukkan dalam **Tabel 2.7**.

Tabel 2. 7 Debit Air Limbah di Inlet IPAL PT X Juli 2021-Juni 2022

Bulan	Debit Inlet (m ³ /bulan)
Juli 2021*	19.113
Agustus 2021*	25.005
September 2021*	23.100
Oktober 2021*	24.871

Bulan	Debit Inlet (m³/bulan)
November 2021*	31.942
Desember 2021*	36.447
Januari 2022**	35.703
Februari 2022**	28.999
Maret 2022**	32.978
April 2022**	28.198
Mei 2022**	21.914
Juni 2022**	6.368
Total	314.638
Rata-rata (m³/hari)	873,994

Sumber: *Kajian Lingkungan Hidup Strategis PT X 2021, 2022

**UKL UPL Semester I 2022 PT X, 2022

2.12 Karakteristik Air Limbah

Air limbah yang dihasilkan oleh PT X berasal dari kegiatan penunjang dan produksi. Karakteristik air limbah yang masuk ke inlet IPAL ditunjukkan dalam **Tabel 2.8**.

Tabel 2. 8 Karakteristik Air Limbah di Inlet IPAL PT X Juni 2022

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi
1	Suhu	°C	30
2	TSS	mg/L	45,2
3	warna	Pt-Co	170
4	pH		8,98
5	Cr6+	mg/l	<0,025
6	H2S	mg/l	<0,001
7	NH3-N	mg/l	19,6
8	BOD	mg/l	56
9	COD	mg/l	186
10	Phenol	mg/l	<0,001
11	Minyak dan Lemak	mg/l	<0,1

Sumber: UKL UPL Semester I 2022 PT X, 2022

2.13 Pengolahan Air Limbah

Air limbah yang dihasilkan dari proses produksi dan kegiatan domestik PT X diolah melalui IPAL milik perusahaan. Pengolahan air limbah dilakukan secara fisika, kimia, dan biologi sebelum dialirkan ke Sungai Cikedokan. Lokasi IPAL dan *outfall* PT X ditunjukkan dalam **Gambar 2.9**. Jalur pembuangan air limbah dan lokasi

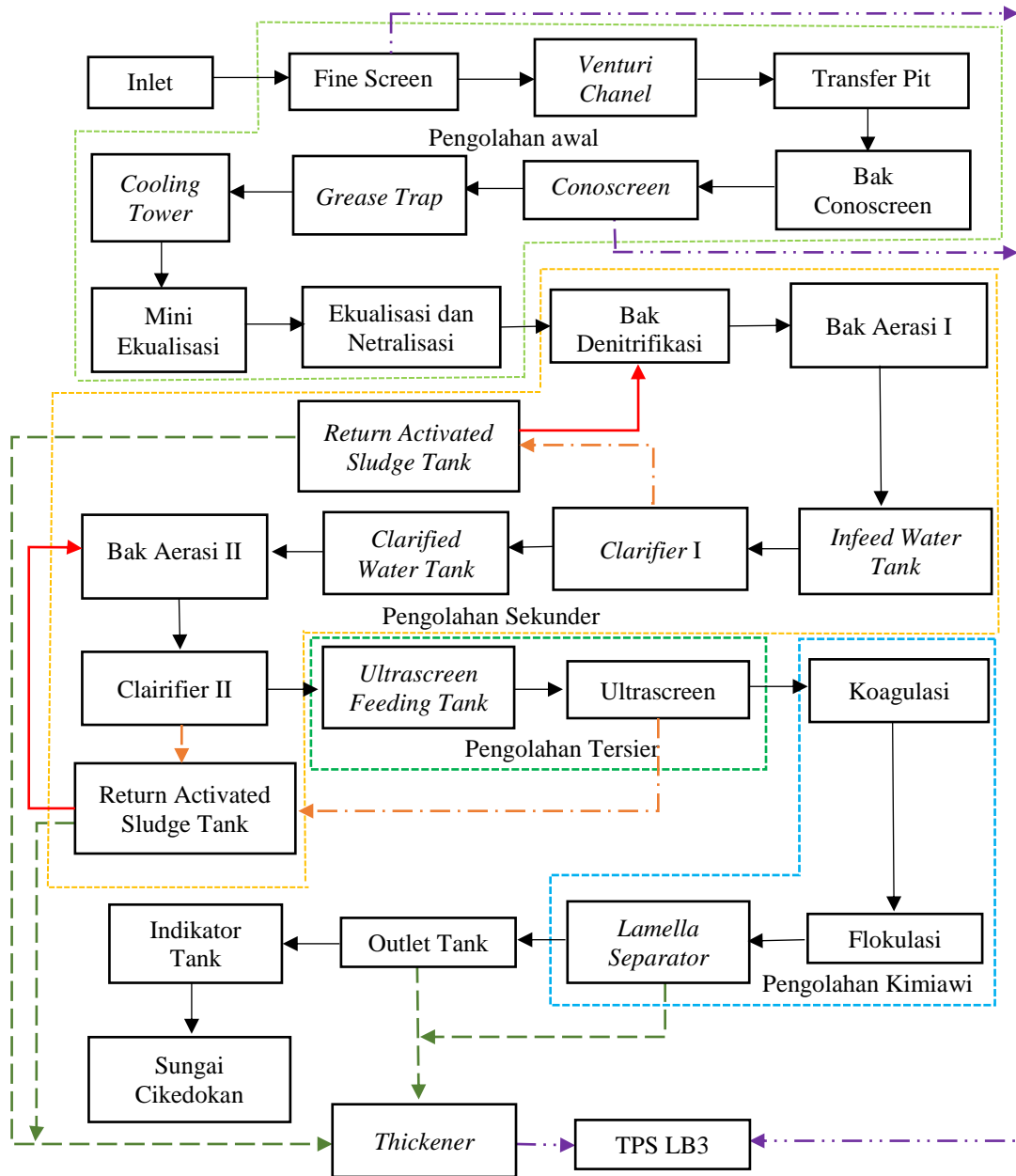
IPAL di PT X ditunjukkan dalam **Gambar 2.10**. Alur proses IPAL PT X ditunjukkan dalam **Gambar 2.11**.

Uraian alur proses pengolahan air limbah di IPAL PT X adalah sebagai berikut:

1. Air limbah dari kegiatan industri dan domestik dialirkan melalui saluran tertutup yang terhubung dengan IPAL.
2. Air limbah masuk melalui inlet untuk tahap penghilangan padatan berukuran besar dengan menggunakan *fine screen*.
3. Air limbah yang telah tersaring dari unit *fine screen* dialirkan melewati *venturi chanel* menuju *transfer pump* untuk disalurkan ke bak *conoscreen*.
4. Air limbah dari bak *conoscreen* akan dialirkan ke *conoscreen* untuk dilakukan penyaringan terhadap kapas dan padatan yang masih terdapat dalam air.
5. Air limbah yang telah tersaring dialirkan menuju *grease trap* untuk selanjutnya dialirkan ke *cooling tower* dengan menggunakan pompa.
6. Air limbah yang telah dingin dari proses *cooling tower* akan dialirkan ke bak mini ekualisasi dan selanjutnya dialirkan ke bak ekualisasi. Pada bak ekualisasi, *mixer* dijalankan untuk menghomogenkan air limbah. Selain itu, dilakukan proses netralisasi dengan menginjeksi asam sulfat (H_2SO_4) menggunakan *dozing pump* hingga pH mencapai 7,5-9.
7. Air limbah dengan rentang pH 7,5 sampai 9 akan dialirkan ke bak *denitrification* dengan proses pengadukan menggunakan *mixer*.
8. Air limbah dari proses *denitrification* akan dialirkan dengan pompa ke bak aerasi I. Bak ini dilengkapi dengan *fine bubble diffuser* untuk menambahkan oksigen terlarut yang nilainya akan diukur menggunakan *on site* DO meter. Proses ini dilakukan dengan *activated sludge*.
9. Air limbah yang telah melalui tahap aerasi akan disalurkan ke *infeed tank* dan ditambahkan *decoloran* untuk menghilangkan warna. Air limbah dari unit ini dialirkan ke *clarifier* I untuk proses pemisahan air dan lumpur. Lumpur dialirkan ke *return activated sludge tank* dan dikembalikan ke bak denitrifikasi sebanyak 35%. Sedangkan sisanya dialirkan menuju *thickener*. Sementara itu, air yang sudah terpisah dialirkan menuju *clarified water tank*.



Gambar 2. 9 Lokasi IPAL dan Outfall PT X
 Sumber: PT X, 2020



Alur proses IPAL di PT X ditunjukkan dalam **Gambar 2.11**.

Keterangan:

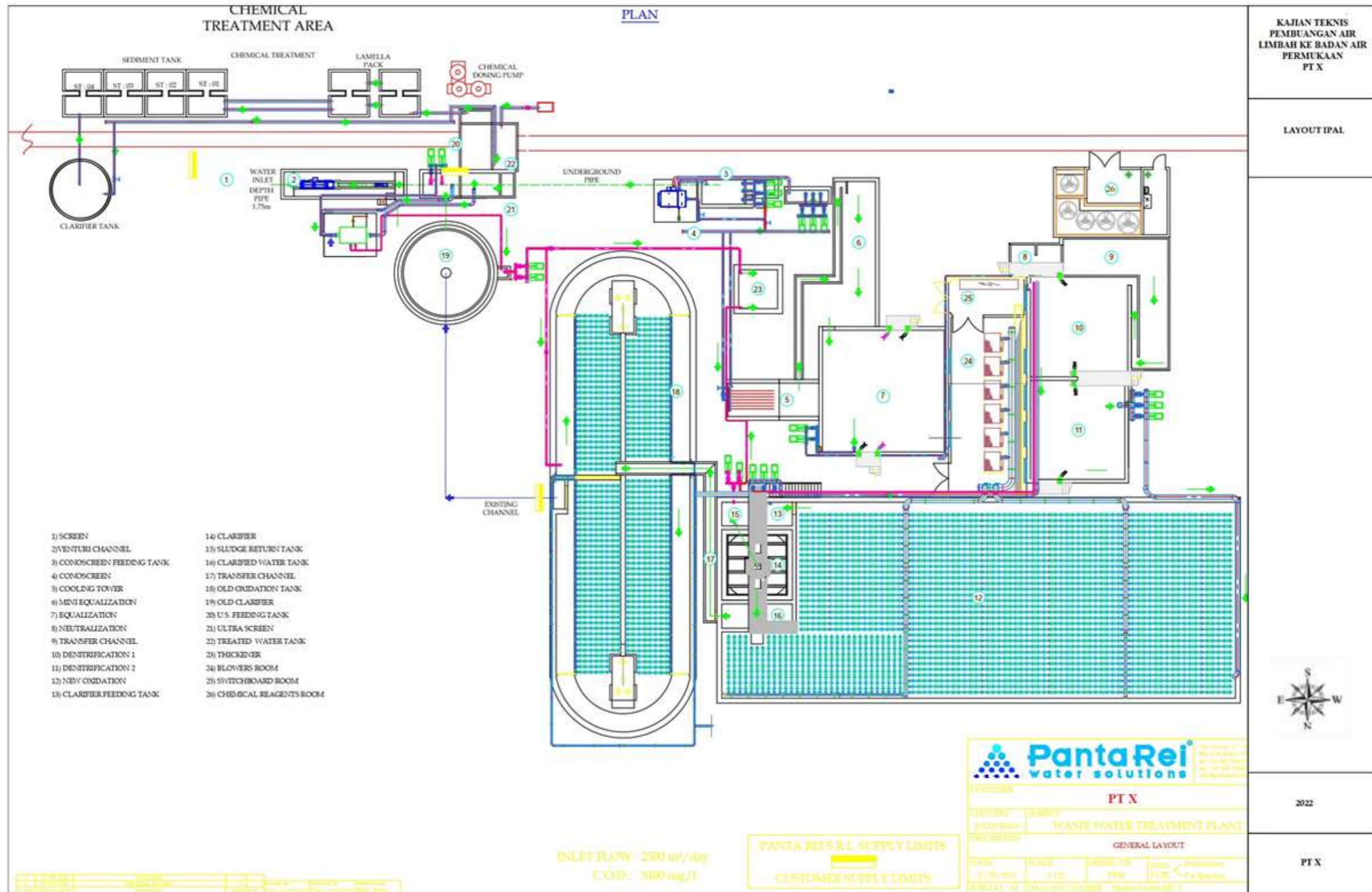
- air limbah
- . - . lumpur menuju *return activated sludge tank*
- lumpur yang dikembalikan
- - - lumpur yang dibuang ke thickener
- . . - . pembuangan ke TPS LB3 PT X

Gambar 2. 11 Alur Proses IPAL di PT X

Sumber: PT X, 2022

10. Air dari *clarified water tank* dialirkan menuju bak aerasi II. Pada unit ini dilakukan penambahan oksigen terlarut dengan menggunakan *fine bubble difusser* yang konsentrasinya akan diukur menggunakan *on site DO* meter.
11. Air limbah hasil proses aerasi II akan dialirkan ke unit *clarifier* II untuk proses pengendapan. Lumpur yang dihasilkan dialirkan menuju *return activated sludge* untuk disalurkan kembali ke bak aerasi II.
12. Sementara itu, air dari unit *clarifier* II akan dialirkan ke *ultrascreen feeding tank*. Air ini dialirkan menggunakan pompa ke proses filtrasi pada unit *ultrascreen* untuk menghilangkan TSS yang masih terbawa dalam air limbah.
13. Air limbah dari proses filtrasi dengan *ultrascreen* dialirkan menuju bak koagulasi untuk dilakukan pembubuhan dengan PAC dan DCA. Padatan yang tersaring oleh *ultrascreen* dialirkan menuju *return activated sludge*.
14. Air dari bak koagulasi dialirkan ke bak flokulasi untuk dilakukan pembubuhan polimer.
15. Setelah melalui tahapan koagulasi-flokulasi, air dialirkan ke *lamella separator* untuk memisahkan flok dari air. Selanjutnya air dialirkan ke *outlet tank*.
16. Air dialirkan ke bak *indicator* lalu dialirkan ke Sungai Cikedokan selaku badan air penerima.
17. *Sludge* atau lumpur yang dihasilkan dari proses pengolahan akan dikeringkan dalam kondisi tertutup di unit *thickener*. Lumpur yang telah dikeringkan akan dikumpulkan di TPS Limbah B3 yang akan diangkut dan diolah lebih lanjut oleh pihak ketiga yang sudah memiliki izin dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

Denah IPAL PT X ditunjukkan dalam **Gambar 2.12**



Gambar 2. 12 Denah IPAL PT X

Sumber: PT X, 2022

BAB III

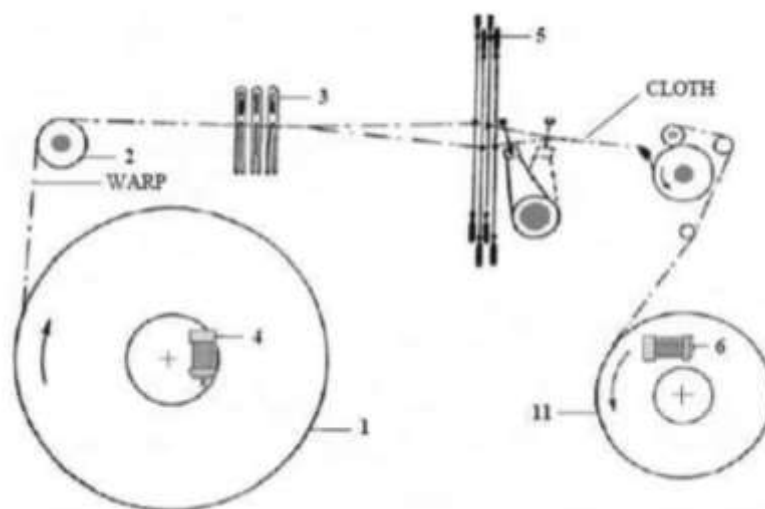
TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Proses Produksi di Industri Tekstil

Menurut Moertinah (2008) dalam (Fadilla, 2021), proses produksi di industri tekstil terdiri dari proses pembuatan benang (pemintalan), pembuatan kain (pertenunan dan perajutan), penyempurnaan kain, dan industri pakaian jadi (garmen). Tidak semua industri tekstil melakukan proses produksi secara keseluruhan. Terdapat industri tekstil yang hanya melakukan proses penenunan (*weaving*) dan penyempurnaan (*finishing*). Proses produksi yang dilakukan akan memengaruhi limbah yang dihasilkan.

3.1.1 Penenunan (*Weaving*)

Penenunan merupakan proses pembuatan kain tenun dari benang lusi dengan benang pakan yang membentuk silangan-silangan tertentu dengan sudut 90° antara satu sama lain. Skema mesin tenun dan bagian-bagiannya ditunjukkan dalam **Gambar 3.1**. Pada *beam* tenun (1) benang mengalami proses penggulungan kemudian melewati rol pengantar (2) dan *dropper* (3) yang selanjutnya setiap benang dicucuk pada setiap mata gun (5) dan sisir tenun (7) (Zyahri, 2013).



Gambar 3. 1 Skema Mesin Tenun

Sumber: Zyahri, 2013

Terdapat beberapa tahapan sebelum penenunan, yaitu (Zyahri, 2013):

a. Pengelosan (*winding*)

Pengelosan merupakan proses penggulungan benang dalam suatu bentuk dan volume tertentu yang disesuaikan dengan kebutuhan.

b. Penggintiran (*Twisting*)

Penggintiran merupakan proses memberikan puntiran atau antihan pada sehelai benang filamen atau beberapa helai benang stapel yang dirangkap dengan sejumlah puntiran yang sama untuk setiap panjang tertentu.

c. Penghanian (*warping*)

Penghanian merupakan proses melilitkan benang lusi pada beam hani atau beam lusi dengan arah yang sejajar.

d. Penganjian (*sizing*)

Penganjian merupakan proses memberikan lapisan larutan kanji pada benang. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan kehalusan permukaan dan kekuatan benang saat benang lusi diproses pada mesin tenun.

e. Pencucukan (*reaching in*)

Proses ini dimulai dengan mencucuk benang pada bagian *dropper*, mata gun (*heald*) dan sisir tenun (*reed*).

f. Pemaletan (*pim winding*)

Proses memalet merupakan proses menggulung benang dari bobbin kerucut atau bobbin silinder menjadi bentuk bobbin pakan atau palet.

3.1.2 Proses Penyempurnaan Kain (*Finishing*)

Penyempurnaan kain atau *finishing* merupakan proses pengolahan kain *greige* atau kain mentah menjadi kain jadi. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan daya guna dan memenuhi persyaratan untuk menjadi kain yang siap digunakan (Zyahri, 2013).

a. Pembakaran bulu (*singeing*)

Tegangan dan gesekan-gesekan pada proses penenunan menyebabkan timbulnya bulu-bulu pada kain. Bulu-bulu ini dapat memengaruhi kualitas kain pada proses

merserasi, pencelupan, dan pencetakan (Suliyanthini, 2017). Pembakaran bulu bertujuan untuk menghilangkan bulu-bulu yang muncul pada permukaan kain. Pembakaran bulu dilakukan dengan melewati kain di atas nyala api, plat logam, dan silinder panas dengan kecepatan tertentu yang disesuaikan dengan tebal tipisnya kain (Zyahri, 2013).

b. Penghilangan kanji (*desizing*)

Kanji merupakan campuran dari dua karbohidrat, rantai lurus panjang amilosa, serta rantai bercabang dan kompleks amilopektin yang memiliki berat molekul lebih tinggi dari amilosa (Suliyanthini, 2017). Kanji dapat menghalangi penyerapan larutan baik dalam proses pemasakan, pengelantangan, pencelupan, pencapan, dan penyempurnaan sehingga hasilnya kurang sempurna. Pada proses pencelupan dan pencapan, zat warna tidak dapat masuk ke dalam serat jika kanji tidak dihilangkan sehingga warna menjadi luntur dan tidak merata (Zyahri, 2013).

Prinsip penghilangan kanji adalah dengan menghidrolisis atau mengoksidasi kanji menjadi senyawa sederhana sehingga rantai molekulnya lebih pendek dan mudah larut dalam air. Terdapat beberapa cara dalam menghilangkan kanji, yaitu perendaman, asam encer, alkali encer, enzim, dan oksidator (Zyahri, 2013).

c. Pemasakan (*scouring*)

Proses ini bertujuan untuk menghilangkan lemak, malam, dan kotoran-kotoran yang menempel pada serat kain karena dapat mengganggu proses pengelantangan, pencelupan, dan pencapan (Suliyanthini, 2017). Proses pemasakan serat alam dilakukan dengan alkali seperti natrium hidroksida (NaOH), natrium karbonat (Na_2CO_3) dan air kapur, campuran natrium karbonat dan sabun, amoniak dan lain-lain. Sementara itu, pemasakan serat buatan dilakukan dengan zat aktif permukaan yang bersifat sebagai pencuci (detergen) (Zyahri, 2013).

d. Pengelantangan (*bleaching*)

Proses ini bertujuan untuk menghilangkan warna alami yang disebabkan oleh adanya pigmen-pigmen alam atau zat-zat lain sehingga didapatkan kain yang putih (Zyahri, 2013). Menurut Suliyanthini (2017), pengelantangan pada serat selulosa dilakukan dengan zat yang bersifat oksidator, seperti natrium hipoklorit (NaOCl), kaporit (CaOCl_2), textone (NaClO_2), hidrogen peroksida (H_2O_2), natrium peroksida (Na_2O_2), dan kalium permanganat (KMnO_4). Sedangkan serat binatang dan sintesis dilakukan dengan zat pengelantang yang bersifat reduktor, seperti sulfur dioksida (SO_2), natrium sulfat (Na_2SO_3), natrium bisulfit (NaHSO_3), dan natrium hidrosulfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$).

e. Pencelupan (*dyeing*)

Pencelupan merupakan proses pemberian warna secara menyeluruh pada kain tekstil secara merata di semua bagian dengan menggunakan zat warna (Zyahri, 2013). Pencelupan dilakukan dengan melarutkan zat warna dalam air atau media lain, lalu bahan tekstil dimasukkan ke dalam larutan tersebut sehingga terjadi penyerapan zat warna (Suliyanthini, 2017).

f. Pencapan (*printing*)

Pencepan merupakan proses pemberian warna pada kain secara tidak merata sesuai dengan motif yang telah ditentukan (Zyahri, 2013). Pencapan dilakukan secara fisika-mekanik tanpa terjadi ikatan kimia. Zat warna hanya melekat pada permukaan kain dan tidak terserap ke dalam pori-pori kain (Suliyanthini, 2017).

g. Penyempurnaan khusus

Proses ini merupakan proses akhir yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas atau memberikan efek fungsional pada kain. Proses ini meliputi proses penyempurnaan mekanik/fisika dan proses penyempurnaan kimia.

- Proses penyempurnaan mekanik

Istilah lain dari proses ini adalah penyempurnaan kain kering yang menggunakan peralatan mekanis. Proses ini terdiri dari (Zyahri, 2013):

1. Penyempurnaan kain kalender (*calendaring*)

Pada proses ini kain dilewatkan dan ditekan di antara rol-rol kalender yang panas dengan tujuan agar kain memiliki permukaan yang rata, halus, dan berkilau.

2. Sanforisasi

Proses ini bertujuan agar kain tidak mengerut.

3. Pelipatan/penggulungan

Pada proses ini kain dilipat atau digulung sebagai kain yang siap dijual.

- Proses penyempurnaan kimia

Istilah lain dari proses ini adalah penyempurnaan kain basah yang melibatkan penambahan zat kimia untuk mencapai hasil yang diinginkan, namun tidak mengubah penampilan kain. Proses ini meliputi (Zyahri, 2013):

1. Penyempurnaan kain untuk memperbaiki kenampakan dan pegangan kain (pelembutan dan pelemasan, *kreeping*).
2. Mersevisasi (*biopolishing*/penyempurnaan kain enzim, penganjian, penyempurnaan kain resin (anti kusut dan kain keras)).
3. Penyempurnaan kain peningkatan daya pakai (tolak air, tahan api, anti hama, anti jamur, anti busuk, antistatik, anti UV).

Proses produksi di industri tekstil memerlukan beberapa bahan dan menghasilkan limbah yang ditunjukkan dalam **Tabel 3.1**.

Tabel 3. 1 Proses Produksi dan Limbah yang Dihasilkan

Proses	Bahan	Limbah	Parameter
Penentuan ukuran	Kanji	Debu	PM 10
	Alkohol polyvinyl		
	Selulose		
	Karboksimetil		
	Lem gelatin		

Proses	Bahan	Limbah	Parameter
<i>Desizing</i>	Air Asam-asam Enzim Amilase Rapidase Garam dapur Pembasah anionik	Air limbah (asam kimiawi)	Suhu, pH, BOD, COD, TSS
<i>Scouring</i>	Deterjen Sabun Alkalin Soda kaustik Soda abu Zat pembasah Pencucian anionic surfactan	Air limbah (alkalin)	Suhu, pH, BOD, COD, TSS, phenol
Merserisasi	NaOH Air Pembasah tanah alkali	Air limbah (alkalin)	Suhu, pH, TSS
Pemucatan	Hydrogen peroksida Hipoklorida Asam H ₂ O ₂ /NaOCl/CaOCl ₂ Na-silikat NaOH HCl Pembasah anionic	Air limbah (pewarna, zat- zat kimia)	Suhu, pH, BOD. TSS
Pewarnaan/Percetakan	Pewarna asam Pewarna basa Pewarna dispersial Pewarna mordent (logam, krom, indigo, quinon, cabazol) Zat warna (direct, naftol, belerang, disperse, reaktif, pigmen) Bahan kimia lain	Air limbah (pewarna, zat- zat kimia)	Suhu, pH, BOD, COD, TSS, warna, amonia, sulfida, krom total
Proses akhir	Resin Silicon THPC Lungisida Resin anti kusut	Air limbah (pewarna, zat- zat kimia)	

Proses	Bahan	Limbah	Parameter
	Resin anti mengkerut Katalis Zat pelemas		

Sumber: Potter, 1994 dalam Fadilla, 2021

3.2 Air Limbah Tekstil

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, air limbah adalah air yang berasal dari suatu proses dalam suatu kegiatan. Air limbah tekstil adalah air limbah yang dihasilkan dari kegiatan industri tekstil, yang terdiri dari proses pengkunjian, penghilangan kanji, penggelantangan, pemasakan, merserasi, pewarnaan, pencetakan, dan penyempurnaan kain (Hasan, 2016). Karakteristik air limbah tekstil umumnya mengandung alkalinitas yang tinggi, berwarna, BOD yang tinggi, dan *suspended solid* yang tinggi (Nemerow, 1978)

Menurut Chandra (2006) dalam (Enrico, 2019), pembuangan air limbah tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu dapat menyebabkan pencemaran air permukaan, mengganggu ekosistem perairan, dan menimbulkan bau. Menurut (Hidryawati, 2020), air limbah tekstil yang mengandung zat warna tinggi apabila tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu dapat menimbulkan beberapa permasalahan, yaitu:

1. Menimbulkan bau
2. Mengganggu ekosistem perairan
4. Meningkatkan kekeruhan air karena limbah tekstil yang mengandung warna akan membentuk lapisan di atas permukaan air. Hal ini disebabkan oleh densitas zat pewarna lebih rendah ($0,8 \text{ kg/m}^3$) dibandingkan dengan densitas air (1 kg/m^3). Timbulnya lapisan ini akan menghambat penetrasi sinar matahari yang masuk ke air sehingga fotosintesis terganggu dan menurunkan konsentrasi DO dalam air.
5. Mengakibatkan gangguan kesehatan apabila terjadi kontak langsung dengan manusia, yaitu iritasi kulit dan mata.

3.3 Parameter Kualitas Air Limbah

Industri tekstil menghasilkan limbah cair dari aktivitas produksi dan domestik. Baku mutu mengenai air limbah produksi tekstil diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2019 tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, yang ditunjukkan dalam **Tabel 3.2**.

Tabel 3. 2 Baku Mutu Air Limbah Tekstil

Parameter	Satuan	Debit (m ³ /hari)		
		≤100	100 < x < 1.000	≥1.000
BOD	mg/L	60	45	35
COD	mg/L	150	125	115
TSS	mg/L	50	40	30
Fenol Total	mg/L	0,5	0,5	0,5
Krom Total	mg/L	1	1	1
Amonia Total	mg/L	8	8	8
Sulfida	mg/L	0,3	0,3	0,3
Minyak Lemak	mg/L	3	3	3
pH		6-9	6-9	6-9
Warna	Pt-Co	200	200	200
Suhu	°C	Deviasi 2*	Deviasi 2*	Deviasi 2*
Debit maksimum	m ³ /ton produk	100	100	100

* : suhu udara sekitar

Sumber: Peraturan Menteri LHK Nomor 16 Tahun 2019

Sementara itu, baku mutu air limbah domestik diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air. Pengolahan air limbah domestik dari suatu usaha atau kegiatan diatur dalam Pasal 3 yang berisi:

- (1) Setiap usaha dan/atau kegiatan yang menghasilkan air limbah domestik wajib melakukan pengolahan air limbah domestik yang dihasilkannya.

- (2) Pengolahan air limbah domestik sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan secara:
- a. Tersendiri, tanpa menggabungkan dengan pengolahan air limbah dari kegiatan lainnya; atau
 - b. Terintegrasi, melalui penggabungan air limbah dari kegiatan lainnya ke dalam satu sistem pengolahan air limbah.
- (3) Pengolahan air limbah secara tersendiri sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf a wajib memenuhi baku mutu air limbah sebagaimana tercantum dalam Lampiran I yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri ini.
- (4) Pengolahan air limbah secara terintegrasi sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf b wajib memenuhi baku mutu air limbah yang dihitung berdasarkan ketentuan sebagaimana tercantum dalam Lampiran II Peraturan Menteri ini.
- (5) Baku mutu air limbah domestik sebagaimana dimaksud pada ayat (3) dan ayat (4) setiap saat tidak boleh terlampaui.

Lampiran I Peraturan Menteri LHK Nomor 68 Tahun 2016, mengatur baku mutu air limbah domestik tersendiri yang ditunjukkan dalam **Tabel 3.3**.

Tabel 3. 3 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak dan Lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total Coliform	Jumlah/100mL	3.000
Debit	L/orang/hari	100

Sumber: Peraturan Menteri LHK No 68 Tahun 2016

Sementara itu, baku mutu air limbah domestik untuk sistem terintegrasi diatur dalam Lampiran II Peraturan Menteri LHK No. 68 Tahun 2016 dengan memperhatikan debit air limbah paling tinggi dari kegiatan domestik dan kegiatan

lainnya sehingga didapatkan konsentrasi air limbah gabungan paling tinggi yang dihitung dengan **Persamaan (3.1)**.

$$C_{max} = \sum_i^n \frac{C_i \cdot Q_i + C_n \cdot Q_n}{Q_i + Q_n} \quad (3.1)$$

Keterangan:

C_{max} : kadar paling tinggi setiap parameter (mg/l)

C_i : kadar paling tinggi setiap parameter baku mutu air limbah domestik (mg/l)

Q_i : debit paling tinggi air limbah domestik (m³/waktu)

C_n : kadar paling tinggi setiap parameter baku mutu air limbah untuk kegiatan n (mg/l)

Q_n : debit paling tinggi air limbah kegiatan n (m³/waktu)

3.3.1 *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

Biochemical Oxygen Demand (BOD) atau kebutuhan oksigen biokimiawi merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbohidrat dan air oleh mikroba aerob atau secara biologis. Bahan organik ini berupa lemak, protein, kanji, glukosa, aldehida, ester, dan sebagainya (Effendi, 2003). Proses oksidasi bahan organik dilakukan oleh berbagai jenis mikroba dalam air. Ketersediaan nutrient (nitrogen, fosfor, dan unsur renik) diperlukan untuk pertumbuhan mikroba tersebut. Kehadiran bahan toksik dalam air dapat mengganggu kemampuan mikroba dalam mengoksidasi zat organik (Effendi, 2003).

Menurut (Tchobanoglous et al., 2014), pengujian BOD diperlukan untuk:

1. Menentukan jumlah oksihen yang diperlukan untuk menstabilkan materi organik yang ada dalam air secara biologis;
2. menentukan ukuran dari fasilitas IPAL;
3. mengukur efesiensi dari beberapa proses pengolahan; dan
4. menentukan kesesuaian terhadap baku mutu.

3.3.2 Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen secara kimiawi merupakan jumlah total oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi. Bahan organik yang dimaksud dapat bersifat mudah didegrasi secara biologi (*biodegradable*) maupun yang sulit didegradasi secara biologi (*non-biodegradable*) menjadi CO₂ dan H₂O. Apabila di perairan terdapat bahan organik yang sulit didegradasi secara biologis, seperti selulosa, tannin, lignin, fenol, polisakarida, benzena, dan sebagainya maka pengukuran COD lebih cocok digunakan daripada BOD (Effendi, 2003).

Menurut Boyd (1988) dalam Effendi (2003), penentuan COD didasarkan pada jumlah oksigen yang dikonsumsi sebanding dengan jumlah dikromat yang dibutuhkan untuk mengoksidasi sampel air. Menurut Effendi (2003), hampir semua bahan organik dapat dioksidasi menjadi karbondioksida dan air dengan menggunakan kalium dikromat (K₂Cr₂O₇) sebagai oksidator kuat dalam keadaan asam. Penggunaan kalium dikromat sebagai oksidator dapat mengoksidasi bahan organik sekitar 95-100%.

3.3.3 Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) atau padatan tersuspensi total merupakan bahan-bahan tersuspensi dengan diameter lebih dari 1 µm yang tidak lolos saringan *millipore* yang memiliki ukuran diameter pori 0,45 µm. TSS dalam air tidak bersifat toksik tetapi jika dalam jumlah yang berlebih dapat menghambat penetrasi cahaya matahari yang masuk ke air sehingga memengaruhi fotosintesis (Effendi, 2003). Menurut Qasim (1985), TSS dalam air limbah terdiri dari pasir, *silt*, *clay*, dan materian organik. Menurut Rinawati (2016) dalam Lestari dan Samsunar (2021), TSS dalam jumlah yang berlebih dalam air dapat menurunkan kandungan oksigen terlarut dalam air yang pada jangka waktu lama dapat mengakibatkan badan air menjadi anaerob sehingga menimbulkan kematian organisme aerob. Kadar TSS yang tinggi dapat mengganggu kelangsungan hidup ikan dan biota air lainnya.

3.3.4 Fenol Total

Fenol atau asam karbolat atau benzenol merupakan zat kristal yang mempunyai bau khas dan tidak berwarna. Hadirnya fenol dalam air dapat menimbulkan sejumlah permasalahan terhadap manusia maupun biota air. Paparan fenol dengan dosis rendah yang terjadi berulang-ulang dapat menyebabkan diare dan sariawan pada manusia. Sedangkan paparan fenol dengan dosis rendah dalam jangka panjang dapat meningkatkan risiko kanker pernapasan, penyakit jantung, dan efek terhadap sistem imun. Efek dari paparan fenol tingkat tinggi adalah kelemahan, nyeri otot, anoreksia, penurunan berat badan, dan kelelahan. Menelan fenol dengan dosis tinggi dapat menyebabkan kematian (Aufa, 2017).

3.3.5 Krom Total

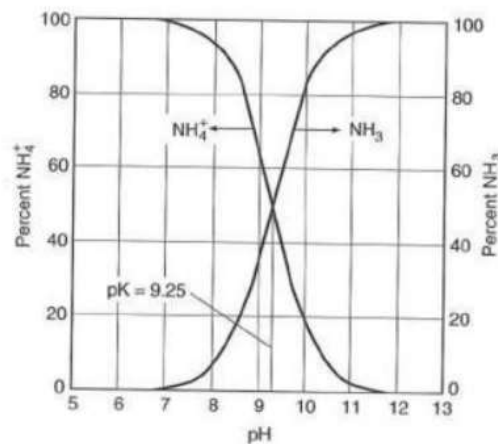
Logam kromium (Cr) merupakan logam berat yang bersifat toksik. Kromium yang ditemukan di perairan dapat mengakibatkan penurunan kualitas air dan membahayakan organisme akuatik. Metabolisme tubuh organisme akuatik dapat terganggu karena kerja enzim terhalang dalam proses fisiologis. Kromium yang bersifat toksik dan menumpuk di tubuh dapat menyebabkan kematian terhadap organisme akuatik (Lestari dan Samsunar, 2021).

3.3.6 Amonia Total

Amonia (NH_3) memiliki sifat mudah larut dalam air. Bentuk transisi dari amonia adalah ammonium. Amonia dapat mengendap di dasar perairan karena terserap ke dalam bahan-bahan tersuspensi dan koloid. Amonia yang terukur di perairan terdapat dalam bentuk amonia total yang terdiri dari amonia bebas (NH_3) dan amonium (NH_4^+). Amonia bebas tidak dapat terionisasi dan tidak dapat diukur secara langsung sedangkan amonium dapat terionisasi (Effendi, 2003).

Bentuk amonia dalam air dipengaruhi oleh pH yang ditunjukkan dalam **Gambar 3.2**. Kandungan amonia bebas (NH_3) dalam air akan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya pH. Pada pH kurang dari sama dengan 7, sebagian besar amonia akan terionisasi. Sementara itu, amonium (NH_4^+) lebih banyak ditemukan pada pH 7 dan akan terionisasi pada pH lebih dari 11,5 (Tchobanoglous et al.,

2014). Amonia yang tak terionisasi memiliki sifat toksik terhadap organisme akuatik. Toksisitas amonia akan semakin meningkat jika kandung oksigen terlarut semakin menurun. Selain itu, persentase amonia bebas terhadap amonia total akan semakin tinggi jika berada pada pH dan suhu yang tinggi (Effendi, 2003).



Gambar 3. 2 Distribusi Bentuk NH₃ dan NH₄⁺ Berdasarkan pH Pada Suhu 25°C

Sumber: Tchobanoglous et al., 2014

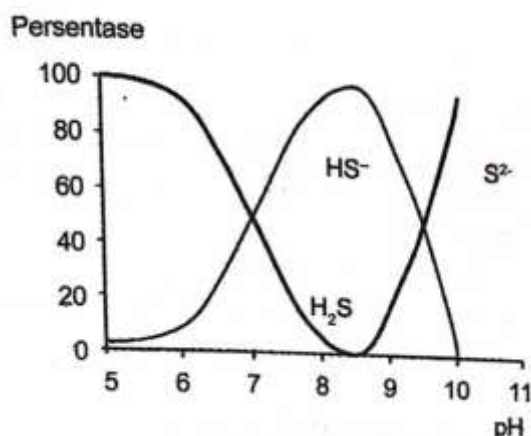
3.3.7 Sulfida

Sulfur di perairan berikatan dengan hidrogen dan oksigen. Bentuk sulfur di perairan di antaranya adalah sulfida (S²⁻), hidrogen sulfida (H₂S), ferro sulfida (FeS), sulfur dioksida (SO₂), sulfat (SO₃), dan sulfat (SO₄). Sebagian besar sulfur (99%) berada dalam bentuk ion HS⁻ pada pH 9. Pada pH ini, jumlah H₂S sangat sedikit dan tidak terjadi permasalahan bau. Ion sulfida muncul pada pH yang sangat tinggi, mendekati 14. Pada pH <8 kesetimbangan bergeser ke arah pembentukan H₂S yang tidak terionisasi. Pada pH 5, Sebagian besar sulfur (99%) berada dalam bentuk H₂S (Effendi, 2003). Hubungan antara H₂S, HS⁻, dan S²⁻ pada berbagai pH ditunjukkan dalam **Gambar 3.3**.

3.3.8 Minyak dan Lemak

Minyak (*oil*) dan lemak (*grease*) termasuk ke dalam jenis bahan organik (Effendi, 2003). Minyak (*oil*) dan lemak (*grease*) memiliki kesamaan yaitu tersusun atas alkohol golongan ester atau gliserol (gliserin) dengan asam lemak. Lemak dalam

air limbah harus dihilangkan terlebih dahulu sebelum pengolahan. Hal ini disebabkan lemak dapat mengganggu kehidupan biologi di permukaan air dan menciptakan lapisan di atas permukaan air yang mengganggu estetika (Tchobanoglous et al., 2014)



Gambar 3. 3 Hubungan Antara H₂S, HS⁻, dan S²⁻ pada Berbagai pH

Sumber: Sawyer dan McCarty, 1978 dalam Effendi, 2003

Minyak yang mengapung di air dapat menghambat proses difusi udara dan fotosintesis, menghambat respirasi, dan mengganggu kehidupan organisme air. Minyak yang terlarut dalam air khususnya hidrokarbon aromatik bersifat toksik terhadap ikan dan organisme air. Air dengan kandungan minyak (*oil*) dan lemak (*grease*) yang tinggi dapat menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap (Effendi, 2003).

3.3.9 pH

Konsentrasi ion hidrogen dalam air dinyatakan sebagai pH (Tchobanoglous et al., 2014). pH air limbah merupakan indikator tingkat keasaman atau basa pada air. Pada keadaan netral air memiliki pH 7 (Qasim, 1985). pH memengaruhi toksistas senyawa kimia. Pada pH rendah ditemukan lebih banyak ammonium yang dapat terionisasi. Amonium tidak bersifat toksik. Akan tetapi pada pH yang tinggi lebih banyak ditemukan amonia yang tidak terionisasi dan bersifat toksik. Amonia yang tidak terionisasi lebih mudah menyerap dalam tubuh organisme dibandingkan

dengan amonium. Sebagian organisme perairan sensitif terhadap perairan dan menyukai pH 7-8,5. Selain itu, pH juga memengaruhi proses biokimiawi perairan seperti proses nitrifikasi akan berakhir jika pH rendah (Effendi, 2003).

3.3.10 Warna

Warna air limbah dipengaruhi oleh umur air limbah tersebut. Air limbah yang baru saja dihasilkan memiliki warna abu (Qasim, 1985). Seiring dengan bertambahnya waktu, air limbah akan berubah warna dari abu menuju abu tua hingga hitam. Hal ini disebabkan oleh kondisi yang semakin anaerob atau septik. Warna dari air limbah juga dapat disebabkan oleh pembentukan logam sulfida yang berbentuk sebagai sulfida yang dihasilkan dalam keadaan anaerobik dan bereaksi dengan logam dalam air limbah (Tchobanoglous et al., 2014). Warna dapat menghambat masuknya cahaya ke dalam air sehingga proses fotosintesis menjadi terganggu (Effendi, 2003).

3.3.11 Suhu

Industri menggunakan air yang sangat banyak dalam proses produksinya dan untuk mendinginkan mesin. Suhu dalam air memengaruhi aktivitas mikroba, kelarutan gas, dan viskositas (Qasim, 1985). Suhu air yang tinggi dapat menurunkan konsentrasi oksigen terlarut dalam air. Suhu yang tinggi juga memengaruhi proses metabolisme organisme. Peningkatan suhu sebanyak 10°C mengakibatkan peningkatan metabolisme sebanyak dua sampai tiga kali lipat yang menyebabkan peningkatan konsumsi oksigen. Hanya beberapa organisme yang mampu bertahan hidup pada suhu 40°C. Selain itu, peningkatan suhu juga mengakibatkan peningkatan toksisitas beberapa bahan kimia (Effendi, 2003).

3.4 Pengolahan Air Limbah

Air limbah mengandung sejumlah parameter pencemar air dan harus disisihkan melalui pengolahan sebelum dialirkan ke badan air penerima. Menurut Moersidik (2006) dalam (Desyana, 2017), pengolahan air limbah bertujuan untuk mengurangi jumlah padatan tersuspensi, padatan terapung, bahan organik, bahan kimia berbahaya dan beracun, nutrisi yang berlebih, dan unsur lain yang dapat

menimbulkan dampak negatif terhadap ekosistem. Terdapat tiga kategori pengolahan air yang utama, yaitu (Tebbut, 2001):

1. Proses fisis

Proses ini bergantung pada sifat-sifat fisis dari pencemar air, seperti ukuran partikel, berat jenis, viskositas, dan lain-lain. Contoh pengolahan dengan proses fisis adalah penyaringan (*screening*), sedimentasi, filtrasi, dan transfer gas.

2. Proses kimiawi

Proses ini bergantung pada sifat-sifat kimia dari pencemar air atau proses yang menggunakan sifat-sifat kimia dari reagen yang dimasukkan ke dalam air. Contoh pengolahan dengan proses kimia adalah koagulasi, presipitasi, dan penukaran ion.

3. Proses biologi

Proses ini mengandalkan reaksi biokimia untuk menyisahkan pencemar air terlarut atau koloidal seperti zat-zat organik. Proses biologi secara aerobik meliputi filtrasi biologi dan lumpur aktif. Sementara itu, proses stabilisasi lumpur-lumpur organik dan pengolahan air limbah organik yang keras dilakukan secara anaerobik.

IPAL umumnya terdiri dari kombinasi proses fisis, kimiawi, dan biologi. Kualitas air limbah yang masuk dan kualitas air limbah yang diharapkan setelah pengolahan menentukan dalam desain IPAL. Hubungan kinerja instalasi dan biaya yang diperlukan akan menghasilkan skematik IPAL dengan desain yang optimal (Tebbut, 2001). Berdasarkan tahapan pengolahannya IPAL terdiri dari pengolahan awal, pengolahan sekunder, pengolahan primer, dan pengolahan lumpur.

3.4.1 Pengolahan Awal

Pengolahan awal merupakan tahap awal dalam proses pengolahan air limbah. Air limbah yang masuk ke dalam IPAL membawa berbagai material, seperti pasir, serpihan kain, benda yang mengapung di air, dan lemak (*grease*). Material ini harus dihilangkan karena dapat menyebabkan gangguan dalam operasional dan proses

pada unit pengolahan (Tchobanoglous et al., 2014). Pengolahan awal bertujuan untuk melindungi unit pengolahan berikutnya dari material besar yang ada dalam air limbah yang dapat menyebabkan penyumbatan sehingga beban kerja unit meningkat (Spellman, 2003). Pengolahan awal terdiri dari berbagai unit yang memiliki fungsi yang berbeda. Unit yang termasuk dalam pengolahan awal di antaranya adalah *screening*, *grease trap*, *cooling tower*, bak ekualisasi.

3.4.1.1 *Screening*

Screening ditempatkan sebagai unit pertama yang bertujuan untuk memisahkan benda berukuran besar yang terbawa dalam air limbah. Benda padat ini dapat menyebabkan penyumbatan dan merusak unit pengolahan berikutnya sehingga perlu untuk dipisahkan (Tchobanoglous et al., 2014). Berdasarkan cara pembersihannya, *screening* dibagi menjadi dua kategori yaitu (Spellman, 2003):

1. Pembersihan secara manual

Pembersihan secara manual setidaknya dilakukan satu sungai per *shift* kerja atau sesering mungkin untuk menghindari penyumbatan di *screen*.

2. Pembersihan secara mekanis

Screen yang dibersihkan secara mekanis dilakukan dengan menggunakan penyapu padatan yang berkerja secara mekanis untuk mengumpulkan padatan dan menyisihkannya dari aliran air limbah untuk dibuang ke tempat penyimpanannya. *Screen* dibersihkan secara terus menerus berdasarkan waktu.

Berdasarkan ukuran bukaannya *screen* terbagi menjadi tiga kategori, yaitu *coarse screen* (ukuran bukaan > 6 mm), *fine screen* (ukuran bukaan 0,5-6 mm), dan *microscreen* (<0,5 mm). *Coarse screen* berfungsi untuk melindungi pompa, valve, dan pipa dari kerusakan atau penyumbatan oleh benda berukuran padat seperti batu, ranting, daun, botol, dan kaleng. *Coarse screen* ditempatkan sebelum *fine screen* untuk melindunginya dari benda berukuran besar. *Fine screen* berfungsi untuk menyisihkan padatan yang ukurang yang lebih kecil, seperti kertas, pasir, sampah makanan, dan *feces* (Tchobanoglous et al., 2014).

Fine screen terdiri dari berbagai bentuk, yaitu *fixed* dan *moveable screen*. *Fixed screen* ditempatkan pada posisi vertikal, miring, atau horizontal dan harus dibersihkan dengan *rake*, *teeth*, atau *brush*. *Moveable screen* dibersihkan secara kontinu selama operasi. *Fine screen* dapat menghilangkan 20-35% *suspended solid* dan BOD₅. *Fine screen* juga dapat menghilangkan lemak dan meningkatkan kadar DO pada air limbah (Qasim, 1985). Kriteria desain *screen* berdasarkan jenisnya ditunjukkan dalam **Tabel 3.4**.

Tabel 3. 4 Kriteria Desain *Screen* Berdasarkan Mekanisme Pembersihan

Faktor Desain	Pembersihan Manual	Pembersihan Mekanik
Kecepatan mengalir melalui <i>rack</i> (m/detik)	0,3-0,6	0,6-1,0
Ukuran bar		
Lebar (mm)	4-8	8-10
Kedalaman (mm)	25-50	50-75
Jarak bukaan antar bar (mm)	25-75	10-50
Slope dari horizontal (°)	45-60	75-85
<i>Head loss</i> yang diizinkan, <i>clogged screen</i> (mm)	150	150
Maksimum <i>head loss</i> , <i>clogged screen</i> (mm)	800	800

Sumber: Qasim, 1985

Microscreen beroperasi dengan kecepatan rendah (mencapai 4 putaran/menit), *backwash* secara kontinu, dan memiliki ukuran bukaan penyari 10-35 μm . *Microscreen* dapat menyisihkan *suspended solid* sekitar 10-80 persen dengan rata-rata penyisihan adalah 55 persen (Tchobanoglous et al., 2014). Terdapat berbagai jenis *microscreen* dengan penamaan yang berbeda tergantung dari ukuran bukaan dan perusahaan yang memproduksinya. Salah satunya adalah *conoscreen*.

Conoscreen merupakan *rotating disc microscreen* yang diproduksi oleh Nove Energie (Pankratz, 2001). *Conoscreen* cocok digunakan untuk industri tekstil karena mampu menyaring wool, serat tipis, rambut, algae, debu ringan. *Conoscreen* memiliki kemampuan *self-cleansing* yang dilengkapi dengan *spraying nozzles* sehingga alat selalu berfungsi dengan baik untuk menyaring. Selain itu, inlet

chamber memiliki *anti-vortex* dan *anti-backflow* yang mencegah agar aliran air tidak kembali. Ukuran bukaan dari screen ini mampu menahan TSS hingga yang berukuran 30 mikron diameter ("Conoscreen: The Microfilter "Par Excellence", 2022).

3.4.1.2 Grease Trap

Grease trap berfungsi untuk memisahkan lemak atau minyak dan untuk mengendapkan kotoran pasir, tanah, atau padatan lain yang tidak dapat terurai secara biologis (Kaawoan et al., 2022). *Grease trap* beroperasi dengan mengandalkan gaya gravitasi dan perbedaan massa jenis antara minyak dan lemak serta air dalam kecepatan aliran yang lambat. Minyak dan lemak yang tercampur dalam air akan mengapung pada permukaan sehingga proses pemisahannya menjadi mudah. Alat ini bertujuan agar tidak terjadi penyumbatan pada pipa akibat gumpalan minyak dan lemak (Putri, 2022). Kecepatan aliran yang disarankan adalah 2-6 m/jam dan waktu tinggal 5-20 menit (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2018).

3.4.1.3 Cooling Tower

Cooling tower atau menara pendingin berfungsi untuk menurunkan suhu air. Terdapat tiga jenis *cooling tower*, yaitu (Degremont, 1991):

1. *Wet* atau *evaporative cooling tower*

Air dikontakkan dengan udara dan panas akan ditransfer melalui penguapan secara parsial. Pendinginan ini meningkatkan kelembaban udara (antara 85-90% dari pertukaran). Panas ditransfer secara konveksi atau pemindahan langsung panas di udara. Pemindahan ini bergantung pada kelembaban udara.

2. *Dry* atau *non-evaporative cooling tower*

Air disirkulasi dalam tube dan tidak dikontakkan dengan udara. Panas ditransfer semata-mata melalui pemanasan udara.

3. Kombinasi *wet-dry cooling tower*

Air disemprot oleh udara dengan suhu yang rendah. Proses ini berlangsung dalam tube, tidak dikontakkan dengan udara yang ada di luar tube.

3.4.1.4 Ekualisasi

Ekualisasi merupakan suatu unit operasi yang digunakan untuk menghomogenkan debit dan konsentrasi sebelum ke unit berikutnya. Ekualisasi bertujuan untuk menghomogenkan karakteristik air, seperti pH, warna, turbiditas, alkalinitas, BOD, dan sebagainya (Nemerow, 1978). Pengolahan dengan ekualisasi menghasilkan performa yang lebih baik untuk proses berikutnya meskipun terjadi fluktuasi yang sangat ekstrim. Penggunaan bak ekualisasi sebelum pengolahan secara biologis berfungsi untuk mencegah terbentuknya lumpur toksik dan menghasilkan beban organik yang seragam. Penggunaan bak ekualisasi juga dapat diikuti dengan koagulasi secara kimiawi untuk memfasilitasi skema pengontrolan pH dan pembubuhan zat kimia (*Design of Wastewater Treatment Facilities Major Systems*, 1978).

Terdapat beberapa keuntungan yang diperoleh jika menggunakan bak ekualisasi, yaitu (Tchobanoglous et al., 2014):

1. Meningkatkan performa pengolahan secara biologi karena *shock loading* dapat dieliminasi atau diminimalkan. Selain itu, zat penghambat dapat dilarutkan dan pH dapat distabilkan.
2. Meningkatkan konsistensi beban solid sehingga kualitas efluen dan performa *thickening* dari bak sedimentasi kedua menjadi meningkat sebelum dilanjutkan ke pengolahan secara biologi.
3. Meningkatkan performa filter.
4. Pada pengolahan secara kimiawi, meningkatkan performa pembubuhan bahan kimia.

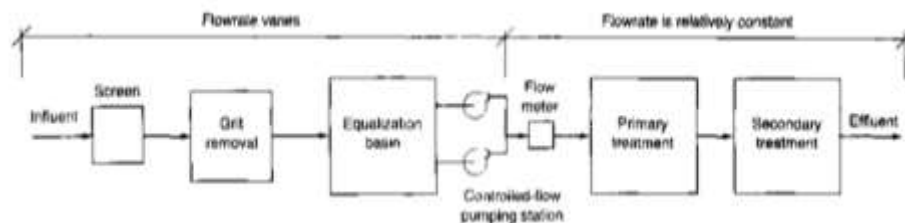
Adapun kekurangan dari penggunaan bak ekualisasi (Tchobanoglous et al., 2014):

1. Membutuhkan area yang luas;
2. fasilitas ekualisasi yang berada dekat pemukiman harus memiliki kontrol terhadap bau;
3. membutuhkan pengoperasian dan perawatan; dan
4. biaya yang dibutuhkan semakin meningkat.

Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam mendesain bak ekualisasi, yaitu:

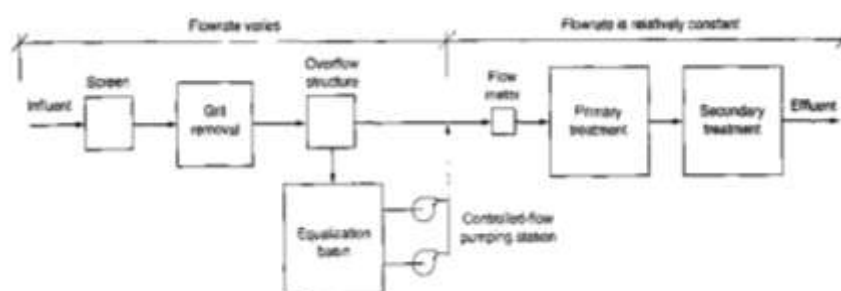
a. Geometri bak

Geometri bak tergantung pada penempatan bak ekualisasi yang digunakan baik secara *in-line* atau *off-line*. Jika *in-line* ekualisasi digunakan untuk mengurangi beban debit dan massa, maka penting untuk menggunakan geometri yang dapat membuat bak berfungsi sebagai reaktor tangki berpengaduk. Akan tetapi, bentuk yang memanjang harus dihindari. Selain itu, konfigurasi inlet dan outlet harus diatur untuk meminimalkan hubungan arus pendek (Tchobanoglous et al., 2014). Konfigurasi *in-line* bak ekualisasi ditunjukkan dalam **Gambar 3.4** dan konfigurasi *off-line* ditunjukkan dalam **Gambar 3.5**



Gambar 3. 4 Konfigurasi *In-line* Ekualisasi

Sumber: Tchobanoglous, 2014



Gambar 3. 5 Konfigurasi *Off-line* Ekualisasi

Sumber: Tchobanoglous, 2014

b. Konstruksi Bak

Bak ekualisasi dapat dibangun dengan konstruksi yang berasal dari tanah liat, beton, dan baja. Konstruksi dengan tanah liat merupakan konstruksi yang paling murah. Slope dari bak ini biasanya 3:1 dan 2:1 tergantung pada kondisi di

lapangan. Kedalaman bak tergantung pada ketersediaan lahan, ketinggian air tanah, dan topografi (Tchobanoglous et al., 2014).

c. Pengadukan dan aerasi

Pengoperasian ekualisasi baik secara *in-line* maupun *off-line* memerlukan pengadukan dan aerasi. Ukuran alat pengaduk (*mixer*) harus disesuaikan dengan ukuran tangki dan mampu untuk mencegah pengendapan solid di dasar tangki. Penyisihan *grit* sebelum ke tangki ekualisasi diperlukan untuk meminimalkan penggunaan *mixing*. Selain itu, dapat juga digunakan aerator untuk mencegah bau pada tangki ekualisasi. Ketika aerator mekanik digunakan, *baffle* dapat digunakan untuk memastikan *mixing* berjalan dengan baik, khususnya dengan menggunakan konfigurasi tangki bundar (Tchobanoglous et al., 2014).

d. Pengoperasian

Fasilitas yang harus ada dalam mendesain ekualisasi adalah (Tchobanoglous et al., 2014):

1. Fasilitas untuk *flushing* solid dan *grease* yang terakumulasi di dinding bak.
2. *High-water takeoff* untuk menghilangkan material yang mengapung dan busa.
3. *Water spray* untuk mencegah akumulasi *foam* dan buih di pinggiran bak.
4. Memisahkan fasilitas pengontrolan bau.

e. Pompa

Aliran ekualisasi memerlukan penambahan *head* maka diperlukan pompa (Tchobanoglous et al., 2014).

Waktu detensi dari bak ekualisasi adalah 4-8 jam (Desyana, 2017). Saat kondisi puncak, tinggi muka air harus di bawah aliran masuk. Hal ini bertujuan agar tidak terjadi aliran balik. Debit air limbah yang sebelumnya berfluktuasi, setelah keluar dari outlet unit ini akan berubah menjadi debit rata-rata (*Buku B Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat*, 2018). Dimensi bak ekualisasi dipengaruhi oleh debit dan pola debit yang

dihasilkan oleh perusahaan (Nemerow, 1978). Kriteria desain bak ekualisasi ditunjukkan dalam **Tabel 3.5**.

Tabel 3. 5 Kriteria Desain Bak Ekualisasi

No	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
1	Kedalaman air minimum	h_{\min}	1,5-2	m
2	Ambang bebas	H_{fb}	1	m
3	Laju pemompaan udara	Q_{udara}	0,01-0,015	m^3/m^3 -menit
4	Kemiringan dasar tangki	S	40-100	mm/m diameter

Sumber: *Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2018*

3.4.1.5 Netralisasi

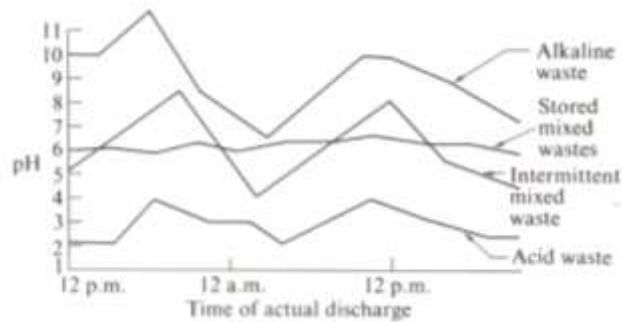
Netralisasi merupakan tahapan pengolahan untuk menghilangkan asiditas ataupun alkalinitas dari air limbah. Air limbah dengan pH yang rendah atau tinggi akan dinetralkan dengan menggunakan bahan kimia pada unit ini (Tchobanoglous, 2003). Dalam netralisasi harus juga diperhatikan batas minimum dan maksimum pH yang diperbolehkan (Nemerow, 1978). Netralisasi dilakukan untuk (*Design of Wastewater Treatment Facilities Major Systems, 1978*):

1. Pengolahan secara biologi yang memerhatikan pH optimum untuk aktivitas bakteri (pH 6,5-8,5).
2. Pengolahan secara kimia yang memerhatikan pH optimum agar reaksi dapat berlangsung.
3. Baku mutu pH untuk badan air penerima.

Terdapat berbagai metode dalam netralisasi, yaitu:

1. *Mixing*

Metode ini cocok untuk industri yang menghasilkan air limbah dengan pH rendah dan pH tinggi sehingga air limbah dihomogenkan dengan menggunakan *mixer* (Nemerow, 1978). **Gambar 3.6** menunjukkan pH dari air limbah setelah dilakukan pencampuran.

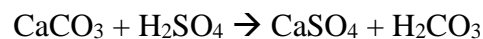


Gambar 3. 6 *Mixing* dalam Netralisasi

Sumber: Nemerow, 1978

2. Menggunakan *limestone* untuk air limbah yang asam

Air limbah yang asam akan dilewatkan pada *bed* yang berisi *limestone*. Reaksi kimia yang terjadi adalah (Nemerow, 1978):



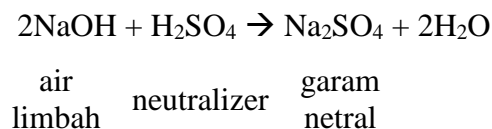
Reaksi akan terus berlangsung selagi *limestone* masih tersedia dan dalam kondisi aktif. *Limestone* yang sudah tidak aktif harus diganti dengan yang baru secara berkala. Frekuensi penggantian tergantung pada kuantitas dan kualitas air limbah yang dialirkan melalui lapisan *limestone*. Jika air memiliki pH yang sangat rendah atau sangat asam, dapat menimbulkan busa terlebih lagi saat bahan organik ada dalam air limbah tersebut (Nemerow, 1978).

3. Menggunakan *lime-slurry* untuk air limbah yang asam

Pencampuran air limbah yang bersifat asam dengan *lime slurries* (bubur kapur) merupakan proses netralisasi yang paling efektif. Reaksi yang terjadi mirip dengan *limestone bed*. Pada proses ini, *lime* digunakan secara terus menerus karena diubah menjadi kalsium sulfat dan terbawa ke dalam air limbah. Meskipun berlangsung lambat, *lime* memiliki daya penetral yang tinggi. Prosesnya dapat dipercepat dengan memanaskan atau mengoksigenasi campuran. Penggunaan *lime* tidak terlalu mahal, namun jika digunakan dalam jumlah yang banyak maka biaya menjadi salah satu faktor yang harus dipertimbangkan (Nemerow, 1978).

4. Menggunakan soda kaustik untuk air limbah yang asam
Penambahan soda kaustik atau natrium karbonat ke air limbah yang bersifat asam dalam proporsi yang tepat menghasilkan netralisasi yang berlangsung dengan sangat cepat, namun mahal. Volume agen yang lebih kecil diperlukan karena penetral ini lebih kuat daripada *lime* atau *limestone*. Keuntungan dari proses ini adalah larut dalam air dan tidak meningkatkan kesadahan badan air penerima (Nemerow, 1978).
5. Menggunakan *waste boiler-flue gas*
Gas cerobong yang dibakar dengan baik mengandung sekitar 14 persen karbon dioksida. CO₂ larut dalam air limbah, akan membentuk asam karbonat (asam lemah), yang selanjutnya bereaksi dengan limbah kaustik untuk menetralkan kelebihan alkalin (Nemerow, 1978).
6. Menggunakan karbon dioksida untuk air limbah yang basa
Penerapan netralisasi air limbah dengan karbon dioksida prinsipnya sama seperti kompresi gas yang diterapkan ke bak lumpur aktif. Prinsip netralisasinya sama seperti gas umpan *boiler* (yaitu, membentuk asam lemah (asam karbonat) ketika larut dalam air) tetapi pengoperasiaannya lebih mudah. Biaya yang dikeluarkan akan mahal ketika air limbah yang basa dalam jumlah yang banyak (Nemerow, 1978).
7. Produksi karbon dioksida di air limbah yang basa
Cara lain untuk menghasilkan karbon dioksida adalah dengan membakar gas di bawah air. Proses ini disebut pembakaran terendam dan telah digunakan dalam pembuangan limbah nilon untuk menetralsir limbah sebelum pengolahan biologis (Nemerow, 1978).
8. Menggunakan asam sulfat untuk air limbah yang basa
Penambahan asam sulfat ke air limbah yang bersifat basa merupakan cara netralisasi yang paling umum digunakan, namun biayanya mahal. Reaksi

netralisasi yang terjadi bila ditambahkan ke dalam air limbah adalah sebagai berikut (Nemerow, 1978).



3.4.2 Pengolahan Sekunder

Pengolahan sekunder atau identik dengan pengolahan biologi bertujuan untuk menyisihkan BOD yang tidak tersisihkan pada pengolahan primer. Pengolahan sekunder menggunakan mikroorganisme untuk menyisihkan materi organik yang terlarut, tersuspensi, dan koloid yang tidak hilang pada pengolahan sebelumnya (Spellman, 2003). Unit pengolahan sekunder di antaranya adalah bak denitrifikasi dan lumpur aktif.

3.4.2.1 Bak Denitrifikasi

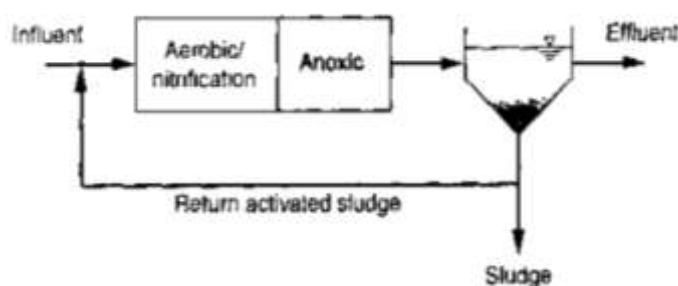
Denitrifikasi merupakan reduksi nitrat menjadi nitrit oxide, lalu menjadi *nitrous oxide*, dan gas nitrogen (Tchobanoglous et al., 2014). Denitrifikasi bertujuan untuk mneghilangkan nitrogen dari air limbah dalam keadaan tidak ada oksigen. Nitrat akan berubah menjadi gas nitrogen dengan bantuan bakteri. Gas nitrogen akan dilepaskan langsung ke udara. Proses denitrifikasi dapat menyisihkan nitrogen lebih dari 85 persen (Spellman, 2003). Menurut Novetny dan Olem (1994) dalam Effendi (2003), denitrifikasi atau reduksi nitrat oleh aktivitas mikroba yang terjadi pada kondisi anearob menghasilkan gas amonia dan gas-gas lain seperti N_2O , NO_2 , NO , dan N_2 . Proses denitrifikasi yang terjadi di perairan ditunjukkan dalam **Gambar 3.7**.

Proses denitrifikasi dapat dilakukan oleh bakteri heterotrof dan autotrof. Jenis bakteri heterotrof yang dapat melakukan denitrifikasi berasal dari genus *Achromobacter*, *Acinobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligener*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Chromobacterium*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Hypomicrobium*, *Moraxella*, *Neisseria*, *Paracoccus*, *Propionibacterium*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Rhodopseudomonas*, *Spirillum*, dan *Vibrio*. Kebanyakan bakteri ini merupakan

2. Tipe II, *postanoxic denitrification*

Postanoxic denitrification merupakan proses denitrifikasi yang terjadi setelah proses nitrifikasi. Air limbah akan dialirkan ke zona aerobic lalu dialirkan ke zona anoxic. Zona *postanoxic* dapat dioperasikan dengan atau tanpa sumber karbon eksogen. Tanpa sumber eksogen, proses *postanoxic* bergantung pada respirasi endogen dari lumpur aktif untuk menyediakan donor elektron untuk konsumsi nitrat sebagai pengganti oksigen (Tchobanoglous et al., 2014).

Gambar 3.9 menunjukkan alur dari denitrifikasi secara *postanoxic*.



Gambar 3.9 *Postanoxic Denitrification*

Sumber: Tchobanoglous et al., 2003

Proses denitrifikasi menggunakan bakteri heterotroph untuk mengurai nitrat menjadi N_2 . Bakteri ini memerlukan kondisi lingkungan yang memungkinkan untuk pertumbuhannya (Tchobanoglous et al., 2014). Faktor yang memengaruhi bakteri heterotroph adalah sebagai berikut:

a. Sumber karbon

Sumber karbon yang digunakan berasal dari *readily biodegradable organics* (rbCOD) atau BOD yang terdapat secara alami dalam influen air limbah. Akan tetapi, penambahan sumber karbon secara eksternal dapat dilakukan jika konsentrasi rbCOD dalam air rendah. Sumber karbon yang digunakan harus mempertimbangkan beberapa kriteria seperti biaya, laju denitrifikasi, produksi lumpur, dan kemudahan dalam penanganannya. Umumnya sumber ekstrnal yang digunakan adalah metanol karena murah dan dapat mengurangi jumlah lumpur yang dihasilkan (Ni et al., 2016).

b. rasio rbCOD terhadap N

Proses denitrifikasi umumnya dibutuhkan 4 g rbCOD untuk mereduksi 1 g NO_3^- . Akan tetapi, rasio ini akan bergantung pada kondisi sumber karbon dan ekologi dari mikroba pada proses denitrifikasi (Ni et al., 2016).

c. Konsentrasi DO

Oksigen terlarut (DO) umumnya tidak terdeteksi pada zona *anoxic*. Namun, jumlahnya oksigen sangatlah terbatas dalam bak ini karena terbawa masuk melalui transfer oksigen dari permukaan dan sirkulasi aliran. Oksigen ini akan segera dikonsumsi oleh denitrifier. Proses denitrifikasi masih dapat terjadi, namun akan mengalami penurunan laju seiring dengan peningkatan DO (Ni et al., 2016).

d. pH

Proses denitrifikasi akan berlangsung secara optimum pada rentang pH 7-9. Agar pH tidak terlalu berpengaruh dalam proses denitrifikasi, pH yang direkomendasikan adalah 7-8 (Ni et al., 2016).

e. Suhu

Suhu optimum untuk proses denitrifikasi adalah 20-35°C (Ni et al., 2016).

Selain faktor lingkungan untuk pertumbuhan dan perkembangan bakteri, hal yang harus diperhatikan adalah waktu detensi. Waktu detensi bak denitrifikasi adalah 6-16 jam dengan waktu detensi optimum adalah 12 jam (Guo et al., 2017).

3.4.2.2 Lumpur Aktif

Lumpur aktif terdiri dari kumpulan flokulen yang terdiri dari mikroorganisme, material organik yang tidak hidup, dan inorganik material. Mikroorganisme terdiri dari bakteri, mold, protozoa, dan metazoa seperti rotifier, larva serangga, dan cacing yang masing-masing saling berhubungan dalam rantai makanan (Rich, 1963). Lumpur aktif akan mengoksidasi kandungan zat dalam air limbah dengan melibatkan mikroorganisme yang menstabilkan limbah secara aerobik kemudian

dipisahkan melalui pengendapan (Budianti, 2017). Lumpur aktif terdiri dari tiga komponen, yaitu (Tchobanoglous et al., 2014):

1. reaktor aerasi yang berisi mikroorganisme untuk melakukan pengolahan,
2. tangki sedimentasi untuk memisahkan air dengan lumpur, dan
3. sistem untuk mengembalikan lumpur yang telah terpisahkan dari air ke dalam reaktor.

Komponen organik lumpur akan bereaksi secara biokimia di tangki aerasi. Biomassa akan terbentuk karena adanya substrat dalam lumpur. Pengendapan biomassa terjadi di tangki pengendapan. *Solid* yang terbentuk akan disirkulasi ke dalam tangki aerasi untuk mempertahankan konsentrasi biomassa dalam reaktor sehingga memberi pengaruh pada efisiensi sistem. Lumpur sisa akan dialirkan menuju unit pengolahan lumpur (Ningtyas, 2015).

Pengolahan dengan lumpur aktif bertujuan untuk menghilangkan BOD, nitrifikasi, dan denitrifikasi. Pada penghilangan BOD, air limbah akan dimetabolisme oleh mikroba sebagai substrat pada lumpur aktif untuk sehingga terkonversi menjadi biomassa, air, karbon dioksida dan gas lainnya. Pada proses nitrifikasi, amonia akan teroksidasi menjadi nitrit dan nitrat oleh bakteri. Sementara itu, nitrit dan nitrat akan terkonversi menjadi gas nitrogen pada proses denitrifikasi (Ningtyas, 2015).

Proses lumpur aktif harus memerhatikan beberapa variabel operasional berikut:

- a. Beban BOD (*BOD Loading Rate* atau *Volumetric Loading Rate*)

Beban BOD dihitung dengan persamaan berikut (Ningtyas, 2015).

$$\text{beban BOD} = \frac{Q \cdot S_0}{V} \quad (3.2)$$

Keterangan

Q = debit air limbah yang masuk (m³/hari)

S₀ = konsentrasi BOD dalam air limbah yang masuk (kg/m³)

V = volume reaktor (m³)

b. *Mixed-Liquor Suspended Solid (MLSS)*

MLSS merupakan jumlah total padatan tersuspensi yang terdiri dari material organik, mineral, dan mikroorganisme. Kadar MLSS diuji dengan metode gravimetri melalui penyaringan lumpur dengan filtrasi dan dikeringkan pada suhu 105°C kemudian ditimbang untuk diketahui massanya (Ningtyas, 2015).

c. *Mixed-Liquor Volatile Suspended Solids (MLVSS)*

MLVSS merupakan jumlah material organik yang terdapat dalam MLSS, tanpa memperhitungkan mikroba hidup, mikroba mati, dan hancuran sel. Kadar MLVSS diuji dengan memanaskan sampel filter yang telah kering pada suhu 600-650°C (Ningtyas, 2015).

d. *Food to Microorganism Ratio (F/M Ratio)*

Rasio F/M dikontrol melalui pengaturan laju sirkulasi lumpur aktif dari tangki pengendapan sekunder yang disirkulasi ke bak aerasi. Nilai F/M *ratio* akan semakin tinggi seiring dengan tingginya laju sirkulasi lumpur. Rasio F/M yang rendah menunjukkan bahwa mikroorganisme dalam tangki aerasi semakin produktif dalam memetabolisme limbah. Semakin rendah rasio F/M maka efisiensi pengolahan air limbah semakin bagus. F/M *ratio* dihitung dengan rumus berikut (Ningtyas, 2015).

$$F/M = \frac{Q \cdot (S_0 - S)}{MLSS \cdot V} \quad (3.3)$$

Keterangan

Q = debit air limbah yang masuk (m³/hari)

S₀ = konsentrasi BOD dalam air limbah yang masuk (kg/m³)

V = volume reaktor (m³)

S = konsentrasi BOD dalam efluen (kg/m³)

MLSS = *mixed liquor suspended solid* (kg/m³)

e. *Hydraulic Retention Time (HRT)*

Waktu tinggal hidraulik (HRT) merupakan waktu rata-rata yang diperlukan oleh influen untuk menjalani proses lumpur aktif. Nilai HRT berbanding

terbalik terhadap laju pengenceran. Rumus HRT adalah sebagai berikut (Ningtyas, 2015).

$$HRT = \frac{1}{D} = \frac{V}{Q} \quad (3.4)$$

Keterangan

V = volume reaktor atau bak aerasi (m³)

Q = debit air limbah yang masuk ke bak aerasi (m³/jam)

D = laju pengenceran (jam⁻¹)

f. Umur Lumpur

Umur lumpur merupakan waktu tinggal rata-rata mikroorganisme dalam sistem lumpur aktif. Umur lumpur berbanding terbalik dengan laju pertumbuhan mikroba. Umur lumpur dihitung dengan persamaan berikut (Ningtyas, 2015).

$$\text{umur lumpur (hari)} = \frac{MLSS \cdot V}{SS_e \cdot Q_e + SS_w \cdot Q_w} \quad (3.5)$$

Keterangan

MLSS = *mixed liquor suspended solid* (mg/L)

V = volume reaktor atau bak aerasi (m³)

Q_e = laju efluen air limbah (m³/hari)

SS_e = padatan tersuspensi dalam efluen

Q_w = laju influen air limbah (m³/hari)

SS_w = padatan tersuspensi dalam influen (mg/L)

g. *Sludge Volume Index* (SVI)

SVI diartikan sebagai volume lumpur yang mengendap selama 30 menit dalam satu liter sampel dibagi dengan berat *sludge* kering per satu liter *sludge*. SVI menunjukkan jumlah volume yang dapat ditempati 1 gram lumpur. Apabila nilai MLSS < 3.500 mg/L maka nilai SVI adalah 50-150 ml/g. SVI dihitung dengan persamaan berikut (Ningtyas, 2015).

$$SVI (ml/g) = \frac{SV \cdot 1000}{MLSS} ml/g \quad (3.6)$$

Dengan:

SV = volume endapan lumpur dalam silinder kerucut setelah 30 menit pengendapan (ml)

h. Rasio resirkulasi (r)

Rasio resirkulasi merupakan perbandingan antara debit lumpur yang dikembalikan ke tangki aerasi terhadap debit air yang diolah. Rasio resirkulasi dihitung dengan persamaan berikut (Desyana, 2017).

$$r = \frac{Q_r}{Q} \quad (3.7)$$

Keterangan

r = rasio resirkulasi

Q_r = debit lumpur yang dikembalikan ke tangki aerasi ($m^3/hari$)

Q = debit air yang diolah ($m^3/hari$)

i. Produksi Lumpur

Produksi lumpur dihitung dengan persamaan berikut (Desyana, 2017).

$$P_x = Y_{obs} \cdot Q(S_0 - S)/1000 \quad (3.8)$$

Keterangan

P_x = produksi lumpur (kg/hari)

Y_{obs} = koefisien yield observasi

Q = debit air limbah yang masuk ke bak aerasi ($m^3/hari$)

S, S_0 = konsentrasi BOD di influen dan effluent (mg/L)

j. Kebutuhan oksigen teoritis

Kebutuhan oksigen teoritis dihitung dengan persamaan berikut (Desyana, 2017).

$$kg O_2 = \left(\frac{Q(S_0 - S)}{\frac{BOD_5}{BOD_L}} \right) - 1,42 P_x \quad (3.9)$$

Keterangan

O_2 = kebutuhan oksigen (kg/hari)

S_0 = konsentrasi BOD pada influen (mg/l)

S = konsentrasi BOD pada efluen (mg/L)

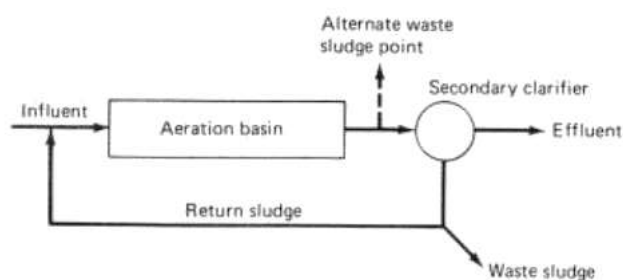
P_x = produksi lumpur (kg/hari)

Q = debit air limbah yang diolah (m^3 /hari)

Berdasarkan prosesnya, bak aerasi terbagi menjadi beberapa kategori yaitu:

1. *Conventional aeration*

Influen dan *return sludge* memasuki tanki di bagian ujungnya dan diaduk dengan sistem aerasi (Qasim, 1985). Teknologi ini dibangun dengan menerapkan bangunan yang sempit dan memanjang (Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2018). Teknologi ini menghasilkan pengolahan yang baik tetapi bak aerasi memerlukan kapasitas yang besar dan biaya konstruksinya tinggi. Proses pengoperasiannya memerlukan oksigen yang tinggi dan sensitive terhadap permasalahan operasional seperti *bulking* (Spellman, 2003). Proses dari teknologi ini ditunjukkan dalam **Gambar 3.10**.



Gambar 3. 10 *Conventional Activated Sludge Process*

Sumber: Qasim, 1985

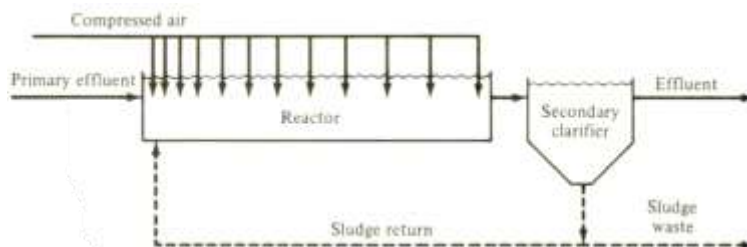
2. *Tapered aeration*

Sistem *tapered aeration* hampir sama dengan sistem *conventional*. Perbedaannya berada pada letak *diffuser* yang berdekatan pada bagian awal dan jaraknya akan semakin jauh pada ujung akhir bak aerasi (Qasim, 1985). Proses dari teknologi ini ditunjukkan dalam **Gambar 3.11**.

3. *Step aeration*

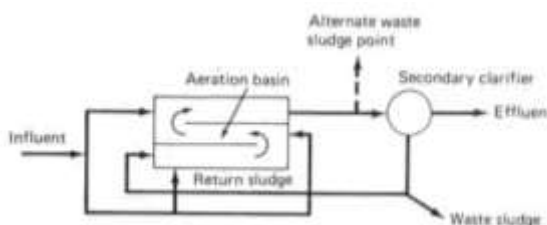
Return sludge diaplikasikan pada beberapa poin di bak aerasi. Umumnya bak dibagi menjadi tiga *chanel* paralel atau lebih. Lumpur dipisahkan pada *chanel*

yang berbeda. *Oxygen demand* dari proses ini terdistribusi seragam (Qasim, 1985). Proses dari teknologi ini ditunjukkan dalam **Gambar 3.12**.



Gambar 3. 11 *Tapered Aeration Activated Sludge Process*

Sumber: Peavy et al., 1985



Gambar 3. 12 *Step Aeration Activated Sludge Process*

Sumber: Qasim, 1985

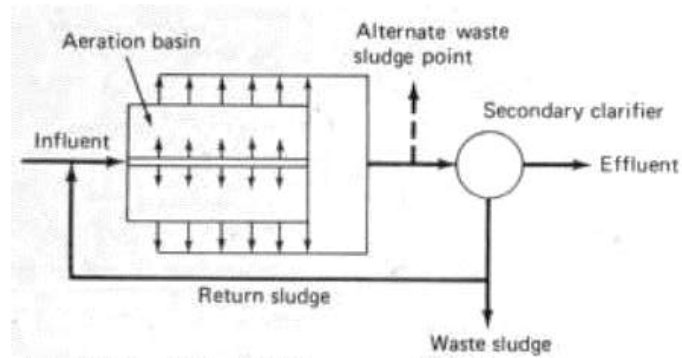
4. *Complete mix aeration*

Influen dan *return sludge* akan bercampur pada sejumlah titik di bak aerasi. *Oxygen demand* dan *organic loading* akan bercampur secara seragam sepanjang bak (Qasim, 1985). Sistem ini dapat menggunakan atau tidak menggunakan pengolahan primer. Aerasi berlangsung secara efektif dan cocok digunakan apabila konsentrasi *organic loading* pada air limbah sangat tinggi (Spellman, 2003). Proses dari teknologi ini ditunjukkan dalam **Gambar 3.13**.

5. *Extended aeration*

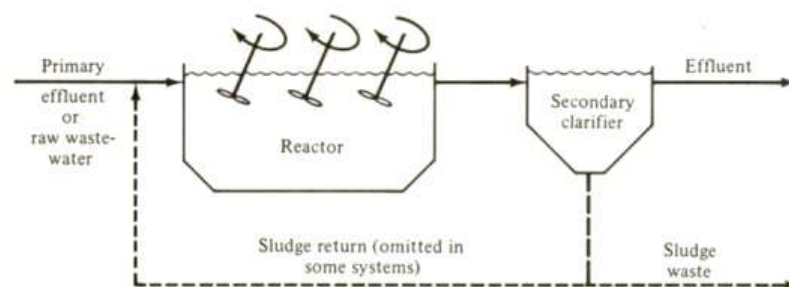
Extended aeration memerlukan bak aerasi yang besar dengan populasi mikroorganisme yang tinggi (Qasim, 1985). *Extended aeration* tidak memerlukan pengolahan primer, menghasilkan *effluent* dengan konsentrasi BOD rendah, dan memproduksi sedikit lumpur (Spellman, 2003). Proses dari *extended aeration* ditunjukkan dalam **Gambar 3.14**. *Oxidation ditch*

merupakan variasi dari *extended aeration*. *Oxidation ditch* memiliki kanal dan menggunakan *rotor* untuk mensuplai oksigen dan menjaga sirkulasi (Qasim, 1985). Proses dari *oxidation ditch* ditunjukkan dalam **Gambar 3.15**.



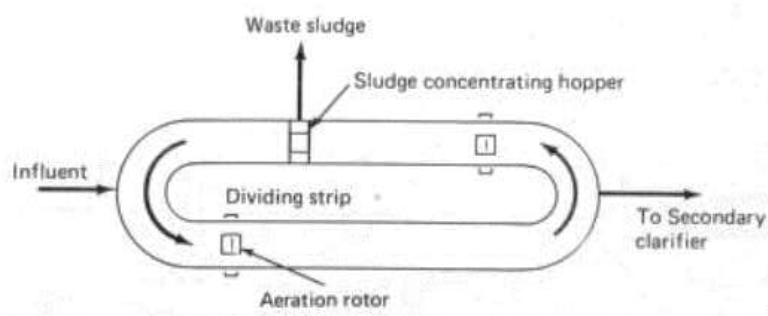
Gambar 3. 13 Complete Mix Aeration Activated Sludge Process

Sumber: Qasim, 1985



Gambar 3. 14 Extended Aeration Activated Sludge Process

Sumber: Peavy et al., 1985

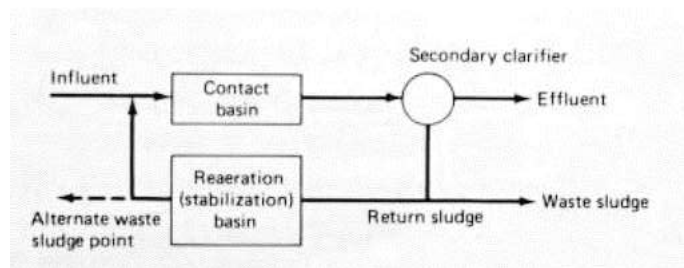


Gambar 3. 15 Oxidation Ditch Activated Sludge Process

Sumber: Qasim, 1985

6. Contact Stabilization

Influen dan lumpur aktif bercampur dalam tangki kontak dan zat organik terabsorpsi oleh mikroorganisme. Pengendapan MLSS terjadi di *clarifier*. *Rearation sludge* diaerasi di bak *rearation* untuk menstabilkan zat organik (Qasim, 1985). Proses dari teknologi ini ditunjukkan dalam **Gambar 3.16**.

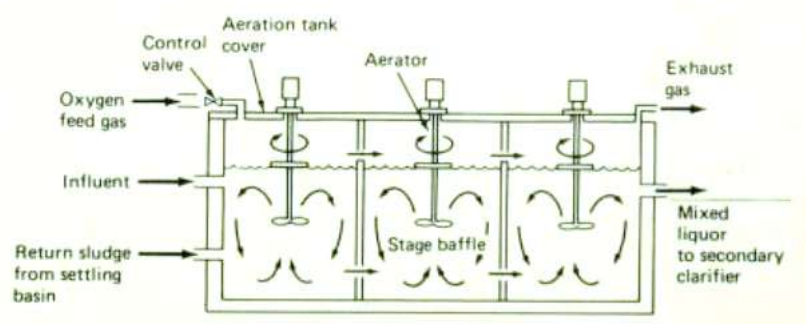


Gambar 3. 16 Contact Stabilization Activated Sludge Process

Sumber: Qasim, 1985

7. Pure Oxygen

Oksigen menyebar dalam bak secara merata. Oksigen diinjeksikan ke dalam bak untuk mereduksi konsentrasi CO_2 dalam air (Qasim, 1985). Sistem ini beroperasi dengan rasion F/M yang tinggi dan berlangsung secara tertutup. Biaya yang dibutuhkan sangat tinggi untuk memproduksi oksigen (Spellman, 2003). Proses dari teknologi ini ditunjukkan dalam **Gambar 3.17**.



Gambar 3. 17 Pure Oxygen Activated Sludge Process

Sumber: Qasim, 1985

Parameter desain dan operasional lumpur aktif berdasarkan jenis prosesnya ditunjukkan dalam **Tabel 3.6**.

Tabel 3. 6 Parameter Desain dan Operasional Lumpur Aktif

Jenis Proses	Flow Regime	Sludge Retention Time, θ_c (hari)	Rasio F/M, kg BODs/kg MLVSS.hari	Aerator loading (kg/m ³ .hari)	MLVSS (mg/L)	Periode Aerasi (jam)	Rasio Resirkulasi (Q _r /Q)
<i>Conventional</i>	<i>Plug</i>	5-15	0,2-0,4	0,3-0,6	1.500-3.000	4-8	0,25-0,5
<i>Tapered aeration</i>	<i>Plug</i>	5-15	0,2-0,4	0,3-0,6	1.500-3.000	4-8	0,25-0,5
<i>Step aeration</i>	<i>Plug</i>	5-15	0,2-0,4	0,6-1,0	2.000-3.500	3-5	0,25-0,75
<i>Complete mix aeration</i>	<i>Complete mix</i>	5-15	0,2-0,6	0,8-2,0	3.000-6.000	3-5	0,25-1,00
<i>Extended aeration Oxydation ditch</i>	<i>Complete mix atau plug</i>	20-30	0,05-0,15	0,1-0,4	3.000-6.000	18-36	0,5-2,0
<i>Contact stabilization</i>	<i>Plug</i>	5-15	0,2-0,6	1,0-1,2	1.000-4.000 ^a 4.000-10.000 ^b	0,5-1,0 ^a 3,0-6,0 ^b	0,5-1,0
<i>Pure oxygen</i>	<i>Complete mix</i>	8-20	0,25-1,0	1,6-3,3	6.000-8.000	2-5	0,25-0,5

Keterangan:

^acontact tank

^breparation atau stabilization tank

Sumber: Qasim, 1985

Sistem lumpur aktif juga terdiri dari *clarifier*. *Clarifier* merupakan bagian dari unit lumpur aktif. *Clarifier* berfungsi untuk memisahkan *mixed liquor suspended solid* dari efluen dan untuk memadatkan lumpur yang diresirkulasi. Pengendapan lumpur dilakukan secara gravitasi dan sentrifugasi. Apabila objek berotasi dalam tabung atau silinder yang berisi campuran cair dan partikel, maka campuran akan bergerak menuju pusat rotasi. Akan tetapi hal ini tidak dapat terjadi karena terdapat gaya berlawanan yang menuju dinding luar tabung atau silinder. Gaya ini merupakan gaya sentrifugasi sehingga partikel-partikel bergerak menuju dinding tabung dan terakumulasi membentuk endapan. Oleh karena itu, *clarifier* dilengkapi *scraper* yang berfungsi untuk mempercepat pengendapan (Tchobanoglous et al., 2014).

Sebagian lumpur yang mengendap pada dasar *clarifier* akan dipompa ke tangki aerasi untuk diaerasi kembali (*Buku B Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat*, 2018). Debit pengembalian

return activated sludge adalah 50-75% dari debit rata-rata air limbah. Persentase *return activated sludge* yang terlalu kecil dapat mengurangi efektivitas dari pengolahan lumpur aktif dan meningkatkan volume lumpur yang harus diolah (Tchobanoglous et al., 2014). Kriteria desain *clarifier* ditunjukkan dalam **Tabel 3.7**.

Tabel 3.7 Kriteria Desain *Clarifier*

Parameter	Simbol	Besaran	Satuan	Sumber
<i>Overflow rate</i>	OR/Vo	16-40	m ³ /m ² .hari	Tchobanoglous, 2014
<i>Solid loading</i>	SL	0,5-5	kg/m ² .jam	Tchobanoglous, 2014
<i>Weir loading</i>	WL	125-500	m ³ /m ² .hari	Tchobanoglous, 2014
Kedalaman bak	H	3,7-6,5	m	Tchobanoglous, 2014
Diameter bak	D	1-60	m	Tchobanoglous, 2014
<i>Slope</i> dasar bak	S	$\frac{1}{16} - \frac{1}{6}$		Tchobanoglous, 2014
Waktu detensi	Td	2-6	jam	Qasim, 1985

3.4.3 Pengolahan Tersier

Pengolahan tersier merupakan pengolahan lanjutan untuk menghilangkan zat yang masih belum tersisihkan pada pengolahan primer dan sekunder serta bahaya apabila dibuang langsung ke lingkungan (Desyana, 2017). Pengolahan tersier yang diterapkan meliputi pengolahan secara fisik berupa filtrasi dan secara kimia meliputi koagulasi-flokulasi dan sedimentasi.

3.4.3.1 Filtrasi

Filtrasi berfungsi untuk menyisihkan padatan tersuspensi yang masih terdapat dalam air limbah setelah pengolahan primer dan sekunder. Air limbah akan dialirkan melalui membran berpori untuk dilakukan penyaringan sehingga partikel akan tertahan dalam membran tersebut. Berdasarkan ukuran partikelnya, filtrasi terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu (*Buku B Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat*, 2018):

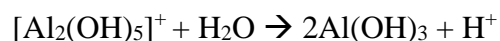
1. *Coarse filtration*

a. *Screen filter*

Menyisihkan materi inorganik berukuran besar seperti pasir.

kimia yang disebut koagulan (Degremont, 1979). Penambahan koagulan dalam air akan menghasilkan flok. Jenis koagulan terdiri dari yang natural dan sintetis organik polimer, seperti alum atau ferric chloride dan garam prehydolized metal seperti *polyaluminium chloride* (PAC), *polyiron chloride* (PICI), dan *polydiallyldimethylammonium chloride* (polyDADMAC) (Tchobanoglous et al., 2014).

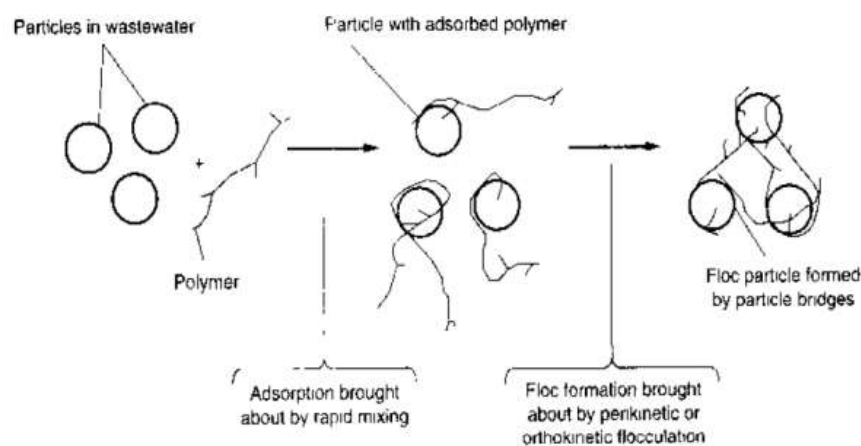
Polyaluminium chloride (PAC) merupakan garam khusus pada pembuatan aluminium klorida yang dapat memberikan daya koagulasi dan flokulasi yang lebih kuat dibandingkan aluminium biasa dan garam-garam besi seperti aluminium sulfat atau ferri klorida (Budiman et al., 2017). PAC memiliki rumus kimia $Al_m(OH)_nCl_{(3m-n)}$, senyawa Al_2O_3 pada PAC saat berikatan dengan air akan bereaksi dengan cepat dan menghasilkan garam dan asam sehingga penurunan kekeruhan terjadi sangat cepat tanpa menggunakan bahan netralisasi karena dalam reaksinya terbentuk senyawa asam dan basa sesungaius (Nur et al., 2016). Reaksi yang terjadi saat PAC digunakan sebagai koagulan adalah sebagai berikut (Budiman et al., 2017).



Berdasarkan reaksi tersebut, reaksi hidrolisis PAC menghasilkan 1 ion H^+ . Hal ini menandakan bahwa penggunaan PAC tidak menyebabkan penurunan pH yang tajam. Selain itu, korosivitas PAC juga rendah (Budiman et al., 2017). Sedangkan flokulasi merupakan penggabungan dari partikel yang tidak stabil menjadi *microfloc* dan membentuk flok yang berukuran besar dan mengendap. Proses flokulasi dibantu dengan penambahan polimer pada pH netral (Degremont, 1979). Proses penambahan koagulan dapat dilakukan dengan kondisi aliran turbulen atau dengan menggunakan pengadukan mekanik cepat. Kondisi turbulen akan memudahkan proses pencampuran polimer dan air limbah domestik yang akan diolah. Sementara flokulasi dilakukan dengan kecepatan aliran yang rendah dengan menggunakan sistem kanal atau saluran terbuka maupun pengadukan mekanik

(Buku B Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat, 2018).

Waktu detensi proses koagulasi adalah 20-60 detik dan gradient kecepatan berada pada rentang 700 s^{-1} sampai 1.000 s^{-1} . Sedangkan waktu detensi proses flokulasi adalah 10-60 menit dan gradient kecepatan berada pada rentang 20 s^{-1} sampai 100 s^{-1} (Reynolds & Richards, 1982). Kecepatan pengadukan memengaruhi pembentukan flok, kecepatan yang terlalu lambat mengakibatkan lambatnya pembentukan flok. Sedangkan pengadukan yang terlalu cepat mengakibatkan flok yang terbentuk menjadi pecah (Bahctiar & Putro, 2022). Ilustrasi proses koagulasi-flokulasi ditunjukkan dalam **Gambar 3.18**.



Gambar 3. 18 Ilustrasi Proses Koagulasi-Flokulasi

Sumber: Tchobanoglous et al., 2014

Persamaan yang digunakan dalam perhitungan koagulasi dan flokulasi adalah sebagai berikut (Bahctiar & Putro, 2022):

$$td = \frac{V}{Q} \quad (3.10)$$

$$P = Q \times \rho \times g \times H \quad (3.11)$$

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu \times V}} \quad (3.12)$$

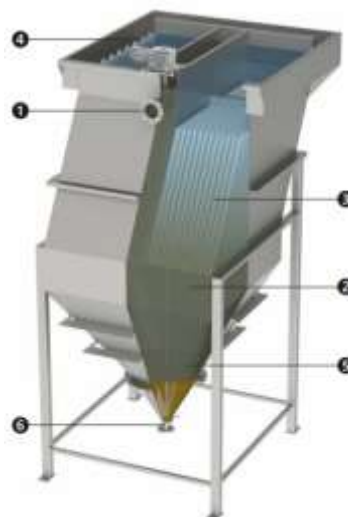
Keterangan:

V = volume tangki (m^3)

- t_d = waktu detensi (detik)
 Q = debit air ($m^3/detik$)
 P = daya pengadukan ($N.m/s$)
 ρ = berat jenis air ($1.000 \text{ kg}/m^3$)
 G = percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m}/s^2$)
 H = ketinggian bak (m)
 μ = viskositas absolut air ($N.s/m^2$)

3.4.3.3 Lamella Separator

Lamella separator atau *lamella clarifier* berfungsi untuk memisahkan partikel atau padatan yang dapat mengendap dalam air. Unit ini umumnya digunakan dalam pengolahan air bersih dan air limbah. Air masuk ke dalam unit ini melalui inlet yang ditunjukkan dalam **Gambar 3.19** pada nomor (1). Air akan mengalir melalui *lamellae* dan terjadi aliran balik (2) sehingga air akan bergerak ke atas dan padatan yang dapat mengendap terperangkap di *lamellae* (3). Air yang telah dipisahkan dari padatan ini akan dialirkan keluar dari unit ini melalui outlet (4). Padatan akan terakumulasi di corong lumpur atau *sludge funnel* (5). Penambahann *scraper* dilakukan untuk menjaga pengaliran lumpur (6) (Leiblein, 2023).



Gambar 3. 19 *Lamella Separator*

Sumber: Leiblein, 2023

3.4.4 Pengolahan Lumpur

Lumpur dari pengolahan air limbah dihasilkan dari *clarifier*, pengendapan secara kimia, fasilitas pengolahan nitrifikasi-denitrifikasi, dan proses filtrasi. Lumpur mengandung banyak volume air sehingga terdapat beberapa tipe pengolahan, yaitu pemekatan (*thickening*), stabilisasi, pengeringan (*dewatering*), dan pembuangan (Qasim, 1985).

1. Pemekatan (*thickening*)

Pemekataan lumpur dilakukan dengan cara memisahkan lumpur dengan supernatan. Terdapat empat metode yaitu pemekatan secara gravitasi, pemekatan secara sentrifugal, pengapungan (*floatation thickening*), dan filter bertekanan (*belt filter press thickening*) (Qasim, 1985).

2. Stabilisasi

Stabilisasi lumpur bertujuan untuk mengurangi jumlah bakteri pathogen, bau menyengat, dan mengendalikan pembusukan. Stabilisasi lumpur dilakukan secara kimia, fisika, dan biologi yang disebut sebagai *anerobic digester*. Proses pada *anerobic digester* berlangsung pada suhu 35-55°C dan bakteri yang paling berperan penting adalah bakteri *thermophilic* (*Lampiran II Peraturan Menteri PUPR Nomor 4 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik*, 2017).

3. Pengeringan (*dewatering*)

Pengeringan lumpur bertujuan untuk mengurangi tingkat kelembaban lumpur sehingga memudahkan proses pembuangan lumpur. Terdapat beberapa jenis unit pengeringan, yaitu (*Lampiran II Peraturan Menteri PUPR Nomor 4 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik*, 2017):

a. filter vakum

Unit ini berbentuk drum yang dilapisi media filter dan diputar dengan kecepatan tertentu sehingga menghasilkan tiga zona, yaitu pembentukan *cake*, pengeringan, dan pembuangan.

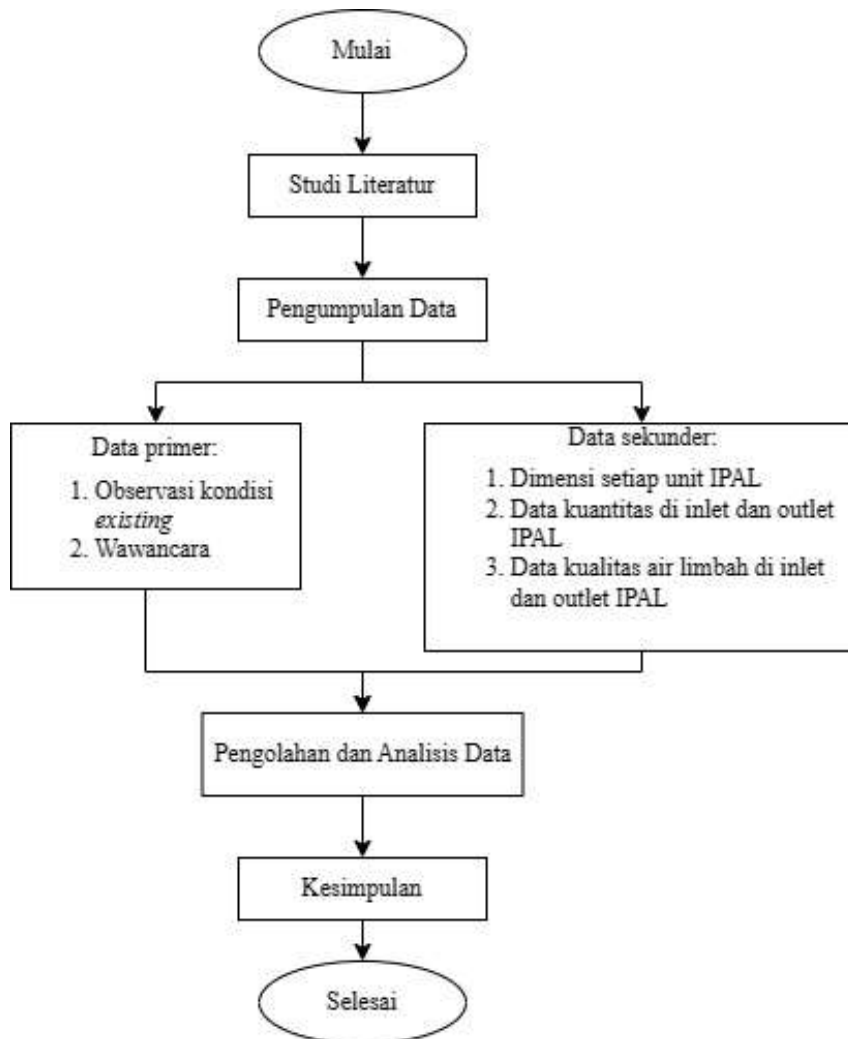
- b. *filter press*, yang bekerja dengan memberikan tekanan pada lumpur sehingga air dan lumpur dapat dipisahkan,
- c. *belt filter press* yang bekerja dengan menekan lumpur oleh sepasang lembar plastik elastis berpori sehingga air akan dipaksa untuk keluar dari lumpur
- d. *Sludge Drying Bed* (SDB)
Unit ini terdiri dari bak pengering (bak dangkal berisi pasir sebagai media penyaring dan batu kerikil sebagai penyangga pasir) dan saluran air tersaring (*filtrate*) yang berada di dasar bak.

4. Pembuangan

Lumpur yang telah kering atau *sludge cake* dapat dimanfaatkan sebagai tanah penutup *landfill*. Namun, jika dikhawatirkan mengandung logam berat atau B3, sebaiknya dijadikan tanah uruk yang di atasnya ditanami tumbuhan bukan untuk konsumsi manusia dan hewan. Metode ini disebut sebagai fitoremediasi (*Lampiran II Peraturan Menteri PUPR Nomor 4 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik, 2017*).

BAB IV METODOLOGI

Evaluasi pengolahan limbah cair PT X terdiri dari beberapa tahapan yang ditunjukkan dalam **Gambar 4.1**.



Gambar 4. 1 Diagram Alir Tahapan Evaluasi

Sumber: Perencanaan, 2022

4.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan menggali informasi dari buku, jurnal, peraturan, dan referensi lainnya yang berkaitan dengan penelitian. Informasi yang

dikumpulkan berupa kriteria desain setiap unit, proses yang terjadi, hingga regulasi terkait pengolahan air limbah di Indonesia.

4.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data terdiri dari data primer dan sekunder yang diperoleh selama pelaksanaan praktik kerja. Data primer didapatkan melalui observasi kondisi *existing* dan wawancara terhadap penanggung jawab pengelolaan IPAL PT X. Sedangkan data sekunder terdiri dari:

1. Dimensi setiap unit di IPAL PT X
2. Data kuantitas air limbah di inlet dan outlet IPAL PT X
3. Data kualitas air limbah di inlet dan outlet IPAL PT X

4.3 Pengolahan dan Analisis Data

Kualitas air limbah di outlet dibandingkan dengan baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2019 tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Ketidaksesuaian dengan baku mutu menandakan unit yang ada di IPAL ini tidak beroperasi secara efektif. Data dimensi dan kuantitas air limbah diolah sehingga didapatkan waktu detensi yang nilainya dibandingkan dengan kriteria desain berdasarkan hasil studi literatur. Unit yang tidak memenuhi kriteria desain, dilakukan perhitungan ulang (re-desain) sehingga didapatkan rekomendasi dimensi dari unit tersebut.

4.4 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari laporan praktik kerja ini adalah evaluasi kinerja IPAL industri tekstil PT X Kecamatan Cikarang Barat Kabupaten Bekasi dan rekomendasi agar air limbah yang dibuang sudah memenuhi baku mutu.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keseluruhan data yang didapatkan dianalisis untuk mengetahui permasalahan yang terjadi di IPAL PT X, pengecekan terhadap kesesuaian kriteria desain, dan rekomendasi untuk penanggulangannya. Adapaun data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Kegiatan di PT X yang menghasilkan limbah
Analisis dilakukan untuk mengetahui limbah di IPAL PT X dihasilkan dari berbagai kegiatan, yaitu kegiatan produksi yang mencakup berbagai proses dan kegiatan domestik.
2. Neraca air perusahaan
Data ini digunakan untuk menghitung persentase timbulan air limbah yang dihasilkan dari kegiatan produksi dan domestik.
3. Debit air limbah di inlet dan outlet
Data yang digunakan terdiri dari dua jenis data, yaitu:
 - a. Debit rata-rata bulanan di *inlet* dan *outlet* Juli 2021 s.d. Juni 2022
Data ini digunakan untuk mengetahui debit rata-rata harian. Debit rata-rata harian digunakan untuk menghitung waktu detensi aktual di setiap unit IPAL.
 - b. Debit harian maksimum di *inlet* selama Januari 2022 s.d. Juni 2022
Data ini digunakan untuk menghitung debit maksimum air limbah produksi dan domestik yang diperoleh dengan mengalikan persentase debit maksimum air limbah dari kegiatan produksi dan domestik dari perhitungan neraca air perusahaan. Data ini digunakan untuk penentuan baku mutu sistem terintegrasi.
4. Data kualitas air limbah di *inlet* dan *outlet*
PT X menggunakan IPAL dengan sistem terintegrasi sehingga diperlukan penentuan baku mutu sistem terintegrasi yang mengacu pada Lampiran II

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Data kualitas air limbah di *outlet* dibandingkan dengan hasil perhitungan baku mutu sistem terintegrasi. Baku mutu ini juga dibandingkan dengan baku mutu lokal milik PT X. Data kualitas air limbah di inlet dan outlet dibandingkan sehingga didapatkan persentase penyisihan setiap parameter setelah dilakukan pengolahan di IPAL.

5. Data unit IPAL PT X

Data yang dikumpulkan meliputi alur serta proses yang terjadi di IPAL PT X, kapasitas IPAL, dan dimensi setiap unit IPAL. Setiap unit IPAL di PT X dilakukan perhitungan waktu detensi yang terdiri dari waktu detensi desain dan aktual. Perhitungan waktu detensi desain dilakukan dengan menggunakan data debit berupa kapasitas IPAL. Sedangkan perhitungan waktu detensi aktual dilakukan dengan menggunakan data debit rata-rata harian. Waktu detensi desain dan aktual dibandingkan dengan kriteria desain sesuai dengan hasil studi literatur. *Redesain* dilakukan terhadap unit yang waktu detensi desainnya tidak sesuai dengan kriteria desain.

5.1 Sumber Air Limbah

PT X menghasilkan air limbah dari proses produksi dan kegiatan domestik. Air limbah akan diolah di IPAL milik perusahaan sebelum dibuang ke Sungai Cikedokan. IPAL menerima air limbah karakteristik yang berbeda berdasarkan sumbernya, yaitu air limbah domestik dan air limbah yang dihasilkan dari kegiatan produksi industri tekstil.

5.1.1 Air Limbah dari Proses Produksi

Proses produksi di PT X terdiri dari *weaving* dan *finishing*. Proses *greige shirting* dilakukan di divisi *weaving*. Sementara itu, di divisi *finishing* dilakukan proses *printing pigment*, *printing reactive*, *dyeing cold batch*, dan *dyeing pad dry*.

5.1.1.1 Greige Shirting

Proses produksi *greige shirting*, bahan baku dan penolong yang digunakan serta dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses *greige shirting* ditunjukkan dalam **Gambar 2.4**. Proses produksi *greige shirting* dimulai dari proses penerimaan benang sebagai *feeding* untuk proses penggulungan (*rewinding*) benang dan pembentukan kain satu anyam (*warping*). Setelah melalui proses *rewinding* dan *warping*, proses berikutnya adalah penambahan larutan kanji (*sizing*) yang bertujuan agar benang pada kain menjadi kuat dan tidak mudah putus. Penambahan larutan ini menghasilkan limbah cair yang akan disalurkan ke IPAL untuk dilakukan pengolahan. Kemudian dilakukan proses *reaching* untuk memberikan waktu bereaksi antara benang dengan kanji secara sempurna.

Proses berikutnya dilakukan proses penenunan (*weaving*) untuk membuat kain dengan anyaman banyak (kain *greige*). Proses *weaving* dilakukan dengan menggunakan mesin anyam/tenun. Dampak yang ditimbulkan dari proses *weaving* adalah bising dan debu. Setelah menjalani proses *weaving*, dilakukan pengecekan kualitas kain *greige* dengan proses *inspecting* untuk memisahkan kualitas kain *grade A* dan *grade B*. Selanjutnya dilakukan *packing* terhadap kain *greige* untuk dikirim ke proses *printing shirting* dan dilakukan ekspor.

5.1.1.2 Printing Shirting

Terdapat beberapa jenis proses dalam *printing shirting* yaitu *printing pigment*, *printing reactive*, *dyeing cold batch*, dan *dyeing pad dry*.

5.1.1.2.1 Printing Pigment

Proses produksi *printing pigment*, bahan baku dan penolong yang digunakan serta dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses ini ditunjukkan dalam **Gambar 2.5**. Kain *greige* yang dihasilkan dari proses penenunan dilanjutkan ke proses penyempurnaan dengan jenis *printing pigment*. Proses ini diawali dengan pembakaran bulu pada mesin *singeing* yang berfungsi untuk menghilangkan bulu yang dapat menghambat proses merserasi dan pencetakan (*printing*) sehingga memengaruhi kualitas kain. Selanjutnya kain akan melewati proses *continuous*

bleaching yang bertujuan untuk menghilangkan warna alami yang disebabkan oleh pigmen-pigmen alam atau zat-zat lain sehingga didapatkan kain putih. Proses ini menggunakan H_2O_2 , NaOH, air, dan *wetting agent* sebagai bahan baku dan penolong sehingga dihasilkan limbah cair dan panas.

Pada proses berikutnya, kain akan melalui tahap *mercerizing* yaitu perendaman kain pada larutan NaOH dan diberikan tegangan pada kain. Proses ini bertujuan untuk menambah kekuatan kain, memberikan kilau, dan memudahkan dalam penyerapan warna. Penggunaan NaOH dan air sebagai bahan baku dan penolong pada proses ini menghasilkan limbah cair dan panas. Selanjutnya kain akan melalui tahapan *setting printing* yaitu penyesuaian kain dengan pola yang sudah ditentukan dan kain akan melalui tahap *printing* atau pencetakan. Pada tahap *printing*, bahan baku dan penolong yang digunakan adalah *dyestuff*, air, pasta alginate, dan urea sehingga dihasilkan limbah cair.

Setelah melalui tahap *printing*, kain akan melalui tahap *curing* yaitu pematangan dengan pemanasan tinggi. Setelah itu, dilakukan proses *finishing* meliputi pencucian kain pada mesin *washing* dan *stenter*. Pada tahap *finishing*, bahan baku dan penolong yang digunakan adalah air, *softener*, dan *wetting agent*. Berikutnya dilakukan *inspecting* dan digulung menggunakan mesin *rolling*. Proses terakhir dari *printing pigment* adalah *packing*.

Proses *printing pigment* menimbulkan dampak berupa debu, panas, limbah cair, kebisingan, dan potongan kain. Limbah cair dihasilkan dari tahapan *continuous bleaching*, *mercerizing*, *printing*, dan *finishing* yang menggunakan bahan kimia sebagai bahan baku proses pengerjaannya. Limbah cair yang dihasilkan akan disalurkan ke IPAL milik perusahaan dengan saluran tertutup untuk dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke badan air penerima.

5.1.1.2.2 Printing Reactive

Proses produksi *printing reactive*, bahan baku dan penolong yang digunakan serta dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses ini ditunjukkan dalam **Gambar**

2.6. Kain *greige* yang dihasilkan dari penenunan atau *weaving* akan dilakukan proses penyempurnaan dengan jenis *printing reactive*. Pada proses ini, dilakukan pembakaran bulu pada kain *greige* di mesin *singeing* yang bertujuan untuk memaksimalkan proses merserasi dan *printing*. Tahap ini menimbulkan debu dan panas. Kemudian kain akan melalui proses *continuous bleaching* yang bertujuan untuk memutihkannya dengan menggunakan H_2O_2 , NaOH, air, dan *wetting agent* sebagai bahan baku dan penolongnya. Pada proses ini dihasilkan limbah cair dan panas.

Kemudian kain akan melalui tahap *mercerizing* yang bertujuan untuk memberi tegangan pada kain sehingga menimbulkan efek kilau dan pelebaran kain dengan menggunakan NaOH dan air. Dampak yang ditimbulkan dari proses ini adalah dihasilkannya limbah cair dan panas. Setelah itu, kain akan melalui tahap *setting printing* untuk menyesuaikan dengan pola yang diinginkan dan dilanjutkan dengan proses *printing*. Pada proses *printing* digunakan *dyestuff*, air, pasta alginat, dan urea sebagai bahan baku dan penolongnya sehingga dihasilkan limbah cair.

Proses berikutnya adalah *steamer* yaitu kain dipanaskan dengan suhu tinggi. Setelah itu dilakukan pencucian (*washing*) pada kain dengan menggunakan air, *softener*, dan *wetting agent*. Proses pencucian menghasilkan limbah cair dan panas. Kemudian kain akan melalui tahap *finishing* atau penyempurnaan kain yang pada tahap ini dihasilkan limbah cair dan panas. Kemudian kain dikeringkan dalam tahap *tumble dryer* yang prosesnya menimbulkan kebisingan dan potongan kain. Setelah itu, kain akan dilanjutkan ke tahap *sanforize* yang bertujuan untuk melenturkan, menguatkan, dan agar kain tidak menyusut. Selanjutnya dilakukan proses *calender* atau penyetricaan dengan bantuan tekanan dan panas yang prosesnya menghasilkan debu. Setelah itu, kain akan melalui tahap *inspection* untuk diketahui kualitasnya, lalu dilanjutkan ke tahap *rolling* dan *packing*.

Proses *printing reactive* menghasilkan dampak berupa debu, panas, limbah cair, kebisingan, dan potongan kain. Limbah cair dihasilkan dari tahapan *continuous bleaching*, *mercerizing*, *printing*, dan *washing* yang menggunakan bahan kimia

sebagai bahan baku dan penolong proses pengerjaannya. Limbah cair yang dihasilkan akan disalurkan ke IPAL milik perusahaan dengan saluran tertutup untuk dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke badan air penerima.

5.1.1.2.3 Dyeing Cold Batch

Proses produksi *dyeing cold batch*, bahan baku dan penolong yang digunakan serta dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses ini ditunjukkan dalam **Gambar 2.7**. Kain *greige* dari hasil penenunan akan dilanjutkan ke tahap penyempurnaan dengan jenis *dyeing cold batch*. Proses pertama adalah pembakaran bulu pada kain *greige* yang dilakukan di mesin *singeing*. Tahap ini bertujuan untuk menghilangkan bulu-bulu yang menempel pada kain *greige* sehingga penyerapan warna dapat dilakukan dengan maksimal. Kemudian kain akan dilanjutkan ke proses *continuous bleaching* yang bertujuan untuk memutihkan kain dengan menggunakan H₂O₂, NaOH, air, dan *wetting agent* sebagai bahan baku dan penolong. Proses ini menghasilkan limbah cair dan panas.

Proses berikutnya adalah *mercerizing* yang bertujuan untuk memberi tegangan pada kain sehingga menimbulkan efek kilau dan pelebaran kain yang dilakukan dengan perendaman pada larutan NaOH. Proses *mercerizing* menghasilkan limbah cair dan panas. Setelah itu, kain akan melalui tahap *setting printing* atau tahap persiapan sebelum proses berikutnya. Kemudian akan melalui tahap *dyeing* yang dilakukan dengan menggunakan *dyestuff*, NaOH, air, dan *wetting agent* sehingga prosesnya menghasilkan limbah cair.

Pada proses *batching*, zat warna dilarutkan atau didispersikan ke dalam larutan celup. Kain direndam dalam larutan celup lalu dipindahkan setelah sebagian besar zat warna dialihkan dan didistribusikan secara menyeluruh dan merata serta masuk ke dalam serat. Proses ini menghasilkan limbah cair, kemudian kain dicuci (*washing*) dengan air untuk menghilangkan sisa zat warna sehingga menghasilkan limbah cair dan panas.

Proses berikutnya adalah *finishing*. Kain dikeringkan dalam tahap *tumble dryer* yang pada tahap ini menimbulkan debu dan panas. Setelah itu, kain akan dilanjutkan untuk ke tahap *sanforize* yang bertujuan untuk melenturkan, menguatkan, dan agar kain tidak menyusut. Kemudian akan dilanjutkan pada proses *calender* atau penyetricaan dengan bantuan tekanan dan panas yang prosesnya menimbulkan debu dan panas. Kain akan melalui tahap *inspection* untuk diketahui kualitasnya, lalu dilanjutkan ke tahap *rolling* dan *packing*.

Proses *dyeing cold batch* menghasilkan dampak berupa debu, panas, limbah cair, dan potongan kain. Limbah cair dihasilkan dari tahap *continuous bleaching*, *mercerizing*, *dyeing*, *batching*, dan *washing* yang menggunakan bahan kimia sebagai bahan baku dan penolong proses pengerjaannya. Limbah cair yang dihasilkan akan disalurkan ke IPAL milik perusahaan dengan saluran tertutup untuk dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke badan air penerima.

5.1.1.2.4 Dyeing Pad Dry

Proses produksi *dyeing pad dry*, bahan baku dan penolong yang digunakan serta dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses ini ditunjukkan dalam **Gambar 2.8**. Kain *greige* dari hasil penenunan akan dilanjutkan ke tahap penyempurnaan dengan jenis *dyeing pad dry*. Proses pertama yaitu pembakaran bulu pada kain *greige* di mesin *singeing* dan menghasilkan debu dan panas. Proses dilanjutkan dengan *continuous bleaching* yang bertujuan untuk memutihkan kain. Proses ini menggunakan H_2O_2 , NaOH, air, dan *wetting agent* sebagai bahan baku dan penolong sehingga dihasilkan limbah cair dan panas.

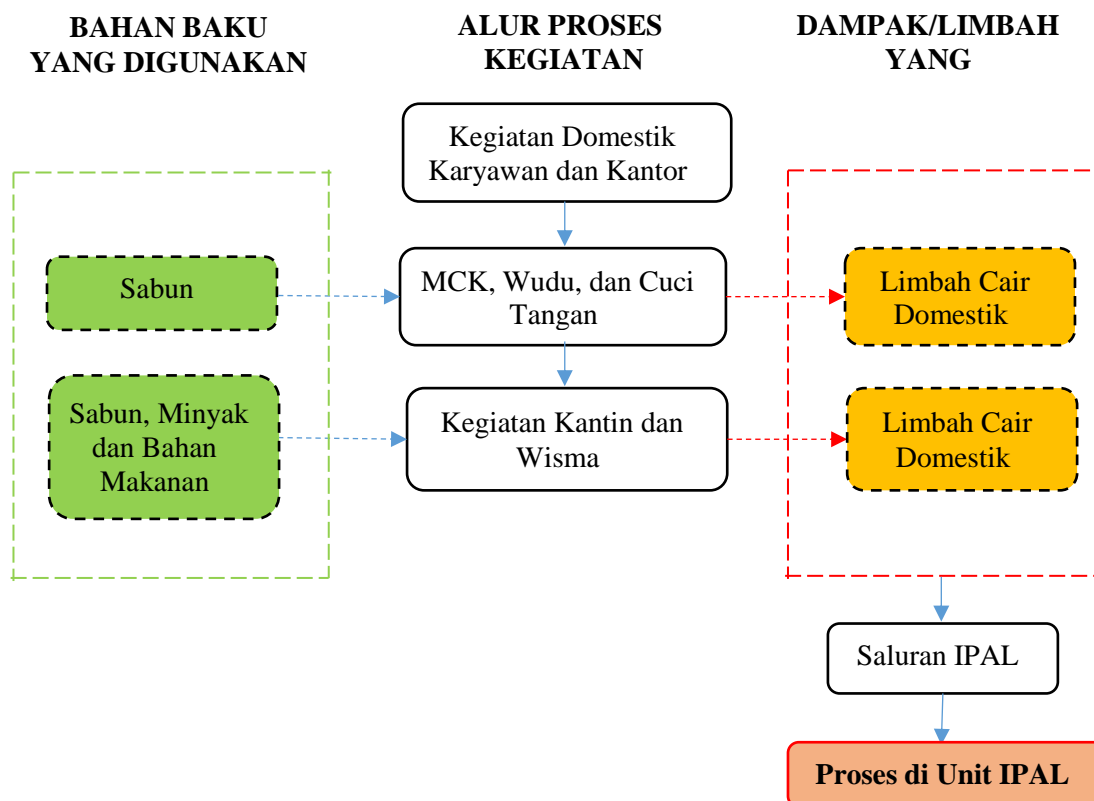
Setelah itu, dilanjutkan dengan proses *mercerizing* yang bertujuan untuk memberi tegangan pada kain sehingga menimbulkan efek kilau dan pelebaran kain dengan perendaman pada larutan NaOH. Proses *mercerizing* menghasilkan limbah cair dan panas. Kemudian dilanjutkan dengan *setting printing* untuk mempersiapkan ke tahap *dyeing*. Setelah itu, dilakukan tahap *dyeing pad dry* yang menggunakan *dyestuff*, air, NaOH, dan *wetting agent* sebagai bahan baku dan penolongnya. Kain

akan melalui proses *dyeing* lalu dikeringkan dan ditambahkan alkali lalu melalui proses *steaming*.

Setelah itu, kain dicuci (*washing*) untuk menghilangkan sisa zat warna dengan menggunakan air, *softener*, dan *wetting agent*. Kemudian kain akan dilanjutkan ke proses *finishing*. Kain dikeringkan dalam tahap *tumble dryer* yang menghasilkan panas dan debu dari prosesnya. Setelah itu, kain akan dilanjutkan untuk ke tahap *sanforize* yang bertujuan untuk melenturkan, menguatkan, dan agar kain tidak menyusut. Kemudian akan dilanjutkan pada proses *calender* atau penyetrikan dengan bantuan tekanan dan panas. Kain akan melalui tahap *inspection* untuk diketahui kualitasnya, lalu dilanjutkan ke tahap *rolling* dan *packing*. Limbah cair yang dihasilkan dari proses *dyeing pad dry* akan dialirkan ke IPAL milik perusahaan dengan saluran tertutup.

5.1.2 Air Limbah dari Kegiatan Domestik

Limbah cair domestik PT X dihasilkan dari kegiatan domestik karyawan di PT X seperti, mandi cuci kakus (MCK), wudu, dan cuci tangan. Wisma karyawan dan kantin merupakan bagian penunjang yang ada di PT X. Wisma karyawan terdiri dari 70 kamar yang dihuni oleh 186 orang karyawan. Sementara itu, kantin berfungsi sebagai tempat penyedia makanan bagi karyawan. Limbah yang dihasilkan dari wisma dan kantin akan dialirkan melalui saluran air limbah untuk diolah di IPAL bersamaan dengan limbah yang dihasilkan dari proses produksi. *Grey water* yang dihasilkan dari kegiatan domestik dialirkan ke IPAL untuk diolah bersamaan dengan limbah cair produksi. Sementara itu, *black water* yang dihasilkan akan dialirkan ke tangki *septik*. Bahan baku yang digunakan, alur proses kegiatan, dan limbah yang dihasilkan ditunjukkan dalam **Gambar 5.1**.



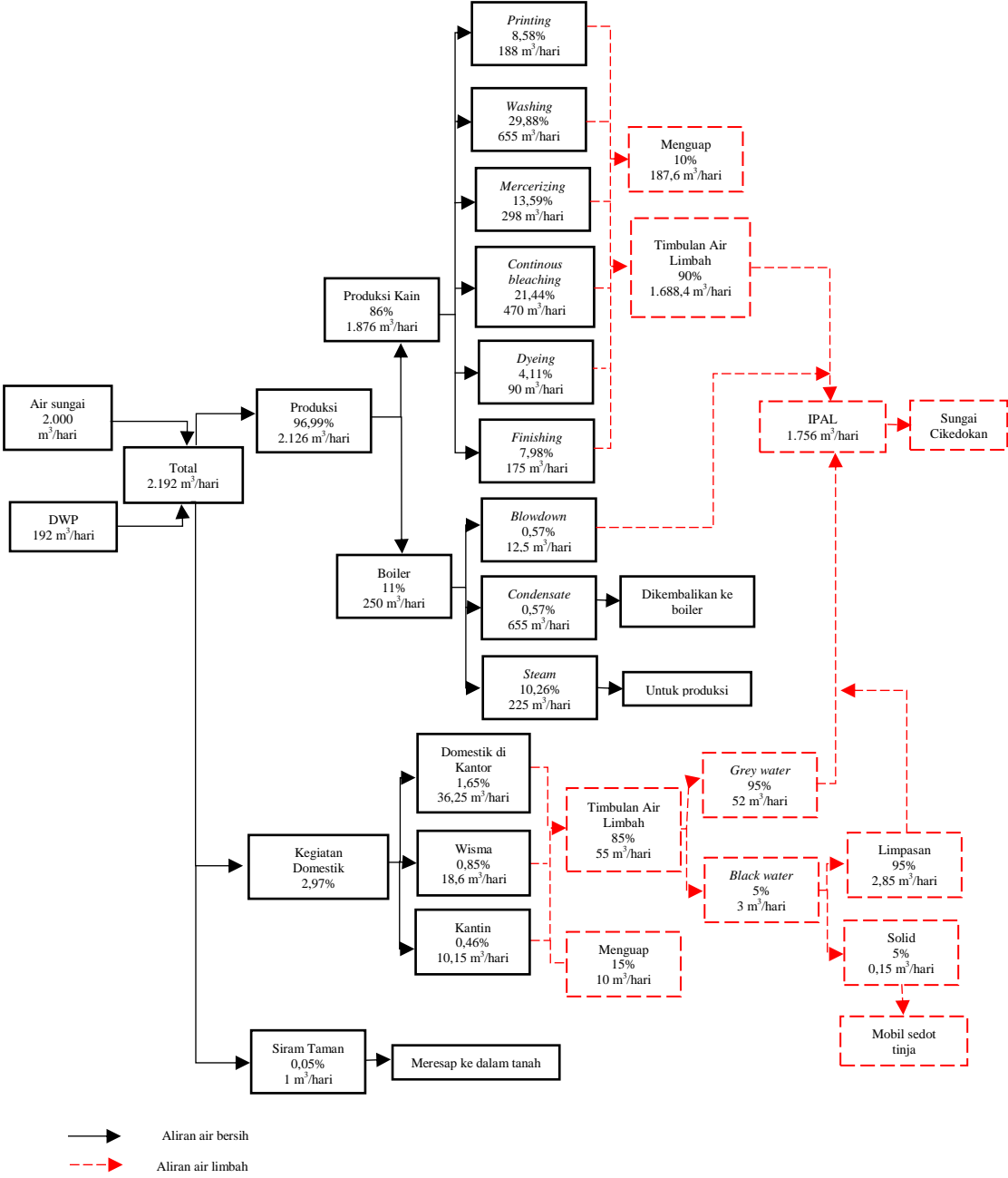
Gambar 5. 1 Diagram Alir Air Limbah Dari Kegiatan Domestik

Sumber: PT X, 2022

5.2 Neraca Air Perusahaan

PT X menggunakan air baku yang berasal dari Sungai Tarum Barat atau yang memiliki nama lain Kali Malang. Air baku ini akan diproses pada instalasi pengolahan air milik perusahaan untuk kegiatan produksi. Kapasitas pengambilan air dari sungai Tarum Barat adalah 2.000 m³/hari. Air bersih untuk kegiatan domestik karyawan berasal dari *deep well pump* dengan kapasitas pengambilan 192 m³/hari sehingga kebutuhan air bersih PT X adalah 2.192 m³/hari.

Neraca air PT X ditunjukkan dalam **Gambar 5.2** dengan rinciannya ditunjukkan dalam **Tabel 5.1** dan **5.2**. Kegiatan yang membutuhkan air bersih dan menghasilkan air limbah dibagi menjadi tiga kategori, yaitu produksi, kegiatan domestik, dan siram taman. Kebutuhan air untuk produksi adalah 2.126 m³/hari, untuk kegiatan domestik 65 m³/hari, dan untuk siram taman 1 m³/hari. Perhitungan persentase untuk ketiga kategori kegiatan di PT X adalah sebagai berikut.



Gambar 5. 2 Neraca Air PT X

Sumber: Kajian Lingkungan Hidup Strategis PT X 2021, 2022

Tabel 5. 1 Neraca Air PT X

Sumber Air Bersih	Debit (m ³ /hari)	Total (m ³ /hari)	Kategori Kegiatan	Kebutuhan Air Bersih (m ³ /hari)	% Kebutuhan Air Bersih	Kegiatan	Kebutuhan Air Bersih (m ³ /hari)	% Kebutuhan Air Bersih (m ³ /hari)	Rincian Kegiatan	Kebutuhan Air Bersih (m ³ /hari)	% Kebutuhan Air Bersih
Air sungai	2.000	2.192	Produksi	2.126	96,99%	Produksi kain	1.876	86%	Printing	188	8,58%
									Washing	655	29,88%
									Mercerizing	298	13,59%
									Continous bleaching	470	21,44%
									Dyeing	90	4,11%
									Finishing	175	7,98%
Deep well pump	192	2.192	Kegiatan domestik	65	2,97%	Kegiatan domestik	65	2,97%	Blowdown	12,5	0,57%
									Condensate	12,5	0,57%
									Steam	225	10,26%
									Domestik di Kantor	36,25	1,65%
									Wisma	18,6	0,85%
									Kantin	10,15	0,46%
Siram taman	1	0,05%	Siram taman	1	0,05%	Siram taman	1	0,05%			

Sumber: Kajian Lingkungan Hidup Strategis PT X 2021, 2022

Tabel 5. 2 Neraca Air PT X (Lanjutan)

Kegiatan	Rincian Kegiatan	% Air Limbah yang Dhasilkan (m ³ /hari)	Timbulan Air Limbah (m ³ /hari)	% Penguapan	Debit Air yang Menguap (m ³ /hari)	Rincian Air Limbah Domestik	% Timbulan Air Limbah	Timbulan Air Limbah (m ³ /hari)	Rincian Black Water	% Timbulan Air Limbah (m ³ /hari)	Timbulan Air Limbah (m ³ /hari)	Air Limbah yang Diterima IPAL
Produksi kain	Printing	90%	1688,4	10%	187,6	-	-	-	-	-	-	1.756
	Washing											
	Mercerizing											
	Continous bleaching											
	Dyeing											

Kegiatan	Rincian Kegiatan	% Air Limbah yang Dihasilkan (m ³ /hari)	Timbulan Air Limbah (m ³ /hari)	% Penguapan	Debit Air yang Menguap (m ³ /hari)	Rincian Air Limbah Domestik	% Timbulan Air Limbah	Timbulan Air Limbah (m ³ /hari)	Rincian Black Water	% Timbulan Air Limbah (m ³ /hari)	Timbulan Air Limbah (m ³ /hari)	Air Limbah yang Diterima IPAL	
	<i>Finishing</i>												
Boiler	<i>Blowdown</i>	5%	12,50	-	-								
	<i>Condensate</i>	Dikembalikan ke boiler											
	<i>Steam</i>	Untuk produksi											
Kegiatan Domestik	Domestik di Kantor	85%	55,00	15%	10,00	<i>Grey water</i>	95%	52	-	-	-		
	Wisma					5%	3	Limpasan	95%	2,85			
	Kantin							*Solid	5%	0,15			
Siram Taman	Siram taman	Meresap ke dalam tanah				-	-	-	-	-	-		

*Masuk ke dalam septik tank dan dilakukan penyodatan oleh mobil sedot tinja

Sumber: Kajian Lingkungan Hidup Strategis PT X 2021, 2022

$$\begin{aligned}
 \% \text{ kebutuhan air bersih produksi} &= \frac{\text{kebutuhan air bersih produksi}}{\text{total kebutuhan air bersih PT X}} \times 100\% \\
 &= \frac{2.126 \frac{m^3}{\text{hari}}}{2.192 \frac{m^3}{\text{hari}}} \times 100\% \\
 &= 96,99\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ kebutuhan air bersih domestik} &= \frac{\text{kebutuhan air bersih domestik}}{\text{total kebutuhan air bersih PT X}} \times 100\% \\
 &= \frac{65 \frac{m^3}{\text{hari}}}{2.192 \frac{m^3}{\text{hari}}} \times 100\% \\
 &= 2,97\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ kebutuhan air bersih siram taman} &= \frac{\text{kebutuhan air bersih siram taman}}{\text{total kebutuhan air bersih PT X}} \times 100\% \\
 &= \frac{1 \frac{m^3}{\text{hari}}}{2.192 \frac{m^3}{\text{hari}}} \times 100\% \\
 &= 0,05\%
 \end{aligned}$$

Kegiatan produksi dibagi menjadi dua kategori, yaitu produksi kain dan aktivitas boiler. Perhitungan kebutuhan air untuk produksi kain adalah sebagai berikut.

$Q_{\text{air bersih produksi kain}}$

$$\begin{aligned}
 &= Q_{\text{printing}} + Q_{\text{washing}} + Q_{\text{mercerizing}} + Q_{\text{continuous bleaching}} + Q_{\text{dyeing}} + Q_{\text{finishing}} \\
 &= 188 \frac{m^3}{\text{hari}} + 655 \frac{m^3}{\text{hari}} + 298 \frac{m^3}{\text{hari}} + 470 \frac{m^3}{\text{hari}} + 90 \frac{m^3}{\text{hari}} + 175 \frac{m^3}{\text{hari}} \\
 &= 1.876 \frac{m^3}{\text{hari}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ kebutuhan air bersih produksi kain} &= \frac{\text{kebutuhan air bersih produksi kain}}{\text{total kebutuhan air bersih PT X}} \times 100\% \\
 &= \frac{1.876 \frac{m^3}{\text{hari}}}{2.192 \frac{m^3}{\text{hari}}} \times 100\% \\
 &= 86\%
 \end{aligned}$$

Sebanyak 10% air bersih yang digunakan untuk produksi akan menguap dan terserap oleh produk. Sedangkan 90% akan menjadi air limbah yang akan dialirkan ke IPAL milik perusahaan. Berikut merupakan perhitungan debit air yang menguap dan debit air limbah produksi.

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{air yang menguap saat produksi kain}} &= 10\% \times Q_{\text{air bersih produksi kain}} \\
 &= 10\% \times 1.876 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \\
 &= 187,6 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{air limbah produksi kain}} &= 90\% \times Q_{\text{air bersih produksi kain}} \\
 &= 90\% \times 1.876 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \\
 &= 1.688,4 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}
 \end{aligned}$$

Air bersih yang digunakan untuk boiler sejumlah 250 m³/hari dengan 12,5 m³/hari digunakan untuk *blowdown*, 12,5 m³/hari untuk *condesate*, dan 225 m³/hari untuk *steam*. Air dari *condensate* akan dikembalikan kembali ke boiler dan dari *steam* akan diarahkan ke bagian produksi. Air dari proses *blowdown* akan dialirkan ke IPAL milik perusahaan. Berikut merupakan perhitungan debit air limbah yang dihasilkan dari proses *blowdown*, debit air untuk *condensate*, dan debit air untuk proses *steam*.

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{air limbah dari blowdown}} &= 5\% \times Q_{\text{air bersih untuk boiler}} \\
 &= 5\% \times 250 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \\
 &= 12,5 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}
 \end{aligned}$$

Debit air limbah dari proses *blowdown* yang masuk ke IPAL dikategorikan sebagai air limbah dari proses produksi karena berasal dari kegiatan operasional pabrik. Oleh karena itu, debit total air limbah produksi adalah 1.700,9 m³/hari dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Q_{total\ air\ limbah\ produksi} &= Q_{air\ limbah\ produksi} + Q_{air\ limbah\ dari\ blowdown} \\
 &= 1.688,4 \frac{m^3}{hari} + 12,5 \frac{m^3}{hari} \\
 &= 1.700,9 \frac{m^3}{hari}
 \end{aligned}$$

Selain untuk proses produksi, kebutuhan air bersih di PT X digunakan untuk kegiatan domestik, wisma, dan kantin. Debit total air bersih domestik ditunjukkan dalam perhitungan berikut.

$$\begin{aligned}
 Q_{total\ air\ bersih\ domestik} &= Q_{air\ bersih\ domestik} + Q_{air\ bersih\ wisma} + Q_{air\ bersih\ kantin} \\
 &= 36,25 \frac{m^3}{hari} + 18,6 \frac{m^3}{hari} + 10,15 \frac{m^3}{hari} \\
 &= 65 \frac{m^3}{hari}
 \end{aligned}$$

Sebanyak 85% dari air bersih yang digunakan untuk keperluan domestik, wisma, dan kantin akan menjadi air limbah yang terdiri dari *grey water* dan *black water*. Sementara itu, 15% dari air bersih ini akan menguap. Perhitungan air limbah dari kegiatan domestik adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Q_{air\ limbah\ domestik} &= 85\% \times Q_{total\ air\ bersih\ domestik} \\
 &= 85\% \times 65 \frac{m^3}{hari} \\
 &= 55 \frac{m^3}{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{penguapan} &= 15\% \times Q_{total\ air\ bersih\ domestik} \\
 &= 15\% \times 65 \frac{m^3}{hari} \\
 &= 10 \frac{m^3}{hari}
 \end{aligned}$$

Sebanyak 95% dari air limbah domestik merupakan *grey water* dan 5% merupakan *black water*. *Grey water* akan diolah bersamaan dengan air limbah dari proses produksi di IPAL milik PT X. Perhitungan timbulan air limbah berupa *grey water* dan *black water* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Q_{grey\ water} &= 95\% \times Q_{air\ limbah\ domestik} \\
 &= 95\% \times 55 \frac{m^3}{hari} \\
 &= 52 \frac{m^3}{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{black\ water} &= 5\% \times Q_{air\ limbah\ domestik} \\
 &= 5\% \times 55 \frac{m^3}{hari} \\
 &= 3 \frac{m^3}{hari}
 \end{aligned}$$

Black water terdiri dari limpasan dan solid. Air limpasan akan diolah di IPAL bersamaan dengan air limbah dari proses produksi. Sedangkan padatannya (*solid*) akan dialirkan ke tangki septik. Perhitungan limpasan dan padatan dari *black water* adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Q_{limpasan\ black\ water} &= 95\% \times Q_{black\ water} \\
 &= 95\% \times 3 \frac{m^3}{hari} \\
 &= 2,85 \frac{m^3}{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{solid\ black\ water} &= 5\% \times Q_{black\ water} \\
 &= 5\% \times 3 \frac{m^3}{hari} \\
 &= 0,15 \frac{m^3}{hari}
 \end{aligned}$$

Total air limbah domestik yang masuk ke IPAL terdiri dari *grey water* dan limpasan *black water* dengan perhitungan debit sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Q_{total\ air\ limbah\ domestik\ yang\ masuk\ IPAL} &= Q_{grey\ water} + Q_{limpasan\ black\ water} \\
 &= 52 \frac{m^3}{hari} + 2,85 \frac{m^3}{hari} \\
 &= 54,85 \frac{m^3}{hari}
 \end{aligned}$$

IPAL di PT X menerima air limbah dari proses produksi dan kegiatan domestik sehingga debit di inlet IPAL adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Q_{inlet\ IPAL} &= Q_{total\ air\ limbah\ produksi} + Q_{total\ air\ limbah\ domestik\ yang\ masuk\ IPAL} \\
 &= 1.700,9 \frac{m^3}{hari} + 54,85 \frac{m^3}{hari} \\
 &= 1.755,75 \frac{m^3}{hari} \approx 1.756 \frac{m^3}{hari}
 \end{aligned}$$

Perhitungan persentase air limbah produksi dan air limbah domestik terhadap debit total air limbah yang masuk ke IPAL milik PT X ditunjukkan dalam perhitungan berikut.

$$\begin{aligned}
 \% \text{ air limbah produksi} &= \frac{Q_{total\ air\ limbah\ produksi}}{Q_{inlet\ IPAL}} \\
 &= \frac{1.700,9\ m^3/hari}{1.756\ m^3/hari} \\
 &= 96,88\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ air limbah domestik} &= \frac{Q_{total\ air\ limbah\ domestik}}{Q_{inlet\ IPAL}} \\
 &= \frac{54,85\ m^3/hari}{1.756\ m^3/hari} \\
 &= 3,12\ \%
 \end{aligned}$$

5.3 Kuantitas Air Limbah

Debit air limbah diukur dengan menggunakan *flow meter* yang diletakkan di *inlet* dan *outlet*. Debit air limbah dipengaruhi oleh proses produksi dan jenis kain yang diproduksi. Air limbah lebih banyak dihasilkan dari proses *finishing* daripada *weaving* yang hanya dihasilkan dari tahap *sizing*. Hal ini disebabkan oleh penggunaan berbagai cairan kimia dalam jumlah banyak pada proses *finishing*. Debit rata-rata harian air limbah yang masuk ke IPAL pada bulan Januari sampai Juni 2022 adalah 856,44 m³/hari. Debit air limbah yang masuk dan keluar dari IPAL setiap bulannya pada semester 1 tahun 2022 ditunjukkan dalam **Tabel 5.3**.

Tabel 5. 3 Debit Air Limbah di Inlet dan Outlet IPAL PT X Januari-Juni 2022

Bulan	Inlet (m³/bulan)	Outlet (m³/bulan)
Januari	35.703	34.939
Februari	28.999	28.168
Maret	32.978	32.129
April	28.198	27.876
Mei	21.914	21.775
Juni	6.368	3.558
Total	154.160	148.445
Rata-rata per Hari	856,444	824,694

Sumber: PT X, 2022

Perhitungan debit rata-rata di inlet dan outlet adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q_{inlet \text{ rata-rata}} &= \frac{Q_{total \text{ inlet selama 6 bulan}}}{6} \\
 &= \frac{154.160 \frac{m^3}{bulan}}{6} \\
 &= 25.693 \frac{m^3}{bulan} \times \frac{1 \text{ bulan}}{30 \text{ hari}} \\
 &= 856,444 \frac{m^3}{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{outlet \text{ rata-rata}} &= \frac{Q_{total \text{ outlet selama 6 bulan}}}{6} \\
 &= \frac{148.445 \frac{m^3}{bulan}}{6} \\
 &= 24.741 \frac{m^3}{bulan} \times \frac{1 \text{ bulan}}{30 \text{ hari}} \\
 &= 824,694 \frac{m^3}{hari}
 \end{aligned}$$

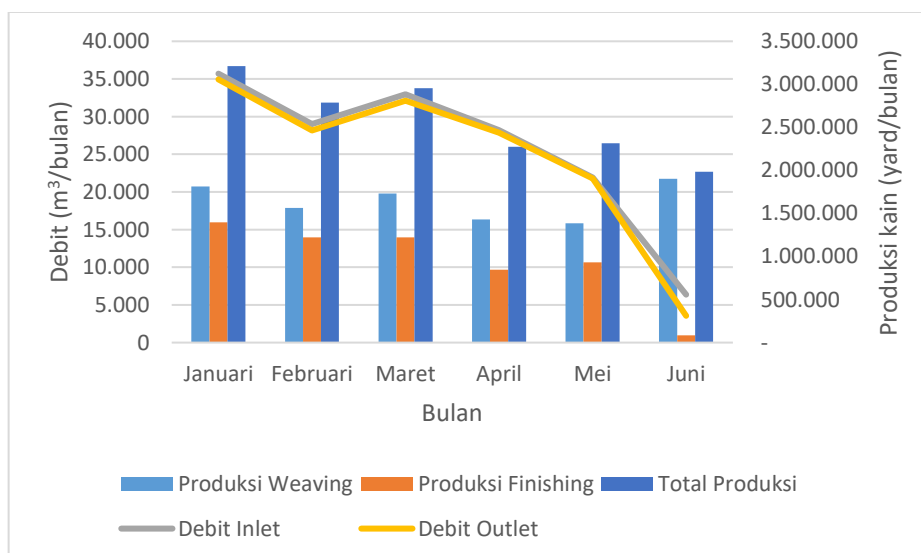
Debit di *inlet* selalu lebih besar dari pada *outlet*. Hal ini disebabkan oleh adanya proses penyaringan melalui *conoscreen*, dan *ultrafilter* setelah air melewati *flow meter* di *inlet* sehingga partikel-partikel yang tersaring akan dibuang tidak melalui *outlet*. Selain itu, terjadi pembentukan lumpur dan setiap unit memiliki kapasitas air limbah yang dapat ditampung sehingga terdapat air yang masih tertampung di

unit. Pada bulan Juni 2022 terjadi pengurangan produksi di divisi *finishing* sehingga debit air limbah yang dihasilkan juga sedikit mengingat *finishing* merupakan divisi dengan penghasil air limbah terbanyak. Sementara itu, divisi *weaving* dan kegiatan domestik tetap berjalan seperti biasanya. Produksi kain pada divisi *weaving* dan *finishing* ditunjukkan dalam **Tabel 5.4**. Perbandingan debit air limbah di *inlet* dan *outlet* dengan produksi *weaving*, *finishing*, dan total produksi ditunjukkan dalam grafik pada **Gambar 5.3**.

Tabel 5. 4 Produksi Kain Divisi *Weaving* dan *Finishing* PT X Januari-Juni 2022

Bulan	<i>Weaving</i> (yard/bulan)	<i>Finishing</i> (yard/bulan)	Total (yard/bulan)
Januari	1.814.512	1.398.172	3.212.684
Februari	1.566.114	1.221.627	2.787.741
Maret	1.732.272	1.221.206	2.953.478
April	1.429.185	845.749	2.274.934
Mei	1.384.520	930.723	2.315.243
Juni	1.903.395	82.710	1.986.105
Total (yard/bulan)	9.829.998	5.700.187	15.530.185

Sumber: PT X, 2022



Gambar 5. 3 Perbandingan Debit Air Limbah di *Inlet* dan *Outlet* dengan Produksi *Weaving*, *Finishing*, dan Total Produksi

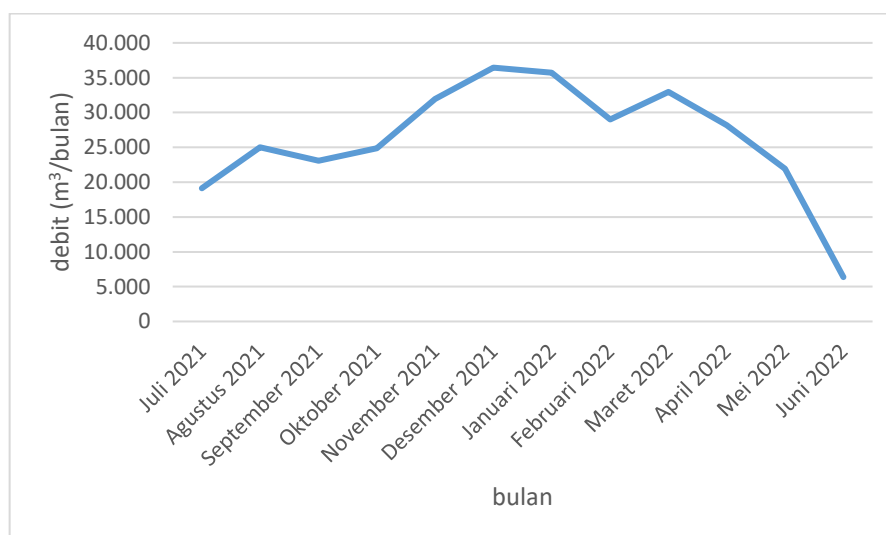
Sumber: PT X, 2022

Kecilnya debit air limbah karena produksi yang kurang pada bulan Juni 2022 memengaruhi debit air limbah rata-rata harian jika hanya menggunakan data selama 6 bulan. Oleh karena itu, debit rata-rata harian yang digunakan adalah debit air limbah di inlet IPAL selama 1 tahun (Juli 2021-Juni 2022). Data debit air limbah selama 1 tahun ini ditunjukkan dalam **Tabel 5.5** dan **Gambar 5.4**.

Tabel 5. 5 Debit Air Limbah di Inlet IPAL PT X Juli 2021 s.d. Juni 2022

Bulan	Debit Inlet (m ³ /bulan)
Juli 2021	19.113
Agustus 2021	25.005
September 2021	23.100
Oktober 2021	24.871
November 2021	31.942
Desember 2021	36.447
Januari 2022	35.703
Februari 2022	28.999
Maret 2022	32.978
April 2022	28.198
Mei 2022	21.914
Juni 2022	6.368
Total	314.638
Rata-rata (m³/hari)	873,994

Sumber: PT X, 2022



Gambar 5. 4 Debit Inlet Tahunan (Juli 2021-Juni 2022) IPAL PT X

Sumber: PT X, 2022

Berdasarkan **Tabel 5.5** dan **Gambar 5.4**, debit tertinggi air limbah di inlet PT X terjadi pada bulan Desember 2021 dan terendahnya terjadi pada bulan Juni 2022. Debit rata-rata harian air limbah selama satu tahun adalah 873,994 m³/hari. Perhitungan debit rata-rata harian selama satu tahun adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q_{inlet \text{ rata-rata}} &= \frac{Q_{total \text{ inlet selama 1 tahun}}}{12} \\
 &= \frac{314.638 \frac{m^3}{bulan}}{12} \\
 &= 26.220 \frac{m^3}{bulan} \times \frac{1 \text{ bulan}}{30 \text{ hari}} \\
 &= 873,994 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Debit maksimum air limbah setiap bulannya pada Januari-Juni 2022 ditunjukkan dalam **Tabel 4.6**.

Tabel 5. 6 Debit Maksimum Air Limbah di Inlet IPAL Setiap Bulannya Pada Januari-Juni 2022

Bulan	Debit yang Dihasilkan (m ³ /hari)
Januari	1.578
Februari	1.525
Maret	1.456
April	1.575
Mei	1.361
Juni	1.106

Sumber: PT X, 2022

Berdasarkan **Tabel 5.6** debit maksimum air limbah yang dihasilkan selama Januari-Juni 2022 adalah 1.578 m³/hari pada bulan Januari. Mengacu pada neraca air perusahaan pada **Gambar 5.2**, sebesar 3,12% air limbah berasal dari kegiatan domestik dan 96,88% berasal dari kegiatan produksi sehingga debit maksimum air limbah berdasarkan sumbernya adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Q_{maks \text{ air limbah domestik}} &= 3,12\% \times Q_{maks \text{ harian yang diterima IPAL}} \\
 &= 3,12\% \times 1.578 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 49,23 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{maks \text{ air limbah produksi}} &= 96,88\% \times Q_{maks \text{ harian yang diterima IPAL}} \\
 &= 96,88\% \times 1.578 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 1.528,77 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan maka debit air limbah maksimum dari kegiatan domestik pada bulan Januari adalah 49,23 m³/hari dan dari kegiatan produksi sebesar 1.528,77 m³/hari. Debit rata-rata yang digunakan sebagai acuan untuk evaluasi unit IPAL PT X dalam laporan ini adalah debit rata-rata selama satu tahun yaitu 873,994 m³/hari. Hal disebabkan oleh adanya data debit bulanan yang sangat kecil dan berbeda jauh dibandingkan debit pada bulan lainnya jika menggunakan data debit selama 6 bulan (Januari-Juni 2022) sehingga menghasilkan debit rata-rata yang kecil.

5.4. Kualitas Air Limbah

Sistem pengolahan air limbah di PT X merupakan sistem terintegrasi, yaitu air limbah yang diolah tidak berasal dari kegiatan produksi saja, melainkan diolah secara bersamaan dengan air limbah dari kegiatan domestik. Baku mutu air limbah industri tekstil diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2019 tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Sedangkan baku mutu air limbah domestik diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

Mengacu pada Pasal 3 Ayat (3) Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, air limbah untuk sistem terintegrasi wajib memenuhi baku mutu yang tercantum dalam Lampiran II peraturan ini. Baku mutu dihitung dengan menggunakan **Persamaan (3.1)**. Baku mutu air limbah untuk PT X dengan sistem terintegrasi ditunjukkan dalam **Tabel 5.7**.

Tabel 5. 7 Baku Mutu Air Limbah Rekomendasi untuk Sistem Terintegrasi PT X

Parameter	Satuan	PerMen LHK No 16 Tahun 2019*	PerMen LHK No 68 Tahun 2016**	Debit Maksimum Air Limbah Produksi (m ³ /hari)	Debit Maksimum Air Limbah Domestik (m ³ /hari)	Baku Mutu Rekomendasi untuk Sistem Terintegrasi PT X
Suhu	°C	Deviasi 2				Deviasi 2
TSS	mg/l	30	30			30
Warna	Pt-Co	200				200
pH		6-9	6-9			6-9
Krom Total	mg/l	1				1
Sulfida (sebagai S)	mg/l	0,3				0,3
Amonia Total (NH ₃ -N)	mg/l	8	10	1.528,77	49,23	8
BOD	mg/l	35	30			35
COD	mg/l	115	100			115
Phenol	mg/l	0,5				0,5
Minyak dan Lemak	mg/l	3	5			3
Total Coliform	Jumlah/ 100mL		3.000			3.000

*Peraturan Menteri LHK Nomor 6 Tahun 2019 tentang Perubahan Kedua atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Air Limbah

** Peraturan Menteri LHK Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik
Sumber: Hasil Perhitungan, 2022

Baku mutu air limbah tekstil yang digunakan untuk PT X berdasarkan Peraturan Menteri LHK Nomor 16 Tahun 2019 adalah baku mutu untuk debit ≥ 1.000 m³/hari. Baku mutu sistem terintegrasi dihitung dengan menggunakan **Persamaan (3.1)**. Debit air limbah yang digunakan merupakan debit air limbah maksimum dari proses produksi dan domestik periode semester I 2022 (Januari-Juni). Berikut merupakan contoh perhitungan baku mutu COD untuk sistem terintegrasi milik PT X.

$$\begin{aligned}
 C_{\max \text{COD}} &= \sum_i^n \frac{C_i \cdot Q_i + C_n \cdot Q_n}{Q_i + Q_n} \\
 &= \frac{(100 \text{ mg/L} \times 49,23 \text{ m}^3/\text{hari}) + (115 \text{ mg/L} \times 1.528,77 \text{ m}^3/\text{hari})}{49,23 \text{ m}^3/\text{hari} + 1.528,77 \text{ m}^3/\text{hari}} \\
 &= 115 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada **Tabel 5.7**, baku mutu untuk sistem terintegrasi nilainya sama dengan baku mutu sesuai Peraturan Menteri LHK Nomor 16 Tahun 2019. Hal ini dipengaruhi oleh debit limbah domestik yang masuk ke IPAL jumlahnya sangat kecil dibandingkan dengan debit air limbah produksi. Terdapat penambahan parameter total coliform mengingat air limbah yang diolah berasal dari kegiatan domestik. Sementara itu, PT X memiliki baku mutu lokal tersendiri yang ditunjukkan dalam **Tabel 5.8**.

Tabel 5. 8 Baku Mutu Lokal dan Baku Mutu Rekomendasi PT X

Parameter	Satuan	Baku Mutu Lokal PT X*	Baku Mutu Rekomendasi untuk Sistem Terintegrasi PT X**
Suhu		Deviasi 2	Deviasi 2
pH	mg/L	6 – 9	6-9
TSS	mg/L	30	30
Fenol total	mg/L	0,5	0,5
Krom Total	mg/L	1	1
Minyak dan Lemak	mg/L	3	3
Amonia Total (NH ₃ -N)	mg/L	8	8
Sulfida	mg/L	0,3	0,3
BOD	mg/L	35	35
COD	mg/L	114,4	115
Warna	Pt-Co	200	200
Total Coliform	MPN/100ml	3.000	3.000

Sumber: *Kajian Lingkungan Hidup Strategis PT X 2021, PT X, 2022

**Hasil Perhitungan, 2022

Perbedaan baku mutu sistem terintegrasi PT X pada **Tabel 5.7** dengan baku mutu lokal PT X ditunjukkan dalam **Tabel 5.8** yang dipengaruhi oleh perbedaan debit maksimum. Data yang digunakan untuk perhitungan baku mutu lokal pada **Tabel 5.8** adalah data debit maksimum sepanjang tahun 2021 (Januari-Desember). Sedangkan baku mutu rekomendasi menggunakan data debit maksimum pada bulan Juli 2021-Juni 2022. Contoh perhitungan baku mutu lokal PT X untuk parameter COD adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 C_{\max \text{COD}} &= \sum_i^n \frac{C_i \cdot Q_i + C_n \cdot Q_n}{Q_i + Q_n} \\
 &= \frac{(100 \text{ mg/L} \times 65 \text{ m}^3/\text{hari}) + (115 \text{ mg/L} \times 1.635 \text{ m}^3/\text{hari})}{65 \text{ m}^3/\text{hari} + 1.635 \text{ m}^3/\text{hari}} \\
 &= 114,4 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Air limbah yang dihasilkan dari kegiatan produksi industri PT X dan kegiatan domestik dialirkan ke IPAL milik perusahaan. Pengukuran karakteristik air limbah dilakukan di inlet IPAL oleh pihak ketiga yang berlokasi di Cikarang Barat. Pengukuran ini dilakukan setiap enam bulan sekali. Hasil pengukuran karakteristik air limbah yang diterima oleh IPAL sebelum adanya pengolahan ditunjukkan dalam **Tabel 5.9**.

Tabel 5. 9 Karakteristik Air Limbah di Inlet IPAL Bulan Juni 2022

No	Parameter	Satuan	Inlet
1	Suhu	°C	30
2	TSS	mg/L	45,2
3	Warna	Pt-Co	170
4	pH		8,98
5	Krom total	mg/l	<0,025
6	Sulfida	mg/l	<0,001
7	Amonia total	mg/l	19,6
8	BOD	mg/l	56
9	COD	mg/l	186
10	Fenol total	mg/l	<0,001
11	Minyak dan Lemak	mg/l	<0,1

Sumber: UKL UPL Semester I 2022 PT X, 2022

Air limbah akan melalui serangkaian proses pengolahan di IPAL PT X. Pengolahan bertujuan untuk menurunkan konsentrasi parameter pencemar sehingga memenuhi baku mutu untuk sistem terintegrasi sebelum dibuang ke badan air penerima. Karakteristik air limbah di *outlet* pada bulan Januari sampai Juni 2022 ditunjukkan dalam **Tabel 5.10**. PT X bekerja sama dengan laboratorium terakreditasi yang berlokasi di Karawang untuk melakukan pengujian kualitas air limbah di *outlet* pada bulan Januari-Mei 2022, namun tidak dilakukan pengukuran suhu air limbah di *outlet*. Selain itu, juga tidak dilakukan pengujian kualitas air limbah di *inlet*.

Tabel 5. 10 Kualitas Air Limbah di *Outlet* IPAL Pada Januari-Juni 2022

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Rekomendasi untuk Sistem Terintegrasi	Bulan						Keterangan	
				Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni		
1	Suhu	°C	Deviasi 2	Tidak dilakukan pengujian						31,7*	Memenuhi baku mutu
2	TSS	mg/L	30	6	4	8	9	14	6,2	Memenuhi baku mutu	
3	Warna	Pt-Co	200	55	39	37	27	45	18	Memenuhi baku mutu	
4	pH		6-9	8	8,3	7,4	7,6	7,1	7,7	Memenuhi baku mutu	
5	Krom Total (Cr)	mg/l	1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,025	Memenuhi baku mutu	
6	Sulfida (sebagai S)	mg/l	0,3	<0,03	<0,03	0,05	0,03	<0,03	<0,001	Memenuhi baku mutu	
7	Amonia Total (NH ₃ -N)	mg/l	8	2	1	1	0,4	6	0,4	Memenuhi baku mutu	
8	BOD	mg/l	35	37**	17	10	6	38**	30	Memenuhi baku mutu kecuali bulan Januari dan Mei yang melebihi baku mutu	
9	COD	mg/l	115	98	98	28	10	100	96	Memenuhi baku mutu	
10	Fenol Total	mg/l	0,5	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,02	<0,001	Memenuhi baku mutu	
11	Minyak dan Lemak	mg/l	3	1	<1	2	1	1	<0,1	Memenuhi baku mutu	
12	Total Coliform										

* Suhu lingkungan 30,4°C

**Tidak memenuhi baku mutu

Sumber: UKL UPL Semester I 2022 PT X, 2022

Sedangkan pada bulan Juni 2022, PT X bekerja sama dengan laboratorium terakreditasi yang berlokasi di Cikarang Barat untuk melakukan pengujian kualitas air limbah di *inlet* dan *outlet*.

Berdasarkan **Tabel 5.10** terdapat parameter yang tidak memenuhi baku mutu yaitu BOD pada bulan Januari dan Mei. Data kualitas air limbah di inlet dan outlet dibutuhkan untuk mengetahui persentase penyisihan parameter BOD. Hal ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas pengolahan di IPAL PT X sudah sesuai dengan perencanaan atau tidak. Akan tetapi, tidak terdapat data kualitas di *inlet* pada bulan Januari dan Mei. Sedangkan, pada bulan Juni terdapat data kualitas air limbah di *inlet* dan *outlet* sehingga untuk mengetahui efisiensi penurunan setiap parameter dari IPAL PT X secara keseluruhan dilakukan dengan menggunakan data pada bulan Juni. Efisiensi penurunan parameter dari pengolahan di IPAL ini ditunjukkan dalam **Tabel 5.11**.

Sementara itu, parameter lainnya memenuhi baku mutu untuk sistem terintegrasi. Mengacu pada baku mutu sistem terintegrasi seharusnya dilakukan pengujian terhadap parameter total coliform. Namun, pengujian terhadap parameter ini tidak dilakukan sehingga sulit untuk mengetahui apakah pengolahan di IPAL PT X dapat menghasilkan air yang memenuhi baku mutu parameter total coliform.

Tabel 5. 11 Kualitas Air dan Efisiensi Penurunan Parameter Pencemar di IPAL PT X Juni 2022

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu*	Kualitas Air Limbah		Efisiensi Penurunan	Keterangan
				Inlet	Outlet		
1	Suhu	°C	Deviasi 2	30	31,7	**	***Memenuhi baku mutu
2	TSS	mg/L	30	45,2	6,2	86%	Memenuhi baku mutu
3	Warna	Pt-Co	200	170	18	89%	Memenuhi baku mutu
4	pH		6-9	8,98	7,7	14%	Memenuhi baku mutu
5	Krom Total (Cr)	mg/l	1	<0,025	<0,025	**	Memenuhi baku mutu
6	Sulfida (sebagai S)	mg/l	0,3	<0,001	<0,001	**	Memenuhi baku mutu
7	Amonia Total (NH ₃ -N)	mg/l	8	19,6	0,4	98%	Memenuhi baku mutu

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu*	Kualitas Air Limbah		Efisiensi Penurunan	Keterangan
				Inlet	Outlet		
8	BOD	mg/l	35	56	30	46%	Memenuhi baku mutu
9	COD	mg/l	115	186	96	48%	Memenuhi baku mutu
10	Fenol Total	mg/l	0,5	<0,001	<0,001	**	Memenuhi baku mutu
11	Minyak dan Lemak	mg/l	3	<0,1	<0,1	**	Memenuhi baku mutu

*Peraturan Menteri LHK No 16 Tahun 2019

** Tidak dapat dihitung

***Suhu lingkungan 30,4°C

Sumber: UKL UPL Semester I 2022 PT X, 2022

Berdasarkan **Tabel 5.11**, efisiensi penyisihan tertinggi adalah amonia total sebesar 98%. Sementara itu, terdapat parameter yang tidak dapat dihitung efisiensi penyisihannya, yaitu krom total, sulfida, ammonia total, fenol total, serta minyak dan lemak. Hal ini terjadi karena konsentrasinya yang sangat kecil pada inlet dan outlet. Pada bulan Juni efisiensi penyisihan BOD dari IPAL adalah 46%. Sementara persentase penyisihan BOD secara keseluruhan dari setiap unit di IPAL PT X ditunjukkan dalam **Tabel 5.12**.

Tabel 5. 12 Persentase Penyisihan Parameter BOD IPAL PT X

No.	Proses	% Penyisihan
<i>Preliminary Treatment</i>		
1.	- Mini Equalisasi	5%
	- Equalisasi	
	- Netralisasi	
<i>Secondary Treatment</i>		
2.	- Denitrifikasi 1	40 %
	- Denitrifikasi 2	40 %
	- Aerasi I	70 %
	- Aerasi II	60 %

Sumber: Kajian Lingkungan Hidup Strategis PT X 2021, 2022

Berdasarkan **Tabel 5.11** dan **5.12**, terdapat perbedaan efisiensi BOD pada bulan Juni 2022 dan data penyisihan BOD pada setiap unit IPAL. Hal ini menandakan bahwa efisiensi penyisihan BOD dari setiap unit IPAL ini belum maksimal

mengingat pada bulan Januari dan Mei 2022 melebihi baku mutu sehingga diperlukan evaluasi terhadap unit yang berperan besar yaitu denitrifikasi, aerasi I, dan aerasi II.

5.5 Alur Instalasi Pengolahan Air Limbah

Air limbah yang dihasilkan dari proses produksi dan kegiatan domestik PT X diolah melalui IPAL milik perusahaan. Pengolahan air limbah dilakukan secara fisika, kimia, dan biologi sebelum dialirkan ke Sungai Cikedokan. Alur proses IPAL PT X ditunjukkan dalam **Gambar 2.11**. IPAL PT X terdiri dari rangkaian unit sebagai berikut:

1. *Fine screen*
2. *Venturi Chanel*
3. *Transfer pit*
4. *Conoscreen tank*
5. *Conoscreen*
6. *Grease trap*
7. *Cooling tower*
8. Mini ekualisasi
9. Ekualisasi dan netralisasi
10. Bak denitrifikasi 1
11. Bak denitrifikasi 2
12. Aerasi 1
13. *Infeed water tank/clarified water tank*
14. *Clarifier 1*
15. *Clarified water tank*
16. Aerasi 2
17. *Clarifier 2*
18. *Ultrascreen*
19. Bak koagulasi
20. Bak flokulasi
21. *Lamella separator*

22. *Outlet tank*

23. Bak indikator

5.6 Proses Instalasi Pengolahan Air Limbah

IPAL milik PT X terdiri dari berbagai jenis unit dengan fungsi yang berbeda-beda. PT X sudah memiliki Izin Pembuangan Limbah Cair (IPLC) dari Badan Penanaman Modal dan Pelayanan Perizinan Terpadu Kabupaten Bekasi pada tanggal 16 April 2018 dengan kapasitas 1.200 m³/hari yang berakhir pada tanggal 16 April 2020. Pada 22 Januari 2021, PT X melakukan perpanjangan perizinan sehingga didapatkan Rekomendasi Hasil Penilaian Persyaratan Teknis Perizinan Pembuangan Air Limbah. Peningkatan kapasitas ini terjadi karena pada tahun 2020 dilakukan penambahan kapasitas IPAL menjadi 2.500 m³/hari. Pengolahan air limbah di PT X terdiri dari pengolahan primer, sekunder atau biologi, kimiawi, dan pengolahan lumpur.

Evaluasi setiap unit IPAL PT X dilakukan dengan menggunakan waktu detensi. Waktu detensi yang dihitung terdiri dari waktu detensi desain dan waktu detensi aktual. Waktu detensi desain dihitung dengan menggunakan debit kapasitas IPAL yaitu 2.500 m³/hari. Waktu detensi aktual dihitung dengan menggunakan debit rata-rata selama 1 tahun yaitu 873,994 m³/hari. *Redesain* dilakukan apabila waktu detensi desain tidak sesuai dengan kriteria desain. Waktu detensi yang tidak sesuai kriteria desain dapat menyebabkan unit IPAL tidak bekerja secara optimal. Sedangkan waktu detensi aktual digunakan untuk dibandingkan dengan waktu detensi desain.

5.6.1 Pengolahan awal

Pengolahan awal di IPAL PT X bertujuan untuk menyisahkan benda padat berukuran besar seperti kapas dan potongan kain. Selain itu, pengolahan awal juga bertujuan untuk mengurangi beban kerja pengolahan sekunder yang menggunakan mikroorganisme dan memerlukan kondisi lingkungan untuk menghasilkan pengolahan yang optimal.

5.6.1.1 Fine Screen

Air limbah dari proses produksi dan kegiatan domestik dialirkan menuju IPAL dengan saluran tertutup. Air limbah masuk melalui inlet dan selanjutnya dialirkan menuju unit *finescreen*. Jenis *finescreen* yang digunakan adalah *rotary brush* dengan sistem mekanik yang memiliki ukuran bukaan 2 mm. Unit ini berfungsi untuk menyaring benda-benda berukuran halus. Padatan yang berukuran lebih besar dari 2 mm akan terperangkap dalam *screen*, lalu akan didorong oleh *rake* menuju tempat penampungan padatan yang tersedia pada alat ini. Padatan yang terkumpul akan dibuang ke TPS LB3.

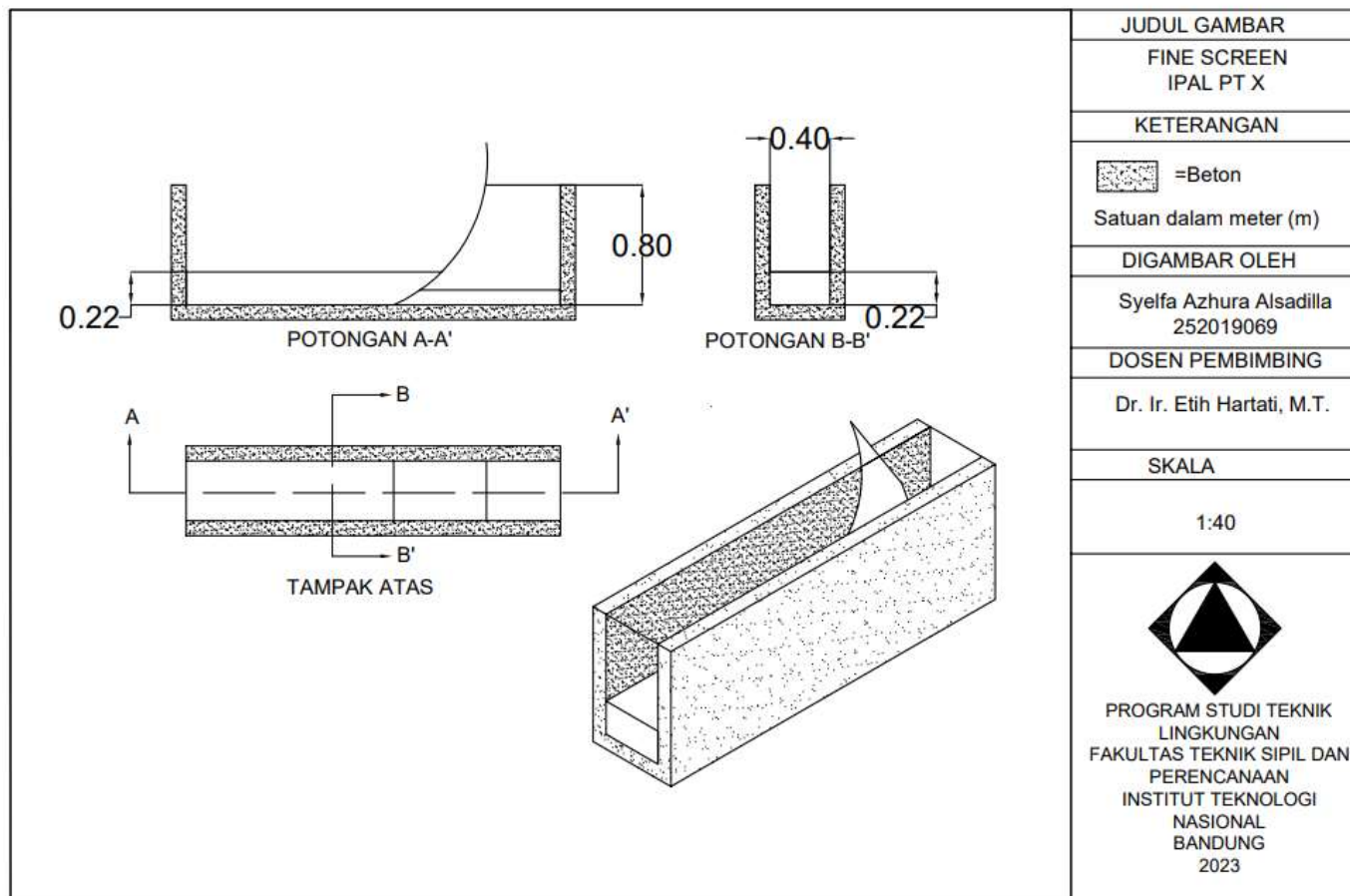
Debit maksimum air limbah yang melalui unit ini adalah 2.500 m³/hari dengan ketinggian air maksimumnya adalah 0,22 m, lebar salurannya 0,4 m sehingga rasio lebar:kedalaman (l:d) adalah 2: 1 (PT X, 2022). Detail desain *finescreen* di IPAL PT X ditunjukkan dalam **Gambar 5.5**. Kriteria desain *finescreen* berdasarkan mekanisme pembersihannya ditunjukkan dalam **Tabel 3.4**. Kriteria desain kecepatan aliran air yang melalui *rack* untuk pembersihan mekanik adalah 0,6-1,0 m/detik. Kecepatan aliran air di unit ini pada IPAL PT X dihitung sebagai berikut:

- Luas penampang

$$\begin{aligned} A_c &= \text{lebar} \times \text{kedalaman} \\ &= 0,4 \text{ m} \times 0,22 \text{ m} \\ &= 0,088 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Kecepatan aliran air berdasarkan debit desain

$$\begin{aligned} v_{desain} &= \frac{Q_{desain}}{A_c} \\ &= \frac{2.500 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{86.400 \text{ detik}}}{0,088 \text{ m}^2} \\ &= 0,329 \text{ m/detik} \rightarrow \text{tidak memenuhi kriteria (0,6-1,0 m/detik)} \end{aligned}$$



Gambar 5. 5 Detail Desain Finescreen IPAL PT X

Sumber: PT X, 2019 (telah diolah kembali)

- Kecepatan aliran air berdasarkan debit aktual

$$\begin{aligned}
 v_{\text{aktual}} &= \frac{Q_{\text{aktual}}}{A_c} \\
 &= \frac{873,994 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{86.400 \text{ detik}}}{0,088 \text{ m}^2} \\
 &= 0,115 \text{ m/detik} \rightarrow \text{tidak memenuhi kriteria (0,6-1,0 m/detik)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, kecepatan aliran air yang mengalir melalui unit ini tidak memenuhi kriteria karena terlalu kecil. Kecepatan yang terlalu kecil mengakibatkan aliran air tidak langsung menuju unit berikutnya melainkan tertahan lebih lama di unit *finescreeen*. Oleh karena itu, diperlukan perhitungan ulang terhadap dimensi *finescreeen* agar kecepatan aliran air sesuai dengan kriteria. Perhitungan ulang dilakukan sebagai berikut:

Kriteria desain kecepatan aliran air : 0,6-1,0 m/detik

Kecepatan aliran air yang digunakan : 0,8 m/detik

$$\begin{aligned}
 A_c &= \frac{Q}{v} \\
 &= \frac{2.500 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{86.400 \text{ detik}}}{0,8 \text{ m/detik}} \\
 &= 0,036 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Perbandingan lebar (l) : kedalaman (d) = 2 : 1

$$A_c = l \times d$$

$$0,036 \text{ m}^2 = 2d \times d$$

$$0,036 \text{ m}^2 = 2d^2$$

$$d = \sqrt{\frac{0,036 \text{ m}^2}{2}}$$

$$d = 0,134 \text{ m} \approx 0,14 \text{ m}$$

$$l = 2d$$

$$= 2 \times 0,134 \text{ m}$$

$$= 0,264 \text{ m} \approx 0,27 \text{ m}$$

Berdasarkan hasil perhitungan ulang, maka lebar yang direkomendasikan adalah 0,27 m dan kedalamannya 0,14 m. Pengecekan ulang terhadap luas dan kecepatan aliran air dilakukan karena lebar dan kedalaman yang direkomendasikan merupakan hasil pembulatan. Perhitungan pengecekan ulang adalah sebagai berikut:

- Luas penampang

$$A_c = \text{lebar} \times \text{kedalaman}$$

$$= 0,27 \text{ m} \times 0,14 \text{ m}$$

$$= 0,038 \text{ m}^2$$

- Kecepatan aliran air desain

$$v_{\text{desain}} = \frac{Q_{\text{desain}}}{A_c}$$

$$= \frac{2.500 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{86.400 \text{ detik}}}{0,038 \text{ m}^2}$$

$$= 0,765 \text{ m/detik} \rightarrow \text{memenuhi kriteria (0,6-1,0 m/detik)}$$

Berdasarkan hasil pengecekan, rekomendasi lebar sebesar 0,27 m dan kedalaman 0,14 m menghasilkan kecepatan senilai 0,765 m/detik yang memenuhi kriteria desain. Rekapitulasi perhitungan di unit *finescreen* ditunjukkan dalam **Tabel 5.13**.

Tabel 5. 13 Rekapitulasi Perhitungan Unit Finescreen IPAL PT X

Keterangan	Satuan	Kondisi Debit Desain ^a	Kondisi Debit Aktual ^b	Kriteria Desain	Kesesuaian	Redesain	Kesesuaian
Debit	m ³ /hari	2500	873,994	-		2.500	
Kedalaman	m	0,22	0,22	-		0,14	
Lebar	m	0,4	0,4	-		0,27	
Luas	m ²	0,088	0,088	-		0,038	

Keterangan	Satuan	Kondisi Debit Desain ^a	Kondisi Debit Aktual ^b	Kriteria Desain	Kesesuaian	Redesain	Kesesuaian
Kecepatan aliran	m/detik	0,329	0,115	0,6-1,0 ^c	TM	0,765	M

Keterangan: *M* = memenuhi; *TM* = tidak memenuhi

Sumber: ^aPT X, 2022; ^bPT X, 2022; ^cQasim, 1985

Unit *finescreeen* di PT X ditunjukkan dalam **Gambar 5.6**.

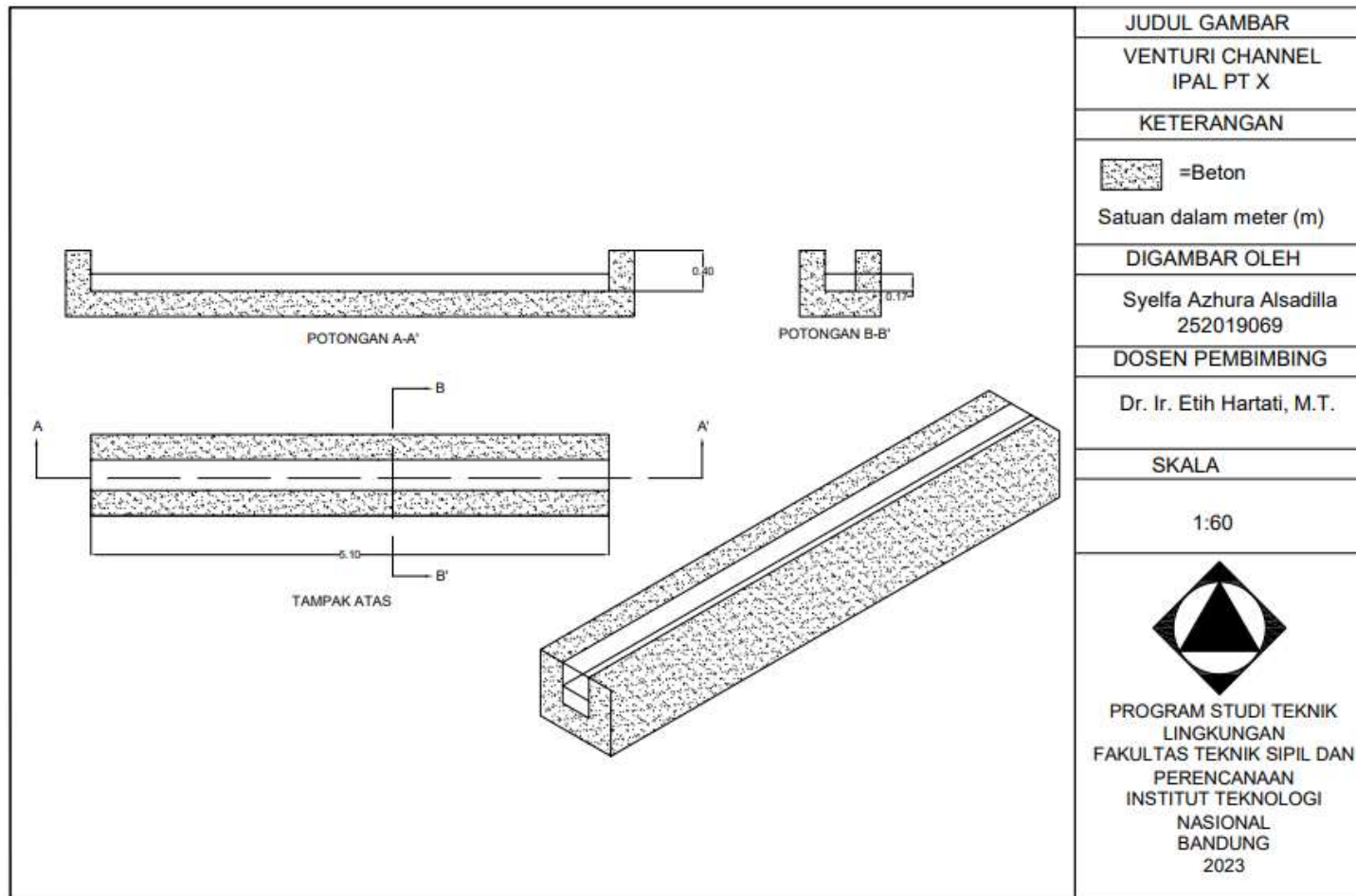


Gambar 5. 6 *Fine Screen* di PT X

Sumber: Dokumentasi, 2022

5.6.1.2 *Venturi Chanel*

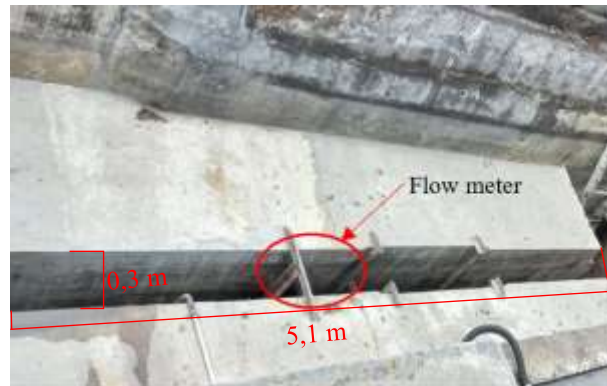
Air limbah yang telah tersaring akan melalui *flow meter* yang ditempatkan pada saluran terbuka yang disebut dengan *venturi channel*. *Flow meter* berfungsi untuk mengukur debit air limbah yang masuk ke IPAL. *Venturi chanel* dapat menampung air limbah dengan debit maksimum sebesar 2.500 m³/hari. *Venturi channel* pada IPAL di PT X memiliki ukuran panjang 5,1 m, lebar 0,3 m, dan tinggi 0,4 m. Ketinggian air yang mengalir pada *venturi channel* adalah 0,17 m (PT X, 2022). Detail desain dari unit ini ditunjukkan dalam **Gambar 5.7**.



Gambar 5. 7 Detail Desain Venturi Channel IPAL PT X

Sumber: PT X, 2019 (telah diolah kembali)

Venturi channel dan *flow meter* di IPAL PT X ditunjukkan dalam **Gambar 5.8** dan *flow meter* ditunjukkan pada **Gambar 5.9**.



Gambar 5. 8 *Venturi Channel* dan *Flow Meter* di IPAL PT X

Sumber: Dokumentasi, 2022



Gambar 5. 9 *Flow meter* di IPAL PT X

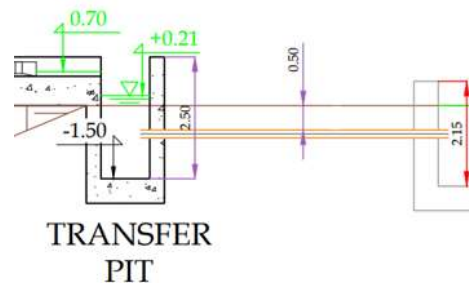
Sumber: Dokumentasi, 2022

4.6.1.3 Transfer Pit

Air limbah akan mengalir ke *transfer pit* yang berfungsi untuk menampung air setelah melalui *flow meter* pada *venturi channel* untuk disalurkan ke *conoscreen tank* melalui pipa yang ditanam di bawah tanah. *Transfer pit* memiliki kedalaman 2,5 m. Ketinggian muka air pada *transfer pit* adalah 1,71 m. Pada *transfer pit* terdapat pipa yang disebut dengan *feeding pipe*. Detail desain dari *feeding pipe* adalah sebagai berikut (PT X, 2019):

Jumlah pipa	= 2
Kedalaman pembenaman	= 0,5 m
Diameter luar pipa	= 160 mm
Diameter dalam pipa	= 152 mm
Panjang pipa	= 30 m
Debit maksimum	= 2.500 m ³ /hari

Potongan gambar desain transfer pit ditunjukkan dalam **Gambar 5.10**.



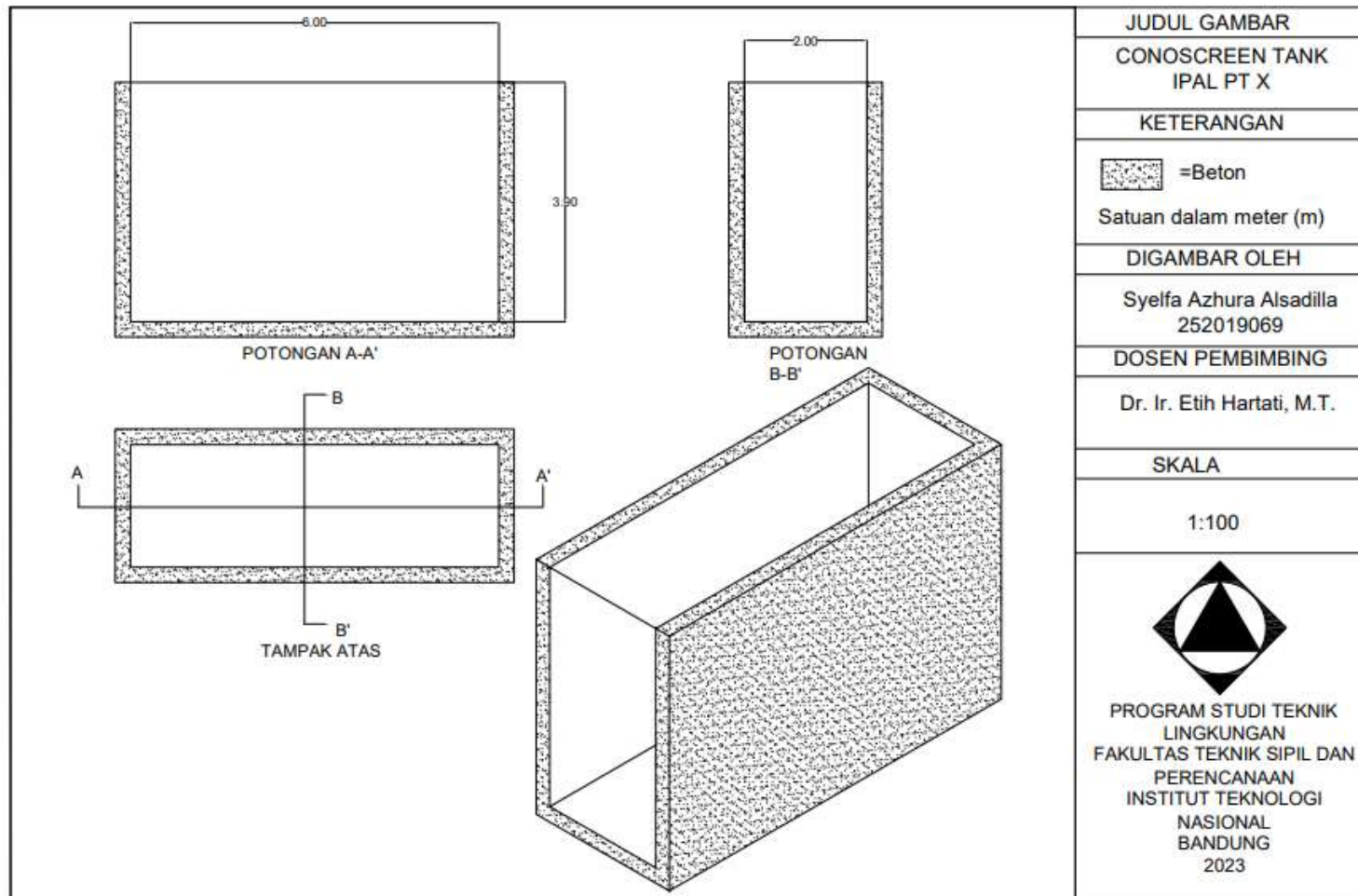
Gambar 5.10 Potongan Gambar *Transfer Pit* di IPAL PT X

Sumber: PT X, 2019

5.6.1.4 Conoscreen Tank

Air yang telah melalui *feeding pipe* akan diterima oleh *conoscreen tank* yang berfungsi untuk menampung air sebelum disalurkan ke *conoscreen*. *Conoscreen tank* memiliki panjang 6 m, lebar 2 m, dan tinggi 3,9 m (PT X, 2022). Detail desain *conoscreen tank* ditunjukkan dalam **Gambar 5.11**. Berdasarkan dimensi tersebut, maka volume dari *conoscreen tank* adalah 46,8 m³ dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{volume} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\
 &= 6 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 3,9 \text{ m} \\
 &= 46,8 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$



Gambar 5. 11 Detail Desain *Conoscreen Tank* IPAL PT X

Sumber: PT X, 2019 (telah diolah kembali)

Perhitungan waktu detensi diperlukan untuk mengetahui berapa lama air limbah tinggal di bak ini. Perhitungan waktu detensi desain dan aktual *conoscreen tank* adalah sebagai berikut:

- Waktu detensi berdasarkan debit

$$Q_{\text{desain}} = 2.500 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} td_{\text{desain}} &= \frac{V}{Q_{\text{desain}}} \\ &= \frac{46,8 \text{ m}^3}{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\ &= 0,45 \text{ jam} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \\ &= 27 \text{ menit} \end{aligned}$$

- Waktu detensi berdasarkan debit aktual

$$Q_{\text{aktual rata-rata}} = 873,994 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} td_{\text{aktual}} &= \frac{V}{Q_{\text{aktual rata-rata}}} \\ &= \frac{46,8 \text{ m}^3}{873,994 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\ &= 1,15 \text{ jam} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \\ &= 69,2 \text{ menit} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan bahwa waktu detensi aktual lebih lama dibandingkan dengan waktu detensi desain. Hal ini dipengaruhi oleh debit rata-rata air limbah yang lebih kecil dibandingkan dengan kapasitas debit yang dapat ditampung oleh unit ini. Tidak terdapat kriteria desain khusus untuk *conoscreen tank*. **Gambar 5.12** menunjukkan kondisi *conoscreen tank* di IPAL PT X.



Gambar 5. 12 *Conoscreen Tank* di IPAL PT X

Sumber: Dokumentasi, 2022

Rekapitulasi perhitungan di unit *conoscreen tank* ditunjukkan dalam **Tabel 5.14**.

Tabel 5. 14 Rekapitulasi Perhitungan Unit *Conoscreen Tank* di IPAL PT X

Keterangan	Satuan	Kondisi Debit Desain	Kondisi Debit Aktual	Kriteria Desain
Panjang	m	6	6	Tidak ada ketentuan
lebar	m	2	2	
Tinggi	m	3,9	3,9	
Volume	m ³	46,8	46,8	
Debit	m ³ /hari	2.500	873,994	
Waktu detensi	menit	27	69,2	

Sumber: PT X, 2022

5.6.1.5 *Conoscreen*

Conoscreen berfungsi untuk menyaring air limbah dari benda-benda yang sebelumnya tidak tersaring pada unit *fine screen* seperti kapas, wol, dan serat tipis. *Conoscreen* pada IPAL ini memiliki kemampuan untuk memisahkan air limbah dari partikel padat dengan ukuran bukaan *screen* 100 mikro diameter. Air limbah yang tertampung dalam *conoscreen tank* akan dipompa menuju *conoscreen*. Jumlah pompa yang digunakan adalah tiga buah. Air yang masuk melalui inlet *conoscreen* akan dipisahkan dari padatan yang berukuran lebih besar dari 100 mikro diameter. *Screen* akan berputar secara tangensial dengan jumlah *screen* adalah 2 buah. Air

limbah akan mengalir di antara dua *screen* ini. Air yang tersaring akan dialirkan menuju *outlet conoscreen* dan padatan yang terjebak akan terdorong menuju tempat pembuangan dari unit ini. Padatan ini ditampung dan dibuang ke TPS LB3 yang terdapat di PT X. *Conoscreen* di IPAL PT X ditunjukkan dalam **Gambar 5.13**.



Gambar 5.13 *Conoscreen* di IPAL PT X

Sumber: Dokumentasi, 2022

5.6.1.6 Grease Trap

Air limbah yang telah melalui tahap penyaringan di *conoscreen* akan dialirkan menuju unit *grease trap*. Unit ini berfungsi untuk menyisahkan minyak dan lemak yang terdapat pada air limbah dengan mengandalkan gaya gravitasi dan perbedaan massa jenis. Minyak dan lemak memiliki massa jenis yang lebih kecil daripada air sehingga minyak dan lemak akan mengapung di permukaan dan air akan ada di bawahnya. Pada unit *grease trap* di IPAL PT X terdapat 3 pipa yang dilapisi dengan pelindung yang berfungsi agar minyak dan lemak tidak terbawa saat air disedot oleh pompa untuk dialirkan ke unit *cooling tower*. *Grease trap* di IPAL PT X ditunjukkan dalam **Gambar 5.14**.

Grease trap di IPAL ini memiliki panjang 3 m, lebar 1,5 m, dan tinggi 3 m. Detail desain dari unit ini ditunjukkan dalam **Gambar 5.15**. Berdasarkan dimensi tersebut, maka volume dari *cooling tank* adalah 13,5 m³ dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{volume} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\
 &= 3 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 3 \text{ m} \\
 &= 13,5 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$



Gambar 5. 14 Grease Trap di IPAL PT X

Sumber: Dokumentasi, 2022

Mengacu pada Direktorat Jenderal Cipta Karya (2018), waktu detensi air limbah pada unit *grease trap* adalah 5-20 menit. Perhitungan waktu detensi diperlukan untuk mengetahui berapa lama air limbah tinggal di bak ini. Perhitungan waktu detensi desain dan aktual *cooling tower tank* adalah sebagai berikut:

- Waktu detensi berdasarkan debit desain

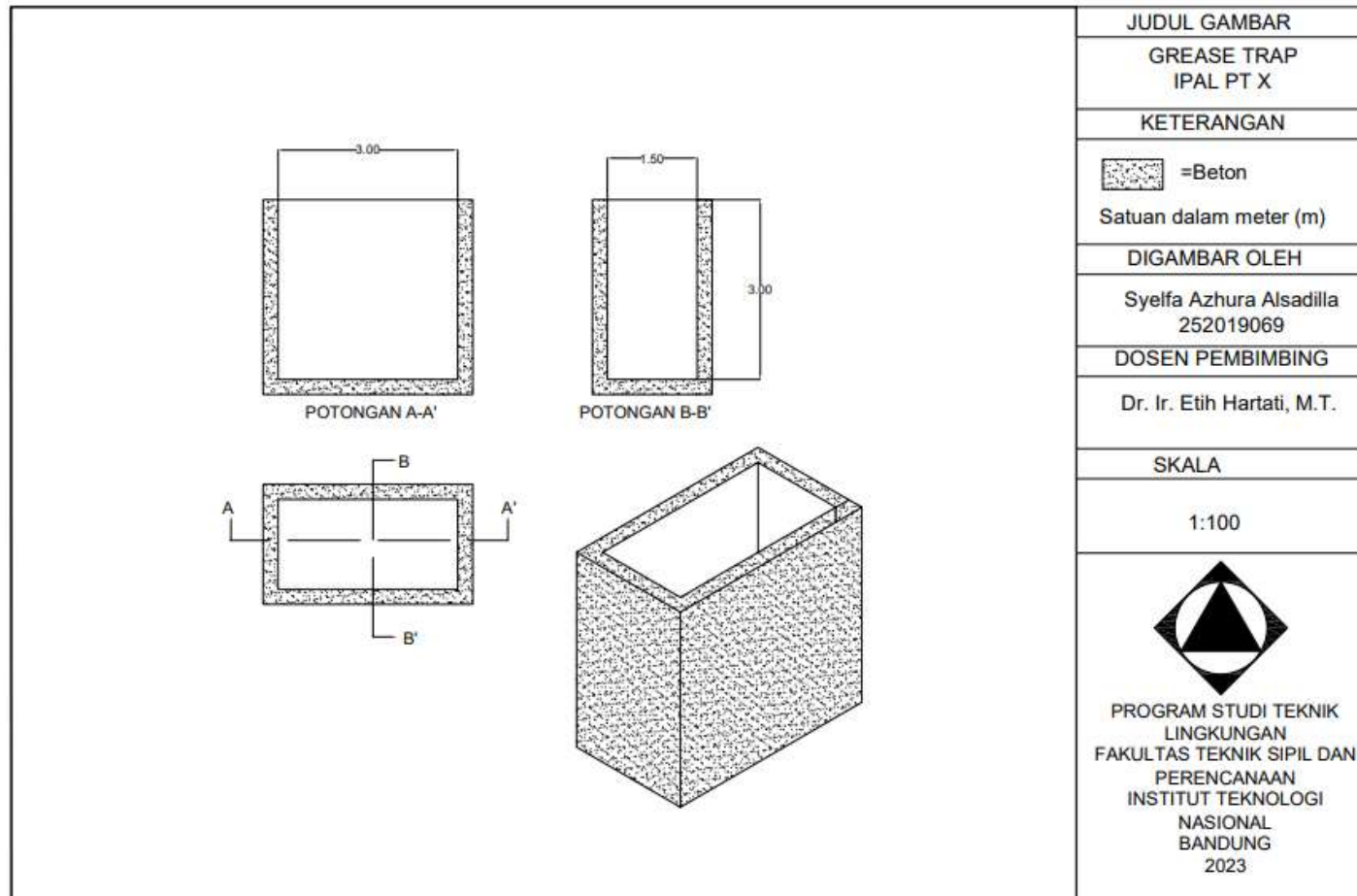
$$Q_{\text{desain}} = 2.500 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} td_{\text{desain}} &= \frac{V}{Q_{\text{desain}}} \\ &= \frac{13,5 \text{ m}^3}{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\ &= 0,13 \text{ jam} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \\ &= 7,73 \text{ menit} \rightarrow \text{memenuhi kriteria (5-20 menit)} \end{aligned}$$

- Waktu detensi berdasarkan debit aktual

$$Q_{\text{aktual rata-rata}} = 873,994 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} td_{\text{aktual}} &= \frac{V}{Q_{\text{aktual rata-rata}}} \\ &= \frac{13,5 \text{ m}^3}{873,994 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \end{aligned}$$



Gambar 5. 15 Detail Desain *Grease Trap* IPAL PT X

Sumber: PT X, 2019 (telah diolah kembali)

$$= 0,37 \text{ jam} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}}$$

$$= 22,24 \text{ menit} \rightarrow \text{tidak memenuhi kriteria (5-20 menit)}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, waktu detensi desain unit ini adalah 7,73 menit dan sudah memenuhi kriteria desain. Namun, waktu detensi aktual melebihi kriteria desain yaitu 22,24 menit. Hal ini dipengaruhi oleh debit rata-rata aktual yang sangat kecil dibandingkan dengan debit desain sehingga air limbah berada pada unit ini lebih lama dibanding seharusnya. Menurut Nugraha (2019), waktu detensi yang terlalu lama menyebabkan penyisihan beban pencemar menjadi sangat kecil. Waktu detensi aktual di IPAL PT X yang terlalu lama menyebabkan efisiensi penyisihan menjadi tidak optimal. Rekapitulasi perhitungan unit *grease trap* ditunjukkan dalam **Tabel 5.15**.

Tabel 5. 15 Rekapitulasi Perhitungan Unit Grease Trap IPAL PT X

Keterangan	Satuan	Kondisi Debit Desain ^a	Kondisi Debit Aktual ^b	Kriteria Desain	Keseuaiaan
Panjang	m	3	3		
lebar	m	3	3		
Tinggi	m	1,5	1,5		
Volume	m ³	13,5	13,5		
Debit	m ³ /hari	2.500	873,994		
Waktu detensi	menit	7,73	22,24	5-20 ^c	M

Keterangan: M = memenuhi; TM = tidak memenuhi

Sumber: ^aPT X, 2022; ^bPT X, 2022; ^cDirektorat Jenderal Cipta Karya, 2018

5.6.1.7 Cooling Tower

Air limbah dari unit *grease trap* dialirkan ke *cooling tower* dengan menggunakan dua pompa. *Cooling tower* berfungsi untuk menurunkan suhu air limbah. Air limbah yang dihasilkan memiliki suhu yang tinggi dikarenakan proses produksi berlangsung dalam suhu yang tinggi. Selain itu, IPAL ini juga menerima air dari proses *blowdon boiler* yang memiliki suhu tinggi. Suhu rata-rata air limbah di inlet adalah 58 °C dan setelah melalui pendinginan di *cooling tower*, suhu air limbah turun menjadi 38 °C.

Suhu air limbah perlu diturunkan sebelum masuk ke *secondary treatment* yang menggunakan mikrobiologi dalam prosesnya. Menurut Effendi (2003), suhu yang tinggi akan memengaruhi proses metabolisme organisme. Selain itu, suhu yang tinggi dapat menyebabkan turunnya konsentrasi DO dalam air. Suhu juga menjadi parameter efluen air limbah yang harus diperhatikan berdasarkan Peraturan Menteri LHK Nomor 16 Tahun 2019 tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Berdasarkan peraturan ini, baku mutu untuk suhu adalah deviasi 2 dari suhu lingkungan.

Air akan dipompa menuju bagian atas lalu dijatuhkan secara perlahan-lahan dengan memanfaatkan gravitasi. Semakin lama proses penurunan air maka prosesnya semakin maksimal. Terdapat bilah-bilah bambu yang berfungsi untuk menahan air sehingga turunnya semakin lama. Proses pendinginan air dilakukan dengan mengontaknya secara langsung ke udara. *Cooling tower* di PT X memiliki panjang 9 m, lebar 3 m, dan tinggi 6 m. *Cooling tower* di PT X ditunjukkan dalam **Gambar 5.16**.



Gambar 5. 16 *Cooling Tower* di PT X

Sumber: Dokumentasi, 2022

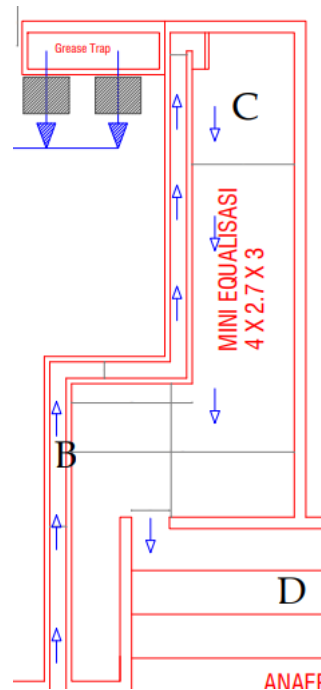
5.6.1.8 Mini Ekualisasi

Air limbah yang telah mengalami penurunan suhu pada *cooling tower* akan dialirkan menuju bak mini ekualisasi melalui *transfer chanel*. Unit ini berfungsi untuk menghomogenkan debit dan karakteristik air, seperti suhu, pH, warna, turbiditas, alkalinitas, BOD dan sebagainya (Nemerow, 1978). Proses homogenisasi perlu dilakukan mengingat karakteristik air limbah tergantung dari proses produksi yang terjadi di perusahaan. Unit ini sebelumnya dinamakan ekualisasi dan merupakan satu-satunya unit ekualisasi di PT X. Namun, setelah terjadi proses desain ulang untuk penambahan kapasitas, unit ini berganti nama menjadi mini ekualisasi karena setelah unit ini terdapat bak ekualisasi yang berukuran lebih besar. Sistem konfigurasi yang digunakan merupakan sistem *in-line* yang mana seluruh air limbah dari unit sebelumnya akan dialirkan ke unit ini terlebih dahulu sebelum dialirkan ke unit berikutnya.

Menurut Tchobanoglous et al. (2014), pengoperasian ekualisasi memerlukan pengadukan dan aerasi. Akan tetapi, unit mini ekualisasi di PT X ini tidak dilengkapi dengan *mixer* maupun *aerator* melainkan hanya mengandalkan laju aliran air limbah sehingga proses pengaliran air limbah dari *cooling tower* menuju mini ekualisasi dilakukan dengan *transfer chanel* dengan kedalaman 1,5 m. Penggunaan *transfer channel* membuat proses homogenisasi air terjadi secara alami tanpa bantuan *mixer* maupun *aerator*. Menurut Tchobanoglous et al. (2014), penggunaan *mixer* dapat diminimalkan dengan adanya penyisihan *grit* terlebih dahulu sebelum memasuki tangki ekualisasi. Oleh karena itu, pada awal pengolahan terdapat *fine screen* dan juga *conoscreen* yang berfungsi untuk menyaring padatan agar beban kerja unit berikutnya termasuk mini ekualisasi tidak berat sehingga meminimalkan terbentuknya lumpur pada dasar tangki.

Bak mini ekualisasi memiliki panjang 4 m, lebar 2,7 m, dan tinggi 3,5 m. Detail desain bak mini ekualisasi di PT X dari tampak atas ditunjukkan dalam **Gambar 5.23**. Berdasarkan dimensinya maka volume dari unit ini adalah 37,8 m³ yang dihitung dari persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{volume} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\
 &= 4 \text{ m} \times 2,7 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \\
 &= 37,8 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$



Gambar 5. 17 Tampak Atas Bak Mini Ekualisasi di IPAL PT X

Sumber: PT X, 2019

Menurut Desyana (2017), waktu detensi bak ekualisasi adalah 4-8 jam. Perhitungan waktu detensi bak mini ekualisasi adalah sebagai berikut.

- Waktu detensi berdasarkan debit desain

$$Q_{\text{desain}} = 2.500 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$td_{\text{desain}} = \frac{V}{Q_{\text{desain}}}$$

$$= \frac{37,8 \text{ m}^3}{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}}$$

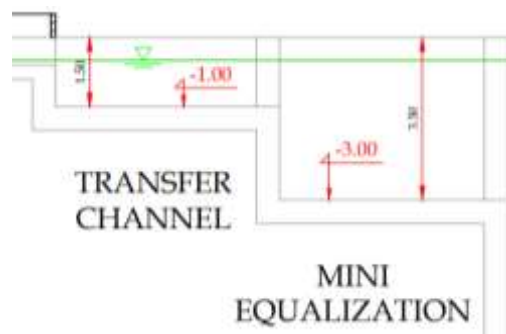
$$= 0,36 \text{ jam} \rightarrow \text{tidak memenuhi kriteria (4-8 jam)}$$

- Waktu detensi berdasarkan debit aktual

$$Q_{\text{aktual rata-rata}} = 873,994 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}
 td_{\text{aktual}} &= \frac{V}{Q_{\text{aktual rata-rata}}} \\
 &= \frac{37,8 \text{ m}^3}{873,994 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\
 &= 1,04 \text{ jam} \rightarrow \text{tidak memenuhi kriteria (4-8 jam)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, waktu detensi unit mini ekualisasi tidak memenuhi kriteria desain. Sementara itu, mengacu pada **Tabel 3.5**, kriteria desain untuk ambang bebas bak ekualisasi adalah 1 m. Maka bak mini ekualisasi ini tidak memenuhi kriteria desain untuk ambang bebas karena nilainya 0,5 m. Selain itu, bak ini tidak memiliki kemiringan dasar sebagaimana yang ditunjukkan dalam **Gambar 5.18**. Oleh karena itu, untuk mengoptimalkannya perlu dilakukan desain ulang agar sesuai dengan kriteria desain. Akan tetapi hal ini tidak dapat dilakukan pada laporan ini karena keterbatasan data debit setiap jam dan BOD *loading*.



Gambar 5. 18 Potongan Gambar *Transfer Chanel* dan Bak Mini Ekualisasi

Sumber: PT X, 2019

Transfer chanel dan bak mini ekualisasi di IPAL PT X ditunjukkan dalam **Gambar 5.19** dan **Gambar 5.20**.



Gambar 5. 19 Transfer Channel IPAL PT X

Sumber: Dokumentasi, 2022



Gambar 5. 20 Bak Mini Ekualisasi IPAL PT X

Sumber: Dokumentasi, 2022

Rekapitulasi perhitungan di bak mini ekualisasi IPAL PT X ditunjukkan dalam **Tabel 5.16**.

Tabel 5. 16 Rekapitulasi Perhitungan Bak Mini Ekualisasi IPAL PT X

Keterangan	Satuan	Kondisi Debit Desain ^a	Kondisi Debit Aktual ^b	Kriteria Desain	Kesesuaian
Panjang	m	4	4	-	-
lebar	m	2,6	2,6	-	-
Tinggi	m	3,5	3,5	-	-
freeboard	m	0,5	0,5	1 ^c	TM

Keterangan	Satuan	Kondisi Debit Desain ^a	Kondisi Debit Aktual ^b	Kriteria Desain	Kesesuaian
Volume	m ³	37,8	37,8	-	-
Debit	m ³ /hari	2.500	873,994	-	-
Waktu detensi	jam	0,36	1,04	4-8 ^d	TM
kemiringan dasar tangki	mm/m diameter	-	-	40-100 ^e	TM

Keterangan: M = memenuhi; TM = tidak memenuhi

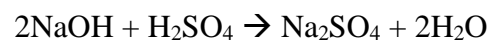
Sumber: ^aPT X, 2022; ^bPT X, 2022; ^cDirektorat Jenderal Cipta Karya, 2018; Desyana, 2017

5.6.1.9 Ekualisasi dan Netralisasi

Air limbah yang telah melalui proses pada bak mini ekualisasi akan dialirkan menuju bak ekualisasi. Bak ekualisasi memiliki fungsi yang sama dengan bak mini ekualisasi yaitu untuk menghomogenkan debit dan karakteristik air limbah. Unit ini sebelumnya merupakan bak untuk proses anerobik, namun karena terjadi desain ulang IPAL pada 2020 maka proses anaerobik dipindahkan ke unit baru dan bak ini berubah fungsi menjadi bak ekualisasi. Homogenisasi dilakukan dengan menggunakan *mixer* yang berjumlah empat buah yang berada pada dasar bak. Selain untuk menghomogenkan air, *mixer* ini juga berfungsi untuk mencegah terbentuknya *foam* atau buih dan lumpur pada dasar bak yang dapat menyebabkan berkurangnya ketinggian air sehingga efisiensi unit menjadi terganggu.

Penggunaan bak ekualisasi dapat diikuti dengan koagulasi secara kimiawi untuk pengontrolan pH dan pembubuhan zat kimia (EPA, 1978). Pada bak ekualisasi IPAL PT X, dilakukan juga proses netralisasi yang bertujuan untuk menetralkan pH air limbah. Penetralkan harus dilakukan karena unit berikutnya merupakan unit pengolahan biologis yang menggunakan mikroba yang hidup pada pH netral. Menurut Nemerow (1978), penetralan dilakukan dengan menggunakan bahan kimia dan harus memperhatikan batas maksimum dan minimum pH yang diizinkan apabila terdapat unit pengolahan secara biologi maka harus memperhatikan pH optimum untuk aktivitas bakteri (pH 6,5-8,5). Mengacu pada baku mutu untuk PT X, pH yang diizinkan adalah 6-9. PT X menghasilkan air limbah yang bersifat basa sehingga diperlukan penambahan asam untuk menetralkannya.

Proses netralisasi di IPAL PT X dilakukan dengan menginjeksikan asam sulfat (H_2SO_4) menggunakan *dosing pump* yang berjumlah 2 unit. *Dosing pump* bekerja secara otomatis berdasarkan sensor pada *pH control adjustment* hingga mencapai pH yang diinginkan. *pH control adjustment* di IPAL ini ditunjukkan pada **Gambar 5.21**. Apabila penurunan pH telah mencapai pH 9 maka injeksi H_2SO_4 akan dihentikan. Reaksi yang terjadi saat proses netralisasi adalah sebagai berikut (Nemerow, 1978).



air neutralizer garam
 limbah netral



Gambar 5. 21 *pH Control Adjustment* IPAL PT X

Sumber: Dokumentasi, 2022

Nilai pH air limbah sebelum dan sesudah netralisasi ditunjukkan dalam **Tabel 5.17**.

Tabel 5. 17 pH Air Limbah Sebelum dan Sesudah Netralisasi di IPAL PT X

Bulan	pH Sebelum Netralisasi	pH Sesudah Netralisasi
Januari	10	8
Februari	10	8
Maret	11	8
April	11	9
Mei	11	9
Juni	10	9

Sumber: PT X, 2022

Berdasarkan **Tabel 5.17**, pengolahan netralisasi air limbah di PT X berlangsung dengan optimal dan menghasilkan pH yang sesuai dengan baku mutu air limbah sistem terintegrasi untuk PT X. Bak ini memiliki panjang 10 m, lebar 10 m, dan tinggi 7,5 m. Detail desain dari bak ini ditunjukkan dalam **Gambar 5.22**. Berdasarkan dimensinya maka volume dari unit ini adalah 750 m^3 yang dihitung dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} \text{volume} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\ &= 10 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 7,5 \text{ m} \\ &= 750 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Menurut Desyana (2017), waktu detensi bak ekualisasi adalah 4-8 jam. Waktu detensi bak ekualisasi dihitung dengan persamaan berikut.

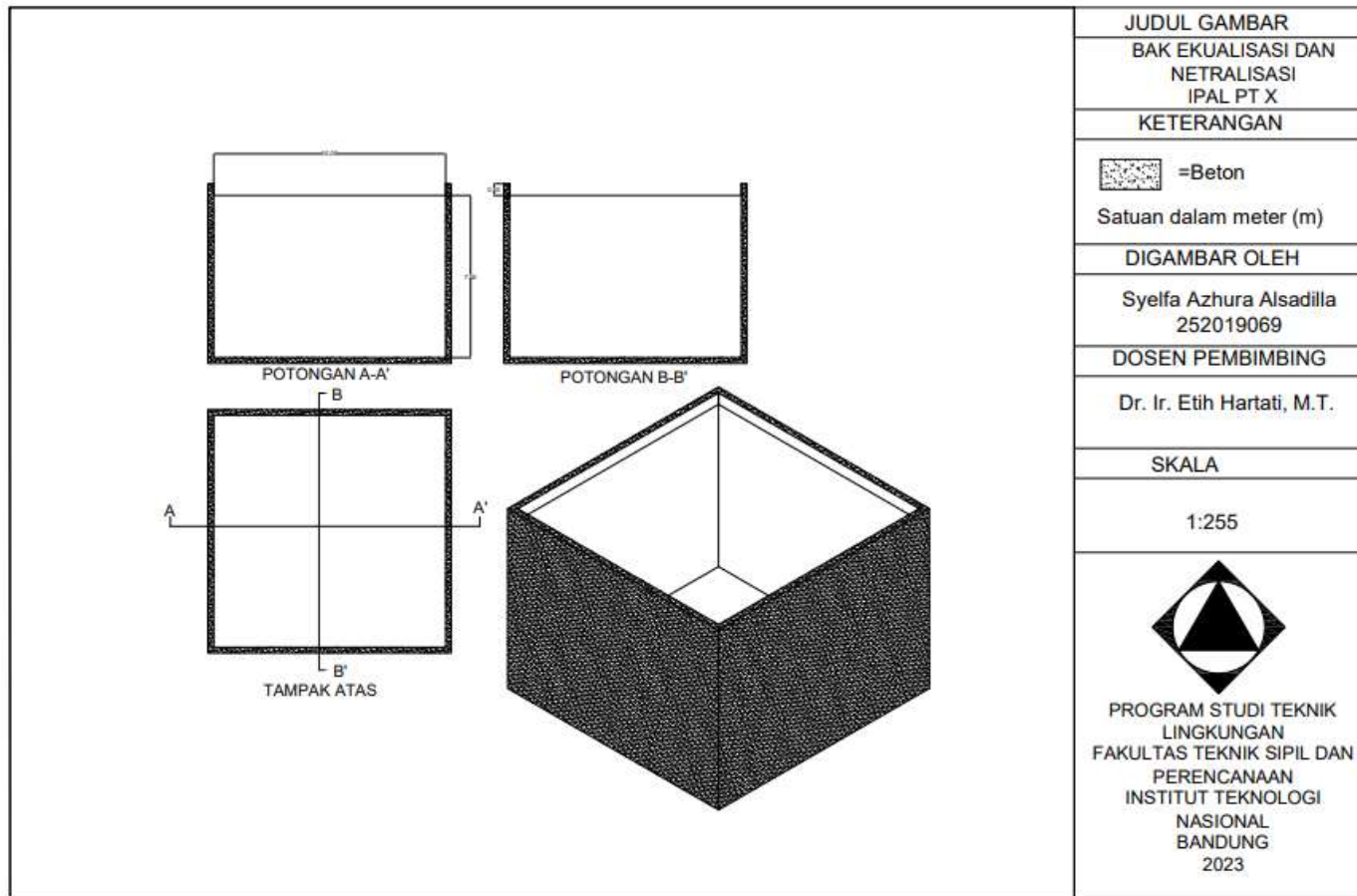
- Waktu detensi berdasarkan debit desain

$$\begin{aligned} Q_{\text{desain}} &= 2.500 \text{ m}^3/\text{hari} \\ td_{\text{desain}} &= \frac{V}{Q_{\text{desain}}} \\ &= \frac{750 \text{ m}^3}{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\ &= 7,2 \text{ jam} \rightarrow \text{memenuhi kriteria (4-8 jam)} \end{aligned}$$

- Waktu detensi berdasarkan debit aktual

$$\begin{aligned} Q_{\text{aktual rata-rata}} &= 873,994 \text{ m}^3/\text{hari} \\ td_{\text{aktual}} &= \frac{V}{Q_{\text{aktual rata-rata}}} \\ &= \frac{750 \text{ m}^3}{873,994 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\ &= 20,6 \text{ jam} \rightarrow \text{tidak memenuhi kriteria (4-8 jam)} \end{aligned}$$

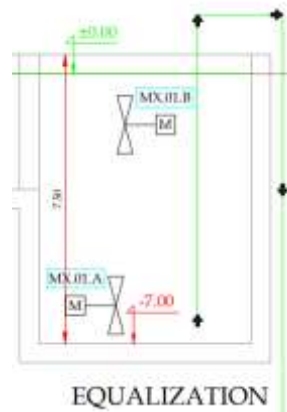
Berdasarkan hasil perhitungan, waktu detensi desain bak ekualisasi memenuhi kriteria, namun waktu detensi aktualnya tidak memenuhi kriteria desain. Hal ini terjadi karena debit aktual yang sangat kecil dibandingkan dengan kapasitas debit yang direncanakan untuk bak. Kecilnya debit aktual dipengaruhi oleh penurunan



Gambar 5. 22 Detail Desain Bak Ekualisasi dan Netralisasi IPAL PT X

Sumber: PT X, 2019 (telah diolah kembali)

produksi dari bulan April 2022 pada divisi *finishing* selaku penghasil air limbah terbanyak. Kriteria desain bak ekualisasi mengacu pada **Tabel 3.5** dengan ambang bebasnya 1 m. Maka bak ekualisasi ini tidak memenuhi kriteria desain untuk ambang bebas karena nilainya 0,5 m. Selain itu, bak ini tidak memiliki kemiringan dasar sebagaimana yang ditunjukkan dalam **Gambar 5.23**.



Gambar 5. 23 Potongan Gambar Bak Ekualisasi IPAL PT X

Sumber: PT X, 2019

Kondisi *dosing pump* dan bak ekualisasi di IPAL PT X ditunjukkan dalam **Gambar 5.24** dan **Gambar 5.25**.



Gambar 5. 24 *Dosing Pump* di Bak Ekualisasi IPAL PT X

Sumber: Dokumentasi, 2022



Gambar 5. 25 Bak Ekualisasi dan Netralisasi IPAL PT X

Sumber: Dokumentasi, 2022

Jika mengacu pada *layout* IPAL hasil perencanaan, netralisasi harusnya dilakukan pada unit terpisah dengan panjang 2,5 m, lebar 2 m, dan tinggi 1 m. Namun, unit ini tidak digunakan untuk proses netralisasi dan hanya berfungsi untuk menjadi unit penghubung dari bak ekualisasi menuju denitrifikasi. Penggabungan bak ekualisasi dan netralisasi dilakukan oleh PT X untuk menghemat biaya karena pada bak ekualisasi sudah dilengkapi dengan *mixer* sehingga asam sulfat dapat dicampurkan ke dalam air limbah bersamaan dengan homogenisasi air. Selain itu, prosedur ini tidak menyalahi proses. Rekapitulasi perhitungan di bak ekualisasi dan netralisasi ditunjukkan dalam **Tabel 5.18**.

Tabel 5. 18 Rekapitulasi Perhitungan Bak Ekualisasi dan Netralisasi IPAL PT X

Keterangan	Satuan	Kondisi Debit Desain ^a	Kondisi Debit Aktual ^b	Kriteria Desain	Kesesuaian
Panjang	m	10	10	-	-
lebar	m	10	10	-	-
Tinggi	m	7,5	7,5	-	-
freeboard	m	0,5	0,5	1 ^c	<i>TM</i>
Volume	m ³	750	750	-	-
Debit	m ³ /hari	2.500	873,994	-	-
Waktu detensi	jam	7,2	20,6	4-8 ^d	M (debit desain) dan

Keterangan	Satuan	Kondisi Debit Desain ^a	Kondisi Debit Aktual ^b	Kriteria Desain	Kesesuaian
					TM (debit aktual)
kemiringan dasar tangki	mm/m diameter	-	-	40-100 ^c	TM

Keterangan: M = memenuhi; TM = tidak memenuhi

Sumber: ^aPT X, 2022; ^bPT X, 2022; ^cDirektorat Jenderal Cipta Karya, 2018; Desyana, 2017

5.6.2 Pengolahan Sekunder

Pengolahan sekunder atau pengolahan biologis merupakan pengolahan menggunakan mikroorganisme untuk menyisahkan materi organik yang terlarut, tersuspensi, dan koloid yang tidak hilang pada pengolahan sebelumnya (Spellman, 2003). Unit pengolahan sekunder di IPAL PT X terdiri dari bak denitrifikasi dan lumpur aktif. Pengolahan lumpur aktif terdiri dari tiga komponen, yaitu aerasi, *clarifier* untuk sedimentasi, dan *return activated sludge*.

5.6.2.1 Bak Denitrifikasi

Air limbah dari bak ekualisasi akan dialirkan ke bak denitrifikasi melalui saluran penghubung yang berfungsi untuk menyalurkan air limbah. Saluran ini memiliki dimensi panjang 14,5 m, lebar 3 m, dan tinggi 1 m. Terdapat dua bak denitrifikasi yang ada di IPAL ini. Setiap baknya memiliki dimensi panjang 8 m, lebar 8 m, dan tinggi 4,25 m. Air limbah dari saluran penghubung akan diterima ke bak pertama. Lalu secara *overflow* akan disalurkan ke bak kedua yang nantinya dialirkan ke bak aerasi.

Jenis denitrifikasi yang digunakan adalah *preanoxic denitrification*. Air limbah akan diolah terlebih dahulu di bak denitrifikasi secara anaerob lalu dilanjutkan untuk proses nitrifikasi di unit aerasi. Air kemudian masuk ke *clarifier* dan lumpur yang dihasilkan akan dikembalikan lagi ke bak denitrifikasi. Nitrat dari lumpur ini dijadikan sebagai *supply* nitrat pada bak denitrifikasi. Pada zona ini, BOD dikonsumsi oleh bakteri denitrifikasi untuk mereduksi nitrat menjadi gas nitrogen

sehingga proses denitrifikasi tidak hanya menyisihkan nitrogen melainkan juga BOD ikut tersisihkan (Tchobanoglous et al., 2014).

Bagian luar *layer* lumpur akan mengalami nitrifikasi di unit aerasi karena proses nitrifikasi memerlukan oksigen. Pada perjalanan pengembalian lumpur aktif menuju unit denitrifikasi kondisinya tidak terdapat oksigen sehingga lumpur aktif menjadi kaya akan nitrat dan nitrat akan direduksi menjadi gas nitrogen pada unit denitrifikasi. Menurut (Tchobanoglous et al., 2014) proses denitrifikasi menggunakan bakteri heterotroph untuk mengurai nitrat menjadi N_2 . Bakteri ini memerlukan kondisi lingkungan yang memungkinkan untuk pertumbuhannya.

Menurut (Ni et al., 2016), faktor yang memengaruhi bakteri heterotroph adalah sumber karbon, rasio rbCOD terhadap N, DO, pH, dan suhu. Sumber karbon yang digunakan berasal dari *readily biodegradable organics* (rbCOD) atau BOD yang terdapat secara alami dalam influen air limbah. Akan tetapi, penambahan sumber karbon secara eksternal dapat dilakukan jika konsentrasi rbCOD dalam air rendah. Unit denitrifikasi di IPAL PT X hanya mengandalkan sumber karbon dari konsentrasi BOD pada air limbah.

Pada proses denitrifikasi umumnya dibutuhkan 4 g rbCOD untuk mereduksi 1 g NO_3^- . Akan tetapi, rasio ini bergantung pada kondisi sumber karbon dan ekologi dari mikroba pada proses denitrifikasi. Oksigen terlarut (DO) umumnya tidak terdeteksi pada zona *anoxic*. Namun, jumlah oksigen sangatlah terbatas dalam bak ini karena terbawa masuk melalui transfer oksigen dari permukaan dan sirkulasi aliran. Oksigen ini akan segera dikonsumsi oleh denitrifier. Proses denitrifikasi masih dapat terjadi, namun akan mengalami penurunan laju seiring dengan peningkatan DO (Ni et al., 2016).

Kondisi bak denitrifikasi di IPAL PT adalah bak terbuka yang kontak langsung dengan udara sehingga transfer oksigen dari udara ke air masih dapat memungkinkan. Kondisi bak denitrifikasi di IPAL PT X ditunjukkan dalam **Gambar 5.26**.

Bak denitrifikasi di IPAL ini dilengkapi dengan penambahan *low dissolve oxygen* dari *mixer motor*. Hadirnya kandungan oksigen dalam bak dapat menyebabkan penurunan laju denitrifikasi sehingga proses tidak optimal. Selain itu, diperlukan juga kontrol terhadap konsentrasi oksigen terlarut yang ada di dalam air pada bak ini. Akan tetapi, penggunaan *mixer* dapat membantu proses denitrifikasi dengan memastikan nutrisi dan bakteri tersebar secara merata di dalam bak denitrifikasi. Hal ini akan mempercepat reaksi kimia dan memaksimalkan efisiensi proses denitrifikasi.

Proses denitrifikasi akan berlangsung secara optimum pada rentang pH 7-9 dan suhu 20-35°C (Ni et al., 2016). Nilai pH di bak denitrifikasi ditunjukkan dalam **Tabel 5.17** yang mana pH sesudah netralisasi merupakan pH air limbah yang diukur di bak denitrifikasi. Nilai pH di bak ini sudah sesuai dengan ketentuan.



Gambar 5. 26 Bak Denitrifikasi di IPAL PT X

Sumber: Dokumentasi, 2022

Sementara itu, suhu rata-rata di bak denitrifikasi melebihi dari ketentuan. Menurut (Ningtyas, 2015), mikroba dapat melakukan aklimatisasi yang merupakan proses adaptasi mikroba sehingga dapat tumbuh pada kondisi operasi yang diinginkan secara bertahap. Suhu rata-rata di bak denitrifikasi IPAL PT X melebihi 2°C dari ketentuan. Proses aklimatisasi mikroba dapat berlangsung mengingat suhu

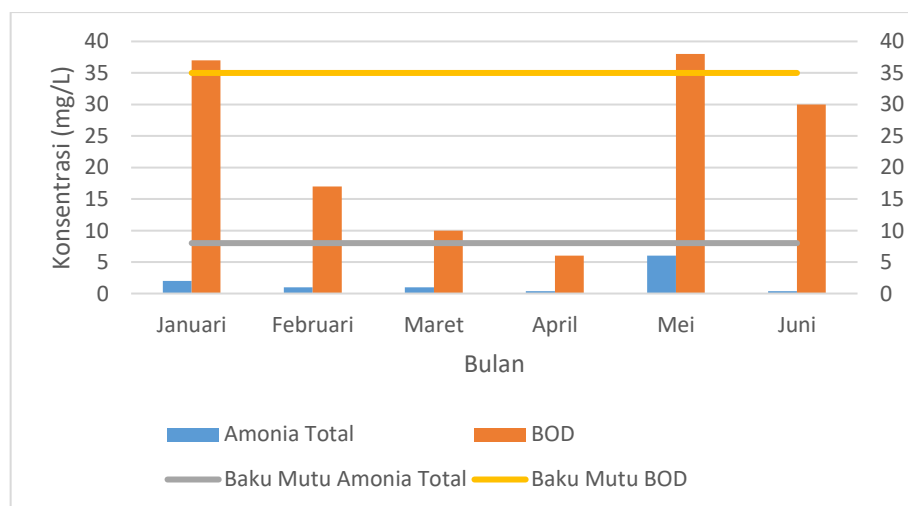
lingkungan di Cikarang Barat lokasi PT X berada dapat mencapai 30°C. Suhu rata-rata di bak denitrifikasi ditunjukkan dalam **Tabel 5.19**.

Tabel 5. 19 Suhu Rata-Rata di Bak Denitrifikasi

Bulan	Suhu di Bak Denitrifikasi (°C)
Januari	36
Februari	37
Maret	37
April	37
Mei	35
Juni	36

Sumber: PT X, 2022

Terganggunya proses denitrifikasi mengakibatkan penyisihan nitrogen dan BOD menjadi tidak optimal. Berdasarkan pemantauan kualitas air limbah di *outlet* pada Januari-Juni 2022 yang ditunjukkan dalam **Tabel 5.10**, parameter amonia total memenuhi baku mutu pada bulan Januari-Juni 2022. Akan tetapi, parameter BOD pada bulan Januari dan Mei tidak memenuhi baku mutu. Terdapat hubungan antara konsentrasi ammonia total dan BOD pada outlet IPAL yang ditunjukkan dalam **Gambar 5.27**.



Gambar 5. 27 Perbandingan Konsentrasi Amonia Total dan BOD di *Outlet* IPAL Pada Januari-Juni 2022

Sumber: PT X, 2022

Berdasarkan **Gambar 5.27**, pada Januari dan Mei saat konsentrasi BOD di *outlet* melebihi baku mutu saat yang bersamaan konsentrasi amonia total pada bulan Januari dan Mei juga tinggi. Begitupun saat konsentrasi BOD memenuhi baku mutu maka konsentrasi amonia total juga rendah. Hal ini menandakan bahwa terdapat hubungan antara konsentrasi BOD dan ammonia total. Selain faktor DO, pH, dan suhu, proses di bak denitrifikasi dipengaruhi oleh waktu detensi.

Waktu detensi bak denitrifikasi adalah 6-16 jam dengan waktu detensi optimum adalah 12 jam (Guo et al., 2017). Perhitungan waktu detensi bertujuan untuk menghitung waktu yang diperlukan untuk efisiensi pengolahan. Air dari bak denitrifikasi I akan mengalir secara *overflow* ke bak denitrifikasi II yang memiliki volume sama dengan bak denitrifikasi I. Detail desain bak denitrifikasi di IPAL PT X ditunjukkan dalam **Gambar 5.28** dan **Gambar 5.29**. Perhitungan volume dan waktu detensi untuk setiap bak denitrifikasi adalah sebagai berikut:

- Volume

$$\begin{aligned} \text{volume} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\ &= 8 \text{ m} \times 8 \text{ m} \times 4,25 \text{ m} \\ &= 272 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Waktu detensi berdasarkan debit desain

$$Q_{\text{desain}} = 2.500 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} td_{\text{desain}} &= \frac{V}{Q_{\text{desain}}} \\ &= \frac{272 \text{ m}^3}{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\ &= 2,61 \text{ jam} \rightarrow \text{tidak memenuhi kriteria (6-12 jam)} \end{aligned}$$

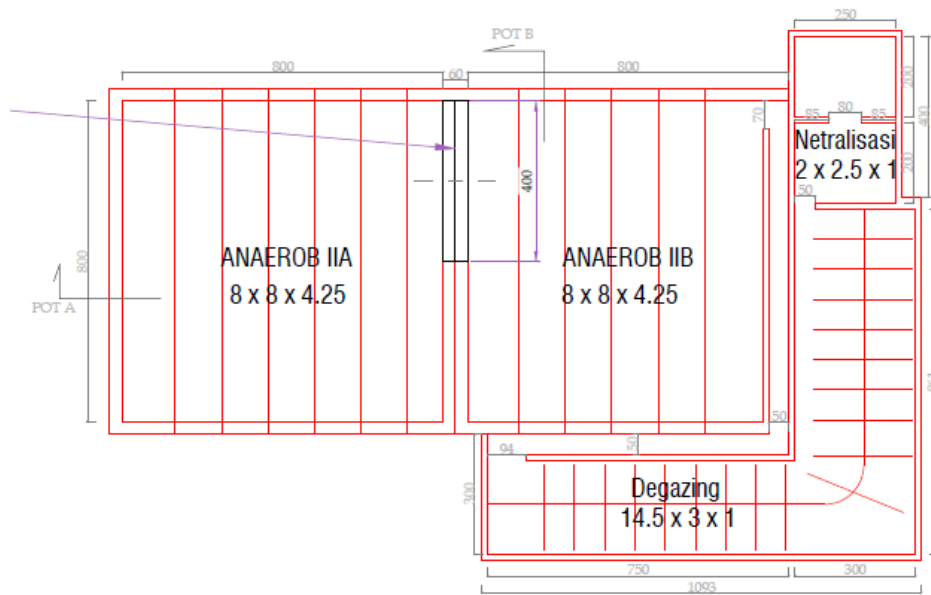
- Waktu detensi berdasarkan debit aktual

$$Q_{\text{aktual rata-rata}} = 873,994 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$td_{\text{aktual}} = \frac{V}{Q_{\text{aktual rata-rata}}}$$

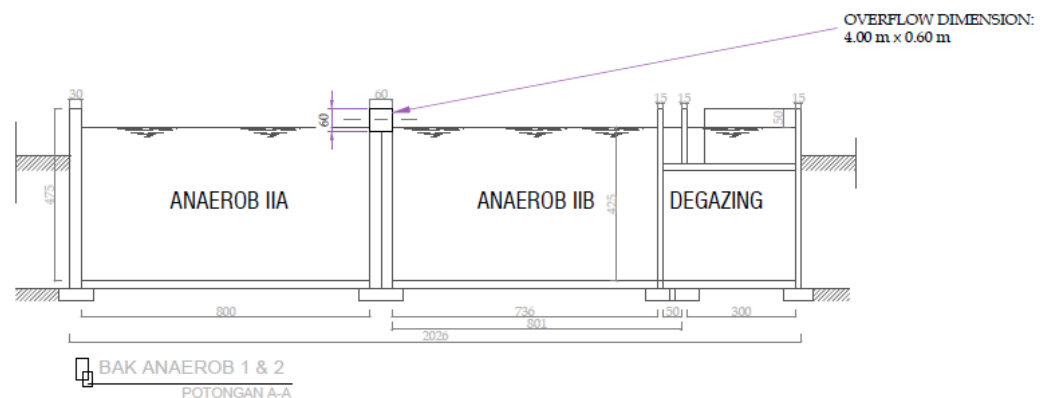
$$= \frac{272 \text{ m}^3}{873,994 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}}$$

$$= 7,47 \text{ jam} \rightarrow \text{memenuhi kriteria (6-12 jam)}$$



Gambar 5. 28 Tampak Atas Bak Denitrifikasi IPAL PT X

Sumber: PT X, 2019



Gambar 5. 29 Potongan A-A Bak Denitrifikasi IPAL PT X

Sumber: PT X, 2019

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan bahwa waktu detensi desain tidak sesuai dengan ketentuan. Sedangkan waktu detensi aktual sudah sesuai dengan ketentuan meskipun bukan waktu yang optimum sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Guo et al. (2017). *Redesain* diperlukan karena waktu detensi desainnya sesuai kriteria sehingga dikhawatirkan pada masa yang akan datang saat debit air yang diolah sesuai dengan debit desain, pengolahan menjadi tidak optimal akibat dari waktu detensi yang kecil. Waktu detensi yang digunakan sebagai acuan untuk desain ulang ini adalah 6 jam untuk setiap bak sehingga jika diakumulasikan menjadi 12 jam dan sesuai dengan waktu detensi optimum. Perhitungan desain ulang bak denitrifikasi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 td_{desain} &= \frac{V}{Q_{desain}} \\
 V &= td_{desain} \times Q_{desain} \\
 &= 6 \text{ jam} \times 2.500 \frac{m^3}{\text{hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}} \\
 &= 625 m^3
 \end{aligned}$$

Keterbatasan lahan menjadi faktor dalam penentuan dimensi sehingga panjang dan lebar bak dipertahankan pada dimensi 8 m. Perubahan dimensi bak ini terdapat pada kedalamannya. Perhitungan ulang bak denitrifikasi adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang} &= 8 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 8 \text{ m} \\
 V &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman} \\
 625 m^3 &= 8 \text{ m} \times 8 \text{ m} \times \text{kedalaman} \\
 \text{kedalaman} &= \frac{625 m^3}{64 m^2} \\
 \text{kedalaman} &= 9,766 \text{ m} \approx 10 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan bahwa perubahan dimensi setiap bak denitrifikasi yaitu panjang 8 m, lebar 8 m, dan tinggi 10 m untuk kapasitas debit 2.500 m³/hari. Dimensi yang digunakan berdasarkan hasil pembulatan maka diperlukan pengecekan kesesuaian sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{volume} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\
 &= 8 \text{ m} \times 8 \text{ m} \times 10 \text{ m} \\
 &= 640 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 td_{\text{desain}} &= \frac{V}{Q_{\text{desain}}} \\
 &= \frac{640 \text{ m}^3}{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\
 &= 6,144 \text{ jam} \rightarrow \text{memenuhi kriteria (6-12 jam)}
 \end{aligned}$$

Waktu detensi desain memenuhi kriteria setelah dilakukan perhitungan ulang terhadap dimensi. Rekapitulasi perhitungan bak denitrifikasi I dan II IPAL PT X ditunjukkan dalam **Tabel 5.20**.

Tabel 5. 20 Rekapitulasi Perhitungan Bak Denitrifikasi IPAL PT X

Ket	Satuan	Kondisi Debit Desain ^a	Kondisi Debit Aktual ^b	Kriteria Desain	Kesesuaian	Redesain	Kesesuaian
Panjang	m	8	8	-	-	8	
lebar	m	8	8	-	-	8	
Tinggi	m	4,25	4,25	-	-	10	
Volume	m ³	272	272	-	-	640	
Debit	m ³ /hari	2.500	873,994	-	-	2.500	
Waktu detensi	jam	2,61	7,47	6-12 ^c	TM saat debit desan dan M saat debit aktual	6,144	M

Keterangan: M = memenuhi; TM = tidak memenuhi

Sumber: ^aPT X, 2022; ^bPT X, 2022; ^cGuo et al., 2017

5.6.2.2 Aerasi I

Air limbah yang telah melalui pengolahan di bak denitrifikasi dialirkan menuju bak aerasi. Unit ini merupakan rangkaian dari pengolahan biologis dengan sistem lumpur aktif. Menurut (Budianti, 2017), lumpur aktif merupakan proses oksidasi zat organik dalam air limbah dengan melibatkan mikroorganisme untuk menstabilkan limbah secara aerobik kemudian dipisahkan melalui pengendapan. Kondisi aerobik diciptakan pada tangki aerasi. Menurut Harfadli et al. (2019), aerasi bertujuan untuk melarutkan oksigen ke dalam air dan meningkatkan

konsentrasi oksigen terlarut, melepaskan kandungan gas-gas yang terlarut dalam air, dan membantu pengadukan air. Oksigen pada tangki aerasi di IPAL PT X dipasok oleh *root blower* yang berjumlah 8 unit.

Root blower merupakan kompresor yang berfungsi sebagai penggerak yang memindahkan suatu zat untuk melakukan proses pengompresan udara (Ramadhan, 2022). *Root blower* bekerja dengan rotor penggerak dengan dua *lobe* gigi. Berputarnya rotor pada *blower* akan mengakibatkan *lobe* gigi ikut berputar. Udara akan dihisap melalui saluran inlet pada *blower* dan dikeluarkan pada *outlet* di lokasi yang berbeda (PT Intidaya Dinamika Sejati, 2021). Pada IPAL PT X, *root blower* memiliki ruangan khusus dan *outlet* dari *blower* ini berbeda, salah satunya berada di tangki aerasi I untuk memasok oksigen. *Root blower* di IPAL PT X ditunjukkan dalam **Gambar 5.30**.



Gambar 5. 30 *Root Blower* di IPAL PT X

Sumber: Dokumentasi, 2022

Oksigen yang dihasilkan dari *root blower* diinjeksikan ke dalam air pada tangki aerasi I melalui *fine bubble diffuser*. Injeksi berlangsung dengan menggunakan reaktor *diffuser* berpori berbentuk *tube*/tabung dan *disk*. Udara yang keluar dari *diffuser* berbentuk gelembung udara halus (*fine bubbles*) yang mengakibatkan peningkatan turbulensi air (Harfadli et al., 2019). *Root blower* dan *fine bubble diffuser* bekerja sama untuk menghasilkan oksigen dalam bak aerasi lumpur aktif. *Root blower* menghasilkan aliran udara yang diperlukan untuk mengoperasikan *fine*

bubble diffuser, yang pada gilirannya menghasilkan gelembung kecil untuk memperkenalkan udara ke dalam bak aerasi lumpur aktif. Kombinasi dari keduanya memastikan bahwa oksigen tersedia dalam jumlah yang cukup untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme dalam lumpur aktif dan proses pengolahan air yang efektif.

Pencampuran antara lumpur aktif dan air limbah dalam tangki aerasi dikenal dengan istilah *mixed liquor* (Spellman, 2003). Sistem aerasi dipengaruhi oleh pH, suhu, dan DO. Rentang pH yang optimal di tangki aerasi adalah 6,5-9 (Spellman, 2003). Rentang pH harus dipertahankan karena pada bak aerasi terdapat sejumlah mikroorganisme yang berperan dalam proses penguraian zat organik yang dapat memengaruhi efisiensi penyisihan. PT X tidak melakukan pengecekan parameter pH pada unit ini. Akan tetapi, pada tahap netralisasi terdapat pengecekan pH. Nilai pH setelah dilakukan proses netralisasi ditampilkan dalam **Tabel 5.17**. Berdasarkan tabel ini, rentang pH rata-rata setelah dilakukan proses netralisasi adalah 8-9. Nilai ini menunjukkan bahwa pH air limbah telah sesuai untuk proses pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme atau dalam kata lain nilai pH air limbah tidak akan mengganggu pertumbuhan serta perkembangan mikroorganisme yang dapat mengakibatkan terganggunya proses di IPAL.

Suhu ideal untuk aerasi lumpur aktif adalah 20-35°C. Suhu yang terlalu rendah dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan proses penguraian air limbah. Sedangkan suhu yang terlalu tinggi dapat membunuh mikroorganisme dan mengurangi efektivitas proses pengolahan air limbah (Spellman, 2003). Oleh karena itu, suhu harus senantiasa dijaga agar tetap stabil dan sesuai dengan kondisi optimum. Air limbah yang dihasilkan oleh PT X memiliki suhu yang tinggi akibat proses produksi. PT X memiliki unit *cooling tower* yang berfungsi untuk menurunkan suhu air limbah.

Pengukuran suhu di bak aerasi 1 tidak dilakukan oleh PT X. Namun, terdapat data suhu rata-rata di bak denitrifikasi yang ditunjukkan dalam **Tabel 5.19**. Berdasarkan tabel ini, suhu rata-rata air limbah melebihi ketentuan yang berlaku. Hal ini

menandakan bahwa penurunan suhu di *cooling tower* belum memenuhi harapan agar sesuai dengan suhu optimum untuk pengeolahan biologis. Tingginya suhu dipengaruhi oleh kondisi suhu lingkungan PT X yang berada di Cikarang yang merupakan daerah panas dan suhu dapat mencapai 32°C saat siang hari.

Menurut Ningtyas (2015), proses lumpur aktif tidak terlalu sensitif terhadap suhu dibandingkan dengan sistem lain. Apabila kondisi operasi optimum mikroba tidak sesuai dengan kondisi operasi sistem, maka dapat dilakukan aklimitasi terhadap mikroba. Aklimatisasi adalah proses adaptasi mikroba sehingga dapat tumbuh pada kondisi operasi yang diinginkan secara bertahap.

Proses aerasi berlangsung secara aerobik dan harus memastikan kadar DO yang ada dalam air. Menurut Spellman (2003), konsentrasi DO yang harus dipertahankan pada proses lumpur aktif adalah 1-3 mg/L. Konsentrasi DO di bak aerasi PT X dicek menggunakan DO meter sebagaimana yang ditunjukkan dalam **Gambar 5.37**.



Gambar 5. 31 Bak Aerasi I di PT X

Sumber: Dokumentasi, 2022

Konsentrasi DO di bak aerasi PT X dipertahankan minimal pada nilai 4 mg/L. Nilai ini mengacu pada baku mutu air sungai untuk kelas 2 berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Air limbah yang telah diolah di IPAL PT X akan

dialirkan ke Sungai Cikedokan yang berdasarkan peruntukannya merupakan sungai kelas 2.

Jenis aerasi lumpur aktif di IPAL PT X pada bak aerasi I tergolong kategori *oxidation ditch* yang merupakan bentuk variasi dari *extended aeration*. Menurut Qasim (1985), waktu detensi *oxidation ditch* adalah 18-36 jam. Selain itu, tidak diperlukan bak pengendapan awal (Tchobanoglous et al., 2014). Bak aerasi di IPAL PT X memiliki lebar 16,1 m, tinggi 6,5 m, dan panjang yang bervariasi yaitu 36,1 m dan 42,2 m. Detail desain dari bak aerasi I dari tampak atas ditunjukkan dalam **Gambar 5.32**. potongan melintang ditunjukkan dalam **Gambar 5.33** dan potongan membujur ditunjukkan dalam **Gambar 5.34**.



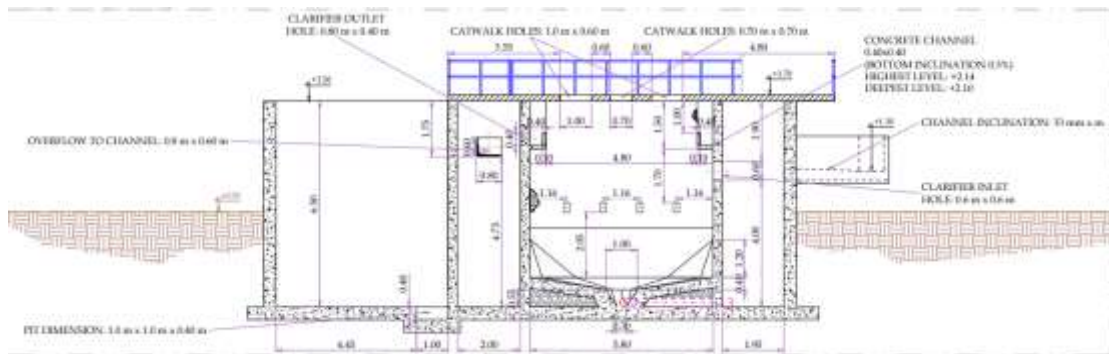
Gambar 5. 32 Tampak Atas Bak Aerasi I IPAL PT X

Sumber: PT X, 2019



Gambar 5. 33 Potongan Melintang Bak Aerasi I IPAL PT X

Sumber: PT X, 2019



Gambar 5. 34 Potongan Membujur Bak Aerasi I IPAL PT X

Sumber: PT X, 2019

Berdasarkan dimensinya, maka volume bak aerasi dihitung sebagai berikut.

$Volume = panjang \times lebar \times tinggi$

$$= (42,2 \text{ m} \times 5,45 \text{ m} \times 6,5 \text{ m}) + (36,1 \text{ m} \times 10,65 \text{ m} \times 6,5 \text{ m})$$

$$= 1.494,94 \text{ m}^3 + 2.499,02 \text{ m}^3$$

$$= 3.993,96 \text{ m}^3$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, didapatkan volume bak aerasi I adalah 3.993,96 m³. Waktu detensi desain dan aktual dihitung sebagai berikut.

- Waktu detensi berdasarkan debit desain

$$Q_{\text{desain}} = 2.500 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$td_{\text{desain}} = \frac{V}{Q_{\text{desain}}}$$

$$= \frac{3.993,96 \text{ m}^3}{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$= 1,6 \text{ hari} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}}$$

$$= 38,34 \text{ jam} \rightarrow \text{tidak memenuhi kriteria (18-36 jam)}$$

- Waktu detensi berdasarkan debit aktual

$$Q_{\text{aktual rata-rata}} = 873,994 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$td_{\text{aktual}} = \frac{V}{Q_{\text{aktual rata-rata}}}$$

$$= \frac{3.993,96 \text{ m}^3}{873,994 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4,57 \text{ hari} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\
 &= 109,67 \text{ jam} \rightarrow \text{tidak memenuhi kriteria (18-36 jam)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, waktu detensi desain dan aktual melebihi kriteria desain. Hal ini terjadi karena volume bak lebih besar dari pada debit air yang mengalir. Sementara itu, perhitungan terhadap parameter desain bak aerasi sebagaimana yang tercantum dalam **Tabel 3.6** tidak dapat dilakukan karena tidak terdapat data konsentrasi BOD pada influen dan efluen dari air limbah yang masuk ke bak aerasi I. Selain waktu detensi, terdapat kriteria desain lain yang harus dipenuhi, seperti *sludge retention time*, rasio F/M, aerator loading, MLVSS, dan rasio resirkulasi. Akan tetapi, perhitungan ini tidak dapat dilakukan sebagai tahapan evaluasi karena keterbatasan data. Meskipun waktu detensi tidak memenuhi kriteria desain, perhitungan ulang terhadap dimensi tidak dapat dilakukan karena dalam penentuan volume bak dipengaruhi juga oleh MLVSS yang mana tidak terdapat data mengenai ini. Rekapitulasi perhitungan bak aerasi I IPAL PT X ditunjukkan dalam **Tabel 5.21**.

Tabel 5. 21 Rekapitulasi Perhitungan Bak Aerasi I IPAL PT X

Keterangan	Satuan	Kondisi Debit Desain ^a	Kondisi Debit Aktual ^b	Kriteria Desain	Kesesuaian
Panjang	m	36,1 dan 42,4	36,1 dan 42,5	-	-
lebar	m	16,1	16,1	-	-
Tinggi	m	6,5	6,5	-	-
Volume	m ³	3993,96	3993,96	-	-
Debit	m ³ /hari	2.500	873,994	-	-
Waktu detensi	jam	38,34	109,67	18-36 ^c	TM

Keterangan: M = memenuhi; TM = tidak memenuhi

Sumber: ^aPT X, 2022; ^bPT X, 2022; ^cQasim, 1985

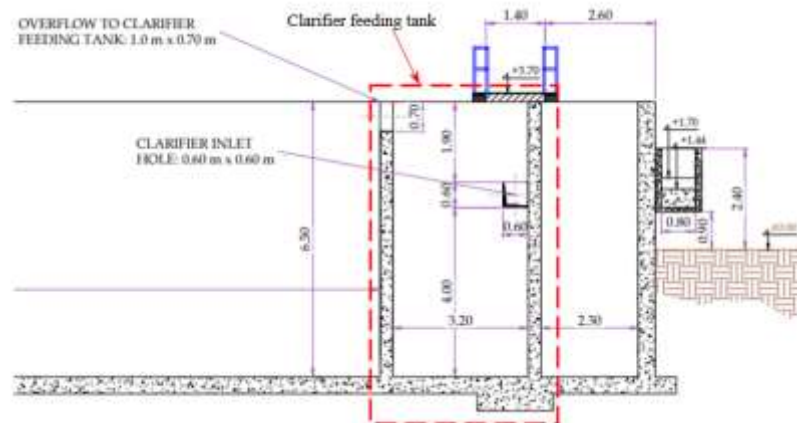
5.6.2.3 Infeed Water Tank/Clarifier Feeding Tank

Air dari unit aerasi akan dialirkan ke *infeed water tank*. Pada unit ini ditambahkan *decoloring agent* (DCA) atau *dicyandiamide-formaldehyde* resin yang berfungsi

untuk menghilangkan warna. DCA merupakan polimer kuarter kationik yang bekerja secara optimal pada air limbah dengan konsentrasi warna yang tinggi. Saat bereaksi dengan air, DCA memberikan sejumlah besar kation sehingga muatan negatif yang ada pada molekul zat warna dapat dinetralkan. Reaksi ini menghasilkan flok yang berisi zat warna yang telah terikat sehingga air menjadi jernih. Selain untuk menyisihkan kadar warna, DCA juga dapat menyisihkan COD 50-80% (Wuxi Lansen Chemicals CO., 2023).

Clarifier feeding tank memiliki panjang 3,2 m, lebar 1,95 m dan tinggi 6,5 m. Detail desain dari tangki ini ditunjukkan dalam **Gambar 5.35** yang ditandai oleh kotak berwarna merah. Berdasarkan dimensinya, volume tangki ini dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\ &= 3,2 \text{ m} \times 1,95 \times 6,5 \text{ m} \\ &= 40,56 \text{ m}^3 \end{aligned}$$



Gambar 5. 35 Potongan Melintang *Clarifier Feeding Tank*

Sumber: PT X, 2019

Waktu detensi desain dan aktual dari unit ini dihitung sebagai berikut.

- Waktu detensi berdasarkan debit desain

$$Q_{\text{desain}} = 2.500 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}
 td_{desain} &= \frac{V}{Q_{desain}} \\
 &= \frac{40,56 \text{ m}^3}{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\
 &= 0,39 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

- Waktu detensi berdasarkan debit aktual

$$Q_{\text{aktual rata-rata}} = 873,994 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}
 td_{\text{aktual}} &= \frac{V}{Q_{\text{aktual rata-rata}}} \\
 &= \frac{40,56 \text{ m}^3}{873,994 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\
 &= 1,11 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Tidak ada kriteria khusus mengenai waktu detensi dari *clarifier feeding tank*. Berdasarkan hasil perhitungan, waktu detensi aktual lebih lama daripada waktu detensi desain. Hal ini dipengaruhi oleh debit aktual yang lebih kecil dari debit desain. Penentuan dosis DCA dilakukan dengan *jar test* yang dilakukan setiap shift kerja. Rekapitulasi perhitungan *infeed water tank* IPAL PT X ditunjukkan dalam **Tabel 5.22**.

Tabel 5. 22 Rekapitulasi Perhitungan *Infeed Water Tank* IPAL PT X

Keterangan	Satuan	Kondisi Debit Desain ^a	Kondisi Debit Aktual ^b	Kriteria Desain
Panjang	m	3,2	3,2	Tidak terdapat kriteria
lebar	m	1,95	1,95	
Tinggi	m	6,5	6,5	
Volume	m ³	40,56	40,56	
Debit	m ³ /hari	2.500	873,994	
Waktu detensi	jam	0,39	1,11	

Sumber: ^aPT X, 2022; ^bPT X, 2022

5.6.2.4 Clarifier I

Air dari *infeed water tank* dialirkan menuju unit *clarifier* I. Pada proses aerasi, terbentuk biomassa akibat reaksi biokimia dengan organik lumpur. Pengendapan

biomassa dilakukan di unit *clarifier* (Ningtyas, 2015). Proses pengendapan dilakukan secara gravitasi dan sentrifugasi. Biomassa memiliki massa yang lebih berat dibandingkan dengan air sehingga akan mudah mengendap secara gravitasi.. Sementara itu, air akan mengalir menuju pelimpah (*weir*) untuk dialirkan ke unit berikutnya.

Unit *clarifier* I di IPAL PT X dilengkapi dengan *scraper* yang berputar secara horizontal. *Scraper* bekerja untuk menimbulkan gaya sentrifugasi yang dapat mempercepat proses pengendapan. Prinsip dari gaya ini yaitu apabila objek berotasi dalam tabung atau silinder yang berisi campuran cair dan partikel, maka campuran akan bergerak menuju pusat rotasi. Akan tetapi, hal ini tidak dapat terjadi karena terdapat gaya berlawanan menuju dinding luar tabung atau silinder. Gaya ini merupakan gaya sentrifugasi sehingga partikel-partikel bergerak menuju dinding tabung dan terakumulasi membentuk endapan. Penggunaan *scraper* berfungsi untuk mempercepat pengendapan (Tchobanoglous et al., 2014).

Penambahan DCA pada *infeed water tank* mengakibatkan pemisahan air dan solid menjadi semakin cepat karena reaksi yang terjadi menghasilkan flok yang mengikat partikel warna sehingga air menjadi lebih jernih. Lumpur akan mengendap pada bagian dasar tangki lalu dialirkan ke *sludge return tank*. Sementara air dialirkan menuju *clarified water tank*. *Clarifier* I memiliki diameter 5,8 m dan tinggi 6,5 m. Detail desain dari *clarifier* I ditunjukkan dalam **Gambar 5.36** dan **Gambar 5.37**.

Kriteria desain *clarifier* ditunjukkan dalam **Tabel 3.7**. Berdasarkan tabel ini, kedalaman bak *clarifier* di IPAL PT X memenuhi kriteria desain (3,7-6,5 m). Begitupun diameter bak memenuhi kriteria desain (1-60 m). Luas permukaan, volume, *overflow rate*, dan waktu detensi dihitung sebagai berikut.

- Luas permukaan *clarifier*

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times (5,8 \text{ m})^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}}{26,421 \text{ m}^2} \\
 &= 96,622 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \rightarrow \text{tidak memenuhi kriteria (16-40 m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari)}
 \end{aligned}$$

Overflow rate aktual

$$Q_{\text{aktual rata-rata}} = 873,994 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}
 OR &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{873,994 \text{ m}^3/\text{hari}}{26,421 \text{ m}^2} \\
 &= 33,080 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \rightarrow \text{memenuhi kriteria (16-40 m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari)}
 \end{aligned}$$

- Waktu detensi berdasarkan debit desain

$$Q_{\text{desain}} = 2.500 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}
 td_{\text{desain}} &= \frac{V}{Q_{\text{desain}}} \\
 &= \frac{171,735 \text{ m}^3}{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\
 &= 1,648 \text{ jam} \rightarrow \text{tidak memenuhi kriteria (2-6 jam)}
 \end{aligned}$$

- Waktu detensi berdasarkan debit aktual

$$Q_{\text{aktual rata-rata}} = 873,994 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}
 td_{\text{aktual}} &= \frac{V}{Q_{\text{aktual rata-rata}}} \\
 &= \frac{171,735 \text{ m}^3}{873,994 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\
 &= 4,716 \text{ jam} \rightarrow \text{memenuhi kriteria (2-6 jam)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, *overflow rate* dan waktu detensi desain tidak memenuhi kriteria, namun *overflow rate* dan waktu detensi aktual memenuhi kriteria. Hal ini dipengaruhi oleh dimensi desain yang terlalu kecil untuk kapasitas debit sebesar 2.500 m³/hari. *Overflow rate* yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan pengendapan partikel padat yang tidak efisien di dalam *clarifier*. Hal ini dapat menyebabkan partikel-partikel tersebut tetap terlarut dalam air yang akan dibuang,

sehingga kualitas air yang dihasilkan tidak memenuhi baku mutu. Oleh karena itu, diperlukan perhitungan ulang untuk menentukan dimensi bak *clarifier* I, yaitu sebagai berikut:

- *Overflow rate*

Kriteria desain *overflow rate* : 16-40 m³/m².hari

Overflow rate yang digunakan : 35 m³/m².hari

Maka,

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

$$35 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} = \frac{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}}{A}$$

$$A = \frac{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}}{35 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}}$$

$$A = 71,429 \text{ m}^2$$

- Dimensi

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$71,429 \text{ m}^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{71,429 \text{ m}^2 \times 4}{\pi}}$$

$$D = 9,537 \text{ m} \approx 10 \text{ m}$$

Kriteria desain waktu detensi : 2-6 jam

Kriteria desain yang digunakan : 3 jam

$$td_{\text{desain}} = \frac{V}{Q_{\text{desain}}}$$

$$3 \text{ jam} = \frac{V}{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$V = 2.500 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 3 \text{ jam} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

$$V = 312,5 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}
 V &= A \times \text{kedalaman} \\
 312,5 \text{ m}^3 &= 71,429 \text{ m}^2 \times \text{kedalaman} \\
 \text{kedalaman} &= \frac{312,5 \text{ m}^3}{71,429 \text{ m}^2} \\
 \text{kedalaman} &= 4,375 \text{ m} \approx 4,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan bahwa perubahan diameter *clarifier* I untuk kapasitas debit 2.500 m³/ hari adalah 10 m, kedalamannya 4,5 m, waktu detensinya adalah 3 jam. Pengecekan kesesuaian luas permukaan, volume, dan *overflow rate* setelah dilakukan pembulatan dimensi adalah sebagai berikut:

- Luas permukaan

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 A &= \frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ m})^2 \\
 A &= 78,540 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

- Volume *clarifier*

$$\begin{aligned}
 V &= A \times \text{kedalaman} \\
 V &= 78,540 \text{ m}^2 \times 4,5 \text{ m} \\
 V &= 353,429 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- *Overflow rate*

$$\begin{aligned}
 OR &= \frac{Q}{A} \\
 OR &= \frac{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}}{78,540 \text{ m}^2} \\
 OR &= 31,831 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \rightarrow \text{memenuhi kriteria (16-40 m}^3/\text{m}^2.\text{hari)}
 \end{aligned}$$

Lumpur yang mengendap di dasar bak *clarifier* akan disalurkan ke *sludge return tank* melalui pipa PVC berdiameter 250 mm dan panjang 3,7 m. *Sludge return tank* memiliki panjang 2,3 m, lebar 1,95 m, dan kedalaman 6,5 m. Tangki ini berfungsi untuk menampung lumpur sebelum dilakukan *sludge return* atau pengembalian

lumpur ke bak denitrifikasi. Debit *return activated sludge* di IPAL PT X adalah 35% dari debit rata-rata air limbah. Menurut (Tchobanoglous et al., 2014), debit pengembalian *return activated sludge* adalah 50-75% dari debit rata-rata air limbah. Debit *return activated sludge* di IPAL PT sebanyak 35% menunjukkan 65% lumpur yang dihasilkan disalurkan ke *thickener* dibandingkan dengan yang dikembalikan ke bak denitrifikasi. Persentase *return activated sludge* yang terlalu kecil dapat mengurangi efektivitas dari pengolahan lumpur aktif dan meningkatkan volume lumpur yang harus diolah. Rekapitulasi perhitungan *clarifier* I IPAL PT X ditunjukkan dalam **Tabel 5.23**.

Tabel 5. 23 Rekapitulasi Perhitungan *Clarifier* I IPAL PT X

Keterangan	Satuan	Kondisi Debit Desain ^a	Kondisi Debit Aktual ^b	Kriteria Desain	Kesesuaian	Redesain	Kesesuaian
Diameter	m	5,8	5,8	1-60 ^c	M	10	M
Luas	m ²	26,421	26,421	-	-	78,54	-
Kedalaman	m	6,5	6,5	3,7-6,5 ^c	M	4,5	M
Volume	m ³	171,735	171,735	-	-	353,429	-
Debit	m ³ /hari	2.500	873,994	-	-	2.500	-
Overflow rate	m ³ /m ² .hari	96,622	33,08	16-40 ^c	TM	31,831	M
Waktu detensi	jam	1,648	4,716	2-6 ^d	TM (debit desain) dan M (debit aktual)	3	M

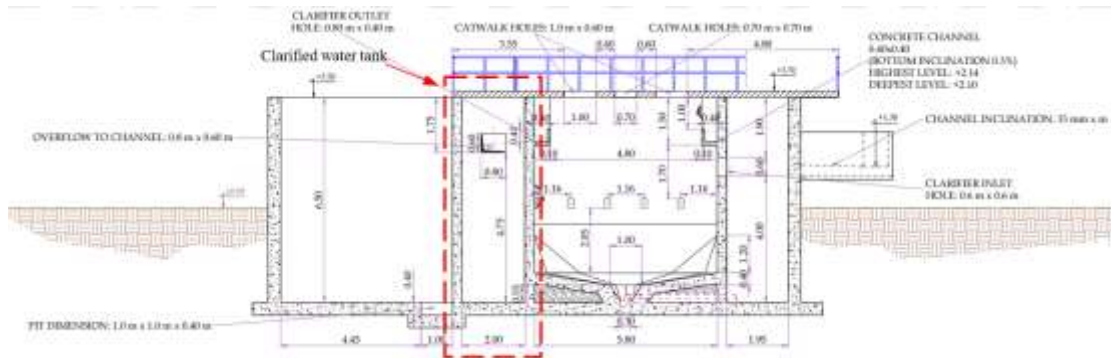
Keterangan: M = memenuhi; TM = tidak memenuhi

Sumber: ^aPT X, 2022; ^bPT X, 2022; ^cTchobanoglous, 2014; ^dQasim, 1985

5.6.2.5 Clarified Water Tank

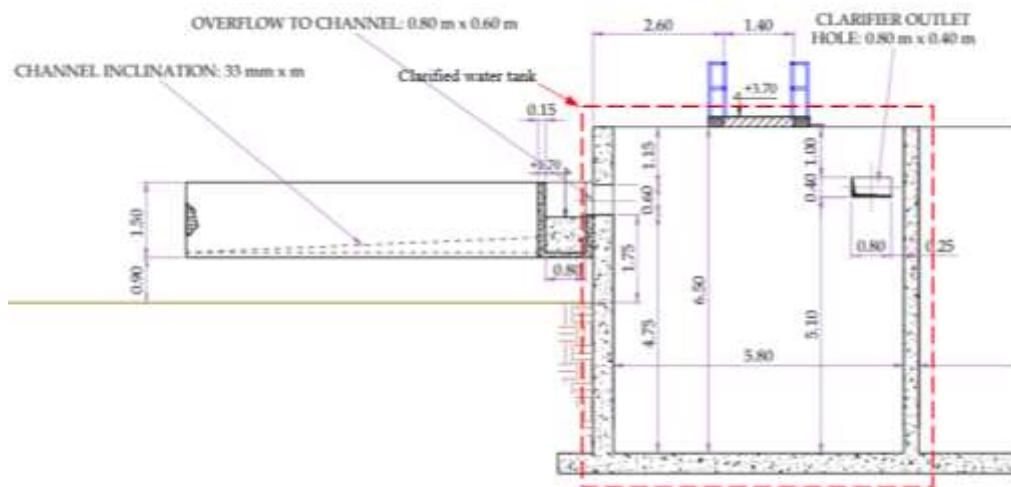
Unit ini berfungsi menerima air yang telah dipisahkan dari lumpur setelah pengolahan di *clarifier* I sebelum disalurkan ke bak aerasi II untuk dilakukan pengolahan lanjutan. Air dialirkan secara *overflow* dari unit ini menuju bak aerasi II menggunakan kanal. Unit ini memiliki panjang 5,8 m, lebar 2 m, dan tinggi 6,5 m. Detail desain dari *clarified water tank* ditunjukkan dalam **Gambar 5.38** dan **Gambar 5.39**. Berdasarkan dimensinya, volume unit ini dihitung dengan persamaan berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{volume} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\
 &= 5,8 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 6,5 \text{ m} \\
 &= 75,4 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$



Gambar 5. 38 Potongan Membujur *Clarified Water Tank* IPAL PT X

Sumber: PT X, 2019



Gambar 5. 39 Potongan Melintang *Clarified Water Tank* IPAL PT X

Sumber: PT X, 2019

Tidak terdapat kriteria desain khusus terkait *clarified water tank*. Perhitungan waktu detensi dari unit ini adalah sebagai berikut:

- Waktu detensi berdasarkan debit desain

$$Q_{\text{desain}} = 2.500 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}
 td_{desain} &= \frac{V}{Q_{desain}} \\
 &= \frac{75,4 \text{ m}^3}{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\
 &= 0,724 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

- Waktu detensi berdasarkan debit aktual

$$Q_{\text{aktual rata-rata}} = 873,994 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}
 td_{\text{aktual}} &= \frac{V}{Q_{\text{aktual rata-rata}}} \\
 &= \frac{75,4 \text{ m}^3}{873,994 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\
 &= 2,070 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, waktu detensi aktual jauh lebih lama disbanding dengan waktu detensi desain. Hal ini terjadi karena debit rata-rata aktual lebih kecil dibandingkan debit desain. Rekapitulasi perhitungan *clarified water tank* IPAL PT X ditunjukkan dalam **Tabel 5.24**.

Tabel 5. 24 Rekapitulasi Perhitungan *Clarified Water Tank* IPAL PT X

Keterangan	Satuan	Kondisi Debit Desain ^a	Kondisi Debit Aktual ^b	Kriteria Desain
Panjang	m	5,8	5,8	Tidak terdapat kriteria
lebar	m	2	2	
Tinggi	m	6,5	6,5	
Volume	m ³	75,4	75,4	
Debit	m ³ /hari	2.500	873,994	
Waktu detensi	jam	0,724	2,07	

Sumber: ^aPT X, 2022; ^bPT X, 2022

5.6.2.6 Aerasi II

Air dari *clarified water tank* disalurkan ke bak aerasi II melalui kanal terbuka. Saluran ini berbentuk seperti huruf L dengan total panjang 19,3 m, lebar 0,8 m, tinggi 0,6 m, dan kemiringan 3,3%. Bak aerasi II merupakan bak aerasi pertama yang ada di IPAL PT X sebelum dilakukan desain ulang terhadap IPAL pada tahun

2020 karena sebelumnya tidak terdapat bak aerasi I dan *clarifier* I. Bak aerasi II termasuk dalam sistem lumpur aktif lanjutan. Penggunaan dua sistem lumpur aktif ini bertujuan untuk mengoptimalkan pengolahan sehingga zat organik yang belum terurai di bak aerasi I akan diuraikan kembali di bak aerasi II. Sama halnya dengan bak aerasi I, bak aerasi II berfungsi untuk menciptakan kondisi aerobik sehingga proses oksidasi zat organik dalam air limbah oleh mikroorganisme dapat berlangsung. Oksigen pada bak aerasi II dihasilkan oleh *root blower* untuk diinjeksikan melalui *fine bubble diffuser*.

Pada bak aerasi II terdapat berbagai jenis mikroorganisme yang berfungsi untuk menguraikan zat organik sehingga kondisi lingkungan dari bak ini perlu dijaga agar pertumbuhan mikroorganisme tetap terkontrol. Menurut Spellman (2003), kondisi lingkungan yang harus diperhatikan di bak aerasi adalah pH, suhu, dan konsentrasi DO. Rentang pH yang optimal di bak aerasi adalah 6,5-9. Kadar pH harus dipertahankan karena memengaruhi pertumbuhan mikroorganismenya yang dapat mengakibatkan efisiensi penyisihan zat organik menjadi terganggu. Kadar pH di bak aerasi II ditunjukkan dalam **Tabel 5.25**.

Tabel 5. 25 Kadar pH Rata-Rata di Bak Aerasi II IPAL PT X

Bulan	Kadar pH Rata-Rata
Januari	7
Februari	7
Maret	7
April	tidak dilakukan pengukuran
Mei	8
Juni	9

Sumber: PT X, 2022

Berdasarkan **Tabel 5.25**, kadar pH di bak aerasi II sesuai dengan kriteria. Akan tetapi, tidak dilakukan pencatatan hasil pengukuran parameter pH pada bulan April. Suhu yang ideal untuk aerasi lumpur aktif adalah 20-35°C. Suhu yang terlalu rendah dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan proses penguraian air limbah. Sedangkan suhu yang terlalu tinggi dapat membunuh mikroorganisme dan mengurangi efektivitas proses pengolahan air limbah (Spellman, 2003). Akan

tetapi, menurut Ningtyas (2015), proses lumpur aktif tidak terlalu sensitif terhadap suhu dibandingkan dengan sistem lain. Apabila kondisi operasi optimum mikroba tidak sesuai dengan kondisi operasi sistem, maka dapat dilakukan aklimatisasi terhadap mikroba. Aklimatisasi adalah proses adaptasi mikroba sehingga dapat tumbuh pada kondisi operasi yang diinginkan secara bertahap. Suhu rata-rata di bak aerasi II IPAL PT X ditunjukkan dalam **Tabel 5.26**.

Tabel 5. 26 Suhu Rata-Rata di Bak Aerasi II IPAL PT X

Bulan	Suhu Rata-Rata (° C)
Januari	34
Februari	35
Maret	34
April	36
Mei	34
Juni	35

Sumber: PT X, 2022

Berdasarkan **Tabel 5.26**, suhu rata-rata di IPAL PT X memenuhi kriteria pada bulan Januari, Februari, Maret, Mei, dan Juni. Sedangkan pada bulan April 2022, suhu rata-rata melebihi kriteria. Namun, proses lumpur aktif tidak terlalu sensitif terhadap suhu dan mikroorganisme dapat melakukan adaptasi terhadap suhu lingkungan. Selain itu, PT X yang berada di Cikarang memiliki suhu udara yang cukup panas juga.

Konsentrasi DO di bak aerasi harus dijaga karena proses yang berlangsung pada bak ini berlangsung secara aerobik. Menurut Spellman (2003), konsentrasi DO yang harus dipertahankan pada proses lumpur aktif adalah 1-3 mg/L. Namun, di IPAL PT X, konsentrasi DO di bak aerasi dipertahankan minimal 4 mg/L. Nilai ini mengacu pada baku mutu air sungai untuk kelas 2 berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang mana air limbah yang telah diolah di IPAL PT X akan dialirkan ke Sungai Cikedokan yang berdasarkan peruntukannya merupakan sungai kelas 2. Pengecekan konsentrasi DO di bak aerasi II dilakukan dengan menggunakan DO meter yang terkoneksi secara otomatis dengan *root*

blower. Apabila konsentrasi DO kurang dari 4 mg/L, maka *root blower* akan meningkatkan kinerjanya untuk memasok oksigen. Konsentrasi DO rata-rata di bak aerasi II IPAL PT X pada semester I 2022 ditunjukkan dalam **Tabel 5.27**.

Tabel 5. 27 Konsentrasi DO Rata-Rata di Bak Aerasi II IPAL PT X

Bulan	Konsentrasi DO Rata-Rata (mg/L)
Januari	4
Februari	4
Maret	4
April	5
Mei	5
Juni	4

Sumber: PT X, 2022

Berdasarkan **Tabel 5.27**, konsentrasi DO di bak aerasi II memenuhi kriteria desain. Hal ini, menunjukkan bahwa tidak terjadi kekurangan oksigen terlarut untuk proses oksidasi zat organik oleh mikroorganisme. Jenis aerasi lumpur aktif di IPAL PT X pada bak aerasi II tergolong dalam *oxidation ditch* karena bak ini berbentuk kanal dan oval. Air limbah dialirkan oleh kanal terbuka dari *clarified water tank* ke bagian tengah dari bak aerasi II. Air akan diaerasi lalu bergerak mengikuti bentuk kanal untuk dialirkan menuju *clarifier* II. *Oxidation ditch* memiliki *sludge retention time* (SRT) yang lama yaitu 20-30 hari dan HRT 24 jam atau lebih. Selain itu, tidak diperlukan bak pengendapan awal (Tchobanoglous et al., 2014). Bak aerasi II di IPAL PT X memiliki panjang 40 m, lebar 10 m, dan tinggi 3 m. Desain dari bak aerasi II dari tampak atas ditunjukkan dalam **Gambar 5.40** dan potongan melintangnya ditunjukkan dalam **Gambar 5.41**. Berdasarkan dimensinya, maka volume bak aerasi II dihitung sebagai berikut.

$$Volume = panjang \times lebar \times tinggi$$

$$= 40 \text{ m} \times 10 \text{ m} \times 3 \text{ m}$$

$$= 1.200 \text{ m}^3$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, didapatkan volume bak aerasi II adalah 1.200 m³. Menurut Qasim (1985), waktu detensi *oxidation ditch* adalah 18-36 jam. Waktu detensi desain dan aktual dihitung sebagai berikut.

- Waktu detensi berdasarkan debit desain

$$Q_{\text{desain}} = 2.500 \text{ m}^3/\text{hari}$$

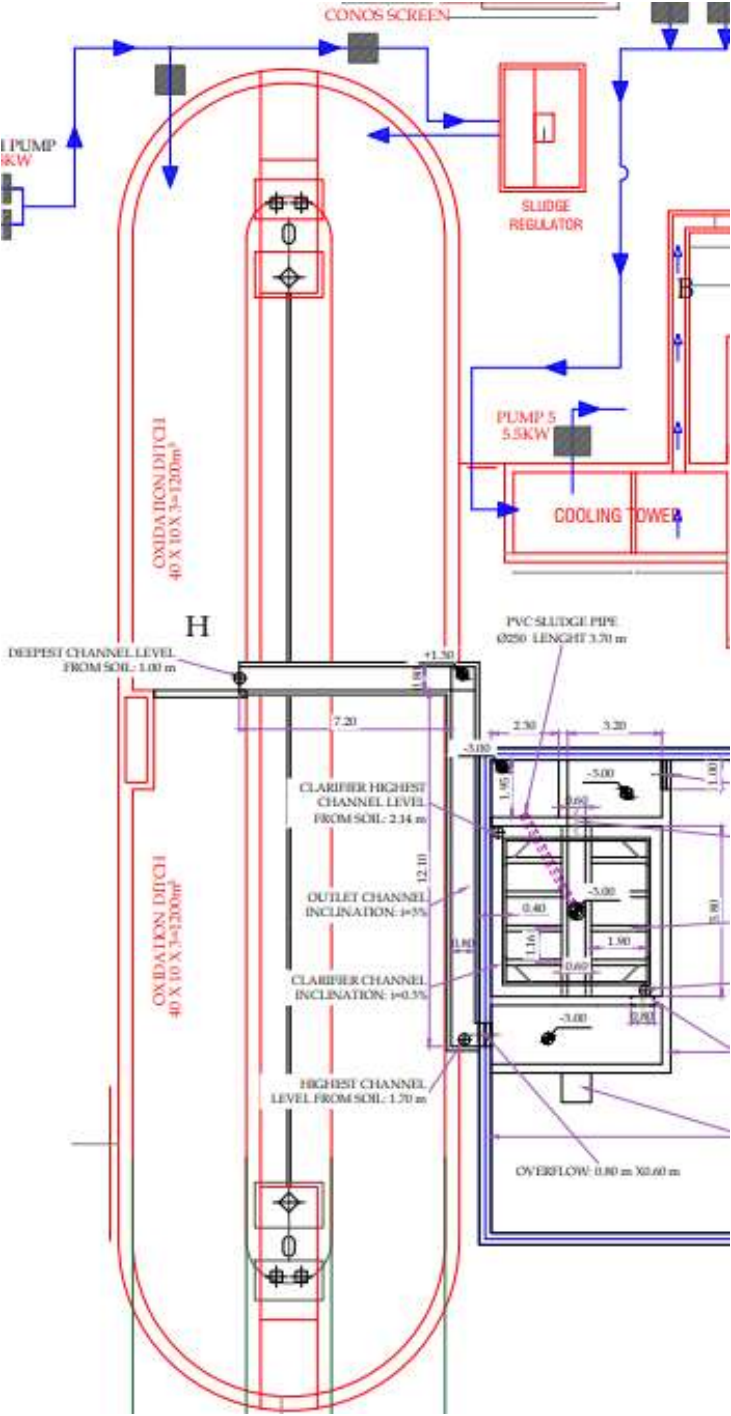
$$\begin{aligned} td_{\text{desain}} &= \frac{V}{Q_{\text{desain}}} \\ &= \frac{1.200 \text{ m}^3}{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\ &= 11,520 \text{ jam} \rightarrow \text{tidak memenuhi kriteria (18-36 jam)} \end{aligned}$$

- Waktu detensi berdasarkan debit aktual

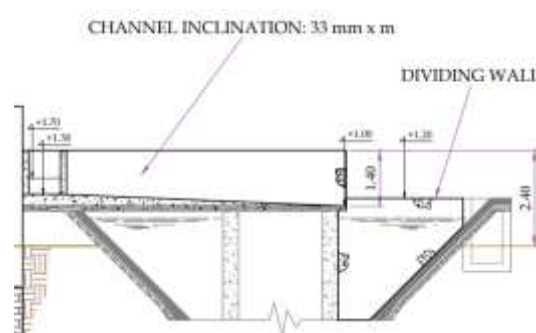
$$Q_{\text{aktual rata-rata}} = 873,994 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} td_{\text{aktual}} &= \frac{V}{Q_{\text{aktual rata-rata}}} \\ &= \frac{1.200 \text{ m}^3}{873,994 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\ &= 32,952 \text{ jam} \rightarrow \text{memenuhi kriteria (18-36 jam)} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, waktu detensi desain tidak memenuhi kriteria desain sedangkan waktu detensi aktual memenuhi kriteria desain. Waktu detensi yang tidak sesuai dengan kriteria desain akan memengaruhi efisiensi pengolahan. Oleh karena itu, diperlukan desain ulang terhadap bak aerasi II agar proses yang terjadi pada bak ini berlangsung secara optimal. Akan tetapi, perhitungan desain ulang memerlukan data BOD influen yang memasuki lumpur aktif dan konsentrasi MLVSS. Selain itu, perhitungan terhadap parameter desain bak aerasi sebagaimana yang tercantum dalam **Tabel 3.6** tidak dapat dilakukan karena tidak terdapat data konsentrasi BOD pada influen dan efluen dari air limbah yang masuk ke bak aerasi II. Kondisi eksisting bak aerasi II di PT X ditunjukkan dalam **Gambar 5.42**.



Gambar 5. 40 Tampak Atas Aerasi II IPAL PT X
Sumber: PT X, 2019



Gambar 5. 41 Potongan Melintang Bak Aerasi II IPAL PT X

Sumber: PT X, 2019



Gambar 5. 42 Bak Aerasi II di IPAL PT X

Sumber: Dokumentasi, 2022

Rekapitulasi perhitungan bak aerasi II IPAL PT X ditunjukkan dalam **Tabel 5.28**.

Tabel 5. 28 Rekapitulasi Perhitungan Bak Aerasi II IPAL PT X

Keterangan	Satuan	Kondisi Debit Desain ^a	Kondisi Debit Aktual ^b	Kriteria Desain	Kesesuaian
Panjang	m	40	40	-	-
Lebar	m	10	10	-	-
Tinggi	m	3	3	-	-
Volume	m ³	1200	1200	-	-
Debit	m ³ /hari	2.500	873,994	-	-
Waktu detensi	jam	11,52	35,952	18-36 ^c	TM

Keterangan: M = memenuhi; TM = tidak memenuhi

Sumber: ^aPT X, 2022; ^bPT X, 2022; ^cQasim, 1985

5.6.2.7 Clarifier II

Air dari unit aerasi II dialirkan menuju *clarifier* II. Unit berfungsi mengendapkan biomassa atau lumpur yang terbentuk karena reaksi biokimia di bak aerasi II. Proses pengendapan dilakukan secara gravitasi dan sentrifugasi. Pengendapan lumpur terjadi di dasar tangki karena lumpur memiliki massa yang lebih berat dibandingkan dengan air. Sementara itu, air akan mengalir menuju pelimpah (*weir*) untuk dialirkan ke unit berikutnya. Unit *clarifier* II di IPAL PT X dengan *scraper* yang berputar secara horizontal. *Scraper* berfungsi untuk menimbulkan gaya sentrifugasi sehingga proses pengendapan dapat berlangsung lebih cepat dibandingkan jika hanya mengandalkan gaya gravitasi saja.

Unit *clarifier* II di IPAL PT X memiliki diameter 7 m dan kedalaman 3,5 m. kriteria desain *clarifier* ditunjukkan dalam **Tabel 3.7**. Berdasarkan tabel ini, diameter bak *clarifier* II di IPAL PT X memenuhi kriteria desain (1-60 m). Akan tetapi, kedalaman bak *clarifier* tidak memenuhi kriteria desain (3,7-6,5 m). Luas permukaan, volume, *overflow rate*, dan waktu detensi dihitung sebagai berikut.

- Luas permukaan *clarifier*

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times (7 \text{ m})^2 \\ &= 38,485 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Volume *clarifier*

$$\begin{aligned} V &= A \times \text{kedalaman} \\ &= 38,485 \text{ m}^2 \times 3,5 \text{ m} \\ &= 134,696 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- *Overflow rate*

$$\begin{aligned} &\text{Overflow rate desain} \\ Q_{\text{desain}} &= 2.500 \text{ m}^3/\text{hari} \\ OR &= \frac{Q}{A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}}{38,485 \text{ m}^2} \\
 &= 64,961 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \rightarrow \text{tidak memenuhi kriteria (16-40 m}^3/\text{m}^2.\text{hari)}
 \end{aligned}$$

Overflow rate aktual

$$Q_{\text{aktual rata-rata}} = 873,994 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}
 OR &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{873,994 \text{ m}^3/\text{hari}}{38,485 \text{ m}^2} \\
 &= 22,710 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \rightarrow \text{memenuhi kriteria (16-40 m}^3/\text{m}^2.\text{hari)}
 \end{aligned}$$

- Waktu detensi berdasarkan debit desain

$$Q_{\text{desain}} = 2.500 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}
 td_{\text{desain}} &= \frac{V}{Q_{\text{desain}}} \\
 &= \frac{134,696 \text{ m}^3}{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\
 &= 1,293 \text{ jam} \rightarrow \text{tidak memenuhi kriteria (2-6 jam)}
 \end{aligned}$$

- Waktu detensi berdasarkan debit aktual

$$Q_{\text{aktual rata-rata}} = 873,994 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}
 td_{\text{aktual}} &= \frac{V}{Q_{\text{aktual rata-rata}}} \\
 &= \frac{134,696 \text{ m}^3}{873,994 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\
 &= 3,699 \text{ jam} \rightarrow \text{memenuhi kriteria (2-6 jam)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, *overflow rate* dan waktu detensi desain tidak memenuhi kriteria, namun *overflow rate* dan waktu detensi aktual memenuhi kriteria. *Overflow rate* yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan pengendapan partikel padat yang tidak efisien di dalam *clarifier*. Hal ini dapat menyebabkan partikel-partikel tersebut tetap terlarut dalam air yang akan dibuang, sehingga

kualitas air yang dihasilkan tidak memenuhi baku mutu. Oleh karena itu, diperlukan perhitungan ulang untuk menentukan dimensi bak *clarifier* II, yaitu sebagai berikut:

- *Overflow rate*

Kriteria desain *overflow rate* : 16-40 m³/m².hari

Overflow rate yang digunakan : 35 m³/m².hari

Maka,

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

$$35 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} = \frac{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}}{A}$$

$$A = \frac{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}}{35 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}}$$

$$A = 71,429 \text{ m}^2$$

- Dimensi

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$71,429 \text{ m}^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{71,429 \text{ m}^2 \times 4}{\pi}}$$

$$D = 9,537 \text{ m} \approx 10 \text{ m}$$

Kriteria desain waktu detensi : 2-6 jam

Kriteria desain yang digunakan : 3 jam

$$\text{waktu detensi} = \frac{\text{volume bak}}{\text{debit desain}}$$

$$3 \text{ jam} = \frac{\text{volume bak}}{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$\text{volume bak} = 2.500 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 3 \text{ jam} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

$$\text{volume bak} = 312,5 \text{ m}^3$$

$$\text{volume bak} = A \times \text{kedalaman}$$

$$312,5 \text{ m}^3 = 71,429 \text{ m}^2 \times \text{kedalaman}$$

$$\text{kedalaman} = \frac{312,5 \text{ m}^3}{71,429 \text{ m}^2}$$

$$\text{kedalaman} = 4,375 \text{ m} \approx 4,5 \text{ m}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan bahwa perubahan diameter *clarifier* II untuk kapasitas debit 2.500 m³/ hari adalah 10 m, kedalamannya 4,5 m, waktu detensinya adalah 3 jam. Pengecekan kesesuaian luas permukaan, volume, dan *overflow rate* setelah dilakukan pembulatan dimensi adalah sebagai berikut:

- Luas permukaan

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times (10 \text{ m})^2$$

$$A = 78,540 \text{ m}^2$$

- Volume *clarifier*

$$V = A \times \text{kedalaman}$$

$$V = 78,540 \text{ m}^2 \times 4,5 \text{ m}$$

$$V = 353,429 \text{ m}^3$$

- *Overflow rate*

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

$$OR = \frac{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}}{78,540 \text{ m}^2}$$

$$OR = 31,831 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \rightarrow \text{memenuhi kriteria (16-40 m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari)}$$

Berdasarkan hasil pengecekan, perubahan diameter bak *clarifier* II menjadi 10 m dan kedalaman menjadi 4,5 menghasilkan *overflow rate* yang memenuhi kriteria desain. Lumpur yang mengendap pada dasar tangki akan dikembalikan atau *sludge return* ke bak aerasi II. Debit *return activated sludge* di *clarifier* II IPAL PT X adalah 35% dari debit rata-rata air limbah. Menurut (Tchobanoglous et al., 2014), debit pengembalian *return activated sludge* adalah 50-75% dari debit rata-rata air

limbah. Debit *return activated sludge* di IPAL PT sebanyak 35% menunjukkan 65% lumpur yang dihasilkan disalurkan ke *thickener* dibandingkan dengan yang dikembalikan ke bak denitrifikasi. Persentase *return activated sludge* yang terlalu kecil dapat mengurangi efektivitas dari pengolahan lumpur aktif dan meningkatkan volume lumpur yang harus diolah. Kondisi bak *clarifier* II di IPAL PT X ditunjukkan dalam **Gambar 5.43**.



Gambar 5. 43 Bak *Clarifier* II IPAL PT X

Sumber: Dokumentasi, 2022

Rekapitulasi perhitungan *Clarifier* II IPAL PT X ditunjukkan dalam **Tabel 5.29**.

Tabel 5. 29 Rekapitulasi Perhitungan *Clarifier* II IPAL PT X

Keterangan	Satuan	Kondisi Debit Desain ^a	Kondisi Debit Aktual ^b	Kriteria Desain	Kesesuaian	Redesain	Kesesuaian
Diameter	m	7	7	1-60 ^c	M	10	M
Luas	m ²	38,485	38,485	-	-	78,54	-
Kedalaman	m	3,5	3,5	3,7-6,5 ^c	TM	4,5	M
Volume	m ³	134,696	134,696	-	-	353,429	-
Debit	m ³ /hari	2.500	873,994	-	-	2.500	-
Overflow rate	m ³ /m ² .hari	64,961	22,71	16-40 ^c	TM (debit desain) dan M (debit aktual)	31,831	M
Waktu detensi	jam	1,293	3,699	2-6 ^d	TM (debit desain) dan M (debit aktual)	3	M

Keterangan: M = memenuhi; TM = tidak memenuhi

Sumber: ^aPT X, 2022; ^bPT X, 2022; ^cTchobanoglous, 2014; ^dQasim, 1985

5.6.3 Pengolahan Tersier

Pengolahan tersier merupakan pengolahan lanjutan untuk menghilangkan zat yang masih belum tersisihkan pada pengolahan primer dan sekunder serta bahaya apabila dibuang langsung ke lingkungan (Desyana, 2017).

5.6.3.1 *Ultrascreen*

Air dari *clarifier* II yang telah terpisah dari lumpur akan disalurkan ke *ultrascreen tank* sebelum dialirkan ke *ultrascreen* untuk dilakukan penyaringan. *Ultrascreen tank* memiliki panjang 3 m, lebar 2 m, dan ketinggian 1 m. Tangki ini berada di bawah permukaan tanah sehingga untuk menyalurkan ke *ultrascreen* digunakan pompa berjumlah 2 buah. Detail desain *ultrascreen tank* ditunjukkan dalam **Gambar 5.44**. Berdasarkan dimensinya maka volume *ultrascreen tank* dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{volume} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\ &= 3 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 1 \text{ m} \\ &= 6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

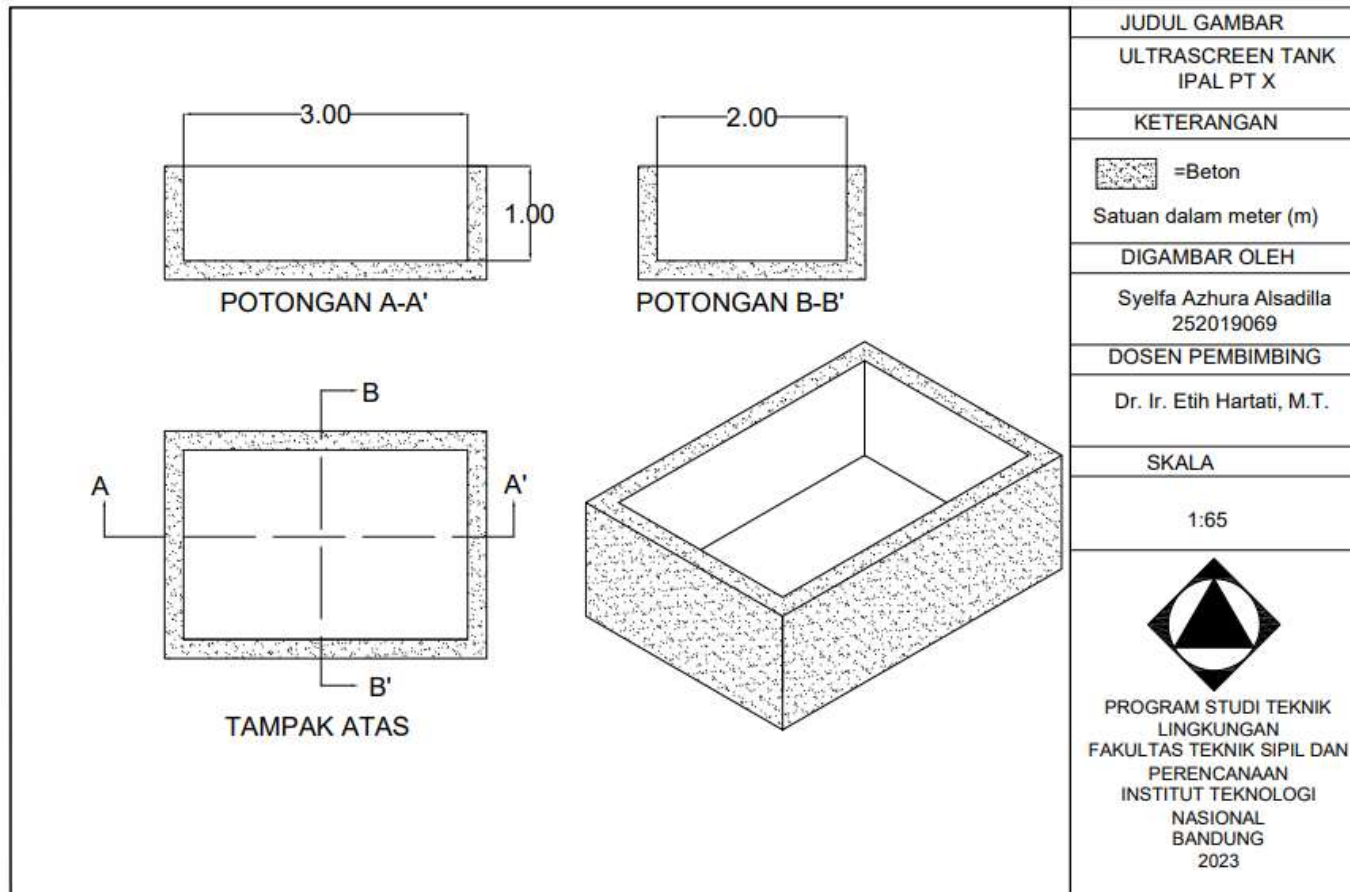
Tidak terdapat kriteria desain khusus terkait *ultrascreen tank*. Perhitungan waktu detensi dari unit ini adalah sebagai berikut:

- Waktu detensi berdasarkan debit desain

$$\begin{aligned} Q_{\text{desain}} &= 2.500 \text{ m}^3/\text{hari} \\ t_{d_{\text{desain}}} &= \frac{V}{Q_{\text{desain}}} \\ &= \frac{6 \text{ m}^3}{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\ &= 0,058 \text{ jam} \end{aligned}$$

- Waktu detensi berdasarkan debit aktual

$$\begin{aligned} Q_{\text{aktual rata-rata}} &= 873,994 \text{ m}^3/\text{hari} \\ t_{d_{\text{aktual}}} &= \frac{V}{Q_{\text{aktual rata-rata}}} \end{aligned}$$



Gambar 5. 44 Detail Desain *Ultrascreen Tank* IPAL PT X

Sumber: PT X, 2019 (telah diolah kembali)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{6 \text{ m}^3}{873,994 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\
 &= 0,165 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Ultrascreen yang digunakan berjumlah 1 dan berfungsi untuk menyisahkan TSS, fosfor, BOD, dan COD yang masih terdapat dalam air limbah setelah dilakukan pengolahan pada unit sebelumnya. Perbedaan antara *ultrascreen* dengan *fine screen* dan *conoscreen* terdapat pada ukuran bukaannya. *Ultrascreen* yang digunakan di IPAL ini memiliki ukuran bukaan *screen* 5 mikron. Ukuran bukaannya yang kecil menjadi faktor penempatan unit ini berada pada tahap akhir pengolahan. Air yang masuk melalui inlet *ultrascreen* akan dipisahkan dari padatan yang berukuran lebih besar dari 5 mikron diameter. *Screen* akan berputar secara tangensial dengan jumlah *screen* adalah 2 buah. Air limbah akan mengalir di antara dua *screen* ini. Air yang tersaring akan dialirkan menuju *outlet ultrascreen* dan padatan yang terjebak akan terdorong menuju tempat pembuangan dari unit ini. Padatan ini ditampung dan dibuang ke TPS LB3 yang terdapat di PT X. Kondisi *ultrascreen* di IPAL PT X ditunjukkan dalam **Gambar 5.45**.



Gambar 5.45 *Ultrascreen* di IPAL PT X

Sumber: Dokumentasi, 2022

5.6.4 Chemical Treatment

Seiring dengan dilakukannya desain ulang IPAL sehingga terdapat *conoscreen*, bak denitrifikasi, aerasi I, *clarifier* I, dan *ultrascreen* pada tahun 2020 maka sistem pengolahan secara kimiawi atau *chemical treatment* direncanakan sebagai *emergency plan* yang hanya dijalankan saat IPAL tidak mampu menurunkan konsentrasi pencemar untuk memenuhi baku mutu yang berlaku. Hal ini dilakukan oleh PT X dengan pertimbangan bahwa sistem IPAL yang baru mampu menurunkan konsentrasi pencemar hingga memenuhi baku mutu. Alasan lainnya adalah untuk menghemat biaya yang harus dikeluarkan karena terdapat bahan kimia yang harus dibeli. Akan tetapi, pada tahun 2022 sistem ini masih digunakan meskipun saat tidak dalam keadaan darurat karena masih dalam masa percobaan untuk menjadikannya sebagai *emergency plan*.

Berdasarkan hasil pemantauan kualitas air limbah di inlet IPAL pada bulan Juni 2022 yang ditunjukkan dalam **Tabel 5.10**, rasio BOD/COD air limbah sebelum dilakukan pengolahan adalah 0,3. Menurut Tchobanoglous et al. (2014), jika rasio BOD/COD air limbah yang belum diolah memiliki rentang lebih dari 0,5 maka air ini cocok untuk diolah secara biologis. Mengacu pada rasio BOD/COD pada bulan Juni 2022 maka pengolahan secara kimiawi masih diperlukan untuk mengoptimalkan pengolahan air limbah. Selain itu, PT X merupakan industri tekstil yang banyak menggunakan senyawa kimiawi untuk proses produksinya sehingga pengolahan air limbahnya juga memerlukan pengolahan secara kimiawi.

5.6.4.1 Koagulasi

Air limbah yang telah melalui pengolahan di *ultrascreen* dialirkan ke unit koagulasi. Unit ini berfungsi untuk pembubuhan koagulan yang bertujuan untuk proses destabilisasi partikel koloid. Koloid merupakan partikel yang sulit untuk mengendap secara gravitasi dan membutuhkan bahan kimia untuk mengendapkannya, yaitu koagulan dan flokulan (Tchobanoglous et al., 2014). Proses koagulasi dan flokulasi juga bertujuan untuk menyisihkan turbiditas, warna,

bakteri, besi, mangan, rasa, bau, dan polutan organik yang ada dalam air (Spellman, 2003).

Proses koagulasi di IPAL PT X menggunakan jenis pengadukan secara hidrolis. Pengadukan hidrolis merupakan pengadukan yang menggunakan gerakan air sebagai tenaga pengadukan. Sistem pengadukan ini memanfaatkan energi hidrolis seperti energi gesek, energi potensial (jatuhan), dan lompatan hidrolis pada aliran air (Bahctiar & Putro, 2022). Proses koagulasi di IPAL PT X berlangsung dalam tangki tertutup yang ditunjukkan dalam **Gambar 5.46**. Tangki ini memiliki panjang 3 m, lebar 1,5 m, dan tinggi 2 m sehingga volumenya dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{volume} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\ &= 3 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \times 2 \text{ m} \\ &= 9 \text{ m}^3 \end{aligned}$$



Gambar 5. 46 Tangki Koagulasi IPAL PT X

Sumber: Dokumentasi, 2022

Waktu detensi proses koagulasi adalah 20-60 detik dan gradient kecepatan berada pada rentang 700 s^{-1} sampai 1.000 s^{-1} (Reynolds & Richards, 1982). Berdasarkan dimensi, debit desain, dan debit aktual maka waktu detensi, daya pengadukan, dan gradient kecepatan dihitung sebagai berikut:

- Waktu detensi berdasarkan debit desain

$$Q_{\text{desain}} = 2.500 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}
 td_{desain} &= \frac{V}{Q_{desain}} \\
 &= \frac{9 \text{ m}^3}{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\
 &= 0,058 \text{ jam} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \\
 &= 5,184 \text{ menit} \times \frac{60 \text{ detik}}{1 \text{ menit}} \\
 &= 311,04 \text{ detik} \rightarrow \text{tidak memenuhi kriteria (20-60 detik)}
 \end{aligned}$$

- Waktu detensi berdasarkan debit aktual

$$Q_{aktual} = 873,994 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}
 td_{aktual} &= \frac{V}{Q_{aktual}} \\
 &= \frac{9 \text{ m}^3}{873,994 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\
 &= 0,247 \text{ jam} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \\
 &= 14,828 \text{ menit} \times \frac{60 \text{ detik}}{1 \text{ menit}} \\
 &= 889,709 \text{ detik} \rightarrow \text{tidak memenuhi kriteria (20-60 detik)}
 \end{aligned}$$

- Daya pengadukan (P) desain

Asumsi:

$$\rho \text{ (berat jenis air)} = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$g \text{ (gravitasi)} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$P = Q_{desain} \times \rho \times g \times H$$

$$= 2.500 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{86.400 \text{ s}} \times 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 2 \text{ m}$$

$$= 567,708 \text{ N. m/s}$$

- Daya pengadukan (P) aktual

Asumsi:

$$\rho \text{ (berat jenis air)} = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$g \text{ (gravitasi)} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$P = Q_{aktual} \times \rho \times g \times H$$

$$= 873,994 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{86.400 \text{ s}} \times 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 2 \text{ m}$$

$$= 197,728 \text{ N. m/s}$$

- Gradien kecepatan (G) desain

Asumsi:

μ (viskositas absolut air) = 0,000764 N.s/m² pada suhu 32,2°C

$$G_{desain} = \sqrt{\frac{P_{desain}}{\mu \times V}}$$

$$= \sqrt{\frac{567,708 \text{ N. m/s}}{0,000764 \text{ N.} \frac{\text{s}}{\text{m}^2} \times 9 \text{ m}^3}}$$

$$= 287,339 \text{ s}^{-1} \rightarrow \text{tidak memenuhi kriteria (700-1.000 s}^{-1}\text{)}$$

- Gradien kecepatan (G) aktual

Asumsi:

μ (viskositas absolut air) = 0,000764 N.s/m² pada suhu 32,2°C

$$G_{aktual} = \sqrt{\frac{P_{aktual}}{\mu \times V}}$$

$$= \sqrt{\frac{197,839 \text{ N. m/s}}{0,000764 \text{ N.} \frac{\text{s}}{\text{m}^2} \times 9 \text{ m}^3}}$$

$$= 169,623 \text{ s}^{-1} \rightarrow \text{tidak memenuhi kriteria (700-1.000 s}^{-1}\text{)}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, waktu detensi desain dan aktual serta gradient kecepatan desain dan aktual tidak memenuhi kriteria desain. Hal ini berpengaruh terhadap kinerja koagulasi karena gradien yang tidak sesuai kriteria menyebabkan pengadukan menjadi lambat. Pengadukan yang lambat memengaruhi koagulan yang digunakan sehingga destabilisasi partikel tidak berlangsung optimal. Kecepatan pengadukan yang terlalu lambat mengakibatkan lambatnya

pembentukan flok. Sedangkan pengadukan yang terlalu cepat mengakibatkan flok yang terbentuk menjadi pecah (Bahctiar & Putro, 2022). Oleh karena itu, diperlukan desain ulang terhadap bak koagulasi yang dihitung sebagai berikut:

- Waktu detensi (td)

Kriteria desain : 20-60 detik

Waktu detensi yang direncanakan : 50 detik

$$Q_{\text{desain}} = 2.500 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$td_{\text{desain}} = \frac{V}{Q_{\text{desain}}}$$

$$V = td_{\text{desain}} \times Q_{\text{desain}}$$

$$V = 50 \text{ detik} \times 2.500 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{86.400 \text{ detik}}$$

$$V = 1,447 \text{ m}^3$$

- Gradient kecepatan

Kriteria desain : 700-1.000 s⁻¹

Gradient kecepatan yang direncanakan : 750 s⁻¹

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu \times V}}$$

$$P = G^2 \times \mu \times V$$

$$P = (750 \text{ s}^{-1})^2 \times 0,000764 \text{ N} \cdot \frac{\text{s}}{\text{m}^2} \times 1,447 \text{ m}^3$$

$$P = 621,745 \text{ N} \cdot \text{m/s}$$

- Menentukan dimensi

$$P = Q_{\text{desain}} \times \rho \times g \times H$$

$$H = \frac{P}{Q_{\text{desain}} \times \rho \times g}$$

$$H = \frac{621,745 \text{ N} \cdot \text{m/s}}{2.500 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{86.400 \text{ s}} \times 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$H = 2,190 \text{ m} \approx 2,2 \text{ m}$$

Asumsi: panjang: lebar = 2: 1

$$V = \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}$$

$$1,447 \text{ m}^3 = (2 \times \text{lebar}) \times \text{lebar} \times 2,2 \text{ m}$$

$$\text{lebar} = \sqrt{\frac{1,447 \text{ m}^3}{2 \times 2,2 \text{ m}}}$$

$$\text{lebar} = 0,575 \text{ m} \approx 0,6 \text{ m}$$

$$\text{panjang} = 2 \times \text{lebar}$$

$$\text{panjang} = 2 \times 0,6 \text{ m}$$

$$\text{panjang} = 1,2 \text{ m}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan bahwa perubahan dimensi bak koagulasi untuk kapasitas debit 2.500 m³/hari adalah panjang 1,1 m, lebar 0,6 m, dan tinggi 2,2 m. Dimensi yang ditetapkan merupakan hasil pembulatan sehingga diperlukan pengecekan kesesuaian kriteria desain waktu detensi dan gradient kecepatan sebagai berikut:

- Volume bak koagulasi

$$\begin{aligned} \text{volume} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\ &= 1,2 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} \\ &= 1,584 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Waktu detensi (td)

$$Q_{\text{desain}} = 2.500 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} td_{\text{desain}} &= \frac{V}{\text{debit desain}} \\ &= \frac{1,584 \text{ m}^3}{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\ &= 0,015 \text{ jam} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \\ &= 54,743 \text{ menit} \times \frac{60 \text{ detik}}{1 \text{ menit}} \\ &= 54,743 \text{ detik} \rightarrow \text{memenuhi kriteria (20-60 detik)} \end{aligned}$$

- Daya pengadukan (P)

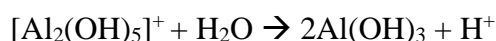
$$P = Q_{\text{desain}} \times \rho \times g \times H$$

$$\begin{aligned}
 &= 2.500 \frac{m^3}{hari} \times \frac{1 \text{ hari}}{86.400 \text{ s}} \times 1.000 \frac{kg}{m^3} \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times 2,2 \text{ m} \\
 &= 624,479 \text{ N. m/s}
 \end{aligned}$$

- Gradien kecepatan (G)

$$\begin{aligned}
 G_{desain} &= \sqrt{\frac{P_{desain}}{\mu \times V}} \\
 &= \sqrt{\frac{624,479 \text{ N. m/s}}{0,000764 \text{ N.} \frac{s}{m^2} \times 1,584 \text{ m}^3}} \\
 &= 718,348 \text{ s}^{-1} \rightarrow \text{memenuhi kriteria (700-1.000 s}^{-1})
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengecekan, perubahan terhadap dimensi menghasilkan waktu detensi dan gradient kecepatan yang memenuhi kriteria. Koagulan yang digunakan di IPAL PT X adalah PAC dan DCA. *Polyaluminium chloride* (PAC) merupakan garam khusus pada pembuatan aluminium klorida yang dapat memberikan daya koagulasi dan flokulasi yang lebih kuat dibandingkan aluminium biasa dan garam-garam besi seperti aluminium sulfat atau ferri klorida (Budiman et al., 2017). PAC memiliki rumus kimia $Al_m(OH)_nCl_{(3m-n)}$ yang mana senyawa Al_2O_3 pada PAC saat berikatan dengan air akan bereaksi dengan cepat dan menghasilkan garam dan asam sehingga penurunan kekeruhan terjadi sangat cepat tanpa menggunakan bahan netralisasi karena dalam reaksinya terbentuk senyawa asam dan basa sesungaius (Nur et al., 2016). Reaksi yang terjadi saat PAC digunakan sebagai koagulan adalah sebagai berikut (Budiman et al., 2017).



Berdasarkan reaksi tersebut, reaksi hidrolisis PAC menghasilkan 1 ion H^+ . Hal ini menandakan bahwa penggunaan PAC tidak menyebabkan penurunan pH yang tajam. Selain itu, korosivitas PAC juga rendah (Budiman et al., 2017). Koagulan yang juga digunakan di bak koagulasi IPAL PT X adalah DCA *dicyandiamide-formaldehyde* resin yang berfungsi untuk menghilangkan warna. DCA merupakan polimer kuarter kationik yang bekerja secara optimal pada air limbah dengan

konsentrasi warna yang tinggi. Saat bereaksi dengan air, DCA memberikan sejumlah besar kation sehingga muatan negatif yang ada pada molekul zat warna dapat dinetralkan. Reaksi ini menghasilkan flok yang berisi zat warna yang telah terikat sehingga air menjadi jernih. Selain untuk menyisihkan kadar warna, DCA juga dapat menyisihkan COD 50-80% (Wuxi Lansen Chemicals CO., 2023). Dosis koagulan ditentukan dengan menggunakan *jar test* yang dilakukan setiap shift kerja dan pembubuhannya dilakukan secara otomatis.

Rekapitulasi perhitungan bak koagulasi di IPAL PT X ditunjukkan dalam **Tabel 5.30**.

Tabel 5. 30 Rekapitulasi Perhitungan Bak Koagulasi IPAL PT X

Keterangan	Satuan	Kondisi Debit Desain ^a	Kondisi Debit Aktual ^b	Kriteria Desain	Kesesuaian	Redesain	Kesesuaian
Panjang	m	3	3	-	-	1,2	-
lebar	m	1,5	1,5	-	-	0,6	-
Tinggi	m	2	2	-	-	2,2	-
Volume	m ³	9	9	-	-	1,584	-
Debit	m ³ /hari	2.500	873,994	-	-	2.500	-
Waktu detensi (td)	detik	311,04	889,709	20-60 ^c	TM	54,743	M
Daya pengadukan	N.m/s	567,708	197,728	-	-	629,479	-
Gradien kecepatan	s ⁻¹	287,339	169,623	700-1000 ^c	TM	718,348	M

Keterangan: M = memenuhi; TM = tidak memenuhi

Sumber: ^aPT X, 2022; ^bPT X, 2022; ^cReynolds & Richards, 1982

5.6.4.2 Flokulasi

Air dari bak koagulasi dialirkan ke bak flokulasi. Flokulasi bertujuan untuk mengikat flok berukuran kecil yang dihasilkan dari proses koagulasi menjadi flok yang berukuran besar sehingga pengendapan dapat dilakukan dengan mudah. Pengikatan ini dilakukan dengan menambahkan flokulan. Jenis flokulan yang digunakan di IPAL PT X adalah polimer. Polimer merupakan senyawa organik sintesis yang disusun dari rantai panjang molekul-molekul yang lebih kecil (Bahctiar & Putro, 2022). Proses flokulasi di IPAL PT X menggunakan jenis pengadukan hidrolis, yaitu memanfaatkan gerakan air sebagai tenaga pengadukan.

Proses pembubuhan flokulasi dilakukan secara otomatis. Dosis flokulan ditentukan melalui jar test yang dilakukan setiap shift kerja. Bak flokulasi memiliki panjang 4,8 m, lebar 2,5 m, dan tinggi 2,1 m sehingga volumenya dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{volume} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\ &= 4,8 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 2,1 \text{ m} \\ &= 25,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Waktu detensi proses flokulasi adalah 10-60 menit dan gradient kecepatan berada pada rentang 20 s^{-1} sampai 100 s^{-1} (Reynolds & Richards, 1982). Berdasarkan dimensi, debit desain, dan debit aktual maka waktu detensi, daya pengadukan, dan gradient kecepatan dihitung sebagai berikut:

- Waktu detensi (td) desain

$$Q_{\text{desain}} = 2.500 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} td_{\text{desain}} &= \frac{V}{Q_{\text{desain}}} \\ &= \frac{25,2 \text{ m}^3}{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\ &= 0,242 \text{ jam} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \\ &= 14,515 \text{ menit} \rightarrow \text{memenuhi kriteria (10-60 menit)} \end{aligned}$$

- Waktu detensi (td) aktual

$$Q_{\text{aktual}} = 873,994 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} td_{\text{aktual}} &= \frac{V}{Q_{\text{aktual}}} \\ &= \frac{25,2 \text{ m}^3}{873,994 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\ &= 0,692 \text{ jam} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \\ &= 41,520 \text{ menit} \rightarrow \text{memenuhi kriteria (10-60 menit)} \end{aligned}$$

- Daya pengadukan (P) desain

Asumsi:

$$\rho \text{ (berat jenis air)} = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$g \text{ (gravitasi)} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$P = Q_{desain} \times \rho \times g \times H$$

$$= 2.500 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{86.400 \text{ s}} \times 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 2,1 \text{ m}$$

$$= 596,094 \text{ N. m/s}$$

- Daya pengadukan (P) aktual

Asumsi:

$$\rho \text{ (berat jenis air)} = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$g \text{ (gravitasi)} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$P = Q_{aktual} \times \rho \times g \times H$$

$$= 873,994 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{86.400 \text{ s}} \times 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 2,1 \text{ m}$$

$$= 207,728 \text{ N. m/s}$$

- Gradien kecepatan (G) desain

Asumsi:

$$\mu \text{ (viskositas absolut air)} = 0,000764 \text{ N.s/m}^2 \text{ pada suhu } 32,2^\circ\text{C}$$

$$G_{desain} = \sqrt{\frac{P_{desain}}{\mu \times V}}$$

$$= \sqrt{\frac{596,094 \text{ N. m/s}}{0,000764 \text{ N.} \frac{\text{s}}{\text{m}^2} \times 25,2 \text{ m}^3}}$$

$$= 175,959 \text{ s}^{-1} \rightarrow \text{tidak memenuhi kriteria (20-100 s}^{-1}\text{)}$$

- Gradien kecepatan (G) aktual

Asumsi:

$$\mu \text{ (viskositas absolut air)} = 0,000764 \text{ N.s/m}^2 \text{ pada suhu } 32,2^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned}
 G_{aktual} &= \sqrt{\frac{P_{aktual}}{\mu \times V}} \\
 &= \sqrt{\frac{207,728 \text{ N.m/s}}{0,000764 \text{ N.}\frac{\text{s}}{\text{m}^2} \times 25,2 \text{ m}^3}} \\
 &= 103,873 \text{ s}^{-1} \rightarrow \text{tidak memenuhi kriteria (20-100 s}^{-1}\text{)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, waktu detensi desain dan aktual memenuhi kriteria desain. Akan tetapi, gradien kecepatan desain dan aktual tidak memenuhi kriteria desain. Hal ini berpengaruh terhadap kinerja flokulasi karena gradient yang tidak sesuai kriteria menyebabkan pengadukan menjadi cepat. Pengadukan yang terlalu cepat mengakibatkan flok yang terbentuk menjadi pecah (Bahctiar & Putro, 2022). Oleh karena itu, diperlukan desain ulang terhadap bak flokulasi yang dihitung sebagai berikut:

- Waktu detensi (td)

Kriteria desain : 10-60 menit

Waktu detensi yang direncanakan : 20 menit

$$Q_{desain} = 2.500 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$td_{desain} = \frac{V}{Q_{desain}}$$

$$V = td_{desain} \times Q_{desain}$$

$$V = 20 \text{ menit} \times 2.500 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{1.440 \text{ menit}}$$

$$V = 34,722 \text{ m}^3$$

- Gradient kecepatan

Kriteria desain : 20-100 s⁻¹

Gradient kecepatan yang direncanakan : 90 s⁻¹

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu \times V}}$$

$$P = G^2 \times \mu \times V$$

$$P = (90 \text{ s}^{-1})^2 \times 0,000764 \text{ N.}\frac{\text{s}}{\text{m}^2} \times 34,722 \text{ m}^3$$

$$P = 214,875 \text{ N.m/s}$$

- Menentukan dimensi

$$P = Q_{desain} \times \rho \times g \times H$$

$$H = \frac{P}{Q_{desain} \times \rho \times g}$$

$$H = \frac{214,875 \text{ N.m/s}}{2.500 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{86.400 \text{ s}} \times 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$H = 0,757 \text{ m} \approx 1 \text{ m}$$

Asumsi: panjang: lebar = 2: 1

$$V = \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}$$

$$34,722 \text{ m}^3 = (2 \times \text{lebar}) \times \text{lebar} \times 1 \text{ m}$$

$$\text{lebar} = \sqrt{\frac{34,722 \text{ m}^3}{2 \times 1 \text{ m}}}$$

$$\text{lebar} = 4,789 \text{ m} \approx 5 \text{ m}$$

$$\text{panjang} = 2 \times \text{lebar}$$

$$\text{panjang} = 2 \times 5 \text{ m}$$

$$\text{panjang} = 10 \text{ m}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan bahwa perubahan dimensi bak flokulasi untuk kapasitas debit 2.500 m³/ hari adalah panjang 10 m, lebar 5 m, dan tinggi 1 m. Dimensi yang ditetapkan merupakan hasil pembulatan sehingga diperlukan pengecekan kesesuaian kriteria desain waktu detensi dan gradient kecepatan sebagai berikut:

- Volume bak flokulasi

$$\text{volume} = \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}$$

$$= 10 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 1 \text{ m}$$

$$= 50 \text{ m}^3$$

- Waktu detensi (td)

$$Q_{desain} = 2.500 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}
 td_{desain} &= \frac{V}{Q_{desain}} \\
 &= \frac{50 \text{ m}^3}{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\
 &= 0,480 \text{ jam} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} \\
 &= 28,8 \text{ menit} \rightarrow \text{memenuhi kriteria (10-60 menit)}
 \end{aligned}$$

- Daya pengadukan (P)

$$\begin{aligned}
 P &= Q_{desain} \times \rho \times g \times H \\
 &= 2.500 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times \frac{1 \text{ hari}}{86.400 \text{ s}} \times 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 1 \text{ m} \\
 &= 283,854 \text{ N. m/s}
 \end{aligned}$$

- Gradien kecepatan (G)

$$\begin{aligned}
 G_{desain} &= \sqrt{\frac{P_{desain}}{\mu \times V}} \\
 &= \sqrt{\frac{283,854 \text{ N. m/s}}{0,000764 \text{ N.} \frac{\text{s}}{\text{m}^2} \times 50 \text{ m}^3}} \\
 &= 86,202 \text{ s}^{-1} \rightarrow \text{memenuhi kriteria (20-100 s}^{-1}\text{)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengecekan, perubahan terhadap dimensi menghasilkan waktu detensi dan gradient kecepatan yang memenuhi kriteria. Rekapitulasi perhitungan unit flokulasi IPAL PT X ditunjukkan dalam **Tabel 5.31**.

Tabel 5. 31 Rekapitulasi Perhitungan Unit Flokulasi IPAL PT X

Keterangan	Satuan	Kondisi Debit Desain ^a	Kondisi Debit Aktual ^b	Kriteria Desain	Kesesuaian	Redesain	Kesesuaian
Panjang	m	4,8	4,8	-	-	10	-
lebar	m	2,5	2,5	-	-	5	-
Tinggi	m	2,1	2,1	-	-	1	-
Volume	m ³	25,2	25,2	-	-	50	-
Debit	m ³ /hari	2.500	873,994	-	-	2.500	-
Waktu detensi (td)	detik	14,515	41,52	10-60 ^c	M	28,8	M

Keterangan	Satuan	Kondisi Debit Desain ^a	Kondisi Debit Aktual ^b	Kriteria Desain	Kesesuaian	Redesain	Kesesuaian
Daya pengadukan	N.m/s	596,094	207,728	-	-	283,854	-
Gradien kecepatan	s ⁻¹	179,959	103,873	20-100 ^c	TM	86,202	M

Keterangan: M = memenuhi; TM = tidak memenuhi

Sumber: ^aPT X, 2022; ^bPT X, 2022; ^cReynolds & Richards, 1982

5.6.4.3 Lamella Separator

Air dari bak flokulasi dialirkan menuju *lamella separator*. Unit ini bertujuan untuk memisahkan air dari flok yang terbantu pada tahap koagulasi dan flokulasi. Jumlah lamella separator di IPAL PT X adalah 2 unit. Setiap unit memiliki panjang 2,98 m, lebar 1,5 m, dan tinggi 3,9 m. *Lamella separator* di IPAL PT X berbentuk tangki dengan bagian bawahnya kerucut. Tangki ini berwarna biru yang ditunjukkan dalam **Gambar 5.47**.



Gambar 5. 47 *Lamella Separator* di IPAL PT X

Sumber: Dokumentasi, 2022

Air dari bak flokulasi dialirkan melalui pipa menuju inlet *lamella separator* yang pertama. Air akan mengalir ke lapisan *lamella*, namun terjadi aliran balik yang menyebabkan air bergerak ke atas sedangkan padatan akan mengendap ke bagian bawah *lamella*. Kondisi ini menciptakan pemisahan padatan dari air sehingga air yang sudah terpisah dari padatan akan dialirkan ke *outlet*. Padatan akan terakumulasi pada corong lumpur atau *sludge funnel*. Air yang keluar dari outlet *lamella separator* pertama akan dialirkan menuju inlet *lamella separator* kedua.

Setelah melalui pengolahan di *lamella separator* kedua, air dialirkan menuju bak sedimentasi.

5.6.5 Outlet Tank

Air dari *outlet lamella separator* kedua dialirkan ke *outlet tank*. Sebelum dilakukan desain ulang pada tahun 2020, air limbah yang telah melalui pengolahan akan ditampung di unit ini dan dialirkan melalui saluran terbuka menuju Kali Cikedokan. Akan tetapi setelah dilakukan desain ulang, sistem pembuangan diubah menjadi menggunakan saluran tertutup atau pipa dan ditambahkan unit baru berupa tangki indikator. *Outlet tank* memiliki panjang 3,7 m, lebar 1,9 m, dan tinggi 1,1 m sehingga volumenya diukur sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{volume} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\ &= 3,7 \text{ m} \times 1,9 \text{ m} \times 1,1 \text{ m} \\ &= 7,733 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Perhitungan waktu detensi dari unit ini adalah sebagai berikut:

- Waktu detensi desain

$$Q_{\text{desain}} = 2.500 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} td_{\text{desain}} &= \frac{V}{Q_{\text{desain}}} \\ &= \frac{7,733 \text{ m}^3}{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\ &= 0,074 \text{ jam} \end{aligned}$$

- Waktu detensi aktual

$$Q_{\text{aktual rata-rata}} = 873,994 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} td_{\text{aktual}} &= \frac{V}{Q_{\text{aktual rata-rata}}} \\ &= \frac{7,733 \text{ m}^3}{873,994 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\ &= 0,212 \text{ jam} \end{aligned}$$

Kondisi tangki *outlet* di IPAL PT X ditunjukkan dalam **Gambar 5.48**. Pipa biru yang ditunjukkan dalam gambar ini dulunya merupakan pipa *outlet* air limbah menuju badan air penerima.



Gambar 5. 48 Tangki *Outlet* IPAL PT X

Sumber: Dokumentasi, 2022

Sementara itu, jika mengacu pada *layout* perencanaan maka terdapat bak sedimentasi. Akan tetapi, saat pelaksanaan praktik kerja bak ini belum dioperasikan karena sistem masih belum siap. Bak sedimentasi ini ditunjukkan dalam **Gambar 5.49**.



Gambar 5. 49 Bak Sedimentasi untuk Pengolahan Kimia yang Belum Beroperasi

Sumber: Dokumentasi, 2022

Jika mengacu pada **Gambar 2.12**, IPAL PT X dilengkapi dengan unit *clarifier* III yang berfungsi untuk mengolah air setelah bak sedimentasi yang saat ini belum beroperasi. Akan tetapi, bak ini saat pelaksanaan praktik kerja berlangsung masih

belum dibangun. Rekapitulasi perhitungan tangki outlet ditunjukkan dalam **Tabel 5.32**.

Tabel 5. 32 Rekapitulasi Perhitungan Tangki Outlet IPAL PT X

Keterangan	Satuan	Kondisi Debit Desain ^a	Kondisi Debit Aktual ^b	Kriteria Desain
Panjang	m	3,7	3,7	Tidak terdapat kriteria
lebar	m	1,9	1,9	
Tinggi	m	1,1	1,1	
Volume	m ³	7,733	7,733	
Debit	m ³ /hari	2.500	873,994	
Waktu detensi	jam	0,074	0,212	

Sumber: ^aPT X, 2022; ^bPT X, 2022

5.6.6 Tangki Indikator

Air dari bak sedimentasi akan dialirkan menuju tangki indikator. Tangki ini berfungsi sebagai bak sebelum air dibuang ke badan air penerima. Selain itu, pengambilan sampel air untuk menguji kesesuaiannya dengan baku mutu dilakukan di tangki ini. Tangki ini memiliki panjang 2 m, lebar 2 m, dan tinggi 2,5 m sehingga volumenya diukur sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{volume} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi} \\
 &= 2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \\
 &= 10 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Perhitungan waktu detensi dari unit ini adalah sebagai berikut:

- Waktu detensi desain

$$Q_{\text{desain}} = 2.500 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned}
 td_{\text{desain}} &= \frac{V}{Q_{\text{desain}}} \\
 &= \frac{10 \text{ m}^3}{2.500 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\
 &= 0,096 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

- Waktu detensi aktual

$$Q_{\text{aktual rata-rata}} = 873,994 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} td_{\text{aktual}} &= \frac{V}{Q_{\text{aktual rata-rata}}} \\ &= \frac{10 \text{ m}^3}{873,994 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} \\ &= 0,275 \text{ jam} \end{aligned}$$

Tangki ini dilengkapi dengan *flowmeter* yang berfungsi untuk mengukur debit air limbah yang keluar dari outlet IPAL. Kondisi tangki indikator di IPAL PT X ditunjukkan dalam **Gambar 5.50**.



Gambar 5. 50 Tangki Indikator IPAL PT X

Sumber: Dokumentasi, 2022

Rekapitulasi perhitungan tangki indikator ditunjukkan dalam **Tabel 5.33**.

Tabel 5. 33 Rekapitulasi Perhitungan Tangki Indikator IPAL PT X

Keterangan	Satuan	Kondisi Debit Desain ^a	Kondisi Debit Aktual ^b	Kriteria Desain
Panjang	m	2	2	Tidak terdapat kriteria
lebar	m	2	2	
Tinggi	m	2,5	2,5	
Volume	m ³	10	10	
Debit	m ³ /hari	2.500	873,994	
Waktu detensi	jam	0,096	0,275	

Sumber: ^aPT X, 2022; ^bPT X, 2022

5.6.7 Outfall

Air limbah yang telah diolah di IPAL PT X akan disalurkan melalui pipa ke Sungai Cikedokan. Sungai tersebut terletak di sisi Barat PT X yang berjarak 1200 m. Sungai Cikedokan menjadi badan air penerima untuk air limbah hasil pengolahan industri dari beberapa industri dan air limbah kegiatan domestik masyarakat yang berada di sekitarnya. Sungai Cikedokan merupakan salah satu sungai di Kabupaten Bekasi yang memanjang dari selatan ke utara dan sesuai dengan arah alirannya. Pembuangan tidak dilakukan di Kali Malang meskipun jaraknya yang lebih berdekatan dengan PT X. Hal ini disebabkan karena Kali Malang digunakan sebagai sumber air bersih bagi PDAM Bekasi dan Jakarta.

Sungai Cikedokan merupakan sungai kelas dua. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, kategori kelas dua merupakan air yang pertukannya digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Titik koordinat dari *outfall* IPAL PT X ialah $06^{\circ}28'18,35''$ lintang selatan dan $107^{\circ}09'75,05''$ bujur timur. Titik pembuangan air limbah milik PT X di sungai ini ditunjukkan dalam **Gambar 5.51**.



Gambar 5. 51 Titik Pembuangan Air Limbah Milik PT X di Sungai Cikedokan

Sumber: PT X, 2022

5.6.8 Pengolahan Lumpur

Lumpur yang dihasilkan dari pengolahan di IPAL PT X akan disalurkan ke *thickener*. Unit ini memanfaatkan gaya gravitasi sehingga lumpur akan mengendap di dasar tangka. Kondisi *thickener* di IPAL PT X ditunjukkan dalam **Gambar 5.52**.



Gambar 5. 52 *Thickener* IPAL PT X

Sumber: Dokumentasi, 2022

Lumpur yang mengendap dikumpulkan ke dalam *bag filter* melalui keran yang dioperasikan secara manual. Proses ini ditunjukkan dalam **Gambar 5.53**.



Gambar 5. 53 *Bag Filter* dan Keran Lumpur IPAL PT X

Sumber: Dokumentasi, 2022

Lumpur yang sudah dikumpulkan ini akan dibawa ke TPS LB3 milik PT X yang berada di kawasan perusahaan sebelum diangkut oleh pihak ketiga berizin dan dilakukan pengolahan.

5.7 Rekapitulasi Evaluasi Unit IPAL

Rekapitulasi dari evaluasi dimensi setiap unit IPAL di PT X terhadap waktu detensi ditunjukkan dalam **Tabel 5.34**. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis, terdapat unit yang memiliki waktu detensi sesuai dengan kriteria desain dan terdapat unit yang waktu detensinya tidak sesuai kriteria desain. Unit yang waktu detensinya tidak sesuai dengan kriteria desain, dilakukan *redesain* agar sesuai dengan kriteria desain sehingga proses pengolahan menjadi optimum. Hasil *redesain* unit IPAL PT X ditunjukkan dalam **Tabel 5.35**.

Tidak semua unit IPAL yang tidak memenuhi kriteria waktu detensi dilakukan *redesain*. Bak mini ekualisasi, ekualisasi, dan netralisasi tidak dilakukan perhitungan ulang meskipun waktu detensinya tidak sesuai kriteria desain. Hal ini disebabkan oleh tidak terdapat data mengenai fluktuasi debit air limbah dan BOD pada inlet. Selain itu, perhitungan juga tidak dapat dilakukan pada bak aerasi I dan aerasi II karena tidak terdapat data mengenai beban BOD, MLVSS, dan umur lumpur. Data ini diperlukan agar perhitungan volume menjadi semakin akurat sehingga didapatkan dimensi bak yang cocok agar pengolahan menjadi optimal. Perhitungan terhadap bak sedimentasi akhir juga tidak dilakukan karena IPAL PT sudah memiliki 4 unit bak sedimentasi, namun masih belum dioperasikan.

5.8 Parameter Pencemar di Outlet yang Tidak Memenuhi Baku Mutu

Mengacu pada **Tabel 4.10**, parameter yang tidak memenuhi baku mutu di outlet IPAL PT X adalah BOD pada bulan Januari dan Mei. Penyisihan BOD dalam air limbah dipengaruhi oleh pengolahan sekunder yang menggunakan mikroorganisme untuk mengoksidasi zat organik. Pengolahan sekunder di IPAL PT X terdiri dari unit bak denitrifikasi, aerasi I, *clarifier feeding tank*, *clarifier I*, *clarified water tank*, aerasi II, dan *clarifier II*. Pada bak denitrifikasi terjadi penyisihan BOD karena BOD digunakan sebagai sumber karbon bakteri heterotrof untuk menguraikan nitrat menjadi N_2 . Akan tetapi, pada unit ini waktu detensinya tidak sesuai dengan kriteria desain dan terdapat penambahan *low dissolve oxygen* dari *mixer motor*. Bak denitrifikasi berlangsung dalam keadaan anaerob dan penambahan oksigen

Tabel 5. 34 Rekapitulasi Evaluasi Dimensi Unit IPAL PT X Terhadap Waktu Detensi

No	Nama Unit	Dimensi Eksisting Panjang x Lebar x Tinggi (m)	Volume (m ³)	Satuan Waktu	Waktu Detensi Desain	Waktu Detensi Aktual	Kriteria Desain	Sumber Kriteria Desain	Kesesuaian
1	Fine Screen	Alat filtrasi untuk padatan berukuran besar							
2	Conoscreen Tank	6 x 2 x 3,9	46,8	jam	0,45	1,15	-		-
3	Conoscreen	Alat filtrasi untuk kapas, wool, dan serat tipis							
4	Grease Trap	3 x 3 x 1,5	13,5	menit	7,73	22,24	5-20	Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2018	M (debit desain) dan TM (debit aktual)
5	Cooling Tower	9 x 3 x 6	Untuk menurunkan suhu air						
6	Mini Ekualisasi	4 x 2,7 x 3,5	37,8	jam	0,36	1,04	4-8	Desyana, 2017	TM
7	Ekualisasi dan Netralisasi	10 x 10 x 7,5	750	jam	7,2	20,6	4-9	Desyana, 2018	M (debit desain) dan TM (debit aktual)
8	Bak Denitrifikasi I	8 x 8 x 4,25	272	jam	2,61	7,47	6-12	Guo et al., 2017	TM (debit desain) dan M (debit aktual)
9	Bak Denitrifikasi II	8 x 8 x 4,25	272	jam	2,61	7,47	6-12	Guo et al., 2017	TM (debit desain) dan M (debit aktual)
10	Bak Aerasi I	42,2 x 5,45 x 6,5 36,1 x 10,65 x 6,5	3993,96	jam	38,34	109,67	18-36	Qasim, 1985	TM
11	Infeed Water Tank/ <i>Clarifier</i> Feeding Tank	3,2 x 1,95 x 6,5	40,56	jam	0,39	1,11	-		-
12	<i>Clarifier</i> I	diameter: 5,8 tinggi: 6,5	171,735	jam	1,648	4,716	2-6	Qasim, 1985	TM (debit desain) dan M (debit aktual)
13	Clarified Water Tank	5,8 x 2 x 6,5	75,4	jam	0,724	2,07	-		-
14	Bak Aerasi II	40 x 10 x 3	1200	jam	11,52	32,952	18-36	Qasim, 1985	TM (debit desain) dan M (debit aktual)

No	Nama Unit	Dimensi Eksisting Panjang x Lebar x Tinggi (m)	Volume (m ³)	Satuan Waktu	Waktu Detensi Desain	Waktu Detensi Aktual	Kriteria Desain	Sumber Kriteria Desain	Kesesuaian
15	Clarifier II	diameter: 7 tinggi: 3,5	134,696	jam	1,293	3,699	2-6	Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2018	TM (debit desain) dan M (debit aktual)
16	Ultrascreen Tank	3 x 2 x 1	6	jam	0,058	0,165	-		-
17	Bak Koagulasi	3 x 1,5 x 2	9	detik	311,04	889,709	20-60	Reynolds & Richards, 1982	TM
18	Bak Flokulasi	4,8 x 2,5 x 2,1	25,2	menit	14,515	41,52	10-60	Reynolds & Richards, 1982	TM
19	Lamella Separator	2,98 x 1,5 x 3,9			Memisahkan padatan dengan air				
20	Outlet Tank	3,7 x 1,9 x 1,1	7,733	jam	0,074	0,212	-		-
21	Tangki Indikator	2 x 2 x 2,5	10	jam	0,096	0,275	-		-

Keterangan: M = memenuhi; TM = tidak memenuhi

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023

Tabel 5. 35 Perhitungan Ulang Dimensi Unit IPAL PT X

No	Nama Unit	Dimensi Eksisting Panjang x Lebar x Tinggi (m)	Dimensi Rekomendasi Panjang x Lebar x Tinggi (m)	Volume (m ³)	Satuan Waktu	Waktu Detensi Desain	Kriteria Desain	Sumber Kriteria Desain	Kesesuaian
1	Bak Denitrifikasi I	8 x 8 x 4,25	8 x 8 x 10	665,5	jam	6,389	6-12	Guo et al., 2017	M
2	Bak Denitrifikasi II	8 x 8 x 4,25	8 x 8 x 10	665,5	jam	6,389	6-12	Guo et al., 2017	M
3	Clarifier I	diameter: 5,8 tinggi: 6,5	diameter: 10 tinggi: 4,5	353,429	jam	3	2-6	Qasim,1985	M
4	Clarifier II	diameter: 7 tinggi: 3,5	diameter: 10 tinggi: 4,5	353,429	jam	3	2-6	Qasim,1985	M

No	Nama Unit	Dimensi Eksisting Panjang x Lebar x Tinggi (m)	Dimensi Rekomendasi Panjang x Lebar x Tinggi (m)	Volume (m ³)	Satuan Waktu	Waktu Detensi Desain	Kriteria Desain	Sumber Kriteria Desain	Kesesuaian
5	Bak Koagulasi	3 x 1,5 x 2	1,2 x 0,6 x 2,2	1,584	detik	54,743	20-60	Reynolds & Richards, 1982	M
6	Bak Flokulasi	4,8 x 2,5 x 2,1	10 x 5 x 1	50	menit	28,8	10-60	Reynolds & Richards, 1982	M

Sumber: Hasil Perhitungan, 2023

seharusnya tidak dilakukan. Hal ini menyebabkan penyisihan BOD di bak denitrifikasi menjadi tidak optimal.

Pada bak aerasi I dan II, waktu detensinya tidak sesuai dengan kriteria desain. Akan tetapi, evaluasi terhadap parameter lainnya tidak dapat dilakukan karena keterbatasan data. *Clarifier* I dan II memiliki waktu detensi yang lebih cepat dibandingkan dengan kriteria desain sehingga dilakukan perhitungan ulang dimensinya agar menghasilkan waktu detensi yang optimal.

Bak denitrifikasi, aerasi, dan *clarifier* merupakan sistem lumpur aktif yang ada di IPAL PT X. Ciri khas dari sistem ini adalah *return activated sludge*. Menurut (Tchobanoglous et al., 2014), debit pengembalian *return activated sludge* adalah 50-75% dari debit rata-rata air limbah. Akan tetapi, debit *return activated sludge* di IPAL PT X adalah 35% dari debit rata-rata air limbah yang artinya tidak sesuai dengan kriteria. Hal ini menyebabkan penyisihan BOD menjadi tidak optimal karena lebih banyak lumpur yang dibuang daripada dikembalikan. Lumpur ini mengandung sejumlah mikroorganisme yang dapat menguraikan BOD. Berdasarkan hasil evaluasi ini, pengolahan sekunder di IPAL PT X masih belum efektif untuk menyisihkan BOD agar memenuhi baku mutu. Tingginya kadar BOD dapat memengaruhi konsentrasi DO di perairan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari evaluasi pengolahan limbah cair industri tekstil di PT X Kecamatan Cikarang Barat Kabupaten Bekasi adalah sebagai berikut:

1. Limbah cair dihasilkan dari proses produksi dan kegiatan domestik di PT X. Proses produksi di PT X yang menghasilkan air limbah terdiri dari penenunan (*weaving*) dan penyempurnaan kain (*finishing*). Proses penyempurnaan kain terdiri dari empat proses yang menghasilkan limbah cair yaitu, *printing pigment*, *printing reactive*, *dyeing cold batc*, dan *dyeing pad dry*. Air limbah yang diterima IPAL berasal dari kegiatan domestik dengan limbah yang diterima berupa *grey water* dan limpasan *black water*.
2. Limbah cair yang masuk ke inlet IPAL PT X memiliki karakteristik suhu tinggi, warna yang pekat, pH yang tinggi, konsentrasi TSS, ammonia total, BOD, COD, krom total, sulfida, dan fenol total yang tinggi akibat proses produksi melibatkan sejumlah bahan kimia. Setelah dilakukan pengolahan, kualitas air limbah di outlet pada bulan Januari-Juni 2022 untuk keseluruhan parameter memenuhi baku mutu, kecuali BOD pada Januari dan Mei.
3. Terdapat unit IPAL PT X yang memiliki waktu detensi tidak sesuai dengan kriteria desain. Unit tersebut adalah bak mini ekualisasi, ekualisasi dan netralisasi, denitrifikasi I dan II, aerasi I, *clarifier* I, aerasi II, *clarifier* II, dan bak koagulasi. Sedangkan bak flokulasi memenuhi kriteria desain untuk waktu detensi tetapi gradient kecepatannya tidak. Perhitungan ulang dimensi bak dilakukan terhadap bak denitrifikasi I dan II, *clarifier* I dan II, bak koagulasi, dan bak flokulasi. Sedangkan terhadap unit lain tidak dilakukan karena keterbatasan data. Hasil perhitungan ulang terhadap dimensi unit IPAL di PT X adalah sebagai berikut:
 - a. Bak denitrifikasi I dan II dimensinya berubah dari panjang 8 m, lebar 8 m, dan tinggi 4,25 m menjadi panjang 8 m, lebar 8 m, dan tinggi 10 m.

- b. *Clarifier* I dimensinya berubah dari berdiameter 5,8 dan tinggi 6,5 menjadi berdiameter 10 m dan tinggi 4,5 m.
- c. *Clarifier* II dimensinya berubah dari berdiameter 7 dan tinggi 3,5 menjadi berdiameter 10 m dan tinggi 4,5 m.
- d. Bak koagulasi dimensinya berubah dari panjang 3 m, lebar 1,5 m, dan tinggi 2 m menjadi panjang 1,2 m, lebar 0,6 m, dan tinggi 2,2 m.
- e. Bak flokulasi dimensinya berubah dari panjang 4,8 m, lebar 2,5 m, dan tinggi 2,1 m menjadi panjang 10 m, lebar 5 m, dan tinggi 1 m.

6.2 Saran

PT X merupakan industri tekstil yang menghasilkan limbah dan pembuangan limbah cairnya adalah sungai maka berdasarkan hasil evaluasi terhadap IPAL PT X diperlukan upaya-upaya agar pengolahannya menjadi semakin optimal. Rekomendasi upaya yang dapat dilakukan PT X adalah sebagai berikut:

- a. Kadar oksigen terlarut di bak denitrifikasi harus dikontrol dengan menggunakan DO meter.
- b. Laju *return activated sludge* harus ditingkatkan dari 35% menjadi 50-75% dari debit air limbah rata-rata.
- c. Pengukuran kualitas air limbah di inlet IPAL tidak hanya dilakukan setiap enam bulan sekali melainkan setiap bulan bersamaan dengan pengukuran di outlet IPAL. Hal ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi penyisihan parameter pencemar di IPAL.
- d. Analisis lebih lanjut mengenai bak aerasi I dan II diperlukan untuk mengetahui penyebab lebih dalam terkait konsentrasi BOD yang melebihi baku mutu pada bulan Januari dan Mei 2022.
- e. Memastikan kondisi lingkungan (suhu, pH, dan DO) yang optimum bagi mikroorganisme di unit pengolahan sekunder.

DAFTAR PUSTAKA

- Aufa, R. (2017). Teknik Penyisihan Fenol dari Air Limbah. *Institut Teknologi Bandung*, 7(1).
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Proporsi Nilai Tambah Sektor Industri Manufaktur Terhadap PDB* <https://www.bps.go.id/indicator/9/1214/1/proporsi-nilai-tambah-sektor-industri-manufaktur-terhadap-pdb.html>
- Bahctiar, F. E., & Putro, R. K. H. (2022). Pemantauan dan Optimasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Unit Lamella Clarifier dengan Penentuan Dosis Koagulan dan Flokulan. *Indonesian Journal of Applied Science and Technology*, 3(2), 76-88.
- Budianti, T. (2017). Studi Penggunaan Lumpur Aktif dan Karbon Aktif dalam Pengolahan Air Limbah. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Budiman, A., Wahyudi, C., Irawati, W., & Hindarso, H. (2017). Kinerja koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) dalam penjernihan air Sungai Kalimas Surabaya menjadi air bersih. *Widya Teknik*, 7(1), 25-34.
- Buku B Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat*. (2018). Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- Conoscreen: The Microfilter "Par Excellence". (2022). [nuoveenergie.com. https://nuoveenergie.com/en/machines/conoscreenr-advanced-microfiltration](https://nuoveenergie.com/en/machines/conoscreenr-advanced-microfiltration)
- Degremont. (1979). *Water Treatment Handbook*. John Wiley and Sons.
- Design of Wastewater Treatment Facilities Major Systems*. (1978). United States.
- Desyana, A. R. (2017). *Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Penyamakan Kulit Kabupaten Magetan*.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya. (2018). *Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T) Buku B: Perencanaan Sub Sistem Pengolahan Terpusat*. Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius.

- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 16 Tahun 2019 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, (2019).
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, (2016).
- Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 40 Tahun 2022 Tentang Standar Industri Hijau untuk Industri Tekstil Penyempurnaan Kain dan Industri Tekstil Pencetakan Kain, (2022).
- Lampiran II Peraturan Menteri PUPR Nomor 4 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik.* (2017). Kementerian PUPR.
- Leiblein. (2023). Lamella Separator: Technologies fo Solid/Liquid Separator. In Leiblein (Ed.). Hardheim.
- Nemerow, N. L. (1978). *Industrial Water Pollution: Origins, Characteristics, and Treatment.* Addison-Wesley.
- Ni, B.-J., Pan, Y., Guo, J., Viridis, B., Hu, S., Chen, X., & Yuan, Z. (2016). Denitrification Process for Wastewater Treatment. In.
- Ningtyas, R. (2015). Pengolahan air limbah dengan proses lumpur aktif. *Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Bandung, Indonesia.*
- Nugraha, B. (2019). *Variasi Waktu Detensi Pada Filtrasi Pengolahan Air Limbah Grey Water Dalam Penurunan Beban Pencemar Universitas Brawijaya.*
- Nur, A., Anugrah, R., & Farnas, Z. (2016). EFEKTIVITAS DAN EFISIENSI KOAGULAN POLY ALUMINIUM CHLORIDE (PAC) TERHADAP PERFORMANCE IPA KTK PDAM SOLOK, 1–4. *Prarancangan Pabrik Isobutil Palmitat dari Isobutil Alkohol dan Asam Palmitat Kapasitas, 25.*
- Pankratz, T. M. (2001). *Environmental Engineering Dictionary and Directory.* Lewis Publishers.
- Peavy, H. S., Rowe, D. R., & Tchobanoglous, G. (1985). *Environmental Engineering.* McGraw-Hill, Inc.

- Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 22 Tahun 2010 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Jawa Barat Tahun 2009-2029, (2010).
- PT Intidaya Dinamika Sejati. (2021, 16 April). Perbedaan Root Blower Vs Ring Blower, Jangan Salah Pilih!
<https://www.rootsblower.co.id/blog/perbedaan-root-blower-dan-ring-blower#:~:text=Cara%20kerja%20root%20blower%20adalah%20dengan%20rotor%20penggerak,Udara%20akan%20dihisap%20masuk%20melalui%20saluran%20inlet%20blower.>
- PT X. (2021). *Training Orientasi Cikarang Barat*, PT X.
- PT X. (2022a). *Dokumen UKL-UPL Semester I 2022*.
- PT X. (2022b). *Kajian Lingkungan Hidup Strategis*.
- Putri, N. m. K. (2022). *PENYISIHAN PARAMETER TSS DAN MINYAK LEMAK AIR LIMBAH RUMAH MAKAN DENGAN GREASE TRAP DAN FILTRASI BIOCHAR* Universitas Batanghari].
- Qasim, S. R. (1985). *Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation*. CBS College Publishing.
- Ramadhan, F. (2022). Root Blower: Pengertian, Fungsi, dan Contoh. *ULVAC*.
<https://www.ulvac.co.id/root-blower/>
- dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2008 Tentang Kebijakan Industri Nasional, (2008).
- Lampiran II Peraturan Presiden Nomor 18 Tahun 2020 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional Tahun 2020-2024, (2020).
- Reynolds, T. D., & Richards, P. A. (1982). *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*. PWS Publishing Company.
- Rich, L. G. (1963). *Unit Processes of Sanitary Engineering*. John Wiley & Sons, Inc.
- Spellman, F. R. (2003). *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations*. Lewis Publishers.
- Suliyanthini, D. (2017). *Ilmu Tekstil*. Rajawali Press.

- Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., Tsuchihashi, R., Burton, F., Abu-Orf, M., Bowden, G., & Pfrang, W. (2014). *Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery*. Mc Graw Hill Education.
- Tebbut, T. H. Y. (2001). *Prinsip-Prinsip Pengendalian Kualitas Air. (Mohajit, Terjemahan)*. Institut Teknologi Bandung.
- Wuxi Lansen Chemicals CO., L. (2023, 23 April). 55% Textile Industry Decolorizing Agent As Color Removal Chemical. www.waterdecolouringagent.com.
<https://www.waterdecolouringagent.com/sale-12775409-55-textile-industry-decolorizing-agent-as-color-removal-chemical.html>
- Zyahri, M. (2013). *Pengantar Ilmu Tekstil 2*. Direktorat Pendidikan Dasar dan Menengah.

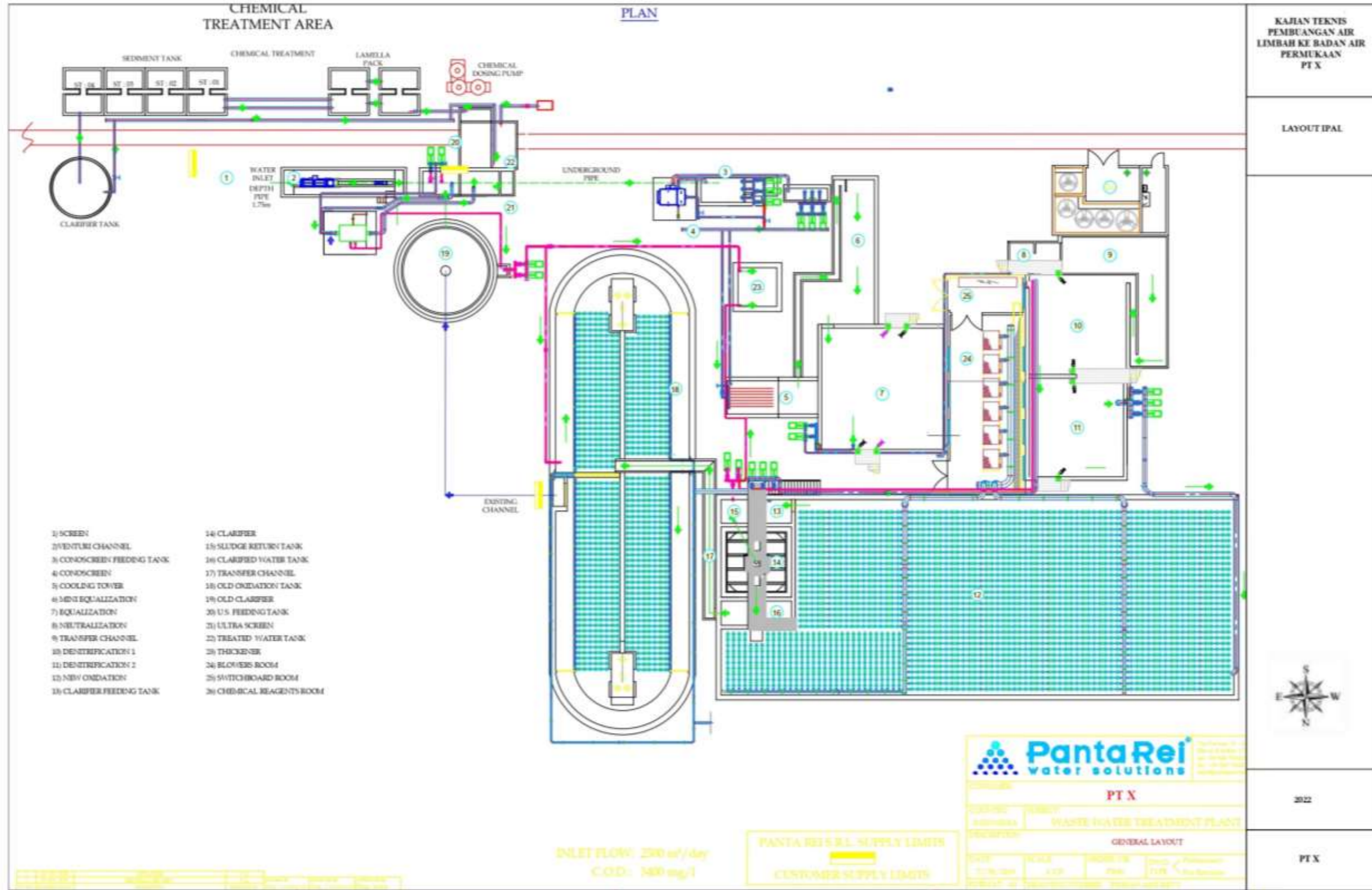
LAMPIRAN

Lampiran I Kualitas air rata-rata di IPAL PT X bulan Januari-Juni 2022

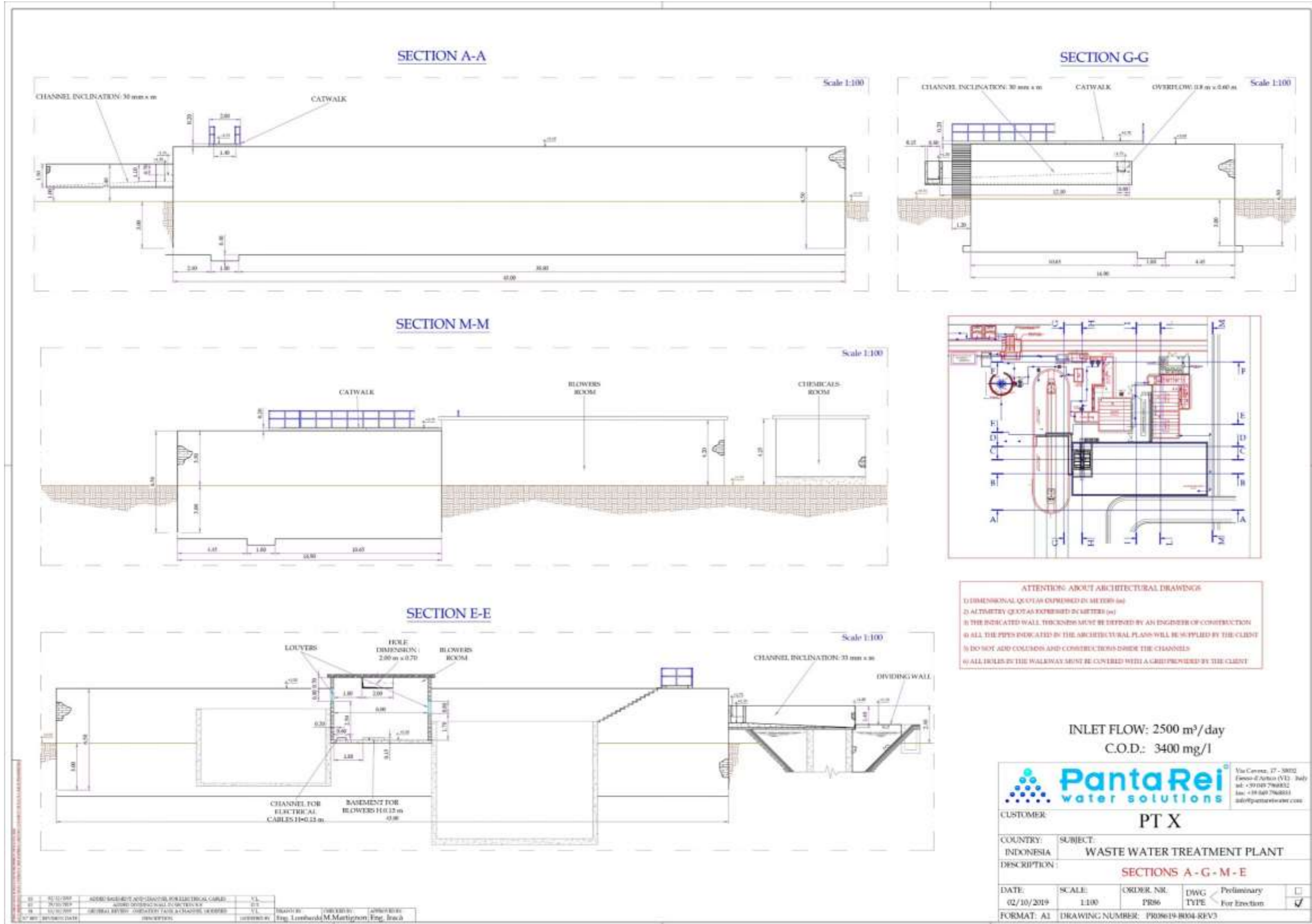
Bulan	Inlet		Conoscreen		Mini Ekualisasi		Ekualisasi dan Netralisasi		Denitrifikasi		Clarifier I		Aerasi II		DO		Outlet	
	Suhu (°C)	pH	Suhu (°C)	pH	Suhu (°C)	pH	Suhu (°C)	pH	Suhu (°C)	pH	Suhu (°C)	pH	Suhu (°C)	pH	(mg/L)	Suhu (°C)	pH	
Januari	55	11	51	11	38	11	37	10	36	8	36	8	34	7	4	35	7	
Februari	56	11	52	11	38	11	38	10	37	8	36	7	35	7	4	35	7	
Maret	57	11	53	11	38	10	37	11	37	8	36	8	34	7	4	35	6	
April	57	11	53	11	38	11	38	11	37	9	36	9	36	-	5	36	-	
Mei	56	10	52	10	38	10	38	11	35	9	35	9	34	8	5	34	7	
Juni	54	9	50	8	37	9	38	12	37	9	34	9	35	9	4	34	8	

Sumber: PT X, 2022

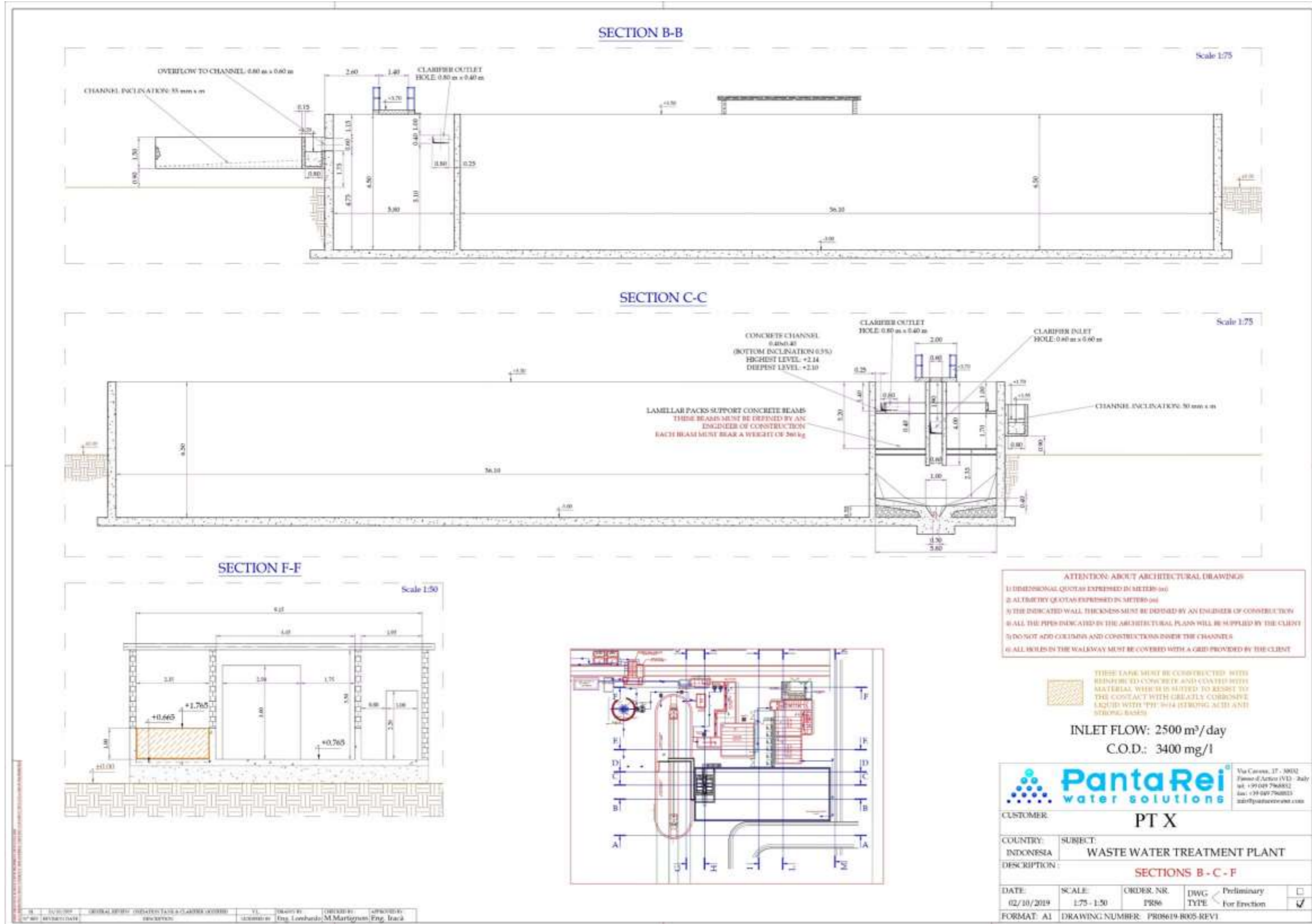
Lampiran II Detail Engineering Design (DED) IPAL PT X



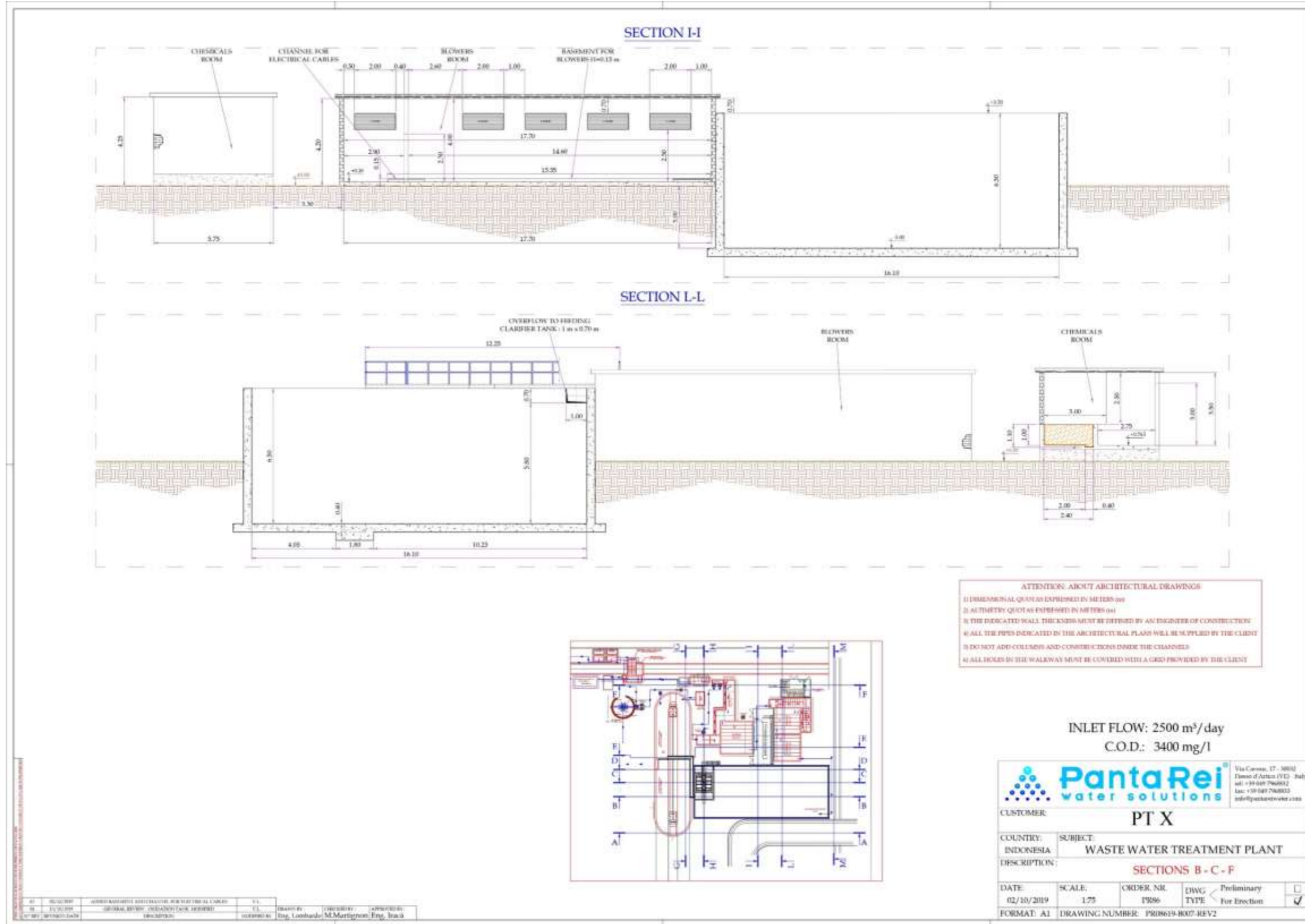
(lanjutan)



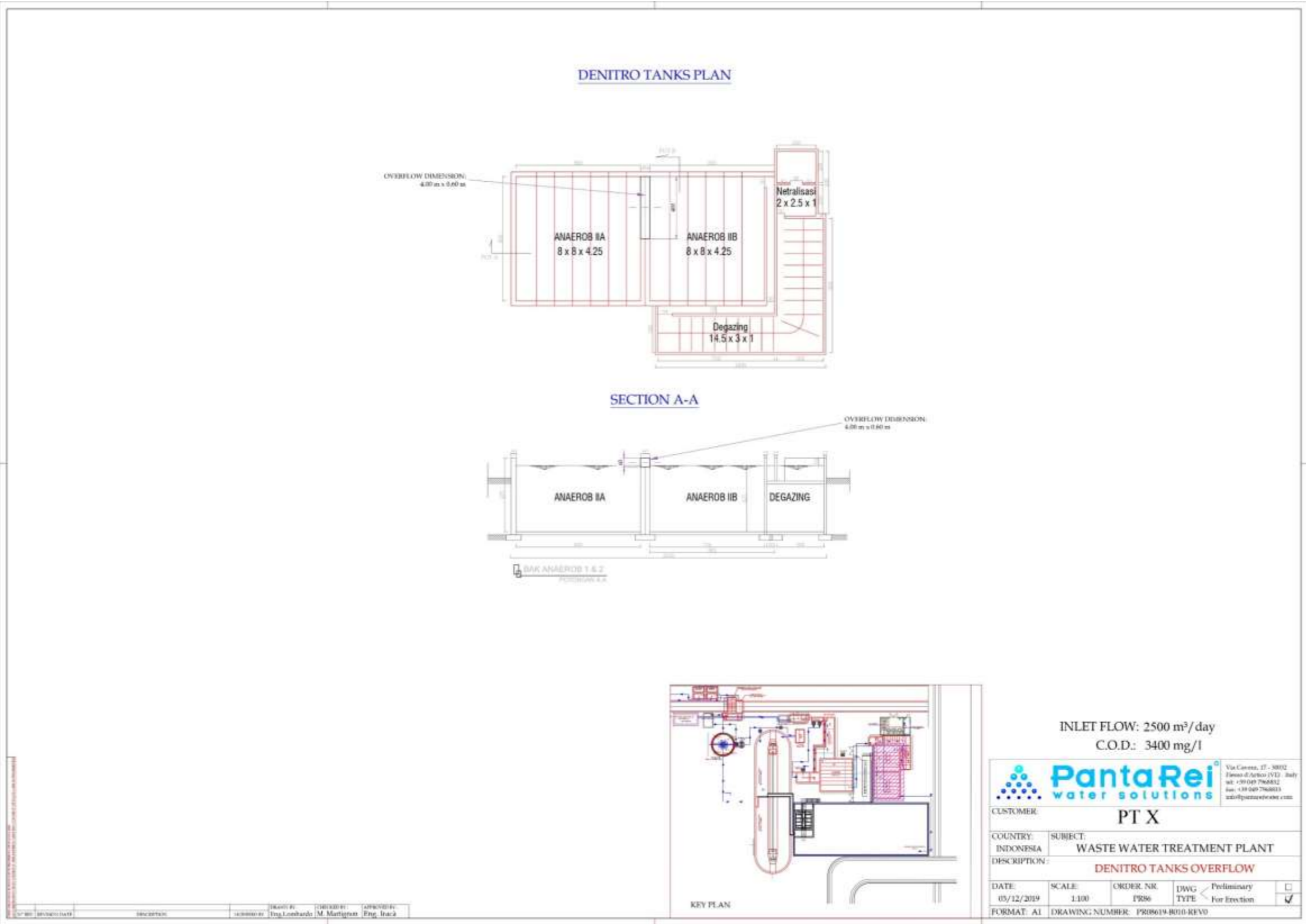
(lanjutan)

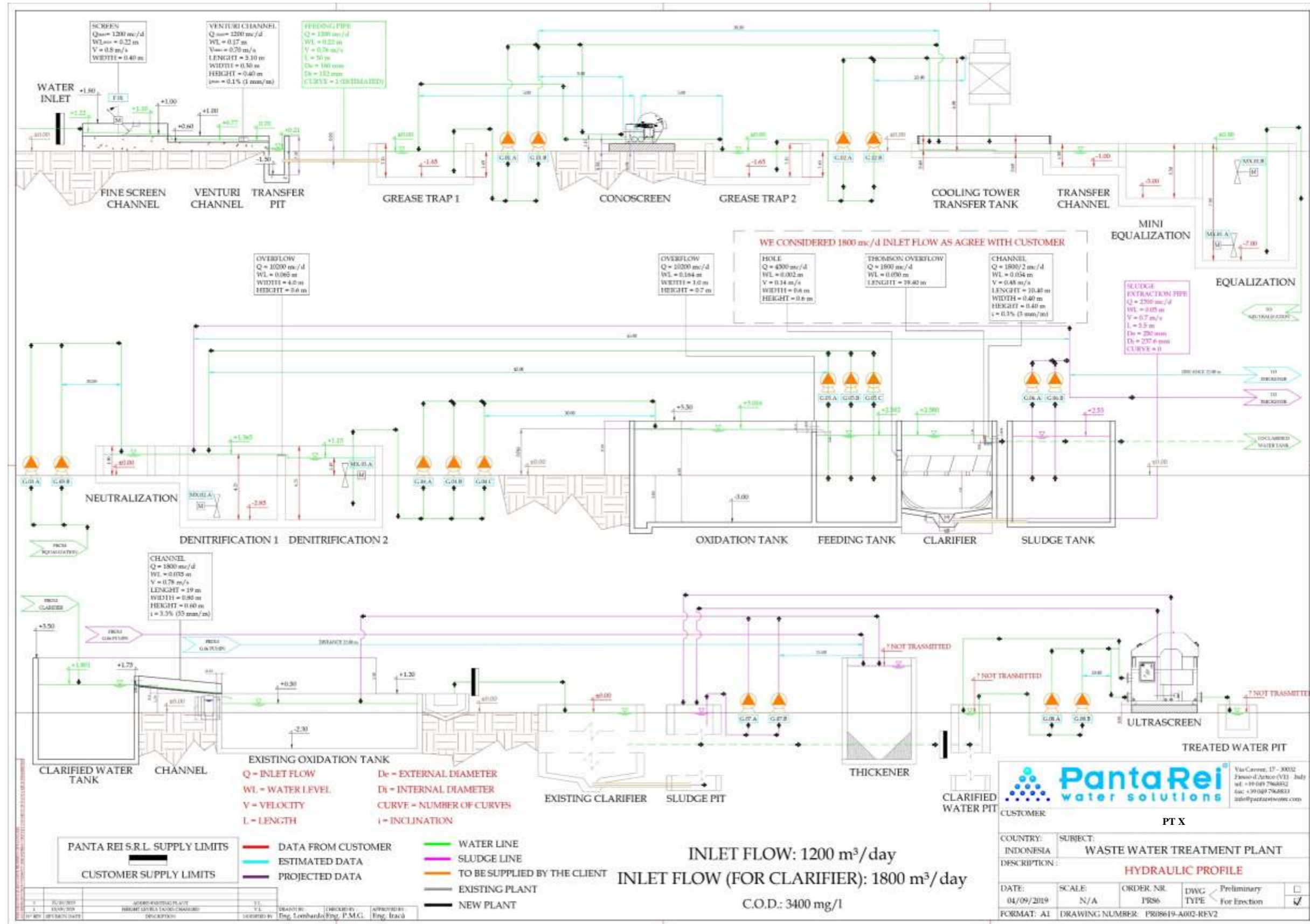


(lanjutan)



(lanjutan)





Lampiran III Dokumentasi



Lampiran IV Penilaian praktik kerja oleh perusahaan

Form Penilaian Praktik Kerja oleh Perusahaan

Nama : Syelfa Azhura Alsadilla
 NRP : 252019069
 Tempat Kerja Praktek : PT
 Periode Kerja Praktek : 25 Juli s/d 2 September 2022
 Nama Pembimbing Lapangan : Sujarwo

No.	Kompetensi	Nilai (skala 0 – 100)	Keterangan
1	Menguasai prinsip-prinsip dasar/konsep teori sains alam dan aplikasi matematika*	85.	
2	Menguasai proses pencegahan pencemaran lingkungan, prinsip dasar teknologi pengendalian lingkungan, dan konsep aplikasinya*	80.	
3	Mengaplikasikan teknologi untuk mengendalikan dan menyelesaikan permasalahan lingkungan*	85.	
4	Kemampuan Manajemen diri (waktu, tugas)	90.	
5	Kemauan belajar/mengembangkan diri	85.	
6	Kemampuan komunikasi lisan dan tulisan	80.	
7	Kemampuan bekerja dalam kelompok	80.	
8	Kemampuan mengatasi/ menyelesaikan masalah	80.	
9	Kemampuan berinisiasi / kewirausahaan	75.	
10	Kemampuan dalam perencanaan dan pengorganisasian pekerjaan/tim kerja	75.	

*Disesuaikan dengan topik dan bidang praktik kerja.


























Catatan tambahan:

Penilai



Sujarwo/2 September 2022

Lampiran V Kartu bimbingan praktik kerja















	INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN <small>Jl. PKH Hasan Maulana No.23 Bandung 40134 Indonesia, Telp: +62-22-7272215, Fax: +62-22-7202882 Website: http://www.itenas.ac.id, e-mail: buku@itenas.ac.id</small>		FRM_PMB_02/ITENAS	
	KARTU ASISTENSI/ BIMBINGAN KERJA PRAKTEK			
SEMESTER : <u>1</u> /TAHUN AJARAN: <u>2022 - 2023</u>				
NAMA/ NIM MAHASISWA	: Syelita Ashura Akadina /152019069			
JUDUL KERJA PRAKTEK	: Evaluasi Pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil di PT X Kecamatan Cikarang Barat Kabupaten Bekasi.			
NAMA PEMBIMBING	: Dr. Ir. Etih Hartati, M.T			
JURUSAN	: Teknik Lingkungan			
Pertemuan ke-	Tanggal	Uraian Bimbingan	Tanda Tangan Pembimbing	Tanda Tangan Mahasiswa
1	20/07/2022	Data yang harus disiapkan sebelum praktik kerja ke perusahaan		
2	24/08/2022	Data yang telah dikumpulkan selama praktik kerja di perusahaan		
3	11/10/2022	Bab 1, bab 2, dan proses produksi di perusahaan		
4	25/10/2022	Latar belakang, struktur organisasi, Reta perusahaan		
5	07/11/2022	Bab 1 dan 2		
6	29/11/2022	Bab 1 dan 2, Proses produksi, layout IPAL		
7	7/12/2022	Bab 1 dan 2, baku mutu, alur proses IPAL		
8	3/01/2023	Bab 1, bab 2, baku mutu terintegrasi		
9	24/01/2023	Kuantitas dan kualitas air limbah		
10	29/1/23	Kuantitas, kualitas air, baku mutu		
11	14/04/2023	Evaluasi unit identifikasi kualitas air		
12	2/05/2023	Evaluasi usg 2 unit scr detail		

	INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN <small>Jl. Pahlawan Mustopo No.23 Bandung 40124 Indonesia, Telp: +62-22-7272215, Fax: +62-22-7202882 Website: http://www.itenas.ac.id, e-mail: baku@itenas.ac.id</small>	FRM_PMB_02/ITENAS
---	---	-------------------

**KARTU ASISTENSI/ BIMBINGAN
KERJA PRAKTEK**

SEMESTER : / TAHUN AJARAN: 2022 - 2023

NAMA/ NIM MAHASISWA : Syella Achira Alzakia / 522019069
 JUDUL KERJA PRAKTEK : Evaluasi pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil PT X di Kecamatan Cisarung Barat Kabupaten Bekasi
 NAMA PEMBIMBING : Dr. Ir. Esh Hartono, M.T.
 JURUSAN : Teknik Lingkungan

Pertemuan ke-	Tanggal	Uraian Bimbingan	Tanda Tangan Pembimbing	Tanda Tangan Mahasiswa
1	16/05/2023	Evaluasi finansial, volume Channel		
2	19/05/2023	Evaluasi dimensi ^{retensi} setiap unit, waktu detensi, dan detensi rekomendasi		
3	22/5-23	Laporan akhir dan Powerpoint untuk presentasi		
4	24/05/2023	Laporan akhir dan powerpoint untuk presentasi (revisi)		
5	01/06/2023	Persiapan presentasi praktik kerja		
6	11/07/2023	Revisi setelah seminar praktik kerja		
7	13/07/2023	Revisi setelah seminar praktik kerja		
8				
9				
10				
11				
12				