

**LAPORAN PENELITIAN**



**DESAIN INSTALASI PENGOLAHAN LIMBAH LABORATORIUM  
TEKNIK KIMIA DI LINGKUNGAN  
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

**Ketua:**

**Eka Apriliasi, S.T., M.T. (NIDN: 0301049202)**

**Anggota:**

**Dr. Ir. Enjarlis, M.T., IPM (NIDN: 0308086404)  
Titieandy Lie, S. Ars., M.T. (NIDN: 0331129202)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA  
AGUSTUS 2022**

## HALAMAN PENGESAHAN

**Judul Penelitian** : Desain Instalasi Pengolahan Limbah Laboratorium Teknik Kimia Di Lingkungan Institut Teknologi Indonesia

**Jenis/Bidang Penelitian** : *Engineering and Technology*

**Tujuan Sosial Penelitian** : *Construction, Design*

**Ketua Peneliti**

Nama Lengkap : Eka Apriliasi, S.T., M.T.

NIDN : 0301049202

Jabatan Fungsional : -

Nomor HP : 0838-4873-7582

Alamat e-mail : aprilliasi064@gmail.com

**Anggota Peneliti I**

Nama Lengkap : Dr. Ir. Enjarlis, M.T., IPM.

NIDN : 0308086404

Jabatan Fungsional : Kepala Lektor

Nomor HP : 0813-8123-4418

Alamat e-mail : en.jarlis@iti.ac.id

**Anggota Peneliti II**

Nama Lengkap : Titieandy Lie, S. Ars., M.T.

NIDN : 0331129202

Jabatan Fungsional : Asisten Ahli

Nomor Hp : 0812-9003-0312

Alamat e-mail : andylie1292@gmail.com

**Anggota Mahasiswa I**

Nama Lengkap : Adi Triko Wahyono

NRP : 1221800029

**Anggota Mahasiswa I**

Nama Lengkap : Robi Gamulya

NRP : 1211900017

**Tahun Pelaksanaan** : 2022

**Instansi Sumber Dana** : *Mandiri*

Biaya Tahun berjalan, Rp. : 10.000.000,-

Biaya Beseluruhan, Rp. : 10.000.000,-

Tangerang Selatan, 25 Agustus 2022



Mengetahui,  
Kepala Program Studi Teknik Sipil

(Ir. Rahmi Yanita, M.T.)  
NIDN: 0330095701

Ketua Peneliti,

(Eka Apriliasi, S.T., M.T.)  
NIDN: 0301049202

Menyetujui,  
Pusat Riset dan Pengabdian Masyarakat (PRPM-ITI)



(Prof. Dr. Ir. Joelianingsih, M.T.)  
NIDN: 0310076406

## HALAMAN PENUGASAN



# INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA

Jl. Raya Puspiptek, Tangerang Selatan - 15314  
(021) 7562757

[www.iti.ac.id](http://www.iti.ac.id) [institutteknologiindonesia](https://www.facebook.com/institutteknologiindonesia) [@kampusITI](https://www.instagram.com/kampusITI) [Institut Teknologi Indonesia](https://www.facebook.com/InstitutTeknologiIndonesia)

### SURAT TUGAS

No. : 004/ST-PLT/PRPM-PP/ITI/V/2021

**Pertimbangan** : Bahwa dalam rangka melaksanakan kegiatan Penelitian bagi Dosen Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Indonesia, perlu dikeluarkan surat tugas.

**Dasar** : 1. Pembebanan Tugas dosen Program Studi Teknik Sipil;  
2. Surat Permohonan Tanggal 22 April 2022;  
3. Kepentingan ITI.

### DITUGASKAN

**Kepada** : Dosen Program Studi Teknik Sipil-ITI (Terlampir)

**Untuk** : 1. Melaksanakan kegiatan Penelitian pada Semester Genap Tahun Akademik 2021/2022;  
2. Melaporkan hasil tugas kepada Kepala PRPM-ITI;  
3. Dilaksanakan dengan penuh rasa tanggung jawab.

Tangerang Selatan, 12 Mei 2022

**Pusat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat  
Institut Teknologi Indonesia  
Kepala**



Prof. Dr. Ir. Joelianingsih, M.T.

Tembusan Yth.

1. Wakil Rektor Bid Akademik, Penelitian dan Kemahasiswaan
2. Ka. Biro SDMO
3. Ka. Prodi Teknik Sipil
4. Arsip

## HALAMAN PENUGASAN

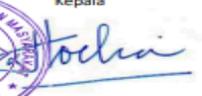
Lampiran Surat Tugas  
No. 004/ST-PLT/PRPM-PP/ITI/IV/2022  
Tanggal 22 April 2022

### DAFTAR PENELITIAN DOSEN PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL SEMESTER GENAP THN AKADEMIK: 2021/2022

Revisi 19 Agustus 2022

NO	TOPIK PENELITIAN	BIDANG	SUSUNAN TIM	SUMBER DANA	JUMLAH DANA (Rp)	KETERLIBATAN PRODI/INSTITUSI LAIN	KETERLIBATAN MAHASISWA
1	Pengujian Langsung Kuat Tekan Paving-Block Dengan Faktor Konversi	Engineering & Technology	Ketua: Rachmi Yanita, M.T., IPM	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	1. Tedy Yulistira (NIM: 121112011) 2. Padli Irawan (NIM: 1211905002)
2	Penggunaan Bekisting Bondek (Floor Deck) untuk Percepatan Waktu Proyek Bangunan Bertingkat 26 Lantai	Engineering & Technology	Ketua: Rachmi Yanita, M.T., IPM	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Terry Novi AR (NIM: 1211520037)
3	Kajian Desa Partisipasi Dan Infrastruktur Pedesaan	Lingkungan	Ir. Muhammad Isman Tumiwa, M.Si	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Tidak ada
4	Pengelolaan Lingkungan	Lingkungan	Ir. Muhammad Isman Tumiwa, M.Si	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Tidak ada
5	Kajian Lalu Lintas Perencanaan Tol Pematang Siantar - Prapat	Transportasi	Ir. Nur Hakim, MCE	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Tidak ada
6	Pengaruh Penambahan Cacahan Gelas Plastik Terhadap Kuat Tarik Belah Beton	Material	Ir. Abrar Husen, M.T	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Robby Yuliono (NIM: 1211600010)
7	Desain Instalasi Pengolahan Limbah Laboratorium Teknik Kimia di Lingkungan Institut Teknologi Indonesia	Engineering and Technology	Ketua: Eka Aprilasi, S.T., M.T Anggota: 1. Dr. Ir. Enjarlis, M.T., IPM 2. Titleandy Lie, S. Ars., M.T	Mandiri	10.000.000	1. Prodi Teknik Kimia 2. Prodi Arsitektur	1. Adi Triko Wahyono (NIM: 1221800029) 2. Robi Gamulya (NIM: 1211900017)
8	Resemblances and Synthese of Trip Behavior Attributes Between Trans Koetaradja and Trans Tangerang Bus Users	Engineering and Technology	Ketua: Verdy Ananda Upa, ST., M.T Anggota: 1. Ir. Rahmat Setyadi, M.Sc 2. Eka Aprilasi, S.T., M.T	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	1. Fajarudin Assalam 2. Fajar Nur Alim
9	Kajian Jalan Di Kawasan Industri	Transportasi	Rahmat Setyadi, M.Sc	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Deni Andriana (NIM: 1211720004)
10	Beton Berserat Alam dan Plastik	Engineering & Technology	Dr. Sc-Ing. Ir. Riana Herlina L, MT	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	2 mahasiswa
11	The Influence of external factors on construction project performance based on estimated duration in Jakarta	Engineering and Technology	Ketua: Basuki Anondho Anggota: 1. Lydiawati Soelelman 2. Yusuf Latief 3. Prof. Ir. Krishna Mochtar, MSCE, Ph.D, IPU	Mandiri	10.000.000	Untar dan UI	Tidak ada
12	Desain Penahan Tanah untuk Menanggulangi Kelongsoran Pada Sungai Ciliwung	Infrastruktur dan Pemukiman	Abi Maulana Hakim, S.T., M.T	Mandiri	10.000.000	Tidak ada	Tidak ada
13	Paving Blok dengan Limbah Plastik Berserat Alam Penunjang Green Economy untuk Bangunan Infrastruktur (Lanjutan)	Infrastruktur /Material Maju	Ketua : Dr.Sc-Ing. Ir. Riana Herlina L, MT Anggota : 1. Ir. Raskita Saragih, MS 2. Dr. Ir. Agus Hadi Santoso	Hibah Dikti	95.000.000	TIP	1. Yudhistira Pratama Setyadi (NIM: 1211700018) 2. Maula Ibnu Hudzaifah (NIM: 1211700058) 3. Ananda Noufah HS (NIM: 1211700026) 4. Bagus Arya Abiyasa (1211700020)

Pusat Riset dan Pengabdian Masyarakat  
Institut Teknologi Indonesia  
Kepala



Dr. Ir. Joelianingsih, M.T.

## RINGKASAN

Laboratorium teknologi lingkungan Teknik Kimia ITI yang merupakan fasilitas bagi mahasiswa Teknik Kimia dan teknologi pertanian dalam melakukan kegiatan praktikum kimia analitis dan penelitian kearah lingkungan. Kegiatan praktikum dan penelitian yang dilakukan di laboratorium Teknik kimia ini menggunakan zat- zat kimia yang sebagian besar bersifat bahan berbahaya dan beracun (B3). Oleh karena itu, perlu dilakukannya pengelolaan terhadap pembuangan limbah cair dari laboratorium dan dilakukan penanganan terhadap limbah cair buangan oleh penggunaan laboratorium Teknik Kimia ini.

Dimana tujuan perancangan bangunan Instalsi Pengolahan Air Limbah (IPAL) ini adalah sebagai usaha untuk mengurangi konsentrasi polutan air buangan ke badan air atau kandungan bahan pencemar dalam air yang dapat mencemari lingkungan kampus ITI. Teknologi biofilter dipilih karena keunggulannya dalam meremoval pencemar organik dengan tingkat efisiensi tinggi sampai dengan 95%. Biofilter tidak membutuhkan lahan yang luas serta menggunakan media yang sangat murah menjadikan kelebihan tersendiri dari teknologi ini.

Metode penelitian ini menggunakan data dokumentasi dan observasi lapangan bangunan gedung Laboratorium Teknik Kimia ITI. Data kebutuhan air bersih diprediksikan berdasarkan kebutuhan air yang digunakan untuk operasional Laboratorium. Hasil penelitian ini berupa desain IPAL Biofilter yang meliputi dimensi bangunan dan gambar teknik IPAL untuk mengolah air limbah yang dihasilkan oleh Laboratorium Teknik Kimia ITI, Tangerang Selatan.

**Kata Kunci:** teknologi lingkungan, kimia, *biofilter*, IPAL

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan yang Maha Esa, atas karunia yang dilimpahkan sehingga laporan pelaksanaan hasil penelitian yang berjudul “Desain Instalasi Pengolahan Limbah Laboratorium Teknik Kimia Di Lingkungan Institut Teknologi Indonesia” dapat terlaksana dengan baik dan lancar. Kegiatan ini adalah kegiatan penelitian yang didasarkan dari ilmu pengetahuan yang diaplikasikan pada skala laboratorium.

Terselenggaranya kegiatan penelitian ini berkat kerjasama dan dukungan dari berbagai pihak, sehingga kami menyampaikan ucapan terima kasih kepada Ka. Program Studi Teknik Sipil, kolega tim penelitian, dan dari pihak Ka Prodi dan Ka Lab dari Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia.

Akhir kata, kami berharap semoga hasil pelaksanaan kegiatan penelitian ini dapat menjadi bukti, dapat diteruskan ke tahun berikutnya, dan dapat diperbaiki menjadi lebih baik di kemudian hari.

Tangerang Selatan, Agustus 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENUGASAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	2
1.4. Manfaat Penelitian .....	3
1.5. Ruang Lingkup .....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1. Air Limbah .....	4
2.2. Sumber-Sumber Air Limbah .....	5
2.3. Karakteristik Air Limbah .....	6
2.4. Proses Penghilangan Air Limbah .....	11
2.5. Teknologi Pengolahan Air Limbah .....	11
2.6. Limbah Cair Di Laboratorium Teknik Kimia .....	28
<b>BAB III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>30</b>
3.1. lokasi Penelitian .....	30
3.2. Inventarisasi Data .....	31
3.3. Perencanaan Desain Ipal .....	31

3.3.1. Perhitungan Debit Air Limbah .....	31
3.3.2. Desain Ipal Biofilter .....	31
3.4. Analisis Data .....	33
3.5. Diagram Alir .....	33
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>35</b>
4.1. Penggunaan Lahan Dan Fasilitas .....	35
4.2. Perencanaan Teknis Ipal .....	36
4.2.1. Kapasitas Desain .....	36
4.2.2. Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah .....	36
4.2.2.1. Pemisah Lemak / Minyak .....	36
4.2.2.2. Reaktor Ekualisasi/Bak Sumur Pengumpul .....	37
4.2.2.3. Pompa Umpan Air Limbah .....	37
4.2.2.4. Reaktor Biofilter Anaerob – Aerob .....	38
<b>BAB V. PENUTUP .....</b>	<b>44</b>
5.1. Kesimpulan .....	44
5.2. Saran .....	45

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

No.	Judul Tabel	Hal.
2.1.	Baku Mutu Air Limbah Domestik Tersendiri .....	5
2.2.	Karakteristik Limbah Domestik Secara Umum .....	7
2.3.	Kriteria Desain Tangki Sedimentasi Primer .....	15
2.4.	Klasifikasi Trickling Filter .....	20
2.5.	Perbandingan Luas Permukaan Spesifik Media Biofilter .....	20
2.6.	Perbandingan Proses Pengolahan Air Limbah RBC dengan Lumpur Aktif.....	25
2.7.	Karakteristik Disinfektan yang Ideal .....	26
2.8.	Perbandingan Ideal dan Aktual Disinfektan yang Umum Digunakan .....	28
4.1.	Rekap dimensi IPAL Laboratorium Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia .....	43
5.1.	Data Hasil Analisis Limbah Cair Laboratorium Lingkungan Teknik Kimia-ITI. ....	44

## DAFTAR GAMBAR

<b>No.</b>	<b>Judul Gambar</b>	<b>Hal.</b>
2.1.	Komposisi Air Limbah .....	6
2.2.	Proses Pengolahan Air Limbah Secara Biologis .....	17
2.3.	Diagram proses pengolahan biofilter anaerob-aerob .....	18
2.4.	Diagram Proses Pengolahan Air Limbah dengan Sistem RBC .....	23
3.1.	Site Plan Lokasi Penelitian .....	30
3.2.	Detail Lokasi Penelitian .....	30
3.3.	Diagram Alir Penelitian .....	34
4.1.	Detail Lokasi Lahan Rencana Pembangunan IPAL .....	35

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1. LATAR BELAKANG

Institut Teknologi Indonesia (ITI) merupakan perguruan tinggi swasta yang berlokasi di Kecamatan Setu, Kota Tangerang Selatan. Selain sebagai bagian dari kawasan Taman Tekno yang merupakan salah satu kawasan *National Science and Techno Park* yang pertama dan terbesar di Indonesia, Institut Teknologi Indonesia juga digunakan sebagai bagian dari kawasan arboretum dan kebun percobaan. Kampus Institut Teknologi Indonesia itu sendiri memiliki 10 Program Sarjana dan 1 Program Profesi Insinyur yang dimana juga dilengkapi dengan fasilitas laboratorium pada masing-masing jurusan dalam menunjang kegiatan pendidikan pembelajarannya.

Salah satunya adalah laboratorium teknologi lingkungan teknik kimia ITI yang merupakan fasilitas bagi mahasiswa teknik kimia dan teknologi pertanian dalam melakukan kegiatan praktikum kimia analitis dan penelitian kearah lingkungan. Kegiatan praktikum dan penelitian yang dilakukan di laboratorium Teknik kimia ini menggunakan zat- zat kimia seperti:  $H_2SO_4$ ,  $MnSO_4$ ,  $Na_2S_2O_3$ ,  $CH_3COOH$ , Benzen, Hexane,  $HgSO_4$ ,  $K_2Cr_2O_7$ ,  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 13H_2O$ ,  $KMnO_4$ ,  $H_2C_2O_4$ ,  $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$ , ferroin, NaOH, KI, Murexide. Zat- zat kimia yang digunakan pada praktikum dan penelitian sebagian besar bersifat bahan berbahaya dan beracun (B3). Meski dalam penggunaan bahan kimia ini intensitasnya tidak terlalu tinggi dan penelitian hanya dilakukan oleh beberapa kelompok kecil, tetapi sejauh ini tidak ada proses pengelolaan terhadap limbah pembuangan dari kegiatan di laboratorium tersebut.. Hal ini dikarenakan sumber daya yang masih terbatas, sehingga jika tidak dikelola dengan baik, bahan kimia tersebut dapat menghasilkan limbah cair yang mengandung zat berbahaya dan beracun (B3). Selama ini limbah tersebut tidak diolah dan dibuang ke lingkungan sehingga dapat mencemari lingkungan perairan di sekitar kampus dan mengganggu mata pencaharian masyarakat sekitar, seperti kegiatan dalam kampus itu sendiri maupun lingkungan di luar area kampus seperti lingkungan pertanian, peternakan dan produksi tahu. Oleh karena itu, perlu dilakukannya pengelolaan terhadap pembuangan limbah cair dari laboratorium dan dilakukan penanganan terhadap limbah cair tersebut.

Berdasarkan penelitian terdahulu yang pernah dilakukan di laboratorium Teknik kimia sebagai salah satu upaya dalam mengolah limbah tersebut adalah dengan menggunakan teknologi yang sederhana dapat digunakan untuk mengolah limbah tersebut yaitu teknologi *Koagulasi-Flokulasi* (KF), yang dikombinasikan dengan teknologi *Advance Oxydation*

*Processes* (AOPs) berbasis O<sub>3</sub> (ozon) dan *granular activated carbon* (GAC). Dimana dari proses Koagulasi- Flokulasi dan AOPs menunjukkan hasil pengujian yang sangat baik untuk menghilangkan kandungan padatan pada limbah dan menurunkan konsentrasi warna limbah. Pengolahan dengan koagulasi flokulasi bertujuan untuk mengurangi padatan- padatan koloid dari limbah, sehingga diharapkan setelah melewati proses Koagulasi-Flokulasi kandungan kontaminan yang terkandung di dalam limbah cair dapat dikurangi seperti total suspended solid (TSS), kandungan logam, warna dan jika memungkinkan dapat juga menurunkan COD, sehingga, beban pengolahan dengan AOPs berbasis ozon dan karbon aktif dapat dikurangi (Chandra, 2010).

Mengingat berbagai dampak baik secara langsung maupun tidak yang dapat ditimbulkan dari limbah cair buangan oleh penggunaan laboratorium Teknik Kimia ini, maka dari itu diperlukan teknologi yang tepat dalam pengolahan terhadap air buangan sebagai usaha untuk mengurangi konsentrasi polutan air buangan ke badan air atau kandungan bahan pencemar dalam air yang dapat mencemari lingkungan.

## **1.2. PERUMUSAN MASALAH**

Adapun yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kualitas air limbah yang dihasilkan dari Laboratorium Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia?
2. Bagaimana sistem pengolahan air limbah yang sesuai untuk Laboratorium Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia?
3. Bagaimana gambar desain dari sistem pengolahan air limbah yang sesuai untuk Laboratorium Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia?

## **1.3. TUJUAN PENELITIAN**

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kualitas air limbah yang di hasilkan Laboratorium Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia.
2. Merancang bangunan-bangunan system instalasi pengolahan air limbah (IPAL) buangan yang sesuai dengan sistem pengolahan yang direncanakan.
3. Merancang desain bangunan IPAL yang sesuai untuk Laboratorium Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia.

#### **1.4. MANFAAT PENELITIAN**

Penelitian ini diharapkan dapat:

1. Mengembangkan penerapan ilmu pengetahuan di dalam bidang Teknik Sipil yang menggabungkan ilmu dari Teknik Kimia serta desain estitika dari segi ilmu Arsitektur dalam perancangan desain bangunannya berdasarkan kaidah dan ilmu pendekatan terhadap Teknik lingkungan yang berwawasan lingkungan.
2. Memberikan masukan dan acuan perancangan kepada pengembang untuk merencanakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang sesuai dengan karakteristik air limbah di Laboratorium Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia.

#### **1.5. RUANG LINGKUP**

Adapun ruang lingkup yang akan dibahas adalah aspek-aspek sistem pengolahan air limbah berupa perancangan bangunan IPAL yang sudah ada, debit aliran, pemilihan metode pengolahan yang sesuai, perencanaan dan perancangan bangunan instalasi pengolahan air limbah, yang akan diuji berasal dari outlet Laboratorium Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. AIR LIMBAH**

Masalah pencemaran air di Indonesia menunjukkan gejala yang sangat dramatis. Sumber pencemaran tidak hanya limbah industri, tetapi juga limbah domestik dan limbah rumah tangga. Selain itu, rendahnya kesadaran mereka yang membuang tanah/feses dan sampah langsung ke sungai juga mempercepat proses pencemaran sungai-sungai yang ada.

Pengertian air limbah adalah air yang telah digunakan manusia dalam berbagai aktivitasnya. Air limbah tersebut dapat berasal dari aktivitas rumah tangga, perkantoran, pertokoan, fasilitas umum, industri maupun dari tempat-tempat lain. Atau, air limbah adalah air bekas yang tidak terpakai yang dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia dalam memanfaatkan air bersih.

Air limbah (*waste water*) adalah air buangan dari masyarakat, rumah tangga, industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya (Sutapa DAI, 1999). Didalam limbah cair terkandung zat-zat pencemar dengan konsentrasi tertentu yang bila dimasukkan ke bahan air dapat mengubah kualitas airnya. Kualitas air merupakan pencerminan kandungan konsentrasi makhluk hidup, energi, zat-zat, atau komponen lain yang ada dalam air. Limbah cair mempunyai efek negative bagi lingkungan karena mengandung zat-zat beracun yang mengganggu keseimbangan lingkungan dan kehidupan makhluk hidup yang terdapat di dalamnya.

Berdasarkan Permen Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016, limbah cair adalah limbah cair lainnya adalah sisa yang dihasil oleh buangan pada setiap proses produksi atau aktivitas yang berupa cairan. Limbah cair dapat berupa air beserta bahan-bahan buangan lain yang tercampur, tersuspensi maupun terlarut dalam air. Limbah cair atau air buangan adalah sisa air yang dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya, dan pada umumnya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup (Permen LHK,2016). Berikut baku mutu air limbah domestik menurut Permen LHK no.68 Tahun 2016.

**Tabel 2.1** Baku Mutu Air Limbah Domestik Tersendiri

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

Sumber: Permen LHK,2016

Pengolahan air limbah industri meliputi mekanisme dan proses yang biasa digunakan untuk mengolah air yang terkontaminasi atau tercemar akibat kegiatan industri atau kegiatan komersial sebelum dibuang ke lingkungan atau sebelum digunakan kembali. Pada umumnya industri masih menghasilkan air limbah, walaupun negara maju kecenderungan saat ini meminimalkan atau menggunakan kembali (*reuse*) limbah di dalam proses produksinya.

## 2.2. SUMBER-SUMBER AIR LIMBAH

Sumber-sumber air limbah dibedakan menjadi 3, yaitu:

### a. Air limbah industry

Air yang dihasilkan oleh industri, baik akibat proses produksi yang dihasilkan industri maupun dari proses lainnya. Limbah non domestik adalah limbah yang berasal dari pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, transportasi dan sumber-sumber lainnya (Eddy,2008).

### b. Infiltrasi

Infiltrasi adalah masuknya air tanah ke dalam saluran air buangan melalui sambungan pipa, pipa bocor atau dinding manhole, sedangkan inflow adalah masuknya aliran air

permukaan melalui tutup manhole, atap, area, *cross connection* saluran air hujan maupun air buangan (Eddy,2008).

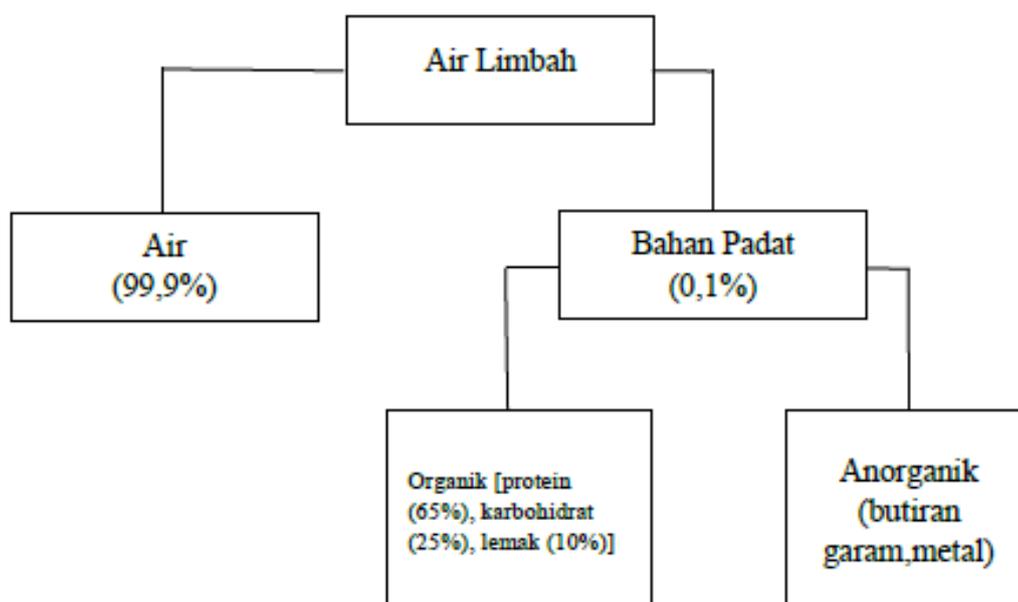
c. Air limbah domestik atau rumah tangga

Limbah cair domestik adalah limbah cair yang berasal dari usaha dan atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama. Air limbah domestik mengandung berbagai bahan yaitu kotoran, urine dan air bekas cucian yang mengandung deterjen, bakteri dan virus (Eddy,2008). (*Black Water*) dan air limbah non toilet (*Grey Water*). Air limbah toilet terdiri dari tinja, air kencing serta bilasan. Sedangkan, air limbah non toilet yakni air limbah yang berasal dari air mandi, air limbah cucian, air limbah dapur dan wastafel.

### 2.3. KARAKTERISTIK AIR LIMBAH

Sesuai dengan sumber asalnya, maka air limbah mempunyai komposisi yang sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saat. Akan tetapi secara garis besar air limbah terdiri dari air dan padatan, dimana padatan terdiri dari zat organik yang berupa karbohidrat, lemak, dan protein serta zat anorganik yang berupa garam-garam, logam-logam dan butiran.

Air limbah akan bertambah debitnya seiring pertambahan jumlah penduduk pada suatu daerah. Peningkatan ini menyebabkan kualitas dan kuantitas air buangan selalu bervariasi. Air limbah dari segi karakteristiknya biasanya terdiri dari air limbah industri dan air limbah domestik.



**Gambar 2.1** Komposisi Air Limbah (Sumber: Sugiharto,1987)

**Tabel 2.2** Karakteristik Limbah Domestik Secara Umum

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

Sumber: Nusa Idaman Said,2008

Karakteristik air limbah diperlukan untuk menentukan cara pengolahan yang tepat sehingga efektivitas dan efisiensinya dapat tercapai. Menurut Eddy (2008), ada beberapa karakteristik air buangan,yaitu:

#### 1) Karakteristik Fisik

##### a. Padatan

Padatan merupakan material yang tersuspensi atau terlarut dalam air atau air limbah. Padatan dapat mempengaruhi kualitas limbah dengan berbagai cara. Padatan total (total solid) merupakan sisa bahan yang tersisa setelah penguapan dan pengeringan sampel selanjutnya dalam oven pada suhu tertentu (103 hingga 105°C). Padatan total pada dasarnya mencakup total padatan tersuspensi (total suspended solid), yang merupakan porsi padatan keseluruhan ditahan oleh filter dan diukur setelah pengeringan pada suhu 105°C, dan total padatan terlarut (total dissolved solid), yang merupakan bagian yang melewati filter berukuran pori 2 µm (atau lebih kecil) dibawah kondisi tertentu. (Standar Method,1998).

b. Bau

Karakteristik bau paling khas dari air limbah septik berasal dari hidrogen sulfida, yang diproduksi oleh mikroorganisme anaerob yang mengubah sulfat menjadi sulfida. Bau telah dinilai sebagai perhatian utama publik untuk pelaksanaan fasilitas pengolahan air limbah. Dalam beberapa tahun terakhir, kontrol bau telah menjadi pertimbangan utama dalam desain dan operasi pengumpulan air limbah, pengolahan, dan fasilitas pembuangan, khususnya yang berkenaan dengan penerimaan publik dari fasilitas ini (Metcalf & Eddy, 2004).

c. Temperature

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

d. Warna

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

2) Karakteristik Kimia

Pada umumnya karakteristik kimia yang penting di dalam air buangan diantaranya adalah bahan organik yang terdiri dari protein, karbohidrat, minyak lemak, volatile organic compound dan pestisida. Sedangkan pengukurannya dilakukan dalam bentuk BOD dan COD. Kemudian bahan kimia organik yang terdiri dari logam berat, gas, DO, hidrogen sulfide dan metan.

a. Kimia Anorganik

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

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

b. Kimia Organik

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

c. Gas

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

d. Pengukuran Kandungan Organik

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

1. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

BOD adalah jumlah kebutuhan oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa organik yang ada dalam limbah. Hasil analisa BOD menunjukkan besarnya kandungan senyawa organik yang dapat terbiodegradasi. (Driyanti Rahayu, 2007).

*Biological Oxygen Demand* merupakan analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi dalam air. Dalam analisis BOD dilakukan pula pengukuran kandungan oksigen terlarut (DO) yang digunakan mikroorganisme dalam reaksi oksidasi terhadap

materi organik, dan standar yang digunakan reaksi oksidasi dalam kurun waktu 5 hari pada suhu 20°C. Pemeriksaan BOD dilakukan untuk menentukan beban pencemaran akibat buangan dan untuk merancang sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar. Prinsip pemeriksaan BOD didasarkan atas reaksi oksidasi zat organik dengan oksigen di dalam air, dan proses tersebut berlangsung karena adanya bakteri. Sebagai hasil oksidasi akan terbentuk karbon dioksida, air dan amoniak. Dengan demikian zat organik yang ada dalam air diukur berdasarkan jumlah oksigen yang dibutuhkan bakteri untuk mengoksidasi zat organik tersebut. (Alaerts dan Santika,1987).

## 2. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

*Chemical Oxygen Demand* atau kebutuhan oksigen kimiawi adalah jumlah kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi zat-zat organik. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya kandungan oksigen di dalam air. Hasil pengukuran COD dapat dipergunakan untuk memperkirakan BOD ultimate atau nilai BOD tidak dapat ditentukan karena bahan-bahan beracun.

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

## 3) Karakteristik Biologi

Karakteristik biologi pada air limbah merupakan hal yang penting untuk diketahui karena digunakan untuk mengontrol potensi terjadinya penyakit-penyakit bagi kehidupan manusia yang ditimbulkan oleh organisme patogen. Selain itu, reaksi-reaksi dalam air limbah seperti dekomposisi juga banyak melibatkan bakteri dan mikroorganisme lainnya. Organisme patogen yang ditemukan dalam air limbah dapat bersumber dari manusia ataupun hewan yang terinfeksi oleh penyakit tertentu, atau

yang menjadi pembawa (*carier*) untuk infeksi penyakit tertentu. Organisme patogen yang ditemukan dalam air limbah dapat diklasifikasikan menjadi 4 kategori, antara lain ialah bakteri, protozoa, helmints, dan virus.

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

#### **2.4. PROSES PENGHILANGAN AIR LIMBAH**

Pengolahan air limbah bertujuan menghilangkan parameter pencemar yang ada dalam air limbah sampai batas yang diperbolehkan untuk dibuang ke badan air sesuai dengan syarat baku mutu yang diizinkan. Pengolahan air limbah secara garis besar dapat dibagi menjadi pemisahan padatan tersuspensi (*Solid Liquid separation*), pemisahan senyawa koloid serta penghilangan senyawa polutan terlarut.

Penerapan masing-masing metode tergantung pada kualitas air baku dan kondisi fasilitas yang tersedia. Klasifikasi jenis proses pengolahan untuk menghilangkan senyawa pencemar dalam air limbah. Ditinjau dari urutannya proses pengolahan air limbah dapat dibagi menjadi pengolahan primer (*Primary Treatment*), pengolahan sekunder (*Secondary Treatment*), dan pengolahan lanjut (*Advanced Treatment*). Pengolahan primer merupakan proses pengolahan pendahuluan untuk menghilangkan padatan tersuspensi, koloid serta penetralan yang umumnya menggunakan proses fisika atau kimia. Pengolahan sekunder merupakan proses untuk menghilangkan senyawa polutan organik terlarut pada umumnya dilakukan secara biologis. Pengolahan lanjut adalah proses yang digunakan untuk menghasilkan air olahan dengan kualitas yang lebih bagus sesuai dengan yang diharapkan. Prosesnya dapat dilakukan secara fisika, bilogi, kimia ataupun kombunasi dari ketiga proses tersebut.

#### **2.5. TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR LIMBAH**

Tujuan dari pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi BOD, partikel tercampur, dan membunuh mikroorganisme pathogen, serta menghilangkan bahan nutrisi, komponen beracun yang tidak dapat didegradasi (Sugiharto, 1987).

Air limbah diolah dalam unit pengolahan sehingga air effluennya bisa dibuang ke badan air tanpa menimbulkan gangguan.

Menurut Moersidik 1996, tujuan pengolahan limbah cair adalah:

- a. Mengurangi jumlah padatan tersuspensi
- b. Mengurangi jumlah padatan terapung
- c. Mengurangi jumlah bahan organik
- d. Membunuh bakteri patogen
- e. Mengurangi jumlah bahan kimia yang berbahaya dan beracun
- f. Mengurangi unsur nutrisi (N dan P) yang berlebihan
- g. Mengurangi unsur lain yang dianggap dapat menimbulkan dampak negatif terhadap ekosistem

Metode yang digunakan untuk mengolah air limbah sering disebutkan sebagai unit operasi atau unit proses. Secara umum, unit operasi melibatkan penghilangan kontaminan dengan menggunakan gaya fisika, sementara unit proses melibatkan reaksi kimia dan atau biologis.

#### 1) Pengolahan Pendahuluan (*Preliminary Treatment*)

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

Dalam pengolahan air limbah kota dan industri, pengolahan pendahuluan seperti *screening dan shredding, grit removal, flow equalization, quality equalization* dan netralisasi mungkin diperlukan. Untuk air limbah kota, *screening dan shredding dan grit removal* selalu diperlukan untuk kinerja instalasi pengolahan yang baik.

##### a. *Screening*

*Screening* atau biasa disebut dengan *bar screen* digunakan dalam pengolahan air limbah kota atau industri, untuk menghilangkan padatan kasar berupa potongan-potongan kayu, bahan-bahan dari plastik, dan kain. Padatan yang disaring kemudian dibuang ke wadah yang terletak di belakang screen untuk penyimpanan sebelum dibuang. Peran utama *screening* adalah untuk menghilangkan bahan-bahan kasar dari aliran yang dapat merusak peralatan proses selanjutnya, mengurangi keandalan dan efektivitas proses pengolahan secara keseluruhan, atau mencemari saluran air. *Fine screen* kadang-kadang digunakan di tempat setelah *coarse screen*, dimana

penghilangan padatan yang lebih besar diperlukan untuk melindungi peralatan proses atau menghilangkan bahan-bahan yang dapat menghambat penggunaan kembali dari *biosolids*. (Reynolds & Richards, 1996).

b. *Grit Removal*

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

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

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

c. *Flow Equalization* (Bak Ekualisasi)

*Flow Equalization* merupakan peredaman variasi laju aliran untuk mencapai suatu laju aliran konstan atau hampir konstan dan dapat diterapkan dalam sejumlah situasi yang berbeda, tergantung pada karakteristik sistem pengumpulan. Waktu detensi di bak ekualisasi maksimum 30 menit untuk mencegah terjadinya pengendapan dan dekomposisi air limbah. Tinggi muka air saat kondisi puncak harus berada dibawah

aliran masuk agar tidak terjadi aliran balik. Setelah keluar dari bak ekualisasi ini, debit air buangan yang berfluktuasi akan menjadi debit rata-rata.

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

## 2) Pengolahan Primer (*Primary Treatment*)

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

### ➤ Sedimentasi Primer (*Primary Sedimentation*)

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

Tujuan utama dari sedimentasi primer adalah untuk menghilangkan *settleable solid* dan material mudah mengambang dan dengan demikian mengurangi kandungan padatan tersuspensi. Sedimentasi primer digunakan sebagai langkah awal dalam pengolahan lebih lanjut dari air limbah. Rancangan dan pengoperasian yang efisien dari tangki sedimentasi primer harus menghilangkan dari 50-70% dari padatan tersuspensi dan dari 25-40% BOD (Metcalf & Eddy, 1985).

Secara umum, tipe sedimentasi primer terdiri atas 3 jenis, yaitu *horizontal flow*, *solids contact*, dan *inclined surface*. Pada penjernih (*clarifier*) jenis aliran

*horizontal*, gradien kecepatan secara dominan berada di arah *horizontal*, yang secara fisik dapat berupa persegi panjang (*rectangular*), persegi empat (*square*), maupun sirkular (*circular*). Kriteria desain untuk sedimentasi primer dengan dapat dilihat pada table berikut.

**Tabel 2.3.** Kriteria Desain Tangki Sedimentasi Primer

Parameter	Nilai	
	Rentang	Tipikal
Waktu Tinggal, jam	1.5 – 2.5	2.0
Laju <i>Overflow</i> , m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari		
Debit Rata-Rata	32 – 48	
Debit Puncak	80 – 120	100
Beban <i>Weir</i> , m <sup>3</sup> /m.hari	125 – 500	250
Dimensi bak, m		
Kedalaman	3 – 5	3.6
Panjang	15 – 90	25 – 40
Lebar	3 – 24	6 – 10

Sumber : Peavy, Rowe, & Tchobanoglous, 1987

### 3) Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)

*Effluen* yang berasal dari pengolahan primer masih mengandung 40-50% jumlah padatan tersuspensi dan secara virtual seluruh padatan terlarut dan padatan inorganik (Peavy, Rowe, & Tchobanoglous, 1987).

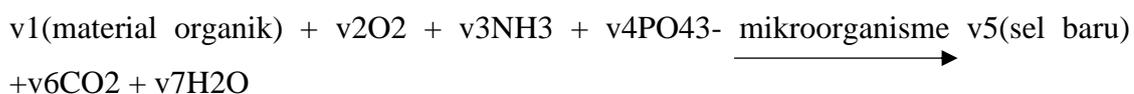
Untuk memenuhi standar baku mutu, fraksi organik ini, baik padatan tersuspensi maupun padatan terlarut harus direduksi. Penghilangan organik ini mengacu pada pengolahan sekunder, yang dapat terdiri dari proses kimia-fisika maupun proses biologis. Kombinasi dari operasi kimia-fisika seperti koagulasi, microscreening, filtrasi, oksidasi kimia, adsorpsi karbon, dan proses lain dapat digunakan untuk menghilangkan padatan dan mereduksi BOD sampai pada batas yang dapat diterima. Meskipun demikian proses ini merupakan opsi yang berbiaya tinggi baik secara kapital maupun operasional sehingga jarang digunakan. Pada prakteknya, proses biologis merupakan proses yang umum digunakan sebagai pengolahan sekunder bagi air limbah.

### 4) Pengolahan Biologis

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

pengolahan air limbah dengan aktifitas mikroorganisme biasa disebut dengan proses biologis.

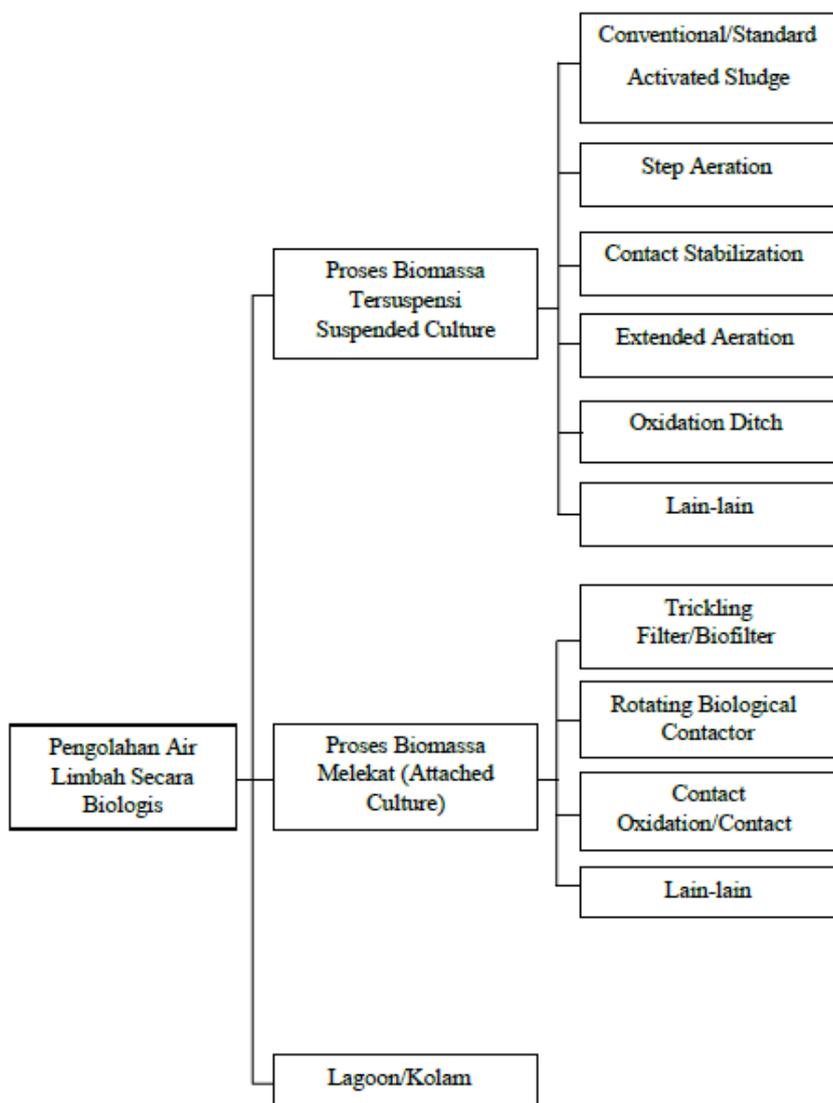
Penghilangan partikulat dan BOD karbon terlarut dan stabilisasi materi organik yang ditemukan dalam air limbah dilakukan secara biologis dengan menggunakan berbagai mikroorganisme, terutama bakteri. Mikroorganisme digunakan untuk mengoksidasi atau mengubah materi organik terlarut dan partikel karbon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



di mana:  $v_i$  = koefisien stoikiometri

Dalam Persamaan, oksigen ( $\text{O}_2$ ), amonia ( $\text{NH}_3$ ), dan fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) digunakan untuk mewakili nutrisi yang dibutuhkan untuk konversi dari bahan organik untuk produk akhir yang sederhana [yaitu karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan air]. Mikroorganisme juga digunakan untuk menghilangkan nitrogen dan fosfor dalam proses pengolahan air limbah. Bakteri tertentu mampu mengoksidasi amonia (nitrifikasi) menjadi nitrit dan nitrat, sementara bakteri lainnya dapat mengurangi nitrogen teroksidasi menjadi gas nitrogen. Untuk penghilangan fosfor, proses biologis dikonfigurasi untuk mendorong pertumbuhan bakteri dengan kemampuan untuk mengambil dan menyimpan sejumlah besar fosfor anorganik.

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



**Gambar 2.2** Proses Pengolahan Air Limbah Secara Biologis

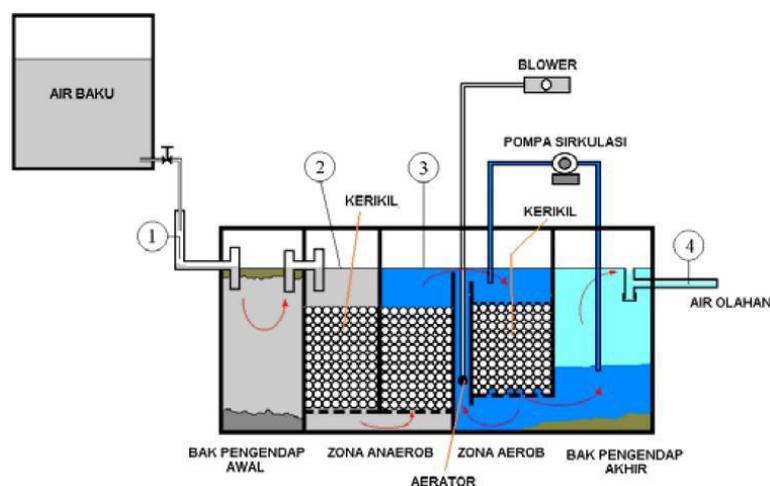
##### 5) *Biofilter Anaerob-aerob*

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

Air limbah dialirkan melalui saringan kasar (*bar screen*) untuk menyaring sampah yang berukuran besar seperti sampah daun, kertas, plastic, dll. Setelah melalui *bar screen* air limbah dialirkan ke bak pengendap awal untuk mengendapkan partikel lumpur pasir dan kotoran lainnya. Air limpasan dari pengendap awal kemudian dialirkan ke bak kontaktor

anaerob dengan arah aliran dari atas ke bawah dan bawah ke atas. Di dalam bak kontak anaerob diisi dengan media dari bahan plastic atau kerikil/batu split. Jumlah bak kontak anaerob ini bisa dibuat lebih dari satu sesuai dengan kualitas dan jumlah air baku yang akan diolah. Penguraian zat-zat organik yang ada dalam air limbah dilakukan oleh bakteri anaerobik atau fakultatif aerobik. Setelah beberapa hari operasi, pada permukaan media filter akan tumbuh lapisan film mikroorganisme yang akan menguraikan zat organik yang belum terurai pada bak pengendap.

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



**Gambar 2.3** Diagram proses pengolahan biofilter anaerob-aerob

Dari bak aerasi air dialirkan ke pengendap akhir. Di dalam bak ini lumpur aktif yang mengandung massa mikroorganisme diendapkan dan dipompa kembali ke bagian inlet bak aerasi dengan pompa sirkulasi lumpur. Sedangkan air limpasan dari bak pengendap akhir dialirkan ke bak klorinasi untuk membunuh bakteri patogen. Dengan kombinasi

proses anaerob dan aerob tersebut dapat menurunkan zat organik (BOD dan COD), konsentrasi ammonia, deterjen, padatan *tarsuspensi* (SS), fosfat dan lainnya.

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

1. Adanya air buangan yang melalui media kerikil yang terdapat pada biofilter mengakibatkan timbulnya lapisan lendir yang menyelimuti kerikil atau yang disebut juga biological film.
2. Efisiensi penyaringan akan sangat besar karena dengan adanya *biofilter up flow* yakni penyaringan dengan sistem aliran dari bawah ke atas akan mengurangi kecepatan partikel yang terdapat pada air buangan dan partikel yang tidak terbawa aliran ke atas akan mengendapkan di dasar bak filter. Sistem biofilter anaerob-aerob ini sangat sederhana, operasinya mudah dan tanpa memakai bahan kimia serta tanpa membutuhkan energi. Proses ini cocok digunakan untuk mengolah air limbah dengan kapasitas yang tidak terlalu besar.
3. Dengan kombinasi proses Anaerob-Aerob, efisiensi penghilangan senyawa fospor menjadi lebih besar bila dibandingkan dengan proses anaerob atau proses aerob saja. Selama berada pada kondisi anaerob, senyawa fospor anorganik yang ada dalam sel-sel mikroorganisme akan keluar sebagai akibat hidrolisa senyawa fospor. Sedangkan energi yang dihasilkan digunakan untuk menyerap BOD (senyawa organik) yang ada di dalam air limbah. Selama berada pada kondisi aerob, senyawa fospor terlarut akan diserap oleh bakteri atau mikroorganisme dan akan sintesa menjadi polyphosphat dengan menggunakan energi yang dihasilkan oleh proses oksidasi senyawa organik (BOD). Dengan demikian dengan kombinasi proses anaerob-aerob dapat menghilangkan BOD maupun fospor dengan baik. Proses ini dapat digunakan untuk pengolahan air limbah dengan beban organik yang cukup besar.
  - a. Pengelolaannya sangat mudah.
  - b. Biaya operasinya rendah.
  - c. Dibandingkan dengan proses lumpur aktif, Lumpur yang dihasilkan relatif sedikit.
  - d. Dapat menurunkan konsentrasi senyawa nitrogen atau phosphor yang dapat menyebabkan eutrophikasi.
  - e. Suplai udara untuk aerasi relative kecil
  - f. Dapat digunakan untuk air limbah dengan beban BOD yang cukup besar.

- g. Dapat menghilangkan padatan tersuspensi (SS) dengan baik.

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

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

**Tabel 2.4** Klasifikasi Trickling Filter

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

Sumber : Metcalf & Eddy, 2004

**Tabel 2.5** Perbandingan Luas Permukaan Spesifik Media Biofilter

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

Sumber: Nusa Idaman Said, 2005

6) Lumpur Aktif (*activated sludge*)

Secara umum proses biologis yang terdapat dalam sistem aerasi biologis atau lebih dikenal dengan *Activated Sludge* adalah sebagai berikut. Air limbah yang mengalir kedalam bak aerasi (*aeration basin*) mengandung material organik (BOD) sebagai suplai makanan. Bakteri memetabolisasi sampah organik tersebut, menghasilkan pertumbuhan dengan mengambil oksigen terlarut dan melepaskan karbon dioksida. Lumpur aktif merupakan massa biologik kompleks yang dihasilkan bila limbah organik diberi penanganan secara aerobik. Lumpur akan mengandung berbagai ragam mikroorganisme heterotrof termasuk bakteri, protozoa dan bentuk kehidupan yang lebih tinggi. Dengan kata lain, lumpur aktif merupakan campuran antara lumpur dan mikroorganisme yang memiliki kemampuan untuk mengolah limbah (Laksmi dkk,1993).

Protozoa menggunakan bakteri sebagai energy untuk bereproduksi. Beberapa pertumbuhan microbial mati, melepaskan isi kandungan sel kedalam air limbah untuk proses resintesis. Setelah penambahan populasi besar mikroorganisme, aerasi air limbah selama beberapa jam menghilangkan material organik dari air limbah melalui sintesis kedalam sel microbial. *Mixed liquor* secara kontinyu ditransfer kedalam *clarifier* untuk pemisahan flok biologis secara gravitasi dan melepaskan efluen yang telah melalui pengendapan. Flok yang mengendap dikembalikan secara kontinyu kedalam bak aerasi untuk pencampuran dengan air limbah yang baru memasuki bak aerasi. (Hammer, 2008).

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

a. Beban BOD (*BOD Loading rate*)

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

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

Q = debit air limbah influen (m<sup>3</sup>/hari)

S<sub>0</sub> = konsentrasi BOD dalam air limbah influen (kg/m<sup>3</sup>)

V = volume reaktor (m<sup>3</sup>)

b. *Mixed-Liquor Suspended Solids*

MLSS adalah jumlah dari bahan organik dan mineral berupa padatan terlarut termasuk mikroorganisme do dalam mixed liquor (Ignasius, 1999). MLSS

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

c. *Mixed-Liquor Volatile Suspended Solids*

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

d. *Food-to-Microorganism ratio atau Food-to-Mass-Ratio (F/M ratio)*

Parameter ini menunjukkan jumlah zat organik (BOD) yang dihilangkan dibagi dengan jumlah massa mikroorganisme di dalam bak aerasi atau reaktor. Besarnya ditunjukkan dalam kilogram BOD per kilogram MLSS per hari.

e. *Hdraulic Retention Time (HRT)*

HRT adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh larutan influen masuk dalam tangki aerasi untuk proses lumpur aktif; nilainya berbanding terbalik dengan laju pengenceran (dilution rate, D).

f. *Hdraulic Recycle Ratio*

*Hdraulic Recycle Ratio* adalah perbandingan antara jumlah lumpur yang disirkulasi ke bak aerasi dengan jumlah air limbah yang masuk ke dalam aerasi.

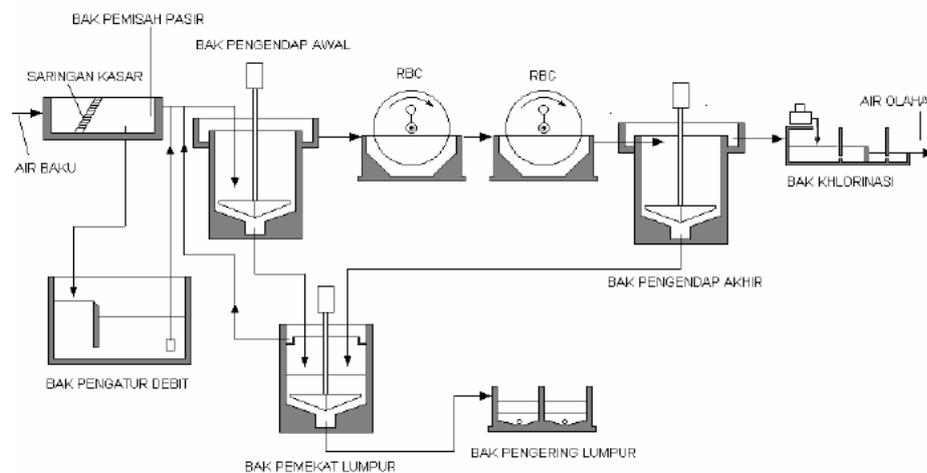
g. Umur lumpur (*Sludge Age*)

Parameter ini menunjukkan waktu tinggal rata-rata mikroorganisme dalam sistem lumpur aktif. Jika HRT memerlukan waktu dalam jam, maka waktu tinggal sel mikroba dalam bak aerasi dapat dalam hitungan hari. Parameter ini berbanding terbalik dengan laju pertumbuhan mikroba.

7) *Rotary Biological Contactor (RBC)*

Reaktor kontak biologis putar atau *rotating biological contactor* disingkat RBC merupakan adaptasi dari proses pengolahan air limbah dengan biakan melekat (*attached growth*). Media yang dipakai berupa piring (*disk*) tipis berbentuk bulat yang dipasang berjajar-jajar dalam suatu poros yang terbuat dari baja, selanjutnya diputar di dalam reaktor khusus dimana di dalamnya dialirkan air limbah secara kontinu. Secara garis besar, proses pengolahan air limbah dengan sistem RBC terdiri dari bak pemisah pasir,

bak pengendap awal, bak kontrol aliran, reaktor/kontraktor biologis putar (RBC), bak pengendap akhir, bak khlorinasi, serta unit pengolahan lumpur.



**Gambar 2.4** Diagram Proses Pengolahan Air Limbah dengan Sistem RBC

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

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

- Ratio Volume Reaktor Terhadap Luas Permukaan Media (G)  
Nilai G adalah menunjukkan kepadatan media yang dihitung sebagai perbandingan volume rektor dengan luas permukaan media. Beban BOD (*BOD Surface Loading*).

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

Q = debit air limbah yang diolah (m<sup>3</sup>/hari)

C<sub>0</sub> = konsentrasi BOD (mg/l)

A = Luas permukaan media RBC(m<sup>2</sup>)

- Beban Hidrolik (*Hydraulic Loading, HL*)  
Beban hidrolik adalah jumlah air limbah yang diolah persatuan luas permukaan media per hari. Dalam RBC, parameter ini relatif kurang begitu penting dibanding

dengan parameter beban BOD, tetapi jika beban hidrolis terlalu besar maka akan mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme pada permukaan media.

- Waktu Tinggal Rata-rata (*Average Detention Time, T*)  
Waktu tinggal rata-rata adalah debit air limbah yang diolah oleh volume efektif reaktor setiap harinya.
- Jumlah Stage (Tahap)  
Dalam reaktor RBC dapat dibuat tahapan. Semakin banyak jumlah tahap, efisiensi pengolahan juga semakin besar (Metcalf & Eddy, 2004)
- Diameter Piringan  
Diameter piringan yang kecil dengan jumlah tahapan yang banyak lebih efisien dibanding dengan diameter piringan yang besar namun jumlah tahapan yang sedikit.
- Kecepatan Putaran  
Apabila kecepatan putaran lebih besar maka transfer oksigen dari udara di dalam air limbah akan menjadi lebih besar, tetapi akan memerlukan energi yang lebih besar.
- Temperatur  
Suhu optimal untuk proses RBC berkisar antara 15-40° C. Sistem RBC relatif sensitif terhadap perubahan suhu. Suhu tergantung dari konsentrasi organik yang terlarut di limbah tersebut (Metcalf & Eddy, 2004).

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

**Tabel 2.6** Perbandingan Proses Pengolahan Air Limbah RBC dengan Lumpur Aktif

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

Sumber: Nusa Idaman Said, 2008

#### 8) Disinfeksi

Air limbah mengandung berbagai macam tipe organisme yang dapat masuk ke dalam tubuh manusia dan memiliki asosiasi dengan penyakit yang tersebar melalui air (*waterborne diseases*). Disinfeksi merupakan proses destruksi selektif penyebab penyakit yang disebabkan oleh organisme pada suatu suplay air minum atau effluen air limbah (Qasim, 1985).

Secara umum, metode disinfeksi terbagi menjadi tiga kategori, yaitu disinfeksi secara fisika, disinfeksi secara radiasi, dan disinfeksi secara kimia. Pembahasan selanjutnya hanya akan berbicara mengenai disinfeksi secara kimia.

Ada banyak tipe disinfektan kimia yang digunakan untuk aplikasi yang berbeda. Dari berbagai macam tipe ini, disinfeksi dengan klorin merupakan yang paling umum digunakan, termasuk untuk pengolahan air limbah.

Tabel 2.7 Karakteristik Disinfektan yang Ideal

Karakteristik	Properti/Respon
Ketersediaan	Harus tersedia dalam jumlah besar dan harga yang memadai
Kemampuan menghilangkan bau	Harus dapat menghilangkan bau saat desinfeksi
Homogenitas	Larutan harus seragam dalam komposisi
Interaksi dengan bahan asing	Harus tidak dapat diabsorpsi oleh zat organik selain sel bakteri
Tidak korosif dan tidak memberi Noda	Tidak merubah bentuk logam atau menodai kain
Tidak toksik terhadap tingkat kehidupan yang lebih tinggi	Harus toksik terhadap mikroorganisme dan tidak toksik terhadap manusia dan hewan lainnya
Penetrasi	Harus memiliki kapasitas untuk penetrasi melewati permukaan
Keselamatan	Harus aman untuk dipindahkan, disimpan, ditangani dan digunakan
Kelarutan	Harus dapat larut di dalam air atau jaringan sel
Stabilitas	Harus memiliki tingkat kehilangan aksi <i>germicidal</i> rendah terhadap waktu saat digunakan
Toksisitas terhadap Mikroorganisme	Harus efektif pada tingkat pengenceran tinggi
Toksisitas pada temperature Ambient	Harus efektif pada temperatur ambient

Sumber: Metcalf & Eddy, 20004.

Tabel 2.8 Perbandingan Ideal dan Aktual Disinfektan yang Umum Digunakan

Karakteristik	<i>Chlorine</i>	<i>sodium Hypochlorite</i>	<i>calcium hypochlorite</i>	<i>chlorine dioxide</i>	<i>ozone</i>	<i>UV radiation</i>
Ketersediaan/biaya	Biaya rendah	Biaya cukup rendah	Biaya cukup rendah	Biaya cukup rendah	Biaya cukup tinggi	Biaya cukup tinggi
Kemampuan menghilangkan bau	Tinggi	Sedang	Sedang	Tinggi	Tinggi	Na
Homogenitas	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen	Na
Interaksi dengan bahan asing	Mengoksidasi bahan organik	Bahan pengoksidasi aktif	Bahan pengoksidasi Aktif	Tinggi	Mengoksidasi bahan organik	Absorbansi dari radiasi UV
Tidak korosif dan tidak memberi noda	Sangat korosif	Korosif	Korosif	Sangat korosif	Sangat korosif	Na
Tidak toksik terhadap tingkat kehidupan yang lebih tinggi	Sangat toksik untuk kehidupan lebih tinggi	Toksik	Toksik	Toksik	Toksik	Toksik
Penetrasi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Sedang
Keselamatan	Tinggi	Sedang	Sedang	Tinggi	Sedang	Rendah
Kelarutan	Sedang	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Na
Stabilitas	Stabil	Sedikit tidak stabil	Relatif stabil	Tidak stabil	Tidak stabil	Na
Toksisitas terhadap mikroorganisme	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi
Toksisitas pada temperatur ambien	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Tinggi

Sumber : Metcalf & Eddy, 2004

### 9) Pengolahan Lanjutan (*Advanced Treatment*)

Pengolahan air limbah lanjutan didefinisikan sebagai pengolahan tambahan yang diperlukan untuk menghilangkan konstituen tersuspensi, koloid, dan terlarut yang tersisa setelah pengolahan sekunder konvensional. Konstituen terlarut dapat berkisar dari ion anorganik yang relatif sederhana, seperti kalium, nitrat, sulfat, dan fosfat, hingga senyawa organik sintesis yang kompleks yang jumlahnya terus meningkat.

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

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

## 2.6. LIMBAH CAIR DI LABORATORIUM TEKNIK KIMIA

Limbah laboratorium merupakan salah satu limbah yang banyak mengandung senyawa organik dan anorganik. Limbah tersebut merupakan sisa bahan kimia yang digunakan dalam praktikum. Limbah cair Laboratorium Fakultas Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia yang dihasilkan dari kegiatan praktikum dikumpulkan dalam suatu wadah dan belum dilakukan pengolahan, sehingga terjadi penumpukan. Berdasarkan zat yang terkandung di dalam limbah cair laboratorium secara kolektif dan dalam kurun waktu yang lama apabila dibuang langsung ke lingkungan akan mencemari lingkungan, seperti merusak struktur tanah, mengancam kelangsungan hidup ekosistem air maupun darat, serta

berdampak bagi kesehatan manusia. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dibuat pengolahan limbah cair Laboratorium Teknik Kimia.

Limbah cair laboratorium dapat dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Sebagian besar limbah cair laboratorium ini terdiri dari logam berat. Secara umum diketahui bahwa logam berat merupakan elemen yang berbahaya dipermukaan bumi. Beberapa unsur logam berat seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), besi (Fe), merkuri (Hg), arsen (As) dan aluminium (Al) tidak mempunyai fungsi biologi bagi manusia. Unsur logam ini termasuk ke dalam elemen mikro. Logam-logam tersebut sangat berbahaya walaupun dalam jumlah yang relatif kecil dan menyebabkan keracunan (toksik) pada makhluk hidup (Darmono, 1995). Pada penelitian ini akan digunakan limbah cair laboratorium sintesis.

Limbah Cair Laboratorium Teknik Kimia adalah zat- zat kimia sisa dari kegiatan praktikum dan penelitian oleh mahasiswa yang dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia di Institut Teknologi Indonesia. Kegiatan praktikum dan penelitian tersebut merupakan kegiatan rutin dan merupakan syarat kelulusan bagi mahasiswa khususnya Teknik Kimia. Pada kegiatan praktikum tersebut terdapat 6 modul praktikum yang harus dilakukan oleh mahasiswa sebagai percobaan praktikum. Dimana, dari sebagian bahan- bahan yang digunakan pada modul kegiatan praktikum tersebut, berkarakteristik sebagai bahan berbahaya dan beracun (B3).

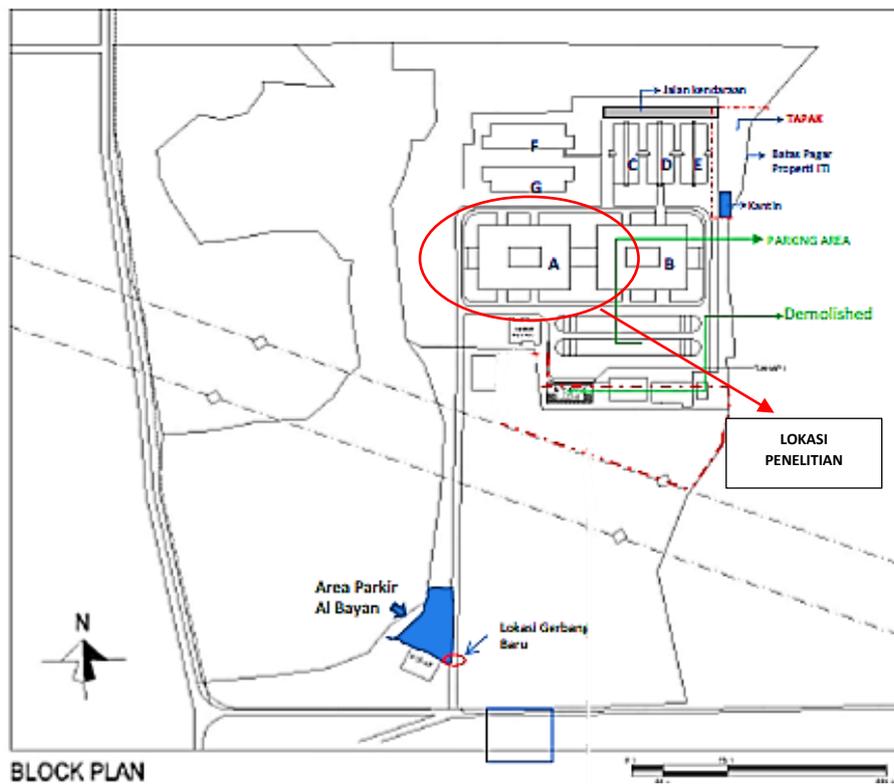
Kegiatan praktikum ini dilakukan setiap 1 minggu 2 kali, apabila dalam satu semester dilakukan praktikum, jumlah limbah cair yang ditampung akan semakin banyak. Apabila zat- zat kimia sisa kegiatan praktikum tersebut tidak diolah dengan baik kemudian dibuang kelingkungan sekitar kampus begitu saja, zat- zat kimia tersebut akan bereaksi dengan air disekitarnya dan menyebabkan pencemaran lingkungan.

## BAB III

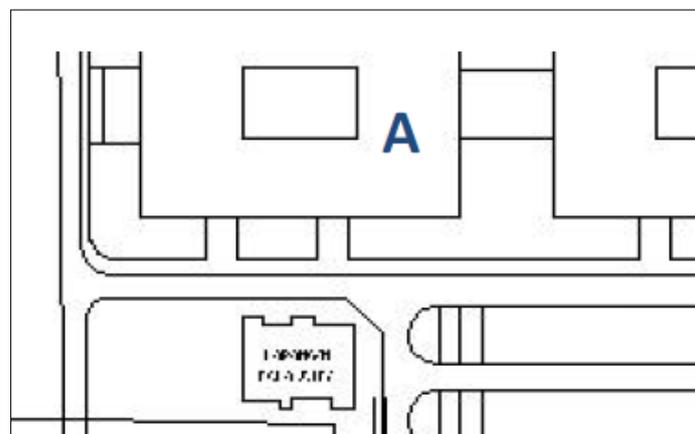
### METODE PENELITIAN

#### 3.1. LOKASI PENELITIAN

Lokasi penelitian perencanaan IPAL Biofilter adalah di Laboratorium Teknik Kimia, Institut Teknologi Indonesia, Tangerang Selatan, Banten.



Gambar 3.1. Site Plan Lokasi Penelitian



Gambar 3.2. Detail Lokasi Penelitian

## 3.2. INVENTARISASI DATA

Penelitian ini menggunakan data sekunder dan data primer. Data sekunder yang dikumpulkan antara lain:

- Profil poliklinik
- Layout poliklinik
- Fasilitas pelayanan

Sedangkan kegiatan pengumpulan data primer mencakup sebagai berikut:

- Lokasi pembuangan air limbah
- Kualitas air limbah (fisik dan kimia dan biologi)
- Debit air limbah

## 3.3. PERENCANAAN DESAIN IPAL

### 3.3.1. Perhitungan Debit Air Limbah

Menurut Butter & Davies dalam Sugito (2005) bahwa terdapat hubungan yang sangat erat antara jumlah pemakaian air rata – rata perorang per hari terhadap air limbah yang dihasilkan dan dapat dirumuskan secara sederhana sebagai berikut:

$$Q1 = x. Q$$

Dimana:

Q = konsumsi air bersih per orang per hari

Q1 = timbulan air limbah per orang per hari

X = faktor pengembalian

Dalam perencanaan pembangunan IPAL ini, peneliti menggunakan perhitungan jumlah timbulan air limbah rata – rata per hari adalah 90 % dari pemakaian air bersih rata - rata per hari.

### 3.3.2. Desain IPAL Biofilter

Desain bangunan utama IPAL *biofilter* yang direncanakan adalah sebagai berikut:

- a. Bak equalisasi/ Bak pengumpul terbuat dari pasangan batu bata, bentuk persegi panjang dilengkapi dengan *Bar Screen* berupa kawat yang terbuat dari *stainlies*.

- b. Bak Sedimentasi/ Bak pengendapan awal terbuat dari pasangan batu bata dan tertutup yang dilengkapi dengan lubang kontrol, bak berbentuk persegi panjang, air limbah masuk melalui pipa inlet secara gravitasi, pemeliharaan dengan cara pengurasan manual.

Kriteria perencanaan menurut standart JWVA dalam Said (2006) adalah:

- Waktu tinggal (*Retention time*) rata – rata = 3-5 jam
- Beban permukaan (*surface loading*) = 20-50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/hari.

- c. Reaktor *Biofilter Anaerob*, reaktor ini dipasang secara seri terhadap reaktor *biofilter aerob*, dengan bahan pasangan batu bata berbentuk persegi panjang tertutup, media filter yang digunakan batu apung dan kerikil/pecahan batu kali dengan diameter 2-3 cm, fluida/ air limbah dialirkan secara *down flow* dan *upflow*.

Kriteria perencanaan menurut standar JWVA dalam Said (2006) adalah:

- Waktu tinggal total rata – rata = 6-8 jam
- Tinggi ruang lumpur = 0,4 m
- Tinggi media pembiakan mikroba = 0,9-1,5 m
- Tinggi air di atas bed media = 0,2 m
- Beban BOD per volume media = 0,4 – 4,7kg BOD/m<sup>3</sup>/hari Beban BOD per satuan permukaan media ( $L_a$ ) = 5-30 g BOD/m<sup>2</sup>/hari.

- d. Kebutuhan oksigen:

Kebutuhan oksigen di dalam *reactor biofilter aerob* sebanding dengan jumlah BOD yang dihilangkan. *Aerasi* dilakukan dengan menghembuskan udara dari *blower* melalui *Perforated Pipe diffuser* yang dipasang di dalam air dengan buka – tutup secara otomatis. Jika suplai udara dihentikan maka diffuser akan tertutup secara otomatis (Siregar, 2005).

- e. Bak Pengendap Akhir

Bak pengendap akhir terbuat dari pasangan bata dan tertutup dilengkapi lubang kontrol, bentuk bak persegi panjang dengan pipa inlet dan outlet secara gravitasi. Bak ini berfungsi sebagai pengendap akhir sesuai kebutuhan dan air limpasan masuk ke bak *khlorinator*.

Kriteria perencanaan menurut standar JWVA dalam Said, (2006) adalah:

- Waktu tinggal (*Retention time*) rata – rata = 2-5 jam
- Beban Permukaan (*Surface Loading*) = 20-50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/hari

- f. Klorinator (Bak pembubuh Kaporit)

Klorinasi direncanakan dengan alat *dosing pump/infuse chlorinator*, dimana larutan klorin pada konsentrasi yang terukur dialirkan ke dalam air limpasan IPAL melalui saluran selang yang dilengkapi pengatur aliran/kran (Said, 2006).

#### **3.4. ANALISIS DATA**

Metode analisis data dilakukan secara diskriptif kuantitatif dilakukan dengan cara:

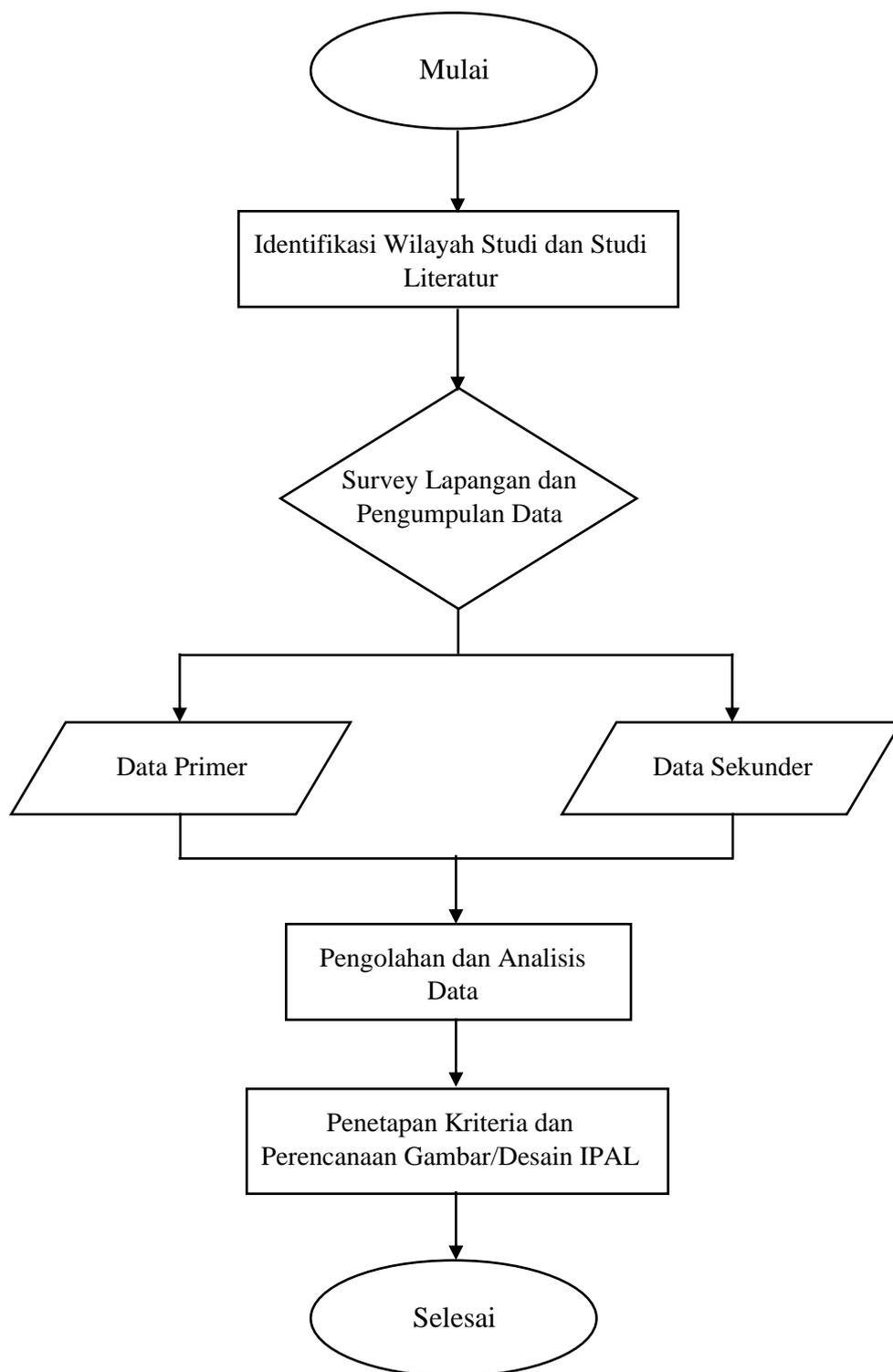
- a. Perhitungan perencanaan dimensi bangunan utama pengolahan air limbah berdasarkan kriteria perencanaan dan debit air limbah yang direncanakan.
- b. Desain perencanaan berupa gambar teknik IPAL Biofilter.

#### **3.5. DIAGRAM ALIR**

Diagram alir ini disusun dengan tujuan untuk:

1. Sebagai gambaran awal tahapan perencanaan sehingga dapat memudahkan dalam penelitian.
2. Dapat mengetahui hal-hal yang berkaitan dengan perancangan agar tujuan perencanaan tercapai dan memudahkan pembaca dalam memahami mengenai perancangan yang akan dilakukan.
3. Sebagai pedoman awal dalam pelaksanaan perencanaan sehingga kesalahan beresiko dapat diminimasi.

Tahapan perencanaan yang akan dilakukan disajikan pada Gambar 3.3.



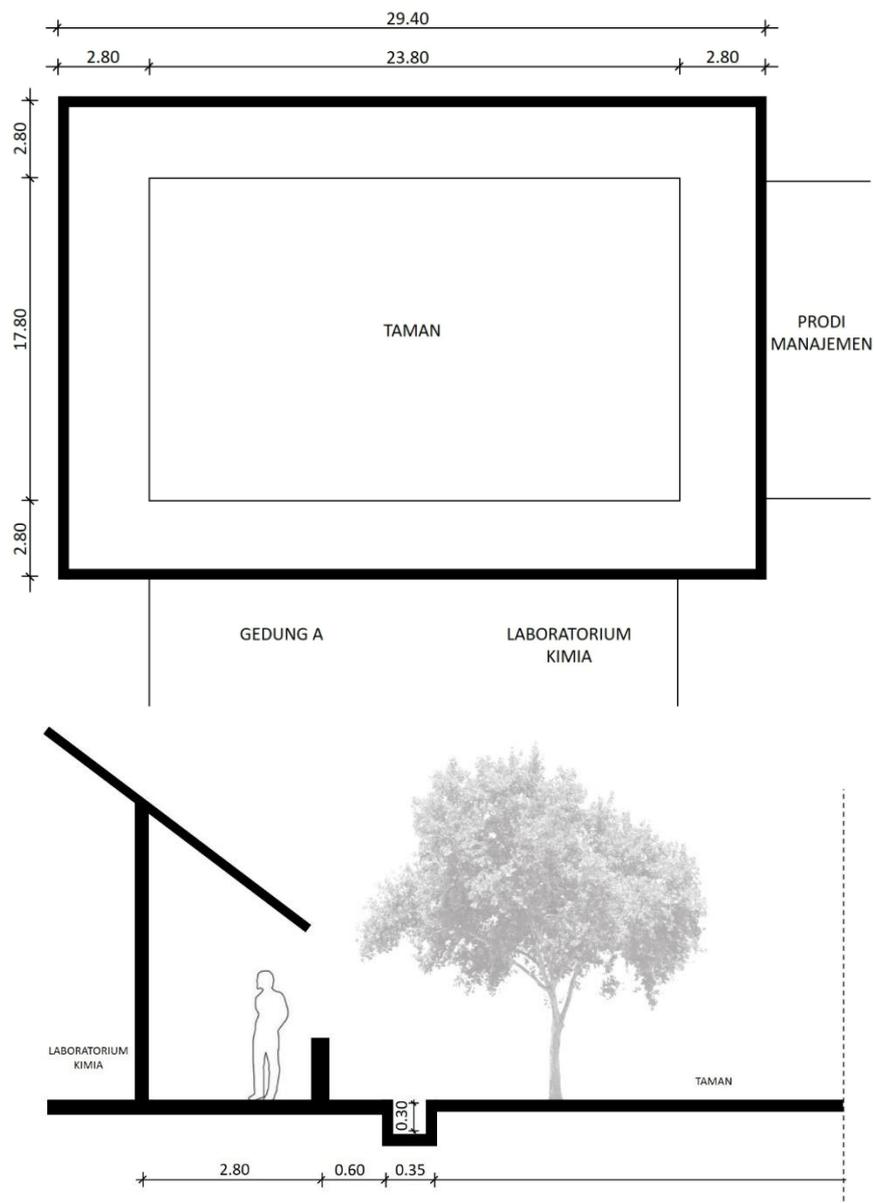
**Gambar 3.3.** Diagram Alir Penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. PENGGUNAAN LAHAN DAN FASILITAS

Luas lahan yang disiapkan untuk pembangunan IPAL untuk Laboratorium Teknik Kimia Intitut Teknologi Indonesia adalah 423 m<sup>2</sup>.



Gambar 4.1. Detail Lokasi Lahan Rencana Pembangunan IPAL

## 4.2. PERENCANAAN TEKNIS IPAL

### 4.2.1. Kapasitas Desain

Unit alat ini dirancang untuk dapat mengolah air limbah dengan debit *influent* yang digunakan yaitu sebesar sebesar 20 m<sup>3</sup>/hari, kurang lebih untuk kapasitas jumlah buangan limbah laboratorium Teknik Kimia 20.000 liter/hari. Efisiensi pengolahan yang direncanakan yaitu berkisar antara 90 - 95 % sesuai dengan efisiensi pengolahan dengan system kombinasi anaerob – aerob.

Adapun kapasitas desain yang diharapkan adalah sebagai berikut:

- a. Kapasitas IPAL :  $\pm 20 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,83 \text{ m}^3/\text{jam} = 13,83 \text{ liter}/\text{menit}$
- b. COD inlet maks : 500 mg/l
- c. BOD inlet maks : 300 mg/l
- d. Konsentrasi SS : 300 mg/l
- e. Efisiensi Pengolahan : 90%
- f. BOD Outlet : 30 mg/l
- g. SS Outlet : 30 mg/l

### 4.2.2. Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah

#### 4.2.2.1. Pemisah Lemak / Minyak

Bak pemisah lemak yang direncanakan adalah tipe gravitasi sederhana. Bak terdiri dari beberapa ruangan yang dilengkapai dengan bar screen pada bagian inletnya.. Kriteria perencanaan:

- Waktu Tinggal =  $\pm 60$  menit.
- Volume Reaktor yang Diperlukan =  $(60/(60 \times 24)) \text{ hari} \times 20 \text{ m}^3/\text{hari}$   
 $= 0,83 \text{ m}^3 \approx 1 \text{ m}^3$
- Maka dimensi bak pemisah lemak / minyak adalah:
  - Lebar = 1,0 m
  - Panjang = 1,0 m
  - Kedalaman Efektif = 1,0 m
  - Tinggi Ruang Bebas = 0,2 m
  - Volume Aktual = 1,0 m<sup>3</sup>
- Cek Waktu Tinggal =  $1,0 \text{ m}^3 / (20 \text{ m}^3/\text{hari}) = 0,05 \text{ hari}$

#### 4.2.2.2. Reaktor Ekualisasi/Bak Sumur Pengumpul

Kriteria perencanaan:

- Waktu Tinggal = 4 jam = 120 menit.
- Volume Reaktor yang Diperlukan =  $(4/24)$  hari x  $20 \text{ m}^3/\text{hari}$   
=  $3,33 \text{ m}^3$
- Maka dimensi Bak Ekualisasi adalah:
  - Lebar = 1,5 m
  - Panjang = 1,0 m
  - Kedalaman Efektif = 2,0 m
  - Tinggi Ruang Bebas = 0,5 m
  - Volume Aktual/Efektif =  $3,0 \text{ m}^3$
  - Tebal dinding = 15 cm
  - *Check*

$$td \text{ (jam)} = \frac{\text{Volume efektif (m}^3\text{)}}{\text{debit (m}^3\text{/hari)}}$$

$$td \text{ (jam)} = \frac{3,0 \text{ m}^3}{20 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$= 0,15 \text{ hari} \times 24 \text{ jam}$$

$$= 3,6 \text{ jam} \approx 4 \text{ jam}$$

jadi, waktu tinggal (td) di dalam bak = 4 jam, sesuai dengan kriteria.

#### 4.2.2.3. Pompa Umpan Air Limbah

- Debit Air Limbah =  $20 \text{ m}^3/\text{hari}$   
= 13,89 liter/menit
- Tipe pompa = Pompa Celup
- Spesifikasi Pompa
  - Kapasitas = 0,1 – 0,22  $\text{m}^3/\text{menit}$
  - Bahan = Stainless Steel
  - Total head = 8 – 11,5 m
  - Daya Listrik = 0,5 kW, 220 Volt
  - Diameter Outlet = 2"

- Perlengkapan = Water moor

#### 4.2.2.4. Reaktor Biofilter Anaerob – Aerob

##### a) Bak Pengendap Awal

- Debit Air Limbah =  $20 \text{ m}^3/\text{hari}$   
= 13,89 liter/menit
- BOD Masuk = 300 mg/l
- Efisiensi = 25%
- BOD Keluar = 225 mg/l
- Waktu Tinggal = 4 jam
- Maka volume yang diperlukan =  $(4/24) \text{ hari} \times 20 \text{ m}^3/\text{hari}$   
=  $3,33 \text{ m}^3$
- Ditetapkan dimensi Pengendap awal adalah sebagai berikut:
  - Lebar = 1,5 m
  - Panjang = 1,0 m
  - Kedalaman Efektif = 2,0 m
  - Tinggi Ruang Bebas = 0,5 m
  - Volume Aktual/Efektif =  $3,0 \text{ m}^3$
  - Tebal dinding = 15 cm
- *Check*

$$td \text{ (jam)} = \frac{\text{Volume efektif (m}^3\text{)}}{\text{debit (m}^3\text{/hari)}}$$

$$\begin{aligned} td \text{ (jam)} &= \frac{3,0 \text{ m}^3}{20 \text{ m}^3/\text{hari}} \\ &= 0,15 \text{ hari} \times 24 \text{ jam} \\ &= 3,6 \text{ jam} \approx 4 \text{ jam} \end{aligned}$$

jadi, waktu tinggal (td) di dalam bak = 4 jam, sesuai dengan kriteria.

- Beban Permukaan (*Surface Loading*)

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Debit (Q)}}{\text{panjang} \times \text{lebar}} = \frac{20 \text{ m}^3/\text{hari}}{2,0 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}} \\ &= 6,67 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \end{aligned}$$

- Waktu tinggal pada saat beban puncak = 2 jam (asumsi jumlah limbah 2 x jumlah rata-rata)
- Beban permukaan (surface loading) rata-rata =  $6,67 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$
- Beban permukaan pada saat puncak =  $13,34 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$
- Beban permukaan =  $10\text{-}20 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$

#### b) Bak Biofilter Anaerob

- Debit Air Limbah =  $20 \text{ m}^3/\text{hari}$   
= 13,89 liter/menit
- BOD Masuk = 225 mg/l
- BOD Keluar = 75 mg/l
- Kriteria Perencanaan:
  - Untuk pengolahan air dengan proses biofilter standar Beban BOD per volume media  $0,4 - 4,7 \text{ kg BOD /m}^3.\text{hari}$ .
  - Untuk Air Limbah Laboratorium Teknik Kimia, ditetapkan beban BOD yang digunakan =  $2,5 \text{ kg BOD/m}^3.\text{hari}$
- Beban BOD di dalam air limbah =  $20 \text{ m}^3/\text{hari} \times 225 \text{ g/m}^3$   
= 4500 g/hari  
= 4,5 kg/hari
- Volume media yang diperlukan =  $(4,5 \text{ kg/hari}) / (2,5 \text{ kg/m}^3.\text{hari})$   
=  $1,80 \text{ m}^3$
- Volume Media = 40% dari total reactor
- Volume reactor =  $(100/40) \times 1,80 \text{ m}^3$   
=  $4,5 \text{ m}^3$
- Ditetapkan dimensi Biofilter Anaerob adalah sebagai berikut:
  - Lebar = 1,5 m
  - Panjang = 1,5 m
  - Kedalaman Efektif = 2,0 m
  - Tinggi Ruang Bebas = 0,5 m
  - Volume Aktual/Efektif =  $4,5 \text{ m}^3$
- Cek Waktu Tinggal didalam reactor anaerob =  $\frac{4,5 \text{ m}^3}{20 \text{ m}^3 / \text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari}$   
= 5,4 jam  $\approx$  5 jam

- Tinggi ruang lumpur = 0,5 m
- Tinggi bed media mikroba = 1,2 m
- Tinggi air diatas bed media = 0,5 m
- Volume total media = 1,8 m<sup>3</sup>
- Beban BOD per volume media =  $\frac{4,5 \text{ kg BOD/hari}}{1,8 \text{ m}^3}$   
= 2,5 kg. BOD/m<sup>3</sup>hari

*Standar high rate tricliling filter:* 0,4 – 4,7 Kg BOD/m<sup>3</sup>.hari (Ebie Kunio, 1995)

### c) Bak Biofilter Aerob

- Debit Air Limbah = 20 m<sup>3</sup>/hari  
= 13,89 liter/menit
- BOD Masuk = 75 mg/l
- BOD Keluar = 30 mg/l
- Efisiensi = 60%
- Beban BOD di dalam air limbah = 20 m<sup>3</sup>/hari x 75 g/m<sup>3</sup>  
= 1500 g/hari  
= 1,5 kg/hari
- Jumlah BOD yang dihilangkan = (60/100) x 1,5 kg/hari = 0,9 kg/hari
- Volume media yang diperlukan = (0,9 kg/hari) / (1 kg/m<sup>3</sup>.hari)  
= 0,9 m<sup>3</sup>
- Volume Media = 50% dari total reactor
- Volume reactor = (100/50) x 0,9 m<sup>3</sup> = 1,8 m<sup>3</sup>
- Ditetapkan dimensi Biofilter Anaerob adalah sebagai berikut:
  - Lebar = 1,0 m
  - Panjang = 1,0 m
  - Kedalaman Efektif = 2,0 m
  - Tinggi Ruang Bebas = 0,5 m
  - Volume Aktual/Efektif = 2,0 m<sup>3</sup>
- Cek Waktu Tinggal didalam reactor anaerob =  $\frac{1,8 \text{ m}^3}{20 \text{ m}^3 / \text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari}$   
= 2,16 jam ≈ 2 jam
- Tinggi ruang lumpur = 0,5 m

- Tinggi bed media mikroba = 1,2 m
- Tinggi air diatas bed media = 0,5 m
- Volume total media = 0,9 m<sup>3</sup>
- Beban BOD per volume media =  $\frac{1,5 \text{ kg BOD/hari}}{0,9 \text{ m}^3}$   
= 1,67 kg. BOD/m<sup>3</sup>hari

*Standar high rate trickling filter: 0,4 – 4,7 Kg BOD/m<sup>3</sup>.hari (Ebie Kunio, 1995)*

#### d) Kebutuhan Oksigen/Udara

Kebutuhan oksigen di dalam reaktor biofilter aerob sebanding dengan jumlah BOD yang dihilangkan. Jadi, kebutuhan teoritis = jumlah BOD yang dihilangkan yaitu 1,5 Kg/hari.

- Faktor keamanan di tetapkan ± 2,0
- Kebutuhan oksigen teoritis = 2 x 1,5 Kg/hari = 3,0 Kg/hari
- Temperatur udara rata-rata = 28° C
- Berat udara pada suhu 28° C = 1,1725 Kg/m<sup>3</sup>
- Diasumsikan jumlah oksigen di dalam udara 23,2%

Sehingga, jumlah kebutuhan oksigen teoritis:

$$= \frac{3,0 \text{ kg/hari}}{1,1725 \text{ kg/m}^3 \times 0,232 \text{ g O}_2/\text{g Udara}}$$

$$= 11,02 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Efisiensi Difuser = 5 %
- Kebutuhan Udara Aktual = 11,02 m<sup>3</sup>/hari / 0,05 = 220,40 m<sup>3</sup>/hari  
= 0,15 m<sup>3</sup>/menit  
= 150 liter/menit
- Jika kapasitas blower adalah 100 liter/menit dan terdiri dari 2 unit, maka transfer total udara = 200 liter/menit.

#### e) Bak Pengendapan Akhir/Bak Sedimentasi Akhir

- Debit Air Limbah = 20 m<sup>3</sup>/hari  
= 13,89 liter/menit
- BOD Keluar = 30 mg/l
- Waktu Tinggal = 4 jam
- Maka volume yang diperlukan = (4/24) hari x 20 m<sup>3</sup>/hari

$$= 3,33 \text{ m}^3$$

- Ditetapkan dimensi Pengendap awal adalah sebagai berikut:

- Lebar = 1,5 m
- Panjang = 1,0 m
- Kedalaman Efektif = 2,0 m
- Tinggi Ruang Bebas = 0,5 m
- Volume Aktual/Efektif = 3,0 m<sup>3</sup>
- Tebal dinding = 15 cm

- *Check*

$$td \text{ (jam)} = \frac{\text{Volume efektif (m}^3\text{)}}{\text{debit (m}^3\text{/hari)}}$$

$$td \text{ (jam)} = \frac{3,0 \text{ m}^3}{20 \text{ m}^3\text{/hari}}$$

$$= 0,15 \text{ hari} \times 24 \text{ jam}$$

$$= 3,6 \text{ jam} \approx 4 \text{ jam}$$

jadi, waktu tinggal (td) di dalam bak = 4 jam, sesuai dengan kriteria.

- Beban Permukaan (*Surface Loading*)

$$= \frac{\text{Debit (Q)}}{\text{panjang} \times \text{lebar}} = \frac{20 \text{ m}^3\text{/hari}}{2,0 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}}$$

$$= 6,67 \text{ m}^3\text{/m}^2\text{.hari}$$

- Waktu tinggal pada saat beban puncak = 2 jam (asumsi jumlah limbah 2 x jumlah rata-rata)
- Beban permukaan (*surface loading*) rata-rata = 6,67 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari
- Beban permukaan pada saat puncak = 13,34 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari
- Beban permukaan = 10-20 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari

Berdasarkan perhitungan analisis perencanaan diperoleh rekap dimensi IPAL seperti pada tabel 4.1 Rekap dimensi IPAL Laboratorium Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia, berikut:

**Tabel 4.1** Rekap dimensi IPAL Laboratorium Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia

No	Nama Bak	Vol Yg Diperlukan (m <sup>3</sup> )	Dimensi Bak				
			P (m)	L (m)	T (m)	<i>Free Board</i> (m)	Vol. Efektif (m <sup>3</sup> )
1	Bak Pre Treatment	1,0	1,0	1,0	2,0	0,2	1,0
2	Bak Pemisah Lemak/Minyak	1,0	1,0	1,0	1,0	0,2	1,0
3	Bak Equalisasi	3,3	1,0	1,5	2,0	0,5	3,0
4	Bak Pengendapan Awal	3,3	1,0	1,5	2,0	0,5	3,0
5	Bak Biofilter Anaerob	4,5	1,5	1,5	2,0	0,5	4,5
6	Bak Biofilter Aerob						
	a. Ruang Aerasi	1,8	0,5	1,0	2,0	0,5	2,0
	b. Ruang Bed Media		1,0	1,0	2,0	0,5	
7	Bak Pengendapan Akhir	3,3	1,0	1,5	2,0	0,5	3,0
<b>TOTAL</b>			8,0				

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan perhitungan desain perencanaan IPAL Laboratorium Teknik Kimia di Institut Teknologi Indonesia, Tangerang Selatan Banten, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Kualitas air limbah yang dihasilkan oleh IPAL Laboratorium Teknik Kimia di Institut Teknologi Indonesia setelah di uji di Laboratorium dengan proses pengujian Koagulasi-Flokulasi menggunakan Koagulan PAC, yg dapat dilihat pada tabel 5.1 Data Hasil Analisis Limbah Cair Laboratorium Lingkungan Teknik Kimia-ITI.

**Tabel 5.1** Data Hasil Analisis Limbah Cair Laboratorium Lingkungan Teknik Kimia-ITI.

pH	Parameter	Konsentrasi Awal Limbah Sebelum Koagulasi	Dosis Koagulan		
			0, 25 gr	0.5gr	0.75gr
8	COD	65.536 mg/L	81.92 mg/L	92.16 mg/L	131.07 mg/L
	TSS	0.39 gr/ ml	0.74 gr/ ml	0.43 gr/ml	0.25 gr/ml
	Warna	Merah Bening	Kuning cerah	Kuning cerah	Kuning cerah
	pH	1	8	8	8

Sumber: Uji Laboratorium Teknik Kimia ITI, 2020

2. Perencanaan pembangunan IPAL Laboratorium Teknik Kimia di Institut Teknologi Indonesia akan dibangun pada lahan seluas 423 m<sup>2</sup> dengan Panjang total IPAL yaitu 8 m dan lebar 1,5 m.
3. Bangunan IPAL Laboratorium Teknik Kimia di Institut Teknologi Indonesia dirancang untuk dapat mengolah air limbah sebesar 20 m<sup>3</sup>/hari., kurang lebih untuk kapasitas jumlah buangan limbah laboratorium Teknik Kimia 20.000 liter/hari, yang dimana bangunannya terdiri dari bak *pre-treatment*, bak pemisah minyak/lemak, bak equalisasi, bak pengendapan awal, bak *biofilter anaerob*, bak *biofilter aerob* dan bak pengendapan akhir.

## 5.2. SARAN

Adapun saran yang diberikan dalam penelitian ini yang diharapkan dapat di bermanfaat dan dipergunakan bahkan dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Limbah laboratorium, sebelum masuk di pengolahan IPAL biologis, perlu diolah secara fisika dan kimia agar tidak mempengaruhi kinerja bakteri yang berada di proses biologis.
2. Pengamatan secara berkala terhadap karakteristik air buangan perlu dilakukan agar karakteristik air buangan dapat dipantau sehingga dapat dilakukan pengolahan yang lebih baik lagi.

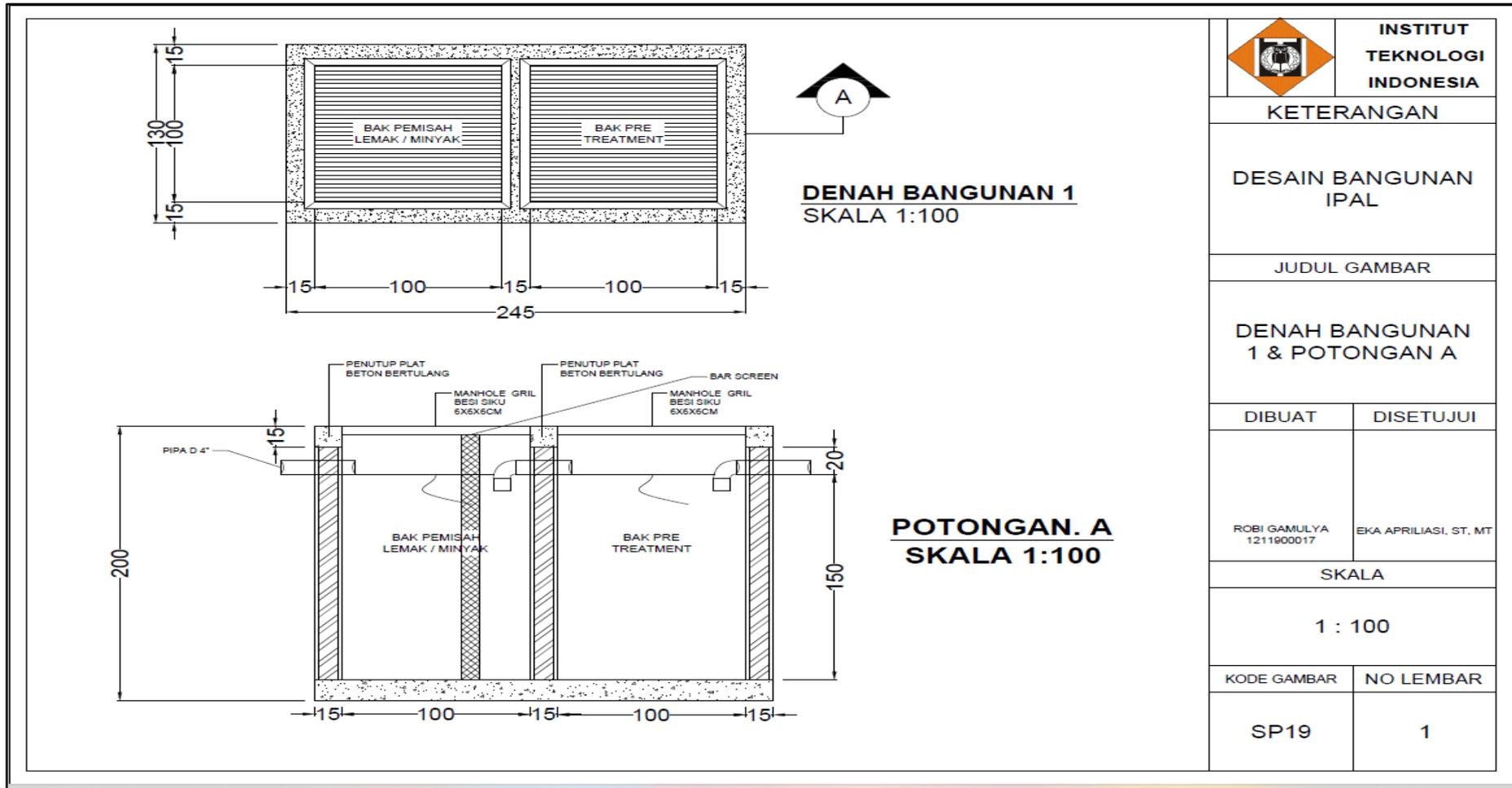
## DAFTAR PUSTAKA

- Abel, P.D. 1989. *“Water Pollution Biology”*, Ellis Horwood Limited, Chichester, West Sussex, England.
- Ahmadi, Fahmi Umar, 1995. *Konsep Penanggulangan Air Limbah Rumah Sakit*. Jakarta.
- Ansari & Yashwant. 2013. *Conceptual Design Of Wastewater Treatment Plant For The Dera Bassi Industrial Estat*, Punjab (India). Global Journals Inc. (USA). India.
- Bansal, KM. 1992. *Produced Water Treatment Technologies*. Conoco, Houston, Texas.
- Bitton Gabriel. 1984. *Wastewater Microbiology*, A John Wiley & Sons, INC, New York
- Cheremisinoff, Paul N. 1995. *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technology*, New York.
- Hammer, Mark J. & Jr, Mark J. Hammer. (2008). *Water and Wastewater Technology*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Hero, Neva. 2014. *Wastewater Treatment In Harbours*. Instituto Superior Tecnico. Lisbon.
- Marhadi. 2016. *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu Di Kecamatan Dandang Kabupaten Tanjung Jabung Timur*. Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi. Jambi.
- Metcalf & Eddy, Inc., Tchobanoglous, G., Burton, F.L., & Stensel, H.D. (2004). *Wastewater Engineering Treatment And Reuse (4th ed)*. Mc. Graw Hill. Singapore.
- Neethling, JB. 2001. *The Control Of Activated Sludge Bulking by Chlorination*. Dept of Civil Engineering, Univ Of California, Berkeley, CA, USA.
- Priyanka, Arina. 2012. *Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah Pertamina Maritime Training Center (Studi Perbandingan Dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah Gedung Pertamina Leraning Center)*. Universitas Indonesia. Depok.
- PT. Pelabuhan Indonesia I. 2015. *Laporan Tahunan 2015*. Medan.
- Qasim, Syed. (1985). *Wastewater Treatment Plants Planning, Design, And Operation*. New York : CBS College Publishing.
- Republik Indonesia. 2017. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik*. Menteri PUPR RI. Indonesia.
- Rini, Nita. 2016. *Kajian Pencemaran Air Sungai Deli Oleh Limbah Domestik Dan Industri Serta Strategi Pengendalian Pencemaran Air Di Kota Medan*. Tesis Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

- Rosidi, Mohammad. 2017. *Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pabrik Kertas Halus PT. X Sidoarjo*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Said, Nusa Idaman, 2002, *Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Proses Lumpur Aktif yang diisi Dengan Media Bioball*, Jurnal Air Indonesia Edisi Vol.BPPT, Jakarta.
- Said, Nusa Idaman (2008). *Pengelolaan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta Tinjauan Permasalahn, Strategi Dan Teknologi Pengolahan*. Pusat Teknologi Lingkungan Deputi Bidang Teknologi Pengembangan Sumberdaya Alam Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi. Jakarta.
- Samal, Swati. 2016. *Design Of Sewage Treatment Plant*. IOSR Journal Of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE). India.
- Satiti, Epifani. 2011. *Identifikasi Dan Karakteristik Limbah Cair Serta Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pasar Tradisional*. Skripsi Universitas Indonesia. Depok.
- Sawyer, Clair & Mccarty, perry L. (2003). *Chemistry For Environmental Engineering And Science, 5th Edition*. Mcgraw-Hill. Singapore.
- Sekman, et al. 2011. *Treatment Of Oily Wastewater From Port Waste Reception Facilities By Electrocoagulation*. Int. J. Environ. Res., 5(4): 1079-1086, Autumn 2011. Istanbul.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*. UI Press. Jakarta.
- Wulandari, Dwica. 2012. *Evaluasi Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah Kantor Pusat Pertamina*. Skripsi Universitas Indonesia. Depok.
- Williams, TM. 1989. "The Nutrition of Thiotrix" the Nutrition of Thiotrix water research, 23,1, pp. 15-22.
- Yenti, Sefni. 2011. *Evaluasi Instlasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit (Studi Kasus: Rumah Sakit ST. Carolus Jakarta)*. Skripsi Universitas Indonesia. Depok.

## LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Desain Rancangan Banguna IPAL



**INSTITUT  
TEKNOLOGI  
INDONESIA**

**KETERANGAN**

DESAIN BANGUNAN  
IPAL

JUDUL GAMBAR

DENAH BANGUNAN  
1 & POTONGAN A

DIBUAT	DISETUJUI
ROBI GAMULYA 1211900017	EKA APRILIASI, ST. MT

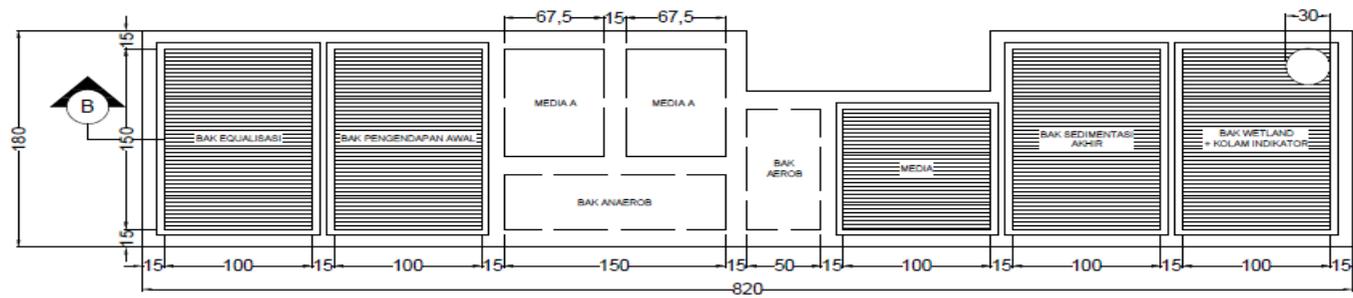
SKALA

1 : 100

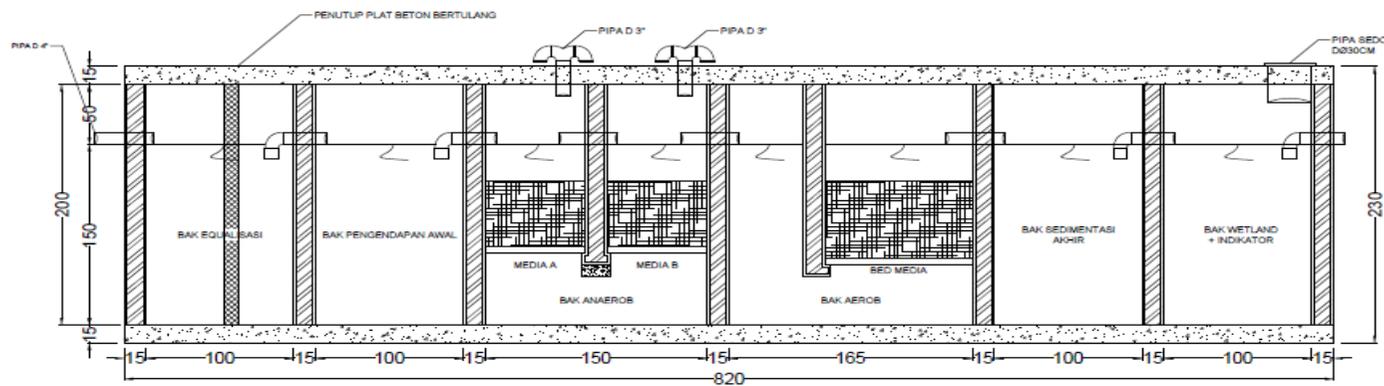
KODE GAMBAR	NO LEMBAR
-------------	-----------

SP19	1
------	---

Lampiran 1. Lanjutan



**DENAH BANGUNAN 2**  
SKALA 1:100



**POTONGAN B**  
SKALA 1:100



**INSTITUT  
TEKNOLOGI  
INDONESIA**

**KETERANGAN**

**DESAIN BANGUNAN  
IPAL**

JUDUL GAMBAR

**DENAH BANGUNAN  
2 & POTONGAN B**

DIBUAT

DISETUJUI

ROBI GAMULYA  
1211900017

EKA APRILIASI, ST, MT

SKALA

**1 : 100**

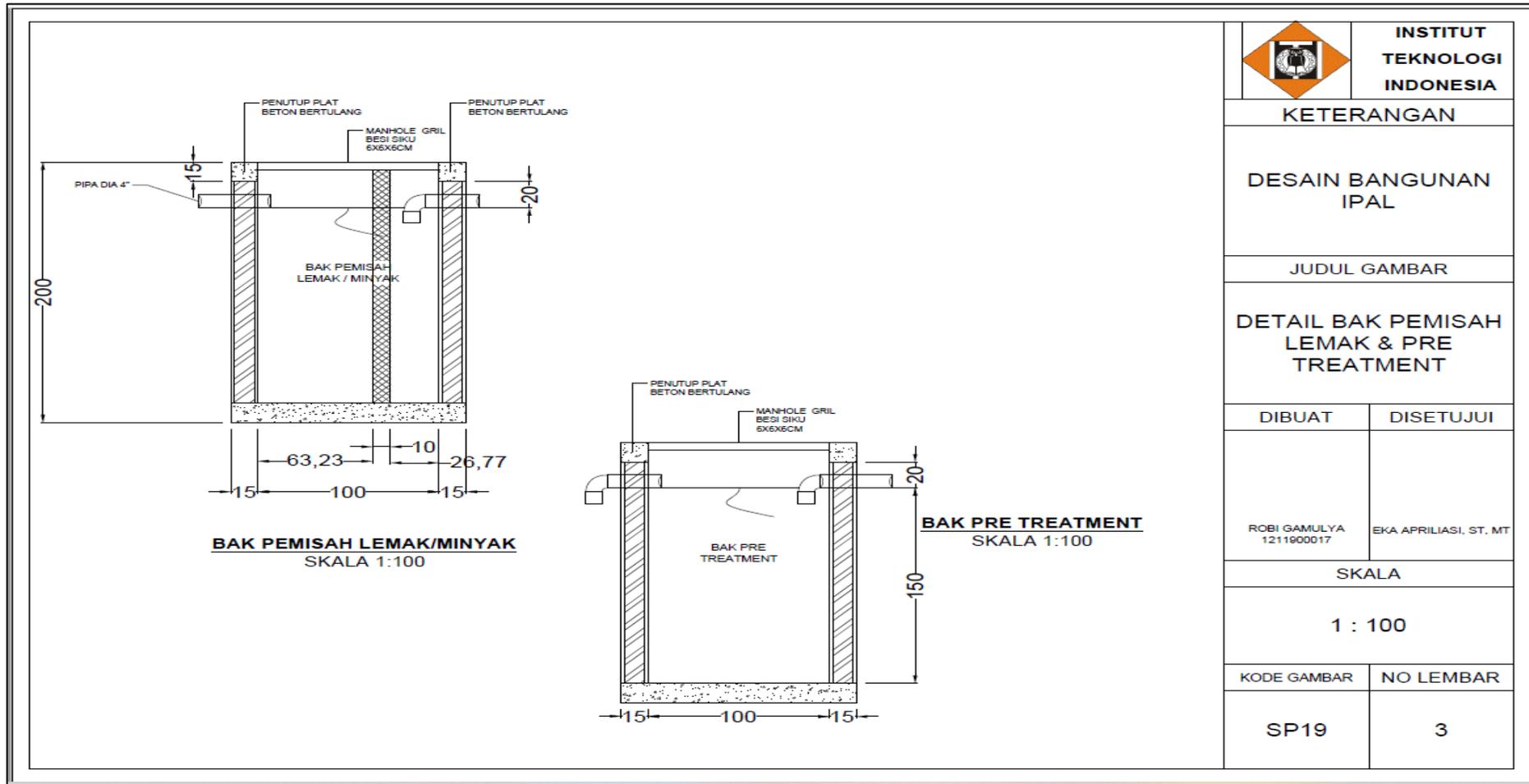
KODE GAMBAR

NO LEMBAR

**SP19**

**2**

Lampiran 1. Lanjutan



**INSTITUT  
TEKNOLOGI  
INDONESIA**

**KETERANGAN**

**DESAIN BANGUNAN  
IPAL**

JUDUL GAMBAR

**DETAIL BAK PEMISAH  
LEMAK & PRE  
TREATMENT**

DIBUAT

DISETUJUI

ROBI GAMULYA  
1211900017

EKA APRILIASI, ST. MT

SKALA

1 : 100

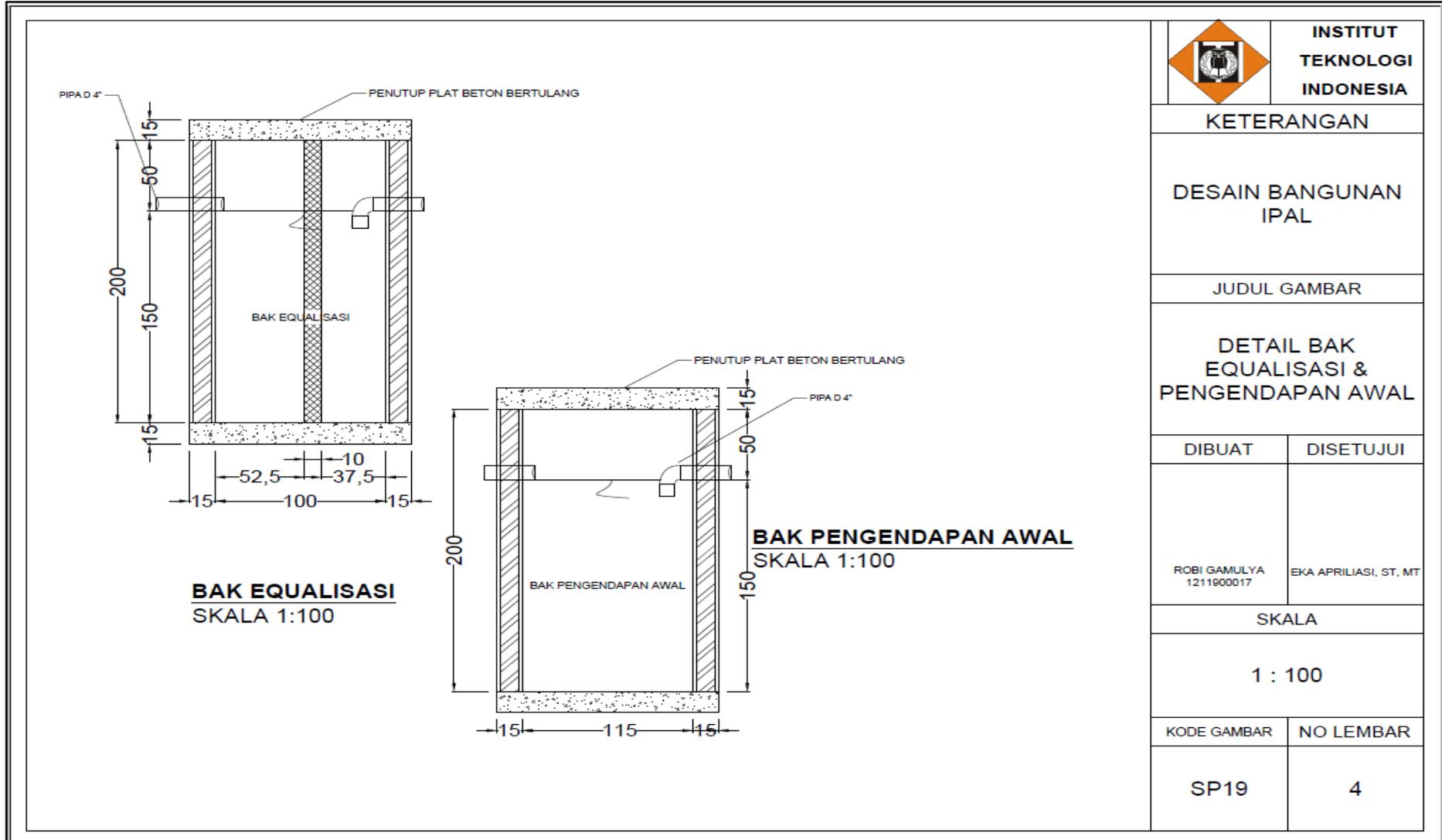
KODE GAMBAR

NO LEMBAR

SP19

3

Lampiran 1. Lanjutan



**INSTITUT  
TEKNOLOGI  
INDONESIA**

**KETERANGAN**

**DESAIN BANGUNAN  
IPAL**

**JUDUL GAMBAR**

**DETAIL BAK  
EQUALISASI &  
PENGENDAPAN AWAL**

**DIBUAT**

**DISETUJUI**

ROBI GAMULYA  
1211900017

EKA APRILIASI, ST, MT

**SKALA**

**1 : 100**

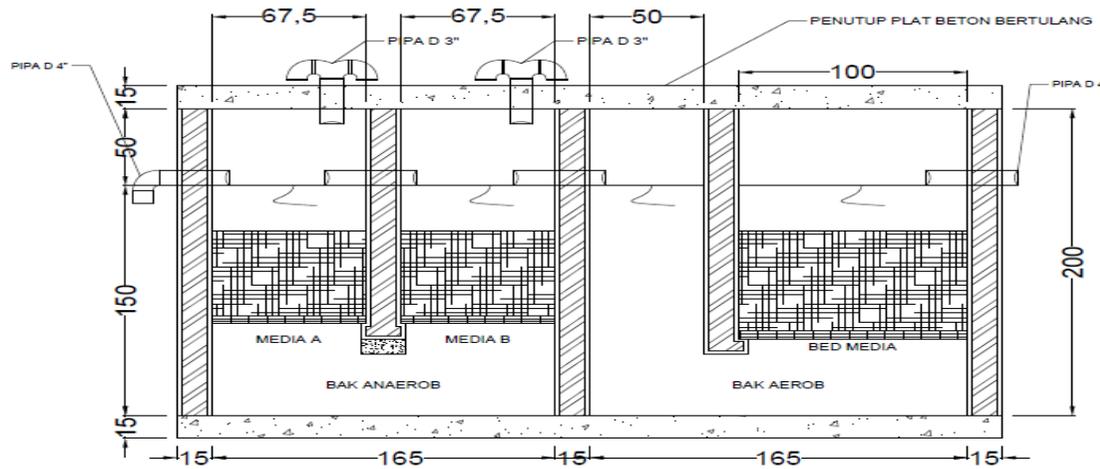
**KODE GAMBAR**

**NO LEMBAR**

**SP19**

**4**

Lampiran 1. Lanjutan



**DENAH BAK ANAEROB & AEROB**  
SKALA 1:100



**INSTITUT  
TEKNOLOGI  
INDONESIA**

**KETERANGAN**

**DESAIN BANGUNAN  
IPAL**

**JUDUL GAMBAR**

**DETAIL BAK BAK  
ANAEROB & AEROB**

**DIBUAT**

**DISETUJUI**

ROBI GAMULYA  
1211900017

EKA APRILIASI, ST. MT

**SKALA**

**1 : 100**

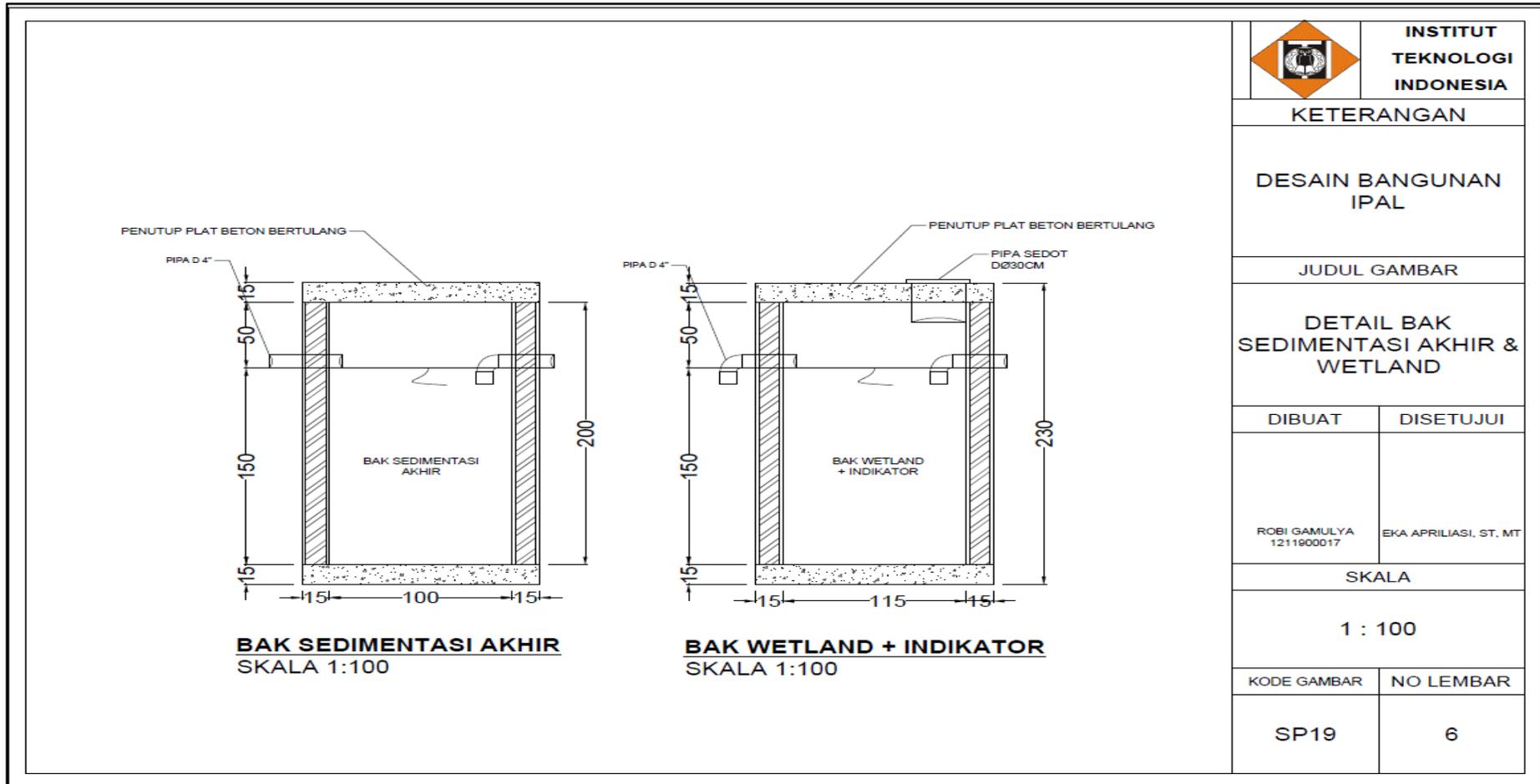
**KODE GAMBAR**

**NO LEMBAR**

**SP19**

**5**

Lampiran 1. Lanjutan



**INSTITUT  
TEKNOLOGI  
INDONESIA**

**KETERANGAN**

**DESAIN BANGUNAN  
IPAL**

**JUDUL GAMBAR**

**DETAIL BAK  
SEDIMENTASI AKHIR &  
WETLAND**

**DIBUAT**

**DISETUJUI**

ROBI GAMULYA  
1211900017

EKA APRILIASI, ST. MT

**SKALA**

**1 : 100**

**KODE GAMBAR**

**NO LEMBAR**

**SP19**

**6**

Lampiran 2. Dokumentasi Surevei Lokasi Penelitian



Lampiran 2. Lanjutan





# INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA

Jl. Raya Puspiptek, Tangerang Selatan - 15314  
(021) 7562757

[www.itl.ac.id](http://www.itl.ac.id) [institutteknologiindonesia](https://www.instagram.com/institutteknologiindonesia) [@kampusITI](https://www.facebook.com/kampusITI) Institut Teknologi Indonesia

## SURAT KETERANGAN

No: 012 /LPD-PSTK/F.3B/ VIII /2022

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa:

Telah diterima 1 (satu) eksemplar Laporan Penelitian Dosen (Hibah) oleh **Perpustakaan Pusat ITI** pada hari **Kamis, 25 Agustus 2022** dengan keterangan sebagai berikut:

### Judul Penelitian:

**DESAIN INSTALASI PENGOLAHAN LIMBAH LABORATORIUM TEKNIK KIMIA DI LINGKUNGAN INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

### TIM PENELITI :

- |  |  |
|--|--|
| 1. Nama : Eka Apriliasi, S.T., M.T.    | 2. Nama : Dr. Ir. Enjarlis, M.T., IPM. |
| NIDN/NIM : 0301049202                  | NIDN/NIM : 0308086404                  |
| Jabatan : Dosen Tetap ITI              | Jabatan : Kepala Lektor                |
| Prodi : Teknik Sipil                   | Prodi : Teknik Kimia                   |
| 3. Nama : Titieandy Lie, S. Ars., M.T. |  |
| NIDN/NIM : 0331129202                  |  |
| Jabatan : Asisten Ahli                 |  |
| Prodi : Arsitektur                     |  |

Laporan tersebut telah menjadi koleksi perpustakaan dengan No. Registrasi: **LPD 2022 012**

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat digunakan sesuai keperluan.

Tangerang Selatan, 25 Agustus 2022

**Kepala Perpustakaan Pusat ITI**

  
**Ahmad Jauzi, S.IP**