

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Lokasi Penelitian

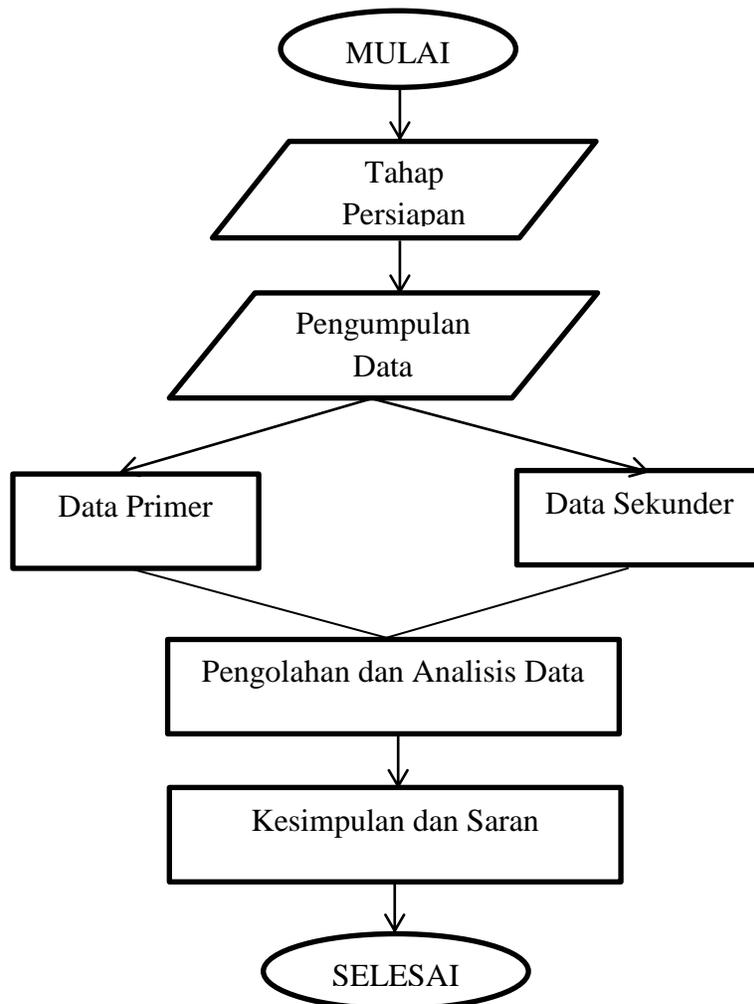
Lokasi penelitian di IPAL Setiabudi PD PAL Jaya, Jalan Sultan Agung No 1 Guntur, Setia Budi, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta, 12980. Peta lokasi dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.



**Gambar 3.1.** Lokasi IPAL Setiabudi [27]

#### 3.2. Diagram Alir Penelitian

Dalam Penelitian ini terdiri dari dua tahapan yaitu tahapan persiapan Penelitian dan tahap Penelitian. Dalam tahap Penelitian terdiri dari dua tahapan yaitu pengumpulan data kemudian analisis serta pengolahan data, untuk lebih jelas dapat dilihat pada **Gambar 3.2**. sebagai berikut.



**Gambar 3.2.** Diagram Alir Penelitian

### 3.3. Tahap Persiapan Penelitian

Tahap persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai tahapan pengumpulan data dan pengolahannya. Dalam tahap awal ini disusun hal-hal penting yang harus dilakukan dengan tujuan mengefektifkan waktu dan pekerjaan [39]. Tahap persiapan ini meliputi kegiatan:

1. Mengidentifikasi dan merumuskan masalah.
2. Penentuan kebutuhan data dan sumber data.
3. Menyusun jadwal dan rencana kerja.

4. Studi pendahuluan untuk mendapatkan gambaran yang jelas terkait dengan Penelitian.

### 3.4. Tahap Penelitian

Tahap Penelitian meliputi dua tahapan yaitu pengumpulan data serta analisis dan pengolahan data.

#### 3.4.1. Pengumpulan Data

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung melalui observasi lapangan ataupun perhitungan. Data sekunder merupakan data yang diperoleh bukan dari pengamatan secara langsung di lapangan. Dalam Penelitian ini data primer berasal dari hasil perhitungan, sedangkan data sekunder diperoleh dari studi literatur dan data perusahaan. Data yang dibutuhkan dalam Penelitian dapat dilihat pada **Tabel 3.1.**

**Tabel 3.1. Data Penelitian**

| No | Data  | Jenis Data | Sumber Data         | Metode Pengambilan Data             |
|----|---|------------|---------------------|-------------------------------------|
| 1  | Debit air limbah                            | Sekunder   | Data perusahaan     | Pengujian dengan flow meter         |
| 2  | Perhitungan debit puncak dan debit maksimum | Primer     | Perhitungan         | -                                   |
| 3  | Perhitungan efisiensi pengolahan            | Primer     | Perhitungan         | -                                   |
| 4. | Perhitungan dimensi unit lumpur aktif       | Primer     | Perhitungan         | -                                   |
| 5. | Foto unit-unit pengolahan IPAL              | Primer     | Dokumentasi Pribadi | Dokumentasi dengan <i>handphone</i> |

| No | Data   | Jenis Data | Sumber Data     | Metode Pengambilan Data  |
|----|--|------------|-----------------|--|
| 5. | Dimensi unit MBBR  | Sekunder   | Data Perusahaan | -  |
| 6. | Kualitas air limbah  | Sekunder   | Data perusahaan | Uji Laboratorium (Parameter pH, COD, BOD, Ammonia, Total Coliform dan TSS) |
| 7. | Spesifikasi media MBBR, unit HRC dan spesifikasi pompa dan <i>blower</i> | Sekunder   | Data Perusahaan | -  |

### 3.4.2. Analisis dan Pengolahan Data

Dalam penelitian ini analisis akan dilakukan secara deskriptif. Sedangkan pengolahan data dilakukan menggunakan perhitungan. Analisis dan pengolahan data pada penelitian ini meliputi:

1. Menganalisis kuantitas dan kualitas air limbah yang diolah di PD PAL Jaya.

Untuk menghitung kuantitas air limbah yang diolah oleh PD PAL Jaya dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut. Pertama dihitung debit maksimum menggunakan **Persamaan 3.1**.

#### a. Menghitung debit maksimum

$$Q_{maks} = Q_{rata-rata} \times F_{maks} \quad (3.1)$$

Keterangan:

$Q_{maks}$  : Debit maksimum ( $m^3$ )

$Q_{rata-rata}$  : Debit rata-rata ( $m^3$ )

$F_{maks}$  : Faktor maksimum

Lalu, dihitung debit puncak dengan menggunakan **Persamaan 3.2.** sebagai berikut:

**b. Menghitung debit puncak**

$$Q_p = Q_{\text{rata-rata}} \times F_{\text{puncak}} \quad (3.2)$$

Keterangan:

$Q_p$  : Debit puncak ( $m^3$ )

$Q_{\text{rata-rata}}$  : Debit rata-rata ( $m^3$ )

$F_p$  : Faktor puncak

Untuk menghitung kualitas air limbah yang diolah oleh PD PAL Jaya maka dilakukan perhitungan efisiensi pengolahan menggunakan **Persamaan 3.3.** sebagai berikut:

**c. Perhitungan efisiensi pengolahan**

Menurut [28] efisiensi pengolahan limbah merupakan rasio antara kandungan organik yang disisihkan melalui proses pengolahan dengan konsentrasi awal. Efisiensi pengolahan limbah dihitung sebagai berikut

$$\eta = \frac{S_o - S_e}{S_o} \times 100\% \quad (3.3)$$

Keterangan:

$\eta$  : efisiensi pengolahan (%)

$S_o$  : konsentrasi polutan awal

$S_e$  : konsentrasi polutan akhir

2. Menganalisis pemilihan unit *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) dalam pengolahan air limbah PD PAL Jaya, analisis meliputi kelebihan dan kekurangan unit MBBR dibandingkan dengan unit lumpur aktif konvensional.
3. Menganalisis evaluasi perencanaan unit MBBR dan komparasi unit dengan lumpur aktif konvensional sebagai unit pembanding.

**a. Perhitungan MBBR (*Moving Bed Biofilm Reactor*)**

Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk perhitungan MBBR menurut [29].

- Tahap Awal Penghilangan BOD

- Menghitung BOD *loading rate* =  $Q_p \times S_o$  (3.4)

- Keterangan :

- $Q_p$  = Debit Puncak

- $S_o$  = BOD influen

- Menghitung Luas Permukaan Media yang dibutuhkan

- $$\text{Luas Permukaan Media} = \frac{\text{BOD Loading Rate}}{\text{Surfaace Area Loading Rate}} \quad (3.5)$$

- Menghitung Media yang dibutuhkan

- $$\text{Jumlah Media} = \frac{\text{Luas Permukaan Media yang dibutuhkan}}{\text{Luas Permukaan Media}} \quad (3.6)$$

- Mengitung Volume Tangki

- $$V \text{ Tangki} = \frac{\text{Luas Permukaan Media yang dibutuhkan}}{\text{Asumsi Porsen Media Terisi}} \quad (3.7)$$

- Menghitung Volume Cairan dalam Reaktor

- $$\text{Volume Cairan} = \text{Volume Tangki} \times (\text{Volume Media} \times (1 - \text{Void } \%)) \quad (3.8)$$

- Menghitung Desain *Hydraulic Retention Time* (HRT)

- $$\text{HRT Rata-rata} = \frac{\text{Volume Cairan Reaktor}}{\frac{Q_p}{24}} \quad (3.9)$$

- $$\text{HRT puncak per jam} = \frac{\text{HRT rata-rata}}{\text{faktor puncak}} \quad (3.10)$$

- Perhitungan Tahap I Penurunan Ammonia

- Menghitung *Ammonia Loading Rate* (3.11)

- $$\text{NH}_3\text{-N loading rate} = Q_p \times S_o$$

- Keterangan :

- $Q_p$  = Debit Puncak

- $S_o$  = NH<sub>3</sub>-N influen

- Menghitung Luas Permukaan Media yang Dibutuhkan

- $$\text{Luas Permukaan} = \frac{\text{BOD Loading Rate}}{\text{Surfaace Area Loading Rate}} \quad (3.12)$$

- Menghitung Volume Media yang dibutuhkan

$$\text{Volume media} = \frac{\text{Luas Permukaan Media yang Dibutuhkan}}{\text{Luas Permukaan Media}} \quad (3.13)$$

- Mengitung Volume Tangki

$$\text{Volume Tangki} = \frac{\text{Luas Permukaan Media yang dibutuhkan}}{\text{Asumsi Persen Media Terisi}} \quad (3.14)$$

- Menghitung Volume Cairan dalam Reaktor

$$\text{Volume Cairan} = \text{Volume Tangki} \times (\text{Volume Media} \times (1 - \text{Void } \%)) \quad (3.15)$$

- Menghitung Desain *Hydraulic Retention Time* (HRT)

$$\text{HRT Rata-rata} = \frac{\text{Volume Cairan Reaktor}}{\frac{Qp}{24}} \quad (3.16)$$

$$\text{HRT puncak per jam} = \frac{\text{HRT rata-rata}}{\text{faktor puncak}} \quad (3.17)$$

- Perhitungan Tahap II Penurunan Ammonia

Perhitungan tahap II penurunan ammonia menggunakan persamaan yang sama dengan tahap I.

#### a. Perhitungan *Activated Sludge*

Berikut adalah rumus yang digunakan dalam perhitungan *activated sludge* menurut kriteria desain [20]:

- Menghitung S (BOD<sub>5</sub> soluble tidak terolah)

$$S = S_e - (S_e \times 0,65 \times 1,42 \times 0,68) \quad (3.18)$$

- Menghitung efisiensi BOD<sub>5</sub>

$$\text{BOD}_5 = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100\% \quad (3.19)$$

- Menghitung Efisiensi Total

$$\text{BOD}_5 = \frac{S_0 - S_e}{S_0} \times 100\% \quad (3.20)$$

- Menghitung Volume Tangki

$$V = \frac{YQqc(S_0 - s)}{X(1 + KdQc)} \quad (3.21)$$

- Menghitung Volume Tiap Tangki

$$V = \frac{V}{\text{Jumlah Tangki}} \quad (3.22)$$

- Menghitung Panjang Tangki

$$P = \frac{V}{(w \times H)} \quad (3.23)$$

Keterangan:

P= Panjang

V = Volume

W = Lebar

H = Kedalaman

- Menghitung rentang produksi lumpur

$$Y_{obs} = \frac{Y}{(1+Kd_{qc})} \quad (3.24)$$

- Menghitung Massa MLVSS

$$P_x = Y_{obs} \cdot Q \cdot (S_o - S) \cdot 10^3 \text{ liter/m}^3 \quad (3.25)$$

- Menghitung Massa MLSS Total ( $P_{x_{ss}}$ )

$$P_{x_{ss}} = \frac{P_x}{\text{Rasio} \frac{MLVSS}{MLSS}} \quad (3.26)$$

Keterangan :

$P_x$  = Massa MLVSS

Rasio MLVSS/MLSS = 0,8

- Menghitung Massa yang dibuang

$$\text{Massa yang dibuang} = \text{Massa MLSS} - \text{SS yang hilang di effluent} \quad (3.27)$$

Keterangan:

SS = massa yang mengendap

- Menghitung VSS efluen ( $X_e$ )

$$X_e = S_e \times \text{Rasio MLVSS/MLSS} \quad (3.28)$$

- Menghitung Debit Lumpur ( $Q_w$ ) dari Reaktor

$$Q_w = \frac{(V \times X) - (q_c \times X_e \times Q_p)}{(X \times q_c)} \quad (3.29)$$

Keterangan:

V = Volume

X = MLVSS dalam Reaktor

$q_c$  = Umur Lumpur

$X_e$  = VSS Efluen

$Q_p$  = Debit Puncak

- Menghitung Debit Lumpur ( $Q'w$ ) dari *Recycle Line*

$$Q'w = \frac{(V \times X) - (qc \times X_e \times Q_p)}{(VSS \times qc)} \quad (3.30)$$

Keterangan =

$V$  = Volume

$X$  = MLVSS dalam Reaktor

$qc$  = Umur Lumpur

$X_e$  = VSS Efluen

$Q_p$  = Debit Puncak

VSS = Konsentrasi *Return Sludge* VSS

- Menghitung Rasio Resirkulasi

$$\text{Rasio Resirkulasi} = \frac{Q_r}{Q} \quad (3.31)$$

- Menghitung *Hydraulic Retention Time* ( $q$ )

$$q = \frac{V}{Q} \quad (3.32)$$

Keterangan :

$q$  = *Hydraulic Retention Time*

$V$  = Volume

$Q$  = Debit

- Menghitung substrat *utilization rate* spesifik ( $U$ )

$$U = \frac{S_0 - S}{qX} \quad (3.33)$$

- Menghitung F/M Rasio

$$F/M = \frac{S_0}{qX} \quad (3.34)$$

- Menghitung *Volume Loading Rate* (VLR)

$$VLR = \frac{S_0 \times Q \times 10^3 \text{ liter/m}^3}{V \times 10^6 \text{ mg/kg}} \times 86400 \text{ det/hari} \quad (3.35)$$

- Menghitung Kebutuhan Oksigen

$$\text{Kebutuhan } O_2 = \left( \frac{(Qp) \times (S_0 - S)}{0,68} \right) \times 86,4 - (1,42 \times Px) \quad (3.36)$$

Keterangan :

QP = Debit Puncak

So = Konsentrasi Polutan Awal

S = BOD<sub>5</sub> soluble tidak terolah

Px = Massa MLVSS

BOD<sub>u</sub> = BOD ultimate

- Menghitung Kebutuhan Oksigen Tiap Tangki

$$\text{Kebutuhan Oksigen Tiap Tangki} = \frac{\text{Kebutuhan } O_2}{\text{Jumlah Tangki}} \quad (3.37)$$

- Menghitung Kebutuhan Udara Teoritis

$$\text{Kebutuhan Udara Teoritis} = \frac{\text{Kebutuhan Tiap Tangki}}{1,2014 \times \text{Kandungan } O_2 \text{ di udara}} \quad (3.38)$$

- Menghitung Kebutuhan Udara Aktual

$$\text{Kebutuhan Udara Aktual} = \frac{\text{Kebutuhan Udara Teoritis}}{\text{Efisiensi Oksigen Transfer}} \quad (3.39)$$

- Menghitung Kebutuhan Udara Desain

$$\text{Kebutuhan Udara Desain} = \text{Kebutuhan Udara Aktual} \times \text{Faktor Pengaman} \quad (3.40)$$

- Menghitung Kontrol Udara dengan Nilai Aktual Volume

$$\text{Kebutuhan Udara} = \frac{\text{Kebutuhan Udara Aktual}}{\left( \frac{Qp}{\text{Jumlah Tangki}} \right) \times 86400} \quad (3.41)$$

- Menghitung Kebutuhan Udara dengan Nilai Aktual BOD

$$\text{Kebutuhan Udara} = \frac{\text{Kebutuhan Udara Aktual} \times 1000}{(S_0 - S) \times \left( \frac{Qp}{\text{Jumlah Tangki}} \right) \times 86400} \quad (3.42)$$

- Menghitung N

$$N = N_0 \times \left( \frac{bC_{S_{25}} - C_L}{C_{S_{30}}} \right) \times 1,024^{T-20} \times a \quad (3.43)$$

- Menghitung Daya Untuk Kebutuhan Oksigen Tiap Tangki

$$P = \frac{\left( \frac{\text{Kebutuhan } O_2 \text{ Tiap Tangki}}{24} \right)}{N} \quad (3.46)$$

- Menghitung Daya yang dibutuhkan Untuk Pengadukan

$$P = \frac{\text{Asumsi Daya Untuk Completely Mixed Flow Regime} \times \text{Volume Tiap Tangki}}{1000} \quad (3.47)$$

- Menghitung Jumlah Saluran

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Saluran} &= R^{2/3} \cdot A = Q \cdot n / S^{1/2} \\ &= \left( \frac{b \times h}{2h+b} \right)^{2/3} \times b \cdot h \end{aligned} \quad (3.48)$$

- Menghitung Volume Bak Sedimentasi

$$V = Q \times t_d \quad (3.49)$$

Keterangan :

Q = debit (m<sup>3</sup>)

t<sub>d</sub> = waktu detensi

- Menghitung Tinggi Bak Sedimentasi (h)

$$h = \frac{\text{Volume}}{\text{Luas Permukaan}} \quad (3.50)$$

- Menghitung Lebar Bak Sedimentasi (L)

$$L = \sqrt{\frac{\text{Luas Permukaan}}{\text{Jumlah Bak}}} \quad (3.51)$$

- Menghitung Panjang Bak Sedimentasi (P)

$$P = 2 \times \text{Lebar} \quad (3.52)$$

- Menghitung Cek *Over Flowing Rate* (OFR)

$$\text{OFR} = \frac{Q}{P \times L} \quad (3.53)$$

### 3.5. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Gambaran Umum PD PAL Jaya meliputi sejarah, visi, misi, sasaran, bentuk pelayanan dan proses pengolahan air limbah pada IPAL Setiabudi.

#### 3.5.1. Sejarah PD PAL JAYA

PD PAL JAYA hadir karena pengelolaan air limbah yang kurang memadai dan mengatasi pencemaran lingkungan perairan yang terdapat di DKI Jakarta. Oleh

karena itu, PD PAL JAYA sebagai perusahaan daerah yang diamanahkan gubernur DKI Jakarta untuk perannya dalam menjaga kualitas perairan Jakarta. Tahun 1972 menjadi awal mula PD PAL JAYA yang diprakarsai oleh panitia persiapan penyusunan Rencana Induk Pengelolaan Air Limbah disponsori UNDP dan WHO. Adapun Studi Kelayakan tentang *Master Plan Sewerage and Sanitation* Kota Jakarta dilakukan lima tahun setelah di prakarsai panitia penyusun, pada Tahun 1977. Hal tersebut dikerjakan oleh Konsultan Nihon Suido sebagai proyek percontohan atau *Detail Design Pilot Project* pada kawasan Setiabudi-Tebet pada tahun 1983 [30].

Proyek tersebut berjalan sampai dengan Tahun 1986. Adapun perubahan status yang terjadi pada 26 Oktober 1987 menjadi BPAL (Badan Pengelola Air Limbah) dengan KMPU No.510/KPTS/1987 tentang Badan Pengelola Air Limbah DKI Jakarta. Sifat dari BPAL ini adalah organisasi sementara. Perlahan-lahan organisasi sementara, BPAL berubah status menjadi Perusahaan Daerah Pengelolaan Air Limbah DKI Jakarta pada tahun 1991. Status organisasi bersifat permanen dari sebelumnya sementara. Wilayah kerja PD PAL JAYA di daerah yang sudah terpasang jaringan pipa air limbah kawasan Setiabudi & Tebet dengan Peraturan Daerah nomor 10 tahun 1991 tentang PD PAL JAYA [30].

Enam tahun kemudian, tahun 1997 wilayah kerja PD PAL JAYA mencakup seluruh wilayah DKI Jakarta. Bentuk pelayanan tidak hanya sistem perpipaan akan tetapi melayani sistem setempat atau *on-site*. Hal ini dikarenakan Peraturan Daerah Provinsi DKI Jakarta nomor 14 tahun 1997 tentang Perubahan Pertama Peraturan Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 10 Tahun 1991 [30].

### **3.5.2. Bentuk Pelayanan PD PAL Jaya**

PD PAL JAYA memiliki bentuk pelayanan, yaitu Pengolahan Air Limbah Sistem Terpusat (*off-site*), Pengolahan Air Limbah Sistem Setempat (*on-site*), Layanan Lumpur Tinja Terjadwal (LLTT).

### **1. Pengolahan Air Limbah Sistem Terpusat (*off-site*)**

Salah satu cara untuk mengatasi masalah pencemaran air tanah di wilayah Provinsi DKI Jakarta dengan cara penyediaan sarana pengelolaan air limbah sistem perpipaan/sistem terpusat. Pipa sambungan persil setiap bangunan wajib membuang air limbahnya ke pipa induk [31].

Masyarakat tidak wajib membuat Instalasi Pengolahan Air Limbah Setempat ataupun tangki septik apabila membuang air limbah ke saluran perpipaan PD PAL JAYA. Air buangan yang dihasilkan manusia berupa tinja (*black water*) dan air bekas mandi, cucian (*grey water*) akan ditampung pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) terpusat. Sebelum air buangan dibuang ke badan air penerima (sungai), air akan diolah hingga sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan berdasarkan [12].

### **2. Pengolahan Air Limbah Sistem Setempat (*on-site*)**

Pengolahan air limbah sistem setempat terbagi 2 berdasarkan jenis yakni, sistem individu/komunal atau sistem setempat. Umumnya warga banyak memilih sistem individu yang anggapan bahwa proses sistem individu mudah baik itu dari segi perawatan serta segi operasi. Namun, apabila tangki septik individu tidak kedap maka akan menimbulkan masalah bau [30].

Adapun sistem komunal adalah gabungan masyarakat dengan satu tempat penampungan air limbah di suatu kawasan permukiman. Air limbah yang ditampung berupa *black water* sedangkan *grey water* dialihkan ke saluran drainase. Selain itu, IPAL setempat hanya melayani baik itu industri, perkantoran serta masyarakat dari wilayah yang belum terpasang air limbah. IPAL komunal akan disalurkan ke waduk yang terdapat di wilayah DKI Jakarta [30].

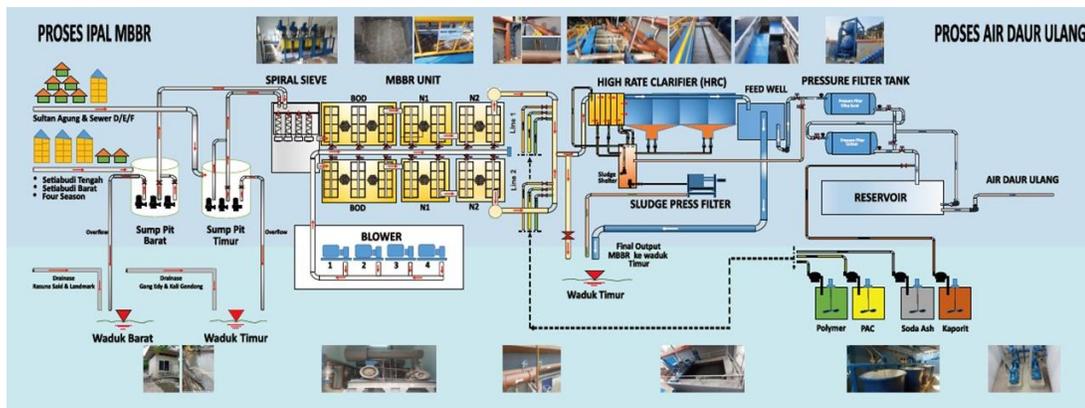
### **3. Layanan Lumpur Tinja Terjadwal**

Layanan Lumpur Tinja Terjadwal hadir karena sebagian besar pengelolaan tangki septik di DKI Jakarta yang tidak menerapkan standar baku dalam pengelolaan tangki septik. Banyak warga yang memilih jasa penyedotan tangki septik yang tidak terdaftar sebagai jasa penyedotan tangki septik tidak resmi di DKI Jakarta karena

harga yang ditawarkan murah dan informasi yang terjangkau. Oleh karena itu, perpindahan penyerahan wewenang dalam menangani air limbah dari Dinas Kebersihan DKI Jakarta ke PD PAL JAYA maka, seluruh kegiatan dalam penanganan air limbah di DKI Jakarta harus dikoordinasikan ke PD PAL JAYA termasuk layanan penyedotan tangki septik [30].

### 3.5.3. Proses Pengolahan Air Limbah PD PAL Jaya

Proses pengolahan air limbah pada IPAL Setiabudi dibagi menjadi 5 tahapan yaitu *pre treatment*, *primary treatment*, *secondary treatment*, *tertiary treatment* dan *post treatment*. Tahapan pengolahan dapat dilihat pada **Gambar 3.3.** atau secara lebih jelas skema pengolahan dapat dilihat pada **Lampiran 1.**



**Gambar 3.3.** Skema Pengolahan IPAL Setiabudi [30]

#### 1. Pengolahan Awal (*Pre-Treatment*)

*Bar screen* yang terdapat di IPAL MBBR Setiabudi, merupakan tahap awal dalam pengolahan air limbah sebelum air limbah dilakukan penyaringan oleh *Spiral Sieve*. Proses ini bertujuan untuk memisahkan potongan-potongan sampah-sampah, daun, plastik dan sebagainya. *Bar Screen* terdiri atas batangan-batangan besi yang berbentuk lurus atau melengkung. Sebelum air baku masuk ke dalam tangki *Spiral Sieve*, air baku melalui proses penyaringan fisik manual terlebih dahulu, kedua yaitu penyaringan dengan menggunakan *Bar Screen* yang terletak pada *inlet* tangki *Spiral*

*Sieve*. Cara pemeliharaan screen angkat dan buang kotoran yang tertahan di *Bar Screen* dilakukan setiap minggu [30].

## 2. Pengolahan Pertama (*Primary Treatment*)

Setelah penyaringan dengan *bar screen*, air limbah melalui proses penyaringan melalui mesin otomatis *Spiral Sieve* yang terdiri 4 buah unit. *Spiral Sieve* mampu menyaring partikel hingga diameter tidak lebih dari 3 mm. Air limbah yang masuk ke dalam mesin ini akan melalui proses penyaringan tekan (*press*) yang dilakukan oleh plat ulir stainless steel (*stainless steel screw*) yang berada pada poros mesin. Mesin ini mampu membersihkan diri secara otomatis dan memiliki level kontrol untuk memantau level air pada tangki *spiral sieves*. Kotoran yang lebih besar dari 3 mm akan dikeluarkan lewat lubang pada bagian belakang mesin dan dapat ditampung dengan menggunakan tempat sampah [30].



Gambar 3.4. *Spiral Sieve* [32]

## 3. Pengolahan Kedua (*Secondary Treatment*)

Pengolahan kedua terdiri dari unit MBBR dan HRC.

### a. *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR)

Pengolahan air limbah secara biologis yang dilakukan oleh PD PAL menggunakan sistem MBBR. Dalam unit ini, bahan pencemar akan tercampur dengan sempurna di dalam reaktor, dimana nantinya akan tumbuh mikroorganisme melekat pada sebuah media *plast biocarrier*. Mikroorganisme tersebut akan membentuk lapisan *biofilm* pada permukaan media tersebut. Media-media tersebut memungkinkan konsentrasi biomassa yang tinggi terjadi di dalam reaktor jika dibandingkan proses biakan tersuspensi. Proses MBBR memiliki kelebihan yaitu meningkatkan kapasitas pengolahan biologis pada volume reaktor yang sama, sehingga menghasilkan efisiensi yang lebih baik [6]. Bak MBBR dapat dilihat pada **Gambar 3.5**.



**Gambar 3.5.** Bak MBBR [32]

MBBR didesain menjadi 2 *line* pengolahan sistem yang *parallel* dengan kapasitas masing-masing 125 liter/detik. Skema pengolahan MBBR dapat dilihat pada **Gambar 3.6**. Pada setiap *line* memiliki :

- 1 tangki reaktor untuk pengolahan secara aerob yang bertujuan untuk menurunkan kadar BOD dan COD (bak BOD dan COD).
- 2 tangki reaktor untuk pengolahan secara aerob yang bertujuan untuk menurunkan kadar ammonia atau biasa disebut dengan proses nitrifikasi (bak N1 dan bak N2).



**Gambar 3.6.** Skema Pengolahan MBBR [30]

Setelah mengalami proses penyaringan fisik pada tangki *spiral sieves*. Air akan masuk ke dalam tangki reaktor MBBR dengan sistem gravitasi. Pertama-tama air akan mengalir ke tangki reaktor BOD COD lalu ke tangki reaktor N1 dan kemudian tangki reaktor N2. Setiap reaktor pada sistem MBBR diisi dengan *Biofilm Carrier*. *Biofilm Carrier* yang digunakan sebagai media bakteri pada IPAL Setiabudi adalah Anox K5. Media Anox K5 terbuat dari bahan HDPE. Luas permukaan yang terproteksi untuk tumbuhnya mikroorganisme atau bakteri pada Anox K5 adalah kurang lebih  $800 \text{ m}^2/\text{m}^3$ . Untuk lebih jelasnya bentuk media dapat dilihat pada **Gambar 3.7.** sedangkan untuk spesifikasi media dapat dilihat pada **Tabel 3.2.**



**Gambar 3.7.** Media Anox K5 [41]

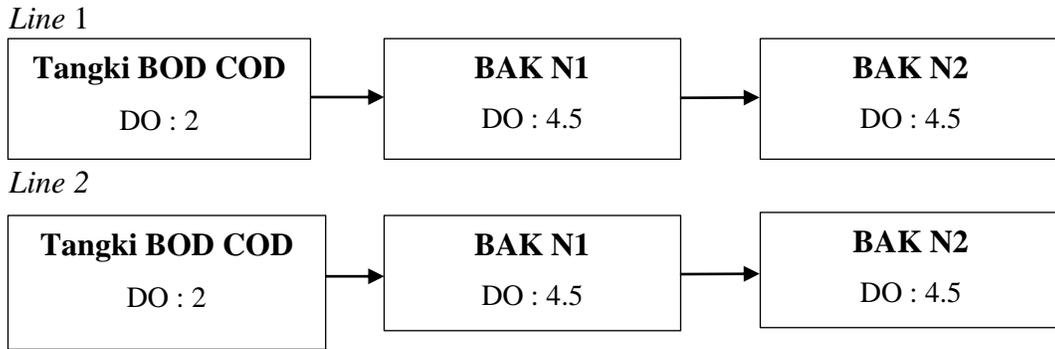
**Tabel 3.2. Spesifikasi Anox K5 [30]**

| No | Spesifikasi    | Keterangan                           |
|----|----------------|--------------------------------------|
| 1  | Merk           | : Anox                               |
| 2  | Tipe           | : K5                                 |
| 3  | Material       | : HDPE                               |
| 4  | Diameter       | : 25 mm                              |
| 5  | Ketebalan      | : 3.4-4 mm                           |
| 6  | Luas Permukaan | : 800 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> |
| 7  | Jumlah         | : 331.000 buah                       |

Oksigen dibutuhkan oleh mikroorganisme pada proses biologis yang terjadi. Oksigen disuplai oleh *roots blower* melalui grid aerasi pada dasar reaktor. Spesifikasi Blower dapat dilihat pada **Tabel 3.3**. Sedangkan kebutuhan oksigen untuk MBBR dapat dilihat pada **Gambar 3.8**.

**Tabel 3.3. Spesifikasi Blower [30]**

| No | Spesifikasi | Keterangan                 |
|----|-------------|----------------------------|
| 1  | Jumlah      | : 4 unit                   |
| 2  | Tipe        | : RAM X 600                |
| 3  | <i>Merk</i> | : Dresser                  |
| 4  | Jenis       | : <i>Roots Blower</i>      |
| 5  | Kapasitas   | : 68 m <sup>3</sup> /menit |



**Gambar 3.8.** Kebutuhan Oksigen MBBR IPAL Setiabudi [30]

Sistem aerasi ini juga berguna untuk mengaduk *carriers* media yang akan meluruhkan lumpur yang diproduksi dari proses degradasi materil organik dan nitrogen *compound* pada *biofilm*, kemudian akan melalui proses sedimentasi pada dengan unit *High Rate Clarifier*. Spesifikasi unit MBBR dapat dilihat pada **Tabel 3.4.**

**Tabel 3.4.** Spesifikasi Unit MBBR [30]

| No                      | Spesifikasi                         |   | Ukuran                   |
|-------------------------|-------------------------------------|---|--------------------------|
| Tangki COD BOD (2 Buah) |                                     |   |                          |
| 1                       | Panjang                             | : | 8 m                      |
| 2                       | Lebar                               | : | 7,5 m                    |
| 3                       | Kedalaman                           | : | 8,5 m                    |
| Tangki N1 (2 Buah)      |                                     |   |                          |
| 4                       | Panjang                             | : | 6 m                      |
| 5                       | Lebar                               | : | 7,5 m                    |
| 6                       | Kedalaman                           | : | 8,5 m                    |
| Tangki N2 (2 Buah)      |                                     |   |                          |
| 7                       | Panjang                             | : | 6 m                      |
| 8                       | Lebar                               | : | 7,5 m                    |
| 9                       | Kedalaman                           | : | 8,5 m                    |
| <b>Luas Lahan Total</b> | 2(8mx7,5m) + 2(6mx7,5m)+ 2(6mx7,5m) |   | <b>300 m<sup>2</sup></b> |

### b. *High Rate Clarifier (HRC)*

Proses di dalam unit *HRC* adalah pengolahan air limbah secara fisik yang bertujuan untuk memisahkan lumpur. Sebelum air masuk ke dalam unit *HRC*, air dalam aliran akan diinjeksikan bahan kimia (*soda ash*, *PAC*, dan *polymer*) oleh pompa dosing. Bahan kimia berfungsi sebagai koagulan. Selanjutnya air limbah akan masuk ke zona pengaduk cepat berupa pipa *static mixer*. Kemudian air akan memasuki zona pengaduk lambat pembentuk flok dapat dilihat pada **Gambar 3.9**. Spesifikasi *HRC* dapat dilihat pada **Tabel 3.6**.

**Tabel 3.5. Spesifikasi Unit *HRC* dan *Plat Settler* [40]**

| No  | Spesifikasi | Keterangan                           |
|-----|-------------|--------------------------------------|
| HRC |             |                                      |
| 1   | Jumlah      | : 2 line                             |
| 2   | Kapasitas   | : 125 liter/detik                    |
| 3   | Proses      | : Koagulasi, flokulasi & sedimentasi |
| 4   | Jumlah      | : 600                                |
| 5   | Kemiringan  | : 30-70 derajat                      |
| 6   | Material    | : <i>stainless steel SS 304</i>      |
| 7   | Panjang     | : 3 m                                |
| 8   | Lebar       | : 1,2 m                              |
| 9   | Ketebalan   | : 1 mm                               |

Air kemudian akan masuk ke zona tangki sedimentasi yang dilengkapi oleh *plat settler* dapat dilihat pada **Gambar 3.10**, dimana partikel yang sudah berbentuk flok akan mengendap di dalam air sehingga kemudian jatuh masuk ke dalam ruang lumpur. Lumpur dari bak sedimentasi maupun dari bak flokulasi dibuang secara *intermittent* ke bak penampung lumpur. Di dalam bak ini, lumpur diendapkan sehingga terpisah antara lumpur dan air bersihnya. Lumpur yang kental dipompakan

ke *filter press*, sedangkan air yang bersih sebagian diresirkulasikan ke unit koagulasi dengan pompa dan dialirkan menuju *feed well* [30].



**Gambar 3.9.** Bak Flokulasi [32]



**Gambar 3.10.** Bak Sedimentasi dengan *Plat Settler* [32]

#### **4. Pengolahan Ketiga (*Tertiary Treatment*)**

Proses tertiary treatment merupakan proses *polishing* dengan menggunakan *pressure filter* dapat dilihat pada **Gambar 3.11**. Proses penyaringan dilakukan dengan menggunakan media pasir silika dan karbon aktif. Air hasil pengolahan 25% dipompakan dari *feed well* ke tangki pasir *silica* dan karbon aktif dengan

menggunakan pompa *feedpump* dan 75% dialirkan ke dalam Waduk Setiabudi. Air kemudian mengalir dari tangki pasir *silica* ke tangki karbon aktif secara gravitasi.

*Pressure diferensial trans mitter* adalah alat yang memonitor tingkat kekotoran media filter. Setelah mendeteksi tingkat kekotoran mencapai batas, maka akan dilakukan *backwash* selama 5-10 menit [30].



**Gambar 3.11.** Pressure Filter [32]

## **5. Pengolahan Akhir (*Post Treatment*)**

### **a. Disinfeksi**

Air hasil proses filtrasi kemudian dilakukan proses desinfeksi dengan menginjeksikan larutan kaporit menggunakan pompa *dosing* sebelum air masuk ke dalam reservoir. Spesifikasi pompa *dosing* dapat dilihat pada **Lampiran 4**. Kebutuhan kaporit sekitar 7.5 kg/1000 L selama 4 hari [30].

### **b. Reservoir**

Reservoir merupakan bangunan penampung air bersih hasil pengolahan IPAL MBBR Setiabudi sebelum disalurkan dan dimanfaatkan. Reservoir dibangun di bawah tanah sebagai tempat cadangan air dan sebagai tempat penyimpanan kelebihan air agar kebutuhan suplai air seimbang. Kapasitas reservoir sebesar 500 m<sup>3</sup> [30].

### c. Proses pengeringan lumpur (SDB)

*Sludge Drying Bed* (SDB) IPAL MBBR Setiabudi merupakan unit bak lumpur dari sisa pengolahan air limbah dan terdapat teknologi *filter press* yang digunakan untuk mengeringkan lumpur limbah domestik. *Filter press* ini terdiri dari plat yang disusun secara seri. Diantara plat-plat ini terdapat ruang disebut dengan *Chamber*. Plat tersebut tersusun dari besi sebagai rangkanya dan kain pada sisinya. *Cloth* inilah yang kemudian berfungsi untuk memisahkan lumpur dan air dengan adanya bantuan tekanan. Setelah diberi cukup tekanan, *chamber* dibuka, dan didapatkan *sludge cake solid* dengan kandungan air yang sudah jauh berkurang [30]. *Sludge drying bed* dapat dilihat pada **Gambar 3.12.** sedangkan, spesifikasi pompa untuk lumpur dapat dilihat pada **Lampiran 4.**



**Gambar 3.12.** *Sludge Drying Bed* [32]