

## **BAB II**

### **TINJUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Karakteristik Limbah Industri Pupuk Majemuk**

Setiap pengolahan dari suatu proses produksi mempunyai karakteristik air limbah yang berbeda, sesuai dengan bahan dasar produksi itu sendiri. Demikian pula dengan industri pupuk majemuk NPK, menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 limbah cair industri pupuk majemuk NPK memiliki karakteristik dan standar baku mutu diantaranya:

##### **2.1.1 *Chemical Oxygen Demand (COD)***

Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimia adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan agar bahan buangan yang ada dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia (Metcalf and Eddy. 2003). Jika kandungan senyawa organik dan anorganik cukup besar, maka oksigen terlarut di dalam air dapat mencapai nol sehingga tumbuhan air, ikan-ikan dan hewan air lainnya yang membutuhkan oksigen tidak memungkinkan hidup. Semakin tinggi kadar COD, maka semakin buruk kualitas air yang ada (Listyaningrum, 2022).

Nilai COD umumnya lebih besar dari BOD karena oksidator kuat dapat mengoksidasi seluruh materi organik termasuk senyawa kompleks (Taufick Rizaluddin et al., 2016). Kandungan COD pada air limbah industri pupuk majemuk NPK sebesar 1000 mg/L, sedangkan baku mutu COD pada air limbah industri pupuk majemuk NPK yang ditetapkan dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 untuk effluent yaitu sebesar 200 mg/L.

##### **2.1.2 *Total Suspended Solid (TSS)***

TSS atau padatan tersuspensi yaitu bahan-bahan yang melayang dan tidak larut dalam air. Padatan tersuspensi sangat berhubungan erat dengan tingkat kekeruhan air. Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (Effendi, 2003).

Padatan yang tersuspensi juga dapat mempengaruhi konsentrasi oksigen terlarut pada air. Sinar matahari yang diserap oleh partikel tersuspensi, meningkatkan suhu air yang mengurangi kapasitas menahan oksigen dari air hangat dan mengganggu spesies air dingin. Keberadaan TSS lebih lanjut dapat mengurangi produksi oksigen karena mengganggu penetrasi cahaya yang diperlukan untuk fotosintesis oleh tanaman. Semakin tinggi padatan tersuspensi tersebut maka air akan semakin keruh dan semakin tinggi endapan lumpur di muara (Listyaningrum, 2022).

Kandungan TSS pada air limbah industri pupuk majemuk NPK sebesar 850 mg/L, sedangkan baku mutu TSS pada air limbah industri pupuk majemuk NPK yang ditetapkan dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 untuk effluent yaitu sebesar 200 mg/L.

### **2.1.3 Fluorida**

Fluor yang juga dikenal dengan nama fluorin merupakan unsur kimia yang berupa gas pada suhu kamar (25°C), berwarna kuning kehijauan dan merupakan unsur yang sangat reaktif juga dilambangkan dengan huruf F. Fluor merupakan unsur nonlogam yang paling elektronegatif, oleh sebab itu juga merupakan unsur yang paling reaktif. Fluorida terdapat luas di alam, baik di udara maupun di berbagai sumber lainnya seperti makanan dan minuman yang dikonsumsi sehari-hari. Kandungan ion fluorida dalam air dapat meningkat oleh adanya kegiatan manusia seperti fluoridasi pada air, pembuangan limbah, dan pengaruh dari kegiatan industri (Nurmaidah & Mahmudi, 2018).

Fluorida memiliki efek yang bermanfaat terhadap pencegahan karies gigi pada konsentrasi tertentu, namun pada keterpaparan yang berlebihan dapat meningkatkan terjadinya efek yang tidak diinginkan (Nurmaidah & Mahmudi, 2018). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Mohammad dan Majumder, nilai konsentrasi fluorida yang tinggi dapat menyebabkan berbagai macam penyakit seperti osteoporosis, arthritis, tulang rapuh, kanker, kemandulan, serangan sistem otak, syndrome Alzheimer dan gangguan pada kelenjar thyroid (Bimantara, 2021).

Kandungan Fluorida pada air limbah industri pupuk majemuk NPK sebesar 180 mg/L, sedangkan baku mutu Fluorida pada air limbah industri pupuk majemuk NPK yang ditetapkan dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 untuk effluent yaitu sebesar 50 mg/L.

#### **2.1.4 Minyak dan Lemak**

Minyak dan lemak secara kimiawi sangat mirip, mereka adalah senyara ester dari alkohol atau gliserol (gliserin) dengan asam lemak. Asam lemak gliserid yang cair pada suhu normal disebut minyak dan yang padat disebut grease (lemak). Lemak biasanya merupakan senaywa organik yang dapat diekstraksi menggunakan pelarut non-polar seperti imitasi, eter, dan seftgel, tetapi tidak larut dalam air. Ini didasarkan pada konvensi Kongres Internasional Kimia Teoritis dan Terapan (Resmana et al, 2023).

Jika minyak tidak dihilangkan sebelum air limbah diolah, dapat mengganggu kehidupan biologis di permukaan perairan permukaan dan membuat lapisan tembus cahaya. Ketebalan minyak yang diperlukan untuk membentuk sebuah lapisan tembus cahaya di permukaan badan air sekitar 0,0003048 mm (0,0000120 in) (Metcalf and Eddy. 2003).

Kandungan Minyak dan Lemak pada air limbah industri pupuk majemuk NPK sebesar 35 mg/L, sedangkan baku mutu Minyak dan Lemak pada air limbah industri pupuk majemuk NPK yang ditetapkan dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 untuk effluent yaitu sebesar 20 mg/L

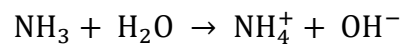
#### **2.1.5 pH (Derajat Keasaman)**

Rentang pH yang cocok untuk keberadaan kehidupan biologis yang paling sesuai adalah 6-9. Air limbah dengan pH yang ekstrim sulit untuk pengolahan secara biologis dan jika tidak dilakukan penetralan pH sebelum air limbah diolah akan menubah kondisi di perairan alami (Metcalf and Eddy. 2003).

pH netral yang diizinkan dalam baku mutu air limbah industri pupuk majemuk NPK yaitu sebesar 6 sampai 9. Umumnya pada air limbah industri pupuk majemuk NPK memiliki pH bersifat basa yaitu sebesar 10,3 yang berarti diperlukan pengolahan berupa netralisasi pH maupun pengolahan lainnya yang sesuai.

### 2.1.6 Amonia ( $NH_3$ )

Amonia ( $NH_3$ ) merupakan senyawa nitrogen yang menjadi  $NH_4^+$  pada pH rendah yang disebut dengan ammonium. Amoniak dapat menyebabkan kondisi toksik bagi kehidupan perairan. Konsentrasi tersebut tergantung dari pH dan temperatur yang mempengaruhi air (Irnawati & Selsi, 2020). Nitrogen amonia berada dalam air sebagai ammonium ( $NH_4^+$ ) berdasarkan reaksi kesetimbangan sebagai berikut:



Amonia termasuk sebagai senyawa beracun di perairan. Selain itu, pembuangan limbah yang banyak mengandung amonia ke perairan dapat menyebabkan penurunan kandungan oksigen terlarut dalam badan air karena oksigen yang ada digunakan untuk mentitrasi  $NH_3$ . Akibatnya organisme di badan air akan kekurangan oksigen (eutrofikasi) dan selanjutnya akan mengalami kematian (Budiastuti et al., 2024).

Konsentrasi ammonia air limbah industri pupuk NPK pada penugasan ini yaitu 2000mg/L, jumlah ini melebihi standar baku mutu ammonia dalam air limbah pupuk NPK yang diatur dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 72 Tahun 2013 yaitu sebesar 100 mg/L. Oleh karena itu diperlukan adanya pengolahan pada air limbah sebelum disalurkan ke badan air, apabila tidak dilakukan pengolahan air limbah dapat merusak lingkungan.

## 2.2 Bangunan Pengolahan Air Buangan

Tujuan utama dari bangunan pengolahan air buangan industri pupuk majemuk NPK adalah untuk mengurangi parameter-parameter yang melebihi baku mutu yang telah ditetapkan, diantaranya yaitu COD, TSS, fluorida, minyak dan lemak, ammonia dan pH air limbah. Bangunan pengolahan air buangan memiliki beberapa tingkat pengolahan air, diantaranya adalah sebagai berikut:

### 2.2.1 Pengolahan Pendahuluan (*Pre-Treatment*)

Tahap *pre-treatment* adalah bagian paling awal dalam proses pengolahan air limbah. Fokus utama dari pengolahan ini adalah untuk menyaring zat-zat terapung

dan zat-zat terendap seperti pasir dan kerikil. Proses itu bertujuan untuk membantu proses pengolahan air limbah berikutnya agar tidak bekerja lebih berat. Selain itu pada tahap ini juga bertujuan untuk mengalirkan limbah cair yang dihasilkan oleh unit-unit produksi menuju ke unit pengolahan limbah cair. Tahap *pre-treatment* pada industri pupuk majemuk NPK terdiri dari beberapa unit yaitu:

#### **2.2.1.1 Saluran Pembawa**

Saluran pembawa adalah unit yang memiliki fungsi sebagai pengalir air limbah dari unit produksi ke unit-unit pengolahan limbah. Saluran pembawa yang berbentuk persegi maupun lingkaran ini biasa terbuat dari dinding berbahan beton maupun pipa penyaluran, keduanya dapat di desain secara tertutup maupun terbuka pada proses penyaluran air limbah (Hermana et al., n.d.). Cara kerja dari saluran pembawa sendiri memanfaatkan perbedaan ketinggian atau beda elevasi antara satu unit dengan unit yang lainnya. Namun, apabila terdapat kondisi dimana saluran pembawa harus diposisikan pada kondisi lahan datar, maka perlu adanya kemiringan/slope (m/m).

Saluran pembawa dibagi menjadi dua, yaitu: saluran pembawa terbuka (*open channel flow*) dan saluran pembawa tertutup (*pipe flow*). Saluran pembawa terbuka (*open channel flow*) adalah sistem saluran yang membiarkan air limbah yang dialirkan terkena pengaruh dengan atmosfer atau udara sekitar. Jenis sistem saluran ini terdiri dari beberapa bentuk yaitu trapesium, segi tiga, segi empat, setengah lingkaran atau perpaduan dari kombinasi tersebut. Saluran pembawa tertutup (*pipe flow*) sesuai dengan namanya, air limbah yang dialirkan tertutup dari atmosfer atau udara luar. Saluran ini terkadang ditanam di dalam tanah yang disebut dengan sistem sewage. Konsep yang digunakan pada saluran tertutup juga masih sama yaitu dengan memanfaatkan gravitasi.



**Gambar 2. 1** Saluran Pembawa

Sumber: <https://images.app.goo.gl/7xeHxSLYcTR5C9639>

**Kriteria perencanaan:**

- Kecepatan aliran ( $v$ ) = 0,3 – 0,6 m/s
- Freeboard = 10 – 20% dari ketinggian  
(Sumber: Metcalf and Eddy, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4<sup>th</sup> Edition*, halaman 316)
- Kemiringan/Slope maksimal ( $s_{max}$ ) =  $1 \times 10^{-3}$  m/m
- Dimensi saluran ( $W_s$ ) =  $B = 2H$
- Kekasaran saluran ( $n$ ) = 0,011 – 0,020 (saluran terbuka berbahan beton)  
(Sumber: Bambang Triadmodjo, 2008, *Hidraulika II*, Table 4.2 Harga Koefisien Manning)

**Tabel 2. 1** Nilai Koefisien Kekasaran *Manning*

| Bahan Batas                 | n Manning |
|-----------------------------|-----------|
| Kayu yang diketam (diserut) | 0,012     |
| Kayu yang tidak diserut     | 0,012     |
| Beton yang dihaluskan       | 0,013     |
| Beton yang tidak dihaluskan | 0,014     |
| Besi tuang                  | 0,015     |
| Bata                        | 0,016     |
| Baja yang dikeling          | 0,018     |

|                                        |       |
|----------------------------------------|-------|
| Logam bergelombang                     | 0,022 |
| Batu-batu                              | 0,025 |
| Tanah                                  | 0,025 |
| Tanah dengan batu-batu atau rerumputan | 0,035 |
| Kerikil                                | 0,029 |

Sumber: Spellman, F. R. 2013. *Water & wastewater infrastructure: Energy efficiency and sustainability*. Halaman 285

#### **Rumus perhitungan:**

- Luas permukaan (A)

$$A = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/detik)}}{V \text{ (m}^3\text{/detik)}}$$

Keterangan:

A = luas permukaan saluran pembawa (m<sup>3</sup>)

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

V = kecepatan air fluida dalam saluran pembawa (m<sup>3</sup>/detik)

- Tinggi saluran pembawa (H)

$$H = \frac{A \text{ (m}^2\text{)}}{B \text{ (m)}}$$

Keterangan:

H = ketinggian air dalam saluran pembawa (m)

A = luas permukaan saluran pembawa (m<sup>2</sup>)

B = lebar saluran pembawa (m)

- Ketinggian total

$$H_{\text{Total}} = H + (Fb \times H)$$

Keterangan:

H = ketinggian air dalam saluran pembawa (m)

Fb = freeboard (10 - 20% dari ketinggian)

- Cek kecepatan

$$V = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/detik)}}{A \text{ (m}^2\text{)}}$$

Keterangan:

V = kecepatan air fluida dalam saluran pembawa (m<sup>3</sup>/detik)

A = luas permukaan saluran pembawa (m<sup>2</sup>)

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

- Jari-jari hidrolis

$$R = \frac{B \times H}{B + (2 \times H)}$$

Keterangan:

R = jari-jari hidrolis (m)

B = ketinggian air dalam saluran pembawa (m)

H = lebar saluran pembawa (m)

- Kemiringan (Slope)

$$s = \left( \frac{n \times v^2}{(R)^{\frac{2}{3}}} \right)$$

Keterangan:

s = kemiringan saluran / slope (m/m)

n = koefisien manning bahan penyusun saluran pembawa

v = kecepatan alir dalam saluran pembawa (m/detik)

R = jari-jari hidrolis (m)

- Headloss saluran pembawa

$$H_f = \text{slope} \times L \text{ saluran}$$

Keterangan:

H<sub>f</sub> = headloss saluran (m)

L = panjang saluran (m)

#### 2.2.1.2 Screening / Bar Screen

Screening umumnya adalah tahap paling awal pada proses pengolahan limbah. Pada tahap ini partikel-partikel padatan berukuran relatif besar akan terpisah dari air limbah. Tahap ini sangatlah penting dalam proses pengolahan air

limbah, karena dengan dapatnya menyaring padatan tersuspensi pada air limbah, hal tersebut akan membantu meringankan proses pengolahan pada tahap-tahap berikutnya. Terdapat banyak jenis screening, seperti drum screen, bar screen, rash screen, atau passive screen. Kriteria terpenting dalam menentukan tipe screen yang akan dipakai adalah ukuran bukaan screen dan laju aliran air limbah (Spellman, 2013).

Penggolongan bar screen yaitu saringan kasar, saringan halus dan saringan sedang yang tergantung berdasarkan jarak antar batang (bar). Saringan halus memiliki rentang jarak antar batang 1,5-13 mm, saringan sedang memiliki rentang jarak antar batang 13-25 mm, dan saringan kasar jarak antar batang 32- 100 mm (Said, 2017). Beberapa kriteria yang harus diperhatikan dalam merencanakan bar screen antara lain adalah:

- a. Kecepatan atau kapasitas rencana
- b. Jarak antar bar
- c. Ukuran bar (batang)
- d. Sudut inklinasi
- e. Headloss yang diperbolehkan



**Gambar 2. 2 Bar Screen**

Sumber: <https://images.app.goo.gl/uQW4wUTzcYGJLom17>

Adapun kriteria perencanaan untuk mendesain *screen* dengan metode pembersihan manual dan mekanik, baik *coarse screen* maupun *fine screen* adalah sebagai berikut:

**Tabel 2. 2** Kriteria Perencanaan *Coarse Screen*

| Parameter                              | U.S. Customary Units |                 | Satuan Internasional |                |
|----------------------------------------|----------------------|-----------------|----------------------|----------------|
|                                        | Metode Pembersihan   |                 | Metode Pembersihan   |                |
|                                        | Manual               | Mekanik         | Manual               | Mekanik        |
| Ukuran Batang                          |                      |                 |                      |                |
| Lebar                                  | 0,2 - 0,6            | 0,2 - 0,6       | 5,0 - 15             | 5,0 - 15       |
| Kedalaman                              | 1,0 - 1,5            | 1,0 - 1,5       | 23 - 38              | 23 - 38        |
| Jarak antar batang                     | 1,0 - 2,0            | 0,6 - 0,3       | 25 - 50              | 15 - 75        |
| Parameter Lain                         |                      |                 |                      |                |
| Kemiringan terhadap vertikal (derajat) | 30 - 45              | 0 - 30          | 30 - 45              | 0 - 30         |
| Kecepatan                              | 1,0-2,0<br>ft/s      | 2,0-3,5<br>ft/s | 0,3-0,6<br>m/s       | 0,6-1,0<br>m/s |
| Headloss (max)                         | 6 in                 | 5-24 in         | 150 mm               | 150-600<br>mm  |

Sumber: *Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4<sup>th</sup> Edition, 2003 halaman 315-316*

| Jenis Screen    | Luas Permukaan |      | Persen Removal |         |
|-----------------|----------------|------|----------------|---------|
|                 | in             | mm   | BOD (%)        | TSS (%) |
| Fixed parabolic | 0,0625         | 1,6  | 5,0 - 20       | 5,0-30  |
| Rotary drum     | 0,01           | 0,25 | 25 - 30        | 25 -45  |

**Tabel 2. 3** Klasifikasi *Fine Screen*

| Jenis Screen                        | Permukaan Screen   |              |          | Bahan Screen                                   | Penggunaan                                       |
|-------------------------------------|--------------------|--------------|----------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                                     | Klasifikasi Ukuran | Range Ukuran |          |                                                |                                                  |
|                                     |                    | in           | mm       |                                                |                                                  |
| Miring<br>(diam)                    | Sedang             | 0,01-0,1     | 0,25-2,5 | Ayakan kawat yang terbuat dari stainless-steel | Pengolahan Primer                                |
| Drum<br>(berputar)                  | Kasar              | 0,1-0,2      | 2,5-5    | Ayakan kawat yang terbuat dari stainless-steel | Pengolahan Pendahuluan                           |
|                                     | Sedang             | 0,01-0,1     | 0,25-2,5 | Ayakan kawat yang terbuat dari stainless-steel | Pengolahan Primer                                |
|                                     | Halus              |              | 6-35µm   | Stainless-steel dan kain polyester             | Meremoval residual dari suspended solid sekunder |
| Horizontal Reciprocating Tangential | Sedang             | 0,06-0,17    | 1,6-4    | Batangan Stainless-steel                       | Gabungan dengan saluran air hujan                |
|                                     | Halus              | 0,0475       | 1200µm   | Jala-jala yang terbuat dari stainless-steel    | Gabungan dengan saluran pembawa                  |

Sumber: Metcalf and Eddy, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4<sup>th</sup> Edition*, 2003 halaman 322-323

**Rumus perhitungan:**

- Jumlah batang kisi

$$W_s = n \times d + (n+1) \times r$$

Keterangan:

$W_s$  = lebar saluran (m)

$n$  = jumlah batang

$r$  = jarak antar kisi (m)

$d$  = lebar screen (m)

- Lebar bukaan kisi

$$W_c = W_s - (n \times d)$$

Keterangan:

$W_c$  = lebar bukaan kisi (m)

$W_s$  = lebar saluran (m)

$n$  = jumlah batang

$d$  = lebar screen (m)

- Tinggi kisi

$$\gamma = h + \text{freeboard}$$

keterangan:

$h$  = kedalaman/ketinggian kisi

- Panjang kisi

$$P = \frac{\gamma}{\sin \alpha}$$

Keterangan:

$\alpha$  = kemiringan kisi

$\gamma$  = tinggi kisi (m)

- Jarak kemiringan kisi

$$x = P \cos \alpha$$

Keterangan:

$\alpha$  = kemiringan kisi

$P$  = panjang kisi (m)

- Kecepatan melalui kisi

$$V_i = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{W_c \times h}$$

Keterangan:

Q = debit yang melalui kisi (m<sup>3</sup>/detik)

W<sub>c</sub> = lebar bukaan kisi (m)

H = kedalaman saluran / tinggi muka air

- Headloss pada *bar screen* (saat clogging)

$$H_f = \frac{1}{C_c} \times \left( \frac{V_{ic}^2 - V^2}{2 \times g} \right)$$

Keterangan:

C<sub>c</sub> = koef pada saat clogging yaitu 0,6

V<sub>ic</sub> = kecepatan melalui kisi saat clogging (V<sub>i</sub> x 2) (m/detik)

V = kecepatan aliran melalui kisi (m/detik)

(Sumber: Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th Edition, 2003 halaman 320)

- Headloss pada *bar screen* (saat non clogging)

$$H_f = \frac{1}{C} \times \left( \frac{V_i^2 - V^2}{2 \times g} \right)$$

- Keterangan:

- C = koef pada saat tidak clogging yaitu 0,7

- V<sub>i</sub> = kecepatan aliran melalui kisi (m/detik)

- V = kecepatan aliran melalui kisi (m/detik)

(Sumber: Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th Edition, 2003 halaman 320)

### 2.2.1.3 Bak Penampung

Bak Penampung adalah sebuah bak yang digunakan untuk menampung air limbah dari saluran pembawa. Tujuan dari menampung air limbah ini adalah untuk meminimalkan atau mengontrol fluktuasi dari aliran air limbah yang diolah agar memberikan kondisi aliran yang stabil pada proses pengolahan selanjutnya.

Cara kerja dari Bak Penampung ini adalah, ketika air limbah hasil dari proses produksi keluar dan telah melalui proses *screening* pada *bar screen*, maka selanjutnya air limbah tersebut akan ditampung pada bak penampung.



**Gambar 2. 3** Bak Penampung

Sumber: <https://images.app.goo.gl/7pCLdJJxRUH1qhXB9>

**Kriteria perencanaan:**

- Freeboard = 5 - 30%
- Waktu detensi = > 2 jam
- Kedalaman =  $\leq$  4 meter

(Sumber: Metcalf and Eddy, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4<sup>th</sup> Edition*, 2003 halaman 344)

**Rumus perhitungan:**

- Volume bak penampung

$$V = Q \times t_d$$

Keterangan:

V = volume bak ( $m^3$ )

Q = debit limbah ( $m^3$ /detik)

$t_d$  = waktu detensi (s)

- Ketinggian total (H total)

$$H_{\text{total}} = H + (fb \times H)$$

Keterangan:

H = ketinggian air dalam bak (m)

$fb = \text{freeboard} = 20\%$

- Dimensi bak

$$V = p \times l \times H \text{ total}$$

Keterangan:

p = panjang bak (m)

l = lebar bak (m)

H total = ketinggian bak total (m)

#### 2.2.1.4 Bak Netralisasi

Air buangan industri dapat bersifat asam atau basa/alkali, maka sebelum diteruskan ke badan air penerima atau ke unit pengolahan secara biologis dapat optimal. Pada sistem biologis ini perlu diusahakan supaya pH berada diantara nilai 6,5 – 8,5.

Sebenarnya pada proses biologis tersebut kemungkinan akan terjadi netralisasi sendiri dan adanya suatu kapasitas buffer yang terjadi karena ada produk  $\text{CO}_2$  dan bereaksi dengan kaustik dan bahan asam.

- Larutan dikatakan asam bila :  $\text{H}^+ > \text{H}$  dan  $\text{pH} < 7$
- Larutan dikatakan netral bila :  $\text{H}^+ = \text{H}$  dan  $\text{pH} = 7$
- Larutan dikatakan basa bila :  $\text{H}^+ < \text{H}$  dan  $\text{pH} > 7$

Terdapat beberapa cara menetralisasi kelebihan asam dan basa dalam limbah cair, seperti (Reynolds & Richards, 1996):

1. Pencampuran limbah asam dengan basa dengan komposisi yang sesuai
2. Melewatkan limbah asam melalui tumpukan batu kapur
3. Penambahan  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , atau  $\text{NH}_4\text{OH}$  ke limbah asam
4. Penambahan asam kuat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ) ke dalam limbah basa
5. Pembangkitan  $\text{CO}_2$  dalam limbah basa

#### Kriteria perenanaan:

- Waktu detensi ( $T_d$ ) = 20 – 60 s
- Gradien kecepatan (G) = 700 – 1000/s

(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4<sup>th</sup> edition*, hal 182)

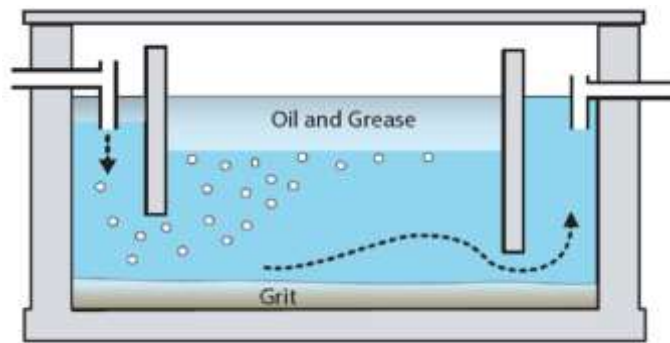
- Diameter turbin impeller (Di) = 30 – 50% diameter bak  
(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Richards c. 1996. *Unit Operation and Proseses in Environmental Engineering 2<sup>nd</sup> edition*, hal 182)
- Lebar paddle (Wi) =  $1/6 - 1/10$  Di  
(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition*, hal 184. Boston: PWS Publishing Company)
- Kecepatan putaran paddle (n) = 20 – 150 rpm  
(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4<sup>th</sup> edition*, hal 185)
- Kedalaman bak (H) = 1 – 1,25 diameter bak
- Jarak paddle dari dasar = 30 – 50% Di  
(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4<sup>th</sup> edition*, hal 185)
- Reynold number (Nre) =  $> 10.000$   
(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4<sup>th</sup> edition*, hal 187)
- Derajat keasaman (pH) = 6 – 9
- Konsentrasi/kadar larutan maksimum = 20%

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

### **2.2.2.1 Grease Trap**

*Grease Trap* merupakan salah satu unit dalam pengolahan air limbah yang berfungsi untuk menyisihkan minyak dan lemak dalam air limbah agar tidak mengganggu sistem pengolahan selanjutnya. Pada umumnya grease trap terdiri dari 2 kompartemen, kompartemen pertama berfungsi untuk menyisihkan berbagai jenis padatan dalam air limbah, padatan yang memiliki berat jenis lebih ringan dari air seperti minyak dan lemak akan mengapung di permukaan air. Kompartemen kedua berfungsi untuk memastikan bahwa minyak dan lemak tetap bertahan di dalam

system dan tidak ikut terbawa air limbah mengalir menuju unit pengolahan selanjutnya.



**Gambar 2. 4 Grease Trap**

Sumber: <https://images.app.goo.gl/ktjFB8oU5g2CZzL7>

**Kriteria perencanaan:**

- Kecepatan aliran (v) = 2-6 m/jam = 0,00055 m/s - 0,0016 m/s
- Waktu tinggal (td) = 5-20 menit
- Terdiri dari 2 kompartemen:
  - Kompartemen pertama = 2/3 dari total panjang
  - Kompartemen kedua = 1/3 dari total panjang
- Diameter manhole minimal = 0,6 m

(Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017 halaman 31)

**Rumus perhitungan:**

- Volume bak penampung

$$V = Q \times t_d$$

Keterangan:

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

Q = debit limbah  $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{detik}}\right)$

t<sub>d</sub> = waktu detensi (s)

- Luas unit bangunan (A)

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

Keterangan :

Q : debit limbah (m<sup>3</sup>/detik)

v : kecepatan aliran (m/detik)

- Perbandingan Panjang (P) dan Lebar (L)

Rasio perbandingan P:L = 3:1

$$A = P \times L$$

$$A = 3L \times L$$

Keterangan :

A : luas bangunan

P : panjang bangunan

L : lebar bangunan

- Luas permukaan bangunan baru (A')

$$A' = P \times L$$

- Panjang kompartemen

Kompartemen 1 = 2/3 panjang unit

Kompartemen 2 = 1/3 panjang unit

- Periksa kecepatan aliran

$$v \text{ cek} = \frac{Q}{A'}$$

- Kedalaman tangki

$$H \text{ air} = \frac{V}{A'}$$

- Tinggi total

$$H \text{ total} = H \text{ air} + H_p + H_s + \text{Freeboard}$$

Keterangan :

H<sub>p</sub> = tinggi area pengendapan

H<sub>s</sub> = tinggi scum

- Volume tangki

$$\text{Volume tangki} = A' \times H_{\text{total}}$$

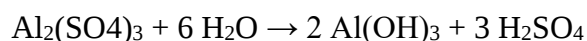
### 2.2.2.2 Koagulasi – Flokulasi

Koagulasi dan flokulasi merupakan dua proses yang terangkai menjadi kesatuan proses tak terpisahkan. Pada proses koagulasi terjadi destabilisasi koloid dan partikel dalam air sebagai akibat dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia (disebut koagulan). Akibat pengadukan cepat, koloid dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan melalui proses penguraian koagulan. Proses ini dilanjutkan dengan pembentukan ikatan antara ion positif dari koagulan (misal  $\text{Al}^{3+}$ ) dengan ion negatif dari partikel (misal  $\text{OH}^-$ ) dan antara ion positif dari partikel (misal  $\text{Ca}^{2+}$ ) dengan ion negatif dari koagulan (misal  $\text{SO}_4^{2-}$ ) yang menyebabkan pembentukan inti flok (presipitat) (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi. 2012).

Koagulan merupakan bahan kimia yang dibutuhkan untuk membantu proses pengendapan partikel-partikel kecil yang tidak dapat mengendap dengan sendirinya (secara grafitasi). Kekeruhan dan warna dapat dihilangkan melalui penambahan koagulan atau sejenis bahan-bahan kimia antara lain. Jenis-jenis koagulan yang sering digunakan adalah sebagai berikut (Metcalf & Eddy, 2004).

#### 1. Alumunium Sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ )

Alumunium sulfat dapat digunakan sebagai koagulan dalam pengolahan air buangan. Koagulan ini biasanya disebut tawas, bahan ini dipakai karena efektif untuk menurunkan kadar karbonat. Koagulan ini membutuhkan kehadiran alkalinitas dalam air untuk membentuk flok. Dalam reaksi koagulasi, flok alum dituliskan sebagai  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . Mekanisme koagulasi ditentukan oleh pH, konsentrasi koagulan dan konsentrasi koloid. Koagulan dapat menurunkan pH dan alkalinitas karbonat. Rentang pH agar koagulasi dapat berjalan dengan baik antara 4,5 – 7 (Eckenfelder, 2000). Adapun reaksi dasarnya adalah sebagai berikut.



#### 2. Koagulan Ferrie Chloride ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )

Dalam pengolahan air penggunaannya terbatas karena bersifat korosif dan tidak tahan untuk penyimpanan yang terlalu lama.

### 3. Koagulan Ferrous Sulfate ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )

Dikenal sebagai Copperas, bentuk umumnya adalah granular. Ferrous Sulfate dan lime sangat efektif untuk proses penjernihan air dengan pH tinggi ( $\text{pH} > 10$ ).

### 4. Koagulan Chlorinated Copperas ( $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$ ), $\text{FeCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Dibuat dengan menambahkan klorin untuk mengoksidasi Ferrous Sulfate. Keuntungan penggunaan koagulan ini adalah dapat bekerja pada jangkauan pH 4,8 hingga 11.

### 5. Koagulan Sodium Aluminate ( $\text{NaAlO}_2$ )

Digunakan dalam kondisi khusus karena harganya yang relatif mahal. Biasanya digunakan sebagai koagulan sekunder untuk menghilangkan warna dan dalam proses pelunakan air dengan lime soda ash.

### 6. Koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC)

Polimer aluminium merupakan jenis baru sebagai hasil riset dan pengembangan teknologi air sebagai dasarnya adalah aluminium yang berhubungan dengan unsur lain membentuk unit berulang dalam suatu ikatan rantai molekul yang cukup panjang, pada PAC unit berulangnya adalah  $\text{Al-OH}$

Kemudian dilanjutkan dengan proses flokulasi, yaitu penggabungan inti flok menjadi flok berukuran lebih besar yang memungkinkan partikel dapat mengendap. Penggabungan flok kecil menjadi flok besar terjadi karena adanya tumbukan antar flok. Tumbukan ini terjadi akibat adanya pengadukan lambat.



**Gambar 2. 5** Bak Koagulasi-Flokulasi

Sumber: <https://images.app.goo.gl/NyVQaDNxuBabJbQK8>

Pengadukan merupakan operasi yang mutlak diperlukan pada proses koagulasi-flokulasi. Pengadukan cepat berperan penting dalam pencampuran koagulan dan destabilisasi partikel. Sedangkan pengadukan lambat berperan dalam upaya penggabungan flok (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012).

Berdasarkan kecepatan, pengadukan dapat dibedakan menjadi 2 yaitu pengadukan cepat dan pengadukan lambat.

- Pengadukan cepat

Tujuan pengadukan cepat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan turbulensi air sehingga dapat mendispersikan bahan kimia yang akan dilarutkan dalam air. Secara umum, pengadukan cepat adalah pengadukan yang dilakukan pada gradien kecepatan besar (300 sampai 1000 detik<sup>-1</sup>) selama 5 hingga 60 detik (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012).

1. Untuk proses koagulasi-flokulasi :

Waktu detensi = 20 - 60 detik

$G = 1000 - 700 \text{ detik}^{-1}$

2. Untuk penurunan kesadahan (pelarutan kapur/soda) :

Waktu detensi = 20 - 60 detik

$G = 1000 - 700 \text{ detik}^{-1}$

3. Untuk presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain) :

Waktu detensi = 0,5 - 6 menit

$$G = 1000 - 700 \text{ detik}^{-1}$$

- Pengadukan lambat

Tujuan pengadukan lambat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan gerakan air secara perlahan sehingga terjadi kontak antar partikel untuk membentuk gabungan partikel hingga berukuran besar. Pengadukan lambat adalah pengadukan yang dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100  $\text{detik}^{-1}$ ) selama 10 hingga 60 menit atau nilai  $GT_d$  (bilangan Champ) berkisar 48000 hingga 210000.

Untuk menghasilkan flok yang baik, gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak pecah lagi dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar. Secara spesifik, nilai  $G$  dan waktu detensi untuk proses flokulasi adalah sebagai berikut (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi. (2012). *Operasi dan Proses Pengolahan Air*. Surabaya: ITS Press.)

1. Untuk air sungai  
 $G = 10 - 50 \text{ /detik}$
2. Untuk air waduk  
Waktu = 30 menit  
 $G = 10 - 50 \text{ /detik}$
3. Untuk air keruh  
Waktu dan  $G$  lebih rendah
4. Bila menggunakan gram besi sebagai koagulan  
 $G$  tidak lebih dari 50 /detik
5. Untuk flokulator 3 kompartemen  
 $G$  kompartemen 1 : nilai terbesar  
 $G$  kompartemen 2 : 40 % dari  $G$  kompartemen 1  
 $G$  kompartemen 3 : nilai terkecil
6. Untuk penurunan kesadahan (pelarutan kapur dan soda)  
Waktu detensi = minimum 30 menit  
 $G = 10 - 50 \text{ /detik}$
7. Untuk presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)

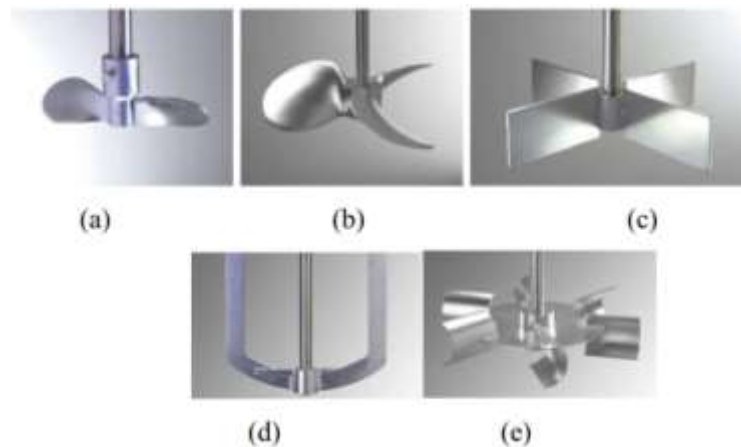
Waktu detensi = 15 - 30 menit

$G = 20 - 75$  /detik

$GTd = 10.000 - 100.000$

- Pengadukan mekanis

Pengadukan mekanis adalah metode pengadukan menggunakan peralatan mekanis yang terdiri atas motor, poros pengaduk (*shaft*), dan alat pengaduk (*impeller*). Peralatan tersebut digerakkan dengan motor bertenaga listrik. Berdasarkan bentuknya, ada tiga macam impeller, yaitu paddle (pedal), turbine, dan propeller (baling-baling). Bentuk ketiga impeller tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 2. 6** Tipe Turbin dan Propeller (a) 2 blade impeller (b) 3 blade impeller (c) 4 blade impeller (d) Anchor Type Impeller (e) Agitator Impeller

Sumber: <https://www.directindustry.com/prod/lightnin/product-24564-59977.html>

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi antara lain:

- a) Kualitas air meliputi gas-gas terlarut, warna, kekeruhan, rasa, bau, dan kesadahan
- b) Jumlah dan karakteristik koloid
- c) Derajat keasaman air (pH)
- d) Pengadukan cepat, dan kecepatan paddle
- e) Temperatur air

- f) Alkalinitas air, bila terlalu rendah ditambah dengan pembubuhan kapur
- g) Karakteristik ion-ion dalam air

### Rumus perhitungan:

#### Bak Pembubuh Koagulan

- Kebutuhan koagulan harian

$$\text{Kebutuhan koagulan} = \text{Dosis koagulan} \times Q$$

Dengan

Kebutuhan koagulan : Jumlah koagulan dibutuhkan (kg/hari)

Dosis koagulan : Dosis optimum koagulan (mg/L)

Q : Debit air limbah (m<sup>3</sup>/s)

- Debit koagulan per hari

$$Q \text{ koagulan} = \frac{\text{kebutuhan koagulan}}{\rho \text{ koagulan}} \times td$$

Dengan

Q koagulan : debit koagulan (L/hari)

Kebutuhan koagulan : jumlah koagulan yang dibutuhkan per hari (kg/hari)

$\rho$  koagulan : mass jenis koagulan(kg/L)

td : periode pelarutan (hari)

- Debit air pelarut

$$Q \text{ pelarut} = \frac{100 - \text{pelarutan}}{\% \text{ pelarutan}} \times Q \text{ koagulan}$$

Dengan

Q air pelarut : air yang dibutuhkan untuk melarutkan koagulan (m<sup>3</sup>/hari)

Kadar air pelarut : persen kandungan air dalam larutan

Q koagulan : debit koagulan per hari (m<sup>3</sup>/hari)

- Total debit tangki pembubuh

$$Q \text{ total} = Q \text{ koagulan} + Q \text{ air pelarut}$$

- Volume tangki pembubuhan

$$V = Q \text{ total} \times t_d$$

Dengan

Q total : debit total tangka pembubuh (m<sup>3</sup>/hari)

t<sub>d</sub> : periode pelarutan (hari)

- Kedalaman air pada bak pembubuh

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H \text{ air}$$

Dengan

V : volume tangki pembubuh (m<sup>3</sup>)

D : diameter tangki pembubuh (m)

H air : kedalaman air dalam bak pembubuh (m)

- Supply tenaga ke air / daya pengaduk

$$P = G^2 \times \mu \times V$$

Dengan

P : supply tenaga ke air (watt)

G : gradien kecepatan (L/s)

μ : viskositas absolut (N.s/m<sup>2</sup>)

V : volume bak pembubuh (m<sup>3</sup>)

(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Richards, Paul A.. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2<sup>nd</sup> edition*, hal 187. Boston: PWS Publishing Company)

- Diameter impeller

$$D_i = \left( \frac{P}{K_T \times \eta^3 \times \rho} \right)^{\frac{1}{5}}$$

Dengan

P : supply tenaga ke air (watt)

K<sub>T</sub> : konstanta pengaduk untuk aliran turbulen

η : kecepata putaran (rps)

ρ : massa jenis air (kg/m<sup>3</sup>)

- Jarak impeller dengan dasar (H<sub>i</sub>)

$$H_i = \% \times D_i$$

Dengan

Hi : jarak impeller dengan dasar (m)

Di : diameter impeller

% : presentase diameter (30 – 50% Di)

(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Richards, Paul A.. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2<sup>nd</sup> edition*, hal 184. Boston: PWS Publishing Company)

- Cek diameter impeller

$$\text{Cek D} = \frac{D_{\text{impeller}}}{D_{\text{tangki}}} \times 100\%$$

Dengan

D impeller : diameter impeller (m)

D tangki : diameter tangki (m)

Cek D harus memenuhi range 30 – 50%

(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Richards, Paul A.. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2<sup>nd</sup> edition*, hal 185. Boston: PWS Publishing Company)

- Lebar impeller

$$W_i = \frac{1}{x} \times D_{\text{tangki}}$$

Dengan

Wi : lebar impeller (m)

D tangki : diameter tangki (m)

Lebar impeller : 1/6 – 1/10

- Cek bilangan Reynold

$$N_{re} = \frac{D_i^2 \times \eta \times \rho}{\mu}$$

Dengan

Di : diameter impeller (m)

$\eta$  : kecepatan putaran (rps)

$\rho$  : massa jenis air (kg/m<sup>3</sup>)

$\mu$  : viskositas absolut (N.s/m<sup>2</sup>)

Bilangan Reynold dalam pengadukan cepat =  $N_{re} > 10000$  (Turbulen)

Bilangan Reynold dalam pengadukan lambat =  $N_{re} < 2000$  (Laminer)  
(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Richards, Paul A.. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2<sup>nd</sup> edition*, hal 187. Boston: PWS Publishing Company)

### 2.2.2.3 Sedimentasi

Sedimentasi atau pengendapan adalah suatu unit operasi untuk menghilangkan materi tersuspensi atau flok kimia secara gravitasi. Proses sedimentasi pada pengolahan air bersih umumnya untuk menghilangkan padatan tersuspensi sebelum dilakukan proses pengolahan selanjutnya (Said & Ruliasih, 2005).

Jenis pengendapan partikel pada sedimentasi dapat dibedakan menjadi 2 jenis pengendapan, yaitu :

- a) Pengendapan partikel *discrete*, pengendapan yang terjadi akibat gaya gravitasi dan mempunyai kecepatan pengendapan yang relatif konstan tanpa dipengaruhi oleh adanya perubahan partikel dan berat jenis.
- b) Pengendapan partikel *flocculant*, yaitu pengendapan yang terjadi akibat gaya gravitasi dan mempunyai percepatan pengendap per satuan waktu sesuai dengan pertambahan ukuran partikel flocculant. Pada zona pengendapan, massa dari partikel flokulen pada suspensi secara keseluruhan tetap karena partikel flokulen begitu dekat dan adanya gaya antar partikel menyebabkan mereka berada pada posisi relatif tetap satu sama lain. Proses sedimentasi didesain untuk menghilangkan padatan yang dapat terendapkan oleh pengendapan gravitasi untuk dapat memaksimalkan unit proses selanjutnya seperti filtrasi. Proses sedimentasi dibagi menjadi 2 klasifikasi yaitu grit chamber (*plain sedimentation*) dan sedimentation tanks (clarifier). Kriteria dari pengklasifikasian ini adalah ukuran, kualitas, dan nilai *spesifik gravity* dari partikel yang terpisahkan.



**Gambar 2. 7** Bak Sedimentasi

Sumber: <https://images.app.goo.gl/Akh2ZGEszHPFmyLv6>

Adapun kriteria perencanaan untuk bangunan bak pengendap awal pada tabel berikut:

1. Berbentuk saluran terbuka
2. Kecepatan aliran = 0,5 m/s
3. Waktu tinggal (td) = 1,5 – 2,5 jam
4. Overflow rate (OFR)
  - Average = 30 – 50 m/hari
  - Peak = 70 – 130 m/hari

(Sumber: Qasim, Syed R. 1985. *Wastewater Treatment Plant: Planning, Design, and Operation*, hal 428. New York: CBS College Publishing)

5. Specific solid (Ss) = 1,3 - 1,5
6. Specific gravity (Sg) = 1,03

(Sumber: Qasim, Syed R. 1985. *Wastewater Treatment Plant: Planning, Design, and Operation*, hal 428. New York: CBS College Publishing)

7. Weir loading = 125 – 600 m/hari
8. Dimensi
  - Panjang = 10 - 90 meter
  - Lebar = 2 - 24 meter
  - Kedalaman = 2,5 - 5 meter

(Sumber: Metcalf and Eddy. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th Edition*, halaman 398)

9. % removal TSS = 50 – 70 %

(Sumber: Metcalf and Eddy. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 5th Edition*, halaman 382)

10. Slope kearah zona = 1% - 2%

11. Bilangan Reynold (Nre) = < 2000 (aliran laminar)

12. Bilangan Freud (Nfr) = >  $10^{-5}$  (mencegah aliran pendek)

Sumber: Razif, M. 1985. *Pengolahan Air Minum*. Surabaya: Diktat TP-FTSP-ITS)

13. Syarat terjadinya pengendapan = (tp < td)

14. Kecepatan horizontal (vh) < kecepatan pengendapan (vs)

15. Syarat terjadinya pengurasan = (Vsc > Vh)

16. Percepatan gravitasi =  $9,81 \text{ m/s}^2$

17.  $\beta$  factor kisi porositas = 0,02 – 0,12

18.  $\lambda$  factor fraksi hidrolis = 0,03

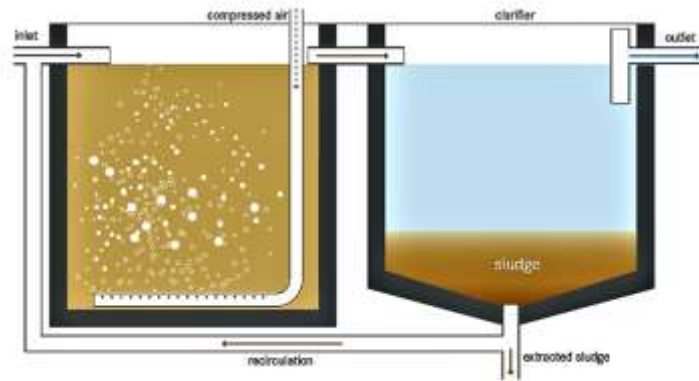
19. Tinggi air diatas pelimpah = 1 – 2 mm

(Sumber: Qasim, Syed R. 1985. *Wastewater Treatment Plant: Planning, Design, and Operation*, hal 278. New York: CBS College Publishing)

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

#### 2.2.3.1 *Activated Sludge* (Lumpur Aktif)

Pengolahan activated sludge atau lumpur aktif adalah system pengolahan dengan menggunakan bakteri aerobik yang dibiakkan dalam tangki aerasi yang bertujuan untuk menurunkan organik karbon atau organik nitrogen. Dalam hal menurunkan organik, bakteri yang berperan adalah bakteri heterotrof. Sumber energi berasal dari oksidasi senyawa organik dan sumber karbon (organik karbon). *Activated sludge* bertujuan untuk menghilangkan beban organik seperti COD, ammonia, fenol dengan bantuan bakteri dan mikroba sebagai pengurai. Bakteridan mikroba ditumbuhkan dalam kondisi aerobik dan dapat berkembang secara bebas.



**Gambar 2. 8** *Activated Sludge*

Sumber: <https://images.app.goo.gl/j6ksnNf4eywhU6LNA>

Tipe-tipe proses activated sludge yaitu sebagai berikut:

a. Konvensional

Pada sistem konvensional terdiri dari tanki aerasi, secondary clarifier dan recycle sludge. Selama berlangsungnya proses terjadi absorpsi, flokulasi dan oksidasi bahan organik.

b. Non-konvensional

- Step Aeration

Step aeration merupakan tipe plug flow dengan perbandingan  $F/M$  atau substrat dan mikroorganisme menurun menuju outlet. Inlet air buangan masuk melalui 3-4 titik di tanki aerasi dengan maksud untuk menetralkan rasio substrat dan mikroorganisme dan mengurangi tingginya kebutuhan oksigen di titik yang paling awal. Keuntungannya mempunyai waktu detensi yang lebih pendek.

- Tapered Aeration

Tapered aeration Hampir sama dengan step aerasi, tetapi injeksi udara ditik awal lebih tinggi.

- Contact Stabilization

Pada sistem ini terdapat 2 tanki, yaitu:

Contact tank : berfungsi untuk mengabsorb bahan organik untuk memproses lumpur aktif.

Reaeration tank : berfungsi untuk mengoksidasi bahan organik yang mengabsorb (proses stabilisasi).

- *Pure Oxygen*

Pure oxygen diinjeksikan ke tangki aerasi dan diresirkulasi. Keuntungannya adalah mempunyai perbandingan substrat dan mikroorganisme serta volumetric loading tinggi dan td pendek.

- *High Rate Aeration*

Kondisi ini tercapai dengan meninggikan harga rasio resirkulasi, atau debit air yang dikembalikan dibesarkan 1-5 kali. Dengan cara ini maka akan diperoleh jumlah mikroorganisme yang lebih besar.

- *Extended Aeration*

Pada sistem ini reaktor mempunyai umur lumpur dan time detention (td) lebih lama, sehingga lumpur yang dibuang atau dihasilkan akan lebih sedikit.

**Kriteria perencanaan:**

1. Menggunakan bak activated sludge

2. Umur lumpur ( $\theta_c$ ) = 4 – 10 hari

3. Rasio F/M = 0,25 – 0,5 kg BOD5/kg MLVSS.d

4. Ketinggian bak aerasi (H) = 3,5 – 6 m

(Sumber: Metcalf & Eddy, *Waste Water Engineering Treatment & Reuse*, 4<sup>th</sup> Edition, hal 687)

5. *Hydraulic Detention Time* (HDT) = 6 – 8 jam

(Sumber: Marcos von Sperling, *Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactors, Biological Wastewater Treatment Series, Volume Five*, hal 6)

6. Rasio VSS/SS = 0,70 – 0,85

(Sumber: Marcos von Sperling, *Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactors, Biological Wastewater Treatment Series, Volume Five*, hal 21)

7. Particulate BOD = 0,45 – 0,65 mgBOD5/mgTSS

- (Sumber: Marcos von Sperling, *Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactors, Biological Wastewater Treatment Series, Volume Five*, hal 29)
8. Koefisien temperatur aktif ( $\theta$ ) = 1,04 ( $T = 20 - 30^{\circ}\text{C}$ )  
(Sumber: Metcalf & Eddy, *Waste Water Engineering Treatment & Reuse, 4<sup>th</sup> Edition*, hal 681)
  9. Yield Coefficient ( $Y$ ) = 0,5 – 0,7 g VSS/g BOD5 removed
  10. Endogenous Respiration Coefficient ( $K_d$ ) = 0,06 – 0,10 g VSS/g VSS.d  
(Sumber: Marcos von Sperling, *Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactors, Biological Wastewater Treatment Series, Volume Five*, hal 20)
  11. Standard oxygenation efficiency = 1,8 kg  $\text{O}_2$ /kW.jam  
(Sumber: Marcos Von Sperling, *Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactor*, hal 66)
  12. Rasio Resirkulasi ( $R$ ) = 0,6 – 1
  13. MLVSS ( $X_v$ ) = 1500 – 3500 mg/L
  14. MLSS ( $X$ ) = 2000 – 4000 mg/L
  15. Biodegradable Fraction of VSS ( $f_b$ ) = 0,55 – 0,77  
(Sumber: Marcos von Sperling, *Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactors, Biological Wastewater Treatment Series, Volume Five*, hal 69)
  16. Effluent soluble BOD = 5 – 20 mg/L  
(Sumber: Marcos Von Sperling, *Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactor*, hal 69)
  17. Kebutuhan  $\text{O}_2$  = 0,8 – 0,94 kg  $\text{O}_2$ /kg BOD removed  
(Sumber: Marcos Von Sperling, *Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactor*, hal 205)

**Rumus perhitungan:**

- Partikulat BOD efluen

$$\text{BOD}_{\text{ss}} = \text{BOD efluen} \times (\text{MLVSS/MLSS}) \times F_b$$

$$\text{BOD}_{\text{terlarut}} = \text{BOD efluen} - \text{BOD}_{\text{ss}}$$

Dengan

VSS/SS : rasio perbandingan VSS dan SS

Fb : fraksi biodegradable

(Sumber : Marcos Von Sperling, *Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactor*, hal 29).

- Efisiensi system dalam penyisihan BOD

$$E = \frac{BOD\ inf - BOD\ terlarut}{BOD\ inf} \times 100\%$$

- Debit resirkulasi

$$Q_r = R \times Q_o$$

Dengan

Qo : debit air limbah awal (m<sup>3</sup>/s)

R : rasio resirkulasi

- Debit total bioreactor

$$Q\ total = Q_o + Q_r$$

- Konsentrasi BOD dalam bioreactor (Sa)

$$S_a = \frac{(S_o \times Q_o) + (S_r \times Q_r)}{(Q_o + Q_r)}$$

Dengan

Sa : konsentrasi BOD dalam reaktor (mg/L)

Sr : konsentrasi BOD resirkulasi (mg/L)

So : konsentrasi BOD awal (mg/L)

- Volume bioreactor

$$V = \frac{Y \times \theta_c \times Q_a \times (S_o - S_a)}{X_a \times (1 + K_d \times \theta_c \times Y)}$$

Dengan

V : volume bioreactor

Y : Yield coefficient (g VSS / G BOD 5 Removed)

θc : umur lumpur (hari)

Sa : konsentrasi BOD dalam reaktor (mg/L)

So : konsentrasi BOD awal (mg/L)

Qa : Debit air limbah total (m<sup>3</sup>/s)

Xa : MLVSS (mg/L)

Kd : Endogenous respiration coefficient (g VSS/ g VSS.d)

FB : Biodegradable fraction of VSS

- Kedalaman bioreactor

$$H_{\text{total}} = H + H_{fb}$$

- F/M ratio

$$F/M \text{ ratio} = \frac{S_a}{T_d \times X_a}$$

Dengan

S<sub>a</sub> : konsentrasi BOD dalam reaktor (mg/L)

X<sub>a</sub> : MLVSS (mg/L)

T<sub>d</sub> : waktu tinggal hidrolis (jam)

- Konsentrasi resirkulasi lumpur

$$X_r = \frac{X_a(Q_a \times Q_r)}{Q_r}$$

- Produksi lumpur setiap hari

$$Y_{\text{obs}} = \frac{y}{1 + Fb \times K_d \times \theta_c}$$

$$S_r = Q_a \times (S_o - S_a)$$

$$P_x = Y_{\text{obs}} \times S_r$$

Dengan

P<sub>x</sub> : produksi lumpur (kg/hari)

Y<sub>obs</sub> : koefisien observed yield

θ<sub>c</sub> : umur lumpur (hari)

K<sub>d</sub> : endogenous respiration coefficient (g VSS /G VSS/d)

Fb : biodegradable fraction of VSS

S<sub>r</sub> : penyisihan beban BOD (kg/hari)

S<sub>a</sub> : konsentrasi BOD dalam reaktor (mg/L)

S<sub>o</sub> : Konsentrasi BOD awal (mg/L)

Q<sub>a</sub> : Debit air limbah total (m<sup>3</sup>/s)

- Debit lumpur yang dibuang

$$Q_{\text{ex}} = \frac{V}{\theta_c}$$

$$Q_{\text{ex}} = \frac{V}{\theta_c} \times \frac{X}{X_r}$$

Dengan

- V : volume bioreactor  
 $\phi_c$  : umur lumpur  
 X : MLSS (mg/L)  
 X<sub>r</sub> : konsentrasi resirkulasi lumpur (mg/L)

- Volume lumpur

$$\text{Vol lumpur} = \frac{Px}{\rho_{\text{lumpur}} \times c} \times \phi_c$$

Dengan

- V<sub>lumpur</sub> : volume lumpur (m<sup>3</sup>)  
 P<sub>x</sub> : Produksi lumpur (kg/hari)  
 $\rho_{\text{lumpur}}$  : massa jenis lumpur (kg/m<sup>3</sup>)  
 C : konsentrasi lumpur

- Kebutuhan oksigen

$$\text{Keb. O}_2 \text{ teoritis} = \text{Keb. Teoritis} \times \text{Faktor desain}$$

$$\text{Keb. Udara teoritis} = \frac{\text{Keb O}_2 \text{ teoritis}}{\text{Berat standar udara} \times \% \text{O}_2 \text{ udara}}$$

$$\text{Keb. Udara actual} = \frac{\text{Keb udara teoritis}}{\text{Efisiensi blower}}$$

- Desain perpipaan diffuser

$$\text{Panjang pipa lateral (L}_L = \frac{W \text{ bioreaktor} - D_M}{2}$$

$$L_M = (n \times D_L) + ((n + 1) \times r_L)$$

$$L_L = (n \times D_o) + ((n + 1) \times r_o)$$

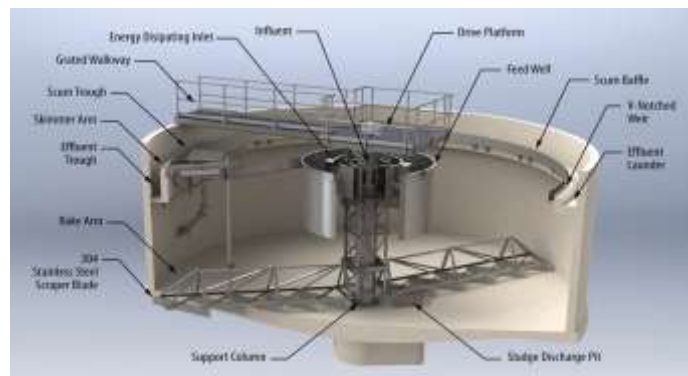
Dengan

- L<sub>M</sub> : Panjang pipa manifold (m)  
 L<sub>L</sub> : Panjang pipa lateral (m)  
 D<sub>M</sub> : Diameter pipa manifold (m)  
 D<sub>L</sub> : Diameter pipa lateral (m)  
 D<sub>O</sub> : Diameter lubang oriface (m)  
 r<sub>L</sub> : Jarak antar pipa lateral (m)  
 r<sub>O</sub> : Jarak antar lubang oriface (m)

### 2.2.3.2 Clarifier

Pengolahan ini adalah kelanjutan dari pengolahan terdahulu, oleh karena itu pengolahan jenis ini akan digunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua banyak zat tertentu yang masih berbahaya bagi masyarakat umum. Pengolahan ketiga ini merupakan pengolahan secara khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah, biasanya dilaksanakan pada pabrik yang menghasilkan air limbah khusus diantaranya yang mengandung fenol, nitrogen, fosfat, bakteri patogen dan lainnya.

Bangunan clarifier digunakan untuk mengendapkan lumpur setelah proses sebelumnya, biasanya proses lumpur aktif. Pada unit pengolahan ini, terdapat scrapper blade yang berjumlah sepasang yang berbentuk vee (V). Alat tersebut digunakan untuk pengeruk lumpur yang bergerak, sehingga sludge terkumpul pada masing-masing vee dan dihilangkan melalui pipa dibawah sepasang blades. Lumpur lepas dari pipa dan masuk ke dalam sumur pengumpul lumpur yang terdapat di tengah bagian bawah clarifier. Lumpur dihilangkan dari sumur pengumpul dengan cara gravitasi. *Secondary Settling (Clarifier)*, fungsinya sama dengan bak pengendap, tetapi clarifier biasanya ditempatkan setelah pengolahan kedua (pengolahan biologis).



**Gambar 2. 9 Clarifier**

Sumber: <https://images.app.goo.gl/agSbsHhZJr26eYiL8>

**Kriteria perencanaan:**

1. Bentuk bak pengendap = circular

2. Kedalaman (H) = 3 – 4,9 m
3. Diameter = 3- 60 m
4. Bottom slope = 1/16 – 1/6 mm/mm
5. Flight speed = 0,02 – 0,05 m/menit
6. Waktu detensi (td) = 1,5 – 2,5 jam
7. Over flow rate
  - Average = 30 – 50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari
  - Peak = 80 – 120 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari
8. Weir loading = 125 – 500 m/m<sup>2</sup>.hari  
(Sumber: Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering Treatment & Reuse*, 4th Edition, hal 398)
9. Diameter inlet well = 15% - 20% diameter bak
10. Ketinggian inlet well = 0,5 – 0,7 m
11. Kecepatan inlet well = 0,3 – 0,75 m  
(Sumber: Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering Treatment & Reuse*, 4th Edition, hal 401)
12. Konsentrasi solid = 4% - 12%  
(Sumber: Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering Treatment & Reuse*, 4th Edition, hal 411)
13. % removal TSS = 50 – 80%  
(Qasim, *Wastewater Treatment Plants Planning Design and Operation*, 2nd Edition)
14. Specific gravity sludge (Sg) = 1,005
15. Specific gravity solid (Ss) = 1,25  
(Sumber: Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering Treatment & Reuse*, Fourth Edition, hal 1456)
16. Massa jenis air ( $\rho$ ), T(26°C) = 996,81 kg/m<sup>3</sup> = 0,99681 g/cm<sup>3</sup>
17. Viskositas kinematik ( $\nu$ ) = 0,8774 x 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s
18. Viskositas dinamik ( $\mu$ ) = 0,8746 x 10<sup>-3</sup> N.s/m<sup>2</sup>  
(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering* 2nd edition, hal 762)

19. Bilangan Reynold (NRe) untuk Vs = < 1 (laminer)  
(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition*, hal 224)
20. Bilangan Reynold (NRe) untuk Vh = < 2000 (aliran laminar)
21. Bilangan Froude (Nfr) = > 105  
(Sumber: SNI 6774:2008 Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air, hal 6)

**Rumus perhitungan:**

- Perhitungan Xr

$$SVI = \frac{Volume \times 1000 \text{ mg/l}}{MLSS}$$

$$Xr = \frac{10^6}{SVI}$$

- BOD teremoval

$$\text{BOD teremoval} = Co \times \% \text{ teremoval}$$

- BOD lolos (Cr)

$$Cr = Co - \text{BOD teremoval}$$

- Rasio resirkulasi

$$R = \frac{Xv}{Xr - Xv}$$

- Debit resirkulasi (Qr)

Mengikuti data yang direncanakan menggunakan 1 bak

$$Qr = Qo \times R$$

- Debit yang masuk ke bak Activated Sludge

$$Q_a = Q_o + Q_r$$

- Konsentrasi BOD dalam bak Activated Sludge ( $C_a$ )

$$C_a = \frac{(C_o \times Q) + (Q_r \times C_r)}{(Q + Q_r)}$$

- Volume bak Activated Sludge ( $V$ )

$$V = \frac{Q_a \times \theta_c \times Y \times (C_a - C_r)}{(Q + Q_r)}$$

- Kuantitas lumpur yang dihasilkan setiap hari ( $Y_{obs}$ )

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + (K_d \times \theta_c)}$$

- Massa lumpur aktif

$$P_x = Y_{obs} \times Q_a \times (C_a - C_r)$$

- Kontrol F/M ratio

$$F/M = \frac{Q_{influen} \times C_a}{Vol \times X}$$

Rumus bak pengendap 2

Zona settling

- Debit clarifier

$$MLVSS \text{ yang dibuang} = \frac{P \times MLVSS}{\text{Berat jenis lumpur}}$$

- $Q_{in}$  clarifier

$$Q_{in} = (Q_o + Q_r) - MLVSS \text{ yang dibuang}$$

- MLVSS yang dibuang

$$MLVSS \text{ yang dibuang} = \frac{Q_{in}}{\text{Over flowrate}}$$

- Diameter bak ( $D_{bak}$ )

$$D \text{ bak} = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

- Kecepatan horizontal di bak (vh)

$$F/M = \frac{Q_{in}}{\pi \times D \times H}$$

- Headloss pada zona settling (Hf)

$$S = \frac{n \times Vh}{R^{2/3}}$$

- Cek aliran

$$N_{re} = \frac{D \times V_s}{\text{Viskositas}}$$

- Cek bilangan Froude (Nfr)

$$N_{fr} = \frac{Vh}{\sqrt{g \times h}}$$

#### Zona Thickening

- Total massa solid dalam bak aerasi

$$\text{Massa solid total} = \text{MLVSS bak aerasi} \times \text{Volume bak aerasi}$$

- Total massa solid dalam BP 2

$$P = \% \text{ biological yang tetap dalam bak aerasi}$$

$$\text{Massa solid} = P \times \text{Total massa pada bak aerasi}$$

- Volume zona thickening

$$V = \text{Total massa pada clarifier} : X_r$$

- Dimensi zona thickening

$$\text{Luas permukaan atas (A)}$$

$$A = \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$$

$$\text{Luas permukaan bawah (A')}$$

$$A' = \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$$

- Kedalaman total

$$H_{\text{total}} = H_{\text{settling}} + H_{\text{thickening}}$$

#### Zona Sludge

- Berat jenis solid (sg)

$$sg = (60\% \times sg \text{ volatile solid}) + (40\% \times sg \text{ fixed solid})$$

- Berat jenis sludge (si)

$$si = (5\% \times 1,78 \text{ g/cm}^3) + (95\% \times 1 \text{ g/cm}^3)$$

- Removal total (output sludge di AS)

$$CnBOD = Co - (Co \times (100\% - 90\%))$$

- Berat solid

$$\text{Berat solid} = \text{Removal BOD} \times Q$$

- Volume solid

$$\text{Vol solid} = \frac{\text{Berat solid}}{\text{Berat jenis solid}}$$

- Berat air

$$\text{Berat air} = \frac{95\%}{5\%} \times \text{Berat solid}$$

- Volume air

$$\text{Vol air} = \frac{\text{Berat air}}{\text{Berat jenis air}}$$

- Volume sludge

$$Vo \text{ sludge} = \text{Vol solid} + \text{Vol air}$$

#### Zona Outlet

- Panjang tiap weir

$$L = \pi \times Dbak$$

- Jumlah v-notch

$$n = \frac{L \text{ weir}}{\text{Jarak antar weir} + \text{Lebar vnotch}}$$

- Debit air yang mengalir tiap V notch

$$Q \text{ v-notch} = \frac{Q \text{ bak}}{n}$$

- Panjang basah tiap pelimpah

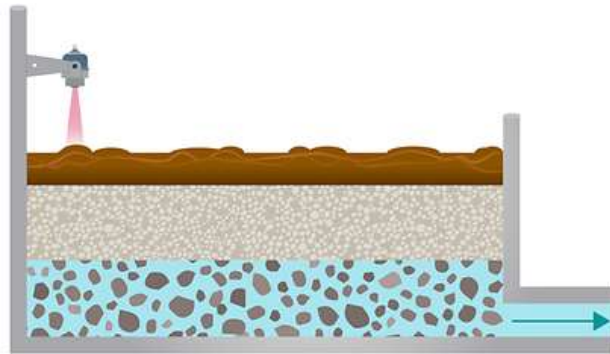
$$Li = \frac{2H}{\tan \alpha}$$

- Panjang basah total (Ln)

$$Ln = n \times Li$$

#### 2.2.4 Pengolahan Lumpur (*Sludge Treatment*)

Sludge drying bed merupakan suatu bak yang dipakai untuk mengeringkan lumpur hasil pengolahan. Bak ini berbentuk persegi panjang yang terdiri dari lapisan pasir dan kerikil serta pipa drain untuk mengalirkan air dari lumpur yang dikeringkan. Waktu pengeringan paling cepat 10 hari dengan bantuan sinar matahari.



**Gambar 2. 10** Sludge Drying Bed

Sumber: <https://images.app.goo.gl/579RYe3Hvhv24gY27>

##### **Kriteria perencanaan:**

- Waktu pengeringan = 5 – 15 hari
- Tebal sludge cake = 20 – 30 cm
- Tebal pasir = 23 – 30 cm
- Lebar = 6 m
- Panjang = 6 – 30 m
- Slope = 1%
- Kecepatan aliran pipa ( $v$ ) =  $> 0,75$  m/s
- Berat air dalam cake = 60% - 70%
- Kadar air = 60% - 80%
- Kadar solid = 20% - 40%
- Sludge loading rate = 120 – 150 kg/ solid kering/m<sup>2</sup>.tahun

(Sumber: Metcalf & Eddy. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse 4<sup>th</sup> edition*, hal 1570-1572. New York: McGrawHill Book Company)

**Rumus perhitungan:**

- Tebal media

Tebal media = Tebal pasir + Tebal kerikil

- Volume cake sludge ( $V_i$ )

$$V_i = \frac{\text{Vol lumpur} \times (1-P)}{1-P_i}$$

- Volume sludge drying bed

$$V = V_i \times T_d$$

- Dimensi bed

$$A = \frac{V}{\text{Tebal cake}}$$

$$A = L \times B$$

- Kedalaman total

$$H = \text{Kedalaman cake} + \text{Kedalaman media}$$

$$H_{\text{total}} = H + 10\%H$$

- Volume air ( $V_a$ )

$$V_a = \frac{\text{Volume lumpur} - V_i}{\text{Jumlah bed}} \times t_d$$

- Kedalaman total dengan underdrain

$$H = \frac{\text{Volume air}}{A}$$

- Ketinggian total

$$H_{\text{total}} = H_{\text{cake}} + H_{\text{pasir}} + H_{\text{kerikil}} + H_{\text{underdrain}}$$

$$H_{\text{freeboard}} = H_{\text{total}} + (20\% \times H_{\text{total}})$$

- Debit pipa ( $Q$ )

$$Q = \frac{V_a}{T_d}$$

- Luas permukaan pipa

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

- Diameter pipa ( $D$ )

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

### 2.3 Persen Removal

**Tabel 2. 4** Persen Removal Unit Pengolahan Industri Pupuk Majemuk NPK

| Unit Pengolahan           | Beban Pencemar   | % Removal | Sumber / Literatur                                                                                                                                                            |
|---------------------------|------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Grease Trap               | Minyak dan lemak | 80%       | Dirjen Cipta Karya. 2017. Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja. hal. 31                                                                       |
| Sedimentasi 1             | Fluorida         | 99,53%    | Salimin, Z. (1995). Proses Kimia Pengolahan Limbah Korosif Radioaktif Dari Fabrikasi Bahan Bakar Nuklir. Prosiding Pertemuan Dan Presentasi Ilmiah PPNY-BATAN, 1(1), hal 354. |
|                           | COD              | 30-40%    | Qasim, <i>Wastewater Treatment Plants Planning Design and Operation, 2nd Edition</i>                                                                                          |
|                           | TSS              | 50-70%    | Metcalf & Eddy, <i>Wastewater Engineering Treatment, Reuse and Recovery, 5th Edition</i> , hal 382                                                                            |
| Activated Sludge          | COD              | 55-95%    | Cavaseno, <i>Industrial Wastewater and Solid Waste Engineering</i> , hal. 15                                                                                                  |
|                           | TSS              | 66-85%    |                                                                                                                                                                               |
|                           | Ammonia          | 33-99%    |                                                                                                                                                                               |
| Sedimentasi 2 (Clarifier) | COD              | 40-70%    | Qasim, <i>Wastewater Treatment Plants Planning Design and Operation, 2nd Edition</i>                                                                                          |
|                           | TSS              | 50-80%    |                                                                                                                                                                               |

### 2.4 Profil Hidrolis

Profil Hidrolis IPAM adalah merupakan upaya penyajian secara grafis “hydraulic grade line” dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit

pengolahan (influent- effluent) dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, mengetahui kebutuhan pompa, memastikan tidak terjadi banjir atau luapan air akibat aliran balik.

Profil hidrolis adalah faktor yang penting demi terjadinya proses pengaliran air. Profil ini tergantung dari energi tekan/ head tekan (dalam tinggi kolom air) yang tersedia bagi pengaliran. Head ini dapat disediakan oleh beda elevasi (tinggi ke rendah) sehingga air pun akan mengalir secara gravitasi. Jika tidak terdapat beda elevasi yang memadai, maka perlu diberikan head tambahan dari luar, yaitu dengan menggunakan pompa.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam membuat profil hidrolis adalah sebagai berikut :

1. Kehilangan Tekanan pada Bangunan Pengolahan Untuk membuat profil hidrolis perlu perhitungan kehilangan tekanan pada bangunan. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air di dalam bangunan pengolahan. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan ada beberapa macam, yaitu :
  - Kehilangan tekanan pada saluran terbuka
  - Kehilangan tekanan pada bak
  - Kehilangan tekanan pada pintu
  - Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang dan sebagainya harus di hitung secara khusus
2. Kehilangan Tekanan pada Perpipaan dan Aksesoris Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris yang berhubungan dengan bangunan pengolahan adalah sebagai berikut :
  - Kehilangan tekanan pada perpipaan Cara yang mudah dengan monogram “Hazen William” Q atau V diketahui maka S didapat dari monogram
  - Kehilangan tekanan pada aksesoris Cara yang mudah adalah dengan mengekivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekivalen sekaligus S

- Kehilangan tekanan pada pompa Bisa dihitung dengan rumus, grafik karakteristik pompa serta dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis pompa, cara pemasangan dan sebagainya
- Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok Cara perhitungannya juga dengan bantuan monogram

### 3. Tinggi Muka Air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan, sehingga akan dapat mempengaruhi pada proses pengolahan.. Kehilangan tekanan bangunan (saluran terbuka dan tertutup) tinggi terjunan yang direncanakan (jika ada) akan berpengaruh pada perhitungan tinggi muka air. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara :

- Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir
- Menambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di clear well
- Didapat tinggi muka air bangunan sebelum clear well demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama sesudah intake
- Jika tinggi muka air bangunan sesudah intake ini lebih tinggi dari tinggi muka air sumber, maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air.