

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Karakteristik Air Limbah

Setiap industri dan jenis bangunan memiliki karakteristik yang berbeda, sesuai dengan produk yang dihasilkan. Demikian pula dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang mempunyai karakteristik limbah, menurut Baku Mutu Industri menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013, sebagai berikut :

##### 2.1.1 BOD (Biochemical Oxygen Demand)

BOD atau adalah suatu karakteristik yang dapat menunjukkan jumlah kebutuhan oksigen yang terlarut dalam air yang dibutuhkan mikroorganisme namun biasanya menggunakan bakteri untuk mengurangi bahan organik dalam keadaan aerobik secara biokimia (Umaly dan Cuvin, 1988; Metcalf & Eddy, 1991). Parameter BOD digunakan untuk penentuan kuantitas oksigen untuk menstabilkan bahan organik secara biologis dengan tepat. Ditegaskan lagi oleh Boyd (1990), bahwa bahan organik yang terdekomposisi dalam BOD adalah bahan organik yang siap terdekomposisi (*readily decomposable organic matter*). Dari pengertian ini dapat dikatakan bahwa nilai BOD menyatakan jumlah oksigen namun dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik yang mudah terurai. Kandungan BOD pada limbah Industri yaitu 150 mg/L. Sedangkan Baku Mutu Air Limbah pada industri tersebut yaitu 100 mg/L. Sedangkan besar kandungan BOD pada Baku Mutu industri tersebut hanya sebesar 100 mg/L se

### 2.1.2 COD (Chemical Oxygen Demand)

COD atau  $\text{COD}$  adalah suatu karakteristik jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air (Boyd, 1990). Parameter COD digunakan untuk mengukur padatan oksigen dari bahan organik dalam air limbah yang dapat dioksidasi secara kimiawi. Peningkatan COD akan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air (Sami, 2012). Besarnya angka COD tersebut menunjukkan bahwa keberadaan zat organik pada air limbah berada dalam jumlah yang besar. Organik - organik tersebut mengubah oksigen menjadi karbondioksida. Semakin sedikit kadar oksigen di dalam air berarti semakin besar jumlah pencemar (organik) di dalam perairan tersebut (Prahutama, 2013). Kandungan COD pada air limbah industri sebesar 350 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan COD yang di perbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 200 mg/L.

### 2.1.3 TSS (Total Suspended Solid)

TSS atau  $\text{TSS}$  adalah zat padat (pasir, lumpur, dan tanah liat) atau partikel tersuspensi dalam air. TSS merupakan padatan yang tersuspensi yang tertahan pada kertas saring dengan partikel maksimal 2  $\mu\text{m}$  (SNI 06-6989.3-2004). Padatan yang tersuspensi tertahan pada sebuah penyaringan dengan ukuran pori tertentu, yang diukur setelah dikeringkan pada suhu 105°C. Penyaringan padatan yang paling umum digunakan untuk pengukuran TSS yaitu Whatman glass fiber filter dengan ukuran pori 1,58  $\mu\text{m}$ . TSS merupakan penyebab utama kekeruhan air yang disebabkan oleh partikel-partikel tersuspensi di dalam air yang dapat mengganggu penyerapan cahaya matahari ke dalam air. Kekeruhan akan menghambat penembusan sinar matahari yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dan fitoplankton untuk melakukan fotosintesis. TSS meliputi seluruh padatan yang terdapat dalam air, baik senyawa organik maupun anorganik.

Kandungan TSS pada air limbah industri ini adalah 200 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan TSS yang di perbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 100 mg/L.

#### **2.1.4 pH**

Derajat keasaman (Ph) adalah parameter untuk menunjukkan nilai pH air pada keadaan seberapa besar tingkat keasaman atau kebasaan suatu perairan. Air limbah dengan nilai pH=7 berarti kondisi air bersifat netral, pH>7 berarti kondisi air limbah tersebut bersifat basa.

Nilai pH pada air limbah industri ini adalah 7,1 sedangkan baku mutu yang mengatur besar nilai pH hanya sebesar 6,0-0,9.

### **2.1.5 Minyak dan Lemak**

Minyak dan lemak adalah parameter yang sama, minyak dan lemak merupakan bahan (ester) dari alkohol atau gliserol (gliserin) dengan asam lemak. Gliseride asam lemak yang cair dan temperaturnya normal merupakan minyak, sedangkan yang padat merupakan lemak. 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 5 membentuk sebuah lapisan tembus cahaya di permukaan badan air sekitar 0,0003048 mm (0,0000120 in). (Metcalf & Eddy, 2003). Minyak dan lemak merupakan campuran gliserida dengan susunan asam-asam lemak yang tidak sama. Sifat-sifat fisik dan kimia trigliserida ditentukan oleh asam lemak penyusunnya, karena asam lemak merupakan bagian terbesar berat molekul minyak. (Meyer,1973).

Kandungan minyak dan lemak pada air limbah industri ini adalah 20 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan minyak dan lemak yang di perbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 15 mg/L.

## **2.2 Bangunan Pengolahan Air Buangan**

Mengelola air buangan pada sebuah industri merupakan kegiatan yang harus dilakukan pada industri tersebut agar pada saat air buangan tersebut sudah tidak digunakan kembali tidak mencemari badan air. Air limbah yang akan dibuang ke badan air tidak boleh melebihi baku mutu yang ditentukan. Bangunan pengolahan air buangan untuk menyisihkan atau menghilangkan kontaminan. Kontaminan tersebut dinyatakan oleh parameter yang ada pada industri. Oleh karena itu, direncanakan unit-unit pengolahan air buangan sebagai berikut :

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

Pengolahan limbah cair yang pertama dilakukan adalah saluran pembawa, penyaringan ( ), dan bak pengumpul. Pengolahan limbah cair pada tahap pertama bertujuan untuk :

- Menyisihkan padatan kasar.
- Mereduksi ukuran padatan.
- Menyisihkan pasir.
- Dan menyisihkan padatan yang mengapung dan mengendap.

Berikut ini adalah uraian dari tiap -tiap unit bangunan pengolahan pendahuluan industri cold storage, antara lain :

#### 1. Saluran Pembawa

Saluran pembawa adalah saluran yang mengantarkan air dari satu bangunan ke bangunan pengolahan air limbah lainnya. Saluran pembawa ini biasa terbuat dari dinding berbahan beton. Saluran pembawa ini juga dapat dibedakan menjadi saluran pembawa terbuka dan tertutup. Saluran ini mampu mengalirkan air dengan memerhatikan beda ketinggian atau perbedaan elevasi antara bangunan yang satu dengan bangunan yang lainnya. Apabila saluran pembawa ini di atas lahan yang datar, maka diperlukan kemiringan/slope (m/m). Pada saluran pembawa, setiap 10 m saluran pembawa terdapat bak kontrol. Atau apabila terjadi jika ada ukuran screen lebih besar dari saluran, maka peletakan screen dipasang di bak control.

#### **Kriteria Perencanaan :**

Kecepatan aliran (v) = 0,3 – 0,6 m/s

Kemiringan / Slope maksimal (smax) = 1.10<sup>-3</sup> m/m

Freeboard = 10 – 20 % dari ketinggian

Dimensi saluran (Ws) = B = 2H

#### **Rumus yang digunakan :**

1. Luas Permukaan (A)

$$A = \frac{Q \left( \frac{m^3}{detik} \right)}{v \left( \frac{m}{detik} \right)}$$

Dengan :

A = Luas Permukaan Saluran Pembawa (m<sup>2</sup>)

Q = Debit Limbah (m<sup>3</sup>/detik)

v = Kecepatan Alir Fluida dalam Saluran Pembawa (m/detik)

## 2. Kedalaman Saluran (H)

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

Dengan :

H = Ketinggian Air dalam Saluran Pembawa (m)

A = Luas Permukaan Saluran Pembawa (m<sup>2</sup>)

B = Lebar Saluran Pembawa (m)

## 3. Ketinggian Total

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

Dengan :

H = Ketinggian Air dalam Saluran Pembawa (m)

Freeboard = 20%

## 4. Cek Kecepatan

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

Dengan :

Q = Debit Limbah (m<sup>3</sup>/detik)

v = Kecepatan Alir Fluida dalam Saluran Pembawa (m/detik)

v = Kecepatan Alir Fluida dalam Saluran Pembawa (m/detik)

A = Luas Permukaan Saluran Pembawa (m<sup>2</sup>)

## 5. Jari-jari Hidrolis

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

Dengan :

R = Jari – jari Hidrolis (m)

H = Ketinggian Air dalam Saluran Pembawa (m)

B = Lebar Saluran Pembawa (m)

6. Kemiringan (

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

Dengan :

S = Kemiringan Saluran / Slope (m/m)

n = Koefisien Manning Bahan Penyusun Saluran Pembawa

v = Kecepatan Alir Fluida dalam Saluran Pembawa %m-detik.

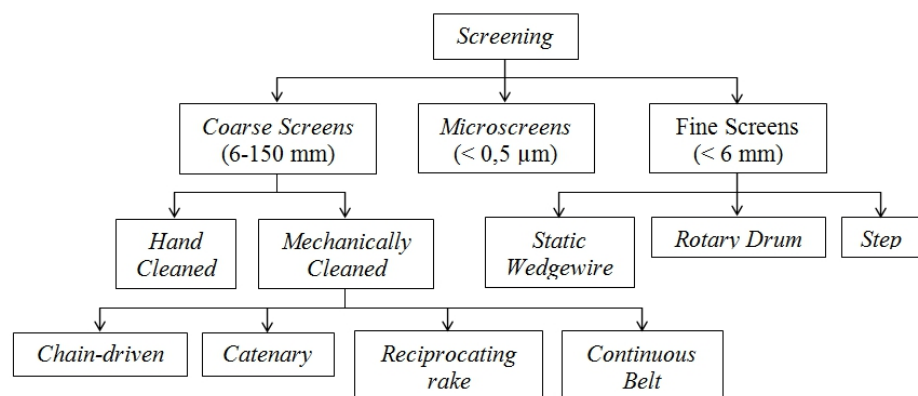
R = Jari – jari Hidrolis (m)

## 2. Bar Screen

Unit pengolahan pertama yang biasa digunakan pada proses pengolahan air buangan adalah screening. Screen merupakan sebuah alat berongga yang memiliki ukuran seragam yang digunakan untuk menahan padatan yang ada pada influent air buangan agar tidak mengganggu proses pengolahan pada bangunan pengolahan air buangan selanjutnya. Prinsip dari screening adalah untuk menghilangkan material kasar yang terdapat pada aliran air buangan yang dapat menyebabkan :

1. Kerusakan pada alat pengolahan
2. Mengurangi efektifitas pengolahan dan biaya pada proses pengolahan
3. Kontaminasi pada aliran air

Screen pada umumnya dibedakan menjadi tiga tipe screen, di antaranya coarse screen, fine screen, dan microscreen. Screen biasanya terdiri atas batangan yang disusun secara paralel. Screen pada umumnya terbuat dari batangan logam, kawat, jeruji besi, kawat berlubang, bahkan perforated plate dengan bukaan yang berbentuk lingkaran atau persegi (Metcalf & Eddy, 2003).



**Gambar 2.1 Bagian Tipe Screening**





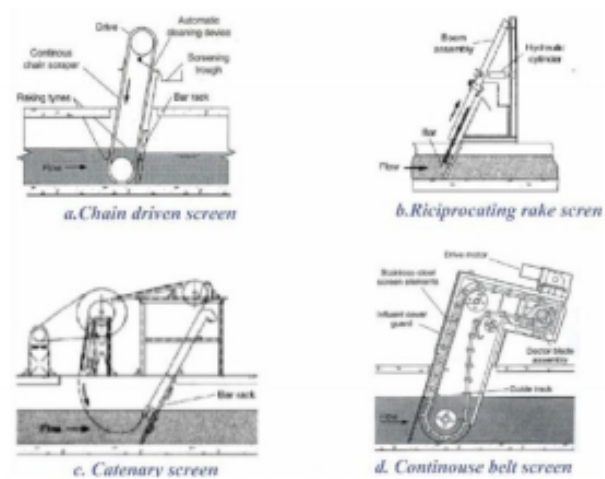


**Gambar 2.3 Pembersihan *Bar Screen* Manual di Lapangan**

(Sumber: <http://site.iugaza.edu.ps/frabah/files/2011/09/2.-Preliminary-treatment-.pdf>)

Pembersihan secara mekanik biasanya menggunakan bahan-bahan yang terbuat dari stainless steel dan plastik. Adapun tipenya adalah sebagai berikut:

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)



**Gambar 2.3 Tipe-tipe *Mechanical Bar Screen***

Adapun kriteria perancangan untuk mendesain coarse screen baik dengan membersihkan secara manual maupun mekanis adalah sebagai berikut :

**Tabel 2.1 Kriteria Perancangan Saringan Kasas (Coarse**

Parameter	U.S Customary Units			SI Unit		
	Metode Pembersihan			Metode Pembersihan		
	Unit	Manual	Mekanikal	Unit	Manual	Mekanikal
<u>Ukuran batang</u>						
Lebar	inch	0,2 - 0,6	0,2 - 0,6	mm	5 - 15	5 - 15
Kedalaman	inch	1,0 - 1,5	1,0 - 1,5	mm	25 - 38	25 - 38
Jarak antar Batang	inch	1,0 - 2,0	0,6 - 0,3	mm	25 - 50	15 - 75
Kemiringan terhadap vertikal	o	30 - 45	0 - 30	mm	30 - 45	0 - 30
<u>Kecepatan</u>						
Maximal	ft/s	1,0 - 2,0	2,0 - 3,25	m/s	0,3 - 0,6	0,6 - 1,0
Minimal	ft/s	-	1,0 - 1,6	m/s	-	0,3 - 0,5
Headloss	inch	6		mm	150	150 - 600

(Sumber: Metcalf & Eddy. 2003. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse 4th edition, New York: McGraw-Hill Companies, Inc)

## 2) Fine Screen

Penyaring halus (Fine Screen) pada umumnya diaplikasikan dalam berbagai kondisi dalam pengolahan air buangan, di antaranya pada pengolahan awal (diaplikasikan setelah penggunaan bar screen) dan pada pengolahan primer. (menggantikan fungsi clarifier guna menurunkan Total Suspended Solid (TSS) dan Biological Oxygen Demand (BOD) pada air buangan). Fine Screen juga digunakan untuk menghilangkan padatan dari effluent yang dapat menyebabkan penyumbatan pada proses trickling filter. Penyaring halus (Fine Screen) yang digunakan untuk pengolahan pendahuluan (Pre - Treatment) adalah seperti ayakan kawat (static wedgewire), drum putar (rotary drum), atau seperti anak tangga (step type).

Penyaring halus (Fine Screen) pada umumnya memiliki variasi bukaan yang berkisar antara 0,2-6 mm.



**Gambar 2.4 (a) Incleaned screen, (b) Rotary Drum Screen, (c) Fixed Parabolic Screen**

(Sumber: Metcalf & Eddy. 2003. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse 4th edition. New York: McGraw-Hill Companies, Inc)

Screen tipe ini dapat meremoval BOD dan TSS. **Tabel 2.1** merupakan kemampuan penyisihan oleh (Metcalf & Eddy, 2003).

**Tabel 2.2 Persen Remova Fine Screen**

Jenis Screen	Luas Permukaan		% Removal	
	Inch	mm	BOD ( %)	TSS (%)
Fixed Prabolic	0,0625	1,6	5 - 20	5 - 30
Rotary Drum	0,01	0,25	25 - 50	25 - 45

(Sumber: Metcalf & Eddy. 2003. Wastewater Engineering : Treatment and Reuse 4th edition,. New York: McGraw-Hill Companies, Inc)

**Tabel 2.3 Klasifikasi Fine Screen**

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

(Sumber: Metcalf & Eddy. 2003. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse 4th edition, Tabel 5.4. New York: McGraw-Hill Companies, Inc)

### 3) Micro Screen (Penyaring Halus)

Berfungsi untuk menyaring padatan halus, zat atau material yang mengapung, alga, yang berukuran kurang dari 0,5  $\mu\text{m}$ . Prinsip yang digunakan pada segala jenis screen ini adalah bahan padat kasar dihilangkan dengan sederet bahan baja yang diletakan dan dipasang melintang arah aliran. Kecepatan arah aliran harus lebih dari 0,3 m/s sehingga bahan padatan yang tertahan di depan saringan tidak terjepit. Jarak antar batang biasanya 20 - 40 mm dan bentuk penampang batang tersebut empat persegi panjang berukuran 10 mm

x 50 mm. Untuk bar screen yang dibersihkan secara manual, biasanya saringan dimiringkan dengan kemiringan 60° terhadap horizontal (Metcalf & Eddy, 2003).

### 3. Bak Penampung

Bak penampung adalah sebuah bak yang digunakan untuk menampung air limbah dari saluran pembawa. Bak penampung juga merupakan sebuah unit penyeimbang sehingga debit dan kualitas limbah yang masuk ke instalasi dalam keadaan konstan.



**Gambar 2.5 Bak Penampung**

Cara kerja dari unit pengolahan ini adalah, ketika air limbah yang sudah dialirkan melalui saluran pembawa, maka selanjutnya air limbah dialirkan menuju bak penampung agar debitnya konstan. Rumus yang digunakan pada unit pengolahan ini adalah sebagai berikut:

a) Volume bak penampung

$$V = Q \times t_d \dots\dots\dots(2.14)$$

dengan:

$$V = \text{Volume bak penampung (m}^3\text{)}$$

$$Q = \text{Debit limbah (m}^3\text{/s)}$$

$$t_d = \text{Waktu detensi (s)}$$

b) Ketinggian total bak penampung

$$H_{\text{total}} = H + (10\%-30\% \times H) \dots\dots\dots(2.15)$$

dengan:

$H_{total}$  = Kedalaman total bak penampung (m)

$H$  = Kedalaman bak penampung (m)

$F_b$  = 10% - 30%  $H$

### 2.2.2 Pengolahan Pertama (Primary Treatment)

Pada proses pengolahan tahap pertama ini, proses yang terjadi yaitu secara fisika dan kimia. Pada proses ini bertujuan untuk menghilangkan zat padat yang tercampur melalui pengapungan dan pengendapan.

#### a. Dissolved Air Flotation

Dissolved air flotation (DAF) merupakan proses pemisahan padatan, minyak dan kontaminan tersuspensi lainnya dengan menggunakan gelembung udara. Udara yang ditambahkan ke dalam air akan tercampur dengan aliran air dan terlepas dari larutan ketika terjadi kontak dengan kontaminan. Gelembung udara menempel pada padatan, meningkatkan daya apung dan mengangkat padatan ke permukaan air. Pada sistem DAF, udara dilarutkan di dalam cairan di bawah tekanan beberapa atmosfer sampai jenuh, kemudian dilepaskan ketekanan atmosfer. Akibat terjadinya perubahan tekanan maka udara yang terlarut akan lepas kembali dalam bentuk gelembung yang sangat halus (30 – 120 mikron). Ukuran gelembung udara sangat menentukan dalam proses flotasi, makin besar ukuran gelembung udara, kecepatan naiknya juga makin besar, sehingga kontak antara gelembung udara dengan partikel tidak berjalan dengan baik. Dengan demikian proses flotasi menjadi tidak efektif. Aplikasi dari sistim Dissolved Air Flotation di Industri menurut Baum dan Hurst, 1953 adalah :

- Pemisahan partikel tersuspensi sebagai pengganti sedimentasi.
- Pemisahan partikel koloidal, sebagai pengganti filtrasi.
- Pengolahan tingkat pertama, untuk meringankan beban system filtrasi.
- Pemisahan minyak dan lemak, memberikan efisiensi pemisahan yang tinggi untuk emulsi dan fraksi yang terdispersi.

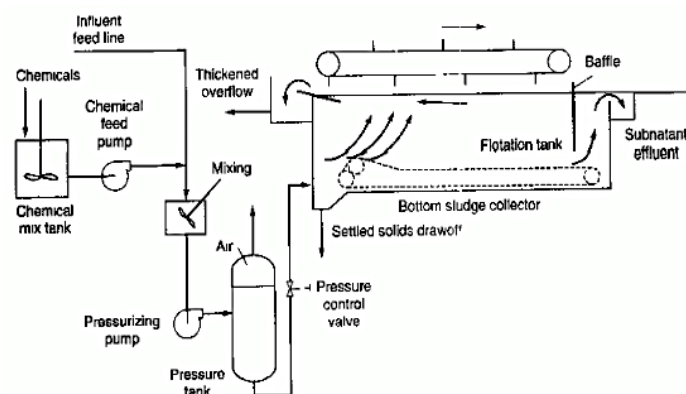


- Pengolahan tingkat pertama dari operasi pengolahan lumpur aktif.

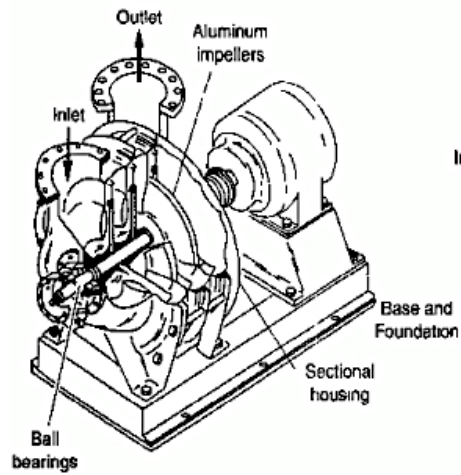
Berdasarkan mekanisme pemisahannya :

- 1) Bisa berlangsung secara fisik, yaitu tanpa penggunaan bahan untuk membantu percepatan flotasi, hal ini bisa terjadi karena partikel-partikel suspensi yang terdapat dalam air limbah akan mengalami tekanan ke atas sehingga mengapung di permukaan karena berat jenisnya lebih rendah dibanding berat jenis air limbah.
- 2) Bisa dilakukan dengan penambahan bahan, yaitu : Udara atau bahan polimer yang diinjeksikan ke dalam cairan pembawanya, yang dapat mempercepat laju partikel ringan menuju permukaan. Untuk keperluan flotasi, udara yang diinjeksikan jumlahnya relatif sedikit ( $\pm 0,2 \text{ m}^3$  udara) untuk setiap  $\text{m}^3$  air limbah. Semakin kecil ukuran gelembung udara maka proses flotasi akan semakin efisien.

**Gambar 2.6 Skema DAF**

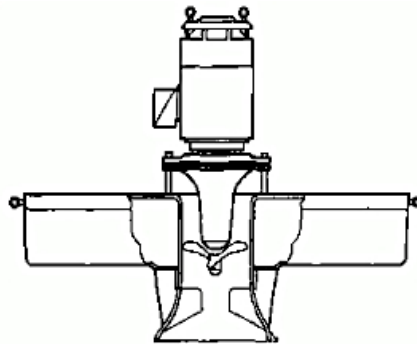


Sumber : Metcalf & Eddy, 2003. Hlm. 420



**Gambar 2.5 Blower**

Sumber : Metcalf & Eddy, 2003. Hlm. 439



**Gambar 2.6 Surface Aerator**

Sumber : Metcalf & Eddy, 2003. Hlm. 444

**Kriteria Perencanaan**

- Tekanan Udara (P) = 275-350 Kpa
- Rasio Udara per Padatan (A/S) = 0,005-0,06
- Surface Loading Rate (SLR) = 8-160 L/m<sup>2</sup>.menit
- Fraksi Udara Terlarut dalam Tekanan (f) = 0,5

(Metcalf & Eddy, 2003)

- Kelarutan Udara (sa)

**Tabel 2.2 Kelarutan Udara**

Temperatur (t), °C	0	10	20	30
Kelarutan Udara (sa) (mL/L)	29,2	22,8	18,7	15,7

Sumber : (Metcalf & Eddy, 2003)

- Waktu Tinggal (td) = 20-30 menit.

(W. Wesley Eckenfelder, 2000)

- Kecepatan Pipa Outlet (v) = 0,3–2,5 m/s

(Soufyan M. Noerbambang, Takeo Morimura, 1993)

- Rumus yang digunakan

### 1. Rasio Udara per Padatan (A/S)

$$\frac{A}{S} = \frac{1,3 \times sa \times (0,5 \times P - 1)}{Sa}$$

dengan :

A/S = Rasio udara per padatan

sa = Kelarutan udara (mL/L)

P = Tekanan (atm)

Sa = Kandungan padatan tersuspensi influent (mg/L)

### 2. Dimensi Reaktor

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

Dengan :

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

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

SLR = (L/m<sup>2</sup>.menit)

### 3. Luas Permukaan (A)

$$A = P \times L$$

Dengan :

A = Luas Permukaan Reaktor yang berbentuk persegi panjang (m<sup>2</sup>)

P = Panjang reaktor (m)

L = Lebar reaktor (m)

4. Volume Bak Flotasi

$$Td = \frac{v}{q}$$

Dengan :

Td = waktu detensi (m/detik)

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

5. Diameter pipa outlet

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}}$$

Dengan :

D = Diameter pipa outlet (m)

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

π = 3,14

v = kecepatan alir dalam pipa (m/detik)

5. Kemampuan penyisihan (%), jumlah minyak tersisihkan, massa dan debit minyak tersisihkan

$$\text{Kemampuan penyisihan} = \frac{\text{Influent} - \text{effluent}}{\text{influen}} \times 100\%$$

$$\text{Minyak tersisih} = \text{Influent} - \text{effluent}$$

$$M_{\text{tersisih}} = \text{minyak tersisih} \times Q$$

$$Q_{\text{tersisih}} = \frac{m_{\text{tersisih}}}{\rho_{\text{tersisih}}}$$

Dengan :

Kemampuan penyisihan = kemampuan penyisihan minyak dan lemak dalam (%)

Influent = kandungan minyak dan lemak influent (mg/l)

Efluent = kandungan minyak dan lemak efluent (mg/l)

Minyak tersisihkan = kandungan minyak dan lemak tersisihkan (mg/l)

$M_{\text{tersisih}}$  = massa minya yang tersisihkan (mg/detik)

$Q$  = debit limbah (L/detik)

$Q_{\text{tersisih}}$  = Debit minyak yang tersisihkan (L/detik)

$\rho_m$  = Densitas minyak (kg/detik)

6. Tinggi minyak diatas pelimpah

$$Q_{\text{tersisih}} = \frac{2}{3} \times C_d \times b \times \sqrt{2g} \times h^{2/3}$$

Dengan :

$Q_{\text{tersisih}}$  = Debit minyak yang tersisihkan (L/detik)

$C_d$  = Koefisien Drag (30)

$B$  = lebar bak flotasi

$G$  = percepatan gravitasi

$H$  = tinggi minyak diatas pelimpah (m)

### 2.2.3 Pengolahan Tahap Ke-Dua (*Secondary Treatment*)

Pengolahan kedua umumnya mencakup proses biologis untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada di dalamnya. Pada proses ini dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain jumlah air limbah, tingkat kekotoran, jenis kekotoran, dan lain sebagainya (Sugiharto, 1987).

#### a. Activated Sludge

Pengolahan lumpur aktif adalah sistem 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). BOD dan COD dipakai sebagai ukuran atau satuan yang menyatakan konsentrasi organik karbon, dan selanjutnya disebut sebagai substrat.

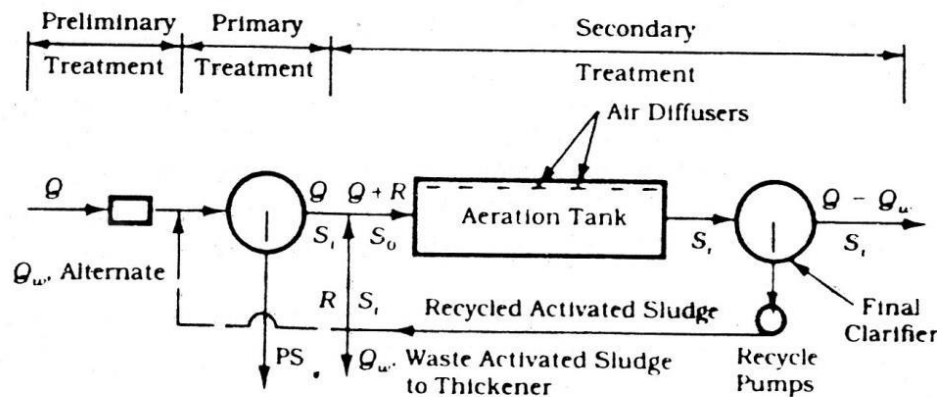
Modifikasi proses pada lumpur aktif sistem dapat dilakukan dengan:

- a. Merubah konfigurasi sistem inlet.
- b. Merubah konfigurasi parameter utama seperti F/M ratio, rasio resirkulasi, umur lumpur dan lain-lain.
- c. Merubah dengan oksigen murni dan lain-lain.

Tipe-tipe hasil modifikasi dan apa yang membedakannya, adalah sebagai berikut:

#### a. Konvensional

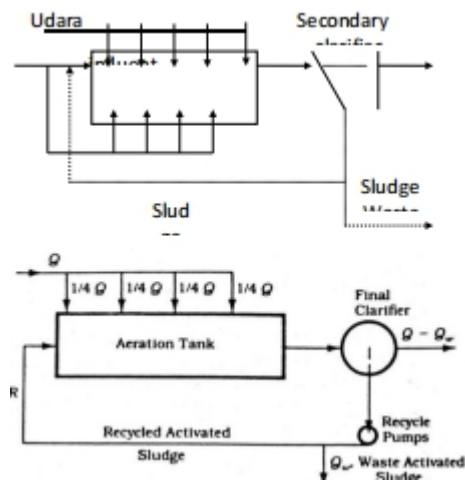
Pada sistem konvensional terdiri dari tangki aerasi, secondary clarifier dan recycle sludge. Selama berlangsungnya proses terjadi absorpsi, flokulasi dan oksidasi bahan organik.



**Gambar 2.7 Activated sludge sistem konvensional**

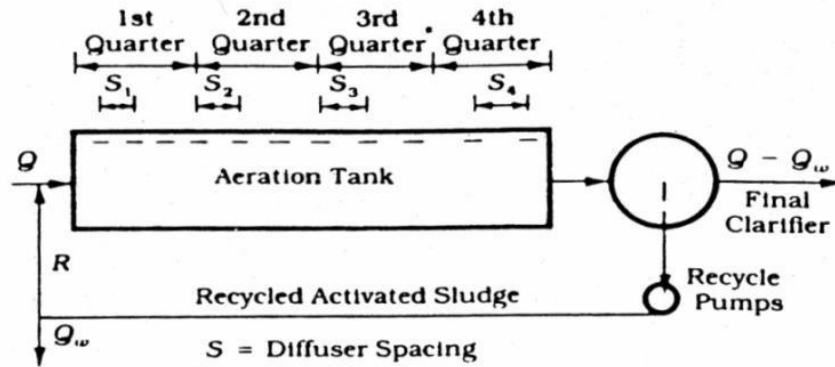
b. Non Konvensional

Merupakan tipe plug flow dengan perbandingan F/M atau substrat dan mikroorganisme menurun menuju outlet. Inlet air buangan masuk melalui 3-4 titik di tangki 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.



**Gambar 2.8 Step Aeration**

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

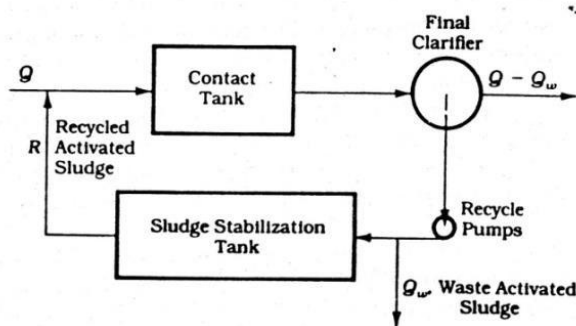


**Gambar 2/9 Tapered Aeration**

c. Contact

Pada sistem ini terdapat 2 tangki yaitu:

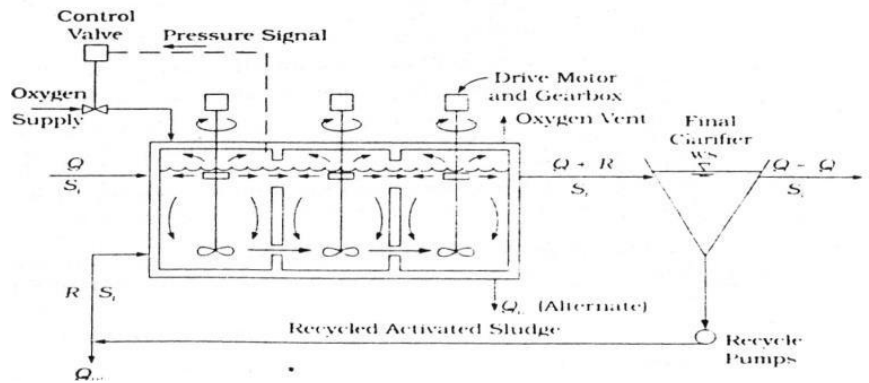
- Contact tank yang berfungsi untuk mengabsorb bahan organik untuk memproses lumpur aktif.
- Reaeration tank yang berfungsi untuk mengosidasi bahan organik yang mengabsorb (proses stabilisasi).



**Gambar 2.9 Contact Stabilization**

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

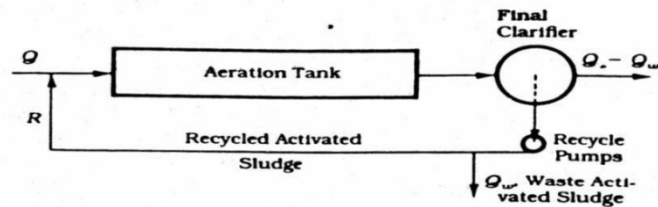




**Gambar 2.10 Pure Oxygen**

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

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



**Gambar. 2.11 Extended Aeration**



**Gambar 2.12 Aerated Activated sludge**

Rumus yang digunakan pada unit pengolahan ini adalah sebagai berikut :

a. Partikula BOD

$$BOD_{ss} = BOD \text{ Efluent} \times (MLVSS/MLSS) \times F_b$$

$$BOD_{terlarut} = BOD \text{ effluent} - BOD_{ss}$$

Dengan :

VSS/SS = rasio perbandingan VSS dan SS

FB = Fraksi biodegradable

(Sumber :

b. Efisiensi sistem dalam penyisihan BOD

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

(Sumber :

c. Debit resirkulasi

$$Q = R \times Q_0$$

Dengan :

Q<sub>r</sub> = Debit resirkulasi (m<sup>3</sup>/detik)

Q<sub>0</sub> = Debit air limbah awal (m<sup>3</sup>/detik)

R = Rasio resirkulasi

(Sumber :

d. Debit total bioreaktor

$$Q_{tot} = Q_o + Q_r$$

Dengan :

$Q_{tot}$  = Debit total ( $m^3/detik$ )

$Q_r$  = Debit resirkulasi ( $m^3/detik$ )

$Q_o$  = Debit air limbah awal ( $m^3/detik$ )

e. Konsentrasi BOD dala bioreaktor ( $S_a$ )

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

Dengan :

$S_a$  = Konsentrasi BOD dalam reaktor ( $mg/L$ )

$S_r$  = Konsentrasi BOD resirkulasi ( $mg/L$ )

$S_o$  = Konsentrasi BOD awal ( $mg/L$ )

$Q_r$  = Debit resirkulasi ( $m^3/detik$ )

$Q_o$  = Debit air limbah awal ( $m^3/detik$ )

f. Volume bioreaktor

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

Dengan :

$v$  = volume bioreaktor

$Y$  = (g VSS / G BOD 5 Removed)

$\theta_c$  = umur lumpur (hari)

$S_a$  = konsentrasi BOD dalam reaktor ( $mg/L$ )

$S_o$  = konsentrasi BOD awal ( $mg/L$ )

$Q_a$  = Debit air limbah total ( $m^3/detik$ )

$X_a$  = MLVSS ( $mg/L$ )

$K_d$  = (g VSS/ g VSS.d)

$FB$  =

(Sumber :

g. Kedalaman bioreaktor

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

Dengan :

H total = kedalaman total bioreaktor (m)

H = kedalaman bioreaktor (m)

Fb = freeboard (5%-30% x h)

i. F/M Rasio

$$F/M = \frac{S_a}{t_d \times X_a}$$

Dengan :

Sa = konsentrasi BOD dalam reaktor (mg/L)

Xa = MLVSS (mg/L)

Td = waktu tinggal hidrolis (jam)

j. Konsentrasi resirkulasi lumpur

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

Dengan :

Xr = Konsentrasi resirkulasi lumpur (mg/L)

Qr = Debit resirkulasi (m<sup>3</sup>/detik)

Qo = Debit air limbah awal (m<sup>3</sup>/detik)

Xa = MLVSS (mg/L)

(Sumber :

k. Produksi lumpur tiap hari

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

Sr = Qa x (So - Sa)

Pxx = Yobs x Sr

$$P_x = \frac{P_{xv}}{VSS/SS}$$

Dengan :

$P_x$  = produksi lumpur (kg/hari)

$Y_{obs}$  = koefisien observed yield

$\theta_c$  = umur lumpur (hari)

$K_d$  = endogenous respiration coefficient (g VSS /G VSS/d)

$F_b$  = biodegradable fraction of VSS

$S_r$  = penyisihan beban BOD (kg/hari)

$S_a$  = konsentrasi BOD dalam reaktor (mg/L)

$S_o$  = Konsentrasi BOD awal (mg/L)

$Q_a$  = Debit air limbah total (m<sup>3</sup>/detik)

(Sumber :

l. Debit lumpur yang dibuang

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

$$Q_{ex} = \frac{V}{\theta_c} \times \frac{x}{x_r}$$

Dengan :

$V$  = volume bioreaktor

$\theta_c$  = umur lumpur

$X$  = MLSS (mg/L)

$X_r$  = konsentrasi resirkulasi lumpur (mg/L)

(Sumber :

m. Volume lumpur

$$V_{lumpur} = \frac{P_x}{\rho_{lumpur} \times C} \times \theta_c$$

Dengan :

$V_{lumpur}$  = volume lumpur (m<sup>3</sup>)

$P_x$  = Produksi lumpur (kg/hari)

$\rho_{lumpur}$  = massa jenis lumpur (kg/m<sup>3</sup>)

$C$  = konsentrasi lumpur

$\Theta$  = umur lumpur(hari)

n. Kebutuhan Oksigen

Kebutuhan teoritis =  $O_2/Sr \times Sr$

Keb.  $O_2$  teoritis = Keb teoritis x faktor deain

Keb udara teoritis =  $\frac{keb. O_2 teoritis}{berat standar udara \times \% O_2 udara}$

Kebutuhan udara aktual =  $\frac{kebutuhan udara teoritis}{efisiensi blower}$

(Sumber :

o. Desain perpipaan

Panjang pipa lateral ( $L_L$ ) =  $\frac{w bioreaktor-DM}{2}$

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

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

Dengan :

$L_M$  = Panjang pipa manifold (m)

$L_L$  = Panjang pipa lateral (m)

$D_M$  = Diameter pipa manifold (m)

$D_L$  = Diameter pipa lateral (m)

$D_o$  = Diameter lubang oriface (m)

$r_L$  = Jarak antar pipa lateral (m)

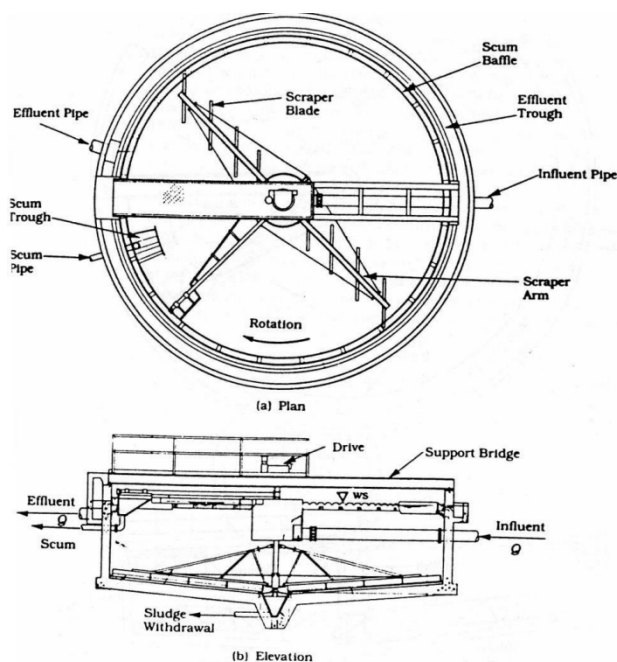
$r_o$  = Jarak antar lubang oriface (m)

### b. 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 digunakan untuk mengendapkan lumpur setelah proses sebelumnya, biasanya proses lumpur aktif. Pada unit pengolahan ini, terdapat yang berjumlah sepasang yang berbentuk (V). Alat tersebut digunakan untuk pengeruk lumpur yang bergerak, sehingga terkumpul pada masing-masing 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.

Waktu tinggal berdasarkan rata-rata aliran per hari, biasanya 1-2 jam. Kedalaman clarifier rata-rata 10-15 feet (3-4,6 meter). Clarifier yang menghilangkan lumpur biasanya mempunyai kedalaman ruang lumpur (sludge blanket) yang kurang dari 2 feet (0,6 meter).



**Gambar 2.13 Clarifier**

Rumus yang digunakan pada unit pengolahan ini adalah sebagai berikut :

**A. Zona Settling**

a. Luas Penampang (A)

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

Keterangan :

A = luas penampang bak (m<sup>2</sup>)

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

OFR = over flow rate (m/hari)

(Sumber: Metcalf & Eddy, Waste Water Engineering Treatment & Reuse, 4th Edition, hal 409)

b. Diameter bak (D)

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

Dengan ;

D = Diameter bak pengendap 1 (m)

A = luas penampang (m<sup>2</sup>)

c. Diameter inlet well (Dw)

$$Dw = (15\% - 20\%) \times D$$

Dengan :

Dw = Diameter inlet well (m)

D = Diameter bak pengendap

d. Volume bak (V)

$$V = Q \times Td$$

Dengan

V = Volume bak pengendap 1 (m<sup>3</sup>)

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

Td = Waktu detensi (detik)

e. Kedalaman zona settling

$$H_{\text{settling}} = V/A$$

Dengan :

H<sub>settling</sub> = Kedalaman zona settling

V = Volume bak pengendap 1 (m<sup>3</sup>)

A = Luas penampang (m<sup>2</sup>)



f. Kedalaman total

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

Dengan

$H_{tot}$  = kedalaman total bak pengendap 1 (m)

$H_{setling}$  = kedalaman zona settling (m)

$Fb$  = freeboard (5-30% x H)

g. Kecepatan pengendapan

$$V_s = \frac{H_{total}}{t_d}$$

Dengan :

$V_s$  = Kecepatan pengendapan (m/detik)

$H_{total}$  = Kedalaman total bak pengendap 1 (m)

$T_d$  = waktu detensi (detik)

h. Diameter partikel ( $D_p$ )

$$D_p = \sqrt{\frac{V_s \times 18 \times v}{g(sg-1)}}$$

Dengan :

$D_p$  = diameter partikel (m)

$V_s$  = Kecepatan pengendapan (m/detik)

$V$  = viskositas kinematis ( $m^2/s$ )

$G$  = Percepatan gravitasi

$S_g$  =

(Sumber: Metcalf & Eddy, Waste Water Engineering Treatment & Reuse, 4th Edition, hal 413)

i. Cek bilangan Reynold

$$N_{re} = \frac{\rho_s \times D_p \times V_s}{\mu}$$

Dengan :

$N_{re}$  = Bilangan Reynold

$D_p$  = Diameter partikel (m)

$V_s$  = Kecepatan pengendapan (m/detik)

$\Pi$  = viskositas absolut (N.s/m<sup>2</sup>)

$\rho_s$  = massa jenis partikel (kg/m<sup>2</sup>)

(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 224. Boston: PWS Publishing Company)

j. Kecepatan horizontal

$$V_h = \frac{Q}{2 \pi r h}$$

Dengan :

$V_h$  = Kecepatan horizontal (m/detik)

$Q$  = Debit air limbah (m<sup>3</sup>/detik)

$R$  = jari-jari pengendap 1 (m)

$H$  = kedalaman bak

(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 228. Boston: PWS Publishing Company)

k. Jari-jari hidrolis

$$R = \frac{r h}{r+(2h)}$$

Dengan :

$R$  = jari-jari hidrolis (m)

$r$  = jari-jari bak pengedap (m)

$H$  = kedalaman bak (m)

l. Cek bilangan Reynold

$$N_{re} = \frac{v h \times R}{\pi}$$

Dengan :

$V_h$  = Kecepatan horizontal (m/detik)

$R$  = Jari-jari hidrolis (m)

$\pi$  = Viskositas absolut (N.s/m<sup>2</sup>)

Froude

m. Cek bilangan Frouder

$$N_{fr} = \frac{v_h \times R}{\pi}$$

Dengan :

NFR = bilangan froude

V<sub>h</sub> = kecepatan horizontal (m/detik)

G = percepatan gravitasi

H = kedalaman bak pengendap (m)

n. Kecepatan scouring

$$V_{sc} = \sqrt{\frac{8k(s-1) \times d}{f}}$$

Dengan :

F = Faktor friksi Darcy-Weisbach (0,002-0,003)

K = Konstantan kohesi untuk partikel yang saling mengikat

(0,06)

(Sumber: Qasim, Syed R. Wastewater Treatment Plant: Planning, Design, and Operation, vol.1, hal 9-21. New York: CBS College Publishing)

## b. Zona Thickening

a. MLVSS dalam Clarifier

$$MLVSS_{AS} = 30\% \times MLVSS_{total}$$

$$MLVSS_{clarifier} = MLVSS_{total} - MLVSS_{AS}$$

Dengan :

MLVSS<sub>AS</sub> = MLVSS dari bioreaktor AS (mg/L)

MLVSS<sub>total</sub> = MLVSS total dari bioreaktor AS (mg/L)

MLVSS<sub>clarifier</sub> = MLVSS didalam clarifier (mg/L)

b. massa solid total pada clarifier

$$msolid_{total} = MLVSS_{clarifier} \times V_{clarifier}$$

Dengan :

msolid<sub>total</sub> = massa solid total dalam clarifier (kg)

MLVSS<sub>clarifier</sub> = MLVSS di dalam clarifier (mg/L)

V<sub>clarifier</sub> = volume clarifier (m<sup>3</sup>)

c. Kedalaman zona thickening

$$H = \frac{\text{massa solid total}}{X \times A}$$

Dengan :

$m_{\text{solid total}}$  = massa solid total dalam clarifier (kg)

$X$  = MLSS dari bioreaktor AS (mg/L)

$A$  = luas penampang clarifier (m<sup>2</sup>)

### C. Zona Sludge

a. Total lumpur yang terkumpul

$$T_L = p_x \cdot t$$

Dengan :

$T_L$  = total lumpur yang terkumpul (kg)

$P_x$  = lumpur yang dihasilkan dari bioreaktor AS (kg/hari)

$T$  = waktu pengurasan (hari)

b. Total massa lumpur pada

$$T_{ML} = T_L + m_{\text{solid total}}$$

Dengan :

$T_{ML}$  = total massa lumpur pada clarifier (kg)

$T_L$  = total lumpur yang terkumpul (kg)

$M_{\text{solid total}}$  = massa solid total dalam clarifier (kg)

c. Kedalaman ruang lumpur

$$V = \frac{1}{3} \times \pi \times H \times (R^2 + r^2 + Rr)$$

Dengan :

$V$  = volume ruang lumpur (kerucut terpancung)

$H$  = kedalaman ruang lumpur (m)

$R$  = jari-jari permukaan atas (m)

$r$  = jari-jari permukaan bawah (m)

c. Kedalaman total

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

Dengan :

$H_{\text{settling}}$  = Kedalaman zona settling

$H_{\text{thickening}}$  = Kedalaman zona thickening

$H_{\text{sludge}}$  = Kedalaman zona lumpur

#### **d. Zona Outlet**

a. Panjang pelimpah (

$$L = \pi \times D_{\text{bak}}$$

Dengan :

L = panjang pelimpah (m)

D = Diameter bak pengendap

b. Jumlah V notch

$$n = L_{\text{weir}} / r_{\text{weir}}$$

Dengan :

N = jumlah v notch

$L_{\text{weir}}$  = panjang pelimpah

$R_{\text{weir}}$  = jarak antar weir

(Sumber: Syed R. Qasim, Wastewater Treatment and Reuse, Vol 1, Guang Zhu, hal: 9-21 9-26, 459-460)

c. Debit air melalui v notch

$$Q_v = Q/n$$

Dengan :

$Q_v$  = debit air yang melalui v notch ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

Q = debit air limbah ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

n = jumlah v notch

d. Tinggi limpahan v notch

$$N_{\text{re}} = \frac{\rho \times D \times v_s}{\mu}$$

Dengan :

$N_{\text{Re}}$  = bilangan Reynold

D = diameter bak pengendap 1 (m)

$V_s$  = kecepatan pengendapan (m/detik)

$\mu$  = viskositas absolut ( $\text{N.s/m}^2$ )

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

#### 2.2.4 Pengolahan lumpur (*sludge treatment*)

Dari pengolahan air limbah maka hasilnya adalah berupa lumpur yang perlu diadakan pengolahan secara khusus agar lumpur tersebut tidak mencemari lingkungan dan dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan kehidupan.

dalam memiliki masalah yang lebih kompleks. Hal ini disebabkan karena:

1. Sludge sebagian besar dikomposisi dari bahan-bahan yang bertanggung jawab untuk menimbulkan bau
2. Bagian sludge yang dihasilkan dari pengolahan biologis dikomposisi dari bahan organik
3. Hanya sebagian kecil dari sludge yang mengandung solid (0,25% - 12% solid).

Tujuan utama dari pengolahan lumpur adalah:

1. Mereduksi kadar lumpur
2. Memanfaatkan lumpur sebagai bahan yang berguna seperti pupuk dan sebagai penguruk lahan yang sudah aman

##### a. *Sludge Drying Bed*

merupakan suatu bak yang dipakai untuk mengeringkan lumpur hasil pengolahan dari thickener. 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.

merupakan metode pemisah air dari sludge yang dihasilkan bangunan pengolahan air limbah yang paling sering digunakan di Amerika Serikat. secara umum digunakan untuk mengurangi kadar air kandungan biosolid dan lumpur/ yang mengendap. Setelah mengering, padatan akan dikuras dan selanjutnya dibuang menuju lokasi pembuangan ( ) (Metcalf & Eddy, 2003).

Keuntungan penggunaan sludge drying bed diantaranya adalah:

1. Rendahnya biaya investasi dan perawatan yang diperlukan

2. Tidak diperlukannya terlalu banyak waktu untuk proses pengamatan dan pengontrolan

3. Dalam prosesnya akan dihasilkan banyak padatan dari proses pengeringan

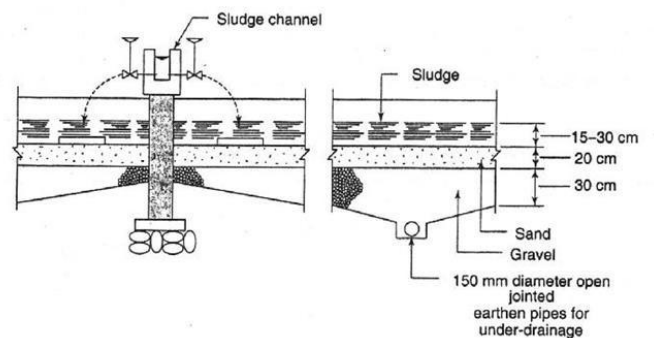
Selain berbagai keuntungan yang dapat diperoleh dengan penggunaan sludge drying bed seperti yang telah disebutkan di atas, juga memiliki beberapa kerugian, di antaranya:

1. Proses pengeringan sangat bergantung pada iklim dan perubahannya
2. Dibutuhkan lahan yang lebih luas
3. Kemungkinan terjadinya pencemaran udara yang berupa bau akibat proses pengeringan / lumpur

Dalam prosesnya, dibedakan menjadi lima (5) jenis, di antaranya:

- 1.
- 2.
- 3.
4. Vacuum Assisted Sludge Drying Bed
5. Solar Sludge Drying Bed

(Metcalf & Eddy, 2003)



**Gambar 2.14 Sludge Drying Bed**

Rumus yang digunakan pada unit pengolahan ini adalah sebagai berikut :

a. Tebal media

$$\text{Tebal media} = \text{tebal pasir} + \text{tebal kerikil}$$

b. Volume cake sludge

$$V_i = \text{vol.lumpur} \times (1-p)/1-p_i$$

Dengan :

- $V_i$  = volume cake sludge ( $m^3$ )
- Vol lumpur = volume lumpur total ( $m^3$ )
- P = kadar air (%)
- $P_i$  = berat air dalam cake (%)

c. Volume SDB

$$V = V_i \times 7 \text{ hari}$$

Dengan :

- V = volume SDV
- $V_i$  = volume cake sludge

d. Volume tiap bed

$$V_b = V / \text{jumlah bed}$$

Dengan :

- $V_b$  = volume tiap bed
- V = volume SDB
- Jumlah bed = banyak bed yang direncanakan

e. kedalaman total

$$H_{tot} = H + f_b$$

Dengan :

- $H_{kedalaman}$  = kedalaman total SDB
- H = kedalaman SDB
- $f_b$  = freeboard (10%-30% H)

f. volume air

$$V_a = v_i - \text{volume solid} / \text{jumlah bed}$$

Dengan :

- $V_a$  = volume air
- $V_i$  = volume cake sludge
- Volume solid = volume solid
- Jumlah bed = banyak bed yang direncanakan
- $T_d$  = waktu detensi

G. kedalaman underdrain

$$H_{bed} = V_a / A$$



Dengan :

Hud = kedalaman underdrain

Va = volume air

A = luas penampang

## 2.3 Persen Removal

**Tabel 2.4 Persen Removal**

Unit	Beban Pencemar	Range Kemampuan Penyisihan	Sumber
DAF (Dissolved Air Flotation)	Minyak dan Lemak	65-98%	Qasim, 1997. 7.18
	TSS	65-96%	
	BOD	25-98%	
Tricking Filter	BOD	60-80%	Cavesano
	COD	30-70%	
Clarifier	TSS	60-80%	Husman,

## 2.4 Profil Hidrolis

Untuk membuat profil hidrolis perlu perhitungan kehilangan tekanan pada bangunan dan kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air di dalam bangunan pengolahan.

### a. 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:

- a.) Kehilangan tekanan pada saluran terbuka
- b.) Kehilangan tekanan pada bak
- c.) Kehilangan tekanan pada pintu air
- d.) Kehilangan tekanan pada weir, sekat dan lain-lain harus di hitung secara khusus

### b. Kehilangan Tekanan pada Perpipaan dan Aksesoris

Kehilangan tekanan pada saluran terbuka berbeda dengan cara menghitung saluran tertutup. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris ada beberapa macam, yaitu:

- a.) Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris

- b.) Kehilangan tekanan pada perpipaan
- c.) Kehilangan tekanan pada aksesoris
- d.) Kehilangan tekanan pada pompa

#### **2.4.1 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:

- a. Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir
- b. Tambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di clear well.
- c. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum clear well demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama
- d. Jika tinggi muka air bangunan selanjutnya lebih tinggi dari tinggi muka air sumber maka diperlukan pompa untuk menaikkan air