

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Limbah

Setiap industri mempunyai karakteristik yang berbeda, sesuai dengan produk yang dihasilkan. Demikian pula dengan karakteristik dari limbah Industri. Karakteristik limbah industri sesuai peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Industri mempunyai karakteristik dan standart baku mutu antara lain:

a. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Merupakan banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram/liter (mg/l) yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri, sehingga limbah tersebut menjadi jernih kembali. Untuk itu semua diperlukan waktu 100 hari pada suhu 20°C. Akan tetapi, dilaboratorium dipergunakan waktu 5 hari sehingga dikenal sebagai BOD₅.

BOD yang terkandung dalam air limbah industri adalah 1500 mg/l, sedangkan menurut peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Industri yang diperbolehkan dibuang adalah BOD dengan nilai sebesar 150 mg/l, sehingga kandungan BOD belum sesuai standar baku mutu. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan.

b. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Pengujian nilai COD bertujuan untuk mengukur kebutuhan oksigen yang diakibatkan oleh oksidasi kimia dari bahan organik. Perbedaan utama dengan uji nilai BOD jelas ditemukan pada oksidasi biokimia dari material organik yang dilakukan sepenuhnya oleh mikroorganisme, sedangkan pada uji nilai COD sesuai dengan oksidasi biokimia dari bahan organik yang diperoleh melalui oksidan yang kuat (kalium dikromat) dalam media asam. (Sperling, 2007, "*Biological Wastewater Treatment*", volume 1, hal 40)

COD merupakan banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter (mg/L) yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik dengan menggunakan bahan kimiawi atau oksidator kimia yang kuat (potassium dikromat). (Syed R. Qasim, 1985, "Wastewater Treatment plant", CBS College Publishing, hal 39)

COD yang terkandung dalam air limbah industri adalah 3000 mg/l, sedangkan menurut peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Industri yang diperbolehkan dibuang adalah COD dengan nilai sebesar 100 mg/l, sehingga kandungan COD belum sesuai standar baku mutu. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan.

c. TSS (*Total Suspended Solid*)

Total Suspended Solid (TSS) merupakan sebagian dari *Total Solids* yang tertahan pada filter dengan ukuran pori yang telah ditetapkan, pengukuran dilakukan setelah dikeringkan pada suhu 105°C. Filter yang paling sering digunakan untuk penentuan TSS adalah filter *Whatman fiber glass* yang memiliki ukuran pori nominal sekitar 1,58μ m. (Metcalf-Eddy, "Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 43)

TSS yang terkandung dalam air limbah industri adalah 400 mg/l, sedangkan menurut peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Industri yang diperbolehkan dibuang adalah TSS dengan nilai sebesar 150 mg/l, sehingga kandungan TSS belum sesuai standar baku mutu. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan.

d. Minyak dan Lemak (*Oil and Grease*)

Keberadaan minyak dan lemak dalam suatu badan air akan menghambat pelarutan oksigen dari udara ke dalam badan air maupun laut.

Minyak dan lemak secara kimiawi sangat mirip, mereka adalah senyawa 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).

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-Eddy, "Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 98)*

Minyak dan Lemak (*Oil and Grease*) yang terkandung dalam air limbah industri adalah 30 mg/l, sedangkan menurut peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Industri yang diperbolehkan dibuang adalah Minyak dan Lemak (*Oil and Grease*) dengan nilai sebesar 15 mg/l, sehingga kandungan Minyak dan Lemak (*Oil and Grease*) belum sesuai standar baku mutu. Oleh karena itu, perlu dilakukan proses pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan.

e. Ph

Konsentrasi ion hidrogen atau yang biasa disebut derajat keasaman (pH) merupakan parameter yang penting, baik untuk air maupun air limbah. pH merupakan indeks penting dari keasaman atau kebasahan air. pH yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat memperburuk emulsifikasi minyak dalam air. pH memiliki definisi logaritma negatif pada konsentrasi ion hidrogen.

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$$

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-Eddy, "Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 57)*

2.2 Bangunan Pengolahan Air Buangan

Bangunan pengolahan air buangan mempunyai beberapa tingkat pengolahan air, tingkat pengolahan air ini dibagi menjadi beberapa kelompok tingkat pengolahan, diantaranya adalah sebagai berikut :

2.2.1 Pengolahan Pendahuluan (*Pre-Treatment*)

Proses pengolahan awal ini merupakan proses pada awal pengolahan secara fisik yang dilakukan untuk membersihkan dan menghilangkan sampah terapung yang berukuran besar atau sedang dari pasir agar mempercepat proses pengolahan selanjutnya. Proses pengolahan ini juga dilakukan untuk menjaga agar temperatur limbah yang akan masuk ke unit bangunan berikutnya rendah, sehingga proses akan berjalan dengan optimal.

Adapun tujuan pengolahan ini menyortir kerikil, lumpur, menghilangkan zat padat, dan memisahkan lemak. Selain itu *pre-treatment* juga berfungsi untuk memindahkan atau menyalurkan air limbah dari unit operasi produk industri yang menghasilkan limbah ke bangunan pengolahan air limbahnya. Unit proses pengolahan untuk *pre-treatment* untuk kawasan industri meliputi:

a. Penyaringan (*Screening*)

Penyaringan merupakan unit operasi pertama dalam pengolahan air limbah. Fungsi penyaringan ini adalah untuk menghilangkan zat padat yang kasar. Pada umumnya proses tersebut dengan jalan melewati air limbah melalui saringan kasar untuk menghilangkan benda-benda yang besar.

Bagian-bagian dari *screening* terdiri dari batang-batang yang dipasang secara paralel yang biasa disebut sebagai “*bar screen*” atau screen kasar yang digunakan untuk meremoval bahan-bahan yang kasar. Ada beberapa jenis *screening*, yaitu:

➤ *Coarse Screens* (Penyaring Kasar)

Screen ini berbentuk seperti batangan paralel yang biasa dikenal dengan “*bar screen*” berfungsi untuk menyaring padatan kasar yang berukuran dari 6-150 mm, seperti ranting kayu, kain, dan sampah-

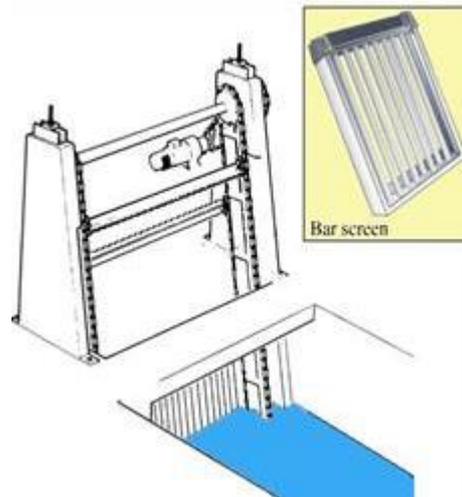
sampah lainnya. Tujuan *screen* ini adalah untuk melindungi pompa, *valve*, saluran pipa, dan peralatan lainnya dari kerusakan atau tersumbat oleh benda-benda tersebut. Cara pembersihan *bar screen* terbagi menjadi dua yaitu manual dan mekanik. Manual menggunakan tenaga manusia, sedang mekanik menggunakan tenaga mesin.

Pembersihan secara manual biasanya dilakukan pada suatu industri yang kecil atau sedang. Prinsip yang digunakan adalah agar bahan padat kasar dihilangkan dengan sederet bahan baja yang diletakan dan dipasang melintang arah aliran. Kecepatan arah aliran adalah 0,3 – 0,6 m/dt 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. *Bar screen* yang dibersihkan secara manual, biasanya saringan dimiringkan dengan kemiringan 30°-45° terhadap horisontal.



Gambar 2.1 *Bar Screen* Manual

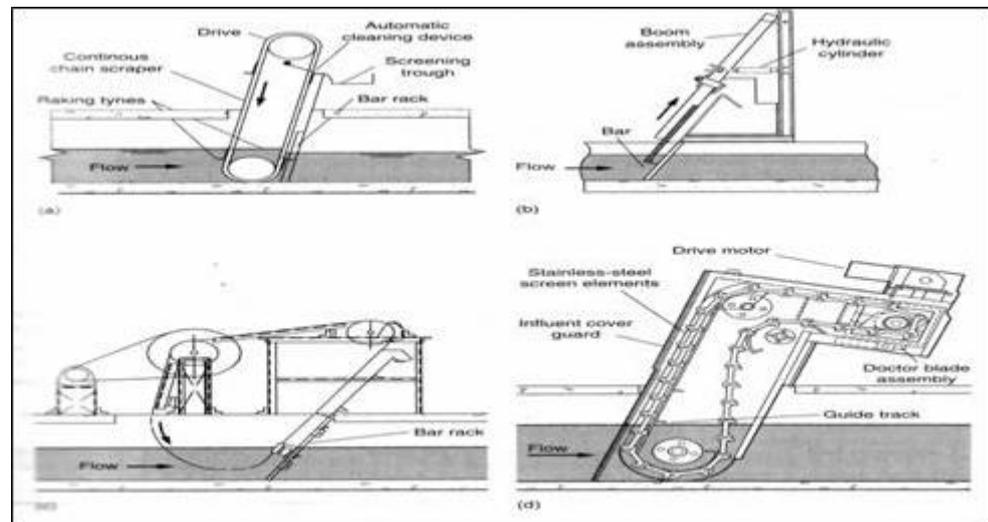
Pembersihan secara mekanis biasanya bahan-bahan untuk pembersihannya terbuat dari *stainless steel* dan plastik.



Gambar 2.2 Bar Screen Mekanis

Tipe-tipe dari *bar screen* mekanis adalah sebagai berikut :

- a. Chain driven
- b. Riciprocatting rake
- c. Catenary
- d. Continous belt



Gambar 2.3 Tipe-tipe pembersihan secara mekanis

Tabel 2.1 Klasifikasi *Coarse Screen*

| Bagian-bagian | Manual | Mekanikal |
|-----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Ukuran kisi | | |
| - Lebar | 05 – 15 mm | 05 – 15 mm |
| - Dalam | 25 – 38 mm | 25 – 38 mm |
| Jarak antar kisi | 25 – 50 mm | 15 – 75 mm |
| Sloop | 30 ⁰ - 40 ⁰ | 0 ⁰ - 30 ⁰ |
| Kecepatan melalui bar | 0,3 – 0,6 m/det | 0,6 – 1,0 m/det |
| Head Loss | 150 mm | 150 - 600 mm |

(Sumber : tabel 5-2. *Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004*)

➤ ***Fine Screen (Penyaringan Halus)***

Saringan halus pada pengolahan pendahuluan biasanya digunakan dengan saringan kasar. Sedangkan pada pengolahan pertama saringan halus biasanya digunakan untuk pengendapan pertama.

Penyaring halus (*Fine Screen*) yang digunakan untuk pengolahan pendahuluan (*Preliminary Treatment*) adalah seperti, ayakan kawat (*static wedgewire*), drum putar (*rotary drum*), atau seperti anak tangga (*step type*). Penyaring halus (*Fine Screen*) yang dapat digunakan untuk menggantikan pengolahan utama (seperti pada pengolahan pengendapan pertama atau *primary clarifier*) pada instalasi kecil pengolahan air limbah dengan desain kapasitas mulai dari 0,13 m³/dt.

Penyaring halus (*Fine Screen*) berfungsi untuk menyaring partikel-partikel yang berukuran kurang dari 6 mm. *Screen* ini dapat digunakan untuk pengolahan pendahuluan (*Pre-Treatment*) maupun pengolahan pertama atau utama (*Primary Treatment*).

Type-type saringan halus yang digunakan untuk pengolahan pendahuluan adalah :

- a. *Inclined screen*
- b. *Rotary drum screen*

c. Fixed Parabolic screen



Gambar 2.4 *Inclined screen*



Gambar 2.5 *Rotary drum screen*



Gambar 2.6 *Fixed Parabolic screen*

Tabel 2.2 Klasifikasi *Fine Screen*

| Jenis Screen | Permukaan Screen | | Bahan Screen | Penggunaan | |
|---------------------------------|--------------------|--------------|---------------|--|----|
| | Klasifikasi Ukuran | Range Ukuran | | | |
| | | In | | | 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 | |
| | Sedang | 0,01 - 0,1 | 0,25-2,5 | Ayakan kawat yang terbuat dari stainless-steel. Pengolahan Primer Meremoval residual dari suspended solid sekunder | |
| | Halus | | 6 -35 μ m | Stainlees-steel dan kain polyester | |
| <i>Horizontal reciprocating</i> | Sedang | 0,06 - 0,17 | 1,6 – 4 | Batangan stainless-steel Gabungan dengan saluran air hujan | |
| <i>Tangential</i> | Halus | 0,0475 | 1200 μ m | Jala-jala yang terbuat dari stainless-steel Gabungan dengan saluran pembawa | |

➤ **Micro Screen (Penyaringan Halus)**

Micro Screen (Penyaringan Halus) berfungsi untuk menyaring padatan halus, zat atau material yang mengapung, alga, yang berukuran kurang dari 0,5 μ 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/dt 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. (Sumber : Metcalf and Eddy, “Waste Water Engineering Trethment Disposal Reuse” 4th edition, hal 316)

Tabel 2.3 Faktor Bentuk

| Jenis Bor | β | Bentuk |
|---------------------------------|---------|---|
| - Segi empat sisi runcing | 2,42 |  |
| - Segi empat sisi bulat runcing | 1,83 |  |
| - Segi empat sisi bulat | 1,67 |  |
| - Bulat | 1,79 |  |

(Sumber : Metcalf and Eddy, “ Waste Water Engineering Trethment Disposal Reuse”4th edition. hal 316)

b. Bak Penampung

Merupakan unit penyeimbang (*Stabilization*), sehingga debit serta kualitas limbah yang masuk ke unit instalasi berikutnya sudah dalam keadaan konstan. Perhitungan bak penampung untuk mengetahui berapa luas permukaan yang akan digunakan, berikut rumus yang digunakan :

Rumus (Bak Penampung) yang digunakan :

Rumus Bak Penampung

1) Volume Bak Penampung

$$V = td \times Q$$

Dimana :

V = Volume sumur pengumpul (m^3)

Q = Debit air buangan yang dipompa (m^3/dt)

Td = Waktu detensi (dt)

2) Dimensi bak penampung

$$V = L \times B \times H$$

Dimana :

- V = volume bak penampung (m³)
- Q = debit air buangan yang dipompa (m³/dt)
- td = waktu detensi (detik)
- L = Panjang bak penampung (m)
- B = Lebar bak penampung (m)
- H = kedalaman bak penampung (m)

3) Jari-jari hidrolis (R)

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

Dimana :

- R = Jari-jari hidrolis (m)
- B = Lebar bak penampung (m)
- H = Tinggi bak penampung (m)

4) Slope Bangunan Bak Penampung (s)

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

Dimana :

- S = Slope bangunan bak penampung (m/m)
- n = Koefisien manning
- v = Kecepatan aliran (m/detik)
- R = Jari-jari hidrolis (m)

5) Headloss Bangunan (Hf)

$$H_f = S \times L$$

Dimana :

- Hf = Headloss Bangunan (m)
- S = Slope Bangunan (m/m)
- L = Panjang bangunan bak penampung (m)

(Sumber: Metcalf and Eddy, Wastewater engineering Treatment, Disposal and Reuse, McGraw-Hill, Inc, 1991, hal 224).

2.2.2 Pengolahan Pertama (*Primary Treatment*)

Pada pengolahan pertama ini terjadi dua proses yaitu fisik dan kimia. Pada pengolahan ini umumnya mampu mereduksi BOD antara 30-40% dan mereduksi TSS yaitu 50-65%. (*Sumber: Syed R. Qasim, halaman 52*).

Pada proses ini terjadi proses fisik dengan unit pengolahan meliputi:

a. Flotasi

Berfungsi untuk memisahkan partikel-partikel suspensi, seperti minyak dan lemak, serta bahan-bahan apung lainnya yang terdapat dalam air limbah dengan mekanisme pengapungan.

Berdasarkan mekanisme pemisahannya adalah sebagai berikut :

1. Bila berlangsung secara fisik, yaitu tanpa penggunaan bahan lain untuk membantu percepatan flotasi, hal ini dapat terjadi karena partikel-partikel suspensi yang terdapat dalam air limbah akan mengalami tekanan ke atas permukaan, sehingga mengapung disebabkan karena berat jenis partikel tersebut lebih kecil daripada berat jenis air limbah.
2. Bisa dilakukan dengan penambahan bahan lain, misalnya udara atau bahan kimia seperti PAC (*Poly Aluminium Chloride*), dengan cara diinjeksikan ke dalam cairan pembawanya, yang dapat mempercepat laju partikel ringan menuju permukaan. Untuk keperluan flotasi, udara yang diinjeksikan jumlahnya *relative* sedikit yaitu ($\pm 0,2 \text{ m}^3$ udara) untuk setiap m^3 air limbah. Sehingga, semakin kecil ukuran gelembung udara maka, proses flotasi akan semakin *optimal*.

Terdapat beberapa mekanisme kontak gelembung gas dan partikel. (Vrablik, 1959; Rich, 1974), antara lain :

a. Pengapungan

Gelembung gas akan naik ke atas dan tertangkap oleh struktur material flokulen. Ikatan yang terjadi antara gelembung gas dan partikel hanyalah penangkapan secara fisik.

b. Penyerapan

Mekanisme ini terjadi karena penyerapan gelembung gas kedalam struktur flokulen padat tersuspensi sehingga membentuk flokulen baru.

c. Pelekatan

Pelekatan terjadi karena adanya gaya tarik antara molekul yang dipergunakan pada suatu permukaan antara dua fasa dan mengakibatkan tegangan permukaan.

Sedangkan empat metode flotasi (Gaudin, 1957; Rich, 1974; Degremont, 1979) sebagai berikut :

a. *Spontaneous Flotation*

Flotasi spontan terjadi apabila massa jenis partikel lebih kecil dari massa jenis air. Cara ini dipergunakan untuk pemisah minyak dari proses *refinery*.

b. *Dispersed Air Flotation (AF)*

Pada system dispersed air flotation, gelembung udara terbentuk karena adanya tekanan udara yang masuk ke cairan melalui *diffuser* atau *impeller* berputar. Ukuran gelembung udara yang dihasilkan biasanya begitu besar yaitu 1000 micron.

c. *Vacum Flotation (VF)*

Melibatkan pelarutan udara di dalam air buangan pada tekanan 1 atm, kemudian divacumkan dengan tekanan yang lebih rendah, maka akan menurunkan kelarutan udara dalam air. Kemudian udara akan keluar dari larutan dalam bentuk gelembung yang halus.

d. *Dissolved Air Flotation (DAF)*

Pada sistem DAF, udara dilarutkan didalam cairan dibawah tekanan beberapa atmosfer sampai jenuh, kemudian dilepaskan ke tekanan atmosfer. Akibat terjadinya perubahan tekanan maka, udara yang terlarut akan lepas kembali dalam bentuk gelembung yang halus yaitu 20-120 micron.

Ukuran gelembung udara sangat menentukan dalam proses flotasi, semakin besar ukuran gelembung udara, kecepatan mengapung juga akan semakin besar. Sehingga kontak antara gelembung udara dengan partikel tidak berjalan dengan baik. Dengan demikian proses flotasi menjadi tidak efektif.

Rumus (Dissolved Air Flotation) yang digunakan

1. Debit Recycle (R)

- a. Operasi tanpa resirkulasi

$$(A/S) = \frac{S_a \cdot R \left(\frac{fP}{Pa} - 1 \right)}{S/A \cdot Q}$$

- b. Operasi dengan Resirkulasi

$$A/S = \frac{1,3 \cdot S_a \cdot (fp - 1) \cdot R}{Q \cdot X_o}$$

dengan :

A/S = Perbandingan udara dengan padatan
(0,005 – 0,06 ml udara/mg padatan)

S_a = Kelarutan udara (ml/l)

f = Fraksi udara terlarut pada tekanan 0,5–0,8

P = Tekanan (atm)

Q = Debit Aliran (m³/hr)

Berikut tabel kelarutan udara dengan kondisi temperatur tertentu :

Tabel 2.4 Kelarutan udara (S_a) pada temperatur tertentu

| Air characteristics and solubilities | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----|-------------------|-------------------------------|-------------------|-----------------|---------|--------------------|
| Temperature | | Volume solubility | | Weight solubility | | Density | |
| °C | °F | ml/l | ft ³ /thousand gal | mg/l | lb/thousand gal | g/l | lb/ft ³ |
| 0 | 32 | 28.8 | 3.86 | 37.2 | 0.311 | 1.293 | 0.0808 |
| 10 | 50 | 23.5 | 3.15 | 29.3 | 0.245 | 1.249 | 0.0779 |
| 20 | 68 | 20.1 | 2.70 | 24.3 | 0.203 | 1.206 | 0.0752 |
| 30 | 86 | 17.9 | 2.40 | 20.9 | 0.175 | 1.166 | 0.0727 |
| 40 | 104 | 16.4 | 2.20 | 18.5 | 0.155 | 1.130 | 0.0704 |
| 50 | 122 | 15.6 | 2.09 | 17.0 | 0.142 | 1.093 | 0.0682 |
| 60 | 140 | 15.0 | 2.01 | 15.9 | 0.133 | 1.061 | 0.0662 |
| 70 | 158 | 14.9 | 2.00 | 15.3 | 0.128 | 1.030 | 0.0643 |
| 80 | 176 | 15.0 | 2.01 | 15.0 | 0.125 | 1.000 | 0.0625 |
| 90 | 194 | 15.3 | 2.05 | 14.9 | 0.124 | 0.974 | 0.0607 |
| 100 | 212 | 15.9 | 2.13 | 15.0 | 0.125 | 0.949 | 0.0591 |

Values presented in absence of water vapor and at 14.7 lb/in² abs pressure (1 atm).

| | | | | |
|----------|------|------|------|------|
| Temp.° C | 0 | 10 | 20 | 30 |
| Sa, mL/L | 29,2 | 22,8 | 18,7 | 15,7 |

(Wesley Eckenfelder Water Industrial Pollution, halaman 110)

2. Luas permukaan (A)

$$A = \frac{Q_{tot} \text{ (lt/hr)}}{SLR \cdot (60 \text{ met/jam}) \cdot (24 \text{ jam/hari)}}$$

dengan :

SLR = Surface Loading Rate, 8 – 160 l/m² menit

(Sumber: Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering Treatment, Disposal, and Reuse, McGraw-Hill, Inc, 1991, hal 426)

1) Dimensi bak

$$Vol = L \times B \times H$$

dengan :

Vol = Volume bak (m³)

L = Panjang bak (m)

B = Lebar bak (m)

H = Kedalaman bak (m)

3. Tekanan Udara dalam atm (P)

$$P = \frac{P + 101,35}{101,35}$$

Dengan :

P = Tekanan udara (275 – 350) Kpa

4. Volume bak (Vol)

$$V = Q_{tot} \times t_d$$

Dengan :

- V = Volume bak
- Qtot = Debit
- Td = Waktu detensi

5. Debit Minyak dan Lemak

- $Q_{\text{effluent}} = Q_{\text{in}} - Q_{\text{minyak}}$
- Minyak dan Lemak teremoval = Influent \times % Removal
- Berat Minyak (bm) = Minyak dan lemak teremoval \times Qtot
- Debit minyak (Qm) = $\frac{bm}{\rho \text{ minyak}}$
- Volume minyak (Vmi) = Qm \times td

6. Baffle

- a. Kecepatan belokan (Vb)

$$V_b = \frac{Q_{\text{tot}}}{B \cdot L}$$

dengan :

$$Q_{\text{tot}} = Q + R \text{ (Q flotasi) (m}^3/\text{dt)}$$

B = Lebar bak flotasi, (m)

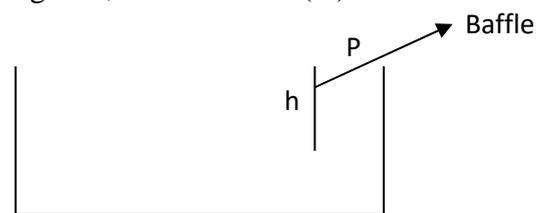
L = Jarak baffle dengan gutter, direncanakan (m)

- b. Jari – jari hydrolis (R)

$$R = \frac{B \cdot h}{B + 2h}$$

- c. Headloss (Hf)

$$H_f = \left(\frac{n \cdot V_b}{R^{2/3}} \right)^2$$



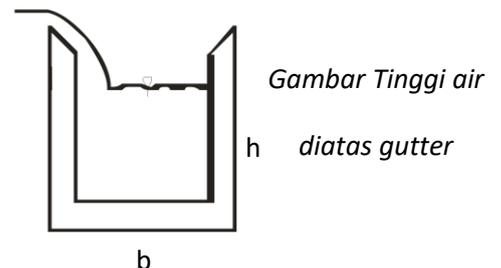
Gambar Baffle

7. Saluran Pelimpah air (Gutter)

Lebar Gutter (B) = Lebar Bak Flotasi

- a. Tinggi air diatas gutter (H)

$$Q = 2/3 \cdot C_d \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot B \cdot H^{3/2}$$



dengan :

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

$C_d = \text{Koef. Konstraksi, 0,75}$

$B = \text{Lebar bak}$

2.2.3 Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)

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

Pengolahan Sekunder akan memisahkan komponen organik terlarut dengan proses biologis ini dilakukan secara aerobik maupun anaerobik dengan efisiensi reduksi BOD dan COD antara 75 – 90 % serta TSS sebesar 90 %.

(Sumber: Syed R. Qasim, *Wastewater Treatment Plants Planning, Design, and Operation*, halaman 52)

1. Pengolahan dengan Biofilm

Macam-macam pengolahan dengan menggunakan biofilm :

a. *Rotating Biological Contactor (RBC)*

RBC menurunkan biomassa sebelum diendapkan pada bak pengendap dengan cara yaitu RBC yang terdiri dari suatu piringan seri berbentuk lingkaran yang terbuat dari bahan PVC, disusun secara vertikal dengan menghubungkan satu sama lain dengan satu sumbu, sehingga piringan tersebut dapat berputar. Sebagian piringan tersebut tercelup dalam air limbah yang diolah dimana akan tumbuh biofilm dan menempel pada permukaan piringan dalam bentuk lendir. Pada saat berputar bagian piringan yang tercelup air akan menguraikan zat organik yang terlarut dalam air, sedangkan pada saat kontak dengan udara, biomassa akan mengabsorpsi oksigen sehingga tercapai kondisi aerobik dan biomassa yang berlebihan akan terbawa keluar.

Keuntungan RBC :

- 1) Waktu kontak yang tidak terlalu lama, biasanya ≤ 1 jam karena luas permukaan besar.
- 2) Dapat mengolah air limbah pada kisaran kapasitas yang besar, dari ≤ 1000 gal/hari sampai ≥ 100.000 gal/hari.
- 3) Tidak diperlukan *recycle*.
- 4) Biomassa yang terlepas (*sloughing*) mudah dipisahkan dari air yang sudah diolah.
- 5) Biaya operasi cukup murah karena tidak diperlukan keahlian khusus untuk operatornya

b. *Tricling Filter*

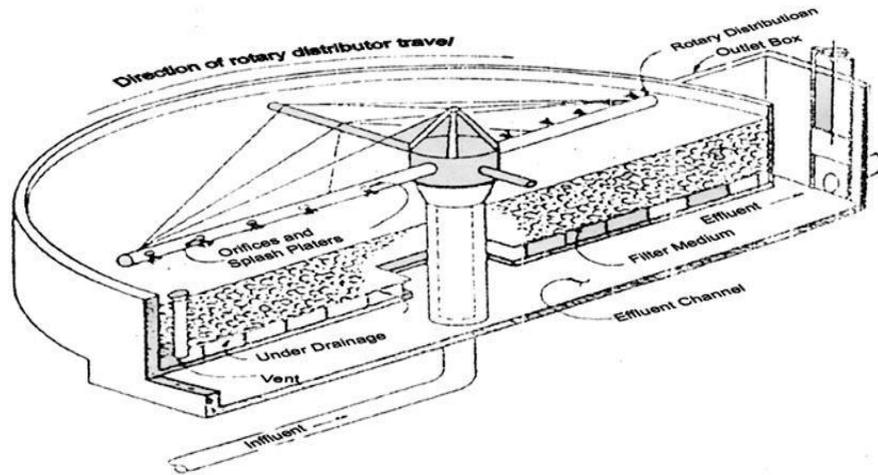
Tricling filter menurunkan beban organik yang terdapat dalam air buangan dengan cara mengalirkannya pada media yang permukaannya diselimuti oleh lumpur aktif sebagai biological film. Filter yang digunakan batua-batuan, pasir, granit dan lain-lain dalam berbagai ukuran mulai dari diameter 3/4 in sampai dengan diameter 2,5 in. Proses yang terjadi adalah proses biologis yang memerlukan oksigen (aerobik).

Cara kerja *Tricling filter* :

- Air limbah dari pengolahan primer dialirkan masuk melalui pipa yang berputar diatas suatu lahan dengan media filter, beban organik yang ada dalam limbah disemprotkan diatas media, dan diuraikan oleh mikroorganisme yang menempel pada media filter. Bahan organik sebagai substrat yang terlarut dalam air limbah di absorpsi dalam biofilm antar lapisan berlendir.
- Pada lapisan bagian luar biofilm, bahan organik diuraikan oleh mikroorganisme aerobik. Pertumbuhan mikroorganisme mempertebal lapisan biofilm, oksigen yang terdifusi dapat dikonsumsi sebelum biofilm mencapai ketebalan maksimum. Pada saat mencapai ketebalan penuh maka oksigen tidak dapat mencapai

penetrasi secara penuh, sehingga pada bagian dalam atau pada permukaan media akan berada pada kondisi anaerobik.

- Pada saat lapisan biofilm mengalami penambahan ketebalan, dan bahan organik yang diabsorpsi dapat diuraikan oleh mikroorganisme namun tidak mencapai mikroorganisme yang berada pada permukaan media. Dengan kata lain tidak tersedia bahan organik untuk sel karbon pada bagian permukaan media, sehingga mikroorganisme sekitar permukaan media mengalami fase endogenous atau kematian. Pada akhirnya mikroorganisme sebagai biofilm tersebut akan lepas dari media, cairan yang masuk akan ikut melepas atau mencuci dan mendorong biofilm keluar setelah itu lapisan biofilm baru akan segera tumbuh. Fenomena lepasnya biofilm dari media tersebut disebut *sloughing* dan hal ini fungsi dari beban organik dan beban hidrolis pada *trickling filter* tersebut. Beban hidrolis memberikan kecepatan daya gerus biofilm sedangkan beban organik memberikan kecepatan daya dalam biofilm. Berdasarkan beban hidrolis dan organik maka dapat dikelompokkan tipe *trickling filter low rate* dan *high rate*.
- *Trickling filter* terdiri dari suatu bak dengan media permeable untuk pertumbuhan mikroorganisme. Filter media biasanya mempunyai ukuran diameter 25-100 mm, kedalaman filter berkisar 0,9-2,5m (rata-rata 1,8) media filter dapat mencapai 12 m yang disebut sebagai *tower trickling filter*.
- Air limbah didistribusikan pada bagian atas dengan satu lengan distributor yang dapat berputar. Filter juga dilengkapi dengan *underdrain* untuk mengumpulkan biofilm yang mati untuk kemudian diendapkan dalam bak sedimentasi. Bagian cairan yang keluar biasanya dikembalikan lagi ke *trickling filter* sebagai air pengencer air baku yang diolah.



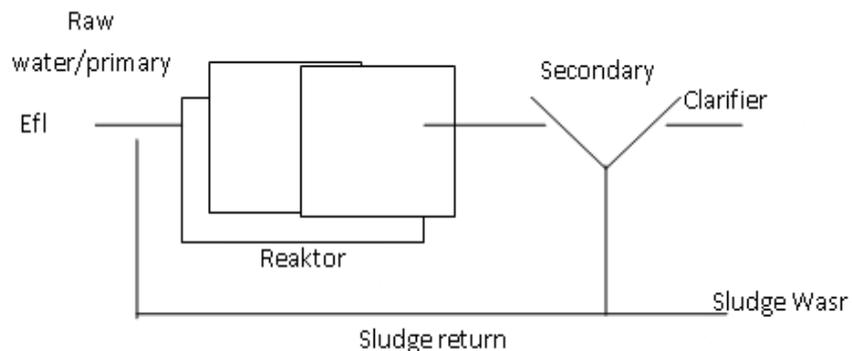
Gambar 2.7 *Trickling Filter*

2. Pengolahan dengan Lumpur Aktif (*Activated Sludge*)

Untuk mengubah buangan organik, menjadi bentuk anorganik yang lebih stabil dimana bahan organik yang lebih terlarut yang tersisa setelah prasedimentasi dimetabolisme oleh mikroorganisme menjadi CO₂ dan H₂O, sedang fraksi terbesar diubah menjadi bentuk anorganik yang dapat dipisahkan dari air buangan oleh sedimentasi. Adapun proses didalam *activated sludge*, yaitu:

1) *Konvensional*

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

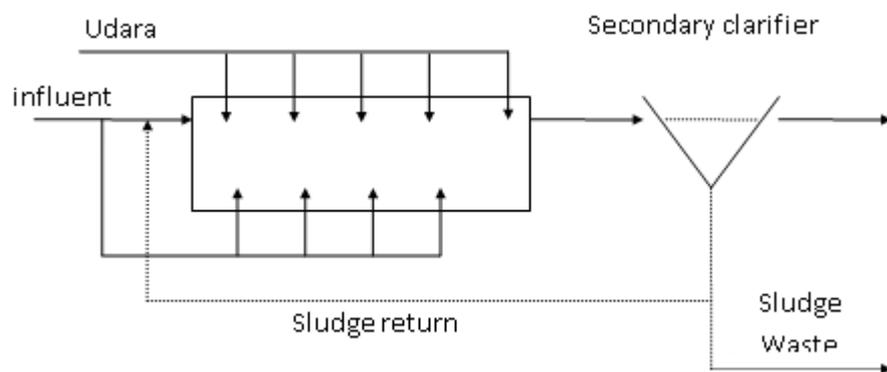


Gambar 2.8 *Activated Sludge Sistem Konvensional*

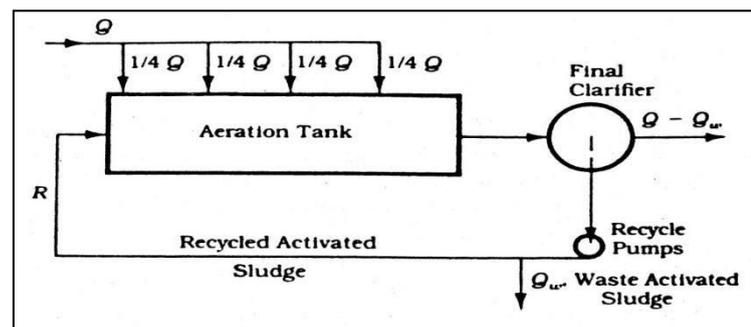
2) Non Konvensional

a. Step Aeration

- Merupakan *type plug flow* dengan perbandingan F/M atau substrat dan mikroorganismenurun menuju *outlet*.
- Inlet air buangan masuk melalui 3-4 titik ditangki aerasi dengan masuk untuk menetralkan rasio substrat dan mikroorganismen dan mengurangi tingginya kebutuhan oksigen dititik yang paling awal.
- Keuntungannya mempunyai waktu detensi yang lebih pendek



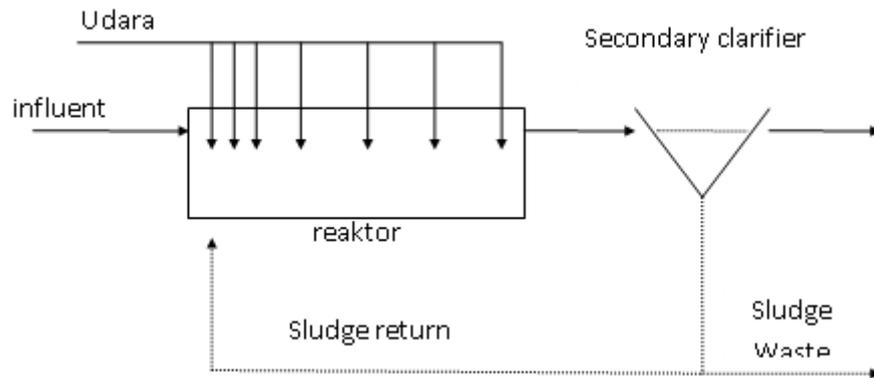
Gambar 2.9 Step Aeration



Gambar 2.10 Step Aeration

b. Tapered Aeration

Hampir sama dengan *step aerasi*, namun injeksi udara dititik awal lebih tinggi.

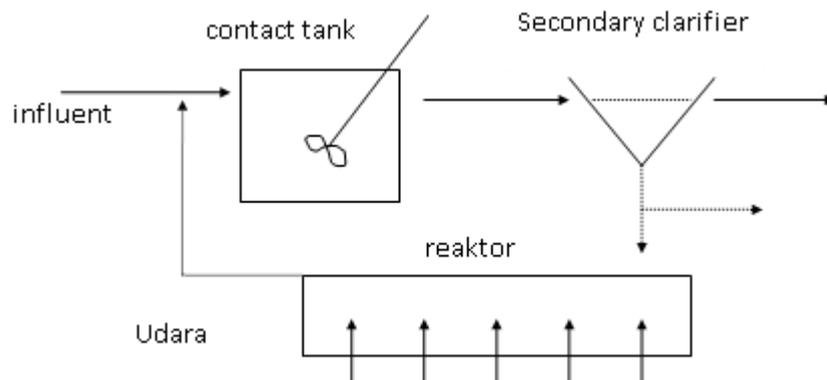


Gambar 2.11 *Tapered Aeration*

c. *Contact Stabilization*

Pada sistem ini terdiri dari 2 tangki yaitu :

- a) *Contact tank* yang berfungsi untuk mengabsorb bahan organik untuk memproses lumpur aktif
- b) *Reaeration tank* yang berfungsi untuk mengoksidasi bahan organik yang mengasorb (proses stabilisasi)



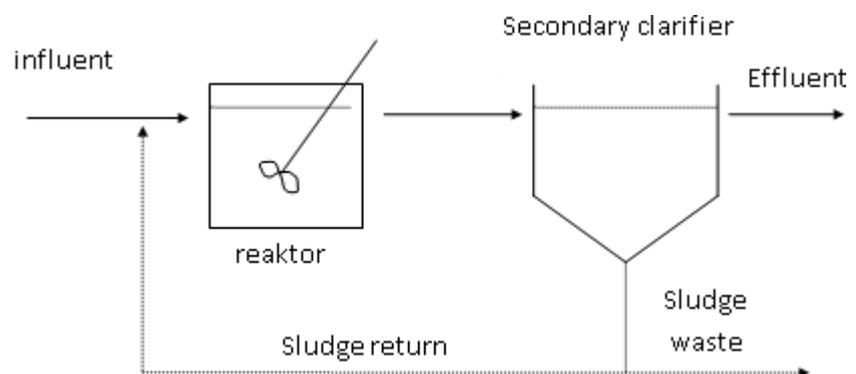
Gambar 2.12 Sketsa *Contact Stabilisasi*

d. *Pure Oxygen*

Oksigen murni diinjeksikan ke tanki aerasi dan di erresirkulasi. Keuntungannya adalah mempunyai F/M ratio dan volumetric loading yang tinggi, serta HRT yang lebih pendek.

e. *High rate aeration*

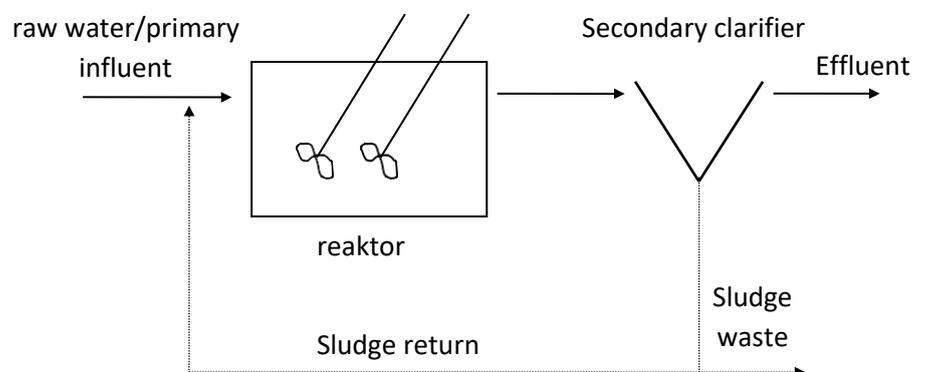
Kondisi ini dicapai dengan meninggikan harga *rasio resirkulasi* (r), atau debit air yang dikembalikan dibesarkan 1–5 kali. Dengan cara ini maka akan diperoleh jumlah mikroorganisme yang lebih besar, sehingga mempunyai kinerja F/M dan *Volumetric loading* yang tinggi, dan HRT yang lebih pendek. Pada sistem ini mempunyai efisiensi yang lebih rendah.



Gambar 2.13 *Sketsa High Rate Aeration*

f. *Extended Aeration*

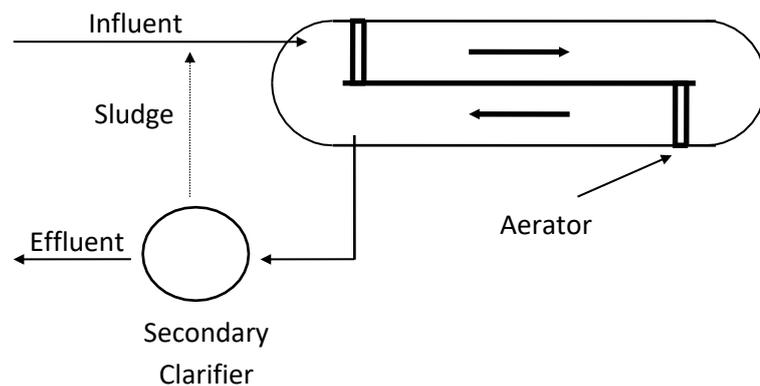
Pada sistem ini reaktor mempunyai umur lumpur dan *time detention* (t_d) lebih lama, sehingga lumpur yang dibuang atau dihasilkan akan lebih sedikit.



Gambar 2.14 *Sketsa Extended Aeration*

g. *Oxidation Ditch*

Bentuk *oxidation ditch* adalah oval dengan aerasi secara mekanis, kecepatan aliran 0,25-0,35 m/s.



Gambar 2.15 Skema *Oxidation Ditch*

2.2.4 Pengolahan Tersier (*Tertiary Treatment*)

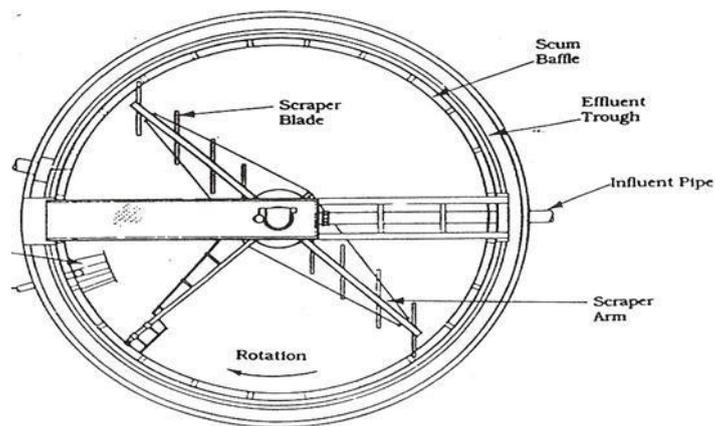
Pengolahan ini adalah kelanjutan dari pengolahan terdahulu, oleh karena itu pengolahan jenis ini akan digunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua, banyak zat tertentu yang masih berbahaya bagi masyarakat umum. Pengolahan ketiga ini merupakan pengolahan secara khusus sesuai dengan kandungan zat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

1. Bak Pengendap II (*Secondary Clarifier*)

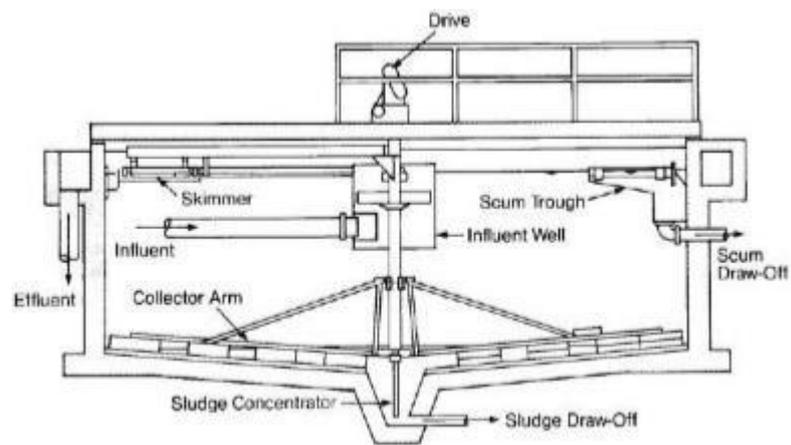
Bangunan ini digunakan untuk mengendapkan lumpur setelah proses sebelumnya, biasanya proses lumpur aktif. Pada unit pengolahan ini, terdapat *scraper blade* yang berjumlah sepasang yang berbentuk *vee* (V). Alat tersebut digunakan untuk pengeruk lumpur yang bergerak, sehingga sludge terkumpul pada masing-masing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

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 2.16 Denah Bangunan *Clarifier*



Gambar 2.17 Potongan Bangunan *Clarifier*

(Sumber: Metcalf & Eddy, *Waste water engineering treatment and resource recovery*. Halaman 911)

2.2.5 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. *Sludge* dalam *disposal sludge* memiliki masalah yang lebih kompleks. Hal ini disebabkan karena :

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

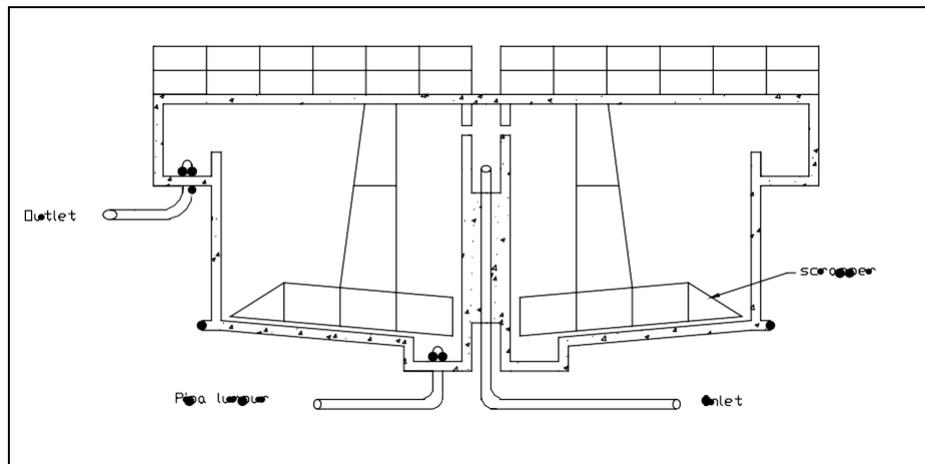
Berikut tujuan dari pengolahan lumpur (*sludge treatment*) :

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

Unit pengolahan lumpur yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. *Sludge Thickener*

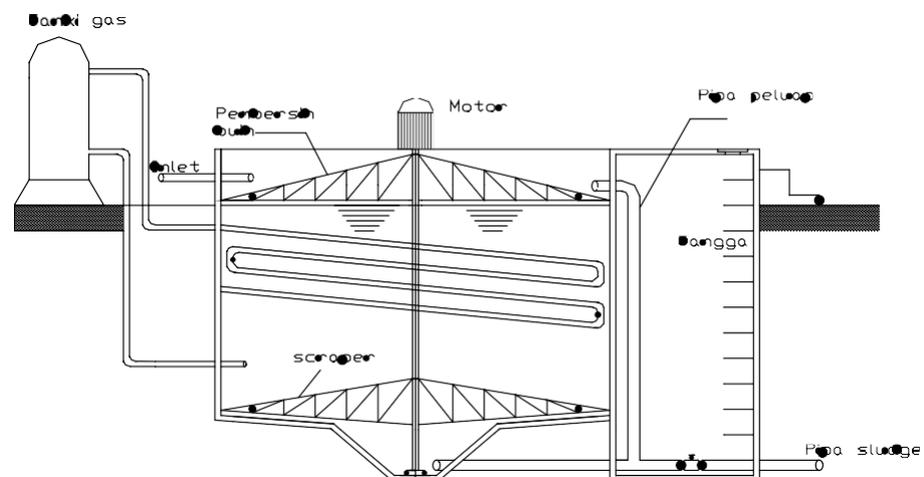
Sludge thickener adalah suatu bak yang berfungsi untuk menaikkan kandungan *solid* dari lumpur dengan cara mengurangi porsi fraksi cair (air), sehingga lumpur dapat dipisahkan dari air dan ketebalannya menjadi berkurang atau dapat dikatakan sebagai *pemekatan lumpur*. Tipe *thickener* yang digunakan adalah *gravity thickener* dan lumpur berasal dari bak pengendap I dan pengendap II. Pada sistem *gravity thickener* ini, lumpur diendapkan di dasar bak *sludge*.



Gambar 2.18 *Sludge Thickener*

2. *Sludge Digester*

Sludge digester berfungsi untuk menstabilkan *sludge* yang dihasilkan dari proses lumpur aktif dengan mengkomposisi organik material yang bersifat lebih stabil berupa anorganik material sehingga lebih aman untuk dibuang.

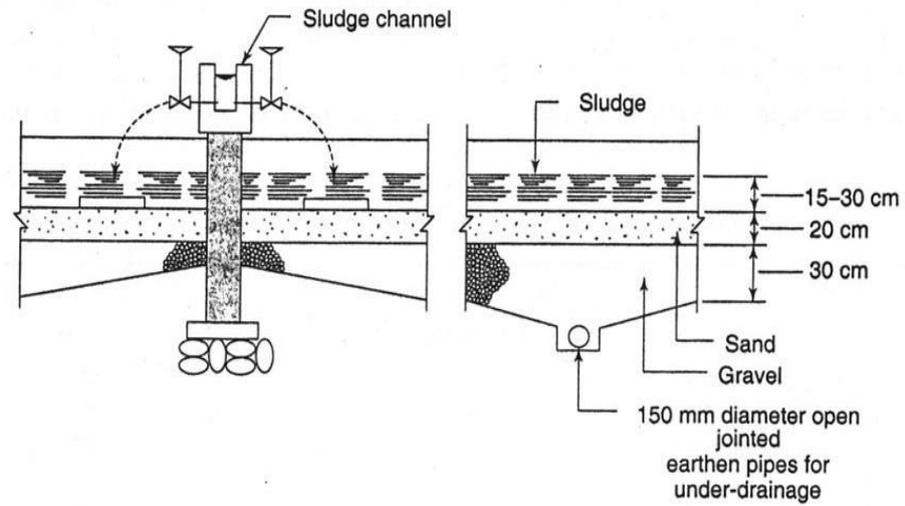


Gambar 2.19 *Sludge Digester*

3 *Sludge Drying Bed*

Sludge drying bed merupakan suatu bak yang dipakai untuk mengeringkan lumpur hasil pengolahan dari *sludge 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.



Gambar 2.20 *Sludge Drying Bed*

2.3 Persen Removal

Berikut adalah tabel persen removal :

Tabel 2.5 Persen Removal

| Unit | Beban Pencemar | Range Kemampuan Penyisihan | Sumber Literatur |
|---------------------|----------------|----------------------------|---|
| Saluran Pembawa | - | - | - |
| Bar Screen | - | - | - |
| Bak Penampung | - | - | - |
| Flotasi | Minyak Lemak | 65% - 98% | <i>(Sumber: Qasim, 1985)</i> |
| | BOD | 25% - 98% | |
| | TSS | 65% - 95% | |
| | COD | 10% - 60% | <i>(Sumber : Cavaseno, Industrial Waste Water and Solid Waste Engineering ; Halaman 14)</i> |
| Activated Sludge | BOD | 80% - 99% | <i>(Sumber : Cavaseno, Industrial Waste Water and Solid Waste Engineering ; Halaman 15)</i> |
| | COD | 50% - 95% | |
| | TSS | 60% - 85% | |
| Secondary Clarifier | - | - | - |
| Sludge Drying Bed | - | - | - |

2.4 Profil Hidrolis

Profil hidrolis adalah upaya penyajian secara grafis “hidrolik grade line” dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (influen-

effluen) dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, untuk mengetahui kebutuhan pompa, dan untuk memastikan tingkat terjadinya banjir atau luapan air akibat aliran balik. 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.

2) Kehilangan Tekanan pada Perpipaan dan Aksesoris

Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris yang berhubungan dengan bangunan pengolahan adalah sebagai berikut :

- a. Kehilangan tekanan pada perpipaan,
- b. Kehilangan tekanan pada aksesoris,
- c. Kehilangan tekanan pada pompa,
- d. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok.

3) Tinggi Muka Air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi, yaitu 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 seperti :

- a. Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir,
- b. Menambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di clear well.