

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Kawasan Industri

Kawasan industri merupakan suatu lokasi pemusatan kegiatan industri yang dilengkapi sarana dan prasarana yang dikelola dan disediakan oleh perusahaan-perusahaan di kawasan industri. Kawasan industri mulai dikembangkan di Indonesia bertujuan untuk memenuhi kegiatan penanaman modal dari dalam maupun luar negeri. Perkembangan kawasan industri dimulai dari pemerintah, kemudian seiring meningkatnya investasi, pihak swasta diperbolehkan mengembangkan kawasan industri. Sejak saat itu, pertumbuhan kawasan industri berkembang pesat di Indonesia (Kwanda, 2004).

Dalam suatu kawasan industri, sarana dan prasarana yang sangat penting untuk menunjang perkembangan kawasan industri salah satunya yaitu instalasi pengolahan air limbah. Dalam instalasi pengolahan air limbah (waste water treatment plant) akan terjadi proses pengolahan dan pengelolaan semua limbah cair dari industri ditampung (berdasarkan influent yang diizinkan oleh pengelola di kawasan industri) dan diolah sesuai dengan standar kualitas effluent berdasarkan pemerintah, sebelum dibuang ke badan air (Kwanda, 2004).

2.2. Karakteristik Air Limbah Rumah Potong Hewan

Industri RPH cenderung memiliki kandungan air limbah dengan jumlah organik yang tinggi. Karakteristik air limbah diketahui dari beberapa parameter pada kualitas air. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014, berikut parameter limbah cair industri RPH:

2.2.1. Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid atau total padatan tersuspensi adalah padatan yang tersuspensi pada air limbah yang mengandung bahan organik dan anorganik yang dapat disaring dengan kertas milipore berukuran pori-pori 0,45 μm . Padatan yang tersuspensi memiliki dampak buruk pada kualitas air karena menghalangi penetrasi matahari terhadap badan air, dan menyebabkan kekeruhan air meningkat karena terganggunya pertumbuhan organisme (Das, Akibat, & Limbah, 2013).

2.2.2. Derajat Keasaman (pH)

Salah satu parameter kualitas air limbah yang terpenting adalah konsentrasi ion hidrogen. pH biasanya digunakan untuk menunjukkan konsentrasi dari ion hydrogen tersebut. Konsentrasi pH yang sesuai bagi kehidupan biologis antara 6-9. Air limbah yang memiliki konsentrasi pH yang sangat asam atau basa akan sulit untuk diolah dengan pengolahan biologi. Jika pH air limbah tidak diolah sesuai dengan baku mutu dan kemudian dibuang ke lingkungan maka dapat mengubah atau mencemari konsentrasi pH natural di badan air. Pengukuran pH dapat dilakukan menggunakan pH meter (Metcalf, 2003).

2.2.3. Chemical Oxygen Demand (COD)

Uji COD digunakan untuk menghitung jumlah oksigen dari bahan organik air limbah yang dapat dioksidasi secara kimiawi menggunakan dikromat dalam asam. (Metcalf & Eddy, 2003)

Meskipun dapat diprediksi nilai BOD ultimate sama tinggi dengan COD, dalam kasus ini dapat dikategorikan berbeda. Beberapa alasan hal tersebut dikategorikan berbeda adalah karena:

1. Banyak bahan organik yang sulit dioksidasi secara biologi (seperti lignin) dapat dioksidasi secara kimia.
2. Bahan anorganik yang dioksidasi dengan dikromat meningkatkan kadar organik secara nyata dalam sampel.
3. Bahan organik tertentu yang bersifat racun bagi mikroorganisme juga digunakan saat uji BOD.
4. Tingginya nilai COD karena adanya bahan anorganik yang dapat bereaksi dengan dikromat. (Metcalf & Eddy, 2003)

Dari segi operasional, salah satu keuntungan dari uji COD yaitu dapat dilakukan hanya dalam sekitar 2,5 jam, tidak sebanding dengan proses pengujian BOD yang membutuhkan 5 hari lebih untuk proses pengujiannya. Untuk mengurangi durasi pengujian COD, telah dikembangkan proses pengujian COD yang hanya membutuhkan waktu sekitar 15 menit (Metcalf & Eddy, 2003)

Kandungan COD yang ada di industri RPH pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No 72 Tahun 2013 tentang BakuMutu Limbah Cair untuk industri terpadu, COD yang diperbolehkan adalah 200mg/L.

2.2.4. Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Dampak utama pencemaran organik dalam badan air adalah penurunan tingkat oksigen terlarut. Solusi yang ditemukan dalam skala laboratorium untuk mengukur kebutuhan oksigen terhadap volume standar limbah atau cairan lainnya dengan waktu yang telah ditentukan yaitu *Biological Oxygen Demand* (BOD). BOD merupakan parameter yang menunjukkan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan senyawa organik yang terlarut dan tersuspensi dalam air oleh aktivitas mikroba. BOD adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per 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 28° C. Akan tetapi di laboratorium dipergunakan waktu 5 hari sehingga dikenal sebagai BOD. (Sugiharto,1987 hal 6).

2.2.5. Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak merupakan salah satu parameter bahan organik yang menjadi perhatian, karena kandungan dalam perairan menyebabkan kualitas air turun. Sebagian minyak dan lemak mengalami degradasi melalui fotooksidasi spontan dan oksidasi oleh mikroorganisme. Penguraian minyak dan lemak dalam kondisi yang kurang oksigen mengakibatkan bau tengik pada air, hal tersebut terjadi karena faktor penguraian yang tidak sempurna. Kandungan minyak dan lemak yang berlebih memiliki dampak yang nyata terhadap air yaitu dapat mengurangi penetrasi cahaya dan oksigen terhadap permukaan air sehingga mengakibatkan laju proses fotosintesa berkurang (Hendrawan, 2008). Minyak lemak terdiri dari 3 (tiga) macam yaitu :

1. Minyak *essential* (Minyak asiri)
2. Minyak mineral, minyak ini mengandung senyawa-senyawa hidrokarbon
3. Minyak yang tidak mudah menguap (*trigilliserida*) Sumber minyak antara lain:
 - a. Hewan

Jaringan minyak dibawah kulit, antara otot-otot, dalam sumsum tulang belakang, dan lain-lain.

b. Tumbuhan

Terdapat dalam daun-daunan dan bunga, dalam benih-benih (contohnya: minyak kelapa, kacang, palem, dan sebagainya)

2.2.6. Amonia

Kandungan amonia dalam air dapat menyebabkan kondisi toksik bagi kehidupan organisme dalam perairan. Secara kimia, keberadaan amonia dalam air berupa amonia terlarut (NH_3) dan ion amonium (NH_4^+). Amonia bebas (NH_3) yang tidak berionisasi akan bersifat toksik. Kadar amonia bebas meningkat sejalan dengan meningkatnya pH dan suhu perairan. Sifat toksik pada amonia dipengaruhi oleh pH, suhu, dan kadar oksigen terlarut. Kondisi amonia pada pH rendah akan bersifat racun jika jumlahnya banyak, sedangkan amonia pada pH tinggi juga akan bersifat racun meskipun jumlahnya rendah. Penurunan kadar oksigen terlarut akan meningkatkan toksisitas amonia dalam perairan (Al Kholif, 2007).

2.3. Bangunan Pengolahan Air Buangan

Bangunan pengolahan air buangan adalah unit yang dirancang untuk mengurangi beban pencemar yang terdapat pada air buangan atau limbah. Beban pencemar yang dimaksud adalah partikel-partikel berbahaya, BOD, COD, organisme patogen, komponen beracun dan bahan lainnya yang memiliki sifat beracun dan berpotensi menimbulkan penyakit pada manusia atau organisme lainnya. Bangunan pengolahan air limbah harus dirancang dengan baik agar dapat menurunkan beban pencemar secara efektif. Dalam proses pengolahan air limbah dibagi menjadi empat tahapan yaitu :

a. Pengolahan Pendahuluan (*Pre - Treatment*)

Pengolahan pendahuluan bertujuan untuk menyaring sampah-sampah terapung yang masuk bersama dengan air agar dapat mempermudah proses pengolahan selanjutnya. Contohnya seperti, menyortir kerikil, lumpur, menghilangkan zat padat, dan memisahkan lemak. Selain itu pengolahan pendahuluan juga berfungsi untuk menyalurkan air limbah dari unit operasinya ke bangunan pengolahan air limbah.

b. 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.

c. Pengolahan Kedua (*Secondary - Treatment*)

Pengolahan sekunder akan memisahkan koloid dan komponen organik terlarut dengan proses biologis. Proses pengolahan biologis ini dapat dilakukan secara aerobik maupun anaerobik. Pada pengolahan air buangan industri menggunakan sistem aerobik yaitu *activated sludge* karena kandungan biologi pada air buangan seperti BOD, COD karena persen removal *activated sludge* cukup besar untuk meremoval kandungan organik

d. Pengolahan Ketiga (*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.

e. 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:

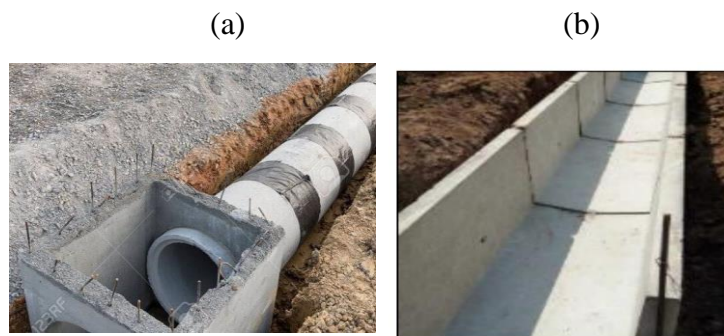
1. *Sludge* sebagian besar dikomposisi dari bahan-bahan yang responsibel menimbulkan bau
2. Bagian *sludge* yang dihasilkan dari pengolahan biologis dikomposisi dari bahan organik.
3. Hanya sebagian kecil dari *sludge* yang mengandung solid (0,25% - 12% solid). Tujuan utama dari pengolahan lumpur adalah :

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

Adapun bangunan pengolahan yang dapat digunakan untuk mengolah limbah cair di kawasan industri, antara lain:

2.3.1. Saluran Pembawa

Saluran pembawa adalah unit yang berfungsi untuk mendistribusikan air limbah menuju unit pengolahan selanjutnya. Saluran pembawa memiliki 2 jenis yaitu saluran terbuka dan tertutup (pipa). Saluran terbuka terbuat dari beton berbentuk persegi, trapesium maupun setengah lingkaran. Perencanaan saluran pembawa selalu 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). Saluran pembawa yang baik adalah saluran yang setiap 10 m memiliki bak kontrol.



Gambar 2. 1 (a) Saluran Tertutup (b) saluran Terbuka

Sumber : asiacon.co.id, <https://images.app.goo.gl/dGpuVp9inWNZ5wmf6>

Kriteria Perencanaan :

1. Kecepatan aliran (v) = 0,3 – 0,6 m/s
2. Kemiringan / Slope maksimal (s_{max}) = 1.10-3m/m
3. Freeboard = 10-20% = 0,1 - 0,2
4. Dimensi saluran (Ws) = $B = 2H$
(Sumber : Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th Edition, halaman 316)
5. Kekasaran saluran (n) = 0,011 – 0,020 (saluran terbuka berbahan beton)

Tabel 2. 1 Nilai Koefisien Kekasaran Manning

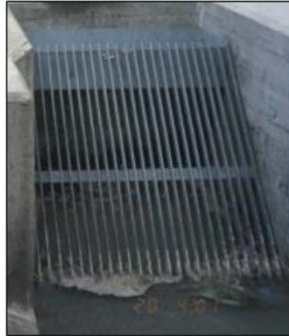
Bahan Batas	n Manning
Kayu yang diketam (diserut)	0,012
Kayu yang tidak diserut	0,012
Beton yang dihaluskan	0,013
Beton yang tidak dihaluskan	0,014
Besi tuang	0,015
Bata	0,016
Baja yang dikeling	0,018
Logam Bergelombang	0,022
Batu-batu	0,025
Tanah	0,025
Tanah dengan batu-batu atau rerumputan	0,035
Kerikil	0,029

(Sumber: Bambang Triadmodjo, 2008)

2.3.2. Bar Screen

Screening atau saringan banyak diletakkan di saluran masuk dari sungai, danau, waduk untuk instalasi pengolahan air, dan sumur tempat pembuangan atau penampung untuk instalasi pengolahan air limbah. *Screening* atau *bar screen* juga diletakkan sebelum pompa di stasiun pemompaan air hujan dan air limbah. Unit ini berfungsi untuk menghilangkan kotoran kasar (seperti potongan kain, padatan, dan ranting), yang mungkin merusak pompa atau menyumbat pipa dan saluran hilir (Droste, 1997). Dalam pengolahan air limbah, penyaring kasar digunakan untuk melindungi pompa, katup, saluran pipa, dan peralatan lainnya dari kerusakan atau tersumbat oleh sampah yang berukuran 6-150 mm. Pembersihan penyaring kasar dapat secara manual dengan memanfaatkan tenaga manusia atau dengan mekanis. Pembersihan secara manual biasanya dilakukan pada industri kecil ataupun

sedang. *Screening* dengan pembersihan secara mekanik, bahannya terbuat dari plastik atau stainless steel. Contoh *coarse screen* ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 2 Coarse Screen dengan Pembersihan secara Manual

Sumber: <https://www.wateractionplan.com/documents/177327/558166/ScreeningSeaving.pdf/42161389-3030-c805-d99c-5a44fd739558>

Adapun untuk kriteria perencanaan coarse screen ditunjukkan pada **Tabel 2.1**

Tabel 2. 2 Kriteria Perencanaan Coarse Screen

Parameter	U.S Customary Units			SI Units		
	Metode Pembersihan			Metode Pembersihan		
	Unit	Manual	Mekanis	Unit	Manual	Mekanis
Ukuran batang						
Lebar	inch	0,2-0,6	0,2-0,6	mm	5,0-1,5	5,0-1,5
Kedalaman	Inch	1,0-1,5	1,0-1,5	mm	25-38	25-38
Jarak antar batang	inch	1,5-2,0	0,3-0,6	mm	25-50	15-75
Kemiringan terhadap vertikal	°	30-45	0-30	°	30-45	0-30
Kecepatan						
Maksimum	Ft/s	1,0-2,0	2,0-3,25	m/s	0,3-0,6	0,6-1,0
Minimum	Ft/s	-	1,0-1,6	m/s	-	0,3-0,5
Headloss	inch	6	6-2,4	mm	150	150-600

Sumber : (Metcalf & Eddy, 2004)

Adapun untuk rumus yang digunakan pada unit bar screen adalah sebagai berikut.

- Jumlah batang/kisi (n)

$$W_s = n \times d + (n+1) \times r \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan :

$$W_s = \text{Lebar saluran (m)}$$

$$n = \text{Jumlah kisi}$$

$$d = \text{Lebar kisi (m)}$$

$$r = \text{Jarak antar kisi (m)}$$

- Lebar bukaan kisi (Wc)

$$W_c = W_s - n \times d \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan :

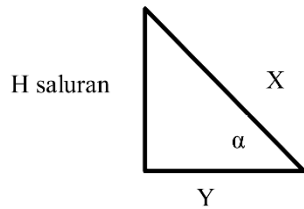
$$W_c = \text{Lebar bukaan kisi (m)}$$

$$n = \text{Lebar saluran (m)}$$

$$d = \text{Jumlah kisi}$$

$$r = \text{Lebar kisi (m)}$$

- Panjang kisi miring (X)



$$X = \frac{H \text{ total}}{\sin \alpha} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan :

$$X = \text{Panjang kisi (m)}$$

$$\sin \alpha = \text{Kemiringan screen}$$

$$H \text{ total} = \text{Kedalaman total saluran pembawa} = \text{tinggi screen (m)}$$

- Lebar saluran (Y)

$$Y = X \times \cos \alpha \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan :

$$X = \text{Panjang kisi (m)}$$

$\text{Cos } \alpha$ = Kemiringan *screen*

Y = Lebar *screen* (m)

- Kecepatan setelah melewati kisi (v_i)

$$v_i = \frac{Q}{W_c \times H_{\text{air}}} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan :

v_i = Kecepatan setelah melewati kisi (m/s)

Q = Debit limbah (m^3 / s)

W_c = Lebar bukaan kisi (m)

H_{air} = Kedalaman muka air saluran pembawa (m)

- Headloss saat Clean Screen (Non Clogging)

$$H_f = \frac{1}{c} \left(\frac{v_i^2 - v^2}{2g} \right) \dots \dots \dots (2.6)$$

Dengan

H_f = Headloss saat *clean screen*

C = Koefisien *discharge* (0,7 untuk *clean screen*)

v_i = Kecepatan setelah melalui kisi (m/s)

v = Kecepatan dari saluran pembawa (m/s)

g = Gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$)

- Headloss saat tersumbat atau Clogged Screen (Clogging)

$$H_{fc} = \frac{1}{c_c} \left(\frac{v_c^2 - v_i^2}{2g} \right) \dots \dots \dots (2.7)$$

Dengan :

H_f = Headloss saat *clogged screen*

C_c = Koefisien *discharge* (0,6 untuk *clogged screen*)

Kecepatan melalui bar screen tersumbat diestimasi meningkat 50%

v_i = Kecepatan setelah melalui kisi (m/s)

g = Gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$)

- Kecepatan saat penggelontoran

$$V_c = \frac{Q}{(50\% \times W_c \times H_{\text{air}})} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dengan :

Q = Debit limbah (m^3 / s)

Kecepatan melalui bar screen tersumbat diestimasi meningkat 50%

W_c = Lebar bukaan kisi (m)

H air = Kedalaman muka air saluran pembawa (m)

(Sumber : Metcalf & Eddy. 2004. Wastewater Engineering Treatment and Reuse, 4th Edition, hal. 321)

2.3.3. Grease Trap

Penyisihan minyak dan lemak menggunakan *grease trap* dilakukan di awal sistem pengolahan untuk mencegah terjadinya gangguan pada unit pengolahan selanjutnya. Pada umumnya, *grease trap* terdiri dari dua kompartemen. Kompartemen pertama berfungsi untuk menyisihkan berbagai jenis padatan dalam limbah yaitu padatan dengan berat jenis lebih berat dari air akan mengendap sedangkan padatan dengan berat jenis lebih ringan dari air (seperti minyak dan lemak) akan mengapung di permukaan air. Selanjutnya, kompartemen kedua berfungsi untuk memastikan bahwa minyak dan lemak tetap tertahan di dalam sistem dan tidak ikut terbawa air limbah mengalir menuju unit pengolahan selanjutnya. Minyak dan lemak yang tertahan tersebut harus dibersihkan secara berkala untuk menjaga kebersihan unit dan mencegah terjadinya penyumbatan. *Grease trap* terdiri dari dua kompartemen, yaitu kompartemen pertama (2/3 dari total panjang) dan kompartemen kedua (1/3 dari total panjang). *Grease trap* dilengkapi dengan lubang control (manhole) dengan diameter minimum 0,6m. Beberapa penelitian menyebutkan bahawa *grease trap* mampu menyisihkan hingga 80% minyak dan lemak (EPA, 1998), serta 50-80% BOD dan TSS (DPH, 1998).

Jenis *Grease Trap*:

- a. Yang paling umum adalah *grease trap* pasif, yaitu titik perangkat sederhana yang digunakan di bawah kompartemen bak cuci dalam dapur. *Grease trap* ini membatasi aliran dan menghapus 85-90% dari lemak dan minyak yang masuk. Makanan padat bersama dengan lemak, minyak, dan gemuk akan terjebak dan disimpan dalam perangkat ini.
- b. Jenis yang paling umum kedua adalah tangki *in-ground* berukuran besar, yang biasanya 500-2000 galon. Unit-unit ini dibangun dari beton, fiberglass, atau baja. Dengan sifat ukuran lebih besar, perangkat ini memiliki kapasitas

penyimpanan lemak dan limbah padat yang lebih besar untuk aplikasi aliran limbah yang tinggi seperti pada restoran atau rumah sakit. *Trap* ini biasa disebut pencegat gravitasi (*gravity interceptors*). Pencegat / *trap* memerlukan waktu retensi dari 30 menit untuk memungkinkan lemak, minyak, gemuk dan limbah padat makanan untuk menetap di tangki.

- c. Semakin banyak limbah masuk ke tangki maka begitu pula air yang bebas lemak didorong keluar dari tangki. Jenis ketiga yaitu sebuah sistem GRD (*Grease Recovery Devices* atau Perangkat Pemulihan Lemak), menghapus lemak atau minyak permukaan secara otomatis ketika terjebak.

Kriteria Perencanaan :

- Kecepatan aliran = 2-6 m/jam
 - Waktu tinggal = 5 – 20 menit
- (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017)

Rumus :

- Volume yg dibutuhkan

$$V = \text{debit influen} \times \text{waktu detensi} \dots\dots\dots (2.9)$$

- Luas area yang dibutuhkan

$$A = \frac{Q}{v} \dots\dots\dots (2.10)$$

- Panjang kompartemen 1 = 2/3P
 Panjang kompartemen 2 = 1/3P

$$A' = P \times L \dots\dots\dots (2.11)$$

- Cek Kecepatan Aliran :

$$V = \frac{Q \text{ influen}}{\text{luas permukaan}} \dots\dots\dots (2.12)$$

- Kedalaman tangki
 - Kedalaman aktif = 0,5 m
 - Tinggi area pengendapan = 0,3 m
 - Tinggi scum = 0,2 m
 - Freeboard = 0,3 m
 - Tinggi Total = 1,3 m

- Efisiensi pengolahan

Konsentrasi lemak minyak dalam effluen = (1-efisiensi) x konsentrasi minyak..... (2.15)

- Dimensi Pipa

$$A = \frac{Q}{v} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$A = \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \dots\dots\dots (2.17)$$

- Headloss *Grease Trap*

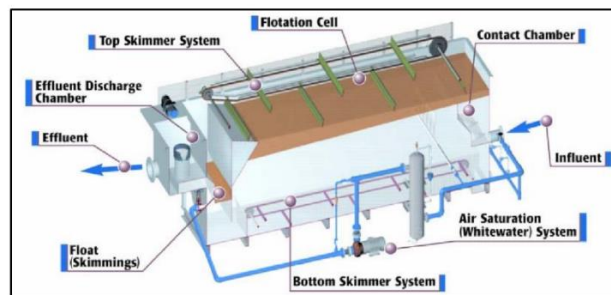
Jari – Jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{B \times H}{B + 2H} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$\text{Slope} = \left(\frac{n \times v}{R^3} \right)^2 \dots\dots\dots (2.19)$$

2.3.4. DAF

Gambar 2. 3 Komponen dalam Bak DAF Rectangular



Sumber: <https://images.app.goo.gl/9pHGZgCmHBqn1cPT6>

Flotasi adalah unit operasi yang digunakan untuk memisahkan partikel padat atau cair dari fase cair. Pemisahan dilakukan dengan memasukkan gelembung gas halus (udara) ke dalam fase cair. Gelembung menempel pada partikel, dan gaya apung gabungan partikel dan gelembung gas cukup besar untuk menyebabkan partikel naik ke permukaan. Partikel yang memiliki densitas lebih tinggi dari cairan dengan demikian dapat dibuat naik.

Air flotation atau aerasi pada tekanan atmosfer terjadi ketika udara akan masuk kedalam fluida dengan menggunakan mekanisme rotor-disperser. Rotor yang terendam dalam fluida akan mendorong udara menjubukan disperser sehingga udara bercampur dengan air sehingga partikel yang mengapung dapat disisahkan. Sistem ini memiliki keuntungan antara lain tidak memerlukan area yang luas dan lebih efektif dalam menyisahkan partikel minyak.

Proses flotasi udara terlarut/ *Dissolved Air Flotation* (DAF) merupakan sistem pengolahan air yang telah terbukti efektif dalam proses pemisahan partikel tak terlarut dari dalam air. Prinsip dari proses ini adalah terjadinya pengikatan flok oleh gelembung-gelembung udara yang berasal dari proses pencampuran antara udara dengan air dalam tekanan tinggi, sehingga udara akan terlarut dalam air dan membentuk gelembung-gelembung udara dengan ukuran yang sangat kecil, antara 10 mm – 100 mm. Pada proses ini padatan tersuspensi dan akan dipisahkan dengan sistem mekanik (Andrian et al., 2020).

Sistem dalam flotasi udara terlarut/ *Dissolved Air Flotation* (DAF) udara didistribusikan dipecahkan dalam air limbah di bawah tekanan beberapa atmosfer, diikuti dengan pelepasan tekanan ke tingkat atmosfer. Dalam sistem tekanan kecil, seluruh aliran dapat diberi tekanan melalui pompa hingga 275 hingga 350 kPa dengan udara terkompresi ditambahkan pada suction pompa. Dalam tangki retensi di bawah tekanan selama beberapa menit untuk memberikan waktu bagi udara untuk larut, kemudian masuk melalui katup pengurang tekanan ke tangki flotasi di mana udara keluar dari oli dengan gelembung yang sangat halus (Metcalf & Eddy, 2004). Rumus yang digunakan pada unit pengolahan ini adalah sebagai berikut.

- Tekanan udara (P)

$$A/S = \frac{1,3 \times sa \times (fp-1)}{sa} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dengan :

A/S = Rasio udara per padatan; 0,005 – 0,06 (mL udara/mg padatan)

Sa = Kelarutan udara (mg/L)

Tabel 2. 3 Kelarutan Udara

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

Sumber : (Metcalf & Eddy, 2004)

P = Tekanan (atm)

Sa = Influent suspended solid (mg/L)

(Sumber : Metcalf & Eddy. 2004. Wastewater Engineering Treatment and Reuse, 4th Edition, hal. 423)

- Volume Bak Flotasi
 $V = Q \times td \dots\dots\dots(2.21)$

Dengan:

$V =$ Volume bak flotasi (m^3)

$Q =$ Debit limbah (m^3 /s)

$Td =$ Waktu detensi (s)

- Luas Permukaan Bak Flotasi (A)

$$A = \frac{Q}{SLR} \dots\dots\dots(2.22)$$

dengan:

$A =$ Luas permukaan (m^2)

$Q =$ Debit air limbah (m^3 /s)

$SLR =$ *Surface Loading Rate* ($L/m^2 .menit$)

- Dimensi Bak Flotasi

$$V = L \times B \times H \dots\dots\dots(2.23)$$

Dengan:

$V =$ Volume bak flotasi (m^3)

$L =$ Panjang bak (m)

$B =$ Lebar bak (m)

$H =$ Kedalaman air pada bak flotasi (m)

Menghitung konsentrasi TSS yang disisihkan:

- Konsentrasi TSS yang disisihkan

$$TSS \text{ disisihkan} = \% \text{ removal} \times TSS \text{ influent} \dots\dots\dots(2.24)$$

dengan:

$TSS \text{ disisihkan} =$ Jumlah TSS yang disisihkan (mg/L)

$\% \text{ removal} =$ Persen TSS terremoval (%)

$TSS \text{ influent} =$ Jumlah TSS masuk (mg/L)

- TSS Effluent

$$TSS \text{ Effluent} = TSS \text{ Influent} - TSS \text{ tersisih} \dots\dots\dots(2.25)$$

dengan:

$TSS \text{ Effluent} =$ Jumlah TSS yang keluar dari bak DAF (mg/L)

TSS Influent = Jumlah TSS masuk (mg/L)

TSS tersisih = Jumlah TSS yang disisihkan (mg/L)

- Berat TSS disisihkan (W TSS)

$$W \text{ TSS} = \text{TSS disisihkan} \times Q \text{ limbah} \dots\dots\dots(2.26)$$

dengan:

W TSS = Berat TSS yang disisihkan (kg/hari)

TSS disisihkan = Kadar TSS terremoval (mg/L)

Q limbah = Debit air limbah yang masuk (m³ /hari)

- Debit TSS disisihkan (Q TSS disisihkan)

$$Q \text{ TSS disisihkan} = \frac{\text{TSS tersisihkan}}{\rho \text{ Solid}} \dots\dots\dots(2.27)$$

dengan:

Q TSS disisihkan = Debit TSS disisihkan (m³/hari)

TSS disisihkan = Jumlah/konsentrasi TSS yang disisihkan (mg/L)

ρ solid = Massa jenis solid (kg/m³)

- Berat air yang terremoval (W air)

$$W \text{ air} = \frac{(100 \% - \% \text{ TSS})}{\% \text{ TSS}} \times W \text{ TSS tersisihkan} \dots\dots\dots(2.28)$$

dengan:

W air = Berat air terremoval (kg/hari)

W TSS = Berat TSS tersisihkan (kg/hari)

- Volume air (V air)

$$V \text{ air} = \frac{W \text{ air}}{\rho \text{ air}} \dots\dots\dots(2.29)$$

dengan:

V air = Volume air terremoval (m³/hari)

W air = Berat air terremoval (kg/hari)

ρ air = Massa jenis air (kg/m³)

- Volume sludge (Vsludge)

$$V \text{ sludge} = V \text{ TSS} + V \text{ air} \dots\dots\dots(2.30)$$

dengan:

V sludge = Volume sludge (m³/hari)

V TSS = Volume TSS terremoval ($m^3/hari$)

V air = Volume air terremoval ($m^3/hari$)

- Berat sludge (W sludge)

$$W_{sludge} = V_{sludge} \times \rho_{sludge} \dots\dots\dots(2.31)$$

dengan:

W sludge = Berat sludge (kg/hari)

V sludge = Volume sludge ($m^3/hari$)

ρ sludge = Massa jenis sludge (kg/m^3)

Menghitung konsentrasi minyak lemak yang disisihkan:

- Konsentrasi minyak lemak yang disisihkan

$$\text{Minyak lemak disisihkan} = \% \text{ removal} \times \text{minyak lemak influent} \dots\dots\dots(2.32)$$

dengan:

Minyak lemak disisihkan = Jumlah minyak lemak yang disisihkan (mg/L)

% removal = Persen minyak lemak terremoval (%)

Minyak lemak influent = Jumlah minyak lemak masuk (mg/L)

- Minyak lemak Effluent

$$\text{Minyak lemak eff} = \text{Minyak lemak Influent} - \text{Minyak lemak tersisih} \dots\dots\dots(2.33)$$

dengan:

Minyak lemak Effluent = Minyak lemak yang keluar dari DAF (mg/L)

Minyak lemak Influent = Jumlah minyak lemak masuk (mg/L)

Minyak lemak tersisih = Jumlah minyak lemak yang disisihkan (mg/L)

- Berat minyak lemak disisihkan (W minyak lemak)

$$W_{minyak\ lemak} = \text{Minyak lemak disisihkan} \times Q_{limbah} \dots\dots\dots(2.34)$$

dengan:

W minyak lemak = Berat minyak lemak yang disisihkan (kg/hari)

Minyak lemak disisihkan = Kadar minyak lemak terremoval (mg/L)

Q limbah = Debit air limbah yang masuk ($m^3/hari$)

- Debit minyak lemak disisihkan (Q minyak lemak disisihkan)

$$Q_{minyak\ lemak\ disisihkan} = \frac{\text{minyak lemak tersisihkan}}{\rho_{Minyak}} \dots\dots\dots(2.35)$$

dengan:

Q minyak lemak disisihkan = Debit minyak lemak disisihkan ($m^3/hari$)
 TSS disisihkan = Jumlah/konsentrasi TSS yang disisihkan (mg/L)
 ρ minyak = Massa jenis solid (kg/m^3)

Gutter

- Volume Gutter (saluran pelimpah)

$$V \text{ Gutter} = Q \times td \dots\dots\dots(2.36)$$

dengan:

V Gutter = Volume gutter (m^3)

Q = Debit effluent (m^3/s)

td = Waktu detensi (s)

- Tinggi air di atas gutter (hair)

$$Q = \frac{2}{3} \times Cd \times B \times \sqrt{2 \times g \times h^3} \dots\dots\dots(2.37)$$

dengan:

Q = Debit effluent (m^3/s)

Cd = Koef kontraksi (0,62)

B = Lebar bak (m)

Untuk menghitung daya blower yang digunakan rumus sebagai berikut (Metcalf & Eddy, 2004).

- Daya blower

$$\text{Daya blower (Pw)} = \frac{w \times R \times T1}{550 \times n \times e} \times \left(\frac{P2}{P1} \right)^n - 1 \dots\dots\dots(2.38)$$

Dengan:

w = Berat aliran udara

R = Konstanta gas universal untuk udara (J/mole.K (SI units) atau ft.lb/(lb air).°R (US unit))

T1 = Temperatur absolut inlet = 20 °C = 16 °R

P2 = Tekanan absolut outlet

P1 = Tekanan absolut inlet

n untuk single stage centrifugal blower = 0,283

Faktor konversi ft.lb/s ke hp = 550

Efisiensi (E) = 0,7 – 0,9

(Sumber : Metcalf & Eddy. 2004. Wastewater Engineering Treatment and Reuse, 4th Edition, hal. 441)

2.3.5. Sedimentasi

Sedimentasi adalah pemisahan padatan dan cairan (*solid-liquid*) dengan menggunakan gaya gravitasi untuk mengendapkan partikel suspensi. Bak Sedimentasi bertujuan untuk mengurangi kekeruhan dan kontaminan kontaminan air yang telah tergabung dalam flok-flok yang dihasilkan pada proses flokulasi.

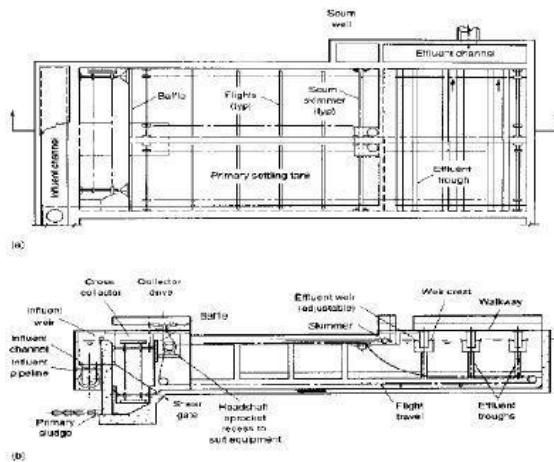
Sedimentasi dilakukan setelah proses koagulasi dan flokulasi dimanatujuannya adalah untuk memperbesar partikel padatan sehingga menjadi lebih berat dan dapat tenggelam dalam waktu lebih singkat. Sedimentasi bisa dilakukan pada awal maupun pada akhir dari unit sistim pengolahan. Jika kekeruhan dari *influent* tinggi, sebaiknya dilakukan proses sedimentasi awal (*primary sedimentation*) didahului dengan koagulasi dan flokulasi, dengan demikian akan mengurangi beban pada *treatment* berikutnya. Sedangkan *secondary sedimentation* yang terletak pada akhir *treatment* gunanya untuk memisahkan dan mengumpulkan lumpur dari proses sebelumnya (*activated sludge, oxidation ditch, trickling filter, dan lain-lain*) dimana lumpur yang terkumpul tersebut dipompakan ke unit pengolahan lumpur tersendiri, proses ini dilakukan setelah air dan pengotor terpisah.

Bak pengendap pertama pada umumnya mampu menyisihkan 50- 70% dari suspended solid tanpaantuan bahan kimia, 80-90% penyisihan TSS dengan bantuan bahan kimia dan 25-40% BOD. Adapun efisiensi kemampuan penyisihan TSS dan BOD pada bak sedimentasi I dipengaruhi oleh:

1. Aliran air
2. Suhu udara permukaan
3. Suhu air yang mempengaruhi kekentalan zat
4. Suhu terstratifikasi dari iklim
5. Bilangan Eddy

Desain dari bak pengendap 1 sendiri memiliki beberapa jenis, yaitu:

1. *Rectangular*



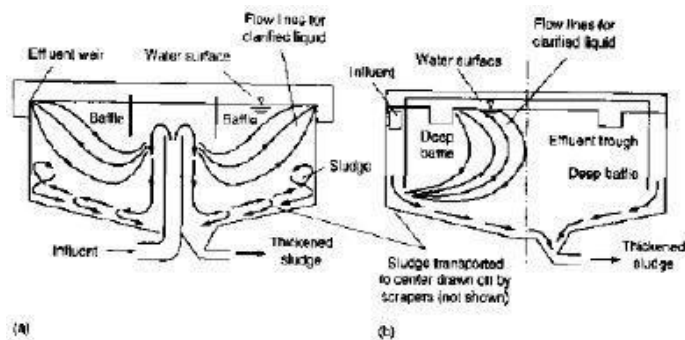
Gambar 2. 4 Bak Pengendap Rectangular (a) Denah (b) Potongan

(Sumber Metcalf & Eddy. 2003)

Karena distribusi aliran pada bak persegi ini sangat kritis, salahsatu inlet didesain untuk (Metcalf & Eddy, 2003):

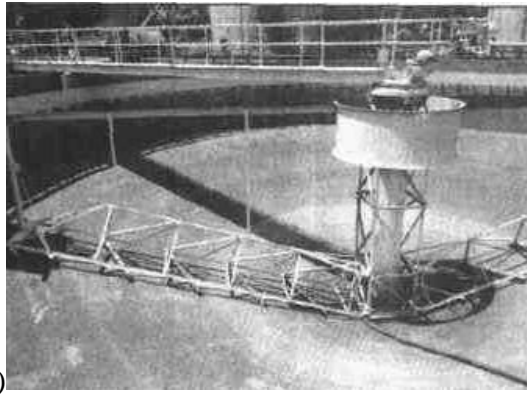
- a. Lebar saluran inlet dengan inlet limpahan
- b. Saluran inlet dengan port dan orifice
- c. Saluran inlet dengan lebar bukaan dan *slotted baffles*

2. *Circular*



Gambar 2. 5 Bak Pengendap Circular

(Sumber Metcalf & Eddy. 2003)



Gambar 2. 6 Bak Pengendap *Circular*

(Sumber Metcalf & Eddy. 2003)

Pada tangki *circular* pola aliran adalah berbentuk aliran radial. Pada tengah-tengah tangki, air limbah masuk dari sebuah sumur sirkular yang didesain untuk mendistribusikan aliran ke semua bangunan ini. Diameter dari tengah-tengah sumur biasanya antara 15 - 20% dari diameter total tangki dan range dari 1 - 2,5 meter dan harus mempunyai energi tangensial (Metcalf & Eddy, 2003).

Kriteria - kriteria yang diperlukan untuk menentukan ukuran bak sedimentasi adalah *Surface Loading* (Beban permukaan), kedalaman bak, dan waktu tinggal. Nilai waktu tinggal merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi bak dengan kecepatan seragam yang sama dengan aliran rata-rata per hari (Metcalf & Eddy, 2003).

Kriteria Perencanaan

- Bak sedimentasi berbentuk circular
- Kedalaman (H) = 3 - 4,9 m
- Diameter (d) = 3– 60 m
- Slope dasar = 1/16 – 1/6 mm/mm
- *Flight speed* = 0,02 – 0,05 m/menit
(Metcalf & Eddy, 2003)
- Waktu detensi (td) = 1,5– 2,5 jam
- *Over flow rate*
 - Rata rata = 30 – 50 m³/m².hari
 - Jam puncak = 80 – 120 m³/m².hari

- *Wier loading* = 125 – 500 m³/m².hari
(Metcalf & Eddy, 2003)
- Diameter inlet well = 15% - 20% diameter bak
- Kecepatan aliran menuju inlet well = 0,3 – 0,75 m/s
(Metcalf & Eddy, 2003)
- Konsentrasi solid = 4% - 12%
(Metcalf & Eddy, 2003)
- Suhu = 30° C
- Viskositas kinematis (ν) = 0,8039 x 10⁻⁶ m²/s
- Viskositas absolute (μ) = 0,798 x 10⁻³ N.detik/m²
(Metcalf & Eddy, 2003)
- Massa jenis air (ρ) = 997 kg/m³
(Metcalf & Eddy, 2003)
- Specific gravity solid (S_s) = 1,4
- Specific gravity sludge = 1,02
(Metcalf & Eddy, 2003)

Rumus

- $A = \frac{Q}{SLR}$
(Metcalf & Eddy, 2003)
- $OFR = \frac{Q}{A}$
(Metcalf & Eddy, 2003)
- $dp = \sqrt{\frac{vs \times 18 \times v}{g(sg-1)}}$
(Metcalf & Eddy, 2003)
- $NRe = \sqrt{\frac{\rho s \times dp \times vs}{\mu}}$
(Reynolds, *et al.* 1996)
- $Vh = \frac{Q}{\pi \times D \times H}$
(Reynolds, *et al.* 1996)
- $Vs = \frac{H}{td}$

(Metcalf & Eddy, 2003)

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

(Qasim, 1999)

- $$n = \frac{L_{wier}}{\text{jarak antar wier}}$$

- $$Q = \frac{8}{15} \times Cd \times \sqrt{2g} \times \tan \frac{\theta}{2} \times H^{\frac{5}{2}}$$

(Qasim, 1999)

2.3.6. *Activated Sludge*

Pengolahan *activated sludge* atau 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). *Activated sludge* bertujuan untuk menghilangkan beban organik seperti COD, ammonia, fenol dengan bantuan bakteri dan mikroba sebagai pengurai. Bakteri dan mikroba ditumbuhkan dalam kondisi aerobik dan dapat berkembang secara bebas. Tipe-tipe proses *activated sludge* yaitu 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.

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 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.

- *Tapered Aeration*

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

- *Contact Stabilization*

Pada sistem ini terdapat 2 tangki, yaitu:

1. *Contact tank* yang berfungsi untuk mengabsorb bahan organik untuk memproses lumpur aktif.
2. *Reaeration tank* yang 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 *timedetention (td)* lebih lama, sehingga lumpur yang dibuang atau dihasilkan akan lebih sedikit.

Kriteria Perencanaan

- a. Menggunakan *mechanical surface aerator*
- b. Umur lumpur (θ_c) = 4 – 10 hari
- c. Ratio F/M = 0,1 – 0,6 hari
(Sperling, 2007)
- d. MLSS (X) = 2000 – 4000 mg/l
- e. Kedalaman (H) = 4,5 – 7,5 m
(Metcalf & Eddy, 2003)
- f. Freeboard bak = 30 – 60%
(Metcalf & Eddy, 2003)
- g. MLVSS (X_v) = 1500 – 3500 mg/l
- h. Ratio MLSS/MLVSS = 0,70 – 0,85

(Sperling, 2007)

- i. Rasio Resirkulasi (Q_r/Q) = 0,25 – 2
(Metcalf & Eddy, 2003)
- j. Temperature activity coefficient (Θ) activated sludge = 1,02 – 1,25
(Metcalf & Eddy, 2003)
- k. Safety factor = 1,75 – 2,5 (karena mengandung ammonia)
(Metcalf & Eddy, 2003)
- l. Perode aerasi (td) = 6 – 8 jam
- m. Jumlah mikroorganisme (S_a) = 2500 – 3500 ppm
- n. Jumlah mikroorganisme Resirkulasi (S_r) = 8000 – 10000 ppm
(Metcalf & Eddy, 1991)
- o. Nilai koefisien :
 - Rata – rata penggunaan substrat (k) = 2 – 10/hari
 - Konsentrasi substrat (K_s) = 25 – 150 mg/liter.BOD
 - Koefisien Endogeneous (K_d) = 0,025 – 0,075 hari
(Reynolds, *et al.*. 1996)

Rumus

- R
$$R = \frac{S_a}{S_r - S_a}$$
- Debit resirkulasi
$$Q_r = Q_o \times R$$
- Debit yang masuk ke bak *activated sludge*
$$Q_{in} = Q_o + Q_r$$
- Konsentrasi BOD dalam bak (C_a)
$$C_a = \frac{(S_o \times Q_o) + (S_e \times Q_r)}{Q_o + Q_r}$$
- Waktu detensi (td) bak *activated sludge*
$$f/m = \frac{C_a}{\theta \times X}$$
- Volume bak *activated sludge*

$$V = \frac{Q_{in} \cdot \theta_c \cdot Y (C_a - C_r)}{x(1 + k_d \cdot \theta_c)}$$

- Dimensi bak *activated sludge*

$$V = P \times L \times H$$

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

- Jari-jari hidrolis

$$R = \frac{L \times H}{L + 2H}$$

- Slope

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

- Headloss (Hf)

$$Hf = S \times P$$

- $\gamma_{observed}$

$$\gamma_{obs} = \frac{\gamma}{1 + (k_d \cdot \theta_c)}$$

(Metcalf & Eddy, 2003)

- Pertumbuhan MLVSS (Px)

$$P_x = \gamma_{obs} \cdot Q_{in} (C_a - C_r)$$

- Debit lumpur

$$Q_w = \frac{P_x}{x}$$

- Kontrol F/M ratio

$$F/M = \frac{Q_{in} \times C_a}{Vol \times x}$$

- Kebutuhan oksigen

$$\text{Jumlah beban } BOD_L = \frac{Q_{in} \times (C_a - C_r)}{f}$$

$$\text{Kebutuhan } O_2 \text{ total} = \text{Jumlah beban } BOD_L - (1,42 \times P_x)$$

- Volume udara yang dibutuhkan

- Kebutuhan udara teoritis

$$\text{Keb. udara teoritis} = \frac{\text{Kebutuhan } O_2 \text{ total}}{\rho_{udara} \times x \% O_2}$$

- Kebutuhan udara actual

$$\text{Keb. udara actual} = \frac{\text{Kebutuhan } O_2 \text{ teoritis}}{\text{efisiensi transfer } O_2}$$

- Transfer O_2 di lapangan

- N = kg O_2 /Kw.jam transfer di bawah kondisi lapangan
- N_o = kg O_2 /Kw.jam transfer di bawah kondisi standar (20°C)

(Nilai $N_o = 1,5$)

- β = Faktor koreksi *salinity surface* = 1
- C_w = Konsentrasi O_2 jenuh = 8,16 mg/L
- C_1 = Konsentrasi O_2 operasi = 2 mg/L
- T = Temperatur °C
- α = Faktor koreksi O_2 transfer = 0,8 – 0,85

$$N = N_o \left[\frac{\beta \times C_w \times C_1}{9,17} \right] \times 1,024^{30-20} \times 0,8$$

- Tenaga aerator

$$P = \frac{\text{Kebutuhan } O_2 \text{ total}}{N}$$

- Jumlah *surface aerator*

$$\text{Jumlah surface aerator} = \frac{\text{Kebutuhan } O_2 \text{ total}}{\text{transfer } O_2 \text{ aerator}}$$

- Dimensi pipa inlet dan outlet

- Luas permukaan pipa

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

- Diameter

$$D = \left[\frac{4A}{\pi} \right]^{1/2}$$

- Dimensi pipa resirkulasi

- Luas permukaan pipa resirkulasi

$$A = \frac{Q_{in}AS}{v}$$

- Diameter pipa resirkulasi

$$D = \left[\frac{4A}{\pi} \right]^{1/2}$$

2.3.7. Clarifier

Clarifier digunakan untuk pengolahan lebih lanjut apabila pada pengolahan sebelumnya masih terdapat zat atau kandungan yang masih berbahaya apabila dibuang ke badan air atau ke lingkungan. Pengolahan ini biasanya dilakukan pada pabrik yang menghasilkan air limbah yang mengandung fenol, nitrogen, fosfat, bakteri patogen, dan lainnya. Unit bangunan ini digunakan untuk mengendapkan lumpur setelah proses sebelumnya, biasanya adalah proses lumpur aktif.

Bangunan *clarifier* digunakan untuk mengendapkan lumpur setelah proses sebelumnya, biasanya proses lumpur aktif. Pada pengolahan bangunan clarifier biasanya 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.

Kriteria Perencanaan

- Kedalaman bangunan

= <i>circular</i>	= 3 - 4,9 m
= <i>Rectangular</i>	= 3 - 4,9 m
- Diameter tangki = 3 - 60 m
- Diameter inlet = 15 - 20% dari diameter bak
- Kedalaman inlet wall = 25 - 50% diameter bak
- Kecepatan inlet wall = 0,3 - 0,75 m/detik
(Metcalf & Eddy, 2003)
- MLSS = 1500 - 10000 mg/l
(Metcalf & Eddy, 2003)
- Persen removal TSS = 50 - 70%
- Kecepatan aliran inlet (vp) = 0,3 m/detik
- Waktu Detensi (Td) = 1,5 - 2,5 jam

(Metcalf & Eddy, 2003)

- *Overflow rate*
 - Average* = 30 – 50 m³/m².hari
 - Peak* = 80 – 120 m³/m².hari
- *Weir loading* = 125 – 500 m³/m².hari
(Metcalf & Eddy, 2003)
- Massa jenis air (ρ), T = 30°C = 0,99568 g/cm³ = 996 kg/m³
- Viskositas kinematik (ν) = 0,8039 x 10⁻⁶ m²/s
- Viskositas dinamik (μ) = 0,8004 x 10⁻³ N s/m²
(Reynolds, *et al.*. 1996)
- Specific gravity solid (S_s) = 1,4
- Specific gravity sludge = 1,02
(Metcalf & Eddy, 2003)
- Bilangan Reynold (N_{re}) = < 2000 (aliran laminar)
- N_{re} partikel = < 0,5
- Bilangan Froude (N_{fr}) = > 10⁻⁵
(SNI 6774, 2008)

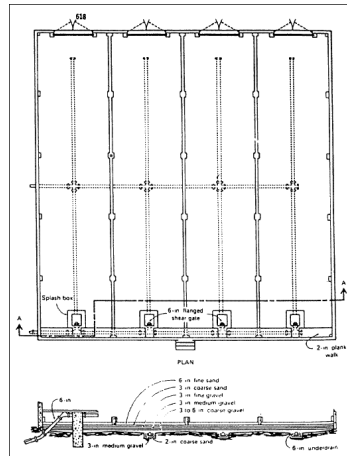
Rumus

- $A = \frac{Q}{SLR}$
(Metcalf & Eddy, 2003)
- $OFR = \frac{Q}{A}$
(Metcalf & Eddy, 2003)
- $dp = \sqrt{\frac{vs \times 18 \times v}{g(sg-1)}}$
(Metcalf & Eddy, 2003)
- $NRe = \sqrt{\frac{\rho s \times dp \times vs}{\mu}}$
(Reynolds, et al., 1996)
- $Vh = \frac{Q}{\pi \times D \times H}$
(Reynolds, et al., 1996)

- $V_s = \frac{H}{td}$
(Metcalf & Eddy, 2003)
- $v_s = \sqrt{\frac{8k(s-1) \times g \times d}{f}}$
(Qasim, 1999)
- $n = \frac{L \text{ wier}}{\text{jarak antar wier}}$
- $Q = \frac{8}{15} \times Cd \times \sqrt{2g} \times \tan \frac{\theta}{2} \times H^{\frac{5}{2}}$
(Qasim, 1999)

2.3.8. Sludge Drying Bed

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 2.7 Sludge Drying Bed

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003, halaman 157

Kriteria Desain

- Tebal sludge cake = 200 – 300 mm
(Metcalf & Eddy, 2003)
- Tebal lapisan media:

- 150 mm pasir halus
 - 75 mm pasir kasar
 - 75 mm kerikil halus
 - 75 mm kerikil sedang
 - 75-150 mm kerikil kasar
- c. Kecepatan minimum pipa lumpur = 0,75 m/detik
(Metcalf & Eddy, 2003)
- d. Freeboard = 5 – 30%
- e. Waktu pengeringan = 10 – 15 hari
- f. Kadar solid = 60%
- g. Kadar air (P) = 40% (sisa dari kadar solid 100%)
- h. Berat air dalam cake (pi) = 20 – 50%
(Metcalf & Eddy, 2003)
- i. Lebar bed = 5 – 8 m
- j. Panjang bed = 6 – 30 m
(Sumber: Qasim, 1985)

2.4. Persen Removal

Tujuan dari proses pengolahan limbah adalah menurunkan beban pencemar pada limbah tersebut. Banyaknya penurunan beban pencemar dinyatakan dalam bentuk persentase yang digunakan untuk menilai seberapa efektifnya suatu bangunan dalam menurunkan beban pencemar. Berikut merupakan persentase penurunan beban pencemar berdasarkan beberapa literasi yang ada pada **Tabel 2.4** berikut.

Tabel 2. 4 Persen Removal Unit Pengolahan Air Limbah

Unit	Parameter Tersisih	Range Kemampuan Penyisihan	Sumber Literatur
<i>Grease Trap</i>	Minyak dan Lemak	85%	Kementrian PUPR, Buku A Panduan Perencanaan Teknik Terinci Bangunan Pengolahan Lumpur Tinja, Hal 25)

<i>Koagulan, Dissolved Air Flotation</i>	TSS	65-95 %	Syed R. Qasim. 1999. WWTP Planning, Design, and Operation, hal. 159
	Minyak Lemak	65-98 %	
Sedimentasi	TSS	80 – 90 %	Metcalf and Eddy, Waste Water Engineering Treatment and Reuse ^{4th} , 2003, Halaman 396
	BOD	50 – 80%	Song, Z., Williams, C. J. M., & Edyvean, R. G. J. (2000). Technical Note Sedimentation of Tannery Wastewater. 34(7), 2171 – 2176.
	COD	40 – 75%	
Activated Sludge	BOD	80 – 99 %	Vincent Cavaseno, Industrial Wastewater and Solid Waste Engineering, 1987, Halaman 15
	COD	50 – 95 %	
	NH ₃ -N	33 – 99%	
Clarifier (Sedimentasi 2)	TSS	60 – 80 %	Huisman, L. (1977). Sedimentation and Flotation Mechanical Filtration. Page 12
	BOD	30-50 %	
	COD	25-40	

2.5. Profil Hidrolis

Profil hidrolis adalah upaya penyajian secara grafis “*hydraulic grade line*” dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan 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 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. Menambahkan 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 sesudah intake.
- d. Jika tinggi muka air bangunan sesudah intake ini lebih tinggi dari tinggi muka air sumber, maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air.