

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Limbah Industri

Industri pengolah daging termasuk industri yang memiliki kandungan air limbah organik yang tinggi. Air limbah sendiri menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 adalah air yang berasal dari suatu proses dalam suatu kegiatan. Adapun karakteristik dari air limbah industri pengolahan daging adalah tingginya kandungan TSS, Amonia, BOD, COD, minyak dan lemak. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 5 Tahun 2014, adapun beberapa karakteristik yang dapat digunakan serta standar baku mutu yang digunakan sebagai berikut:

2.1.1 Biological Oxygen Demand (BOD)

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah total kebutuhan oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroba untuk mengurai semua kandungan organik yang terdapat dalam air limbah baik yang terlarut maupun yang tersuspensi. Hal ini berarti bahwa semakin tinggi kadar zat organik yang terkandung dalam air limbah, maka semakin besar pula jumlah oksigen yang dibutuhkan. Alasan mengapa diperlukan adanya analisis kadar BOD adalah untuk menentukan kuantitas oksigen yang dibutuhkan untuk menstabilkan bahan organik secara biologis secara tepat, menentukan ukuran unit pengolahan limbah, mengukur efisiensi pengolahan, dan untuk menentukan pematuan pembuangan air limbah yang diperbolehkan (Metcalf & Eddy, 2003). Nilai BOD yang tinggi atau tidak seimbang menunjukkan adanya kandungan oksigen dalam air banyak digunakan oleh bakteri untuk memecah zat organik, dengan keadaan tersebut dapat mempengaruhi konsentrasi oksigen terlarut (DO) di dalam air (Andika et al., 2020).

Nilai BOD umumnya ditulis dengan BOD₅ karena pengukuran dilakukan dengan pendekatan periode 5 hari. Pada air limbah domestik dengan temperatur 20°C, materi organik dapat terurai seluruhnya (100% BOD) pada waktu setelah 20 hari (Brake, 1998). Waktu 5 hari sendiri dipilih karena dianggap mampu merepresentasikan sebagian kebutuhan oksigen yang telah digunakan mikroba untuk mengurai zat organik atau sekitar 70% dari total BOD (Brake, 1998) dimana

pada hari ke-6 terjadi reaksi oksidasi oksigen menjadi nitrat akibat adanya zat lain seperti senyawa nitrogen organik, amonia, dan nitrit yang juga ditemukan pada air limbah. Kandungan BOD yang diizinkan dalam baku mutu PermenLH No.5 Tahun 2014 adalah 100 mg/L. Dan kandungan BOD pada air buangan industri adalah 820 mg/L. Kandungan BOD tersebut melebihi standar baku mutu maka diperlukan pengolahan untuk menurunkan nilai parameter BOD

2.1.2 Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah kebutuhan oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik menggunakan senyawa kimiawi (Syed R. Qasim, 1985). Nilai COD akan selalu lebih tinggi dari pada nilai BOD ultimate karena air limbah mengandung banyak zat organik yang sulit untuk teroksidasi secara biologis sehingga masih banyak zat organik yang tersisa dan hanya dapat teroksidasi secara kimia salah satu contohnya adalah lignin. Nilai COD yang tinggi dapat terjadi karena adanya substansi anorganik yang dapat bereaksi dengan dikromat (Metcalf & Eddy, 2003).

Hubungan antara COD dan BOD mempengaruhi proses pengolahan air limbah. Rasio BOD/COD dari air limbah adalah berkisar dari 0.3 sampai 0.8. Dimana jika rasio $BOD/COD \geq 0.5$ maka air limbah dapat diolah menggunakan proses biologi. Sedangkan jika rasio $BOD/COD < 0.3$ maka tidak dapat diolah menggunakan proses biologis karena memungkinkan terdapat banyak senyawa racun yang dapat membunuh bakteri. Kandungan COD yang diizinkan dalam baku mutu PermenLH No.5 Tahun 2014 adalah 200 mg/L. Dan kandungan COD pada air buangan industri cold storage adalah 3083 mg/L. Kandungan COD tersebut melebihi standar baku mutu maka diperlukan pengolahan untuk menurunkan nilai parameter COD.

2.1.3 Tingkat Keasaman (pH)

Derajat keasaman atau lebih dikenal dengan pH (power of hydrogen) adalah nilai konsentrasi ion hidrogen dalam air. pH juga memiliki definisi logaritma negatif pada konsentrasi ion hidrogen.

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

pH dikatakan netral jika berada dalam rentang 6-9, sementara pH 7 adalah nilai tengah dari pH itu sendiri yang berada di rentang 1-14 dimana rentang 1-<7 menunjukkan pH kondisi asam dan 7-14 menunjukkan pH kondisi basa (Effendi, 2003). Umumnya mikroorganisme yang berperan dalam pengolahan air limbah mampu berkembang secara optimal dengan rentang pH 6-9. Jika tingkat keasaman air limbah tidak dalam range pH netral maka diperlukan adanya pengkondisian terlebih dahulu sebelum memasuki unit pengolahan biologis.

Untuk proses pengolahan limbah cair, tingkat keasaman (pH) yang boleh dikeluarkan menuju badan air biasanya berada pada rentang antara 6,5 sampai 8,5 (Metcalf & Eddy, 2003). Kandungan pH yang diizinkan dalam baku mutu PermenLH No.5 Tahun 2014 yaitu pH netral berkisar antara 6 – 9. Dan kandungan pH pada air buangan industri adalah 5 sehingga pH untuk industri pengolahan daging belum memenuhi standar baku mutu dan perlu adanya pengolahan.

2.1.4 Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) adalah total solid atau padatan yang tersuspensi dalam air. Padatan tersuspensi inilah yang menyebabkan adanya kekeruhan pada air limbah (Said, 2017) yang berasal dari mineral seperti silt, pasir yang sangat halus, lempung, atau dari zat hasil penguraian jasad makhluk hidup. Selain beberapa mineral tersebut TSS juga disebabkan oleh mikroorganisme yang terbawa dalam air limbah seperti plankton, bakteri, alga, virus, dan lain-lainnya. Padatan ini tidak terlarut di dalam air dan tidak dapat mengendap secara langsung karena berat jenisnya yang ringan serta dapat menyebabkan penetrasi matahari terhadap badan air berkurang sehingga kekeruhan air meningkat karena terganggunya pertumbuhan organisme. TSS merupakan Sebagian dari total solid 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 1,58 µm (Metcalf & Eddy, 2004). Kandungan TSS yang diizinkan dalam baku mutu PermenLH No.5 Tahun 2014 adalah 100 mg/L. Sedangkan kandungan TSS pada air buangan industri pengolahan daging adalah 398 mg/L. Kandungan TSS tersebut

melebihi standar baku mutu maka diperlukan pengolahan untuk menurunkan nilai parameter TSS.

2.1.5 Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak adalah salah satu karakteristik yang paling sering ditemui pada industri pengolahan daging. Minyak dan lemak adalah suatu senyawa organik yang sulit diuraikan oleh mikroorganisme karena sifatnya yang cenderung stabil. Untuk memecah lemak diperlukan senyawa asam karena senyawa asam mampu merombak susunan lemak dan membentuk asam lemak dan gliserin. Lalu diperlukan pengkondisian basa sehingga gliserin akan terpisah dari asam lemak dan terbentuklah garam asam. Minyak dan lemak perlu dikondisikan terlebih dahulu karena jika kandungan minyak dan lemak tinggi maka akan mengganggu saluran air limbah dan menghambat proses pengolahan limbah lainnya karena mengganggu bangunan pengolahan pula. Sementara itu apabila lemak tidak dihilangkan sebelum dibuang ke saluran air limbah dapat mempengaruhi kehidupan yang ada dipermukaan air, dan menimbulkan lapisan tipis di permukaan, sehingga membentuk selaput (Sugiharto, 1987). Kandungan minyak/lemak yang diizinkan dalam baku mutu PermenLH No.5 Tahun 2014 sebesar 10 mg/L. Dan kandungan minyak/lemak pada air buangan industri pengolahan daging adalah 15 mg/L. Kandungan minyak/lemak tersebut belum memenuhi standar baku mutu dan memerlukan pengolahan terlebih dahulu.

2.1.6 Amoniak

Amoniak ($\text{NH}_3\text{-N}$) merupakan jumlah ion amoniak dan ammonium bebas dalam air. Amonia berada di air permukaan, air tanah, dan terutama di air limbah. terdiri dari nitrogen organik (N organik, amonia (NH_3 & NH_4^+), nitrit (NO_2^-) dan nitrat (NO_3^-). Bagian bahan organik terdiri dari pencampuran yang kompleks yang didalamnya tersusun asam amino, gula amino, dan protein (polimer asam amino) (Metcalf-Eddy, "Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition). 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 (Sachoeamar&Wahjono,2007). Kandungan amonia yang diizinkan dalam baku mutu PermenLH No.5 Tahun 2014 sebesar 10 mg/L. Dan kandungan amonia pada air buangan industri pengolahan daging adalah 26,3 mg/L. Kandungan amonia tersebut belum memenuhi standar baku mutu maka diperlukan pengolahan untuk menurunkan nilai parameter amonia.

2.2 Bangunan Pengolahan Air Buangan

Pengolahan air limbah memiliki tujuan untuk meremoval parameter pencemar yang terdapat dalam air limbah hingga memenuhi baku mutu untuk 8 dibuang ke badan air. Berdasarkan urutan proses, pengolahan air limbah dapat dibagi menjadi pengolahan primer, pengolahan sekunder, dan pengolahan tersier. Pengolahan primer adalah proses pengolahan untuk menghilangkan padatan tersuspensi, koloid, dan penetralan. Pengolahan sekunder adalah proses penyisihan senyawa organik terlarut yang dilakukan secara biologis. Pengolahan lanjut adalah proses untuk menghasilkan air effluent dengan kualitas yang lebih baik sehingga dapat dimanfaatkan atau dibuang ke lingkungan (Said, 2017).

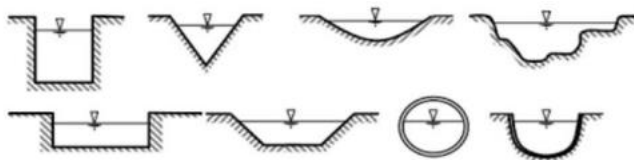
- a. Pengolahan Pendahuluan (Pre Treatment)
- b. Pengolahan Primer (Primary Treatment)
- c. Pengolahan Sekunder (Secondary Treatment)
- d. Pengolahan Lumpur (Sludge Treatment)

2.2.1 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. Berikut ini adalah uraian dari tiap-tiap unit bangunan pengolahan pendahuluan industri kertas halus, antara lain:

2.2.1.1 Saluran pembawa

Saluran Pembawa adalah saluran yang mengalirkan air dari suatu bangunan ke bangunan pengolahan limbah lainnya. Saluran ini mampu mengalirkan air dengan memperhatikan perbedaan ketinggian atau elevasi antar bangunan satu dengan bangunan lainnya. Apabila saluran pembawa ini di atas lahan yang datar, maka diperlukan kemiringan/slope (m/m).



Gambar 2. 1 Bentuk-bentuk Saluran Terbuka

Sumber: (https://emodul.untad.ac.id/pluginfile.php/198/mod_resource/content/1/rek_sun-mod5.pdf)

Saluran pembawa terbagi menjadi 2 jenis yaitu, saluran terbuka (open channel flow) dan saluran tertutup (pipe flow). Saluran terbuka merupakan sistem saluran yang bagian permukaan airnya terkontak langsung dengan udara luar begitu pun bila terjadi hujan. Ada beberapa macam bentuk saluran terbuka diantaranya trapesium, segi empat, segitiga, setengah lingkaran, ataupun kombinasi dari bentuk tersebut. Sementara itu, saluran tertutup adalah saluran yang bagian permukaannya tidak berkontak langsung dengan udara luar seperti atmosfer maupun air hujan. Konstruksi saluran tertutup terkadang ditanam pada kedalaman tertentu di dalam tanah yang disebut dengan sistem sewerage. Persamaan kedua saluran ini adalah mengandalkan gaya gravitasi dalam proses penyaluran airnya. Saluran terbuka lebih umum digunakan untuk saluran drainase sehingga tidak membahayakan kesehatan. Sedangkan saluran tertutup digunakan untuk air limbah atau air kotor yang membahayakan kesehatan dan mengganggu keindahan. Dalam merancang saluran terbuka diperlukan mengenai kriteria desain. Berikut adalah kriteria perencanaan dan rumus yang digunakan dalam merancang bangunan ini.

A. Kriteria Perencanaan

Adapun kriteria perencanaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Freeboard = 5 % - 30%

- Kecepatan Aliran (v) = 0.3 – 0.6 m/s (Sumber : (Metcalf & Eddy, 2003) WasteWater Engineering Treatment & Reuse Fourth Edition. Halaman 316)
- Koefisien Kekasaran Pipa = 0.002 – 0.012 (Pipa Plastik Halus)

Tabel 2. 1 Koefisien Kekasaran Pipa

No	Jenis Saluran	Koefisien Kekasaran Manning (n)
1.	Pipa Besi Tanpa Lapisan	0.012 – 0.015
	Pipa Besi dengan Lapisan Semen	0.012 – 0.013
	Pipa Besi Berlapis Gelas	0.011 – 0.017
2.	Pipa Asbestos Semen	0.010 – 0.015
3.	Saluran Pasangan Batu Bata	0.012 – 0.017
4.	Pipa Beton	0.012 – 0.016
5.	Pipa Baja Spiral dan Pipa Kelingan	0.013 – 0.017
6.	Pipa Plastik Halus (PVC)	0.002 – 0.012
7.	Pipa Tanah Liat (Vitrified Clay)	0.011 – 0.015

(Sumber : (Indonesia, 2017) Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No. 4 Tahun 2017 Tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik, Halaman101)

B. Rumus yang digunakan

Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk merencanakan saluran pembawa:

- Luas Permukaan (A)

$$A = Q \cdot v$$

Keterangan :

A = Luas permukaan saluran pembawa (m^3)

Q = Debit limbah (m^3/s)

v = Kecepatan alir dalam saluran pembawa (m/s)

- Dimensi Pipa (D)

$$A = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

Keterangan :

A = Luas permukaan saluran pembawa (m^2)

D = Diameter pipa (m)

π = phi dengan besar 3.14

- **Jari- jari hidrolis (R)**

$$R = \left(\frac{\pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2}{\pi \times D} \right)$$

Keterangan :

A = Luas permukaan (m^2)

D = Diameter pipa (m)

π = phi dengan besar 3.14

- **Headloss saluran pembawa**

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

Keterangan:

n = Koefisien kekasaran manning

R = Jari- jari hidrolis (m)

L = Panjang pipa (m)

- **Slope Pipa**

$$S = H_f / L$$

Keterangan:

S = Kemiringan pipa (m/m)

H_f = Kehilangan tekanan pipa (m)

L = Panjang Pipa

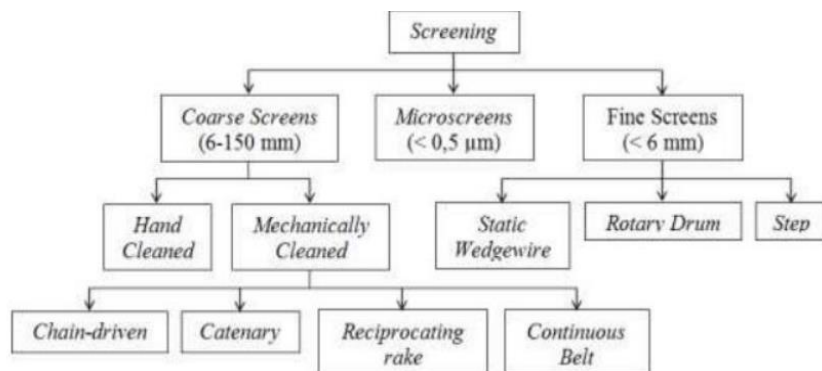
2.2.1.2 Screening / Bar Screen

Bar screen atau biasa dikenal dengan unit screening adalah unit yang digunakan dalam pengolahan air bersih maupun air buangan. Tujuan pemasangan bar screen sebagai unit pertama dalam pengolahan air adalah untuk menyaring padatan kasar. Dalam industri pengolahan daging sendiri, mungkin adanya potongan dalam bentuk besar bahan lain dari plastik, dan lain sebagainya yang berukuran >0,5-1,0cm yang dapat mengganggu dan menyumbat bangunan

pengolahan berikutnya (Metcalf & Eddy et al., 2007). Peran utama screening adalah untuk menghilangkan bahan-bahan kasar dari aliran air yang mampu:

1. Merusak peralatan unit pengolahan berikutnya
2. Mengurangi kinerja dan efektivitas unit dan proses pengolahan secara keseluruhan; dan
3. Mencemari saluran air.

Screen pada umumnya dibedakan menjadi tiga tipe screen, diantaranya coarse screen, fine screen dan microscreen. Coarse screen mempunyai bukaan yang berada antara 6-150 mm (0,25-6 inci). Sedangkan finescreen mempunyai bukaan kurang dari 6 mm (0,25 inci). Microscreen pada umumnya mempunyai bukaan kurang 15 dari 50 mikron dan digunakan untuk menghilangkan padatan halus dari effluent (Metcalf & Eddy, 2003).



Gambar 2. 2 Bagan Jenis-Jenis Screen
(Sumber : Metcalf & Eddy, 2004)



Gambar 2. 3 Coarse Screen
(Sumber : Penelusuran google, 2024)

Metode pembersihan bar screen terbagi menjadi dua yaitu manual dan mekanik. Pembersihan manual biasanya dilakukan di industri kecil atau menengah.. Kecepatan arah aliran adalah 0,3 - 0,6 m/s sehingga padatan tidak tertahan di depan saringan tidak terjepit. Jarak antar batang biasanya 20-40 mm dan penampang batang berbentuk persegi panjang. Bar Screen dibersihkan secara manual, biasanya layar dimiringkan 30° hingga 45° ke arah horizontal. Berikut adalah kriteria perencanaan dan rumus yang digunakan dalam merancang Screening.

A. Kriteria Perencanaan

Pada perancangan ini digunakan Coarse Screen atau saringan kasar yang diletakkan pada ujung saluran pembawa yang berupa pipa di bak kontrol.

Adapun kriteria perencanaan dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini:

Tabel 2. 2 Kriteria Desain Coarse Screen

Parameter	U.S Costumary Unit			SI Unit		
	Metode Pembersihan			Metode Pembersihan		
	Unit	Manual	Mekanis	Unit	Manual	Mekanis
Ukuran Batang						
Lebar	In	0,2-0,6	0,2-0,6	mm	5,0 - 15	5,0 - 15
Kedalaman	In	1,0 - 1,5	1,0 - 1,5	mm	25 - 38	25 - 38
Jarak antar batang	In	1,5 - 2,0	0,3 - 0,6	mm	25 - 30	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		
Headloss	In	6		m	150	150 - 600

(Sumber: (Metcalf & Eddy, 2003) WasteWater Engineering Treatment & Reuse Fourth Edition. Halaman 316)

- Koef saat non clogging (c) = 0.7
- Koef saat clogging (Cc) = 0.6

(Sumber : (Metcalf & Eddy, 2003) WasteWater Engineering Treatment & Reuse Fourth Edition. Halaman 320)

- Headloss (H_f) = 150 mm – 800 mm

(Sumber: (Qasim, 1985) Wastewater Treatment Plants : Planning Designand Operation. Holt, Rinehart, and Winston, Halaman 158)

B. Rumus Perhitungan

1. Menghitung Bak Kontrol

- **Menghitung Volume Bak**

$$Q = \left(\frac{v}{T} \right) \text{ atau } V = Q \times T$$

Keterangan :

Q = debit air limbah (m^3 /s)

T = waktu detensi (s)

V = volume bak kontrol (m^3)

- **Menghitung Dimensi Bak**

$$V = L \times W \times H$$

Keterangan :

V = volume bak kontrol (m^3)

L = panjang bak kontrol (m)

W = lebar bak kontrol (m)

H = kedalaman bak kontrol (m)

- **Menghitung kecepatan air pada bak kontrol**

$$v = \left(\frac{Q}{W \times H} \right)$$

Keterangan :

v = kecepatan kontrol (m^2/s)

Q = debit air limbah (m^3/s)

W = lebar bak kontrol (m)

H = kedalaman bak kontrol (m)

- **Menentukan h air dari kedalaman bak kontrol**

$$H \text{ bak kontrol/total} = h \text{ air} + \text{freeboard}$$

$$\text{freeboard} = \% \text{freeboard} \times h \text{ air}$$

Keterangan :

H total = kedalaman bak kontrol yang direncanakan
(m)

h air = tinggi air yang melalui Bar Screen

freeboard = ruang kosong untukantisipasi luapan

2. Menghitung Dimensi Bar Screen

Sumber Perhitungan: (Qasim, 1985) Wastewater Treatment Plants :
Planning Design and Operation. Holt, Rinehart, and Winston,
Halaman 164)

- Menghitung panjang Bar Screen

Panjang Bar Screen (sisi miring)

$$\sin \theta = \left(\frac{H \text{ bak total}}{x} \right)$$

$$x = \left(\frac{H \text{ bak total}}{\sin \theta} \right)$$

Lebar Bar Screen / Jarak Bar Screen

$$\cos \theta = \left(\frac{y}{x} \right)$$

$$y = x \times \cos \theta$$

- **Menentukan jumlah kisi dan batang**

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

$$\text{Jumlah batang} = \text{Jumlah kisi } (n) - 1$$

Keterangan :

$$Ws = \text{lebar bak kontrol (m)}$$

$$n = \text{jumlah kisi (kisi / buah)}$$

$$d = \text{lebar antar kisi (m)}$$

$$r = \text{jarak bukaan (m)}$$

- **Menentukan lebar bukaan kisi**

$$Wc = Ws - (n \times d)$$

Keterangan :

$$Wc = \text{lebar bukaan kisi (m)}$$

$$Ws = \text{lebar bak kontrol (m)}$$

$$n = \text{jumlah kisi (kisi / buah)}$$

$$d = \text{lebar antar kisi (m)}$$

3. Kecepatan

- Kecepatan yang melalui Bar Screen

$$v_i = \left(\frac{Q}{W_c \times H_{air}} \right)$$

- Kecepatan aliran saat pembersihan

$$v_c = \left(\frac{Q}{\% \text{ sumbatan} \times W_c \times H_{air}} \right)$$

Keterangan:

v_c = Kecepatan aliran saat pembersihan (m/s)

Q = Debit air limbah (m³/s)

v_i = Kecepatan yang lewat Bar Screen (m/s)

H_{air} = Kedalaman air (m)

- Headloss pada Bar Screen

1. Headloss saat non clogging

$$H_f = \left(\frac{1}{c} \right) \times \left(\frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \right)$$

2. Headloss saat clogging pembersihan

$$H_f = \left(\frac{1}{c_c} \right) \times \left(\frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \right)$$

(Sumber: Metcalf & Eddy, 2003) WasteWater Engineering Treatment & Reuse Fourth Edition. Halaman 321)

Keterangan:

H_f = Kehilangan tekanan pada Bar Screen (m)

v_i = Kecepatan yang lewat Bar Screen (m/s)

v_c = Kecepatan aliran saat pembersihan (m/s)

v = Kecepatan awal aliran air (m/s)

c = Koef saat non clogging

c_c = Koef saat clogging

g = percepatan gravitasi (m/s²)

2.2.1.3 Bak Netralisasi-Ekualisasi

Tujuan adanya bak adalah untuk meminimalkan atau mengontrol fluktuasi karakteristik air limbah untuk memberikan kondisi yang optimal untuk proses pengolahan selanjutnya. Bak netralisasi-ekualisasi biasanya disediakan untuk

memastikan pemerataan yang memadai dan untuk mencegah padatan yang dapat mengendap dari pengendapan di cekungan. Tujuan penggunaan bak penampung untuk fasilitas pengolahan industri menurut (Droste, 1997) yaitu:

- a. Untuk memberikan peredaman fluktuasi organik yang memadai untuk mencegah shock loading atau pembebanan kejut pada sistem biologis.
- b. Untuk memberikan kontrol pH yang memadai atau untuk meminimalkan persyaratan kimia yang diperlukan untuk netralisasi.
- c. Untuk meminimalkan lonjakan aliran ke sistem pengolahan fisik-kimia dan memungkinkan laju umpan kimia yang kompatibel dengan peralatan makan.
- d. Untuk memberikan pakan terus menerus ke sistem biologis selama periode ketika pabrik tidak beroperasi.
- e. Menyediakan kapasitas untuk pembuangan limbah yang terkontrol ke sistem kota untuk mendistribusikan beban limbah lebih merata.
- f. Untuk mencegah konsentrasi tinggi bahan beracun memasuki pabrik pengolahan biologis.

Bak penampung di desain untuk menyamakan aliran, konsentrasi atau keduanya. Debit atau aliran dan konsentrasi limbah yang fluktuatif akan disamakan debit dan konsentrasinya dalam bak penampung, sehingga dapat memberikan kondisi yang optimum pada pengolahan selanjutnya (Metcalf & Eddy, 2004). Rumus yang digunakan pada unit pengolahan ini adalah sebagai berikut:

Rumus yang digunakan

- **Volume bak penampung (V)**

$$V = Q \times t_d$$

Keterangan:

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

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

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

- **Dimensi bak penampung**

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

Keterangan:

V = Volume bak penampung (m^3)

L = Panjang bak (m)

B = Lebar bak (m)

H = Kedalaman air pada bak penampung (m)

- **Kedalaman total**

H total = H + freeboard

Keterangan :

H total = kedalaman bak (m)

H = ketinggian air dalam bak penampung (m)

Freeboard = 5 – 30 %

Apabila dalam bak penampung terjadi penghomogenan debit limbah, maka diperlukan sistem pengadukan, dapat menggunakan sistem aerasi. Untuk menghitung daya blower yang digunakan rumus sebagai berikut (Metcalf & Eddy, 2004).

- **Daya Blower**

$$\text{Daya blower } (P_w) = \left(\frac{W \times R \times T_1}{550 \times n \times e} \right) \times \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{n-1}$$

Keterangan:

W = Berat aliran udara

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

T₁ = Temperature absolute inlet = 20°C = 16°R

P₂ = Tekanan absolute outlet

P₁ = Tekanan absolute 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)

2.2.2 Pengolahan Pertama (Primary Treatment)

2.2.2.1 Grease Trap

Grease Trap adalah alat perangkap grease atau minyak dan oli. Alat ini membantu untuk memisahkan minyak dari air, sehingga minyak tidak menggumpal dan membeku di pipa pembuangan dan membuat pipa tersumbat. Terbuat dari pasangan bata maupun stainless steel sehingga aman dari korosi. Alat ini cocok digunakan di rumah tangga dan di restoran. Grease Trap juga dikenal sebagai pencegat lemak, perangkat pemulihan (recovery) minyak dan konverter limbah minyak) merupakan perangkat pipa yang dirancang untuk mencegat sebagian besar gemuk/minyak dan zat padat lain sebelum memasuki sistem pembuangan air limbah. Limbah umumnya mengandung sejumlah kecil minyak yang masuk ke dalam septik tank dan fasilitas pengolahan untuk membentuk lapisan buih mengambang. Lapisan minyak dan lemak ini sangat lambat diolah (dicerna) dan dipecah oleh mikroorganisme dalam proses pencernaan anaerobik. Namun, jumlah yang sangat besar minyak dari produksi makanan di dapur dan restoran bisa membanjiri tangki septik atau fasilitas perawatan, menyebabkan pelepasan limbah yang tidak diolah ke lingkungan. Selain itu, viskositas lemak yang tinggi dari minyak masak seperti lemak babi menjadi padat saat didinginkan, dan dapat bersama sama dengan limbah padat lain membentuk penyumbatan di pipa saluran.

Semakin bertambahnya waktu, semakin tebal pula lapisan minyak dan lemak yang ada pada grease trap. Sehingga dibutuhkan pembersihan dengan cara kotoran yang ada di bak penampung minyak pada grease trap dihisap oleh pipa penghisap melalui manhole. 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, lemak dan limbah padat makanan untuk menetap di tangki. Semakin banyak limbah masuk ke tangki maka begitu pula air yang bebas lemak didorong keluar dari tangki. 25

- c. Jenis ketiga yaitu sebuah sistem GRD (Grease Recovery Devices atau Perangkat Pemulihan Lemak), menghapus lemak atau minyak permukaan secara otomatis ketika terjebak.

d. Kriteria Perencanaan

- Kecepatan aliran = 2 – 6 m/jam
- Waktu tinggal = 5 – 20 menit

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

e. Rumus yang digunakan

- **Volume yang dibutuhkan**

$$V = \text{debit influent} \times \text{waktu detensi}$$

- **Luas area yang dibutuhkan**

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

$$A' = P \times L$$

- **Cek kecepatan aliran**

$$V = \frac{Q \text{ influent}}{\text{Luas Permukaan}}$$

- **Kedalaman tangki**

$$\text{Kedalaman aktif} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi area pengendapan} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi scum} = 0,2 \text{ m}$$

$$\text{Freeboard} = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi total} = 1,3 \text{ m}$$

- **Efisiensi pengolahan**

Konsentrasi lemak minyak dalam effluen (Kons. lemak minyak)

Kons. lemak minyak = (1- efisiensi) x konsentrasi minyak

- **Dimensi pipa**

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

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

- **Jari-jari Hidrolis**

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

Keterangan:

R = jari-jari hidrolis (m)

H = ketinggian air dalam saluran pembawa (m)

B = lebar saluran pembawa (m)

- **Slope**

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

s = kemiringan saluran/slope (m/m)

n = koefisien manning bahan penyusun saluran pembawa

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

R = jari-jari hidrolis (m)

2.2.2.2 Koagulasi-Flokuasi

Ketika memasuki proses koagulasi, terjadi destabilisasi koloid dan partikel dalam air sebagai akibat dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia (koagulan). Koloid dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan melalui proses penguraian koagulan. Proses ini dilanjutkan dengan pembentukan ikatan antara ion positif dari koagulan (misal Al^{3+}) dengan ion negatif dari partikel (misal OH^-) dan antara ion positif dari partikel (misal Ca^{2+}) dengan ion negatif dari koagulan (misal SO_4^{2-}) yang menyebabkan pembentukan inti flok (presipitat) (Masduqi & Assomadi, 2016).

Bila koagulan ditambahkan ke dalam air, reaksi yang terjadi antara lain:

- Pengurangan zeta potensial (potensial elektrostatik) hingga suatu titik dimana gaya van der Waals dan agitasi yang diberikan menyebabkan partikel yang tidak stabil bergabung serta membentuk flok;

- Agregasi partikel melalui rangkaian inter partikulat antara grup-grup reaktif pada koloid;
- Penangkapan partikel koloid negatif oleh flok-flok hidroksida yang mengendap.

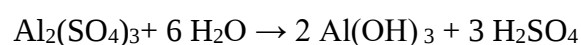
Faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi antara lain:

- Kualitas air meliputi gas-gas terlarut, warna, kekeruhan, rasa, bau, dan kesadahan;
- Jumlah dan karakteristik koloid;
- Derajat keasaman air (pH);
- Pengadukan cepat, dan kecepatan paddle;
- Temperatur air;
- Alkalinitas air, bila terlalu rendah ditambah dengan pembubuhan kapur;
- Karakteristik ion-ion dalam air

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

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

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



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

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

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

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

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

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

e. Koagulan Sodium Aluminate (NaAlO_2)

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

f. Koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC)

Polimer aluminium memiliki prinsip aluminium yang berhubungan dengan unsur lain membentuk unit berulang dalam suatu ikatan rantai molekul yang cukup panjang, pada PAC unit berulangnya adalah Al-OH . PAC menggabungkan netralisasi dan kemampuan menjembatani partikel-partikel koloid sehingga koagulasi berlangsung efisien. Namun terdapat kendala dalam menggunakan PAC sebagai koagulan yaitu perlu pengarahan dalam pemakaiannya karena bersifat higroskopis.

Pengadukan terdiri dari beberapa jenis dan tipe. Adapun jenis pengadukan dapat dikelompokkan berdasarkan kecepatan pengadukan dan metode pengadukannya. Berdasarkan kecepatan pengadukannya, dibedakan menjadi:

- a. Pengadukan Cepat Tujuan pengadukan cepat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan turbulensi air sehingga dapat mendispersikan bahan kimia yang akan dilarutkan dalam air (Masduqi & Assomadi, 2016). Waktu pengadukan cepat dari 20-60 detik, dengan gradien kecepatan 700- 1000/s. Pengadukan cepat dapat dilakukan dengan pengadukan mekanik, pengadukan pneumatis, dan baffle basins (Reynolds & Richards, 1996).

- b. Pengadukan Lambat Tujuan pengadukan cepat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan turbulensi air sehingga dapat mendispersikan bahan kimia yang akan dilarutkan dalam air (Masduqi & Assomadi, 2016). Waktu pengadukan cepat dari 20-60 detik, dengan gradien kecepatan 700- 1000/s. Pengadukan cepat dapat dilakukan dengan pengadukan mekanik, pengadukan pneumatis, dan baffle basins (Reynolds & Richards, 1996).

Sedangkan berdasarkan metode pengadukannya, pengadukan dibedakan menjadi:

- a. Pengadukan Mekanis Pengadukan mekanis adalah metode pengadukan menggunakan peralatan mekanis yang terdiri atas motor, poros pengaduk (shaft), dan alat pengaduk (impeller). Peralatan tersebut digerakkan dengan motor bertenaga listrik. Berdasarkan bentuknya, ada tiga macam impeller, yaitu paddle (pedal), turbine, dan propeller (baling-baling).

- Paddle Impeller Paddle impeller biasanya memiliki dua atau empat blades. Blades dapat berbentuk pitch atau vertikal. Tipe yang umum digunakan yaitu vertikal. Diameter paddle impeller biasanya 50-80% dari diameter atau lebar tangki. Dan lebar paddle biasanya 1/6 atau 1/10 dari diameter. Jarak paddle yaitu 50% dari diameter di atas dasar tangki. Kecepatan paddle berkisar antara 20- 150 rpm. Paddle impeller tidak seefisien turbin, karena tidak menghasilkan banyak turbulensi dan gaya geser (Reynolds & Richards, 1996).
- Propeller Impeller Propeller impeller memiliki dua atau tiga blades. Pitch didefinisikan sebagai jarak cairan bergerak secara aksial selama satu revolusi. Biasanya pitch adalah 1,0 atau 2,0 dan diameter propeller maksimum 18 inchi. Kecepatan propeller biasanya 400 – 1750 rpm. Agitator propeller sangat efektif dalam tangki besar, karena kecepatan tinggi (Reynolds & Richards, 1996).

Faktor penting dalam pengadukan mekanis yaitu gradien kecepatan (G) dan tdk. Pengadukan mekanis dengan tujuan pengadukan lambat umumnya memerlukan tiga kompartemen dengan ketentuan G di kompartemen I lebih besar daripada G di kompartemen II, dan G di kompartemen III yang paling

kecil. Pengadukan mekanis umumnya digunakan untuk pengadukan lambat adalah tipe paddle yang dimodifikasi hingga membentuk roda (paddle wheel), baik dengan posisi horizontal maupun vertikal.

- b. **Pengadukan Hidrolis** Pengadukan hidrolis adalah pengadukan yang memanfaatkan aliran air sebagai tenaga pengadukan. Tenaga pengadukan ini dihasilkan dari energi hidrolik yang dihasilkan dari suatu aliran hidrolik. Energi hidrolik dapat berupa energi gesek, energi potensial (jatuhan) atau adanya lompatan hidrolik dalam suatu aliran. Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan cepat haruslah aliran air yang menghasilkan energi hidrolik yang besar. Dalam hal ini dapat dilihat dari besarnya kehilangan energi (headloss) atau perbedaan muka air. Dengan tujuan menghasilkan turbulensi yang besar tersebut, maka jenis aliran yang sering digunakan sebagai pengadukan cepat adalah terjunan, loncatan hidrolik, dan parshall flume. Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan lambat adalah aliran air yang menghasilkan energi hidrolik yang lebih kecil. Aliran air dibuat relatif lebih tenang seperti kanal bersekat/baffle channel, perforated wall, gravel bed dan sebagainya (Reynolds & Richards, 1996).

- c. Rumus yang digunakan untuk bak pembubuh koagulan

- **Kebutuhan koagulan harian**

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

dengan:

$$\text{Kebutuhan koagulan} = \text{Jumlah koagulan dibutuhkan (kg/hari)}$$

$$\text{Dosis koagulan} = \text{Dosis optimum koagulan (mg/L)}$$

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

- **Debit koagulan per hari**

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

dengan:

$$Q \text{ koagulan} = \text{Debit koagulan (L/hari)}$$

$$\text{Kebutuhan koagulan} = \text{Jumlah koagulan dibutuhkan per hari (kg/hari)}$$

ρ koagulan = Massa jenis koagulan (Kg/L)

td = Periode /lama pelarutan (hari)

- **Debit air pelarut**

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

dengan :

Q air pelarut = Air yang dibutuhkan melarutkan koagulan (m^3/hari)

Kadar air pelarut = Persen kandungan air dalam larutan

Q koagulan = Debit koagulan per hari (m^3/hari)

- **Total debit tangki pembubuh**

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

dengan:

Q koagulan = Volume koagulan per hari (m^3/hari)

Q pelarut = Volume air pelarut per hari (m^3/hari)

- **Volume tangki pembubuh (pembubuhan dilakukan 1 hari)**

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

dengan:

Q total = Debit total tangki pembubuh (m^3/hari)

td = Periode / lama pelarutan (hari)

- **Kedalaman air pada bak pembubuh**

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

dengan :

V = Volume tangki pembubuh (m^3)

D = Diameter tangki pembubuh (m)

H air = Kedalaman air dalam bak pembubuh (m)

- **Supply tenaga ke air/daya pengaduk**

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

dengan:

P = Supply tenaga ke air (Watt)

G = Gradien kecepatan (L/s)

μ = Viskositas absolut (N.s/m^2)

V = Volume bak pembubuh (m^3)

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

- **Diameter impeller**

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

dengan:

P = Supply tenaga ke air (Watt)

K_T = Konstanta pengaduk untuk aliran turbulen

η = Kecepatan putaran (rps)

ρ = Massa jenis air (kg/m^3)

- **Jarak impeller dengan dasar (H_i)**

$$H_i = \% \times D_i$$

Dengan:

H_i = Jarak impeller dengan dasar (m)

D_i = Diameter impeller

$\%$ = Persentase diameter (30 – 50% D_i)

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

- **Cek diameter**

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

dengan:

$D_{impeller}$ = Diameter impeller tangki (m)

D_{tangki} = Diameter tangki (m)

Cek D harus memenuhi range 30-50%

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

- **Lebar impeller**

$$Wi = \frac{1}{x} \times D \text{ Tangki}$$

dengan:

Wi = Lebar impeller (m)

D tangki = Diameter tangki (m)

Lebar impeller = 1/6 – 1/10

- **Cek bilangan Reynold**

$$Nre = \frac{Di^2 \times \eta \times \rho}{\mu}$$

dengan:

Nre = bilangan Reynold

Di = Diameter impeller/pengaduk (m)

η = Kecepatan putaran (rps)

ρ = Massa jenis air (kg/m³)

μ = Viskositas absolut (N.s/m²)

Bilangan reynold dalam pengadukan cepat = Nre > 10000 Turbulen

Bilangan reynold dalam pengadukan cepat lambat = Nre < 2000

Laminer.

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

d. Rumus yang digunakan untuk Bak Koagulasi

- **Volume bak**

V bak koagulasi = Q air baku x td

V koagulan = Q koagulan x td

V Bak = V bak Koagulasi + V bak Koagulan

dengan :

V = Volume tangki (L)

Q = Debit (m³/s)

Td = Waktu tinggal (s)

- **Cek bilangan Reynold**

$$Nre = \frac{Di^2 \times \eta \times \rho}{\mu}$$

dengan:

Nre = bilangan Reynold

Di = Diameter impeller/pengaduk (m)

Ω = Kecepatan putaran (rps)

ρ = Massa jenis air (kg/m^3)

μ = Viskositas absolut (N.s/m^2)

Bilangan reynold dalam pengadukan cepat = $Nre > 10000$ Turbulen

Bilangan reynold dalam pengadukan cepat lambat = $Nre < 2000$
Laminer.

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

e. Rumus yang digunakan untuk Flokulasi

- **Volume bak**

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

dengan:

Q = debit limbah (m^3/s)

T_d = waktu tinggal (s)

- **Dimensi bak flokulasi**

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

dengan:

Direncanakan $P = 2L$

P = panjang (m)

L = lebar (m)

H = tinggi (m)

- **Jari-jari hidrolis**

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

dengan:

R = jari-jari hidrolis (m)

H = ketinggian air dalam saluran pembawa (m)

L = lebar saluran pembawa (m)

- **Lebar kompartemen**

$$L = \frac{L}{2}$$

- **Headloss**

$$H_f = \frac{\mu \times T d}{\rho \times g} \times G^2$$

- **Penentuan jumlah baffle**

$$n = \left[\left(\frac{2 \times \mu \times T d}{\rho (1,44 + f)} \right) \left(\frac{H \times P \times G}{Q} \right)^2 \right]$$

- **Jarak antar baffle**

$$s = \frac{\text{Panjang}}{n + 1}$$

- **Slope**

$$\text{Slope} = \frac{H_f \text{ total}}{P}$$

- **Cek Nre**

$$NRe = \frac{v \times R}{\mu}$$

- **Cek Nfr**

$$NFr = \frac{v^2}{g \times R}$$

2.2.2.3 Sedimentasi Tipe 2

Sedimentasi adalah pemisahan padatan dan cairan dengan menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk memisahkan partikel tersuspensi yang terdapat dalam cairan tersebut. Proses ini sangat umum digunakan pada instalasi pengolahan air minum. Aplikasi utama dari sedimentasi pada instalasi pengolahan air minum adalah:

- Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat.
- Pengendapan air yang telah melalui proses prasedimentasi sebelum memasuki unit saringan cepat.
- Pengendapan air yang telah melalui proses penyemprotan desinfektan pada instalasi yang menggunakan pipa dosing oleh alum, soda, NaCl
- Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan.

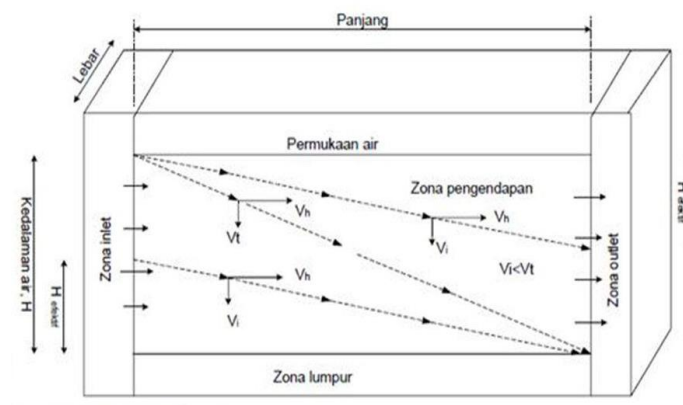
Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah:

- a. Pengendapan Tipe I (Free Settling)
- b. Pengendapan Tipe II (Flocculent Settling)
- c. Pengendapan Tipe III (Zone/Hindered Settling)
- d. Pengendapan Tipe IV (Compression Settling)

Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat empat zona :

1. Zona Inlet
2. Zona Outlet
3. Zona Settling
4. Zona Sludge

Adapun zona-zona tersebut dapat digambarkan seperti di bawah ini :



Gambar 2. 4 Zona Bak Sedimentasi

(Sumber : Al Layla, Water Supply Engineering Design)

Besarnya penyisihan total pada waktu tertentu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$R_t = R_B + \frac{H_1}{H} (R_C - R_B) + \frac{H_2}{H} (R_D - R_C) \dots \dots \frac{H_n}{H} (R_n - R_m)$$

Grafik isoremoval juga dapat digunakan untuk menentukan lamanya waktu pengendapan dan surface loading atau overflow rate bila diinginkan efisiensi pengendapan tertentu. Langkah yang dilakukan adalah :

1. Menghitung penyisihan total pada waktu tertentu, minimal sebanyak tiga variasi waktu. (mengulangi langkah di atas minimal dua kali)

2. Membuat grafik hubungan persen penyisihan total (sebagai sumbu y) dengan waktu pengendapan (sebagai sumbu x)
3. Membuat grafik hubungan persen penyisihan total (sebagai sumbu y) dengan overflow rate (sebagai sumbu x)

Kedua grafik ini digunakan untuk menentukan waktu pengendapan atau waktu detensi (t_d) dan overflow rate (V_o) yang menghasilkan efisiensi pengendapan tertentu. Hasil yang diperoleh dari kedua grafik ini adalah nilai berdasarkan eksperimen di laboratorium (secara batch). Nilai ini dapat digunakan dalam mendesain bak pengendap dikalikan dengan faktor scale up. Untuk waktu detensi, faktor scale up yang digunakan pada umumnya adalah 1,75 dan untuk overflow rate, faktor scale up yang digunakan pada umumnya adalah 0,65. (Reynold dan Richards, 1996).

Ada dua jenis bak sedimentasi yang biasa digunakan :

a. Horizontal - flow Sedimentation

Desain yang baik pada bangunan ini dapat mengurangi lebih dari 95% dari kekeruhan air. Bentuknya yang persegi panjang yang tanpa menggunakan alat pengambil lumpur mekanik mempunyai beberapa keuntungan. Cara kerja bak sedimentasi bentuk rectangular (persegi panjang) yaitu, air yang mengandung flok masuk ke zona inlet kemudian masuk ke zona settling melalui baffle/sekat agar alirannya menjadi laminar. Di zona settling partikel mengendap, endapannya masuk ke zona lumpur, sedangkan supernatant (airnya) keluar melalui zona outlet. Beberapa keuntungan horizontal-flow dibandingkan dengan up flow adalah:

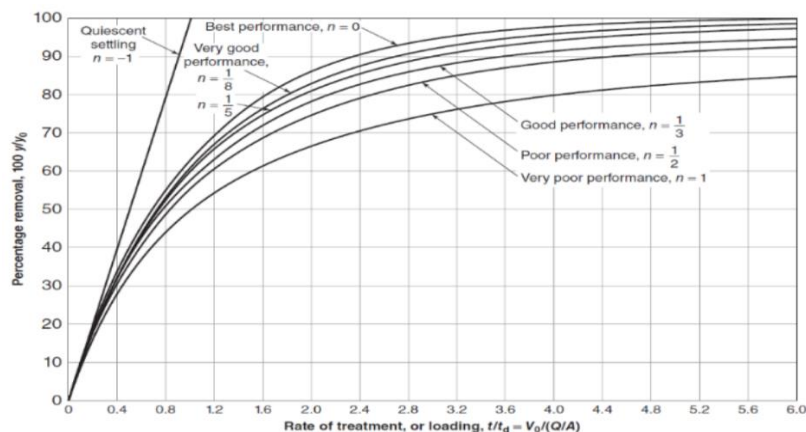
- Lebih bisa menyesuaikan dengan variasi kualitas dan hidrolis air
- Prosesnya memberikan bentuk yang dapat direncanakan sesuai dengan operasional dan kondisi iklim
- Biaya konstruksi murah
- Operasional dan perawatannya mudah
- Adapun kriteria desainnya jumlah air yang akan diolah (Q), waktu detensi, luas permukaan dan kecepatan pengendapan.

b. Upflow Sedimentation

Bangunan tipe ini biasanya digunakan bila debit air konstan dan kualitas kekeruhan tidak lebih dari 900 NTU. Kelemahan dari bangunan ini adalah tidak bisa digunakan bila kapasitasnya berlebih dan memerlukan tenaga ahli untuk mengoperasikannya. Menurut Metcalf & Eddy (2003), adanya waktu tinggal, penambahan bahan kimia, serta pengadukan sebelum unit sedimentasi dapat meningkatkan efisiensi penyisihan BOD sekitar 50-80%. Efisiensi pengendapan partikel flokulan dipengaruhi oleh overflow rate, detention time dan kedalaman bak pengendap. Dalam bangunan sedimentasi ini terdapat kriteria desain yang dapat digunakan dalam mempermudah desain. Adapun kriteria desain tersebut adalah sebagai berikut:

- Kedalaman air = 3 – 4,5 m
- Kecepatan aliran = 0,3 – 1,7 m/min
- Waktu detensi = 1,5 – 4 Jam
- Surface loading = 1,25 – 2,5 m/jam
- Panjang/lebar = minimum $\frac{1}{4}$
- Kedalaman air/panjang = minimum $\frac{1}{15}$
- Weir loading rate = 9 – 13 m³ /m.jam

Bak sedimentasi dapat berupa circular, rectangular atau square dengan kedalaman 2-5 m. Dimana rectangular mempunyai panjang sampai 50 m dan lebar 10 m sedangkan square tank mempunyai panjang $\pm 2,5$ m. Slope ruang lumpur berkisar antara 2% - 6%, bilangan Reynolds < 2000 agar aliran laminar.



Gambar 2. 5 Grafik Kecepatan Pengendapan Partikel pada Sedimentasi

(Sumber : Grafik Shammam, 2016. Halaman 448)

Kriteria - kriteria yang diperlukan untuk menentukan ukuran bak sedimentasi adalah: surface loading rate (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 26 (Metcalf & Eddy et al., 2007). Adapun kriteria perencanaan untuk bangunan bak pengendap awal adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Kriteria Perencanaan Pengendap Awal

No.	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Sumber
1	Kedalaman air minimal	H	3 – 4,9	m	(Metcalf & Eddy et al., 2007) Hal 398
2	Diameter	D	3 – 60	m	
3	Slope Dasar	Slope	1/16 – 1/6	mm/m diameter	
4	<i>Flight Speed</i>	-	0,02 – 0,05	m/menit	
5.	Waktu Tinggal	Td	3-5	jam	
6.	<i>Overflow Rate</i> Rata-rataPuncak	-	30-50 80-120	m ³ /m ² .hari	
7.	<i>Weir Loading</i>	-	125-500	m ³ /m ² .hari	
8.	Diameter <i>inlet well</i>	D	15-20	% (Diameter Bak)	(Metcalf & Eddy et al., 2007) Hal 401
9.	Kecepatan Aliran Menuju <i>inlet well</i>	V	0,3-0,75	m/s	

10.	Konsentrasi Solid	-	4-12	%	(Metcalf & Eddy et al., 2007) Halaman 398
11.	Bilangan Reynold (NRE)	NRE	<1 (Laminer)	-	(Reynolds & Richards, 1996) Hal 224
12.	<i>Spesific Gravity Solid (Si)</i>	Si	1,4	-	(Metcalf & Eddy et al., 2007) Hal 1456
13.	<i>Spesific Gravity Sludge (Sg)</i>	Sg	1,02	-	
14.	NRE untuk Vh	NRE	<2000 (Laminer)	-	(Razif, 1985) Pengolaha n Air Minum, Teknik Penyeihata n Fakultas Teknik Sipil ITS
15.	Nfr		10 ⁵	-	
16.	Koef. Kekasaran Aksesoris Pipa	K	Elbow 90° = 0,9 Gate valve = 0,2 Check valve = 0,25 Tee = 0,50	-	Kawamura, Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities, Jilid 2, hlm. 638)

Adapun rumus perhitungan yang digunakan dalam menghitung bak pengendap antara lain:

- Zona Pengendapan (Settling Zone)

1. Volume bak pengendap (V)

$$V = Q \times t_d$$

Keterangan:

T_d = waktu detensi

Q = debit air

2. Luas permukaan (A)

$$A = \frac{V}{H}$$

Keterangan:

V = volume bak

H = tinggi bak

3. Dimensi bak pengendap

$$A = L \times W$$

$$W = \sqrt{\frac{A}{Y}}$$

$$L = Y \times W$$

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

Keterangan:

A = luas bak

L = panjang bak

W = lebar bak

H = tinggi bak

F_b = freeboard

Y = perbandingan panjang lebar bangunan

4. Cek volume max (V_{max})

$$V_{max} = L \times W \times H_{tot}$$

Keterangan:

L = panjang bak

W = lebar bak

H_{tot} = tinggi bak total

5. Cek waktu detensi (td cek)

$$td \text{ cek} = \frac{V \text{ maks}}{Q}$$

Keterangan:

V_{max} = volume max

Q = debit air

6. Kecepatan pengendapan partikel (Vs)

Persen removal berkisar antara 60-95%

$$\frac{Vs}{Q/A} = X \text{ (Diperoleh dari grafik)}$$

Keterangan:

Q = debit air

A = luas bak

7. Diameter partikel (Dp)

$$Dp = \sqrt{\frac{Vs \times 18 \times v}{g(Ss-1)}}$$

8. Jari-jari hidrolis (R)

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

Keterangan:

W = lebar bak

H = tinggi bak

9. Massa jenis solid (ps)

$$Sg = \frac{\rho_s}{\rho}$$

10. Kecepatan horizontal (Vh)

$$Vh = \frac{Q}{H \times W}$$

Keterangan:

W = lebar bak

H = tinggi bak

Q = debit air

11. Cek bilangan Reynold (Nre)

$$Nre = \frac{V_h \times R}{\mu}$$

Keterangan:

V_h = kecepatan horizontal

R = viskositas kinematic

v = kecepatan aliran

12. Cek bilangan Froude (Nfr)

$$Nfr = \frac{v}{\sqrt{g \times H}}$$

13. Kecepatan penggerusan (Vsc)

$$V_{sc} = \sqrt{\frac{8 \times \beta \times g \times (\rho_s - \rho_w) \times Nfr}{\lambda \times \rho_w}}$$

14. Kemiringan dasar bak (S)

$$S = 1\% \times L$$

Keterangan:

L = panjang bak

- Zona Inlet

1. Luas permukaan (A)

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

Keterangan:

Q = debit air

v = kecepatan aliran

2. Dimensi saluran

$$A = H \times W$$

$$W = \sqrt{A}$$

$$H = W$$

$$H_{tot} = H + (F_b \times H)$$

3. Cek kecepatan (Vcek)

$$V_{cek} = \frac{Q}{A}$$

Keterangan:

Q = debit air

A = luas bak

4. Jari-jari hidrolis

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

Keterangan:

W = lebar bak

H = tinggi bak

5. Kemiringan dasar saluran (S)

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

6. Headloss saluran (Hf)

$$H_f = n \times L$$

Keterangan:

n = jumlah saluran

L = panjang saluran

- Zona Lumpur (Sludge Zone)

1. TSS yang teremoval

$$\text{TSS teremoval} = \% \text{removal} \times \text{kadar TSS}$$

2. Kekeruhan yang teremoval

$$\text{Kekeruhan teremoval} = \% \text{removal} \times \text{kadar kekeruhan}$$

3. BOD yang teremoval

$$\text{BOD teremoval} = \% \text{removal} \times \text{kadar BOD}$$

4. Berat lumpur (Ws)

$$W_s = Q \times (\text{TSS} + \text{kekeruhan} + \text{BOD}) \text{ teremoval}$$

5. Berat air

$$W_w = \frac{\text{Kadar air dalam lumpur}}{\text{Kadar padatan dalam lumpur}} \times W_s$$

Keterangan:

Ws = berat sludge (lumpur)

6. Berat jenis lumpur (ρ_s)

$$\rho_s = (\text{berat jenis SS} \times 5\%) + (\text{berat jenis air} \times 95\%)$$

7. Volume Lumpur

$$V \text{ sludge} = \frac{\text{beratsolid}(W_s) + \text{beratair}(W_w)}{\text{beratjenissolid}(\rho_s)} \times \text{td}$$

Keterangan:

Td = waktu detensi

8. Luas permukaan atas zona lumpur

$$A = L1 \times W1$$

9. Luas permukaan dasar zona lumpur

$$A' = L2 \times W2$$

$$V \text{ limas terpancung} = \frac{1}{3} \times H \times (A + \sqrt{AA'} + A')$$

Keterangan:

A = luas zona

L = Panjang zona

W = lebar zona

H = tinggi zona

- Zona Pelimpah (Overflow Zone)

1. Panjang total weir (Lw)

$$Lw = \frac{Q \text{ limbah}}{WRL}$$

Keterangan:

WRL = weir loading

2. Panjang pelimpah (L)

$$L = \frac{Lw}{\text{jumlah pelimpah}}$$

Keterangan:

Lw = Panjang total weir

3. Debit tiap pelimpah (weir)

$$Q \text{ weir} = \frac{Q}{n}$$

Keterangan:

Q = debit air

n = jumlah saluran

4. Luas saluran gutter

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

Keterangan:

v = kecepatan aliran

5. Tinggi (H) dan Lebar (W) Pelimpah (gutter)

Direncanakan H:W = 1 : y maka:

$$H = \sqrt{\frac{A}{Y}}$$

$$W = Y \times H$$

6. Ketinggian air pada pelimpah (H air)

$$H_{\text{air}} = \left(\frac{Q_{\text{weir}}}{1,38 \times \text{lebar gutter}} \right)^{2/3}$$

7. Tinggi gutter (h gutter)

$$h_{\text{gutter}} = h_{\text{air}} + (h_{\text{air}} \times 20\%)$$

8. Jari- jari hidrolis gutter

$$R_{\text{gutter}} = \frac{h_{\text{air}} \times \text{lebar gutter}}{2h_{\text{air}} + \text{lebar gutter}}$$

9. Luas basah gutter (A gutter)

$$A_{\text{gutter}} = \text{lebar gutter} \times h_{\text{air}}$$

10. Slope gutter (S)

$$S_{\text{gutter}} = \left(\frac{Q_{\text{weir}} \times n}{A_{\text{gutter}} \times (R_{\text{gutter}})^{2/3}} \right)^2$$

11. Headloss pada gutter

$$H_f = L_{\text{gutter}} \times S_{\text{gutter}}$$

Keterangan:

L = panjang

S = slope

12. Jumlah V notch

$$n = \frac{\text{panjang total pelimpah}}{\text{jarak antar v notch} + \text{lebar v notch}}$$

13. Debit mengalir tiap V notch

$$Q_{\text{notch}} = \frac{Q}{\text{jumlah V notch}}$$

Keterangan:

Q = debit air

14. Tinggi peluapan melalui V notch (H)

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

Keterangan:

g = gravitasi

H = tinggi peluapan

- Zona Outlet

1. Volume saluran pengumpul (V)

$$V = \text{Debit (Q)} \times \text{waktu detensi (td)}$$

2. Dimensi saluran

$$V = L \times W \times H$$

$$H_{\text{tot}} = H + \text{Freeboard}$$

Keterangan:

L = Panjang bak

W = lebar bak

H = tinggi bak

3. Jari-jari hidrolis (R)

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

Keterangan:

L = lebar bak

H = tinggi bak

4. Luas penampang pipa (A)

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

5. Diameter pipa (D)

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

Keterangan:

A = luas bak

6. Cek kecepatan (Vcek)

$$V_{\text{cek}} = \frac{Q}{\frac{1}{4}\pi D^2}$$

Keterangan:

Q = debit air

D = diameter pipa

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 SS sebesar 90%.

2.2.3.1 Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR)

MBBR adalah salah satu teknologi pengolahan air limbah yang telah digunakan secara luas dalam industri dan perkotaan. Dalam sebuah penelitian oleh Said & Sya'bani (2014), MBBR telah terbukti efektif dalam menghilangkan bahan organik, nitrogen, dan fosfor dari air limbah. Dalam MBBR, biofilm tumbuh pada media bergerak yang berada dalam ruang reaktor. Biofilm ini berperan sebagai tempat bagi mikroorganisme untuk tumbuh dan mengoksidasi bahan organik yang terlarut dalam air limbah. Salah satu keunggulan MBBR adalah kemampuannya untuk menangani fluktuasi beban limbah yang tinggi. MBBR dapat dengan efisien mengatasi perubahan tiba-tiba dalam komposisi dan konsentrasi air limbah. Ini menjadikannya pilihan yang baik untuk aplikasi industri di mana beban limbah dapat berfluktuasi secara signifikan dari waktu ke waktu. Efisiensi pengolahan air limbah menggunakan MBBR dapat ditingkatkan dengan memperhatikan faktor-faktor desain yang relevan. Menurut penelitian oleh Hasan et al. (2019), pemilihan media yang sesuai, perbandingan antara luas permukaan media dengan volume reaktor, laju alir, dan oksigen terlarut dalam reaktor merupakan faktor kunci yang mempengaruhi kinerja MBBR. Penelitian ini menekankan pentingnya optimasi desain MBBR untuk memastikan efisiensi pengolahan yang maksimal. Dalam beberapa tahun terakhir, MBBR juga telah diterapkan dalam pengolahan air minum. MBBR dapat digunakan untuk menghilangkan bahan organik dan zat kimia tertentu, seperti zat warna, dari air minum. Hasil penelitian ini menunjukkan potensi MBBR sebagai metode pengolahan air minum yang efektif dan ramah lingkungan. MBBR juga telah digunakan dalam pengolahan air limbah peternakan.

2.2.3.2 Clarifier

Pengolahan ini adalah kelanjutan dari pengolahan terdahulu, oleh karena itu pengolahan jenis ini akan digunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua, banyak zat tertentu yang masih berbahaya bagi lingkungan. Pengolahan ini merupakan pengolahan khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah. Biasanya dilaksanakan pada industri yang menghasilkan air limbah khusus, yaitu seperti mengandung fenol, nitrogen, fosfat dan bakteri patogen lainnya. Salah satu contoh pengolahan ketiga ini adalah bangunan clarifier. Clarifier sama saja dengan bak pengendap pertama. Hanya saja clarifier biasa digunakan sebagai bak pengendap kedua setelah proses biologis.

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

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). Pada tahap ini, air yang telah melewati pengolahan pada pengolahan sebelumnya akan mengalami proses tahap selanjutnya yang merupakan pengendapan lanjut sehingga menurunkan padatan tersuspensi. Air yang tertampung di secondary clarifier ini sudah memenuhi baku mutu air limbah sehingga dapat dibuang langsung ke saluran air kotor atau diolah dan dimanfaatkan. Air yang telah diolah dan ditampung di secondary clarifier dapat dimanfaatkan lebih lanjut misal untuk menyiram tanaman, dll. Pada secondary clarifier ini tergantung pada kedalaman tangki, bedanya dengan preliminary clarifier yang tergantung pada kecepatan pengendapan. Namun masalahnya pada secondary

clarifier adalah waktu detensi (waktu proses pengendapan), jika terlalu lama dikhawatirkan flok yang sudah terbentuk akan pecah lagi.

2.2.3.3 Belt Press

Mesin Dewatering Belt Press (DSP) merupakan teknologi mesin yang dirancang untuk pengentalan dan pengeringan lumpur cair lebih efisien yang berasal dari proses pengolahan air limbah kota dan industri (IPAL). Aplikasi khas untuk instalasi pengolahan air limbah termasuk pengeringan lumpur aktif limbah (WS) yang kental atau tidak kental, lumpur yang dicerna dari proses aerobik atau anaerobik, dan lumpur flotasi udara terlarut (DAF).

Sistem Belt Press terdiri dari tangki reaksi flokulasi, pencampuran polimer, sistem pencucian eksternal, dan panel kontrol. Drum dibuat dari baja tahan karat menggunakan wedge-wire screen profile khusus dengan permukaan besar untuk mendapatkan karakteristik drainase cairan yang optimal.

Adapun manfaat yang dapat dihasilkan dari penggunaan mesin Belt press untuk pengolahan lumpur:

- a. Mesin Belt press ini berkecepatan lambat dan bekerja pada tekanan yang relatif rendah sehingga biaya pengoperasian rendah karena konsumsi energi yang rendah.
- b. Unit silinder yang tertutup dan kecepatan lari yang rendah dapat mengurangi kebisingan.
- c. Pengoperasian dan perawatan yang mudah dengan operasi mekanis sederhana dan sistem kontrol otomatis yang dapat diprogram sesuai dengan kebutuhan pengguna dan memungkinkan untuk beroperasi selama 24 jam.
- d. Biaya investasi rendah; pemerasan lumpur cocok untuk air kecil hingga menengah dan instalasi pengolahan air limbah dari lumpur biologis tanpa pengaturan pengental lumpur (Sludge Thickening).
- e. Dengan bahan yang andal dan kuat, ini memastikan ketahanan korosi terhadap lumpur agresif, abrasi, dan ideal untuk mengeringkan lumpur berminyak.

2.3 Persen Removal

Pada unit bangunan pengolah air limbah terdapat parameter yang akan diproses di dalamnya. Setiap bangunan mengolah parameter yang berbeda sehingga memiliki Removal yang berbeda. Persen Removal berarti besar persentase penghilangan dan / atau pembersihan dan / atau penghapusan nilai atau jumlah parameter dalam satuan persen (%). Besar persen Removal unit pengolahan air limbah industri pengolahabn daging dapat dilihat pada tabel

Tabel 2. 4 % Removal setiap unit

No.	Unit	Parameter Teremoval	% Removal	Sumber
A. Pre-Treatment				
1.	Saluran Pembawa	-	-	-
2.	Bar screen	-	-	-
3.	Bak Penampung Bersekat (netralisasi)	pH		Qasim “Wastewater treatment and reuse”, page 318
B. Primary Treatment				
4.	Grease Trap	Lemak dan minyak	80 %	Kementrian PUPR, Buku A Panduan Perencanaan Teknik Terinci Instalasi Bangunan Pengolahan Lumpur Tinja, hal 31
5.	Koagulasi	-	-	-
6.	Bak Sedimentasi	TSS BOD COD	80-90% 25-40%	Reynold/Richard, Unit Operations and Process in Environmental Engineering, 2nd edition, hal 497 Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery 5th edition hal 396

<i>C. Tertiary Treatment</i>				
7.	MBBR	BOD, COD dan NH ₃ -N	COD : 85-95% BOD : 85-95% NH ₃ -N 83-95%	Qasim “Wastewater treatment and reuse”, page 336 Rusten,1997, “Moving bed biofilm reactors and chemical precipitaion for high efficiency treatment of wastewater from small communities”, page 76 Said & Sya’bani, 2014, “Penghilangan Amonia di Dalam Air Limbah Domestik Dengan Proses Moving Bed Biofilm Reactor
8.	Clarifier	TSS	25-40%	Metcalf & Eddy, 2003, Wastewater Engineering Treatment & Reuse, Fourth Edition. Halaman 316

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:

a. Kehilangan Tekanan Pada Bangunan

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:

1. Kehilangan tekanan pada saluran terbuka

2. Kehilangan tekanan pada bak
3. Kehilangan tekanan pada pintu
4. Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang dan sebagainya harus dihitung secara khusus.

b. Kehilangan Tekanan Pada Perpipaan dan Aksesoris

Kehilangan tekanan pada saluran terbuka berbeda dengan cara menghitung saluran tertutup.

1. Kehilangan tekanan pada perpipaan. Cara yang mudah dengan monogram “Hazen William” Q atau V diketahui maka S didapat dari monogram.
2. Kehilangan tekanan pada aksesoris. Cara yang mudah adalah dengan mengekivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, disini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekivalen sekaligus S .
3. Kehilangan tekanan pada pompa. Bisa dihitung dengan rumus, grafik karakteristik pompa serta dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis pompa, cara pemasangan dan sebagainya
4. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok. Cara perhitungan juga dengan bantuan monogram.

c. 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:

1. Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir.
2. Tambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di clear well.

3. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum clear well demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama.
4. Jika tinggi muka air bangunan selanjutnya lebih tinggi dari tinggi muka air sumber maka diperlukan pompa untuk menaikkan air.

d. Pompa

Pemompaan digunakan untuk mengalirkan air limbah ke unit pengolahan selanjutnya. Untuk mengetahui macam-macam karakteristik pompa bisa dilihat pada tabel.

Tabel 2. 5 Jenis-jenis pompa

Klasifikasi Utama	Tipe Pompa	Kegunaan Pompa
Kinetik	Centrifugal	- Air limbah sebelum diolah - Penggunaan lumpur kedua - Pembuangan effluent
	Peripheral	Limbah logam, pasir lumpur, limbah kasar
	Rotor	Minyak, pembuangan gas, permasalahan zat-zat kimia, pengaliran lambat untuk air dan air buangan
Posite	Screw	Pasir, pengolahan lumpur pertama dan kedua, air limbah pertama
	Diafragma	Permasalahan zat kimia, limbah logam
	Air Lift	Pasir, sirkulasi dan pembuangan lumpur kedua
	Pneumatic	Instalasi pengolahan air limbah skala kecil

(Sumber Metcalf and Eddy, 2004, hal : 1469-14)