

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Limbah Industri Tahu

Sama halnya seperti setiap industri yang ada pada umumnya. Proses pengolahan tahu juga tentunya menghasilkan limbah. Limbah yang dihasilkan pada proses pembuatan tahu sendiri terdiri dari 3 jenis limbah yaitu limbah padat yang dihasilkan dari ampas tahu, limbah gas yang dihasilkan dari proses merebus atau menggoreng tahu, serta limbah cair yang dihasilkan dari proses mencuci dan merebus tahu (Indrasti & Fauzi, 2009).

Salah satu yang menjadi masalah umum pada industri tahu adalah belum adanya pengolahan limbah cair yang dibuang (Said, 2019). Hal itu dapat terbukti pada penelitian yang dilaksanakan oleh PUSTEKLIM, dimana pada salah satu penelitian mereka menunjukkan limbah cair dari industri tahu mempunyai konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) mencapai nilai diantara 4000 hingga 12000 ppm, sedangkan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) mempunyai nilai diantara 2000 hingga 10000 ppm. Limbah ini juga memiliki tingkat keasaman yang cukup rendah yaitu antara 4 hingga 5 pH (Sudjarwo & Tanaka, 2014).

Menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 05 tahun 2012 yang termasuk dalam parameter industri tahu adalah :

2.1.1 BOD (Biochemical Oxygen Demand)

BOD merupakan salah satu cara pengukuran parameter yang berbasis pada pengukuran oksigen terlarut yang digunakan oleh mikroorganisme dalam oksidasi biokimia materi organisme. Hasil dari pengukuran BOD juga digunakan untuk (Metcalf & Eddy Inc, 2003) :

1. Menentukan kebutuhan oksigen agar mampu membuat bahan organik yang ada stabil secara biologis.
2. Menentukan standar unit pengolahan limbah yang diperlukan.
3. Menghitung efisiensi proses pengolahan limbah pada proses tertentu.
4. Menentukan apakah suatu limbah telah memenuhi standar baku mutu yang berlaku.

Berdasarkan aturan setempat yaitu Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 05 tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah, kadar maksimum BOD₅ pada limbah industri tahu sebanyak 150 mg/L.

No.	Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
1.	BOD₅	150
2.	COD	275
3.	TSS	100
4.	pH	6,0-9,0

Table 1 Baku mutu air limbah industri tahu
Sumber : Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 05 tahun 2012
Tentang Baku Mutu Air Limbah

2.1.2 COD (Chemical Oxygen Demand)

Chemical Oxygen Demand atau COD merupakan nilai yang menjelaskan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk membuat suatu reaksi penguraian zat organik dengan memakai bahan kimia atau potassium dikromat (Qasim, 1999).

Yang membedakan antara pengujian BOD dan pengujian COD adalah pada oksidasi biokimia, dimana pada BOD proses itu dikerjakan oleh mikroorganisme sedangkan pada COD proses tersebut selaras dengan oksidasi biokimia pada zat organik yang didapatkan melalui kalium dikromat (sebagai oksidan kuat) dalam media yang bersifat asam (Von Sperling, 2015).

Berdasarkan aturan setempat yaitu Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 05 tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah, kadar maksimum COD pada limbah industri tahu sebanyak 275 mg/L.

No.	Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
1.	BOD ₅	150
2.	COD	275
3.	TSS	100

4.	pH	6,0-9,0
----	----	---------

Table 2 Baku mutu air limbah industri tahu

Sumber : Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 05 tahun 2012
Tentang Baku Mutu Air Limbah

2.1.3 TSS (Total Suspended Solid)

Total Suspended Solid atau TSS adalah parameter yang menunjukkan nilai berat lumpur kering yang terkandung pada air limbah sesudah dilakukan penyimpanan dengan membran yang memiliki ukuran 0.45 mikron. Selain itu TSS juga dapat dimengerti sebagai *total solids* yang tersaring atau tidak mampu melewati filter berukuran pori-pori yang telah ditentukan, perhitungan *total solids* itu sendiri dikerjakan sesudah dikeringkan dengan suhu 105°C. Filter *whatman fiber glass* adalah jenis filter yang umumnya dipakai dalam penentuan nilai TSS. Jenis filter tersebut memiliki ukuran pori-pori sekitar 1,58µm (Metcalf dan Eddy 2014).

No.	Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
1.	BOD ₅	150
2.	COD	275
3.	TSS	100
4.	pH	6,0-9,0

Table 3 Baku mutu air limbah industri tahu

*Sumber : Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 05 tahun 2012
Tentang Baku Mutu Air Limbah*

2.2.4 pH

Nilai pH adalah nilai yang digunakan untuk mengukur level asam atau basa suatu larutan. Dengan kata lain nilai pH adalah ukuran kegiatan ion hidrogen pada suatu larutan. Namun, karena didefinisikan dalam besaran yang tidak dapat diukur dengan metode yang valid secara termodinamika, pH hanya dapat didefinisikan sebagai definisi nosional dari pH (Buck, R., Rondinini, et al. 2002).

No.	Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
1.	BOD ₅	150
2.	COD	275
3.	TSS	100
4.	pH	6,0-9,0

Table 4 Baku mutu air limbah industri tahu

*Sumber : Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 05 tahun 2012
Tentang Baku Mutu Air Limbah*

2.2 Bangunan Pengolahan Air Buangan

Bangunan pengolahan air limbah adalah unit-unit yang dibuat dengan tujuan untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan partikel-partikel yang tidak aman bagi lingkungan, menurunkan nilai BOD, menghilangkan organisme kecil penyebab infeksi, menghilangkan atau menurunkan zat beracun atau bahan yang tidak mampu diurai secara alami oleh lingkungan pada air limbah yang dihasilkan suatu industri. Unit pengolahan air buangan terdiri dari tingkatan sebagai berikut :

2.2.1 Pre Treatment

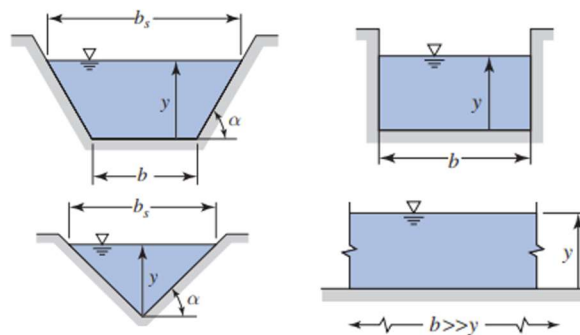
Tahap *pre treatment* adalah bagian paling awal dalam proses pengolahan air limbah. Fokus utama dari pengolahan ini adalah untuk menyaring zat-zat terapung dan zat-zat terendap seperti pasir dan kerikil. Proses itu bertujuan untuk membantu proses pengolahan air limbah berikutnya agar tidak bekerja lebih berat. Selain itu pada tahap ini juga bertujuan untuk mengalirkan limbah cair yang dihasilkan oleh unit-unit produksi menuju ke unit pengolahan limbah cair. Tahap *pre treatment* terdiri dari beberapa unit yaitu :

1. Saluran Pembawa

Saluran pembawa adalah unit yang memiliki fungsi sebagai pengalir air limbah dari unit produksi ke unit-unit pengolahan limbah. Umumnya unit ini terbuat dari dinding dengan bahan beton. Cara kerja dari saluran pembawa sendiri memanfaatkan perbedaan

ketinggian atau beda elevasi antara satu unit dengan unit yang lainnya. Namun, apabila terdapat kondisi dimana saluran pembawa harus diposisikan pada kondisi lahan datar, maka perlu adanya kemiringan/slope (m/m). Ada dua jenis saluran pembawa yaitu :

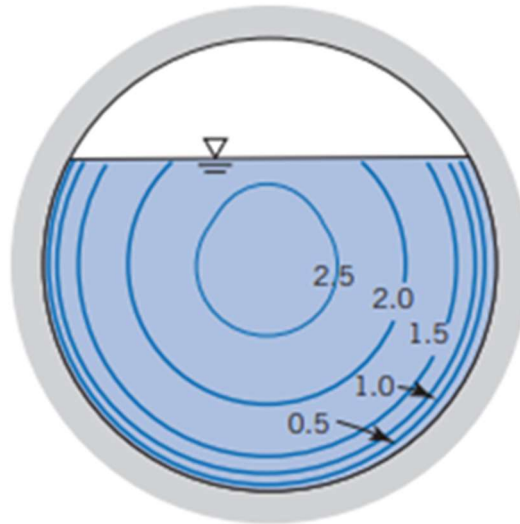
A. *Open channel flow* atau saluran pembawa terbuka. Sistem saluran ini adalah sistem saluran yang membiarkan air limbah yang dialirkan terkena pengaruh dengan atmosfer atau udara sekitar. Jenis sistem saluran ini terdiri dari beberapa bentuk yaitu trapesium, segi tiga, segi empat, setengah lingkaran atau perpaduan dari kombinasi tersebut (Pritchard, 2011).



Gambar 1 Potongan saluran terbuka

Sumber: Pritchard, 2011

B. Pipe flow atau saluran pipa tertutup. Sistem saluran ini sesuai dengan namanya, air limbah yang dialirkan tertutup dari atmosfer atau udara luar. Saluran ini umumnya juga ditanam di dalam tanah yang dinamakan juga dengan sistim sewage. Konsep yang digunakan pada saluran tertutup juga masih sama yaitu dengan memanfaatkan gravitasi.



Gambar 2 Potongan saluran tertutup (pipa)

Sumber: Pritchard, 2011

Yang membedakan antara saluran tertutup dan terbuka adalah bagian permukaan air limbah yang terbuka sehingga akan ada udara pada saluran terbuka, oleh karena itu apabila pada saluran tertutup air limbah yang mengalir di dalam pipa tidak memenuhi pipa, maka rongga-rongga yang ada tersebut akan terisi udara sehingga sifat dan karakter aliran saluran tertutup akan serupa dengan sistem saluran terbuka (Kodoatie dan Sugiyanto 2002).

Nilai kecepatan aliran air limbah pada waktu melewati saluran perlu dicari tahu agar dapat menentukan dimensi saluran yang akan digunakan. Maka rumus yang dapat digunakan sebagai berikut :

$$A = \frac{Q}{v} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

A = luas permukaan saluran pembawa (m²)

Q = debit limbah (m³/s)

v = kecepatan aliran (m/s)

Untuk menghitung dimensi saluran yang memiliki bentuk segi empat atau persegi. Dapat digunakan rumus berikut :

$$A = W \times H \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

A = luas permukaan saluran pembawa (m²)

W = lebar saluran pembawa (m)

H = kedalaman saluran pembawa (m)

Cara agar nilai kedalaman saluran dapat diketahui, maka nilai tinggi air ditambah nilai tinggi freeboard (5-30%).

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, saluran pembawa menggunakan prinsip gravitasi agar air limbah dapat dialirkan. Oleh karenanya dibutuhkan slope atau kemiringan sehingga air limbah dapat mengalir, dan perlu dihitung pula head loss (kehilangan tekanan) yang ada pada saluran. Untuk mencari slope dan head loss saluran pembawa dapat menggunakan rumus berikut :

- *Jari-jari hidrolis*

$$R = \frac{W \times H}{W + (2 \times H)} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

R = jari-jari hidrolis (m)

W = lebar saluran (m)

H = ketinggian air (m)

- *Slope*

$$s = \left(\frac{n \times v}{R^{2/3}} \right)^2 \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

s = slope / kemiringan (m/)

n = koefisien manning

v = kecepatan aliran (m/s)

R = jari-jari hidrolis (m)

- *Head loss*

$$hf = s \times L \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

hf = head loss / kehilangan tekanan (m)

s = slope / kemiringan (m/m)

L = panjang saluran (m)

Adapun kriteriaan perencanaan yang digunakan dalam merancang unit ini adalah sebagai berikut :

- Freeboard = 5 % - 30% (Ven Te Chow. 1959. Open Channel Hydraulics, hal 159. New York, USA: Mc. Graw-Hill Book company, Inc)
- Kecepatan aliran = 0.3 – 0.6 m/s (Metcalf & Eddy, 2003)
- Koefisien Kekasaran pipa = 0,012 – 0,016 (Pipa Beton)

No.	Jenis Saluran	Koefisien Kekasaran Manning (n)
-----	---------------	---------------------------------

1.	Besi Tulang Dilapis	0,014
2.	Kaca	0,010
3.	Saluran Beton	0,013
4.	Bata Dilapis Mortar	0,015
5.	Pasangan Batu Disemen	0,025
6.	Saluran Tanah Bersih	0,022
7.	Saluran Tanah	0,030
8.	Saluran Dengan Dasar Batu dan Tebing Rumput	0,040
9.	Saluran Pada Galian Batu Padas	0,040

Table 5 Koefisien Kekasaran Manning

Sumber : Ven Te Chow. 1959. Open Channel Hydraulics, hal 109. New

York, USA: Mc. Graw-Hill Book company, Inc

2. Bak Penampung

Sesuai dengan namanya bak penampung adalah unit dalam pengolahan limbah yang berfungsi untuk menampung sementara limbah yang dihasilkan dan sebagai unit yang akan menyeimbangkan debit air limbah yang masuk ke dalam proses pengolahan berikutnya. Hal ini dikarenakan limbah yang dihasilkan oleh suatu industri kadang tidak menentu jumlahnya. Oleh karena itu bak penampung akan membuat debit yang masuk ke dalam pengolahan limbah menjadi konstan. Adapun rumus yang dapat

digunakan untuk menghitung volume bak penampung dan lebar bukaan adalah sebagai berikut :

- Volume Bak Penampung

$$V = Q \times td \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

V = Volume bak (m³)

Q = Debit limbah (m³/s)

td = Waktu limbah tinggal di dalam bak (s)

- Lebar Bukaan Kisi

$$V = L \times W \times H \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

V = Volume bak (m³)

L = Panjang bak (m)

W = Lebar bak (m)

H = Kedalaman bak (m), tinggi air ditambah tinggi *freeboard* (m)

3. Screening / Bar Screen

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

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

Umumnya suatu unit *screening* dibuat dari batang logam, kawat berlubang, jeruji atau sebuah *perforated plate* (plat berlubang) yang memiliki bukaan lubang dengan bentuk persegi atau lingkaran. Jenis *screening* yang umum digunakan dalam suatu unit pengolahan limbah ada tiga jenis, yaitu penyaringan kasar (*coarse screen*), penyaringan halus (*fine screen*) dan *microscreen* (Metcalf dan Eddy 2014).

Coarse screen atau saringan kasar adalah jenis saringan yang memiliki bukaan berkisar antara 6 - 150 mm (0.25 -6 inc). Saringan kasar diletakkan pada awal proses. Adapun tipe yang umum digunakan antara lain bar rack atau bar screen, coarse woven-screen, dan comminutor. Bar screen terdiri dari batang

baja yang dilas pada kedua ujungnya terhadap dua batang baja horizontal. Terdapat dua jenis cara yang dapat dilakukan dalam pembersihan suatu coarse screen yaitu secara manual dimana tenaga manusia lah yang membersihkannya sendiri, kedua adalah secara mekanik dimana pembersihan dilakukan dengan mesin (Qasim, 1999).

Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan bar screen, yaitu :

- Kecepatan atau kapasitas rencana.
- Jarak antar bar
- Ukuran bar (batang)
- Sudut inklinasi
- Head loss yang diperbolehkan

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

Parameter	SI Unit
	Metode Pembersihan

	Unit	Manual	Mekanikal
Kecepatan aliran melalui screen	m/det	0,3 – 0,6	0,6 – 1,0
Ukuran Bar (Lebar)	mm	4 - 8	8 - 10
Ukuran Bar (Tebal)	mm	25 - 50	50 - 75
Jarak antar batang	mm	25 - 75	75 - 85
Slope dengan horizontal	° (derajat)	45 - 60	75 - 85
Headloss yang dibolehkan, clogged screen	mm	150	150
Maksimum headloss, clogged screen	Mm	800	800

Table 6 Kriteria Perencanaan Bar Screen

Sumber : Said, 2017

Adapun rumus untuk menghitung dimensi bar screen adalah sebagai berikut (Qasim, 1999) :

- Panjang Bar Screen (sisi miring)

$$\sin\theta = \frac{V^2 - v^2}{2g} \left(\frac{1}{0,7} \right)$$

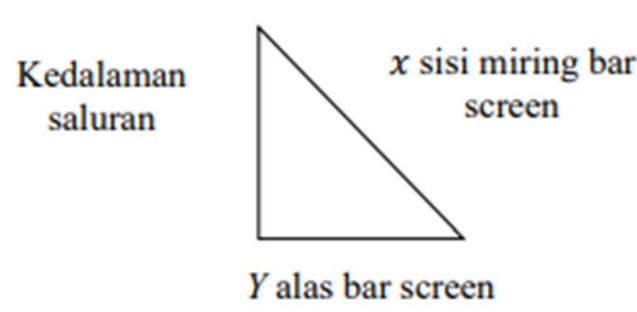
$$x = \frac{t_{saluran}}{\sin\theta}$$

$$x = \frac{t_{saluran}}{\sin\theta}$$

- Lebar bar screen / jarak bar screen

$$\cos\theta = \frac{y}{x}$$

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



Keterangan :

$H_{saluran}$ = kedalaman saluran (m)

x = sisi miring bar screen (m)

y = jarak bar screen (m)

θ = derajat kemiringan bar screen ($^{\circ}$)

Untuk menghitung jumlah kisi dan lebar bukaan kisi dapat menggunakan rumus sebagai berikut (Metcalf & Eddy, 2003).

- Jumlah kisi dan batang :

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

Keterangan :

Ws = lebar bak kontrol (m)

n = jumlah kisi (kisi / buah)

d = lebar antar kisi (m)

r = jarak bukaan (m)

- Lebar Bukaan Kisi :

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

Keterangan :

Wc = lebar bukaan kisi (m)

Ws = lebar bak kontrol (m)

n = jumlah kisi (kisi/buah)

d = lebar antar kisi (m)

- Kecepatan Yang Melalui Bar Screen :

$$v = \frac{Q}{(Wc \times h_{air})}$$

Keterangan :

Wc = lebar bukaan kisi (m)

Ws = lebar bak kontrol (m)

n = jumlah kisi (kisi/buah)

d = lebar antar kisi (m)

Head loss melalui bar screen (rack) dapat dihitung menggunakan rumus berikut (Said,2017) :

$$H_L = \frac{v_i^2 - v^2}{2g} \left(\frac{1}{0,7} \right) \dots\dots\dots(2.8)$$

Selain rumus pada persamaan 2.8, head loss dapat dihitung pula dengan menggunakan rumus *orifice*, yaitu :

$$H_L = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{CA} \right)^2 \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

H_L = headloss melalui bar screen (m)

V_i = kecepatan aliran **sebelum** melewati bar screen (m/detik)

V	= kecepatan aliran pada saat melalui bar screen (m/detik)
w	= lebar cross section maksimum dari bar screen yang menghadap arah aliran (m)
b	= bukaan screen (clear spacing) minimum dari bar (m)
hv	= <i>velocity head</i> dari aliran yang menuju bar (m)
Q	= debit aliran melalui screen (m ³ /detik)
A	= luas efektif bukaan screen yang tercelup (m ²)
C	= koefisien discharge, besarnya 0,6 untuk screen bersih

2.2.2 Primary Treatment

Proses pengolahan ini adalah proses utamanya adalah untuk menghilangkan zat padat tercampur dalam limbah serta menyeimbangkan kadar pH dalam air limbah. Pada tahap ini terjadi proses secara fisika dan kimia. Pada tahap ini ada beberapa tahap pengolahan yaitu :

1. Netralisasi

Netralisasi adalah suatu proses di dalam pengolahan air limbah yang bertujuan untuk menetralkan pH pada air limbah. Netralisasi dilakukan agar pengolahan biologis pada proses pengolahan berikutnya dapat berjalan lancar. Untuk menetralkan pH pada air limbah perlu ditambahkan dengan bahan kimia. Pada air limbah yang memiliki sifat asam, umumnya akan digunakan soda abu dan kapur tohor, sedangkan untuk yang memiliki sifat alkali umumnya

digunakan asam sulfat atau asam klorida. Proses netralisasi ini biasanya dilakukan dengan pengadukan di dalam bak pencampur dengan waktu tinggal berkisar 5-30 menit (Said, 2017).

Dalam proses netralisasi, terdapat dua (2) sistem yang digunakan dalam menjalankan prosesnya. Sistem sistem tersebut diantaranya sebagai berikut (Eckenfelder, 2000).

- Sistem batch biasa digunakan pada air limbah yang memiliki debit lebih kecil dari 380 m³/hari.
- Sedangkan sistem continue membutuhkan pengaturan tingkat keasaman (pH).

Apabila udara diperlukan untuk proses pengadukan, maka aliran udara minimum yang dibutuhkan berkisar antara 1 – 3 ft³ /mm.ft² atau 0,3 – 0,9 m³/mm.m² dengan kedalaman 9 ft (2,7 m). Apabila sistem pengadukan dilakukan secara mekanis, maka daya yang dibutuhkan berkisar antara 0,2 – 0,4 hp/ribu.gal (0,04 - 0,08 kW/m³).

2. Koagulasi-flokulasi

Koagulasi adalah suatu proses kimia yang terjadi pada air limbah yang disebabkan oleh adanya penambahan senyawa kimia tertentu yang dinamakan koagulan. Proses ini bertujuan untuk membuat partikel-partikel koloid dalam air dibuat tidak stabil sehingga akan membuat partikel-partikel tersebut berkumpul dan lebih mudah diproses pada pengolahan selanjutnya (Said, 2017).

Menurut Hammer (1986), terdapat dua gaya yang mempengaruhi stabilitas koloid yaitu :

1. Gaya tarik-menarik antar partikel yang dinamakan gaya Van der Waals.
2. Gaya tolak-menolak antar partikel yang diakibatkan karena muatan listriknya.

Pada proses koagulasi-flokulasi diperlukan adanya zat koagulan. Zat ini berguna untuk menggumpalkan partikel padatan tersuspensi, zat warna, koloid dan lain sejenisnya untuk menjadi sebuah flok (gumpalan partikel besar) (Said, 2017).

Terdapat banyak jenis koagulan yang dapat digunakan dalam proses koagulasi-flokulasi, diantaranya adalah sebagai berikut (Said, 2017) :

1. Aluminium Sulfat (alum) - $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$

Alum merupakan salah satu bahan yang paling sering dipakai dalam pengolahan air limbah. Hal itu disebabkan karena harganya yang ekonomis dan flok yang terbentuk juga stabil. Alum ini bekerja secara optimal di pH pada kisaran 5.5 - 8.5.

2. *Ferro sulfate*

Ferro sulfate merupakan jenis koagulan yang umumnya digunakan bersama dengan kapur untuk menaikkan pH, jadi ion ferro akan mengendap menjadi ferri hidroksida $(Fe(OH))_3$. Jenis koagulan ini maksimal untuk

digunakan pada jenis air limbah yang memiliki alkalinitas, kekeruhan serta DO yang tinggi. Untuk mencapai hasil yang paling optimal, ferro digunakan pada air limbah dengan nilai pH antara 9 - 11.

3. *Ferri Chloride*

Ferri Chloride adalah jenis koagulan yang memiliki rentang penggunaan pada nilai pH yang cukup besar, yaitu antara pH 4 - 9. Jenis ini juga mampu mengendap secara cepat, sehingga efektif untuk menghilangkan warna, bau dan rasa.

Pada proses koagulasi-flokulasi diperlukan adanya zat koagulan. Zat ini berguna untuk menggumpalkan partikel padatan tersuspensi, zat warna, koloid dan lain sejenisnya untuk menjadi sebuah flok (gumpalan partikel besar) (Said, 2017).

Proses koagulasi-flokulasi terdiri dari 2 tahapan. Yang pertama yaitu proses pengadukan cepat. Proses ini terjadi pada bak pencampur cepat (*mixing basin*), dimana koagulan yang diberikan kepada air limbah akan mengkoagulasi partikel-partikel limbah menjadi flok-flok yang kecil/halus dengan cara diaduk secara cepat. Tahap berikutnya adalah proses dimana flok-flok tadi diaduk secara lambat sehingga akan tumbuh menjadi lebih stabil dan besar. Proses tersebut dinamakan flokulasi dan terjadi di bak flokulator.

3. Bak pencampur cepat (*mixing basin*)

Pada *mixing basin*, proses yang terjadi adalah pengadukan cepat untuk membentuk flok-flok kecil. Pengadukan ini sendiri memiliki cara, yaitu :

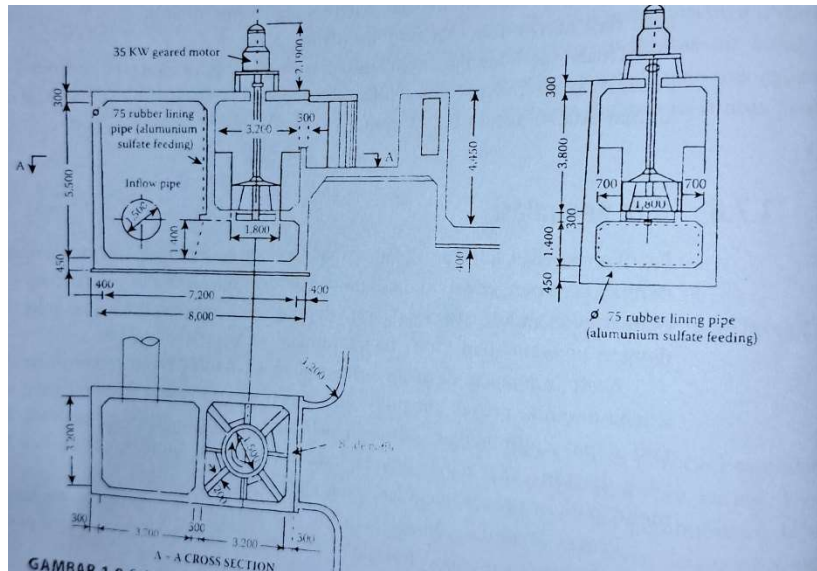
a. Pengadukan Hidrolis

Pengadukan hidrolis adalah pengadukan yang menggunakan energi hidrolis dari aliran air. Pengadukan ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan aliran dalam bak yang disekat secara horizontal ataupun vertikal, teknik ini dinamakan *baffled flow*. Selain itu dapat juga dengan cara membuat aliran turbulen pada sistim perpipaan dengan kecepatan aliran lebih dari 1.5 m/detik. Cara lain yang dapat digunakan adalah dengan *parshall flume* atau dengan menyempitkan melalui *nozzle* (lubang-lubang kecil) (Said, 2017).

b. Pengadukan Mekanis

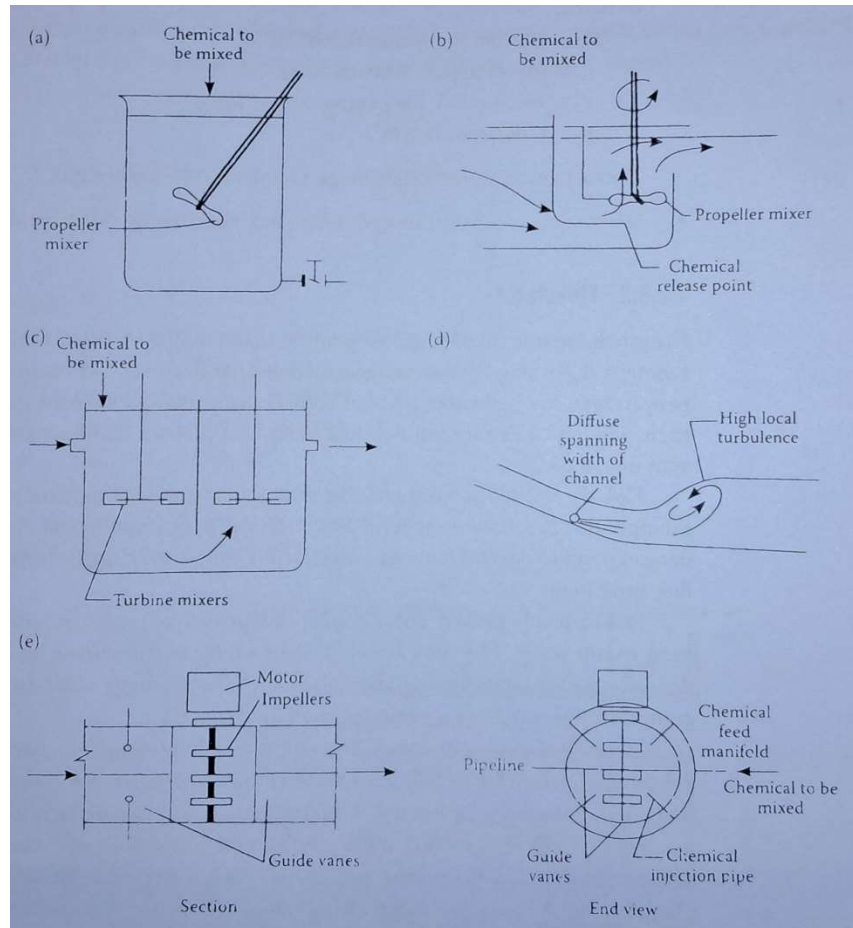
Pada pengadukan secara jenis mekanis ini, tipe yang umumnya dipakai adalah dengan *flush mixer*, yaitu sebuah motor dengan baling-baling sebagai alat pengaduknya (*propeller*) serta *paddle*. Rotasi dari pengaduk tersebut memiliki kecepatan kurang dari 1.5 m/detik. Umumnya waktu pengadukan

dilakukan selama 5-8 menit. Perhatikan gambar di bawah untuk lebih jelasnya.



*Gambar 3 Contoh Pengadukan secara Mekanik
Sumber : Said, 2017*

Cara yang lain yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan *diffusion pump* (pompa difusi). Cara ini akan mendifusikan koagulan ke dalam air limbah, untuk lebih jelasnya bisa melihat skema pada gambar di bawah.



Gambar 4 Metode dan alat pencampur (mixing) : (a) memanfaatkan mixer propeller; (b) memanfaatkan mixer propeller namun pada proses aliran kontinu; (c) menggunakan mixer turbin; (d) menggunakan hydraulic jump; (e) menggunakan in-line mixer

Sumber : Said, 2017

c. Variabel Operasi

Terdapat variabel-variabel operasi yang harus diperhatikan pada proses ini yaitu :

- Gradien Kecepatan

$$G = \left(\frac{P}{V\mu}\right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

G = gradien kecepatan (detik⁻¹)

P = power input, watt (N.m/s)

V = volume bak pencampur cepat (m³)

μ = viskositas (N.s/m²)

Untuk pencampuran cepat nilai G antara 700 – 1000 detik⁻¹.

- Waktu Tinggal : Umumnya antara 1 – 5 menit.

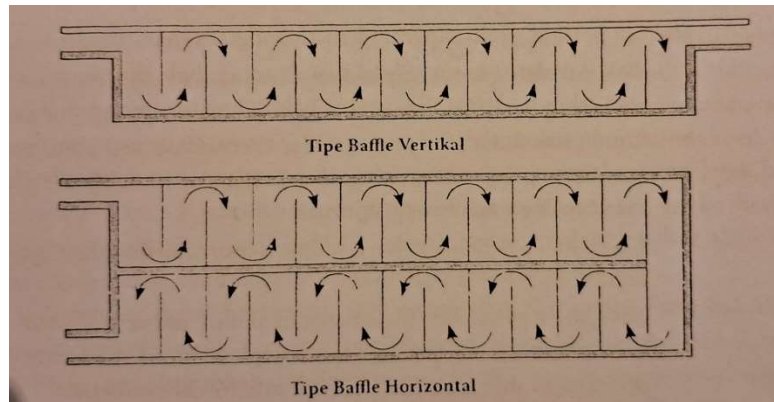
4. Bak Flokulator

Bak flokulator adalah tempat terjadinya pengadukan lambat, dimana tujuan dari pengadukan lambat ini sendiri adalah agar terjadi gerakan air secara perlahan pada air limbah, sehingga partikel-partikel di dalamnya akan berhubungan satu sama lain untuk menjadi bentuk yang lebih stabil dan lebih besar sehingga mudah untuk di proses (**Masduqi dan Assomadi, 2016**). Terdapat dua jenis cara pengadukan yang dapat dilakukan pada bak flokulator yaitu (Said, 2017) :

d. Pengadukan Hidrolis

Cara yang umum digunakan pada pengadukan cara ini adalah dengan menyekat sistem saluran

atau bak dengan penyekat horizontal ataupun vertikal. Lihat gambar di bawah untuk lebih jelas.



Gambar 5 Bak flokulasi tipe baffle

Sumber : Said, 2017

Dalam cara ini gradien kecepatan dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$G = \sqrt{\frac{P}{V\mu}} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$G = \sqrt{\frac{\rho Q H g}{V\mu}} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$T_d = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

- Td = waktu pengadukan
- Q = lanju alir air limbah (m³/s)
- G = gradien kecepatan (detik⁻¹)
- P = power input, watt (N.m/s)
- ρ = densitas air (Kg/m³)
- H = total head loss

V = Volume bak pencampur cepat

μ = Viskositas, N.s/m² (Kg/m.s)

Untuk proses flokulasi yang maksimal harga G umumnya antara 10-75 detik⁻¹.

Head loss in lower bend, h_b

$$H_b = \frac{f_b v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.13)$$

Head loss in overflow, h_0

$$H_0 = \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.14)$$

Frictional head loss in closed conduit, h_c

$$H_c = \frac{L}{C^2 R} v^2 \dots\dots\dots(2.15)$$

$$C^{-2} = \frac{1}{n^2} R^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan :

L = length of route converted

n = coef. of roughness

C = coef. of chezy

R = hydraulic radius

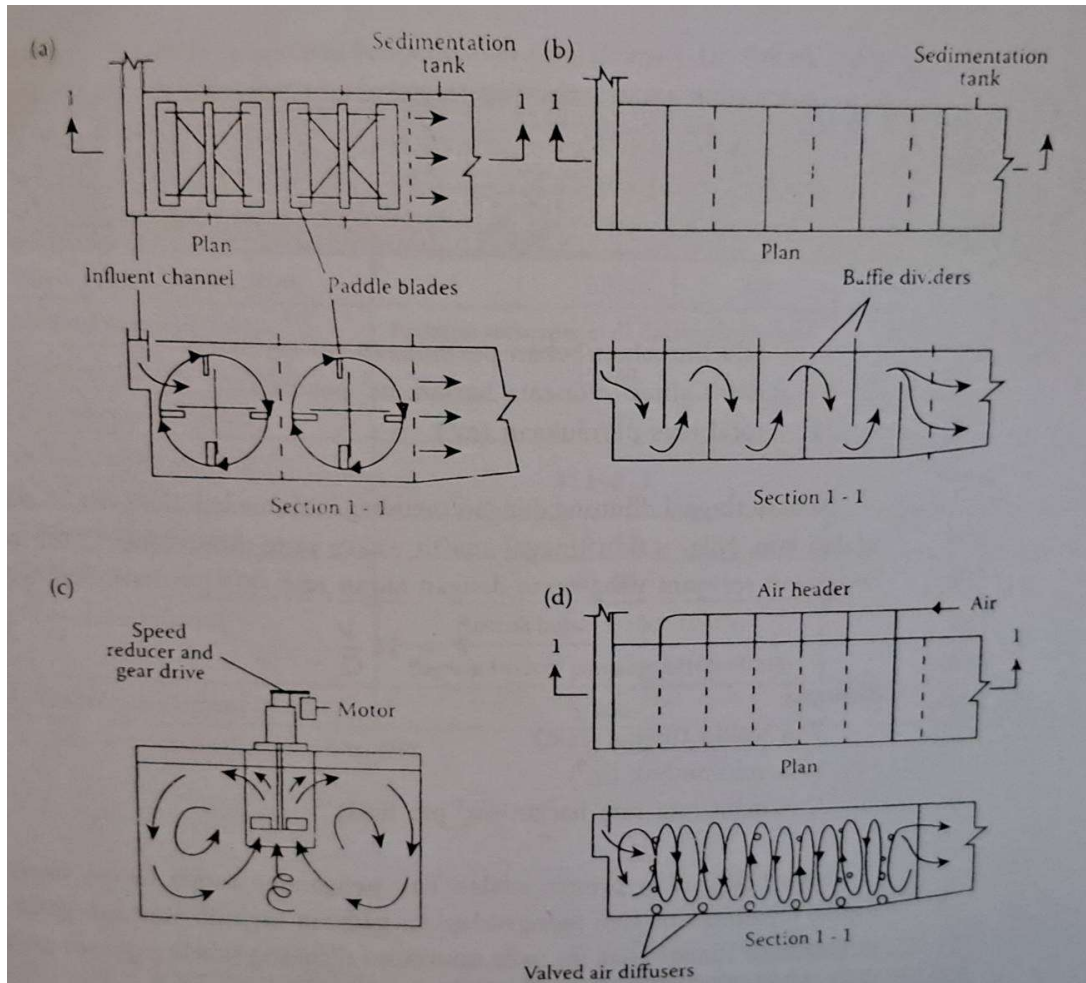
e. Pengadukan Mekanis

Cara yang umum digunakan pada pengadukan cara ini adalah dengan *paddle* yang digerakkan oleh motor.

f. Susunan dan Bentuk Flokulator

Terdapat hal-hal yang harus diperhatikan dalam menentukan susunan dan bentuk bak flokulator (Said, 2017) :

- Bak flokulator wajib diposisikan setelah bak pencampur cepat.
- Bak flokulator yang berbentuk persegi panjang wajib dilengkapi dengan alat pengaduk atau sekat aliran (*baffle flow*) untuk mendapat hasil yang maksimal.
- Kecepatan pengaduk wajib dikontrol agar sesuai dengan kondisi air limbah.
- Kecepatan putar untuk flokulator pada pengadukan dari luar antara 15 – 18 cm/detik, sedangkan pada flokulator tipe aliran dengan sekat memiliki kecepatan rata-rata antara 15 – 30 cm/detik.
- Terdapat beberapa bentuk dari bak flokulator yaitu :



Gambar 6 Beberapa tipe reaktor untuk proses flokulasi

Sumber : Said. 2007

5. Sedimentasi I

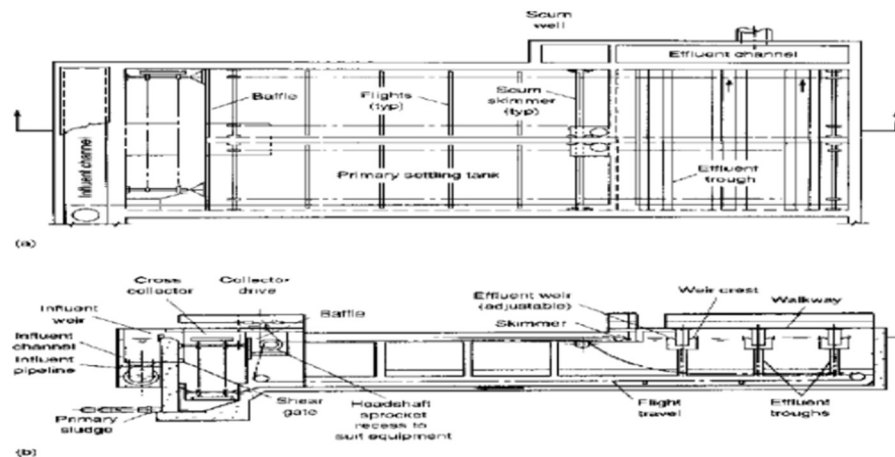
Sedimentasi tipe I adalah proses pengendapan yang berfungsi untuk mengendapkan partikel flokulan dalam suspensi, dengan pengendapan yang terjadi akibat interaksi antar partikel. Selama operasi pengendapan, ukuran partikel flokulan bertambah besar,

sehingga kecepatannya juga meningkat (Ali Masduqi dan Assomadi 2012).

Berdasarkan bentuk unit bangunan sedimentasi tipe I dibagi menjadi berikut :

1. Segi Empat (*Rectangular*)

Pada unit ini, air mengalir horizontal dari inlet menuju outlet, sementara partikel mengendap ke bawah. unit bangunan sedimentasi tipe I memiliki beberapa bagian didalamnya yang dapat dilihat pada Gambar 7 (Metcalf dan Eddy 2003).



*Gambar 7 Unit bangunan sedimentasi I bentuk Rectangular
Sumber : Metcalf and Eddy, 2003*

2. Lingkaran (*Circular*)

Pada unit bangunan sedimentasi tipe I berbentuk circular pola aliran berbentuk aliran radial. Pada tengah-tengah tangki, air limbah masuk dari sebuah unit 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 dan Eddy 2003).

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

Berdasarkan aliran bak sedimentasi dibagi menjadi sebagai berikut (Metcalf dan Eddy 2003) :

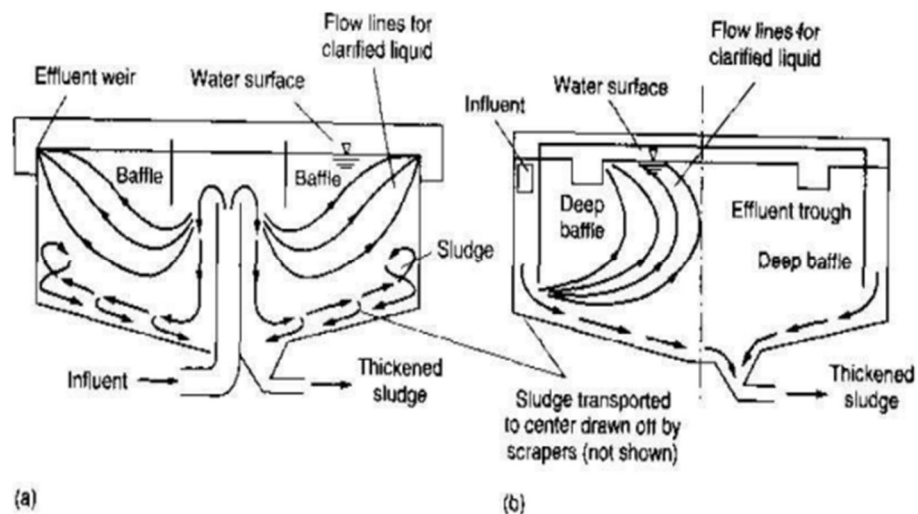
1. Aliran *Center Feed*

Pada unit ini, air masuk melalui pipa menuju inlet bak di bagian tengah unit, kemudian air mengalir horizontal dari inlet menuju outlet di sekeliling unit, sementara partikel mengendap ke bawah. Secara tipikal bak persegi mempunyai rasio panjang : lebar yaitu antara 2 : 1 – 3 : 1.

2. Aliran *Periferal Feed*

Pada bak ini, air masuk melalui sekeliling lingkaran dan secara horisontal mengalir menuju ke outlet di bagian tengah lingkaran, sementara partikel mengendap ke bawah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tipe perifer

feed menghasilkan short circuit yang lebih kecil dibandingkan tipe center feed, walaupun center feed lebih sering digunakan. Secara umum pola aliran pada bak lingkaran kurang mendekati pola ideal dibanding bak pengendap persegi panjang. Meskipun demikian, bak lingkaran lebih sering digunakan karena penggunaan peralatan pengumpul lumpurnya lebih sederhana. Arah aliran periferal feed ini lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.19.



Gambar 8 Unit Bangunan Sedimentasi Tipe I Berbentuk Circular (a) Center Feed, (b) Periferal Feed

Sumber : Metcalf dan Eddy, 2003

Dalam unit bangunan sedimentasi tipe I juga terdapat bagian-bagian tertentu yang memiliki fungsi berbeda satu sama lainnya, bagian-bagian tersebut antara lain (Metcalf dan Eddy, 2003) :

1. Zona Inlet atau struktur influent

Zona inlet mendistribusikan aliran air secara merata pada bak sedimentasi dan menyebarkan kecepatan aliran yang baru masuk. Jika dua fungsi ini dicapai, karakteristik aliran hidrolis dari bak akan lebih mendekati kondisi bak ideal dan menghasilkan efisiensi yang lebih baik. Zona influent didesain secara berbeda untuk kolam rectangular dan circular. Khusus dalam pengolahan air, bak sedimentasi rectangular dibangun menjadi satu dengan bak flokulasi. Sebuah baffle atau dinding memisahkan dua kolam dan sekaligus sebagai inlet bak sedimentasi. Desain dinding pemisah sangat penting, karena kemampuan bak sedimentasi tergantung pada kualitas flok.

2. Zona pengendapan

Dalam zona ini, air mengalir pelan secara horisontal ke arah outlet, dalam zona ini terjadi proses pengendapan. Lintasan partikel tergantung pada besarnya kecepatan pengendapan.

3. Zona lumpur

Dalam zona ini lumpur terakumulasi. Sekali lumpur masuk area ini lumpur akan tetap disana.

4. Zona outlet atau struktur effluent

Seperti zona inlet, zona outlet atau struktur effluent mempunyai pengaruh besar dalam mempengaruhi pola

aliran dan karakteristik pengendapan flok pada unit bangunan sedimentasi tipe I. Biasanya weir/pelimpah dan bak penampung limbah digunakan untuk mengontrol outlet pada unit bangunan sedimentasi tipe I. Selain itu, pelimpah tipe V-notch atau orifice terendam biasanya juga dipakai. Diantara keduanya, orifice terendam yang lebih baik karena memiliki kecenderungan pecahnya sisa flok lebih kecil selama pengaliran dari unit bangunan sedimentasi tipe I menuju filtrasi.

Adapun rumus yang digunakan pada unit pengolahan ini adalah sebagai berikut:

- Surface Area

$$A = \frac{Q}{OFR} \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan :

A = surface area (m²)

Q = debit limbah (m³/s)

OFR = oferflowrate (m³/m²s)

- Volume Unit Bangunan Sedimentasi

$$V = Q \times td \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan :

V = volume (m³)

Q = debit limbah (m³/s)

td = waktu detensi dalam bak (s)

- Kecepatan Pengendapan

$$v_s = \frac{H}{t_d} \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan :

v_s = kecepatan pengendapan (m/s)

H = tinggi bak (m)

t_d = waktu detensi (s)

- Kecepatan Horizontal (v_h)

$$v_h = \frac{Q}{2 \times \pi \times r \times H} \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan :

v_h = kecepatan horizontal (m/s)

r = jari-jari bak (m)

Q = debit limbah (m³/s)

H = tinggi bak (m)

- Bilangan Reynold (N_{Re})

$$N_{RE} = \frac{v_h \times R}{\nu} \dots\dots\dots(2.21)$$

Keterangan :

ν = viskositas kinematis (N.s/m²)

v_h = kecepatan horizontal (m/s)

R = jari-jari hidrolis bak (m)

N_{Re} = bilangan reynold

- Bilangan Froude (N_{Fr})

$$N_{Fr} = \frac{v_h}{\sqrt{g \times R}} \dots\dots\dots(2.21)$$

Keterangan :

NFr = bilangan froud, (Aliran laminer saat Nfr > 10⁵)

vh = kecepatan horizontal (m/s)

g = percepatan gravitasi (m²/s)

R = jari-jari hidrolis unit bangunan (m)

Item	U.S. Customary Units			SI Unit		
	Unit	Rentang	Typical	Unit	Rentang	Typical
Primary Sedimentation Tanks Followed by Secondary Treatment						
Waktu Tinggal	Jam	1,2 - 1,2	2	Jam	1,5 - 2,5	2
Kecepatan Alir :						
Rata-rata	gal/ft ² s	800 - 1.200	1.000	m ³ /m ² s	30 - 50	40
Item	U.S Customary Units			SI Unit		
	Unit	Rentang	Typical	Unit	Rentang	Typical
Puncak	gal/ft ² s	2.000 - 3.000	2.500	m ³ /m ² s	80 - 120	100
Item	U.S Customary Units			SI Unit		
	Unit	Rentang	Typical	Unit	Rentang	Typical
Weir Loading	gal/ft ² s	10.000 - 40.000	20.000	m ³ /m ² s	125 - 500	250

Sedimentasi adalah suatu unit pada pengolahan limbah yang berfungsi untuk menghilangkan materi tersuspensi atau flok kimia secara gravitasi. Bak sedimentasi dapat berbentuk semi empat atau lingkaran. Pada baik ini aliran air sangat tenang untuk memberikan waktu bagi padatan untuk mengendap. Kriteria yang wajib diperhatikan untuk menentukan ukuran bak sedimentasi adalah (Said, 2017) :

- Beban permukaan (*surface loading*).
- Kedalaman bak.
- Waktu tinggal.

Waktu tinggal mempunyai satuan jam dan cara perhitungannya adalah volume tangki dibagi dengan laju alir per hari. Beban permukaan sama dengan laju alir (debit volume) rata-rata per hari dibagi luas permukaan, satuannya m³ per meter persegi per hari (Said, 2017) :

$$V_0 = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan :

V_0 = laju limpahan/beban permukaan (m³/m².hari)

Q = debit aliran rata-rata harian (m³/hari)

A = total luas permukaan (m²)

Waktu tinggal dihitung dengan membagi volume bak dengan laju alir masuk. Satuan dari waktu tinggal adalah jam. Nilai waktu tinggal adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengisi bak dengan

kecepatan yang sama dengan aliran rata-rata per hari. Rumus yang digunakan (Said, 2017) :

$$T = 24 \frac{V}{Q} \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan :

T = waktu tinggal (jam)

V = volume bak (m³)

Q = debit rata-rata harian (m³/hari)

Bak pengendap primer adalah bak pengendap tanpa bahan kimia yang digunakan untuk memisahkan atau mengendapkan padatan organik atau anorganik yang tersuspensi di dalam air limbah. Berikut adalah kriteria desain perencanaan bak sedimentasi/bak pengendapan awal (primer) (Said, 2017) :

Parameter Desain	Harga Besaran	
	Range	Tipikal
Waktu tinggal hidrolik (jam)	1,5 – 2,5	-
Overflow rate (m ³ /m ² .hari)		
Aliran rata-rata	32 – 40	-
Aliran puncak	80 – 120	100

2.2.3 Secondary Treatment

1. Biofilter Anaerob

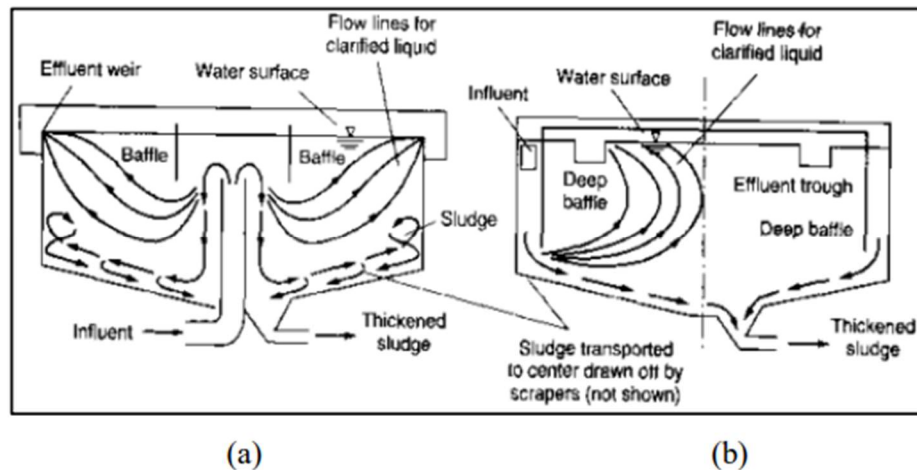
Proses pengolahan air limbah dengan proses biofilter tercelup dilakukan dengan mengalirkan air limbah ke dalam reaktor biologis yang di dalamnya diisi dengan media penyangga untuk mengembangbiakkan mikroorganisme dengan atau tanpa aerasi. Mekanisme proses metabolisme di dalam sistem biofilm secara aerobik dijelaskan pada Gambar 2.2 yang menunjukkan sistem biofilm yang terdiri dari media penyangga, lapisan biofilm yang melekat pada medium, lapisan air limbah dan udara. Senyawa polutan yang ada dalam air limbah, seperti senyawa organik (BOD, COD), ammonia, fosfor, dan lainnya, akan terdifusi ke dalam lapisan atau film biologis yang melekat pada permukaan medium. Pada saat yang bersamaan, dengan bantuan oksigen terlarut, senyawa polutan tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme yang ada pada lapisan biofilm dan energi yang dihasilkan akan diubah menjadi biomasa. Suplai oksigen pada lapisan biofilm pada sistem biofilter tercelup dapat dilakukan dengan menggunakan blower udara atau pompa sirkulasi (Metcalf & Eddy, 2004).

Jika lapisan mikrobiologis cukup tebal, maka pada bagian luar lapisan mikrobiologis akan berada dalam kondisi aerobik, sedangkan pada bagian dalam biofilm yang melekat pada medium akan berada dalam kondisi anaerobik. Pada kondisi anaerobik akan terbentuk gas H₂S, dan jika konsentrasi oksigen terlarut cukup besar, maka gas H₂S yang terbentuk akan diubah menjadi sulfat (SO₄) oleh bakteri sulfat yang ada pada biofilm (Metcalf & Eddy, 2004)..

2. Clarifier

Clarifier adalah pengolahan lanjutan dari pengolahan terdahulu jika banyak zat tertentu yang masih berbahaya bagi

lingkungan. Pengolahan ini merupakan pengolahan khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah khusus, seperti mengandung fenol, nitrogen, fosfat dan bakteri patogen lainnya. Clafier sama dengan bak pengendap pertama. Hanya saja clarifier biasa digunakan sebagai bak pengendap kedua setelah proses biologis.



Gambar 9 Influent pipa dalam unit clarifier (a) di tengah (b) di samping
 Sumber: (Metcalf & Eddy, 2004)

Dalam tangki melingkar, pola alirannya radial (berlawanan dengan horizontal). Untuk mencapai pola aliran radial, air limbah yang akan disetel dapat dimasukkan di tengah atau di sekitar pinggiran tangki, seperti yang ditunjukkan pada Gambar di atas. Kedua konfigurasi aliran bisa digunakan, meskipun tipe influent tengah lebih umum, terutama untuk pengolahan primer. Dalam desain influent tengah (lihat a), air limbah diangkut ke pusat tangki dalam pipa yang digantungkan dari jembatan, atau dibungkus dengan beton di bawah lantai tangki (Metcalf & Eddy, 2004).

Di tengah tangki, air limbah memasuki sumur melingkar yang dirancang untuk mendistribusikan aliran secara merata ke segala arah. Sumur tengah memiliki diameter biasanya antara 15 dan 20 persen dari diameter tangki total dan kedalaman berkisar dari 1 hingga 2,5 m. Air limbah mengalir secara spiral di sekitar tangki dan

di bawah baffle, dan cairan yang telah dijernihkan disaring melewati pelimpah/weir di kedua sisi.

Tangki melingkar dengan diameter 3,6 hingga 9 m memiliki peralatan penghilang padatan (scraper) didukung pada balok yang membentang tangki. Tangki berdiameter 10,5 m dan lebih besar memiliki dermaga pusat yang mendukung mekanisme dan dicapai dengan jembatan.

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). Adapun rumus-rumus yang digunakan pada unit clarifier antara lain :

- Kecepatan pengendapan partikel (v_s)

$$v_s = \frac{H}{t_d}$$

Dengan :

v_s = kecepatan pengendapan (m/s)

H = tinggi clarifier (m)

t_d = waktu detensi (s)

- Diameter partikel (D_p)

$$D_p = \sqrt{\frac{v_s \times 18 \times \nu}{g(S_s - 1)}}$$

Dengan :

v_s = kecepatan pengendapan (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

ν = viskositas kinematis (m²/s)

S_s = specific gravity

- Kecepatan horizontal di bak (V_h)

$$v_h = \frac{Q_{in}}{\pi \times D \times H}$$

Dengan :

V_h = kecepatan horizontal (m/s)

Q_{in} = debit yang masuk ke clarifier (m^3/s)

D = diameter clarifier (m)

H = tinggi clarifier (m)

2.2.4 Tertiary Treatment

1. Sludge Drying Bed

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

Pengeluaran air lumpur dilakukan melalui media pengering secara gravitasi dan penguapan sinar matahari. Lumpur yang berasal dari pengolahan air limbah secara langsung tanpa proses pemekatan terlebih dahulu dapat dikeringkan dengan drying bed. Bak pengering berupa bak dangkal berisi media penyaring pasir dan batu kerikil sebagai penyangga pasir, serta saluran air tersaring (filtrat) di bagian bawah bak. Pada bagian dasar bak pengering dibuat saluran atau pipa pembuangan air (drain). Media penyaring merupakan bahan yang memiliki pori besar untuk ditembus air. Pasir, ijuk, dan kerikil merupakan media penyaring yang sering digunakan.

Pengurangan kandungan air dalam lumpur menggunakan sistem pengeringan alami dengan matahari, maka air akan keluar melalui saringan dan penguapan. Pada mulanya keluarnya air melalui saringan berjalan lancar dan kecepatan pengurangan air tinggi, tetapi jika bahan penyaring (pasir) tersumbat maka proses pengurangan air hanya tergantung kecepatan penguapan. Kecepatan pengurangan air pada bak pengering lumpur seperti ini bergantung

pada penguapan dan penyaringan, dan akan sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca seperti suhu, kelembaban, kecepatan angin, sinar matahari, hujan, ketebalan lapisan lumpur, kadar air, sifat lumpur yang masuk dan struktur kolam pengeringan (Metcalf & Eddy, 2004).

2.3 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 berikut :

Sedimentasi			
No.	Parameter	% Removal	Berdasarkan Metcalf & Eddy. 2004. Wastewater Engineering Treatment and Reuse, 4th Edition, hal. 497
1	BOD	60%	Persen Removal TSS = 80% - 90%
2	COD	42%	Persen Removal BOD = 50% - 80%
3	TSS	80%	Berdasarkan Song, Z., Williams, C. J. M., & Edyvean, R. G. J. (2000). Technical Note Sedimentation of Tannery Wastewater. 34(7), 2171 – 2176 Reuse, 4th Edition, hal. 497
4	pH	0%	Persen Removal COD = 42%

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 :

2.4.1 Headloss pada Bangunan Pengolahan

Untuk membuat profil hidrolis perlu perhitungan kehilangan tekanan pada bangunan. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air di dalam bangunan pengolahan. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan ada beberapa macam, yaitu :

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

2.4.2 Headloss pada Perpipaan dan Aksesori

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

- a. Kehilangan tekanan pada perpipaan
Cara yang mudah dengan monogram “Hazen William”
Q atau V diketahui maka S didapat dari monogram. b.
- b. Kehilangan tekanan pada aksesoris
Cara yang mudah adalah dengan mengekivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga

digunakan monogram untuk mencari panjang ekuivalen sekaligus $S. c.$

c. Kehilangan tekanan pada pompa

Bisa dihitung dengan rumus, grafik karakteristik pompa serta dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis pompa, cara pemasangan dan sebagainya.

2.4.3 Tinggi Muka Air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan, sehingga 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 pada 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.