



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Limbah Industri Minuman Ringan

Minuman ringan (*soft drink*) adalah minuman olahan dalam bentuk bubuk atau cair yang mengandung bahan makanan atau bahan tambahan baik alami maupun sintetik dan tidak memiliki kandungan alkohol. Minuman ringan terdiri dari dua jenis diantaranya minuman ringan dengan karbonasi (*carbonated soft drink*) dan minuman ringan tanpa karbonasi. Minuman ringan dengan karbonasi dibuat dengan mengabsorpsikan karbondioksida kedalam air minum. Adapun bahan utama maupun tambahan dalam minuman ringan antara lain :

- a. Bahan makanan alami meliputi buah-buahan, daun-daunan, akar-akaran dll.
- b. Bahan makanan sintetik meliputi sari kelapa, vitamin dan stimulan
- c. Tambahan lainnya meliputi: perisa rasa, perisa sam, perisa aroma, pewarna, garam, pengawet, pemanis dll.

Sumber limbah industri minuman ringan (*soft drink*) berasal dari proses industri seperti pencucian botol, mesin filter, crutler, sisa teh yang terikut dalam botol bekas dan air limbah dari unit demineralizer (Moenir, Misbachul dkk, 2014). Sumber limbah lain berasal dari kejadian tak terduga meliputi tumpahan atau ceceran sirup atau cairan selama proses pengadukan, pembotolan dan pengalengan. Larutan sirup memiliki kandungan BOD yang tinggi dengan kandungan gula terlarut. Karakteristik Industri Minuman Ringan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan / Atau Kegiatan Industri Minuman Ringan sebagai berikut :

2.1.1 Derajat Keasaman (pH)

pH (Power of Hydrogen) menunjukkan adanya konsentarsi ion hydrogen dalam air yang dapat menjelaskan derajat keasaman suatu perairan. Air yang biasanya digunakan untuk minum artinya netral memiliki pH = 6-9. Air dalam

kondisi basa memiliki pH air pada rentang 7 – 14. Sedangkan asam akan ada pada rentang pH 0 – 7 (Effendi, 2003).

Untuk proses pengolahan limbah cair, tingkat keasaman (pH) yang boleh dikeluarkan menuju badan air biasanya berada pada rentang antara 6,5 sampai 8,5. pH dapat diukur dengan alat pH meter dan kertas pH beserta indikator warna pH yang dijadikan patokan (Metcalf & Eddy, 2004). Kandungan pH yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat memperburuk emulsifikasi minyak dalam air.

Kandungan pH pada air limbah industri minuman ringan ini adalah 5,1, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan pH yang di perbolehkan dibuang ke lingkungan berkisar dalam 6,0-9,0 (Permen LHK No. 05 Tahun 2014).

2.1.2 Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak sebenarnya mirip, minyak dan lemak merupakan bahan (*ester*) dari alkohol atau gliserol (*gliserin*) dengan asam lemak. Gliseride asam lemak yang cair dan temperaturnya normal merupakan minyak, sedangkan yang padat merupakan lemak. Jika minyak tidak dihilangkan sebelum air limbah diolah, dapat mengganggu kehidupan biologis di permukaan perairan permukaan dan membuat lapisan tembus cahaya. Ketebalan minyak yang diperlukan untuk membentuk sebuah lapisan tembus cahaya di permukaan badan air sekitar 0,0003048 mm (0,0000120 in) (Metcalf & Eddy, 2004).

Lemak tergolong pada benda organik yang tetap dan tidak mudah untuk diuraikan oleh bakteri. Sebagai petunjuk dalam mengelola air. Keberadaan minyak dan lemak dalam suatu badan air akan menghambat pelarutan oksigen dari udara ke dalam badan air.

Kandungan minyak lemak pada air limbah industri minuman ringan ini adalah 12 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan minyak lemak yang di perbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 6 mg/L (Permen LHK No. 05 Tahun 2014).

2.1.3 Total Suspended Solid (TSS)

TSS (*Total Suspended Solids*) merupakan total padatan yang dapat disaring (*filterable residu*) terdiri dari bahan-bahan organik. Filter yang paling

umum digunakan untuk pengukuran TSS yaitu *Whatman glass fiber filter* dengan ukuran pori 1,58 μm . Sedangkan TSS sendiri adalah residu yang tersisa setelah air limbah diuapkan dan dikeringkan dengan suhu tertentu (103–105°C) (Metcalf & Eddy, 2004).

Padatan tersuspensi merupakan senyawa bentuk padat yang berada dalam kondisi tersuspensi dalam air. Padatan tersebut kemungkinan berasal mineral - mineral misalnya pasir yang sangat halus, silt, lempung, atau berasal dari zat organik asam vulvat yang merupakan hasil penguraian jasad tumbuh-tumbuhan atau binatang yang telah mati. Di samping itu, padatan tersuspensi ini dapat berasal dari mikroorganisme misalnya plankton, bakteri, alga, virus, dan lain lainnya. Semua elemen-elemen tersebut umumnya menyebabkan kekeruhan atau warna dalam air (Said, 2017).

Kandungan TSS pada air limbah industri minuman ringan ini adalah 115 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan TSS yang di perbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 30 mg/L (Permen LHK No. 05 Tahun 2014).

2.1.4 Biological Oxygen Demand (BOD)

BOD (Biological Oxygen Demand) adalah banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri aerobik melalui proses biologis (biological oxidation) secara dekomposisi aerobik. Angka BOD menggambarkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) hamper semua senyawa organik yang terlarut dan yang sebagian tersuspensi di dalam air (Atima, 2015).

BOD dinyatakan dengan BOD5 hari pada suhu 20°C dalam mg/L atau ppm. Agar bahan-bahan organik dapat dipecah secara sempurna pada suhu 20°C dibutuhkan waktu lebih dari 20 hari, tetapi agar lebih praktis diambil waktu lima hari sebagai standar. Inkubasi 5 hari tersebut hanya dapat mengukur kira-kira 68% dari total BOD. Pemeriksaan BOD5 diperlukan untuk menentukan beban pencemaran terhadap air buangan domestik atau industri, serta untuk mendesain sistem pengolahan limbah biologis (Sawyer & McCarty, 1978).

Kandungan BOD pada air limbah industri minuman ringan ini adalah 989 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan BOD yang di perbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 50 mg/L (Permen LHK No. 05 Tahun 2014).

2.2 Bangunan Pengolahan Air Buangan

Bangunan pengolahan air limbah harus dirancang dengan baik agar dapat menurunkan beban pencemar secara efektif. Menurut (Sugiharto, 1987), dalam proses pengolahan air limbah dibagi menjadi empat tahapan yaitu:

2.2.1 Pengolahan Pendahuluan (*Pre Treatment*)

Proses pengolahan pendahuluan merupakan proses pengolahan awal secara fisik yang dilakukan untuk membersihkan dan menghilangkan sampah terapung yang berukuran besar atau sedang dari pasir agar mempercepat proses pengolahan selanjutnya. Adapun tujuan pengolahan ini menyortir kerikil, lumpur, menghilangkan zat padat, dan memisahkan lemak. Selain itu pre treatment juga berfungsi untuk memindahkan atau menyalurkan air limbah dari unit operasi produk industri yang menghasilkan limbah. Unit proses pengolahannya meliputi :

2.2.1.1 Saluran Pembawa

Saluran pembawa adalah unit yang berfungsi untuk mendistribusikan air limbah menuju unit pengolahan selanjutnya. Saluran pembawa memiliki 2 jenis yaitu saluran terbuka dan tertutup (pipa). Saluran terbuka biasanya terbuat dari beton dan memiliki bentuk persegi, trapesium maupun setengah lingkaran. Perencanaan saluran pembawa selalu memerhatikan beda ketinggian atau perbedaan elevasi antara bangunan yang satu dengan bangunan yang lainnya. Apabila saluran pembawa ini di atas lahan yang datar, maka diperlukan kemiringan/slope (m/m). Saluran pembawa yang baik adalah saluran yang setiap 10 m memiliki bak kontrol. Ada beberapa macam bentuk dari saluran terbuka, diantaranya trapesium, segitiga, segi empat, setengah lingkaran, ataupun kombinasi dari bentuk tersebut. Jenis-jenis saluran pembawa seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 (a) Saluran Terbuka (b) Saluran Tertutup

Sumber : <https://images.app.goo.gl/AThBkukoGnLfGzDr8> dan <https://images.app.goo.gl/KQViLewwCHwUNLJu7>

Saluran terbuka (open channel flow) adalah sistem saluran yang permukaannya terpengaruh dengan udara luar (atmosfer). Ada beberapa macam bentuk dari saluran terbuka, di antaranya trapesium, segi empat, segitiga, setengah lingkaran, ataupun kombinasi. Karena terbuka sehingga terdapat kontak dengan udara langsung. Saluran terbuka memerlukan tempat yang luas dan biasanya digunakan untuk drainase air hujan atau limbah yang tidak membahayakan kesehatan dan lingkungan (Wesli, 2008).

Saluran tertutup (pipe flow) adalah sistem saluran yang permukaannya tidak terpengaruh dengan udara luar (atmosfer). Konstruksi saluran tertutup terkadang ditanam pada kedalaman tertentu di dalam tanah yang disebut dengan sistem sewerage. Namun walaupun tertutup, alirannya tetap mengikuti gravitasi yaitu aliran pada saluran terbuka. Saluran tertutup dapat menggunakan pipa dengan memperhatikan bahan yang digunakan dengan karakter limbah yang dihasilkan (Wesli, 2008).

Perbedaan mendasar antara aliran pada saluran terbuka dan saluran tertutup (pipa) adalah adanya permukaan yang bebas yang (hampir selalu) berupa udara pada saluran terbuka. Pipa yang alirannya tidak penuh sehingga masih ada rongga yang berisi udara maka sifat dan karakteristik alirannya sama dengan aliran pada saluran terbuka (Kodoatie & Sugiyanto, 2002). Cara kerja dari unit pengolahan ini adalah air limbah dari proses produksi dialirkan menuju bak

penampung melalui saluran pembawa. Berikut adalah kriteria perencanaan dan rumus yang digunakan dalam merancang bangunan ini.

1. Kriteria Perencanaan

Adapun kriteria perencanaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a. Freeboard = 5 % - 30%
- b. Kecepatan Aliran (v) = 0.3 – 0.6 m/s

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

- c. Slope Maksimal (S) = <0,001 m/m

(Sumber : EPA – Storm Water Management Model User’s Manual Version 5.0, Halaman 165.)

- d. Freeboard (F_b) = 5-30%

(Sumber : Chow, Ven Te. 1959. Open Channel Hydraulics. NewYork, USA: Mc. Graw-Hill Book company, Inc. Halaman 159.)

- e. Koefisien Kekasaran Pipa = 0.002 – 0.012 (Pipa Plastik Halus)

Tabel 2.1 Koefisien Kekasaran Manning

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

Sumber: Kamiana, 2019, Hidraulika II, Tabel 4.2 Harga koefisien manning

2. Rumus yang Digunakan

Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk merencanakan saluran tertutup (pipa) sebagai berikut.

a. Luas Permukaan (A)

$$A = \frac{Q \text{ (m}^3/\text{s)}}{v \text{ (m/s)}}$$

Keterangan :

A = Luas permukaan saluran pembawa (m^2)

Q = Debit limbah (m^3/s)

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

(Sumber : Chow, 1959. Open Channel Hydraulics, Mc. Graw-Hill Book Company, Inc. Hal 5.)

b. Diameter Pipa Inlet (D)

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

$$D = \sqrt{\frac{(4 \times A \text{ m}^2)}{\pi}}$$

Keterangan :

A = Luas permukaan saluran pembawa (m^2)

D = Diameter pipa (m)

c. Cek Kecepatan (v)

$$v = \frac{Q \text{ (m}^3/\text{detik)}}{A \text{ (m}^2)}$$

Keterangan:

A = Luas permukaan saluran pembawa (m^2)

Q = Debit limbah (m^3/detik)

v = Kecepatan alir fluida dalam saluran pembawa (m/detik)

d. Jari-jari Hidrolis (R)

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

Keterangan :

R = jari – jari hidrolis (m)

D = diameter pipa (m)

e. Headloss Sepanjang Pipa (H_f)

$$H_f = \left(\frac{10,67 \times Q^{1,85} (m^3/s)}{C^{1,85} \times D^{4,87} (m)} \right) \times L (m)$$

Keterangan :

Q = debit limbah (m^3/s)

S = kemiringan pipa (m/m)

D = diameter pipa (m)

L = panjang pipa (m)

C = koefisien kekerasan pipa dari Hazen William

f. Slope Pipa (S)

$$S = \frac{H_f (m)}{L (m)}$$

Keterangan :

S = kemiringan pipa (m/m)

H_f = kehilangan tekanan pipa (m)

L = panjang pipa (m)

2.2.1.2 Screening atau Bar Screen

Screen digunakan untuk menghilangkan kotoran kasar (seperti potongan kain, padatan, dan ranting), yang mungkin merusak pompa atau menyumbat pipa dan saluran hilir (Droste, 1997). Padatan kasar yang lolos dapat menyebabkan kerusakan alat pengolah limbah, mengurangi efektifitas pengolahan sehingga biaya pengolahan meningkat dan adanya kontaminasi pada aliran air. Secara umum screen dibedakan berdasarkan jenis saringannya yaitu saringan kasar dan halus. Biasanya pada saringan kasar menggunakan pembersihan secara manual, sedangkan untuk saringan halus menggunakan pembersihan mekanis (Said, 2007).

Berdasarkan jenis saringannya berikut adalah tipe tipe Screening (Metcalf & Eddy, 2003) :

a. *Fine Screen* (Saringan Halus)

Saringan halus digunakan untuk menyaring partikel dengan ukuran bukaan 2,3-6 mm. Biasanya digunakan untuk pengolahan pendahuluan (*pre-treatment*) maupun pengolahan pertama atau utama (*primary treatment*). *Fine Screen* terdiri

dari fixed dan movable Screen. *Fixed screen* atau *static* dipasang secara permanen dalam posisi vertikal, miring, atau horizontal, dan harus dibersihkan dengan garu, gigi, atau sikat. Pada *movable screen* pembersihan dilakukan secara terus menerus selama pengoperasian (Qasim, 1985). Dalam beberapa tahun terakhir yang digunakan untuk meningkatkan limbah dari instalasi pengolahan sekunder jenis *fine screen* dikembangkan menjadi jenis ayakan kawat (*static wedgewire*), drum putar (*rotary drum*) dan anak tangga (*step type*) (Metcalf & Eddy, 2003).



Gambar 2.2 Ayakan Kawat (*Static Wedgewire*)

Sumber : <http://bdiscreens.com/images/sieve2-lrg.jpg>



Gambar 2.3 Drum Putar (*Rotary Drum*)

Sumber : https://wamgroup.co.id/getattachment/ebf2f27c-cf5d-4a7a-a3a8-4525fbe37bc0/SGR_1.aspx?width=1800



Gambar 2.4 Anak Tangga (Step Type)

Sumber : <https://esmil.eu/wp-content/uploads/2020/03/ekoton-step-screen-04.jpg>

Tabel 2.2 Persen Removal Fine Screen

Jenis Screen	Luas Permukaan		% Removal	
	Inch	mm	BOD (%)	TSS (%)
Fixed Parabolic	0,0625	1,6	5-20	5-30
Rotary Drum	0,01	0,25	25-50	25-35

Sumber : Metcalf & Eddy. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*

4th edition,. New York: McGraw-Hill Companies, Inc

Tabel 2.3 Klasifikasi Fine Screen

Jenis Screening	Klasifikasi Ukuran	Ukuran		Pengunaan	Bahan Screen
		in	mm		
Miirng (diam)	Sedang	0,01-0,1	0,025-2,5	Pengolahan Primer	Ayakan kawat terbuat dari stainless steel
Drum (berputar)	Kasar	0,1-0,2	2,5-5	Pengolahan Pendahuluan	Ayakan kawat terbuat dari stainless steel
Jenis Screen	Sedang	0,01-0,1	0,25-2,5	Pengolahan Primer	Ayakan kawa terbuat dari stainless steel
	Halus		6-35 μ	Meremova	Stainless steel dan

				residual dari suspended solid sekunder	kain polyester
Horizontal Reciprocating Tangential	Sedang	0,06-0,17	1,6-4	Gabungan dengan saluran air hujan	Batangan stainless-steel
	Halus	0,0475	1200 μm	Gabungan dengan saluran pembawa	Jala-jala yang terbuat dari stainless-steel

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

b. *Mircoscreens*

Mircoscreens merupakan saringan yang berukuran kurang dari 0.5 μm digunakan untuk zat atau material yang mengapung, alga, dan lainnya yang berukuran kecil. Bentuk *mircoscreens* dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 *Microscreen*

Sumber : <http://www.filtramas.com/wpcontent/uploads/2018/05/Microtamiz.jpg>

Tabel 2.4 Klasifikasi Micro Screen

No	Bentuk Kisi	B
1.	Segi empat sisi runcing	2,42
2.	Segi empat sisi bulat runcing	1,83
3.	Segi empat dengan sisi bulat	1,67

4.	Segi empat dengan sisi bulat	1,79
5.	Segi empat dengan sisi bulat	0,76

Sumber : Qasim, S. R. 1999. *Wastewater Treatment Plants (Second Edi)*. Florida:

CRC Press LLC

c. *Coarse Screen* (Saringan Kasar)

Coarse screen memiliki ukuran 6 – 150 mm digunakan untuk pelindung pompa, katup, saluran pipa, dan peralatan lainnya dari penyumbatan dan kerusakan. *Coarse screen* digunakan pada pengolahan pertama. Jenis bahan yang digunakan pada *coarse screen* adalah *bar racks* (bar screen), anyaman kasar saringan dan kominutor (Qasim, 1985). Pembersihan pada saringan kasar dapat dilakukan secara manual dan mekanis. Pembersihan secara manual biasanya dilakukan pada industri kecil maupun sedang. Penyaringan dilakukan oleh baja yang diletakkan dan dipasang melintang arah aliran seperti Gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Coarse Screen* (Saringan Kasar)

Sumber : <https://www.equipwater.com/wp-content/uploads/2019/12/manual-bar-screen-equipwater.jpg>

Tabel 2.5 Kriteria Perencanaan *Coarse Screen*

Parameter	U.S Customary Units			SI Units		
	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	25 – 30
Kemiringan	o	30-45	0-30	o	30 – 45	0-30

terhadap vertical						
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	6 – 24	m	150	150 - 600

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

Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk merencanakan fine screen sebagai berikut :

1. Menghitung bak kontrol

a. Menghitung volume bak

$$Q = \frac{V (m^3/s)}{t (s)}$$

$$V = Q (m^3/s) \times t (s)$$

Keterangan :

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

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

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

b. Volume bak (V)

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

Keterangan :

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

$$L = \text{Panjang bak kontrol } (m)$$

$$B = \text{Lebar bak kontrol } (m)$$

$$H = \text{Kedalaman bak kontrol } (m)$$

c. Menghitung kecepatan air pada bak kontrol

$$V = \frac{A (m^2)}{Q (m^3/s)}$$

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

Keterangan :

$$D = \text{Diameter pipa } (m)$$

$$A = \text{Luas permukaan saluran pembawa } (m^2)$$

Q = Debit limbah (m^3/s)

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

d. Menentukan h air dari kedalaman bak control

Hbak kontrol/total = H air + Freeboard

Freeboard = %Freeboard \times H air

Keterangan :

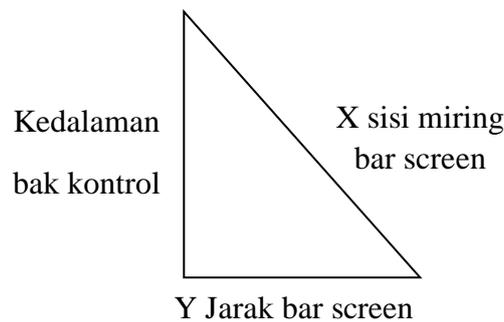
Hbak kontrol/total = Kedalaman bak kontrol yang direncanakan (m)

Hair = Tinggi air yang melalui Bar Screen (m)

Freeboard = Ruang kosong untuk antisipasi luapan

2. Menghitung dimensi bar screen

a. Menghitung panjang bar screen



Panjang bar screen (sisi miring)

$$\sin \theta = \frac{\text{Hbak kontrol/total}}{x}$$

$$x = \frac{\text{Hbak kontrol/total}}{\sin \theta}$$

Lebar bar screen / jarak bar screen

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

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

Keterangan :

Hbak kontrol/total = Kedalaman bak kontrol yang direncanakan (m)

x = Sisi miring bar screen (m)

y = Jarak bar screen (m)

θ = Derajat kemiringan bar screen ($^\circ$)

b. Menentukan jumlah kisi dan batang

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

Jumlah batang = Jumlah kisi (n) – 1

Keterangan :

Ws = Lebar bak kontrol (m)

n = Jumlah kisi (kisi / buah)

d = Lebar antar kisi (m)

r = Jarak bukaan (m)

c. Menentukan lebar bukaan kisi

Wc = Ws – (n x d)

Keterangan :

Wc = Lebar bukaan kisi (m)

Ws = Lebar bak kontrol (m)

n = Jumlah kisi (kisi / buah)

d = Lebar antar kisi (m)

d. Kecepatan yang melalui bar screen

$$V_i = \frac{Q (m^3/s)}{W_c (m) \times h (m)}$$

Keterangan :

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

Q = Debit limbah (m³/s)

W_c = Lebar bukaan kisi (m)

h = Kedalaman bak kontrol (m)

e. Headloss pada bar screen

$$H_f = \frac{1}{2g (m^2/s)} \times \left(\frac{Q (m^3/s)}{c \times A (m^2)} \right)^2$$

Keterangan :

A = Luas permukaan saluran pembawa (m²)

Q = Debit limbah (m³/s)

g = Percepatan gravitasi (m²/s)

c = Koefisien finescreen (0,6)

2.2.1.3 Bak Penampung

Bak penampung merupakan unit penyeimbang dimana debit dan kualitas limbah yang akan menuju unit selanjutnya harus sudah dalam kondisi konstan. Bak penampung akan menampung sementara air limbah pada periode waktu tertentu dan mengalirkan air dari bangunan ke bangunan pengolahan air limbah lainnya. Bak penampung dimanfaatkan ketika ada pembersihan atau perbaikan unit yang membutuhkan waktu lama atau mengharuskan proses pengolahan limbah dihentikan, maka limbah dari industri dapat disimpan pada bak penampung. Cara kerja dari unit pengolahan ini adalah, ketika air limbah yang sudah dialirkan melalui saluran pembawa, maka selanjutnya air limbah dialirkan menuju bak penampung agar debitnya konstan.

Gambar 2.7 Bangunan Bak Penampung



Sumber : <https://effo-consulting.com/wp-content/uploads/2020/08/POPAL.jpg>

Berikut ini adalah kriteria perencanaan dan rumus yang digunakan untuk merencanakan Bak Penampung sebagai berikut :

1. Kriteria Perencanaan

- a. Waktu detensi = >2 jam

(Sumber : Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment & Reuse, Fourth Edition : Halaman 344.)

- b. Kecepatan aliran (V) = $0,3 - 0,6$ m/s

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

c. Free board = 5% – 30% Hair

(Sumber : Chow, Ven Te. 1959. Open Channel Hydraulics. New York, USA: Mc. Graw-Hill Book company, Inc. Halaman 159.)

d. Tebal dinding = 20 cm

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

2. Rumus yang Digunakan

a. Volume bak penampung

$$V = Q (m^3/s) \times Td (s)$$

Keterangan :

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

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

$$Td = \text{waktu detensi } (s)$$

b. Dimensi bak penampung

$$V = L (m) \times B (m) \times H (m)$$

$$H \text{ total} = H + \text{Freeboard}$$

$$= H + 20\%H$$

$$L = 2 \times W$$

Keterangan :

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

$$\text{Freeboard} = 20\% \times H$$

$$L = \text{Panjang bak kontrol } (m)$$

$$B = \text{Lebar bak kontrol } (m)$$

$$H = \text{Kedalaman bak kontrol } (m)$$

c. Luas bak penampung

$$A = L (m) \times B (m)$$

Keterangan :

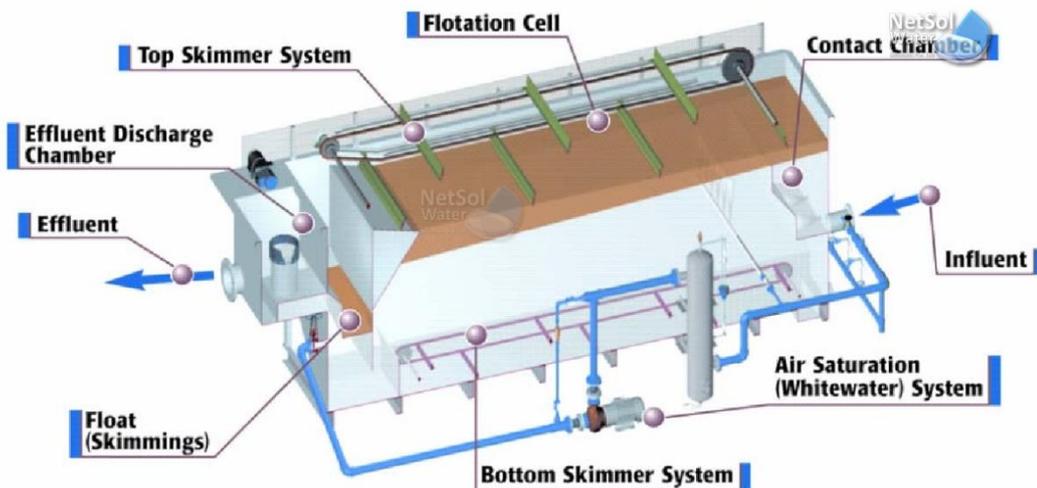
$$L = \text{Panjang bak kontrol } (m)$$

$$B = \text{Lebar bak kontrol } (m)$$

2.2.2 Pengolahan Pertama (Primary Treatment)

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

2.2.2.1 Dissolved Air Flotation (DAF)



Gambar 2.8 Komponen dalam Bak DAF Rectangular

Sumber : https://www.netsolwater.com/netsol-water/assets/img/product-images/What_is_dissolved_air_flotation.jpg

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

Ukuran gelembung udara sangat menentukan dalam proses flotasi, makin besar ukuran gelembung udara, kecepatan naiknya juga makin besar, sehingga kontak antara gelembung udara dengan partikel tidak berjalan dengan baik. Dengan demikian proses flotasi menjadi tidak efektif.

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

Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk merencanakan unit DAF sebagai berikut :

1. Bak pembubuh

a. Kebutuhan koagulan yang digunakan

$$\text{Kebutuhan koagulan} = \text{Dosis koagulan} \times Q \text{ air limbah}$$

Keterangan :

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

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

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

b. Volume Koagulan

$$V = \frac{\text{Kebutuhan koagulan}}{\rho \text{ koagulan}}$$

Keterangan :

$$V = \text{Volume koagulan (m}^3\text{/hari)}$$

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

$$\rho \text{ koagulan} = \text{Massa jenis koagulan (kg/m}^3\text{)}$$

c. Volume Air Pelarut (V air)

$$V \text{ air} = \frac{100\% - \text{Konsentrasi larutan}}{\text{Konsentrasi larutan}} \times V$$

Keterangan :

V air = Volume air pelarut (m^3 /hari)

V = Volume koagulan (m^3 /hari)

Konsentrasi Larutan = Konsentrasi larutan (%)

d. Volume Larutan Total

V total = V koagulan + V air pelarut

Keterangan :

V total = Volume total bak pembubuh (L/hari)

V air pelarut = Volume air pelarut (m^3 /hari)

V koagulan = Volume koagulan (m^3 /hari)

e. Kedalaman Air

V = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \text{Hair}$

Keterangan :

V = Volume total bak pembubuh (m^3 /hari)

π = 3,14

d = Diameter bak (m)

Hair = Kedalaman air (m)

f. Suplai Tenaga ke Air

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

(Sumber : Metcalf & Eddy. 2003, hal 349)

Keterangan :

P = Tenaga (watt)

G = Gradien kecepatan (per detik)

μ = Viskositas absolut air (Ns/m^2)

V = Volume tangki (m^3)

g. Diameter Impeller (Di)

Di = $\left(\frac{P}{KT.n^3.\rho \text{ air}}\right)^{1/5}$

Keterangan :

Di = Diameter impeller (m)

P = Tenaga (watt)

ρ_{air} = Massa jenis air (kg/m^3)

n = Putaran impeller (rps)

KT = Konstanta

h. Cek Bilangan Reynold

$$\text{Cek NRe} = \frac{Di^2 \times n \times \rho}{\mu}$$

(Sumber : Metcalf & Eddy. 2003, hal 354)

Keterangan :

Di = Diameter impeller (m)

n = Putaran impeller (rps)

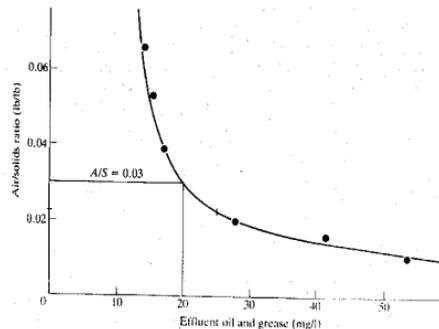
ρ = Massa jenis air (kg/m^3)

μ = Viskositas absolut air (Ns/m^2)

2. Bak flotasi

a. Tekanan udara (P)

$$A/S = \frac{\frac{1}{2} \times sa \times (fp-1)}{Sa}$$



Gambar 2.9 Hubungan rasio antar rasio udara/padatan dan kualitas effluent

Keterangan :

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

sa = Kelarutan udara (mg/L)

P = Tekanan (atm)

f = Fraksi kelarutan udara

Sa = Influent minyak & lemak (mg/L)

Tabel 2.6 Tingkat Kelarutan Udara

Temp. (°C)	0	10	20	30
------------	---	----	----	----

Sa (mL/L)	29,2	22,8	18,7	15,7
-----------	------	------	------	------

Sumber : Eckenfelder, 2000

b. Volume Bak Flotasi (V)

$$\text{Volume} = (Q \text{ limbah} + Q \text{ pembubuh}) \times t_d$$

Keterangan :

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

$$Q_{\text{pembubuh}} = \text{Debit pembubuh (m}^3/\text{s)}$$

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

c. Luas Permukaan Bak Flotasi (A)

$$A = \frac{Q \text{ (m}^3/\text{s)}}{SLR \text{ (L/m}^2\text{.menit)}}$$

Keterangan :

$$A = \text{Luas permukaan (m}^2\text{)}$$

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

$$SLR = \text{Surface loading rate (L/m}^2\text{.menit)}$$

d. Dimensi Bak Flotasi

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

Keterangan :

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

$$L = \text{Panjang bak (m)}$$

$$B = \text{Lebar bak (m)}$$

$$H = \text{Kedalaman air pada bak flotasi (m)}$$

e. Kedalaman bak flotasi

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

Keterangan :

$$H_{\text{total}} = \text{Kedalaman bak (m)}$$

$$H = \text{Ketinggian air dalam bak penampung (m)}$$

$$\text{Freeboard} = 5\% - 30\%$$

f. Jari-jari hidrolis (R)

$$R = \frac{\text{Luas keliling basah}}{\text{Keliling penampang basah}} = \frac{B \times H}{B + (2H)}$$

Keterangan :

R = Jari – jari Hidrolis (m)

H = Ketinggian Air dalam bak penampung (m)

B = Lebar bak penampung (m)

3. Konsentrasi minyak lemak yang disisihkan

a. Konsentrasi minyak lemak yang disisihkan

Minyak lemak disisihkan = % removal \times minyak lemak influent

b. Minyak lemak effluent

Minyak lemak effluent = Minyak lemak Influent – Minyak lemak tersisihkan

Keterangan :

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

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

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

c. Berat minyak lemak disisihkan (W minyak lemak)

W minyak lemak = Minyak lemak disisihkan \times Q limbah

Keterangan :

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

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

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

d. Debit minyak lemak disisihkan (Q minyak lemak disisihkan)

Q minyak lemak disisihkan = $\frac{\text{Minyak lemak tersisihkan}}{\rho \text{ minyak}}$

Keterangan :

Q minyak lemak disisihkan = Debit minyak lemak disisihkan (m^3 /hari)

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

ρ minyak = Massa jenis solid (kg/m^3)

4. Konsentrasi TSS yang disisihkan

- a. Konsentrasi TSS yang disisihkan

$$\text{TSS disisihkan} = \% \text{ removal} \times \text{TSS influent}$$

Keterangan :

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

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

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

- b. TSS Effluent

$$\text{TSS Effluent} = \text{TSS Influent} - \text{TSS tersisih}$$

Keterangan :

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

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

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

- c. Berat TSS disisihkan (W TSS)

$$\text{W TSS} = \text{TSS disisihkan} \times \text{Q limbah}$$

Keterangan :

$$\text{W TSS} = \text{Berat TSS yang disisihkan (kg/hari)}$$

$$\text{TSS disisihkan} = \text{Kadar TSS terremoval (mg/L)}$$

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

- d. Debit TSS disisihkan (Q TSS disisihkan)

$$\text{Q TSS disisihkan} = \frac{\text{TSS tersisihkan}}{\rho \text{ solid}}$$

Keterangan :

$$\text{Q TSS disisihkan} = \text{Debit TSS disisihkan (m}^3\text{/hari)}$$

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

$$\rho \text{ solid} = \text{Massa jenis solid (kg/m}^3\text{)}$$

- e. Berat air yang terremoval (Wair)

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

Keterangan :

$$\text{Wair} = \text{Berat air terremoval (kg/hari)}$$

$$\text{W TSS} = \text{Berat TSS tersisihkan (kg/hari)}$$

f. Volume air (V_{air})

$$V_{air} = \frac{W_{air}}{\rho_{air}}$$

Keterangan :

V_{air} = Volume air terremoval (m^3 /hari)

W_{air} = Berat air terremoval (kg/hari)

ρ_{air} = Massa jenis air (kg/m^3)

g. Volume sludge (V_{sludge})

$$V_{sludge} = V_{TSS} + V_{air}$$

Keterangan :

V_{sludge} = Volume sludge (m^3 /hari)

V_{TSS} = Volume TSS terremoval (m^3 /hari)

V_{air} = Volume air terremoval (m^3 /hari)

h. Berat sludge (W_{sludge})

$$W_{sludge} = V_{sludge} \times \rho_{sludge}$$

Keterangan :

W_{sludge} = Berat sludge (kg/hari)

V_{sludge} = Volume sludge (m^3 /hari)

ρ_{sludge} = Massa jenis sludge (kg/m^3)

5. Bak penampung minyak

a. Volume bak penampung minyak

$$V_{BPM} = Q_m \times T_d$$

Keterangan :

V_{BPM} = Volume bak penampung (m^3)

Q_m = Debit minyak tersisihkan (m^3 /hari)

T_d = Waktu tinggal (hari)

b. Dimensi Bak Penampung minyak

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

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

Keterangan :

V = Volume bak flotasi (m^3)

- L = Panjang bak (m)
- B = Lebar bak (m)
- H = Kedalaman air pada bak (m)
- H total = Kedalaman bak (m)
- Freeboard = 5% - 30%

6. Kebutuhan udara

a. Kebutuhan Teoritis

Kebutuhan Teoritis = Jumlah minyak & lemak yang tersisihkan

b. Kebutuhan O_2 teoritis

Kebutuhan O_2 teoritis = Kebutuhan teoritis \times f

Keterangan :

Kebutuhan teoritis = Kebutuhan teoritis (kg/hari)

f = Faktor desain

c. Σ Kebutuhan O_2 teoritis

$$\Sigma \text{Keb } O_2 \text{ teoritis} = \frac{\text{Kebutuhan } O_2 \text{ teoritis}}{\text{Berat standar udara} \times O_2 \text{ dalam udara}}$$

Keterangan :

Kebutuhan O_2 teoritis = Kebutuhan teoritis (kg/hari)

Berat standar udara = Berat standar udara (kg/m^3)

O_2 dalam udara = Oksigen dalam udara (%)

d. Kebutuhan O_2 teoritis

$$\text{Kebutuhan } O_2 \text{ aktual} = \frac{\Sigma \text{Kebutuhan } O_2 \text{ teoritis}}{\text{Efisiensi diffuser}}$$

Keterangan :

Keb. O_2 aktual = Kebutuhan oksigen actual (m^3 /menit)

Kebutuhan O_2 teoritis = Kebutuhan teoritis (kg/hari)

Efisiensi diffuser = Efisiensi pada diffuser (%)

7. Gutter

a. Volume Gutter (saluran pelimpah)

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

Keterangan :

V Gutter = Volume gutter (m^3)

Q = Debit effluent (m^3/s)

td = Waktu detensi (s)

b. Tinggi air di atas gutter (hair)

$$Q = \frac{2}{3} \times Cd \times B \times \sqrt{2 \times g} \times h^{3/2}$$

Keterangan :

Q = Debit effluent (m^3/s)

Cd = Koef kontraksi (0,62)

B = Lebar bak (m)

H = Tinggi air diatas gutter (m)

2.2.2.2 Netralisasi

Proses netralisasi bertujuan untuk menetralkan pH atau keasaman air baku sampai menjadi netral. Hal tersebut dimaksudkan agar proses pengolahan dapat berjalan dengan baik. Bahan kimia yang umum dipakai yaitu asam sulfat atau asam klorida untuk menetralkan air baku yang bersifat alkali. Sedangkan untuk air baku yang bersifat asam umumnya digunakan soda ash atau soda abu dan kapur tohor (Said, 2017).

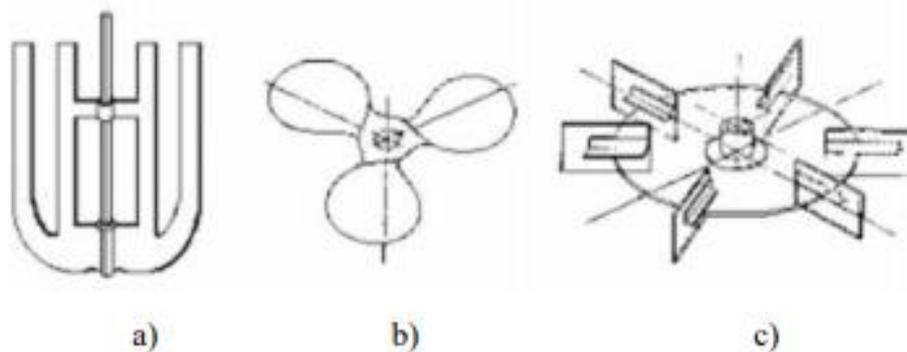
Proses penetralan umumnya dilakukan dengan pengadukan di dalam bak pencampur dengan waktu detensi berkisar antara 5 sampai 30 menit, dan biasanya dilengkapi dengan kontrolir pH. Penetralan dengan memakai kapur dapat menimbulkan endapan garam kalsium (Said, 2017). Dalam proses netralisasi, terdapat dua (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 $380 m^3/hari$
- Sedangkan sistem continue membutuhkan pengaturan tingkat keasaman (pH)

Bak Netralisasi digunakan untuk mencampurkan basa dengan air limbah (asam), agar mencapai pH netral yang dikehendaki. Proses netralisasi menggunakan 2 bak yaitu bak netralisasi dan bak pembunuh. Pada kedua bak terjadi pengadukan 20 untuk mencampur atau menghomogenkan larutan. Proses

pengadukan menggunakan prinsip mixing dengan aliran turbulen. Pada bak dilengkapi peralatan mekanis yaitu motor penggerak, dengan kriteria kecepatan pengadukan (Gambar 2 . 9) sebagai berikut (Reynolds & Richards, 1996) :

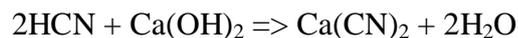
- a. Paddle dengan putaran 2 – 150 rpm
- b. Turbine dengan putaran 10 – 150 rpm
- c. Propeller dengan putaran 150 – 15000 rpm



Gambar 2.10 a) Paddle Impeller, b) Propeller Impeller dan c) Turbine Impeller

Sumber : Reynolds & Richards, 1996

Pada limbah cair tepung tapioka terdapat kandungan sianida dalam bentuk HCN yang berbahaya dan beracun bagi lingkungan. Alternatif pengolahan sianida dalam air limbah salah satunya dapat dilakukan dengan menggunakan metode Netralisasi. Adanya HCN pada air limbah membuat air menjadi asam, sehingga perlu penambahan basa untuk penetralan pH dan pengolahan sianida. Pada jurnal digunakan Ca(OH)_2 , dengan reaksi sebagai berikut (Jeklin, 2016).



Penurunan HCN terjadi karena reaksi antara hidrogen sianida (HCN) dan kalsium hidroksida Ca(OH)_2 . Ion sianida merupakan ion yang sangat reaktif, bila berikatan dengan logam akan membentuk garam kompleks yang stabil. Garam sianida dan larutan sianida memiliki toksisitas yang lebih rendah dibanding hidrogen sianida. Hal ini disebabkan karena garam sianida dan larutan sianida dapat masuk ke dalam tubuh hanya melalui ingesti. Kompleks sianida yang stabil jika tidak melepaskan sianida bebas tidak akan bersifat toksik (Jeklin, 2016).

Berikut ini kriteria perencanaan dan rumus perhitungan netralisasi :

1. Kriteria Perencanaan

- a. Waktu detensi (T_d) = 20 – 60 detik (bak netralisasi)
- b. Gradien kecepatan (G) = 700 – 1000 /detik
- c. Diameter Paddle (D_i) = 30 – 80 % dari Diameter bak
- d. Lebar Paddle (W_i) = 1/6 – 1/10 Diameter paddle
- e. Kecepatan putaran Paddle (n) = 20 – 150 rpm
- f. Kedalaman bak (H) = 1-1.25 D/W
- g. Reynold number(R_{Ne}) > 10000
- h. Kecepatan pipa Outlet (v) = 1 – 1.25 m/s

(Sumber : Reynolds & Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, Second Edition. PWS Publishing Company. Halaman 182 -187.)

- i. pH = 6 – 9
- j. Konsentrasi $Ca(OH)_2$ = 20%

(Sumber : SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air)

2. Rumus Perhitungan

- a. Tangki Pembuat Larutan / Tangki Kimia

1) Dosis $Ca(OH)_2$

$$pOH = -\log [OH^-]$$

$$pOH = -\log \left[\frac{\text{gram}}{v} \times \frac{1}{Mr} \right]$$

$$pOH = -\log \left[DO \times \frac{1}{Mr} \right]$$

Keterangan :

$[OH^-]$ = Konsentrasi basa (mg/L)

pOH = Selisih pH yang diinginkan dengan pH air limbah

gram = Massa $Ca(OH)_2$ (gram)

V = Volume air dalam 1 liter (L)

Mr = Berat molekul $Ca(OH)_2$ (gram/mol)

Do = Dosis $Ca(OH)_2$ (kg/L)

(Sumber : Eckenfelder & Jr., 2000. Industrial Water Pollution Control : Third Edition. McGraw-Hili Companies, inc. Halaman 81.)

2) Kebutuhan Ca(OH)_2

$$\text{Kebutuhan Ca(OH)}_2 = D \times Q$$

Keterangan :

$$D = \text{Dosis Ca(OH)}_2 \text{ (kg/L)}$$

$$Q = \text{Debit air yang dibutuhkan (L/s)}$$

3) Volume Ca(OH)_2

$$\text{Volume Ca(OH)}_2 = \frac{\text{Kebutuhan Ca(OH)}_2}{\rho \text{ Ca(OH)}_2} \times \text{periode pembutan larutan}$$

Keterangan :

$$\rho \text{ Ca(OH)}_2 = \text{Massa jenis Ca(OH)}_2 \text{ (kg/L)}$$

4) Kebutuhan air untuk pelarutan

$$V_{\text{air pelarut}} = \frac{100\% - \text{kadar air}}{\text{kadar air}} \times V \text{ Ca(OH)}_2$$

Keterangan :

$$V_{\text{air pelarut}} = \text{Volume air pelarut (m}^3\text{)}$$

$$V \text{ Ca(OH)}_2 = \text{Volume Ca(OH)}_2 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\text{Kadar air} = \text{Kadar air pelarut sebesar (80\%)}$$

5) Volume larutan Ca(OH)_2

$$\text{Volume Larutan Ca(OH)}_2 = V_{\text{Ca(OH)}_2} + V_{\text{air pelarut}}$$

Keterangan :

$$\text{Volume Larutan Ca(OH)}_2 = \text{Volume tangki (m}^3 \text{ atau L sesuai di pasaran)}$$

$$V_{\text{air pelarut}} = \text{Volume air pelarut (m}^3\text{)}$$

$$V \text{ Ca(OH)}_2 = \text{Volume Ca(OH)}_2 \text{ (m}^3\text{)}$$

6) Debit yang masuk tangki Pembubuh/ Injeksi

$$Q = \frac{V \text{ Larutan Ca(OH)}_2}{T_d \text{ Pembubuhan}}$$

b. Tangki Netralisasi

1) Volume limbah yang masuk tangki netralisasi

$$V_{\text{limbah}} = Q_{\text{limbah}} \times Td$$

Keterangan :

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

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

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

2) Volume Total atau Volume Tangki

$$V_{\text{tangki}} = V_{\text{limbah}} + V_{\text{pembubuh}}$$

Keterangan:

$$V_{\text{tangki}} = \text{Volume tangki netralisasi (m}^3\text{)}$$

$$V_{\text{limbah}} = \text{Volume air limbah (m}^3\text{)}$$

$$V_{\text{pembubuh}} = \text{Volume tangki pembubuh (m}^3\text{)}$$

c. Perhitungan Pengaduk Tangki

1) Supply tenaga ke air

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

Keterangan:

$$P = \text{Daya air (Watt atau kW)}$$

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

$$G = \text{Gradien kecepatan (/detik)}$$

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

2) Diameter Paddle Impeller

$$Di = \left(\frac{P}{K\tau \times n^3 \times \rho_{\text{air}}} \right)^{1/5}$$

$$\text{Cek Di} = \frac{Di}{Dtangki}$$

(Memenuhi dengan syarat 50-80% dari Diameter Tangki)

Keterangan:

$$Di = \text{Diameter Impeller (m)}$$

$$P = \text{Daya air (Watt atau kW)}$$

$$K\tau = \text{Koefisien turbulen}$$

$$\rho_{\text{air}} = \text{Massa jenis air (kg/m}^3\text{)}$$

3) Lebar Paddle Impeller

$$W_i = \frac{1}{10} \times D_{\text{tangki}}$$

Keterangan :

W_i = Lebar Impeller (m)

D_{tangki} = Diameter tangki (m)

4) Cek Nilai Bilangan Reynold

$$N_{re} = \frac{D_i^2 \times n \times \rho}{\mu}$$

(Memenuhi dengan syarat $N_{re} > 10000$, Aliran Turbulen)

Keterangan :

N_{re} = Nilai bilangan reynold

D_i = Diameter Impeller (m)

N = Kecepatan putar (rps)

ρ = Massa jenis air (kg/m^3)

μ = Viskositas absolut ($\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$)

2.2.3 Pengolahan Kedua (Secondary Treatment)

Air limbah umumnya mengandung polutan organik yang berada di atas baku mutu yang telah ditetapkan. Penguraian senyawa organik pada air limbah sebagian besar menggunakan aktivitas mikroorganisme sehingga disebut dengan proses biologis. Tujuan dari pengolahan biologis pada air limbah adalah sebagai berikut: (1) mengubah (mengoksidasi) konstituen *biodegradable* terlarut dan partikulat menjadi produk akhir yang dapat diterima; (2) menangkap dan menggabungkan padatan koloid tersuspensi dan *nonsetttable* menjadi flok biologis atau biofilm; (3) mengubah atau menghilangkan nutrisi dan unsur biologis yaitu karbon (C), hydrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), dan fosfor (P), dan (5) menghilangkan konstituen dan senyawa kecil organik tertentu (Metcalf & Eddy et al, 2014)

Pengolahan sekunder akan memisahkan koloidal dan komponen organik terlarut dengan proses biologis. Proses pengolahan biologis ini dilakukan secara aerobik maupun anaerobik dengan efisiensi reduksi BOD antara 60-90% serta 40-90% TSS (Qasim & Zhu, 2017). Penghilangan partikulat dan BOD karbon

terlarut dan stabilisasi materi organik yang ditemukan dalam air limbah dilakukan secara biologis dengan menggunakan berbagai macam mikroorganisme, terutama bakteri. Mikroorganisme digunakan untuk mengoksidasi atau mengubah materi organik terlarut dan partikel karbon menjadi produk akhir yang sederhana dan biomassa sebagai produk sampingan.

Biomassa memiliki berat jenis yang sedikit lebih besar dari air sehingga biomassa dapat dihilangkan dari air limbah yang diolah dengan pengendapan gravitasi. Penting untuk dicatat bahwa kecuali biomassa yang dihasilkan dari bahan organik akan dihapus secara periodik, pengolahan lengkap belum dicapai karena biomassa, yang merupakan organik, akan diukur sebagai BOD dalam efluen. Biomassa akan dihilangkan pada sistem sedimentasi sekunder yaitu sedimentasi setelah pengolahan biologis terjadi.

Adapun kriteria yang harus diperhatikan dalam memilih unit pengolahan sekunder dengan tepat, diantaranya adalah :

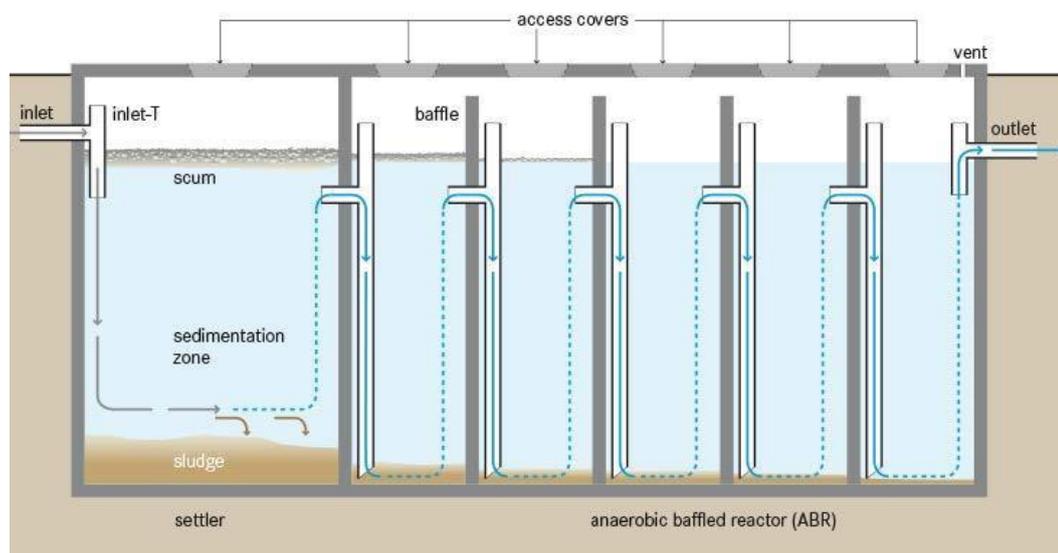
- 1) Efisiensi pengolahan, ditujukan agar unit yang dirancang mampu mengolah air limbah hingga memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan.
- 2) Aspek teknis, dari segi konstruksi menyangkut teknis pelaksanaan seperti ketersediaan tenaga ahli, kemudahan mendapatkan material konstruksi, instalasi bangunan, dan ruang yang digunakan. Segi operasi dan pemeliharaan menyangkut kemudahan pengoperasian dan pemeliharaan instalasi air limbah.
- 3) Aspek ekonomis, menyangkut masalah pembiayaan (finansial) dalam hal konstruksi operasi, dan pemeliharaan IPAL.
- 4) Aspek lingkungan, menyangkut kemungkinan terjadinya gangguan yang dirasakan oleh penduduk akibat ketidakseimbangan faktor biologis dan dampak lain seperti bau dan pencemaran udara.

Adapun beberapa contoh unit pengolahan sekunder yang digunakan Anaerobic Baffled Reactor dan Aerobic Filter dengan penjelasan sebagai berikut :

2.2.3.1 Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

Anaerobic Baffled Reactor (ABR) adalah Bak Pengendap yang dimodifikasi dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi penyisihan padatan terlarut dan tidak mengendap (Morel dan Dinier, 2006). ABR dalam skala laboratorium ditemukan sebagai proses pengolahan anaerobik yang efektif oleh Bachmann pada tahun 1983 (Groblicki dan Stuckey, 1991). Proses ini menggunakan serangkaian sekat vertikal untuk memaksa limbah mengalir ke bawah dan melewati sekatnya (Bachmann et al., 1984). Bakteri pada reaktor ini berkembang dan mengendap dengan memproduksi gas pada setiap kompartemen (Boopathy dan Tilche, 1990).

ABR terdiri atas sebuah tangki septik, dan sekat tegak yang terpasang dalam kompartemen dan aliran air bergerak secara naik-turun dari satu kompartemen ke kompartemen lain, dengan cara ini maka air limbah dipertemukan dengan sisa lumpur yang mengandung mikroorganisme yang berfungsi menguraikan polutan dalam kondisi anaerobic. Desain ABR menjamin masa tinggal air limbah yang lebih lama sehingga menghasilkan pengolahan dengan kualitas tinggi dan kadar lumpur yang dihasilkan rendah (Foxon et al., 2004).



Gambar 2.11 Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

Sumber : Tilley et al., 2014

Zona pengendapan pada ABR digunakan untuk mengendapkan padatan yang besar sebelum melewati kompartemen selanjutnya. Antara kompartemen, air mengalir ke bawah disebabkan oleh dinding penyekat atau pipa yang mengarah ke bawah. ABR terdiri dari kelompok mikroorganisme yang berbeda-beda. Kelompok pertama adalah acidogenic bacteria yang menghidrolisis ikatan polimer kompleks menjadi organic acids, alkohol, gula, hidrogen, dan karbon dioksida. Kelompok kedua adalah bakteri yang memproduksi hidrogen dengan mengkonversi hasil fermentasi dari beberapa bagian (hidrolisis dan asidogenesis) menjadi asam asetat dan karbon dioksida. Kelompok ketiga bakteri metanogenesis yang mengkonversi senyawa sederhana seperti asam asetat, methanol, karbon dioksida, dan hidrogen menjadi metan (Nguyen et al., 2010).

Pencegahan masuknya scum yang terbentuk di aliran flow-up dilakukan dengan outlet dari masing-masing tangki diletakkan sedikit dibawah muka air (Sasse et al., 2009). Hal yang paling menguntungkan dari ABR adalah kemampuan untuk membagi proses asidogenesis dan metanogenesis pada reaktor, yang mana memungkinkan berbagai macam kelompok bakteri berkembang biak pada kondisi favoritnya (Barber, 1999). ABR ini efektif untuk meremoval material organik dan padatan yang tersuspensi, namun tidak efektif untuk meremoval nitrogen, fosfor, dan bakteri patogen

Perawatan pada unit ABR cukup mudah. Tangki ABR diharuskan untuk dicek ketinggian scum dan lumpur agar ABR ini berfungsi dengan baik. Lumpur pada ABR diambil menggunakan tangki penghisap, interval pengambilan lumpur dapat diatur sewaktu mendesain ABR. Keunggulan sistem anaerobic ini menghasilkan metana yang mana dapat dibuat sebagai biogas. Produksi biogas pada ABR sekitar 60-70% metana dan 30-40% karbon dioksida. Sisanya berupa gas hidrogen, hidrogen sulfida, ammonia, uap air, dan gas lainnya (Droste, 1997). Biogas yang dihasilkan adalah gas yang dapat digunakan untuk banyak hal. Produk sampingan lain dari ABR ini adalah lumpur. Beberapa kasus yang pernah ada menginovasi lumpur untuk di resirkulasi, tetapi ini mengurangi efisiensi removal ABR itu sendiri (Barber, 1999).

Aksesoris tambahan dari ABR ini adalah pipa ven. Pipa ven adalah pipa untuk mengalirkan atau mengeluarkan gas-gas yang dihasilkan dari hasil proses anaerobik. Branch adalah pipa horizontal dan stack adalah pipa tegak. Pipa ven adalah bagian yang penting dari sistem pembuangan. Tujuan dari pemasangan pipa ven adalah mensirkulasi udara dalam proses pembuangan, menjaga kedalaman air agar sesuai dengan yang direncanakan, dan menjaga sekat perangkap dari efek sifon atau tekanan.

Menurut Asmadi & Suharno (2012) Kelebihan penggunaan ABR adalah :

1. Sederhana karena tanpa menggunakan bahan material khusus, tidak membutuhkan proses pemisahan gas, tidak membutuhkan pengadukan mekanik, dan gangguan yang mungkin ditimbulkan sedikit.
2. Memungkinkan SRT (Sludge Retention Time) yang lama dengan HLR (Hydraulic Retention Time) yang rendah.
3. Tidak membutuhkan karakteristik biomassa yang khusus.
4. Dapat digunakan untuk mengolah berbagai macam jenis limbah
5. Shock loading yang stabil.

Berikut ini kriteria desain dan rumus perhitungan unit Anaerobic Baffled Reactor (ABR) :

1. Kriteria Desain

- a. Waktu retensi hidraulik (HRT) = 12-96 jam

(Kementrian PUPR, Buku A Panduan Perencanaan Teknik Terinci Bangunan Pengolahan)

- b. Kecepatan upflow = < 2 m/jam

(Ulrich, A., Sasse, L., Panzerbieter, T., & Reckerzugel, T. (2009). A Practical Guide: Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries. Hal 135. Leicestershire: BORDA.)

- c. Jumlah kompartemen = 3 - 6 buah

(Tilley, E., Ulrich, L., Luthi, C., Reymond, P., & Zurbrugg, C. (2016). Compendium of Sanitation Systems and Technologies. Halaman 76 Dubendorf: Euwag.)

- d. Rasio BOD/COD = 0,35-0,45
(Ulrich, A., Sasse, L., Panzerbieter, T., & Reckerzugel, T. (2009). **A Practical Guide: Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries**. Hal 135. Leicestershire: BORDA.)
- e. Faktor penyisihan COD/BOD= 1,06 di settling zone
(Ulrich, A., Sasse, L., Panzerbieter, T., & Reckerzugel, T. (2009). **A Practical Guide: Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries**. Hal 135. Leicestershire: BORDA.)
- f. Kandungan solid kering = 4-8 %
- g. Densitas lumpur = 1020-1030 kg/m³
(Kementrian PUPR, **Buku A Panduan Perencanaan Teknik Terinci Bangunan Pengolahan**, hal 55 dan 68)
- h. Efisiensi Penyisihan BOD = 70-95%
(Ulrich, A., Sasse, L., Panzerbieter, T., & Reckerzugel, T. (2009). **A Practical Guide: Decentralised Wastewater Treatment 86 Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries**. Hal 82. Leicestershire: BORDA.)
- i. Efisiensi Penyisihan TSS = 80-90%
(Kementrian PUPR, **Buku A Panduan Perencanaan Teknik Terinci Bangunan Pengolahan**, hal 68 dan 217.)

2. Rumus Perhitungan

- a. Settling Tank (Tangki Pengendapan)

- 1) Panjang settling tank (L)

$$(L) = \frac{(HRT \times \text{Debit Influent})}{(\text{Lebar Tangki} \times \text{Kedalaman Tangki})}$$

- 2) Volume settling tank (V)

$$V = \text{Panjang Settling Tank} \times \text{Lebar ABR} \times \text{Kedalaman ABR}$$

- 3) Cek HRT

$$HRT = \frac{\text{Volume Settling Tank}}{\text{Debit Influent}}$$

b. Baffled Area (Area Sekat)

- 1) Luas Permukaan Satu Kompartemen *Upflow* (A)

$$A = \frac{\text{Debit Influent Tiap Unit (Q)}}{v \text{ Upflow}}$$

- 2) Dimensi Baffled Area

Lebar dan Panjang Area *Upflow*

$$A = L \times W$$

Lebar Area *Downflow*

$$L = \frac{\text{Luas Area Downflow}}{\text{Lebar Tangki}}$$

- 3) Total Volume Aktif Baffled Area

= (panjang kompartemen + panjang area *downflow*) x lebar kompartemen x kedalaman aktif kompartemen x jumlah kompartemen

- 4) OLR

$$\text{OLR} = \frac{Q \times \text{Konsentrasi BOD Awal}}{\text{Vol. Baffled Area}}$$

- 5) HRT dalam Baffled Area

$$\text{HRT} = \frac{\text{Total Volume Aktif Baffled Area}}{\text{Debit Influent}}$$

- 6) Cek Kecepatan *Upflow*

$$V \text{ Upflow} = \frac{\text{Debit Influent}}{\text{Luas Tiap Kompartemen}}$$

c. Zona Settler

- 1) Volume Zona Settler

$$V = \text{Panjang Zona Settler} \times \text{Lebar Zona Settler} \times \text{Kedalaman Aktif Kompartemen}$$

d. Penyisihan TSS

- 1) TSS Effluent

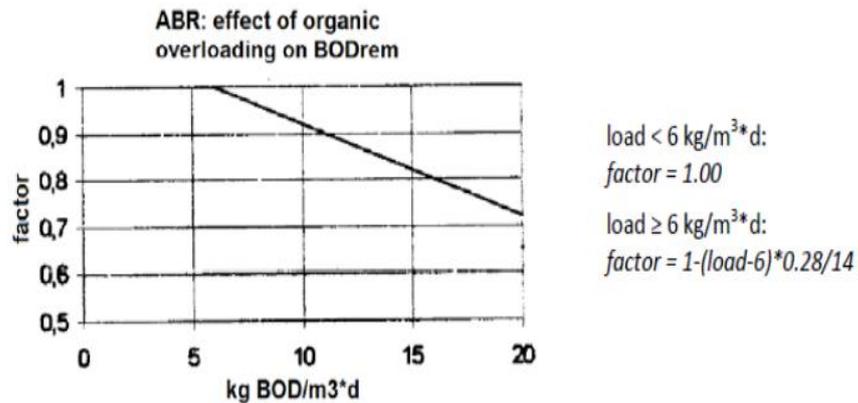
$$\text{TSS Effluent} = (1 - \text{Efisiensi Penyisihan TSS}) \times \text{Influent TSS}$$

e. Penyisihan BOD

- 1) BOD Overloading

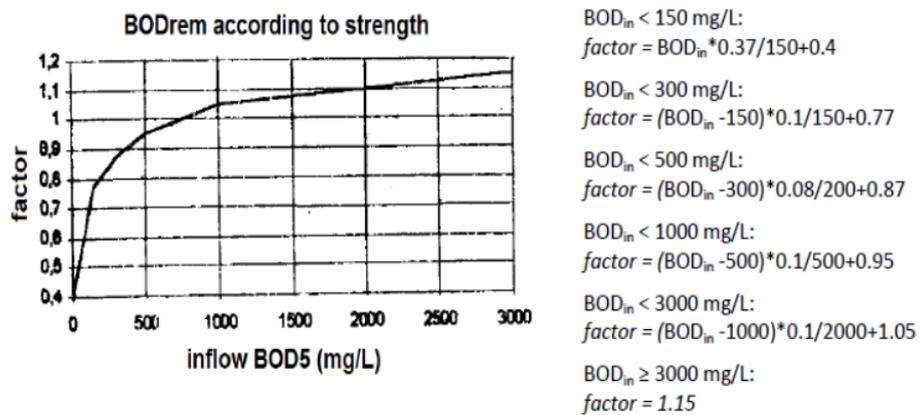
$$\text{BOD Overloading} = \text{Debit Limbah} \times \frac{\text{Influent BOD}}{\text{Volume Aktif ABR}}$$

- 2) Menentukan efisiensi penyisihan BOD pada ABR



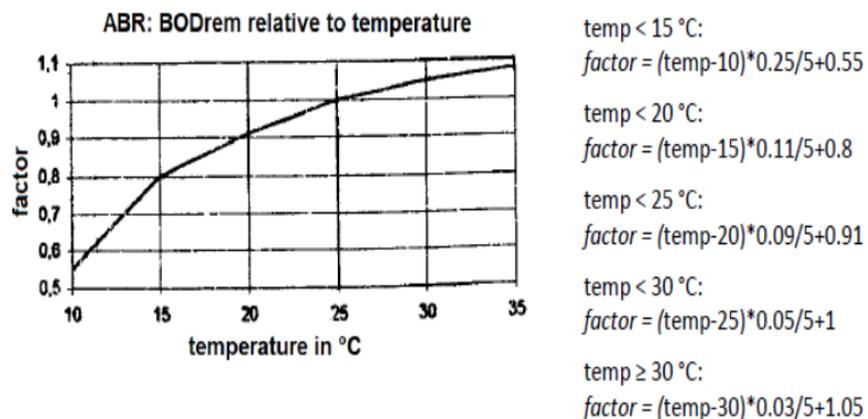
Gambar 2.12 Grafik Faktor Penyisihan BOD Terhadap Organic Overloading

Sumber : Sasse, 2009



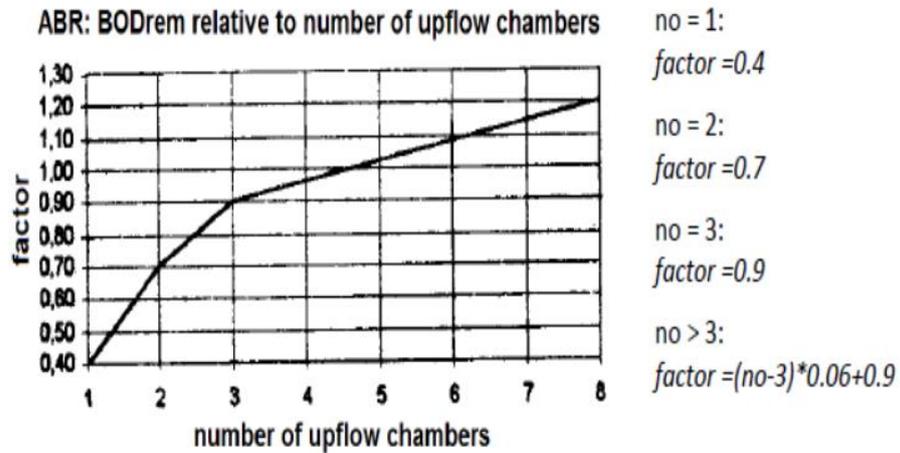
Gambar 2.13 Grafik Faktor Penyisihan BOD Terhadap Konsentrasi BOD

Sumber : Sasse, 2009



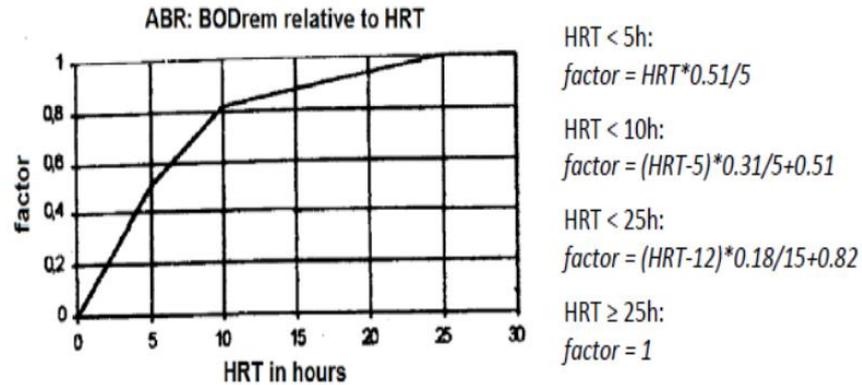
Gambar 2.14 Grafik Faktor Penyisihan BOD Terhadap Temperatur

Sumber : Sasse, 2009



Gambar 2.15 Grafik Faktor Penyisihan BOD Terhadap Jumlah Kompartemen

Sumber : Sasse, 2009



Gambar 2.16 Grafik Faktor Penyisihan BOD Terhadap HRT

Sumber : Sasse, 2009

% Removal BOD

= f-BOD overloading x f-inflow BOD₅ x f-suhu x f-jumlah kompartemen x f-HRT

3) BOD Effluent = (1 - Efisiensi Penyisihan BOD) x Inffluent BOD

f. Produksi Lumpur

1) Massa Lumpur TSS

$$\text{Massa Lumpur TSS} = \text{TSS Removal} \times Q_{\text{ave}}$$

2) Massa Lumpur BOD ($Y=0,5$)

$$\text{Massa Lumpur BOD} = Y \times \% \text{removal BOD} \times Q_{\text{ave}} \times \text{Konsentrasi BOD}$$

3) Massa Lumpur Total

$$\text{Massa Lumpur Total} = \text{Massa Lumpur TSS} + \text{Massa Lumpur BOD}$$

4) Volume Lumpur

$$V \text{ Lumpur} = \frac{\text{Beban Lumpur}}{(\text{Konsentrasi Solid Kering} \times \text{Densitas Lumpur})}$$

5) Total Volume Lumpur

$$V \text{ Lumpur Total} = \text{Volume lumpur 1 ABR} \times \text{jumlah unit ABR}$$

2.2.3.2 Aerasi

Aerasi adalah suatu proses penambahan udara/oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat, dengan cara menyemprotkan air ke udara (air ke dalam udara) atau dengan memberikan gelembung-gelembung halus udara dan membiarkannya naik melalui air (udara ke dalam air). Perpindahan gas dari atmosfer ke air (penambahan oksigen terlarut) akan meningkatkan oksidasi besi, mangan, dan logam lain ke tingkat oksidasi yang lebih tinggi dan lebih tidak larut. Endapan ini akan menjadi dibuang di bak sedimentasi dan unit filtrasi (Droste, 1997)

Tujuan dari proses aerasi adalah meningkatkan konsentrasi oksigen yang berada didalam air yang berguna dalam pengolahan air. Terjadi kontak antara air dan oksigen dikarenakan adanya penambahan udara dalam air pada proses aerasi sehingga dapat membentuk endapan $\text{Fe}(\text{OH})_3$, hal tersebut juga berlaku pada logam lain. Selain itu aerasi juga meningkatkan produksi oksigen ditandai dengan penurunan parameter organik dan chemical oxygen demand (COD).

Pada jurnal Eko dkk, 2018, pengujian COD pada air wudhu setelah diaerasi menunjukkan penurunan kadar COD. Penurunan kadar COD terjadi karena terjadinya penambahan asupan oksigen ke dalam sampel limbah sehingga terjadi

proses oksidasi oleh mikroorganisme yang menyebabkan penurunan senyawa organik pada sampel limbah. Sementara itu, sama seperti halnya pada pengujian BOD terjadi penurunan yang cukup besar. Hal ini disebabkan terjadinya asupan oksigen ke air limbah mengakibatkan meningkatnya laju penguraian yang diakibatkan oleh bertumbuhnya populasi organisme yang baik.

Tabel 2.7 Desain dan Karakteristik Operasional Aerasi

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
Aerator Gravitasi: Cascade	20-45% CO ₂	Tinggi 1-3 m Luas: 85-105 m ² /m ² .det Kecepatan aliran: 0,3 m/det
Packing Tower	>95% VOC >90% CO ₂	Diameter kolom maksimum: 3 m Beban hidrolis: 2000 m ³ /m ² .hari
Tray	>90% CO ₂	Kecepatan: 0,8-1,5 m ³ /m ² .menit Kebutuhan udara: 7,5 m ³ /m ³ air Jarak rak (tray): 30-75 cm Luas: 50-160 m ² /m ³ .det
Spray Aerator	70-90% CO ₂ 25-40% H ₂ S	Tinggi: 1,2-9 m Diameter nozzle: 2,5-4 cm Jarak nozzle: 0,6-3,6 m Debit nozzle: 5-10 L/det
Aerator Berdifusi	80% VOCs	Luas bak: 105-320 m ² /m ³ .det Tekanan semprotan: 70 kPa Waktu detensi: 10-30 menit Udara: 0,7-1,1 m ³ /m ² air Kedalaman: 2,7-4,5 Lebar: 3-9 m Volume maksimum: 150 m ³ Diameter lubang diffuser: 2-5 mm

Aerator Mekanik	70-90% CO ₂	Waktu detensi: 10-30 menit
	25-40% H ₂ S	Kedalaman tangki: 2-4 m

Sumber: Qasim, 2000

2.2.4 Pengolahan Ketiga (Tertiary Treatment)

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

2.2.5 Pengolahan Lumpur (Sludge Treatment)

Dari pengolahan air limbah maka hasilnya adalah berupa lumpur yang perlu diadakan pengolahan secara khusus agar lumpur tersebut tidak mencemari lingkungan dan dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan kehidupan. Sludge dalam disposal sludge memiliki masalah yang lebih kompleks. Hal ini disebabkan karena :

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

Tujuan utama dari pengolahan lumpur adalah :

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

Unit proses pengolahannya meliputi :

A. *Sludge Thickener*

Sludge thickener adalah suatu bak yang berfungsi untuk menaikkan kandungan solid dari lumpur dengan cara mengurangi porsi fraksi cair (air), sehingga lumpur dapat dipisahkan dari air dan ketebalannya menjadi berkurang atau dapat dikatakan sebagai pemekatan lumpur. Tipe *thickener* yang 76 digunakan adalah *gravity thickener* dan lumpur berasal dari bak pengendap I dan pengendap II. Pada sistem *gravity thickener* ini, lumpur diendapkan di dasar bak *sludge thickener*.

B. *Sludge Digester*

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

C. *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.

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

Keuntungan penggunaan *sludge drying bed* diantaranya adalah :

1. Rendahnya biaya investasi dan perawatan yang diperlukan
2. Tidak diperlukannya terlalu banyak waktu untuk proses pengamatan dan pengontrolan
3. Dalam prosesnya akan dihasilkan banyak padatan dari proses pengeringan

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

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

Dalam prosesnya, sludge drying bed dibedakan menjadi lima (5) jenis, di antaranya : (Metcalf & Eddy, 2003)

1. Conventional Sand Sludge Drying Bed
2. Paved Sludge Drying Bed
3. Artificial Media Sludge Drying Bed
4. Vacuum Assisted Sludge Drying Bed
5. Solar Sludge Drying Bed



Gambar 2.17 Sludge Drying Bed

Sumber: https://www.researchgate.net/figure/Drying-beds-at-Niayesfaecal-sludge-treatment-plant-Dakar-Senegal-photoLinda_fig1_269037413

Berikut ini adalah kriteria perencanaan dan rumus perhitungan yang digunakan untuk merencanakan unit Sludge Drying Bed sebagai berikut :

- 1) Tebal Media
Tebal media = tebal pasir + tebal kerikil
- 2) Volume cake sludge (V_i)

$$V_i = \frac{v \text{ volume lumpur} \times (1-p)}{1-p_i}$$

Keterangan :

V_i = volume cake sludge (m^3)

Vol lumpur = volume lumpur total (m^3)

P = kadar air (%)

P_i = berat air dalam cake (%)

3) Volume SDB

V = $V_i \times 7$ hari

Keterangan :

V = volume SDB (m^3)

V_i = volume cake sludge (m^3)

4) Volume tiap bed (V_b)

$$V_b = \frac{V}{\text{Jumlah bed}}$$

Keterangan :

V_b = volume tiap bed (m^3)

V = volume SDB (m^3)

Jumlah bed = banyak bed yang direncanakan

5) Kedalaman total (H_{total})

H_{total} = $H + fb$

Keterangan :

H_{total} = kedalaman total SDB (m)

H = kedalaman SDB (m)

fb = freeboard (10% - 30% H)

6) Volume air (V_a)

$$V_a = \frac{V_i - \text{volume solid}}{\text{Jumlah bed}} \times t_d$$

Keterangan :

V_a = volume air (m^3)

V_i = volume cake sludge (m^3)

Volume solid = volume solid total (m^3)

Jumlah bed = banyak bed yang direncanakan

td = waktu detensi (hari)

7) Kedalaman underdrain (Hud)

$$\text{Hud} = \frac{V_a}{A}$$

Keterangan :

Hud = kedalaman underdrain (m)

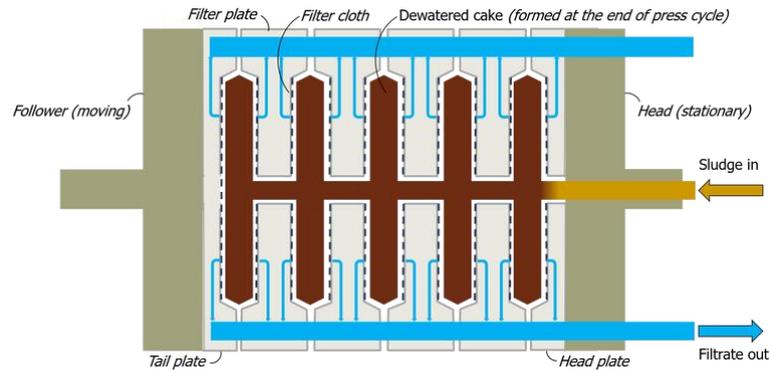
Va = volume air (m^3)

A = luas penampang (m^2)

D. *Filter Press*

Plate dan frame filter press terdiri dari plate dan frame yang tergabung menjadi satu dengan kain saring pada tiap sisi plate. Plate memiliki saluran sehingga filtrat jernih dapat melewati tiap plate. Slurry dipompa menuju plate dan frame menggunakan tekanan 350-1575 kN/m^2 (50-225 psi) (Qasim, 1985) dan mengalir melalui saluran pada frame sehingga slurry memenuhi frame. Filtrat mengalir melalui kain saring dan padatan menumpuk dalam bentuk cake pada kain saring. Proses tersebut memakan waktu 20-30 menit. Filtrat mengalir antara kain saring dan plate melalui saluran keluar.

Filtrasi terus dilakukan hingga frame dipenuhi padatan. Di proses filtrasi ini memakan waktu berkisar antara 1-4 jam periode (Qasim, 1985). Kebanyakan filter memiliki saluran pengeluaran yang terpisah untuk tiap frame sehingga dapat dilihat apakah filtrat jernih atau tidak. Bila filtrat tidak jernih, mungkin disebabkan kain saring rusak atau sebab lainnya. Ketika frame sudah benar-benar terpisah plate dan frame dipisahkan dan cake dihilangkan, lalu filter dipasang lagi dan digunakan. Ada beberapa macam tipe filter press, seperti washing, non washing, open delivery, dan closed delivery. Pada filter ini, filter cloth menutupi tiap sisi dari tiap plate, kemudian ditahan bersama-sama menjadi satu dengan tenaga mekanis dengan memakai suatu screw atau hidrolis.



Gambar 2.18 Filter Press

Sumber :

https://www.sludgeprocessing.com/transforms/teaserimages/22721/Dewater_Filter-press_FP-e339d58c85.png

2.3 Persen Removal

Tujuan dari proses pengolahan limbah adalah menurunkan beban pencemar pada limbah tersebut. Banyaknya penurunan beban pencemar tersebut dinyatakan dalam bentuk persentase yang digunakan untuk menilai seberapa efektifnya suatu bangunan dalam menurunkan beban pencemar. Setiap bangunan memiliki kemampuan menurunkan beban pencemar yang berbeda-beda. Berdasarkan studi literature yang telah kami kumpulkan, diperoleh rangkuman %penyisihan untuk air limbah industri minuman ringan beserta sumber yang tertera pada tabel berikut ini :

Tabel 2.8 Persen Removal Tiap Bangunan Pengolahan

Jenis Bangunan	Parameter Teremoval	Kemampuan Penyisihan	Sumber
<i>Dissolved Air Flottaion (DAF)</i>	Minyak Lemak	70-85%	Casaveno, Industrial Waste Water and Solid Waste Engineering : Hal. 14
	TSS	50-85%	
Netralisasi	pH	6-9	Eckenfelder , W. Wesley, Jr., Industrial Water Pollution Control 2nd Edition : Hal. 82
<i>Anaerobic Baffled</i>	BOD	80-95%	Ulrich, A., Sasse, L.,

<i>Reactor</i> (ABR)			Panzerbieter, T., & Reckerzugel, T. (2009). A Practical Guide: Decentralised Wastewater Treatment 86 Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries. Hal 82. Leicestershire: BORDA.)
	TSS	80-90%	Kementrian PUPR, Buku A Panduan Perencanaan Teknik Terinci Bangunan Pengolahan
Biofilter Aerobik (ABF)	BOD	96,24%	Hendrasarie, N., & Ardhi, E. W. (2022). Penurunan Kandungan Zat Pencemar Organik Pada Limbah Rumah Potong Ayam Dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Kulit Kerang. <i>EnviroUS</i> , 3(1), 19-25.

2.4 Profil Hidrolis

Profil hidrolis digambarkan untuk mendapatkan tinggi muka air pada masing-masing unit instalasi. Profil ini menunjukkan adanya kehilangan tekanan (*headloss*) yang terjadi akibat pengaliran pada bangunan. Profil hidrolis adalah faktor yang penting demi terjadinya proses pengaliran air. Profil ini tergantung dari energi tekan/head tekan (dalam tinggi kolom air) yang tersedia bagi pengaliran. Head ini dapat disediakan oleh beda elevasi (tinggi ke rendah) sehingga air pun akan mengalir secara gravitasi. Jika tidak terdapat beda elevasi yang memadai, maka perlu diberikan *head* tambahan dari luar, yaitu dengan menggunakan pompa.

Hal-hal yang perlu diperhatikan sebelum membuat Profil Hidrolis yaitu :

1. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan

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

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

2. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris

- a. Kehilangan tekanan pada perpipaan

Cara yang mudah dengan monogram “Hazen William” Q atau V diketahui maka S didapat dari monogram.

- b. Kehilangan tekanan pada aksesoris

Cara yang mudah adalah dengan mengekivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekivalen sekaligus S .

- c. Kehilangan tekanan pada pompa

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

- d. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok

Cara perhitungannya juga dengan bantuan monogram.

3. Tinggi muka air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan sehingga akan dapat mempengaruhi pada proses pengolahan. Kehilangan tekanan bangunan (saluran terbuka dan tertutup) tinggi terjunan yang direncanakan (jika ada) akan berpengaruh

pada perhitungan tinggi muka air. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara :

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