

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Limbah Industri Tepung Tapioka

Industri tepung tapioka menggunakan bahan baku singkong atau ubi yang mana di Indonesia didapatkan sehingga banyak industri yang bermunculan. Tepung tapioka juga dibutuhkan untuk berbagai industri seperti industri kertas, industri makanan, industri kayu lapis, industri makanan ternak, industri farmasi, industri tekstil, industri perekat dan lain sebagainya (Amilia, 2017). Namun limbah yang dihasilkan memiliki dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Limbah industri ini berasal dari pencucian, sisa ekstraksi pati dan pengendapan pati (Wijayanto et al., 2017).

Industri tepung tapioka menghasilkan limbah dengan kandungan organik tersuspensi dan senyawa anorganik berbahaya seperti karbohidrat, protein, lemak yang mudah diuraikan dan yang menimbulkan bau seperti sianida (Aulia, 2021). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 karakteristik limbah dari kegiatan Industri Tapioka adalah sebagai berikut:

2.1.1 BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan parameter yang menunjukkan kadar oksigen yang digunakan untuk menguraikan senyawa organik oleh mikroba di air. Penguraian ini dilakukan pada kondisi aerobik sebagai sumber makanan dan energi untuk mikroorganisme (Pescod, 1973).

Berdasarkan Metcalf & Eddy (2003) BOD memiliki keterbatasan sebagai indikator pencemaran sehingga perlu menggunakan ukuran kandungan organik lainnya, atau mungkin ukuran baru. Meskipun memiliki keterbatasan hingga saat ini BOD tetap digunakan untuk berbagai analisa hal antara lain:

1. Menentukan perkiraan jumlah oksigen yang akan dibutuhkan untuk menstabilkan secara biologis bahan organik yang ada.
2. Menentukan ukuran fasilitas pengolahan limbah.
3. Mengukur efisiensi beberapa proses pengolahan,

4. Menentukan kepatuhan terhadap izin pembuangan air limbah. Karena kemungkinan besar tes BOD akan terus digunakan untuk beberapa waktu, penting untuk mengetahui detail tes dan batasannya

Pada industri tepung tapioka BOD yang dihasilkan adalah 2510 mg/L dari batas baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 karakteristik limbah dari kegiatan Industri Tapioka adalah 150 mg/L. Oleh karena itu perlu adanya pengolahan sebelum di buang agar tidak mencemari lingkungan.

2.1.2 COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) atau Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik menjadi CO₂ dan H₂O (Fardiaz, 1992). Semakin tingginya COD oksigen terlarut dalam air akan semakin berkurang (Alaerts & Santika, 1984).

Menurut Metcalf & Eddy (2003) nilai BOD harusnya lebih tinggi dari pada COD, namun hal ini sulit ditemui karena beberapa hal berikut:

1. Adanya zat organik yang sulit dioksidasi secara biologis.
2. Zat organik dapat dioksidasi oleh dikromat dengan meningkatkan sifat organik yang tampak pada kandungan sampel. Akibat adanya reaksi nilai COD menjadi tinggi
3. Zat organik tertentu dapat menjadi racun bagi mikroorganisme yang digunakan dalam uji BOD

Berdasarkan parameter pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 memiliki baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 karakteristik limbah dari kegiatan Industri Tapioka sebesar 300 mg/L. Sedangkan karakteristik air limbah yang dihasilkan adalah 5240 mg/L.

2.1.3 TSS (*Total Suspended Solids*)

TSS (*Total Suspended Solids*) merupakan padatan yang berukuran kecil 0,45 mikron hingga 2.0 mikron dalam air yang menimbulkan kekeruhan (Effendi, 2003). Warna air yang keruh menghalangi sinar matahari yang akan masuk ke dalam air akibatnya mikroorganisme kekurangan mendapat oksigen. Partikel TSS

biasanya bersifat positif dan cara penghilangannya dapat diendapkan secara gravitasi namun tidak dapat diendapkan secara langsung.

Menurut Alaerts & Santika (1984) TSS erat hubungannya dengan kekeruhan karena salah satu penyebabnya adalah zat padat tersuspensi. Pasir halus, tanah liat, lumpur alami yang merupakan bahan organik termasuk bahan organik yang melayang layang dalam air adalah padatan yang terkandung pada zat tersuspensi.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 karakteristik limbah dari kegiatan Industri Tapioka kandungan TSS yang diperbolehkan adalah sebesar 100 mg/L. Sedangkan industri tepung tapioka memiliki kandungan melebihi baku mutu yaitu sebesar 830 mg/L.

2.1.4 pH (Derajat Keasaman)

pH atau derajat keasaman digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Nilai pH berkisar dari 0 hingga 14, nilai pH netral apabila memiliki nilai pH =7. Nilai pH >7 menunjukkan larutan memiliki sifat basa, sedangkan nilai pH <7 menunjukkan keasaman. Secara matematis pH didefinisikan dengan:

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

Pada rentang pH 6 – 9 terdapat kehidupan mikroorganisme, sedangkan pada pH ekstrim asam atau basa mikroorganisme tersebut tidak dapat hidup. Oleh karena itu pada pengolahan air limbah pH ekstrim sulit untuk dilakukan pengolahan biologis, sehingga dilakukan penetralan pH (Metcalf & Eddy, 2003).

Pada penentuan pH dapat dilakukan dengan menggunakan indikator sederhana berupa kertas lakmus. Kertas lakmus akan berubah menjadi merah jika keasamannya tinggi, berwarna biru pada keasaman rendah atau basa. Untuk mengetahui besaran pH dapat menggunakan menggunakan pH meter yang bekerja berdasarkan prinsip elektrolit atau konduktivitas suatu larutan.

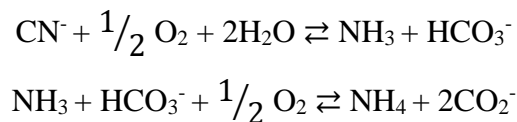
Industri tepung tapioka memiliki pH sebesar 4.15 yang tergolong asam. Pada baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 karakteristik limbah dari kegiatan Industri Tapioka besar pH yang

diperbolehkan untuk dibuang ke lingkungan adalah sebesar 6-9. Jadi diperlukan penetralan pH pada limbah industri tepung tapioka yang dihasilkan.

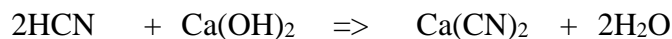
2.1.5 Sianida (HCN)

Kandungan Sianida dalam limbah industri tepung tapioka berasal dari bahan baku pembuatan tepung yaitu singkong. Sianida bersifat beracun atau *toxic* pada kondisi berikatan dalam rantai *sianogenik glikosida* yang mengandung glukosa, aseton, dan HCN (Damayanti et al., 2021).

Sianida dalam limbah tepung tapioka ditemukan dalam kondisi bebas yaitu HCN. HCN merupakan senyawa kompleks dari senyawa sianida sederhana berikatan dengan logam sehingga stabil. Asam sianida (HCN) bersifat beracun dari hasil hidrolisis sianida dan tidak berwarna pada kondisi gas maupun cair. Mikroorganisme tertentu dapat mengoksidasi HCN dan dihasilkan gas amonia dan karbondioksida pada persamaan berikut ini (Noor Kumalasari, 2005).



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 adalah reaksi antara hidrogen sianida (HCN) dan kalsium hidroksida (Ca(OH)₂).



Industri tepung tapioka pada perencanaan memiliki kandungan sebesar 5.25 mg/L. kandungan tersebut melebihi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2014 karakteristik limbah dari kegiatan Industri Tapioka yang sebesar 0.3 mg/L.

2.2 Bangunan Pengolahan Air Buangan

Bangunan pengolahan air buangan dirancang untuk mengurangi polutan pada air buangan atau limbah dengan metode yang paling efektif. Beban pencemar yang dimaksud adalah partikel berbahaya, BOD, COD, organisme patogen, komponen toksik dan zat lainnya yang berpotensi menyebabkan penyakit pada manusia atau organisme lainnya. Berdasarkan kandungan pada air limbah industri tepung tapioka berikut adalah bangunan pengolah yang digunakan:

2.2.1 Saluran Pembawa

Saluran pembawa digunakan untuk mengalirkan air limbah menuju unit pengolahan selanjutnya. Perencanaan saluran pembawa memperhatikan beda ketinggian atau elevasi dari daerah perencanaan. Jika daerah perencanaan datar maka perlu untuk membuat kemiringan / slope. Kemudian saluran pembawa harus mampu menampung debit maksimal yang dihasilkan pada *effluent* limbah dan tidak timbul endapan saat debit minimum. Oleh karena itu untuk memastikan tidak terjadi penyumbatan maka setiap 10 m dibuat bak kontrol.

Saluran pembawa terdiri dari saluran terbuka dan tertutup (pipa). Pada saluran terbuka biasanya terbuat dari cor beton dan memiliki bentuk persegi, trapesium maupun setengah lingkaran seperti pada **Gambar 2 . 1** . 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).



Gambar 2 . 1 Saluran Terbuka

(Sumber: https://www.youtube.com/watch?v=msDrYHc_mHw)

Sedangkan saluran tertutup (**Gambar 2 . 2**) digunakan untuk air limbah atau air kotor yang membahayakan kesehatan dan mengganggu keindahan. Air Limbah yang melalui saluran tertutup tidak dipengaruhi oleh udara luar atau kontak langsung dengan udara. Saluran tertutup dapat menggunakan pipa dengan memperhatikan bahan yang digunakan dengan karakter limbah yang dihasilkan (Wesli, 2008).



Gambar 2 . 2 Saluran Tertutup

(Sumber: <https://asiacon.co.id/blog/pengertian-fungsi-ukuran-bak-kontrol-air>)

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. Koefisien Kekasaran Pipa = 0.002 – 0.012 (Pipa Plastik Halus)
Sesuai dengan **Tabel 2 . 1** berikut ini

Tabel 2 . 1 Koefisien Kekasaran Pipa

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

(Sumber : (Indonesia, 2017) Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No. 4 Tahun 2017 Tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik, Halaman 101)

2. Rumus yang digunakan

Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk merencanakan saluran pembawa:

a. Luas Permukaan (A)

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

Keterangan :

A = luas permukaan saluran pembawa (m²)

Q = debit limbah (m³/s)

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

b. Diameter Pipa (D)

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

Keterangan :

A = luas permukaan (m²)

D = diameter pipa (m)

π = phi dengan besar 3.14

c. Jari – Jari Hidrolis (R)

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

Keterangan :

R = jari – jari hidrolis (m)

D = diameter pipa (m)

π = phi dengan besar 3.14

d. Headloss saluran pembawa

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

Keterangan :

Hf = kehilangan tekanan pipa (m)

n = koefisien kekasaran manning

R = jari – jari hidrolis (m)

L = panjang pipa (m)

e. Slope Pipa

$$S = \frac{H_f}{L}$$

Keterangan :

S = kemiringan pipa (m/m)

Hf = kehilangan tekanan pipa (m)

L = panjang pipa (m)

2.2.2 *Screening / Bar Screen*

Unit pertama adalah dalam pengolahan air limbah adalah *screening*. Penyaringan dilakukan untuk menghilangkan padatan yang berukuran besar pada air limbah. *Screen* dipasang melintang arah aliran air agar padatan kasar dapat tersaring dengan kecepatan yang digunakan lebih dari 3 m/s. Saat air limbah dilewatkan unit penyaring padatan akan tertinggal atau tersaring tidak terjepit (Metcalf & Eddy, 2003).

Padatan kasar yang lolos dapat menyebabkan kerusakan alat pengolahan 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).

Berbagai jenis *microscreens* telah dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir yang digunakan untuk meningkatkan limbah dari instalasi pengolahan sekunder. Jenis saringan halus yang dikembangkan adalah ayakan kawat (*static wedgewire*) seperti **Gambar 2 . 3**, drum putar (*rotary drum*) seperti **Gambar 2 . 4** dan anak tangga (*step type*) sesuai **Gambar 2 . 5** (Metcalf & Eddy, 2003).



Gambar 2 . 3 Ayakan Kawat (*Static Wedgewire*)

(Sumber: https://www.ecplaza.net/products/wedge-wire-sieve-Filters-solid-liquid_4594855)



Gambar 2 . 4 Drum Putar (*Rotary Drum*)

(Sumber: <https://ekoton.com/product/rotary-drum-Screen/>)

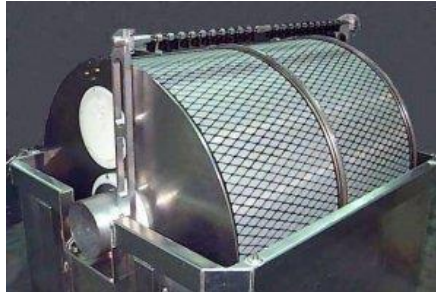


Gambar 2 . 5 Anak Tangga (*Step Type*)

(Sumber: https://ekoton.com/product/step_Screen/)

b. *MicroScreens*

Microscreens merupakan saringan yang berukuran kurang dari 0.5 μm digunakan untuk zat atau material yang mengapung, alga, dan lainnya yang berukuran kecil. Bentuk *MicroScreens* dapat dilihat pada **Gambar 2. 6.**



Gambar 2 . 6 *MicroScreen*

(Sumber: <https://i0.wp.com/engineeringcivil.org/wp-content/uploads/2017/12/MicroScreen-Sound-engineering.jpg?ssl=1>)

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 . 7.**



Gambar 2 . 7 *Coarse Screen* (Saringan Kasar)

(Sumber: <https://www.indiamart.com/proddetail/bar-rack-Screen-8581460091.html>)

Berikut adalah kriteria perencanaan dan rumus yang digunakan dalam merancang bangunan ini.

1. Kriteria Perencanaan

Pada perancangan ini digunakan *Coarse Screen* atau saringan kasar yang diletakkan pada ujung saluran pembawa yang berupa pipa di bak kontrol. Adapun kriteria perencanaan dapat dilihat pada **Tabel 2.2** di bawah ini:

Tabel 2 . 2 Kriteria Perencanaan *Screen*

Parameter	U.S Customary Units			SI Units		
	Metode Pembersihan			Metode Pembersihan		
	Unit	Manual	Mekanis	Unit	Manual	Mekanis
Ukuran batang						
Lebar	In	0.2–0.6	0.2 – 0.6	mm	5.0 – 15	5.0 – 15
Kedalaman	In	1.0 – 1.5	1.0 – 1.5	mm	25 – 38	25 – 38
Jarak antar batang	In	1.5 – 2.0	0.3 – 0.6	mm	25 – 30	15 – 75
Kemiringan terhadap vertical	°	30 – 45	0 – 30	°	30 – 45	0 – 30
Kecepatan						
Maksimum	Ft/s	1.0 – 2.0	2.0–3.25	m/s	0.3 – 0.6	0.6 – 1.0
Minimum	Ft/s		1.0 – 1.6	m/s		
<i>Headloss</i>	In	6	6 – 24	m	150	150 – 600

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

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

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

- *Headloss* (Hf) = 150 mm – 800 mm

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

2. Rumus yang digunakan

a. Menghitung Bak Kontrol

1) Menghitung Volume Bak

$$Q = \frac{V}{T}$$
$$V = Q \times T$$

Keterangan :

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

T = waktu detensi (s)

V = volume bak kontrol (m^3)

2) Menghitung Dimensi Bak

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

Keterangan :

V = volume bak kontrol (m^3)

L = panjang bak kontrol (m)

W = lebar bak kontrol (m)

H = kedalaman bak kontrol (m)

3) Menghitung Kecepatan Air Pada Bak Kontrol

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

Keterangan :

v = kecepatan kontrol (m^2/s)

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

W = lebar bak kontrol (m)

H = kedalaman bak kontrol (m)

4) Menentukan h air dari kedalaman bak kontrol

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

$$freeboard = \%freeboard \times h\ air$$

Keterangan :

$H_{bak\ kontrol/total}$ = kedalaman bak kontrol yang direncanakan (m)

h_{air} = tinggi air yang melalui *Bar Screen* (m)

freeboard = ruang kosong untukantisipasi luapan

b. Menghitung Dimensi *Bar Screen*

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

1) Menghitung Panjang *Bar Screen*

Panjang *Bar Screen* (sisi miring)

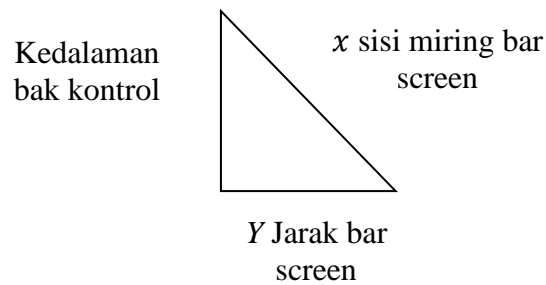
$$\sin\theta = \frac{H_{bak\ kontrol/total}}{x}$$

$$x = \frac{H_{bak\ kontrol/total}}{\sin\theta}$$

Lebar *Bar Screen* / Jarak *Bar Screen*

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

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



Keterangan :

$H_{bak\ kontrol/total}$ = kedalaman bak kontrol yang direncanakan (m)

x = sisi miring *Bar Screen* (m)

y = jarak *Bar Screen* (m)

θ = derajat kemiringan *Bar Screen* ($^{\circ}$)

2) Menentukan Jumlah Kisi dan Batang

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

$$\text{Jumlah Batang} = \text{Jumlah Kisi } (n) - 1$$

Keterangan :

Ws = lebar bak kontrol (m)

n = jumlah kisi (kisi / buah)

d = lebar antar kisi (m)

r = jarak bukaan (m)

3) Menentukan Lebar Bukaannya Kisi

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

Keterangan :

W_c = lebar bukaan kisi (m)

W_s = lebar bak kontrol (m)

n = jumlah kisi (kisi / buah)

d = lebar antar kisi (m)

c. Kecepatan

1) Kecepatan Yang Melalui *Bar Screen*

$$v_i = \frac{Q}{(W_c \times \text{hair})}$$

2) Kecepatan aliran saat pembersihan

$$v_c = \frac{Q}{\% \text{sumbatan} \times W_c \times \text{hair}}$$

Keterangan :

v_c = kecepatan aliran saat pembersihan (m/s)

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

v_i = kecepatan yang lewat *Bar Screen* (m/s)

hair = kedalaman air (m)

d. *Headloss* pada *Bar Screen*

1) *Headloss* saat *non clogging*

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

2) *Headloss* saat *clogging* pembersihan

$$H_f = \frac{1}{cc} \frac{(v_c^2 - v_i^2)}{2g}$$

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

Keterangan :

H_f = kehilangan tekanan pada *Bar Screen* (m)

v_i = kecepatan yang lewat *Bar Screen* (m/s)

v_c = kecepatan aliran saat pembersihan (m/s)

v = kecepatan awal aliran air (m/s)

- c = koef saat *non clogging*
- cc = koef saat clogging
- g = percepatan gravitasi (m/s^2)

2.2.3 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 pengolah 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.

Gambar 2 . 8 merupakan gambar bak penampung berbentuk persegi panjang.



Gambar 2 . 8 Bak Penampung Air Limbah

(Sumber: <https://www.tanindo.net/ipal-instalasi-pengolahan-air-limbah/>)

Pada perancangan ini digunakan bak Penampung, adapun kriteria perencanan dan rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Kriteria Perencanaan

- a. *Freeboard* = 5% - 30%
- b. Waktu Detensi = > 2 jam

(Sumber : (Metcalf & Eddy, 2003) **WasteWater Engineering Treatment & Reuse Fourth Edition. Halaman 344**)

- c. Kedalaman = ≤ 4 m

2. Rumus yang digunakan

- a. Volume bak penampung

$$V = Q \times Td$$

Keterangan :

V = volume bak penampung (m^3)

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

T_d = waktu detensi (s)

b. Dimensi bak penampung

$$H_{total} = H + fb$$

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

$$L = 2 \times W$$

Keterangan :

H = kedalaman bak Kontrol (m)

F_b = $20\% \times H$

V = volume bak penampung (m^3)

L = panjang bak penampung (m)

W = lebar bak penampung (m)

c. Luas bak penampung

$$A = L \times W$$

Keterangan :

A = luas bak penampung (m^2)

L = panjang bak penampung (m)

W = lebar bak penampung (m)

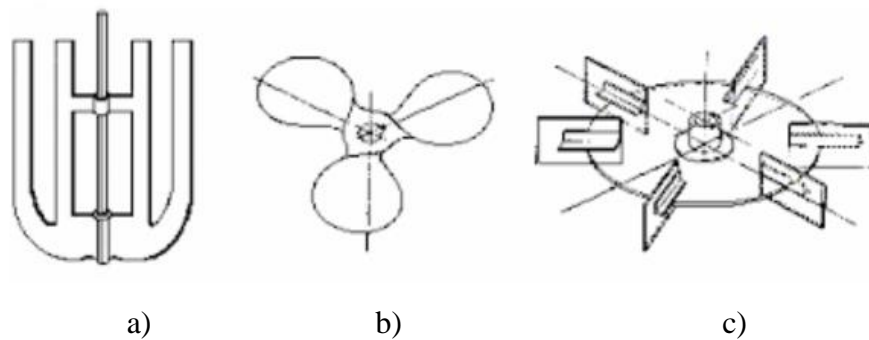
2.2.4 Netralisasi

Limbah cair industri biasanya bersifat asam dan basa sehingga memerlukan penetralan karena dapat mengganggu proses pengolahan berikutnya. Penetralan asam dan basa dilakukan dengan mempertahankan pH pada range 6 dan 9 untuk memastikan aktivitas biologis yang optimal. Pada proses biologis secara alami memungkinkan akan terjadi netralisasi akibat adanya produk CO_2 dari pembakaran asam oleh buffer. Karena kurang efektif maka dilakukan proses netralisasi (Eckenfelder & Jr., 2000).

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 pembubuh. Pada kedua bak terjadi pengadukan

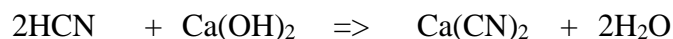
untuk mencampur atau menghomogenkan larutan. Proses pengadukan menggunakan prinsip *mixing* dengan aliran turbulen. Pada bak dilengkapi peralatan mekanis yaitu motor penggerak, dengan kriteria kecepatan pengadukan (**Gambar 2.9**) sebagai berikut (Reynolds & Richards, 1996):

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



Gambar 2.9 a) *Paddle Impeller* b) *Propeller Impeller* c) *Turbine Impeller*

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 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dengan reaksi sebagai berikut (Jeklin, 2016).



Penurunan HCN terjadi karena reaksi antara hidrogen sianida (HCN) dan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). 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).

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
- i. Jenis *Impeller* = *Flat paddles, 2 blades (single paddle)*
- j. Koefisien Turbulen (K_T) = 2.25

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

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

(Sumber : SNI 6774:2008 tentang Tata cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air)

2. Rumus yang digunakan

- a. Tangki Pembuat Larutan / Tangki Kimia

- 1) Dosis $Ca(OH)_2$

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

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

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

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

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)

2) Kebutuhan Ca(OH)₂

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

Keterangan :

Do = dosis Ca(OH)₂ (kg/L)
 Q = debit air yang dibutuhkan (L/s)

3) Volume Ca(OH)₂

$$\text{Volume Ca(OH)}_2 = \frac{\text{Kebutuhan Ca(OH)}_2}{\rho_{NaOH}} \times \text{periode pemptuan larutan}$$

Keterangan :

ρ_{NaOH} = massa jenis Ca(OH)₂ (kg/L)

4) Kebutuhan Air untuk Pelarutan

$$V_{air\ pelarut} = \frac{100\% - \text{kadar air}}{\text{kadar air}} \times V_{NaOH}$$

Keterangan :

$V_{air\ pelarut}$ = volume air pelarut (m³)
 V_{NaOH} = volume Ca(OH)₂ (m³)
 Kadar air = kadar air pelarut sebesar (80%)

5) Volume Larutan Ca(OH)₂

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

Keterangan :

Volume Larutan Ca(OH)₂ = Volume tangki (m³ atau L sesuai di pasaran)

$V_{air\ pelarut}$ = volume air pelarut (m³)

$V_{Ca(OH)_2}$ = volume Ca(OH)₂ (m³)

6) Debit yang masuk tangki Pembubuh/ Injeksi

$$Q = \frac{V \text{ Larutan Ca(OH)}_2}{T \text{ dpembubuhan}}$$

b. Tangki Netralisasi

- 1) Volume limbah yang masuk tangki netralisasi

$$V_{limbah} = Q_{limbah} \times T_d$$

Keterangan:

V = volume limbah (m^3)

Q_{limbah} = debit limbah (m^3/s)

T_d = waktu detensi (s)

- 2) Volume Total atau Volume Tangki

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

Keterangan:

V_{tangki} = volume tangki netralisasi (m^3)

V_{limbah} = volume air limbah (m^3)

$V_{pembubuh}$ = volume tangki pembubuh (m^3)

c. Perhitungan Pengaduk Tangki

- 1) Supply tenaga ke air

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

Keterangan:

P = daya air (Watt atau kW)

V = volume tangki (m^3)

G = gradien kecepatan (/detik)

μ = viskositas absolut ($N.s/m^2$)

- 2) Diameter *Paddle Impeller*

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

$$Cek D_i = \frac{D_i}{D_{tangki}}$$

(50 – 80% dari Diameter Tangki)

Keterangan:

D_i = diameter *Impeller* (m)

P = daya air (Watt atau kW)

$K\tau$ = koefisien turbulen

ρ_{air} = massa jenis air (kg/m^3)

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

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

$Nre > 10000$ Memenuhi, Aliran Turbulen

Keterangan:

Nre = nilai bilangan reynold

D_i = diameter *Impeller* (m)

N = kecepatan putar (rps)

ρ = massa jenis air (kg/m^3)

μ = viskositas absolut (N.s/m^2)

2.2.5 Bak Pengendap I / Sedimentasi

Efisiensi *Removal* dari bak pengendap pertama ini tergantung dari kedalaman bak dan dipengaruhi oleh luas permukaan serta waktu detensi. Unit pengolahan bak pengendap I ini berfungsi untuk memisahkan padatan tersuspensi dan terlarut dari cairan dengan menggunakan sistem gravitasi dengan syarat kecepatan horizontal partikel tidak boleh lebih besar dari kecepatan pengendapan. Bak sedimentasi bentuk *Rectangular* terbagi menjadi empat zona, yaitu :

- *Zona inlet*

Zona inlet berfungsi untuk mendistribusikan air ke seluruh area bak secara seragam, mengurangi energi kinetik air yang masuk, serta untuk memperlancar transisi dari kecepatan air yang tinggi menjadi kecepatan air yang rendah yang sesuai untuk terjadinya proses pengendapan di zona pengendapan (Kawamura, 2000).

- *Zona pengendapan*

Proses pengendapan pada zona pengendapan pada dasarnya ditentukan oleh dua faktor, yaitu :

1. Karakteristik partikel tersuspensi.
2. *Overflow rate*.
3. Dan efisiensi Bak.

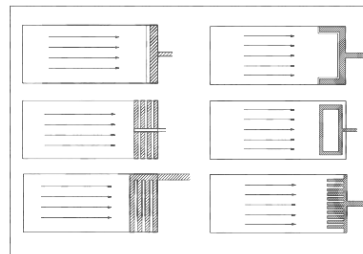
- Zona lumpur

Zona lumpur merupakan zona dimana partikel-partikel diskret yang telah mengendap berada. Zona ini memiliki kemiringan tertentu menuju ke *hopper* yang terletak di bagian bawah *inlet*. Kemiringan dasar bak *Rectangular* adalah sebesar 1 - 2%. Zona lumpur didesain memiliki kemiringan tertentu agar mempermudah pada saat pembersihan lumpur. Kemiringan yang cukup terutama untuk pembersihan yang dilakukan secara manual, sebab pembersihan secara manual biasanya dilakukan dengan cara menggelontorkan air agar lumpur terbawa oleh air (Qasim, 1985).

- Zona *Outlet*

Desain *Outlet* biasanya terdiri dari pelimpah yang dirancang sedemikian rupa untuk mengurangi terjadinya aliran pendek. *Weir loading rate* adalah beban pelimpah (dalam hal ini debit air) yang harus ditanggung per satuan waktu dan panjangnya.

Pada dasarnya satu pelimpah sudah cukup, namun jika hanya ada satu pelimpah, maka *weir loading rate* akan menjadi besar. Hal tersebut dapat mengganggu proses pengendapan, sebab terjadi aliran ke atas menuju pelimpah dengan kecepatan cukup besar yang menyebabkan partikel yang bergerak ke bawah untuk mengendap terganggu. Terdapat beberapa alternatif untuk mendesain pelimpah agar luas yang dibutuhkan untuk zona *Outlet* tidak terlalu besar dan beban pelimpah juga tidak terlalu besar. Penyusunan zona *Outlet* dapat dilihat pada **Gambar 2.10**.



Gambar 2 . 10 Susunan Pelimpah Pada *Outlet*

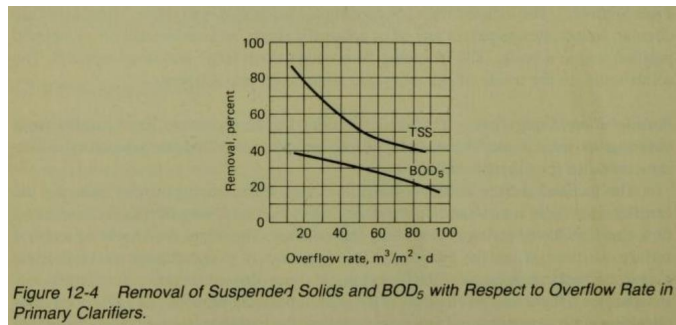
Berikut ini adalah kriteria perencanaan dan rumus yang digunakan untuk menghitung Bak pengendap 1 pada setiap bagiannya :

1. Zona Settling

a. Kriteria Perencanaan

1) *Over Flow Rate* (OFR)

- Average $= 30 - 50 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$
- Peak $= 70 - 130 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$



(Sumber: Tabel 12.1 (Qasim, 1985), *Wastewater Treatment Plants : Planning Design and Operation*. Holt, Rinehart, and Winston. Halaman 269)

2) Waktu Tinggal (Td) $= 0.6 - 3.6 \text{ jam}$

TABLE 12-2 Detention Times for Various Overflow Rates and Tank Depths

Overflow Rate ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	Detention Period (h)					
	2.0-m Depth	2.5-m Depth	3.0-m Depth	3.5-m Depth	4.0-m Depth	4.5-m Depth
30	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6
40	1.2	1.5	1.8 ^a	2.1	2.4	2.7
50	1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.2
60	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8
70	0.7	0.9	1.0	1.2	1.4	1.5
80	0.6	0.8	0.9	1.1	1.2	1.4

^aA 3.0 m deep sedimentation basin having an overflow rate of $40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ will provide a detention period of 1.8 h.

(Sumber: Tabel 12.2 (Qasim, 1985), *Wastewater Treatment Plants : Planning Design and Operation*. Holt, Rinehart, and Winston. Halaman 269)

3) Dimensi

a) *Rectangular*

- Panjang (L) $= 10 - 100 \text{ m}$
- Lebar (B) $= 3 - 24 \text{ m}$

- Kedalaman (H) = 2.5 – 5 m
- P : L = 1 – 7,5 : 1
- P : H = 4.2 – 25 : 1

b) *Circular*

- Diameter (D) = 3 – 60 m
- Kedalaman (H) = 3 – 6 m

(Sumber: Tabel 12.3 (Qasim, 1985), *Wastewater Treatment Plants : Planning Design and Operation*. Holt, Rinehart, and Winston. Halaman 271)

- 4) %*Removal* TSS = 50 – 70 %

(Sumber: (Huisman, 1977) *Sedimentation and Flotation Mechanical Filtration*. Delft University of Technology. Halaman 12)

- 5) Bilangan Reynold (NRe) = < 2000 (aliran laminar)

- 6) Bilangan Freud (NFr) = > 10 – 5 (mencegah aliran pendek)

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

- 7) *Spesifik Gravity Suspended Solid* = 1.3 -1.5

(Sumber: (Metcalf & Eddy, 2003) *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse Fourth Edition*. In *Chemical engineering* (Issue 4). McGraw - Hill Companies, Inc.. Halaman 411)

- 8) Slope ke arah Zona *Sludge*

- *Rectangular* = 1 % – 2 %
- *Circular* = (40 – 100 m/m)

(Sumber: (Qasim, 1985), *Wastewater Treatment Plants : Planning Design and Operation*. Holt, Rinehart, and Winston. Halaman 274)

- 9) Cek NRe partikel < 0.5

- 10) Syarat terjadinya pengendapan ($T_p < T_d$)

- 11) Syarat terjadinya penggerusan ($V_{sc} > V_h$)

- 12) Suhu air buangan 26 °C, sehingga

- *Kinematic Viscosity* (ϑ) = $8.77 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{dt}$
- *Absolute Viscosity* (μ) = $8.75 \times 10^{-4} \text{ (N)(s)/m}^2$

- Massa Jenis (ρ) = 0.99681 gr/cm³
= 996.81 kg/m³

(Sumber: Appendix C (Reynolds & Richards, 1996) *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, Second Edition*. PWS Publishing Company. Halaman 762)

- 13) Koef. Manning (n) = 0.012 – 0.016 (untuk bahan beton)
Dapat dilihat pada **Tabel 2 . 1**

(Sumber: (Indonesia, 2017) Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No. 4 Tahun 2017 Tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik, Halaman 101)

- 14) Kontrol Penggerusan

- Factor kisi porositas (β) = 0,05
- Factor fraksi hidrolis (λ) = 0,03

(Sumber: (Huisman, 1977) *Sedimentation and Flotation Mechanical Filtration*. Delft University of Technology. Halaman 57)

b. Rumus yang digunakan

- 1) Luas Permukaan

$$A = \frac{Q}{\text{Over Flow Rate}}$$

Keterangan :

A = luas permukaan (m²)

Q = debit limbah (m³/s)

- 2) Cek *Over Flow Rate* (OFR)

$$\text{OFR} = \frac{Q}{L \times W}$$

Keterangan :

Q = debit limbah (m³/s)

L = panjang(m)

W = lebar (m)

OFR = *Over Flow Rate* m³/m².s

3) Kecepatan Pengendapan (v_s)

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

Keterangan :

T_d = waktu detensi (s)

V_s = kecepatan pengendapan (m^2/s)

H = kedalaman(m)

4) Kecepatan Horizontal (v_h)

$$v_h = \frac{L}{T_d}$$

Keterangan :

V_h = kecepatan horizontal (m^2/s)

L = panjang pipa (m)

T_d = waktu detensi (s)

5) Jari – Jari Hidrolis

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

Keterangan :

R = jari – jari hidrolis (m)

W = lebar (m)

H = kedalaman (m)

6) Diameter Partikel (D_p)

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

Keterangan :

D_p = diameter partikel (m)

ϑ = kinematic *viscosity* (m^2/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

V_s = kecepatan pengendapan (m^2/s)

S_s = *Spesifik Gravity Suspended Solid*

7) Bilangan Reynolds

a) NRe Partikel

$$NRe_{\text{Partikel}} = \frac{v_s \times D_p}{\vartheta}$$

Keterangan :

NRe = Bilangan Reynolds

V_s = kecepatan pengendapan (m^2/s)

D_p = diameter partikel (m)

ϑ = kinematic viscosity (m^2/s)

b) Nre Zona Settling

$$NRe = \frac{v_h \times R}{\vartheta}$$

Keterangan :

NRe = Bilangan Reynolds

V_h = kecepatan horizontal (m^2/s)

R = jari – jari hidrolis (m)

ϑ = kinematic viscosity (m^2/s)

8) Bilangan Freud (NFr)

$$NFr = \frac{v_h}{\sqrt{g \times H}}$$

Keterangan :

NFr = Bilangan Freud

V_h = kecepatan horizontal (m^2/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

H = kedalaman (m)

9) Cek Penggerusan / Kecepatan Scouring (v_{sc})

$$v_{sc} = \left[\left(\frac{8 \times \beta}{\lambda} \right) \times (Ss - 1) \times g \times D_p \right]^{1/2}$$

Keterangan :

V_{sc} = kecepatan *scouring* (m^2/s)

Ss = *Spesifik Gravity Suspended Solid*

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

Dp = diameter partikel (m)

10) Slope Bak

$$S_{\text{bak}} = 2\% \times L$$

Keterangan :

S_{bak} = slope bak (m/m)

L = panjang bak(m)

11) Kehilangan Tekanan Pada Zona Settling

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

Keterangan :

H_f = kehilangan tekanan pipa (m)

V_h = kecepatan horizontal (m^2/s)

n = koefisien kekasaran manning

R = jari – jari hidrolis (m)

L = panjang bak (m)

2. Zona Inlet

a. Kriteria Perencanaan

- 1) Berbentuk saluran terbuka

b. Rumus yang digunakan

- 1) Luas Permukaan

$$A = W \times L$$

Keterangan :

A = luas permukaan (m^2)

W = lebar bak (m)

L = panjang bak (m)

- 2) Volume Zona Inlet

$$V = Q \times T_d$$

Keterangan :

V = volume bak (m^3)

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

T_d = waktu detensi (s)

3) Kedalaman Zona Inlet

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

$$H_{total} = H + Fb \times H$$

Keterangan :

H = kedalaman bak (m)

V = volume bak (m³)

A = luas permukaan (m²)

H = kedalaman bak (m)

Fb = *Freeboard* (m)

$$= 20\% \times H$$

4) Kecepatan Aliran

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

Keterangan :

V = volume bak (m³)

Q = debit air limbah (m³/s)

W = lebar bak (m)

H = kedalaman bak (m)

5) Jari – Jari Hidrolis (R)

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

Keterangan :

R = jari – jari hidrolis (m)

W = lebar bak (m)

H = kedalaman bak (m)

3. Zona Lumpur

a. Kriteria Perencanaan

1) Volatile Solid = 60 – 90 %

2) Dry Solid = 3 – 8 %

(Sumber : (Qasim, 1985), *Wastewater Treatment Plants : Planning Design and Operation*. Holt, Rinehart, and Winston. Halaman 428)

3) *Spesifik Gravity Suspended Solid* = 1.3 -1.5

(Sumber : (Metcalf & Eddy, 2003) *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse Fourth Edition. In Chemical engineering (Issue 4). McGraw - Hill Companies, Inc.. Halaman 411*)

$$4) \text{ Massa Jenis } (\rho) = 0.99681 \text{ gr/cm}^3 \\ = 996.81 \text{ kg/m}^3$$

(Sumber : Appendix C (Reynolds & Richards, 1996) *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, Second Edition. PWS Publishing Company. Halaman 762*)

b. Rumus yang digunakan

1) *Removal TSS* (output *Sludge* di Bak Pengendap)

$$C_n = C_o - (C_o \times (100\% - \%removal))$$

Keterangan :

$$C_n = \text{Removal TSS (mg/L)}$$

$$C_o = \text{TSS inlet (mg/L)}$$

$\%removal$ = persentase *Removal TSS*

2) Berat Solid

$$\text{Berat Solid} = \text{removal TSS} \times Q$$

Keterangan :

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

3) Berat Air

$$\text{Berat Air} = \frac{95\%}{5\%} \times \text{Berat Solid}$$

Keterangan :

$$\frac{95\%}{5\%} = \text{perbandingan antara air dan solid}$$

4) Berat Jenis Solid

$$S_g = (60\% \times S_g \text{ Volatil Solid}) + (40\% \times S_g \text{ Fixed Solid})$$

Keterangan :

$$S_g = \text{berat jenis solid (kg/m}^3\text{)}$$

5) Berat jenis *Sludge* (S_i)

$$S_i = (5\% \times \text{Berat Jenis Solid}) + (95\% \times \rho_{air})$$

Keterangan :

S_i = berat jenis *sludge* (kg/m^3)

ρ = massa jenis air (kg/m^3)

6) Volume Solid (V_{solid})

$$V_{\text{solid}} = \frac{\text{Berat solid}}{S_g \text{ Solid}}$$

Keterangan :

V_{solid} = volume solid (m^3)

S_g = berat jenis solid (kg/m^3)

7) Volume Air

$$V_{\text{air}} = \frac{\text{Berat air}}{\rho_{\text{air}}}$$

Keterangan :

V_{air} = volume air (m^3)

ρ_{air} = massa jenis air (kg/m^3)

8) Volume Lumpur

$$V_{\text{lumpur}} = V_{\text{air}} + V_{\text{Solid}}$$

Keterangan :

V_{air} = volume air (m^3)

V_{solid} = volume solid (m^3)

9) Dimensi Ruang Lumpur

$$\text{Volume Lumpur (m}^3\text{)} = V_{\text{lumpur (m}^3\text{)}} \times \text{periode pengurasan}$$

– Luas Atas

$$A_a = L_a \times W_a$$

– Luas Bawah

$$A_b = L_b \times W_b$$

– Kedalaman Ruang Lumpur

$$V_{\text{Ruang Lumpur}} = \frac{1}{3} \times H \times \left((A_a + A_b) + (\sqrt{A_a \times A_b}) \right)$$

Keterangan :

H = kedalaman (m)

A_a = luas permukaan atas (m^2)

Ab	= luas permukaan bawah (m ²)
La	= panjang atas (m)
Wa	= lebar atas (m)
Lb	= panjang bawah (m)
Wb	= lebar bawah (m)

10) Pipa Penguras

a) Debit Pengurasan

$$Q_p = \frac{\text{Vruang lumpur}}{T_d}$$

Keterangan :

Q_p = debit pengurasan (m³/s)

T_d = waktu detensi (s)

b) Diameter Pipa Penguras

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

Keterangan :

D = diameter pipa (m)

A = luas permukaan (m²)

π = phi dengan besar 3.14

4. Zona Outlet

a. Kriteria Perencanaan

1) Zona Outlet bak pengendap I berupa *weir* bergerigi (*V-Notch*)

2) Bentuk *Gutter* adalah Persegi Panjang

3) *Weir Loading Rate*

– 124 m³/m.hr untuk debit 44 L/s

– 186 m³/m.hr untuk debit > 44 L/s

(Sumber : (Qasim, 1985), *Wastewater Treatment Plants : Planning Design and Operation*. Holt, Rinehart, and Winston. Halaman 270)

b. Rumus yang digunakan

1) Luas Permukaan

$$A = W \times L$$

Keterangan :

A = luas bak (m^2)

W = lebar bak (m)

L = panjang bak (m)

2) Volume Zona Inlet

$$V = Q \times Td$$

Keterangan :

V = volume bak (m^3)

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

Td = waktu detensi (s)

3) Kedalaman Zona Inlet

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

$$H_{total} = H + Fb \times H$$

Keterangan :

H = kedalaman bak (m)

V = volume bak (m^3)

A = luas permukaan (m^2)

H = kedalaman bak (m)

Fb = *Freeboard* (m)

$$= 20\% \times H$$

4) Kecepatan Aliran

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

Keterangan :

V = volume bak (m^3)

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

W = lebar bak (m)

H = kedalaman (m)

5) Jari – Jari Hidrolis (R)

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

Keterangan :

R = jari – jari hidrolis (m)

W = lebar bak(m)

H = kedalaman bak (m)

6) Kehilangan Tekanan

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

$$S = \frac{H_f}{L}$$

Keterangan :

Hf = kehilangan tekanan pipa (m)

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

n = koefisien kekasaran manning pipa besi tanpa lapisan

R = jari – jari hidrolis (m)

L = panjang pipa (m)

S = kemiringan pipa (m/m)

7) *Gutter* dan *Weir* (Pelimpah)

a) Panjang *Weir* (Pw)

$$P_w = \frac{Q}{\text{Weir Loading Rate} \times \text{jumlah weir}}$$

Keterangan :

Pw = Panjang *Weir* (m)

Q = debit limbah (m^3/s)

b) Luas Saluran Pelimpah/*Gutter*

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

Keterangan :

A = luas permukaan *gutter* (m²)

Q = debit limbah (m^3/s)

v = kecepatan aliran (m/s)

c) Ketinggian air pada *Gutter* (Hair)

$$\text{Hair} = \left(\frac{Q_{\text{Gutter}}}{1.38 \times \text{Lebar Gutter}} \right)^{2/3}$$

Keterangan :

Hair = ketinggian air (m)

Q_{gutter} = debit yang melalui gutter (m^3/s)

d) Tinggi Gutter (H_{gutter})

$$H_{gutter} = H + Fb \times H$$

Keterangan :

H_{gutter} = tinggi Gutter (m)

H = kedalaman (m)

Fb = *Freeboard* (m)
= 20% \times H

e) Jari – Jari Hidrolis (R)

$$R_{Gutter} (m) = \frac{Hair(m) \times Lebar\ Gutter(m)}{2 \times Hair(m) + Lebar\ Gutter(m)}$$

f) Luas Basah Gutter

$$A_{Gutter} = Lebar\ Gutter \times Hair$$

Keterangan :

A_{gutter} = luas Gutter (m^2)

Hair = ketinggian air (m)

g) Kemiringan Gutter

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

Keterangan :

S = kemiringan gutter (m/m)

Q = debit gutter (m^3/s)

n = jumlah kisi (kisi / buah)

A = luas gutter (m^2)

R = jari – jari hidrolis (m)

h) Kehilangan Tekanan pada Gutter

$$H_f = S \times L$$

Keterangan :

H_f = kehilangan tekanan pipa (m)

S = kemiringan pipa (m/m)

L = panjang pipa (m)

8) *V Notch*

a) Jumlah *V Notch*

$$n \text{ V Notch} = \frac{Pw (m)}{\text{jarak antar Vnotch+lebar Vnotch}}$$

b) Debit mengalir tiap *V Notch*

$$Q_{\text{Vnotch}} = \frac{Q}{n \text{ Vnotch}}$$

Keterangan :

Q Vnotch= debit melalui Vnotch (m^3/s)

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

n = jumlah v notch

c) Tinggi peluapan melalui *V Notch* (H)

$$Q_{\text{Vnotch}} = \frac{8}{15} \times Cd \times \sqrt{2 \times g} \times \tan \frac{\theta}{2} \times H^{5/2}$$

Keterangan :

Q Vnotch = debit melalui Vnotch (m^3/s)

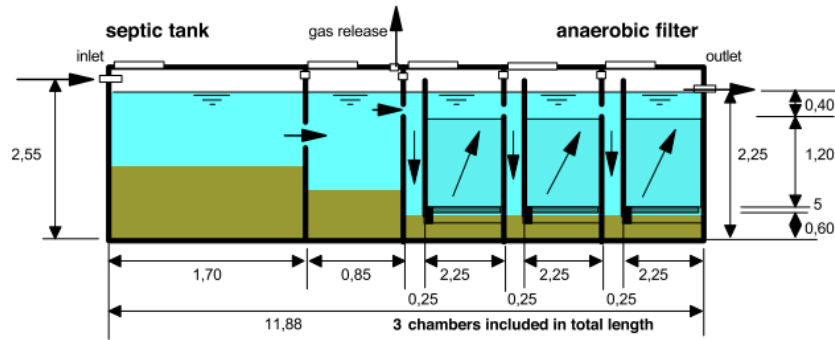
Cd = koefisien *drag*

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

H = kedalaman (m)

2.2.6 *Anaerobic Filter*

Menurut Morel dan Diener (2006) *Anaerobic Filter* adalah Pengolahan air limbah terlekat menggunakan biofilm yang bertujuan untuk menyisahkan padatan yang tidak dapat mengendap dan padatan terlarut. *Anaerobic Filter* menggunakan tangki yang memiliki permukaan luas untuk melekatkan bakteri. Ketika air limbah mengalir melewati *Filter* biasanya dari bawah ke atas (*upflow*), air limbah akan melakukan kontak dengan biomassa pada *Filter* dan mengalami degradasi anaerobik (**Gambar 2 . 11**).



Gambar 2 . 11 Unit *Anaerobic Filter*

Sumber: (Sasse, 1998)

Media *Filter* seperti kerikil, batu atau plastik memiliki luas permukaan tambahan untuk melekatkan bakteri. Semakin luas permukaan media untuk pertumbuhan bakteri maka semakin cepat proses penguraiannya. Sebuah media *Filter* yang baik memiliki 90- 300 m² luas permukaan setiap m³ volume reaktor. Permukaan yang kasar memiliki luas area yang lebih besar, paling tidak pada fase awal. Lama kelamaan bakteri yang tumbuh akan semakin banyak sehingga luas permukaan media akan berkurang (Sasse, 1998). Media yang paling efektif untuk *bioFilter* aerob maupun anaerob adalah media sarang tawon (Nusa Idaman, 2000).

Tabel 2 . 3 Luas Permukaan Spesifik

No.	Jenis Media	Luas Permukaan Spesifik (m ² /m ³)
1.	Trickling <i>Filter</i> dengan batu pecah	100-200
2.	Modul sarang tawon (honeycomb modul)	150-240
3.	Tipe jaring	50
4.	RBC	80-150

(Sumber : (Nusa Idaman, 2000) *Pengolahan Air Limbah dengan Proses BioFilter Anaerob-Aerob. Jurnal Teknologi Lingkungan, 1(2).*)

Adapun kriteria dan rumus yang digunakan untuk merencanakan unit anaerobik filter adalah sebagai berikut:

1. Kriteria Perencanaan

- a. *Spec. Surface Area (SSA)* = 150 – 240 m² /m³
- b. *Velocity Upflow* = < 2 m/jam

(Sumber: (Sasse, 1998) *DEWATS Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. BORDA. Halaman 131)

- c. Beban organik (OLR) = 5 – 30 kg BOD/m³.hari
- d. *Hydraulic Loading rate* = 90 – 300 gr BOD/m².hari
- e. Tinggi air di atas media = ≥ 0,2 m
- f. Jarak plat penyangga media = 0.5 – 0.6 m
- g. *Hydraulic Retention Time* (HRT) = 6 – 8 jam

(Sumber: (Indonesia, 2017)

- h. Kecepatan aliran dalam *Filter* = > 1.2 m/jam
- i. Efisiensi penyisihan
 - 1) *BOD Removal* = 50 – 90 %
 - 2) *COD Removal* = 50 – 90 %
 - 3) *TSS Removal* = 50 – 80 %

(Sumber: (Tilley et al., 2014) *Compendium of Sanitation Systems and Technologies (2nd Revise)*. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Halaman 78-79)

2. Rumus yang digunakan

- a. Efisiensi unit pengolahan

- 1) BOD

$$BOD_{\text{effluen}} = BOD_{\text{influen}} \times (100\% - \% \text{removal})$$

Keterangan :

BOD_{effluen} = Konsentrasi BOD yang masuk (mg/L)

BOD_{influen} = Konsentrasi BOD yang keluar (mg/L)

- 2) COD

$$\% \text{Removal COD} = \frac{\text{Efisiensi penyisihan BOD}}{1,085}$$

$$COD_{\text{effluen}} = COD_{\text{influen}} \times (100\% - \% \text{removal})$$

Keterangan :

COD_{effluen} = Konsentrasi COD yang masuk (mg/L)

COD_{influen} = Konsentrasi COD yang keluar (mg/L)

3) TSS

$$TSS_{\text{effluen}} = TSS_{\text{influen}} \times (100\% - \% \text{removal})$$

Keterangan :

TSS_{effluen} = Konsentrasi TSS yang masuk (mg/L)

TSS_{influen} = Konsentrasi TSS yang keluar (mg/L)

b. Kebutuhan *Filter*

$$\text{Beban BOD} = Q \times \text{BOD Influen}$$

Keterangan :

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

c. Media *Filter* sarang tawon

$$V_{\text{media Filter}} = \frac{\text{Beban BOD}}{\text{Beban Organik(OLR)}}$$

Keterangan :

$V_{\text{media Filter}}$ = volume media *Filter* (m^3)

d. Kedalaman *Anaerobic Filter* (H)

$$\text{Kedalaman Total} = H + 20\% \times H$$

Keterangan :

H = kedalaman bak (m)

e. Panjang *Anaerobic Filter* (L)

$$L = \frac{V_{\text{Anaerobik filter}}}{H \times W}$$

Keterangan :

L = panjang bak (m)

H = kedalaman (m)

W = lebar bak (m)

f. Cek kecepatan dalam *Filter*

$$v_{\text{upflow}} = \frac{Q}{A_{\text{ruang filter}}}$$

Keterangan :

v_{upflow} = kecepatan aliran air ke atas (m/s)

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

$A_{\text{ruang Filter}}$ = luas ruang *Filter* (m^2)

g. HRT pada *Anaerobic Filter*

$$\text{HRT} = \frac{V_{\text{Anaerobik Filter}}}{Q}$$

Keterangan :

HRT = Hour Retention Time (jam)

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

h. Cek HLR pada *Anaerobic Filter*

$$\text{HLR} = \frac{\text{Beban BOD}}{(V_{\text{media}} \times \text{SSA})}$$

Keterangan :

HLR = Hydraulic Loading Rate (gr/BOD.hari)

V_{media} = Volume Media (m^3)

SSA = Spesifik Surface Area (m^2/m^3)

Beban BOD = BOD pada unit (g/s)

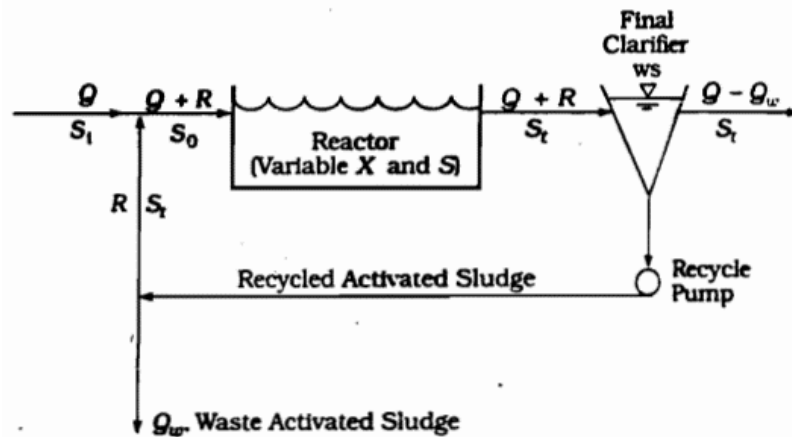
2.2.7 *Activated Sludge (Step Aeration System)*

Activated Sludge (lumpur aktif) adalah pengolahan air limbah dengan menggunakan bakteri aerobik dalam tangki aerasi. Energi yang digunakan bakteri berasal dari oksidasi senyawa organik dan organik karbon. Organik karbon yang digunakan adalah BOD dan COD yang kemudian disebut dengan substrat. Bahan organik akan diuraikan oleh mikroorganisme menjadi karbon dioksida, amonia dan pembentukan sel baru dan hasil lain berupa lumpur.

Proses ini pada dasarnya merupakan pengolahan aerobik yang 25 mengoksidasi material organik menjadi CO_2 dan H_2O , NH_4 . dan sel biomassa baru. Udara disalurkan melalui pompa *Blower (diffused)* atau melalui aerasi mekanik. Sel mikroba membentuk flok yang akan mengendap di tangki penjernihan.

Metode pengolahan lumpur aktif (*Activated sludge*) merupakan proses pengolahan air limbah yang memanfaatkan proses mikroorganisme tersebut. Dengan menerapkan sistem ini didapatkan air bersih yang tidak lagi mengandung senyawa organik beracun dan bakteri yang berbahaya bagi kesehatan. Air tersebut dapat dipergunakan kembali sebagai sumber air untuk kegiatan industri selanjutnya.

Untuk alur pengolahan pada *Activated Sludge* dapat dilihat pada **Gambar 2.12** berikut ini.



Gambar 2 . 12 Proses pada *Activated Sludge*

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996)

Pengaturan jumlah massa mikroba dalam sistem lumpur aktif dapat dilakukan dengan baik dan relatif mudah karena pertumbuhan mikroba dalam kondisi tersuspensi sehingga dapat terukur dengan baik melalui analisa laboratorium. Tetapi jika dibandingkan dengan sistem sebelumnya operasi sistem ini jauh lebih rumit. Khususnya untuk limbah industri dengan karakteristik tertentu. Tujuan dari proses pengolahan menggunakan unit *Activated Sludge* yaitu untuk mengubah buangan organik, menjadi bentuk anorganik yang lebih stabil dimana bahan organik yang lebih terlarut yang tersisa setelah prasedimentasi dimetabolisme oleh mikroorganisme menjadi CO_2 dan H_2O , sedang fraksi terbesar diubah menjadi bentuk anorganik yang dapat dipisahkan dari air buangan oleh sedimentasi. Adapun jenis-jenis proses di dalam *Activated sludge*, yaitu:

1. *Konvensional*

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

2. *Tapered Aerasi*

Hampir sama dengan step aerasi, tetapi injeksi udara di titik awal lebih tinggi.

3. *Contact Stabilisasi*

Pada sistem ini terdapat 2 tangki yaitu *Contact tank* yang berfungsi untuk mengabsorpsi bahan organik untuk memproses lumpur aktif. Tangki lainnya adalah *Reaeration tank* yang berfungsi untuk mengoksidasi bahan organik yang mengasorpsi (proses stabilisasi).

4. **Pure Oxygen**

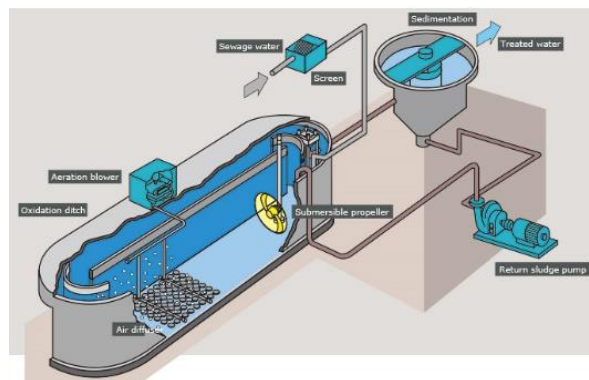
Oksigen murni diinjeksikan ke tangki aerasi dan di resirkulasi. Keuntungannya adalah mempunyai perbandingan substrat dan mikroorganisme serta volumetric loading tinggi dan waktu tinggal pendek.

5. **High Rate Aeration**

Kondisi ini tercapai dengan meninggikan harga rasio resirkulasi, atau debit air yang dikembalikan dibesarkan 1 - 5 kali. Dengan cara ini maka akan diperoleh jumlah mikroorganisme yang lebih besar.

6. **Oxidation Ditch**

Bentuk *oxidation ditch* adalah oval dengan aerasi secara mekanis, kecepatan aliran 0,25 - 0,35 m/s. Seperti pada **Gambar 2.13** berikut ini.



Gambar 2 . 13 Sketsa Oxidation Ditch

(Sumber:<https://www.jfe-eng.co.jp/en/products/aqua/aqua13.html>)

7. *Step Aeration System*

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

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengolahan limbah cair dengan lumpur aktif adalah sebagai berikut :

➤ Oksigen

Oksigen dibutuhkan ketika pengolahan terhadap air limbah dilakukan secara aerob. Tetapi untuk proses anaerob, kehadiran oksigen pada reaktor pengolahan limbah tidak diperbolehkan sehingga mikroorganisme yang digunakan untuk mendegradasi limbah adalah bakteri anaerob yang tidak membutuhkan oksigen.

➤ Nutrisi

Mikroorganisme akan menggunakan bahan-bahan organik yang terkandung dalam limbah cair sebagai makanannya, tetapi ada beberapa unsur kimia penting yang banyak digunakan sebagai nutrisi untuk pertumbuhan bakteri sehingga pertumbuhan bakteri optimal. Sumber nutrisi tersebut antara lain :

- Makro nutrient

Sumber makro nutrient yang sering ditambahkan antara lain adalah N, S, P, K, Mg, Ca, Fe, Na, dan Cl. Unsur nitrogen dan fosfor yang digunakan biasanya diperoleh dari urea dan TSP dengan perbandingan 5:1 (Metcalf & Eddy, 2003).

- Mikro nutrient

Sumber mikro nutrient yang penting antara lain adalah Zn, Mn, Mo, Se, Co, Cu, dan Ni . Penggunaan mikronutrient adalah 1-100 µg/L (Perry.R.H. & Green.D., 1997). Karena jika terlalu banyak justru merupakan racun bagi mikroorganisme. Penambahan mikronutrient Cu lebih dari 1 mg/L mengakibatkan efisiensi penurunan TOC menjadi menurun Komposisi organisme.

Komposisi mikroorganisme dalam lumpur aktif sangat menentukan baik atau tidaknya proses pengolahan yang dilakukan. Kondisi yang paling baik untuk pengolahan limbah dengan lumpur aktif adalah apabila populasi mikroorganisme yang dominan adalah free ciliata diikuti dengan stalk ciliata dan terdapat beberapa rotifera.

➤ pH

Kondisi pH lingkungan sangat berperan dalam pertumbuhan mikroorganisme terutama bakteri karena derajat keasaman atau kebasaan akan mempengaruhi aktivitas enzim yang terdapat dalam sel bakteri. pH optimum untuk pertumbuhan bagi kebanyakan bakteri adalah antara 6.5- 7.5. Pergeseran pH dalam limbah cair dapat di atasi dengan larutan H₂SO₄ atau NaOH maupun larutan kapur.

➤ Temperatur

Pengaruh temperatur untuk pertumbuhan mikroorganisme terutama bakteri adalah terhadap proses kerja enzim yang berperan dalam sintesis bahan-bahan organik terlarut dalam limbah cair. Temperatur optimal dalam proses lumpur aktif untuk pertumbuhan bakteri adalah 32-36°C (Hammer, 1931).

Adapun parameter penting untuk desain *Activated Sludge* adalah :

- a. F/Mratio, merupakan perbandingan antara substrat (*food*) terhadap mikroorganisme (M) atau lebih tepatnya adalah perbandingan antara substrat (BOD) yang masuk ke tangki aerasi per satuan waktu dengan massa mikroorganisme di tangki aerasi.
- b. Rasio resirkular (R), merupakan perbandingan antara debit lumpur yang dikembalikan ke tangki aerasi terhadap debit air yang diolah. Harga R tergantung pada jenis *Activated Sludge* yang digunakan.
- c. Konsentrasi BOD yang masuk ke tangki aerasi (C₀).
- d. Waktu detensi (td) adalah lama waktu air limbah tinggal dalam tangki aerasi
- e. Volume bak aerasi (V).

Berikut adalah kriteria perencanaan dan rumus yang digunakan dalam merancang bangunan ini.

1. Kriteria Perencanaan

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| a. Umur lumpur (θ_c) | = 5 – 15 hari |
| b. Rasio F/M | = 0.2 – 0.4 kg BOD/kg MLSS.d |
| c. Volumetric Loading | = 0.6 – 1 kgBOD/m ³ .d |
| d. MLSS (X) | = 2000 – 3500 mg/L |

(Sumber : (Metcalf & Eddy, 1979) Metcalf, & Eddy. (1979). *Reuse, Wastewater Engineering : Treatment Disposal*. McGraw-Hill. Halaman 484 – 485)

- e. Waktu detensi (HRT) = 3 – 5 jam
- f. Rasio Resirkulasi (R) = 0.25 – 0.75
- g. Nilai Koefisien :
 - Rata-rata penggunaan Substrat (k) = 2 – 10 /hari
 - Konsentrasi Substrat (Ks) = 25 – 100 mg/L.BOD
 - Koefisien *Endogeneous* (Ke) = 0.025 – 0.075 /hari
 - *Yield Coefficient* (Y) = 0.4 – 0.8 mg MLVSS/mg BOD
- h. Suhu *correction Coefficient* (θ) = 1.03 – 1.09
- i. Kedalaman bak aerasi (H) = 3 – 4.5 m
- j. MLVSS (Xv) = 60 – 75% MLSS

(Sumber: (Reynolds & Richards, 1996) *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, Second Edition*. PWS Publishing Company. Halaman 450 – 459)

- k. Suhu air buangan 26 °C, sehingga
 - Kinematic *Viscosity* (ν) = $8.77 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{dt}$
 - Absolute *Viscosity* (μ) = $8.75 \times 10^{-4} \text{ (N)(s)/m}^2$
 - Massa Jenis (ρ) = 0.99681 gr/cm^3
= 996.81 kg/m^3

(Sumber: Appendix C (Reynolds & Richards, 1996) *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, Second Edition*. PWS Publishing Company. Halaman 762)

- l. *Freeboard* = 10 – 20%
- m. *Safety factor* = 2
- n. *Return Sludge Ratio* = 0.7 – 1.2
- o. *SS in return sludge* = 8000 – 12000 mg/l

(Sumber: (Von Sperling, 2007) *Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactors*. In *Water Intelligence Online* (Vol. 6, Issue 0). Halaman 36)

2. Rumus yang digunakan

a. Koefisien Kinetik pada suhu 26°C

1) Koefisien *Endogenous* (Kd)

$$K_d = K_{d_{20}} \times \theta^{(T-20)}$$

Keterangan :

$$K_d = \text{Koefisien } Endogenous \text{ (/hari)}$$

$$\theta = \text{Suhu } correction \text{ Coefficient } (^{\circ})$$

2) Koefisien *Yield* (Y)

$$Y = Y_{20} \times \theta^{(T-20)}$$

Keterangan :

$$Y = \text{Koefisien } Yield \text{ (mg MLVSS/mg BOD)}$$

$$\theta = \text{Suhu } correction \text{ Coefficient } (^{\circ})$$

3) Rata Rata Penggunaan Substrat (K)

$$K = K_{20} \times \theta^{(T-20)}$$

Keterangan :

$$K = \text{Rata Rata Penggunaan Substrat (/hari)}$$

$$\theta = \text{Suhu } correction \text{ Coefficient } (^{\circ})$$

4) Konsentrasi Substrat (Ks)

$$K_s = K_{s_{20}} \times \theta^{(T-20)}$$

Keterangan :

$$K_s = \text{Konsentrasi Substrat (mg/L} \cdot \text{BOD)}$$

$$\theta = \text{Suhu } correction \text{ Coefficient } (^{\circ})$$

b. BOD *ter removal*

$$BOD \text{ ter removal} = BOD_{influen} \times \% \text{ removal}$$

c. Kadar MLVSS (Xv)

$$MLVSS = \%MLVSS \times MLSS(X)$$

d. *Sludge Volume Index* (SVI)

Direncanakan dari hasil analisa laboratorium diperoleh konsentrasi 2500mg/L MLSS dengan volume lumpur yang mengendap selama 30 menit dalam 1 liter sampel = 250 mL, maka :

(Sumber : (Sumber : (Metcalf & Eddy, 1979) Metcalf, & Eddy. (1979).
Reuse, Wastewater Engineering : Treatment Disposal. McGraw-Hill.
 Halaman 685)

$$\begin{aligned} \text{SVI} &= \frac{V}{\text{MLSS}} \\ \text{Xr} &= \frac{10^3 \text{ mg/gr} \times 10^3 \text{ mL/L}}{\text{SVI}} \end{aligned}$$

Keterangan :

SVI = *Sludge Volume Index* (mL/gr)

V = volume (m³)

e. Debit Resirkulasi

$$Q_r = R \times Q$$

Keterangan :

Q_r = debit resirkulasi (m³/s)

R = Rasio Resirkulasi (m)

Q = debit air limbah (m³/s)

f. Debit Bak / Debit Total

$$Q_a = Q + Q_r$$

Keterangan :

Q_a = Debit Total

Q = debit air limbah (m³/s)

Q_r = debit resirkulasi (m³/s)

g. Konsentrasi BOD pada *Activated Sludge* (C_a)

$$C_a = \frac{(BOD_{influen} \times Q) + (BOD_{effluen} \times Q_r)}{Q_a}$$

Keterangan :

C_a = Konsentrasi BOD pada *Activated Sludge* (mg/L)

Q_a = Debit Total (m³/s)

Q = debit air limbah (m³/s)

Q_r = debit resirkulasi (m³/s)

h. Volume Bak (V)

$$V = \frac{Y \times \theta_c \times Q_a \times (C_a - BOD_{efluen})}{X \times (1 + (K_d \times \theta_c))}$$

Keterangan :

V = volume bak kontrol (m^3)

Y = *Yield Coefficient*

θ_c = *Suhu correction coefficient*

C_a = Konsentrasi BOD pada *Activated Sludge* (mg/L)

Q_a = Debit Total (m^3/s)

X = MLSS

K_d = Koefisien *Endogeneous*

i. Lumpur yang dihasilkan (γ_{obs})

$$\gamma_{obs} = \frac{Y}{1 + K_d \times \theta_c}$$

Keterangan :

γ_{obs} = Lumpur yang dihasilkan

K_d = Koefisien *Endogeneous*

Y = *Yield Coefficient*

θ_c = *Suhu correction coefficient*

j. Produksi Lumpur (P_X)

$$P_{X(MLVSS)} = \gamma_{obs} \times Q_a \times (C_a - BOD_{efluen})$$

Keterangan :

P_{X(MLVSS)} = Produksi Lumpur

γ_{obs} = Lumpur yang dihasilkan

C_a = Konsentrasi BOD pada *Activated Sludge* (mg/L)

Q_a = Debit Total (m^3/s)

k. Kontrol F/M

$$F/M = \frac{Q_a \times C_a}{V \times X}$$

Keterangan :

F/M = F/M Ratio

C_a = Konsentrasi BOD pada *Activated Sludge* (mg/L)

Qa = Debit Total (m^3/s)

V = volume (m^3)

X = MLSS

1. Debit Lumpur(Qs)

$$Q_s = \frac{V}{\theta_c}$$

Keterangan :

Qs = Debit Lumpur (m^3/s)

V = volume bak penampung (m^3)

θ_c = volume bak penampung (m^3)

2.2.8 Clarifier

Pengolahan ini merupakan pengolahan khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah. *Clarifier* sama saja dengan bak pengendap pertama. Hanya saja *Clarifier* biasa digunakan sebagai bak pengendap kedua setelah proses biologis. Bangunan ini digunakan untuk mengendapkan lumpur setelah proses sebelumnya, biasanya proses lumpur aktif.

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

Waktu tinggal berdasarkan rata-rata aliran per hari, biasanya 1 – 2 jam. Kedalaman *Clarifier* rata – rata 10 – 15 feet (3 – 4.6 meter). *Clarifier* yang menghilangkan lumpur biasanya mempunyai kedalaman ruang lumpur (*sludge blanket*) yang kurang dari 2 feet (0.6 meter).

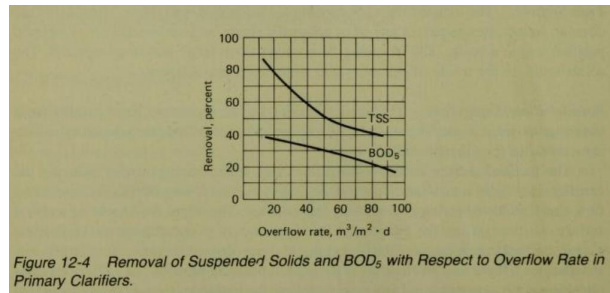
Berikut ini adalah kriteria perencanaan dan rumus yang digunakan untuk merencanakan unit *Clarifier*.

1. Zona Settling

a. Kriteria Perencanaan

1) *Over Flow Rate* (OFR)

- Average $= 30 - 50 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$
- Peak $= 70 - 130 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$



(Sumber: Tabel 12.1 (Qasim, 1985), *Wastewater Treatment Plants : Planning Design and Operation*. Holt, Rinehart, and Winston. Halaman 269)

- 2) Waktu Tinggal (Td) $= 0.6 - 3.6 \text{ jam}$

TABLE 12-2 Detention Times for Various Overflow Rates and Tank Depths

Overflow Rate ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$)	Detention Period (h)					
	2.0-m Depth	2.5-m Depth	3.0-m Depth	3.5-m Depth	4.0-m Depth	4.5-m Depth
30	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6
40	1.2	1.5	1.8 ^a	2.1	2.4	2.7
50	1.0	1.2	1.4	1.7	1.9	2.2
60	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8
70	0.7	0.9	1.0	1.2	1.4	1.5
80	0.6	0.8	0.9	1.1	1.2	1.4

^a A 3.0 m deep sedimentation basin having an overflow rate of $40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ will provide a detention period of 1.8 h.

(Sumber: Tabel 12.2 (Qasim, 1985), *Wastewater Treatment Plants : Planning Design and Operation*. Holt, Rinehart, and Winston. Halaman 269)

- 3) Dimensi

- a) *Rectangular*

- Panjang (L) $= 10 - 100 \text{ m}$
- Lebar (B) $= 3 - 24 \text{ m}$
- Kedalaman (H) $= 2.5 - 5 \text{ m}$
- P : L $= 1 - 7.5 : 1$
- P : H $= 4.2 - 25 : 1$

- b) *Circular*

- Diameter (D) $= 3 - 60 \text{ m}$
- Kedalaman (H) $= 3 - 6 \text{ m}$

(Sumber: Tabel 12.3 (Qasim, 1985), *Wastewater Treatment Plants : Planning Design and Operation*. Holt, Rinehart, and Winston. Halaman 271)

4) %Removal TSS = 50 – 70 %

(Sumber: (Huisman, 1977) *Sedimentation and Flotation Mechanical Filtration*. Delft University of Technology. Halaman 12)

5) Bilangan Reynold (NRe) = < 2000 (aliran laminar)

6) Bilangan Freud (NFr) = > 10⁻⁵ (mencegah aliran pendek)

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

7) *Spesifik Gravity Suspended Solid* = 1.3 – 1.5

(Sumber: (Metcalf & Eddy, 2003) *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse Fourth Edition*. In *Chemical engineering* (Issue 4). McGraw - Hill Companies, Inc.. Halaman 411)

8) Slope ke arah Zona *Sludge*

– *Rectangular* = 1 % – 2 %

– *Circular* = (40 – 100 m/m)

(Sumber: (Qasim, 1985), *Wastewater Treatment Plants : Planning Design and Operation*. Holt, Rinehart, and Winston. Halaman 274)

9) Cek NRe partikel < 0.5

10) Syarat terjadinya pengendapan ($T_p < T_d$)

11) Syarat terjadinya penggerusan ($V_{sc} > V_h$)

12) Suhu air buangan 26 °C, sehingga

– Kinematic *Viscosity* (ν) = $8.77 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{dt}$

– Absolute *Viscosity* (μ) = $8.75 \times 10^{-4} \text{ (N)(s)/m}^2$

– Massa Jenis (ρ) = 0.99681 gr/cm^3
= 996.81 kg/m^3

(Sumber: Appendix C (Reynolds & Richards, 1996) *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, Second Edition*. PWS Publishing Company. Halaman 762)

13) Koef. Manning (n) = 0.012 – 0.016 (Tabel 2 . 1)

(Sumber: (Indonesia, 2017) Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No. 4 Tahun 2017 Tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik, Halaman 101)

14) Kontrol Penggerusan

- Factor kisi porositas (β) = 0.05
- Factor fraksi hidrolis (λ) = 0.03

(Sumber: Huisman, L., 1977. Sedimentation and Flotation Mechanical Filtration. Delft University of Technology. Delft. hal 57)

b. Rumus yang digunakan

1) Luas Permukaan

$$A = \frac{Q}{\text{Over Flow Rate}}$$

Keterangan :

A = luas permukaan (m^2)

Q = debit limbah (m^3/s)

2) Diameter Bak

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

Keterangan :

D = diameter pipa (m)

A = luas permukaan (m^2)

π = *phi* dengan besar 3.14

3) Diameter Partikel (D_p)

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

Keterangan :

D_p = diameter partikel (m)

ϑ = kinematic *viscosity* ($\frac{m^2}{s}$)

g = percepatan gravitasi ($\frac{m}{s^2}$)

V_s = kecepatan pengendapan ($\frac{m^2}{s}$)

S_s = Spesifik Gravity Suspended Solid

2. Zona Inlet

a. Rumus yang Digunakan

1) Diameter *inlet wall* (D')

$$D' = 20\% \times \text{Diameter bak}$$

Keterangan :

D = diameter pipa (m)

2) Luas Permukaan

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

Keterangan :

A = luas permukaan (m^2)

π = *phi* dengan besar 3.14

D = diameter pipa (m)

3) Kecepatan air di *inlet wall*

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

Keterangan :

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

Q = debit limbah (m^3/s)

A = luas permukaan saluran pembawa (m^2)

3. Zona Thickening

a. Rumus yang digunakan

1) MLVSS dalam *Clarifier*

MLVSS yang tetap tinggal di *Clarifier* adalah

$$MLVSS_{AS} = \%biological \times MLVSS_{Total}$$

2) Massa Solid Total pada *Clarifier*

$$M_{solid\ total} = MLVSS_{clarifier} \times V_{clarifier}$$

3) Kedalaman Zona Thickening

$$H = \frac{M_{solid\ total}}{X \times A}$$

Keterangan :

$$X = \text{MLSS}$$

4. Zona Lumpur

a. Kriteria Perencanaan

- 1) Volatile Solid = 60 – 90 %
- 2) Dry Solid = 3 – 8 %

(Sumber : (Qasim, 1985), *Wastewater Treatment Plants : Planning Design and Operation*. Holt, Rinehart, and Winston. Halaman 428)

- 3) *Spesifik Gravity Suspended Solid* = 1.3 -1.5

(Sumber : (Metcalf & Eddy, 2003) *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse Fourth Edition*. In *Chemical engineering* (Issue 4). McGraw - Hill Companies, Inc.. Halaman 411)

- 4) Massa Jenis (ρ) = 0.99681 gr/cm³
= 996.81 kg/m³

(Sumber : Appendix C (Reynolds & Richards, 1996) *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, Second Edition*. PWS Publishing Company. Halaman 762)

b. Rumus yang digunakan

- 1) *Removal TSS* (output *Clarifier* menuju SDB)

$$C_n = C_o - (C_o \times (100\% - 50\%))$$

Keterangan :

C_n = TSS *ter removal*

C_o = TSS inlet

- 2) Berat Solid

$$\text{Berat Solid} = (\text{removal TSS} \times Q) + Px_{MSS}$$

- 3) Berat Air

$$\text{Berat Air} = \frac{95\%}{5\%} \times \text{Berat Solid}$$

- 4) Berat Jenis Solid

$$S_g = (60\% \times S_g \text{ Volatil Solid}) + (40\% \times S_g \text{ Fixed Solid})$$

- 5) Berat jenis *Sludge* (S_i)

$$S_i = (5\% \times \text{Berat Jenis Solid}) + (95\% \times \rho_{air})$$

6) Volume Solid

$$V_{\text{solid}} = \frac{\text{Berat solid}}{Sg \text{ Solid}}$$

7) Volume Air

$$V_{\text{air}} = \frac{\text{Berat air}}{\rho_{\text{air}}}$$

8) Volume Lumpur

$$V_{\text{lumpur}} = V_{\text{air}} + V_{\text{Solid}}$$

9) Berat *Sludge*

$$\text{Berat } Sludge = V_{\text{lumpur}} \times Si$$

10) Dimensi Ruang Lumpur

a) Volume ruang Lumpur

$$V_{\text{ruang lumpur}} = \text{Volume Lumpur} \times \text{periode pengurasan}$$

b) Kedalaman Ruang Lumpur (Hlumpur)

$$V_{\text{ruang lumpur}} = \frac{1}{3} \times \pi \times H \times (R^2 + r^2 + R \times r)$$

Keterangan :

π = phi dengan besar 3.14

H = kedalaman bak kontrol (m)

R = jari – jari hidrolis (m)

r = jarak bukaan (m)

c) Kedalaman total *Clarifier*

$$H_{\text{Clarifier}} = H \text{ Settling} + H \text{ Thickening} + H \text{ Sludge}$$

5. Zona Outlet

a. Rumus yang digunakan

1) Panjang Pelimpah (*weir*)

$$L_{\text{weir}} = \pi \times D_{\text{bak}}$$

Keterangan :

L_{weir} = panjang *weir*

π = phi dengan besar 3.14

D bak = diameter bak (m)

2) Jumlah *V Notch* (n)

$$n = \frac{L_{weir}}{\text{jarak } v \text{ notch}}$$

Keterangan :

n = koefisien kekasaran manning pipa besi tanpa lapisan

L *weir* = panjang *weir*

3) Debit tiap *V Notch*

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

Keterangan :

Q = debit limbah (m^3/s)

n = jumlah *v notch*

4) Tinggi peluapan melalui *V Notch* (Hair)

$$Q_{Vnotch} = \frac{8}{15} \times Cd \times \sqrt{2 \times g} \times \tan \frac{\theta}{2} \times H^{5/2}$$

Keterangan :

Q *V notch* = debit melalui *V notch* (m^3/s)

Cd = koefisien drag

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

H = kedalaman (m)

2.2.9 Pengolahan lumpur / *Sludge Drying Bed*

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 sebagian besar *sludge* di komposisi dari bahan-bahan yang *responsible* untuk menimbulkan bau. Bagian *sludge* yang dihasilkan dari pengolahan biologis di komposisi dari bahan organik, dan hanya sebagian kecil dari *sludge* yang mengandung solid (0,25% - 12% solid). Tujuan utama dari pengolahan lumpur adalah untuk mereduksi kadar lumpur dan untuk memanfaatkan lumpur sebagai bahan yang berguna seperti pupuk dan sebagai penguruk lahan yang sudah aman. Jenis-jenis unit pengolahan lumpur meliputi:

- *Sludge Thickener*

Sludge Thickener adalah suatu bak yang berfungsi untuk menaikkan 33 kandungan solid dari lumpur dengan cara mengurangi porsi fraksi cair (air), sehingga lumpur dapat dipisahkan dari air dan ketebalannya menjadi berkurang atau dapat dikatakan sebagai pemekatan lumpur. Tipe *Thickener* yang digunakan adalah *gravity Thickener* dan lumpur berasal dari bak pengendap I dan pengendap II. Pada sistem *gravity Thickener* ini, lumpur diendapkan di dasar bak *sludge Thickener*.

- *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.

- *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 seperti pada **Gambar 2.15**. Waktu pengeringan paling cepat 10 hari dengan bantuan sinar matahari.



Gambar 2 . 14 Pengeringan pada *Sludge Drying Bed*

(Sumber: https://www.researchgate.net/figure/Drying-beds-at-Niayes-faecal-sludge-treatment-plant-Dakar-Senegal-photo-Linda_fig1_269037413)

1. Kriteria Perencanaan

- | | |
|-----------------------------|----------------|
| a. Waktu pengeringan | = 10 - 15 hari |
| b. Tebal <i>sludge cake</i> | = 20 – 30 cm |
| c. Tebal pasir | = 23 – 30 cm |

- d. Lebar = 6 m
- e. Panjang = 6 – 30 m
- f. Slope = 1%
- g. Kecepatan aliran pipa (v) = > 0,75 m/s
- h. Berat air dalam cake (Pi) = 60% - 70%
- i. Kadar air (P) = 60% - 80%
- j. Kadar solid = 20% - 40%
- k. *Sludge* loading rate = 120 – 150 kg/solid kering/m².tahun

(Sumber : Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment & Reuse, Fourth Edition, hal 1570-1572)

2. Rumus yang digunakan

- a. Kedalaman underdrain

Tebal Media = *tebal pasir + tebal kerikil + tebal cake*

- b. Volume Lumpur Tiap Bed (Vb)

$$Vb = \frac{\text{vol lumpur total}}{\text{jumlah bed}}$$

Keterangan :

Vb = Volume Lumpur Tiap Bed

- c. Volume *Sludge* Cake (Vi)

$$Vi = \frac{Vb \times (1 - P)}{1 - Pi}$$

Keterangan :

Vi = Volume *Sludge* Cake

Vb = Volume Lumpur Tiap Bed

P = Kadar Air

Pi = Berat Air dalam Cake

- d. Volume Sluge Drying Bed (V)

$$V = Vi \times td$$

Keterangan :

V = Volume Bed

Vi = Volume *Sludge* Cake

td = waktu detensi (s)

e. Volume Air (V_a)

$$V_a = \frac{V_{\text{lumpur total}} - V_i}{\text{jumlah bed}}$$

f. Debit Pipa Effluen Air

$$Q_{\text{eff}} = \frac{V_a}{t_d}$$

Keterangan :

Q_{eff} = Debit pada Effluen

g. Luas Permukaan pipa *Outlet*

$$A = \frac{Q_{\text{eff}}}{v}$$

Keterangan :

A = luas permukaan (m^2)

Q_{eff} = Debit pada Effluen

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

h. Diameter pipa underdrain

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

Keterangan :

D = diameter pipa (m)

A = luas permukaan (m^2)

π = *phi* dengan besar 3.14

i. Kedalaman Underdrain ($H_{\text{underdrain}}$)

$$H_{\text{underdrain}} = \frac{V_a}{A}$$

Keterangan :

$H_{\text{underdrain}}$ =

V_a = Volume air

A = luas permukaan (m^2)

j. Kedalaman Total

H_{media} = Kedalaman cake + kedalaman media +
kedalaman underdrain

$$H_{\text{Total}} = (20\% \times H_{\text{media}}) + H_{\text{media}}$$

2.3 Persen *Removal*

Pada unit bangunan pengolah air limbah terdapat parameter yang akan diproses di dalamnya. Setiap bangunan mengolah parameter yang berbeda sehingga memiliki *Removal* yang berbeda. Persen *Removal* berarti besar persentase penghilangan dan / atau pembersihan dan / atau penghapusan nilai atau jumlah parameter dalam satuan persen (%). Besar persen *Removal* unit pengolahan air limbah industri tepung tapioka dapat dilihat pada **Tabel 2.4**.

Tabel 2 . 4 Persen *Removal*

Unit Pengolahan	% <i>Removal</i>	Sumber
1. Pre Treatment		
<i>Screening</i>	-	-
Bak Penampung	-	-
Bak Netralisasi	pH 6.5 – 9.0	(Reynolds & Richards, 1996) <i>Unit Operations & Processes in Environment Engineering</i> , page 161
	96% Sianida	(Jeklin, 2016) Penurunan Kadar Sianida Limbah Cair Industri Tapioka dengan Larutan Kapur Tohor (Ca(OH) ₂) di Desa Ngeplak Kidul, Margoyoso, Pati. <i>Kesehatan Masyarakat</i> , 6(July), 1–23
2. Primary Treatment		
Bak Pengendap I	50%-70% TSS	(Huisman, 1977) <i>Sedimentation and Flotation Mechanical Filtration</i> . Delft University of Technology. Halaman 12
3. Secondary Treatment		
<i>Anaerobic Filter</i>	50 – 90 % BOD	(Tilley et al., 2014) <i>Compendium of Sanitation Systems and Technologies</i>

Unit Pengolahan	%Removal	Sumber
	50 – 90 % COD	(2nd Revise). Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Halaman 78-79
	50 – 80 % TSS	
<i>Activated Sludge (Step Aeration System)</i>	80% - 99% BOD	(Cavaseno, 1987) <i>Industrial Wastewater and Solid Waste Engineering. McGraw-Hill, Inc.</i> Halaman 15
	50% - 95% COD	
	60% - 85% TSS	
4. Tertiary Treatment		
<i>Clarifier</i>	50% -70% TSS	(Huisman, 1977) <i>Sedimentation and Flotation Mechanical Filtration.</i> Delft University of Technology. Halaman 12

2.4 Profil Hidrolis

Profil hidrolis disajikan secara grafis “*hidrolik grade line*” dalam instalasi pengolahan untuk menyatakan elevasi unit pengolahan (*influen - effluen*) dan perpipaan. Hal ini dilakukan untuk memastikan aliran air dapat mengalir secara gravitasi, mengetahui kebutuhan pompa, dan untuk menghindari terjadinya banjir atau luapan air akibat aliran balik. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam membuat profil hidrolis adalah sebagai berikut :

1. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan

Untuk membuat profil hidrolis perlu perhitungan kehilangan tekanan pada bangunan. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air di dalam bangunan pengolahan. 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 dihitung secara khusus.

2. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris

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

- a. Kehilangan tekanan pada perpipaan

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 mengekuivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekuivalen 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 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:

- b. Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir.
- c. Menambahkan kehilangan tekanan antara bangunan kedua dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air pada bangunan kedua.
- d. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum bangunan kedua demikian seterusnya hingga bangunan terakhir.