

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Limbah

Setiap industri dan jenis bangunan memiliki karakteristik yang berbeda, sesuai dengan produk yang dihasilkan. Demikian pula dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah Batik. menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 16 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Industri Tekstil. Adapun beberapa parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui kandungan sebuah air adalah sebagai berikut :

2.1.1 pH

pH merupakan sebuah parameter kualitas yang penting bagi air baku dan juga air limbah. Ukuran konsentrasi pH yang cocok bagi semua kehidupan biologis bisa dibilang sangat kecil dan kritis yaitu diantara 6 hingga 9. Air limbah dengan pH yang sangat tinggi sulit untuk ditangani secara biologis, dan jika konsentrasi pH tidak dinetralkan sebelum proses pembuangan, hasil olahan limbah kemungkinan bisa merubah konsentrasi pH pada air baku, agar hasil pembuangan dapat ditangani sesuai dengan pH yang berlaku biasanya berukuran antara 6,5 hingga 8,5 (MetCalf & Eddy, 2003).

Untuk pH yang ada di industry batik adalah 7,9, telah memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 16 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Industri Tekstil.

2.1.2 BOD

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri aerobik melalui proses biologis (biological oxidation) secara dekomposisi aerobik. BOD adalah oksigen yang dibutuhkan untuk bakteri aerobik dan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air. Tingginya kadar BOD menunjukkan air limbah yang sangat tercemar dan berbahaya. Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan salah satu

empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. Angka BOD menggambarkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) hampir semua senyawa organik yang terlarut dan yang sebagian tersuspensi di dalam air (Atima, 2015). Menurut Metcalf & Eddy (2003), hasil tes BOD akan digunakan untuk:

- Menentukan perkiraan jumlah oksigen yang akan dibutuhkan untuk menstabilkan secara biologis organik meter yang ada,
- Menentukan ukuran fasilitas perawatan limbah,
- Mengukur efisiensi dari beberapa proses perawatan, dan
- Menentukan kepatuhan terhadap izin pembuangan air limbah.

2.1.3 COD

COD (Chemical Oxygen Demand) atau Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik menjadi CO₂ dan H₂O. Semakin tingginya COD oksigen terlarut dalam air akan semakin berkurang. 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 baku mutu parameter pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 16 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Industri Tekstil sebesar 125 mg/L. Sedangkan karakteristik air limbah yang dihasilkan adalah 509,7 mg/L.

2.1.4 TSS

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 16 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Industri Tekstil kandungan TSS yang diperbolehkan adalah sebesar 40 mg/L. Sedangkan industri batik memiliki kandungan melebihi baku mutu yaitu sebesar 329 mg/L.

2.1.5 Minyak 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, 2003).

Minyak dan lemak pada umumnya hadir pada limbah industri dalam bentuk minyak secara umum (yang pada umumnya mengapung di atas air), minyak dalam bentuk emulsi, dan minyak yang tercampur dengan padatan tertentu. Untuk minyak secara umum dapat dipisahkan secara gravitasi, hal itu disebabkan karena specific gravity (sg) minyak berada pada nilai yang lebih kecil dari 1. Minyak hasil olahan petroleum dapat dipisahkan dari limbah dengan skimmer yang digerakkan pada bagian atas bak sedimentasi, termasuk minyak dari proses refinery, pabrik

petrochemical, manufaktur logam dan laundry (Terrence P. Driscoll and Friends, 2008).

Minyak yang teremulsi merupakan campuran minyak yang bersifat stabil, yang tidak dapat secara cepat dipisahkan dengan proses gravitasi tanpa penambahan bahan kimia tertentu (bahan kimia deemulsifikasi). Minyak yang teremulsi dapat berbentuk fisika maupun kimiawi. Emulsi fisika merupakan campuran dari air dan minyak pekat atau bahan lain yang berminyak yang pada umumnya tidak terlarut dalam air, mereka juga biasanya terbentuk secara mekanik (melalui proses pemompaan sentrifugal secara cepat). Emulsi fisika juga pada umumnya tidak terlalu stabil (lebih mudah dipisahkan) dibandingkan dengan emulsi secara kimia yang hanya dapat dipisahkan dengan pemanasan atau dengan pembubuhan koagulan (seperti aluminium sulfat ($\text{Al}(\text{SO}_4)_2$) (Terrence P. Driscoll and Friends, 2008).

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 berikut adalah bangunan pengolahan 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 Pembawa

Sedangkan saluran tertutup (**Gambar 2.1**) 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

Gambar 2. 3 Saluran Tertutup

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 (n)
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)

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

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 :

H_f = 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)

H_f = kehilangan tekanan pipa (m)

L = panjang pipa (m)

2.2.2 Screening / Bar Screen

Unit pertama yang digunakan dalam pengolahan air limbah adalah screening atau penyaringan. Unit screening berfungsi 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).

Apabila padatan kasar lolos sebelum pengolahan limbah, akan menyebabkan kerusakan pada alat pengolah limbah sehingga dapat menyebabkan berkurangnya efektifitas pengolahan. Secara umum, screen dibedakan berdasarkan jenis saringannya yaitu saringan kasar dan halus. Berdasarkan jenis saringannya berikut adalah tipe tipe Screening (Metcalf & Eddy, 2003):

a. *Fine Screen* (Saringan Halus)

Saringan halus digunakan untuk menyaring partikel dengan ukuran 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, 12 gigi, atau sikat. Pada *movable Screen* pembersihan dilakukan secara terus menerus selama pengoperasian (Qasim, 1985). 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 2.4 Ayakan Kawat (*Static Wedge Wire*)



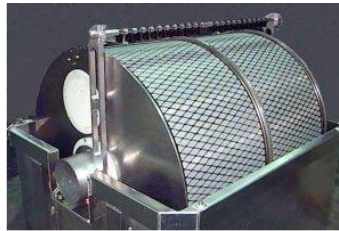
Gambar 2.5 Drum Putar (*Rotary Drum*)



Gambar 2. 6 Anak Tangga (*Step Type*)

b. *Micro Screen*

Micro Screen merupakan saringan yang memiliki ukuran kurang dari 0,5 μm dan digunakan untuk menyaring material mengapung, alga, dan benda di dalam limbah yang berukuran kecil. Bentuk *Micro Screen* dapat dilihat pada **Gambar 2 . 6**.



Gambar 2. 7 *Micro Screen*

c. *Coarse Screen* (Saringan Kasar)

Coarse Screen berbentuk seperti batangan paralel, umumnya dikenal sebagai "*bar screen*" digunakan untuk menyaring padatan kasar yang berukuran antara 6mm - 150mm seperti ranting kayu, kain dan kotoran lainnya. *Coarse Screen* berfungsi untuk melindungi pompa, *valve*, pipa dan peralatan lainnya terhadap kerusakan atau tersumbat oleh benda-benda tersebut. Metode pembersihan *bar screen* terbagi menjadi dua yaitu manual dan mekanik.

Pembersihan manual biasanya dilakukan di industri kecil atau menengah. Prinsip yang digunakan adalah material padat yang kasar dihilangkan dengan rangkaian material baja yang ditempatkan dan dipasang melintang arah aliran. Kecepatan arah aliran adalah 0,3 - 0,6 m/s sehingga padatan tidak tertahan di depan saringan tidak terjepit. Jarak antar batang biasanya 20-40 mm dan

penampang batang berbentuk persegi panjang. *Bar Screen* dibersihkan secara manual, biasanya layar dimiringkan 30° hingga 45° ke arah horizontal.



Gambar 2. 8 *Coarse Screen* (Saringan Kasar)

Berikut adalah kriteria perencanaan dan rumus yang digunakan dalam merancang *Screening*.

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 perencanan dapat dilihat pada **Tabel 2.2** di bawah ini:

Tabel 2. 2 Kriteria Perencanaan Screen

Parameter	U.S Customary Unit			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 vertikal	°	30 - 45	0,3	°	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	Jun-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 (m³/s)

T = waktu detensi (s)

V = volume bak kontrol (m³)

2) Menghitung Dimensi Bak

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

Keterangan :

V = volume bak kontrol (m³)

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*

$freeboard$ = 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)

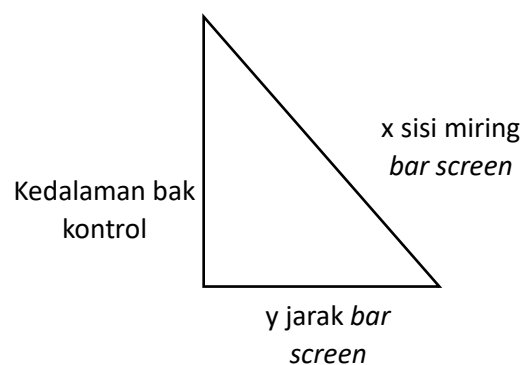
$$\sin\theta = \frac{H_{bak\ kontrol/total}}{x}$$

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

Lebar *Bar Screen* / Jarak *Bar Screen*

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

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



Keterangan :

$H_{\text{bak kontrol/total}}$ = 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

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

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

Keterangan :

W_s = lebar bak kontrol (m)

n = jumlah kisi (kisi / buah)

d = lebar antar kisi (m)

r = jarak bukaan (m)

3) Menentukan lebar bukaan 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*

$$v_i = \frac{Q}{(W_c \times h_{air})}$$

2) Kecepatan aliran saat pembersihan

$$v_c = \frac{Q}{\%sumbatan \times W_c \times h_{air}}$$

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)

h_{air} = kedalaman air (m)

d. *Headloss* pada *Bar Screen*

1) *Headloss* saat *non clogging*

$$H_f = \frac{1}{c} \frac{v_1^2 - v^2}{2g}$$

2) *Headloss* saat *clogging* pembersihan

$$H_f = \frac{1}{cc} \frac{vc^2 - v_1^2}{2g}$$

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

Keterangan :

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

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

vc = 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/s²)

2.2.3 Bak Penampung

Bak penampung digunakan sebagai unit penyeimbang agar debit dan kualitas limbah yang akan menuju ke unit selanjutnya harus dalam keadaan konstan. Bak penampung sebagai penampungan sementara air limbah pada periode waktu tertentu dan mengalirkan air dari bangunan ke bangunan pengolah limbah lainnya. Bak penampung dimanfaatkan apabila terdapat perbaikan unit atau pembersihan unit yang mengharuskan proses pengolahan limbah dihentikan. Gambar bak penampung berbentuk persegi panjang dapat dilihat pada **Gambar 2 . 8**.



Gambar 2. 9 Bak Penampung Air Limbah

Berikut adalah kriteria perencanaan dan rumus yang digunakan dalam merancang bak penampung

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 = $\leq 4\text{m}$

2. Rumus yang digunakan

a. Volume bak penampung

$$V = Q \times Td$$

V = volume bak penampung (m^3)

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

Td = waktu detensi (s)

b. Dimensi bak penampung

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

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

$$L = 2 \times W$$

Keterangan :

H = kedalaman bak Kontrol (m)

$$fb = 20\% \times H$$

V = volume bak penampung (m^3)

L = panjang bak penampung (m)

W = lebar bak penampung (m)

c. Luas bak penampung

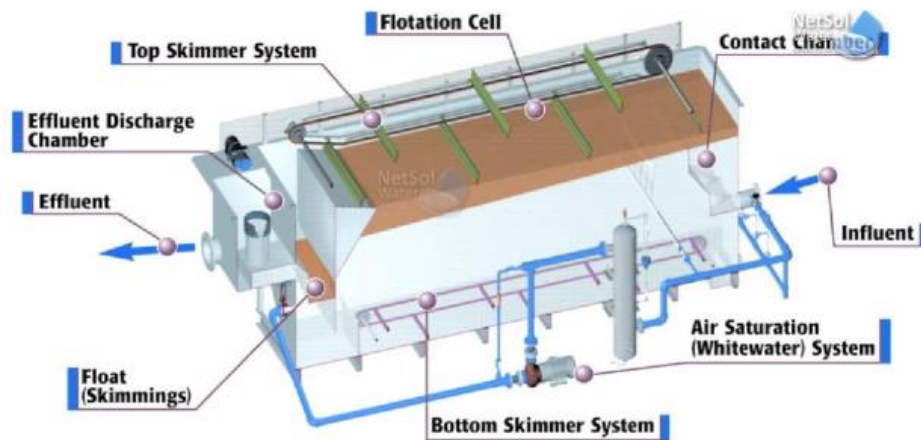
$$A = L \times W$$

A = luas bak penampung (m^2)

L = panjang bak penampung (m)

W = lebar bak penampung

2.2.4 Dissolved Air Flotation



Gambar 2. 10 Unit *Dissolved Air Flotation* (DAF)

Flotasi adalah proses unit operasi yang digunakan untuk mengisolasi partikel padat atau cair dari dalam fase cair. Prinsipnya melibatkan penyuntikan gelembung gas halus, seperti udara, ke dalam fase cair. Gelembung-gelembung tersebut melekat pada partikel, dan daya apung yang dihasilkan oleh kombinasi partikel dan gelembung gas cukup kuat untuk mengangkat partikel ke permukaan. Oleh karena itu, partikel dengan densitas yang lebih tinggi daripada cairan akan terangkat ke atas.

Proses flotasi udara terlarut, atau Dissolved Air Flotation (DAF), adalah sebuah metode pengolahan air yang terbukti efektif dalam memisahkan partikel tak terlarut dari dalam air. Prinsip utamanya adalah menggabungkan udara dengan air di bawah tekanan tinggi, sehingga udara terlarut dalam air dan membentuk gelembung-gelembung udara sangat kecil, biasanya berukuran antara 10 mm hingga 100 mm. Pada tahap selanjutnya, padatan tersuspensi akan dipisahkan dengan bantuan sistem mekanik (Andrian et al., 2020).

Dalam sistem DAF, udara didistribusikan ke dalam air limbah di bawah tekanan beberapa atmosfer, lalu tekanan dilepaskan hingga mencapai tekanan atmosfer. Pada tekanan rendah, seluruh aliran air dapat diberi tekanan melalui pompa hingga sekitar 275 hingga 350 kPa dengan penambahan udara terkompresi melalui pompa penghisap. Selanjutnya, dalam tangki retensi di bawah tekanan selama beberapa menit, udara terlarut dalam air. Kemudian, campuran air dan udara

ini masuk ke dalam tangki flotasi, di mana udara terlepas dalam bentuk gelembung yang sangat halus (Metcalf & Eddy, 2004).

Unit pengolahan DAF menggunakan konsep flotasi dan koagulasi-flokulasi dalam sistem pengolahan sebagai berikut:

- Flotasi

Flotasi merupakan unit pemisah pada fase cair atau fasa padat dari fasa cair. Pemisahan partikel dari cairan flotasi didasarkan pada perbedaan berat jenis partikel dengan bantuan gelembung udara. Proses flotasi dibagi menjadi 3 jenis antara lain:

- a. Air flotation

Udara-udara akan masuk ke dalam fluida dengan menggunakan mekanisme rotor-disperser. Rotor yang terendam dalam fluida akan mendorong udara menuju bukaan disperser sehingga udara bercampur dengan air sehingga partikel yang mengapung disisihkan. Sistem ini memiliki keuntungan antara lain tidak memerlukan area yang luas dan lebih efektif dalam menyisihkan partikel minyak.

- b. Dissolved Air Flotation (DAF)

Melakukan pengapungan dengan melarutkan udara ke dalam fluida dengan tekanan yang tinggi kemudian dilepaskan dalam tekanan atmosfer. Penggabungan dari gelembung-gelembung gas halus dengan suspended solid atau oil mengakibatkan penurunan gravitasi sehingga menambah daya pengapungan.

- c. Vacuum Flotation

Limbah cair diaerasi hingga jenuh sehingga akan terbentuk gelembung udara yang akan lolos ke atmosfer dengan mengangkat partikel-partikel ke atas.

- Koagulasi-Flokulasi

Koagulasi merupakan proses destabilisasi partikel koloid dan padatan tersuspensi dengan penambahan senyawa kimia yang dinamakan zat koagulan sehingga dapat membentuk flok-flok yang dapat diendapkan. Dalam kondisi stabil partikel koloid mempunyai ukuran tertentu sehingga gaya Tarik-menarik

antar partikel lebih kecil dengan gaya tolak-menolak akibat dari muatan listrik. Dalam proses koagulasi yang terjadi secara destabilisasi membentuk partikel-partikel koloid bersatu dan menjadi partikel yang lebih besar. Dengan demikian partikel koloid yang awalnya sukar dengan air, setelah proses koagulasi partikel koloid tersebut akan membentuk kumpulan partikel atau flok yang lebih besar sehingga memudahkan pemisahan flok pada proses selanjutnya yaitu sedimentasi.

Zat koagulan merupakan bahan kimia yang digunakan untuk menggumpalkan partikel-partikel tersuspensi, zat warna, koloid, dan lain-lain agar dapat membentuk flok atau gumpalan partikel yang lebih besar. Zat alkali dan zat pembantu koagulan merupakan bahan kimia yang digunakan untuk membantu proses pembentukan flok agar dapat berjalan lebih cepat dan baik, selain itu fungsi zat alkali dan zat pembantu koagulan dapat mengatur kondisi pH dalam keadaan stabil pada air baku sehingga dapat menunjang proses pada flokulasi. (Said, 2017)

Proses koagulasi merupakan proses dasar pengolahan air untuk menghilangkan partikel-partikel koloid dan padatan tersuspensi. Terdapat pengadukan cepat (flash mixing) dan pengadukan lambat (slow mixing). Pengadukan cepat bertujuan untuk mempercepat penyebaran bahan kimia (koagulan) melalui air limbah. Pada pengadukan lambat untuk proses kecepatan penyebaran koagulan lebih lama dibandingkan pada proses flash mixing. Koagulan yang umum digunakan dalam proses koagulasi antara lain PAC, aluminium sulfat, feri sulfat dan ferro sulfat (Syaiful, Jn, & Andriawan, 2014).

Adapun rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung DAF pada bangunan pengolahan air limbah adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Rumus Perencanaan DAF

RUMUS PERENCANAAN DAF	
Tekanan udara (P)	
$A/S = \frac{1,4 \times sa \times (fp-1)}{sa}$	

RUMUS PERENCANAAN DAF

Dengan :

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

sa = Kelarutan udara

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

Sumber: (Metcalf & Eddy, 2004)

P = Tekanan (atm)

Sa - Influent suspended solid (mg/L)

Volume Bak Flotasi

$$V = Q \times t_d$$

Luas Permukaan Bak Flotasi (A)

$$A = Q / SLR$$

Dimensi Bak Flotasi

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

Gutter

- Volume gutter (saluran pelimpah) = $Q \times t_d$
- Tinggi air diatas gutter = $\frac{2}{3} \times \text{lebar gutter (B)} \times C_d \times \sqrt{2g} \times H^{\frac{2}{3}}$

Rumus yang digunakan untuk kebutuhan udara

- Kebutuhan teoritis = TSS tersisihkan + BOD tersisihkan + COD tersisihkan
- Kebutuhan O₂ teoritis = Kebutuhan teoritis x faktor desain
- Kebutuhan O₂ aktual = $\frac{\text{Kebutuhan O}_2 \text{ teoritis}}{\text{Berat standar udara x O}_2 \text{ dalam udara}}$

Diffuser

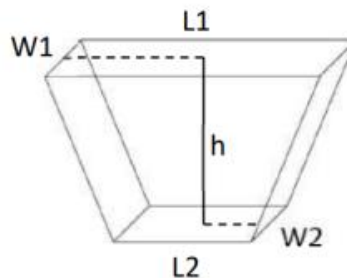
- Luas tiap plate disk (A) = $\frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$
- Jumlah plate disk = luas bak flotasi / area pelayanan

Zona Lumpur atau Zona Sludge

- TSS teremoval = %removal x kadar TSS
- Berat lumpur (Ws) = Q limbah x TSS teremoval

RUMUS PERENCANAAN DAF

- Berat air (W_w) $= \frac{\text{Kadar air dalam lumpur}}{\text{Kadar padatan dalam lumpur}} \times W_s$
- Berat jenis lumpur (ρ_s) $= (\text{berat jenis } S_s \times 5\%) + (\text{berat jenis air} \times 95\%)$
- Volume lumpur $= \frac{W_s + W_w}{\rho_s} \times t_p$
- Luas permukaan atas zona lumpur (A) $= P \times L$
- Dimensi zona lumpur bawah (limas terpancung)



- Luas permukaan atas zona lumpur (A) $= L1 \times W1$
- Luas permukaan bawah zona lumpur (A') $= L2 \times W2$
- V limas terpancung $= \frac{1}{3} \times H \times (A + \sqrt{AA'} + A')$

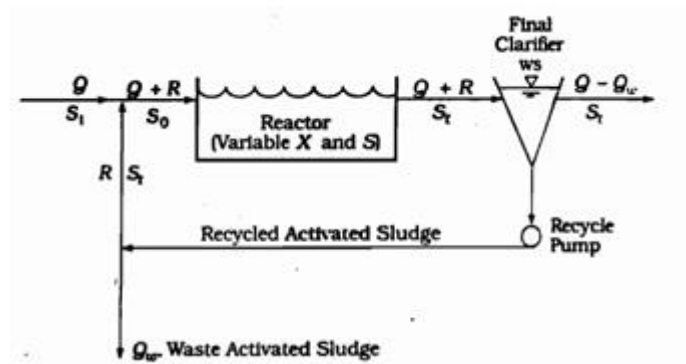
2.2.5 Activated Sludge

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 2.9** berikut ini.



Gambar 2. 11 Proses pada Activated Sludge

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 CO₂ dan H₂O, 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. Nonkonvensional

- a. Step aerasi:

- Merupakan tipe plug flow dengan perbandingan F/M atau substrat dan mikroorganisme menurun menuju outlet.
 - Inlet air buangan masuk melalui 3 - 4 titik di tangki aerasi dengan masuk untuk menetralkan rasio substrat dan mikroorganisme dan mengurangi tingginya kebutuhan oksigen dititik yang paling awal. Keuntungannya mempunyai waktu detensi yang lebih pendek
- b. Tapered Aerasi
- Hampir sama dengan step aerasi, tetapi injeksi udara di titik awal lebih tinggi.
- c. Contact Stabilisasi
- Pada sistem ini terdapat 2 tangki yaitu :
- Contact tank yang berfungsi untuk mengabsorb bahan organik untuk memproses lumpur aktif.
 - Reaeration tank yang berfungsi untuk mengoksidasi bahan organik yang mengabsorb (proses stabilasi).
- d. Pure Oxygen
- Oksigen murni diinjeksikan ke tangki aerasi dan diresirkulasi. Keuntungannya adalah mempunyai perbandingan substrat dan mikroorganisme serta volumetric loading tinggi dan td pendek.
- e. 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.
- f. Extended Aeration
- Pada sistem ini reaktor mempunyai umur lumpur dan time detention (td) lebih lama, sehingga lumpur yang dibuang atau dihasilkan akan lebih sedikit.
- g. Oxidation Ditch
- Bentuk oksidation ditch adalah oval dengan aerasi secara mekanis, kecepatan aliran 0,25 - 0,35 m/s. 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, 2004).

- 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 (Robert H. Perry, 1997). Karena jika terlalu banyak justru merupakan racun bagi mikroorganisme. Penambahan mikronutrient Cu lebih dari 1 mg/L mengakibatkan efisiensi penurunan TOC menjadi menurun (Y.P. Ting, *H. Imai and S. Kinoshita, 1994).

- 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 diatasi dengan larutan H_2SO_4 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, Mark J, 1931).

Adapun parameter penting untuk design activated sludge adalah:

a. F / M ratio.

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. Rasio R tergantung pada jenis activated sludge yang digunakan.

c. Konsentrasi BOD yang masuk ke tangki aerasi (C_0).

d. Waktu detensi (td).

Td adalah lama waktu air limbah tinggal dalam tangki aerasi

e. Volume bak aerasi (V).

2.2.6 Clarifier

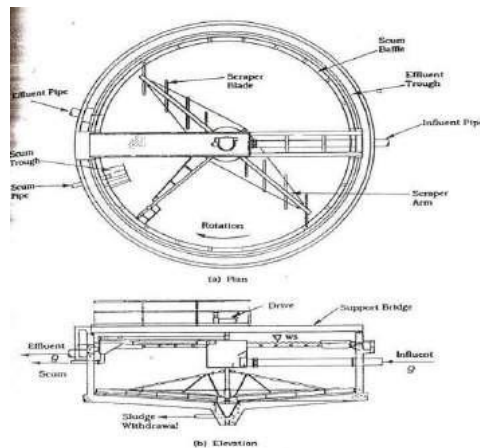
Pengolahan ini adalah kelanjutan dari pengolahan terdahulu, oleh karena itu pengolahan jenis ini akan digunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua, banyak zat tertentu yang masih berbahaya bagi lingkungan. Pengolahan ini merupakan pengolahan khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam

air limbah. Biasanya dilaksanakan pada industri yang menghasilkan air limbah khusus, yaitu seperti mengandung fenol, nitrogen, fosfat dan bakteri pathogen lainnya. Salah satu contoh pengolahan ketiga ini adalah bangunan clarifier. Clarifier sama saja dengan bak pengendap pertama. Hanya saja clarifier biasa digunakan sebagai bak pengendap kedua setelah proses biologis.

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

Waktu tinggal berdasarkan rata-rata aliran per hari, biasanya 1 – 2 jam. Kedalaman clarifier rata – rata 10 – 15 feet (3 – 4,6 meter). Clarifier yang menghilangkan lumpur biasanya mempunyai kedalaman ruang lumpur (sludge blanket) yang kurang dari 2 feet (0,6 meter). Pada tahap ini, air yang telah melewati pengolahan pada pengolahan sebelumnya akan mengalami proses tahap selanjutnya yang merupakan pengendapan lanjut sehingga menurunkan padatan tersuspensi. Air yang tertampung di secondary clarifier ini sudah memenuhi baku mutu air limbah sehingga dapat dibuang langsung ke saluran air kotor atau diolah dan dimanfaatkan. Air yang telah diolah dan ditampung di secondary clarifier dapat dimanfaatkan lebih lanjut misal untuk menyiram tanaman, dll.

Pada secondary clarifier ini tergantung pada kedalaman tangki, bedanya dengan preliminary clarifier yang tergantung pada kecepatan pengendapan. Namun masalahnya pada secondary clarifier adalah waktu detensi (waktu proses pengendapan), jika terlalu lama dikhawatirkan flok yang sudah terbentuk akan pecah lagi.



Gambar 2. 12 Secondary Clarifier

2.2.7 Sludge Drying Bed

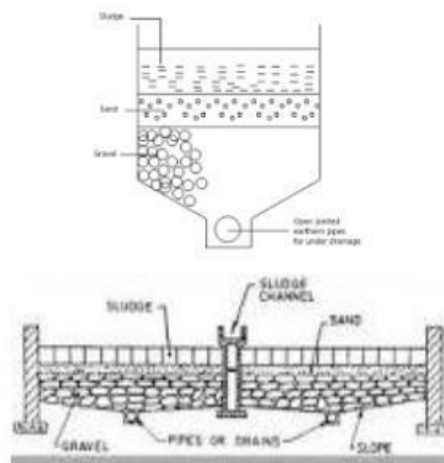
Pengolahan lumpur merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari suatu instalasi pengolahan air limbah domestik. Pengolahan lumpur memiliki beberapa tujuan, yakni mengurangi kadar air, menstabilkan, serta menghilangkan mikroorganisme patogen yang berpotensi terkandung di dalam lumpur. Hal ini dilakukan agar lumpur yang telah diproses dapat lebih aman ketika dibuang atau dimanfaatkan untuk keperluan terbatas. 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 (Metcalf & Eddy et al., 2007):

1. *Sludge* sebagian besar dikomposisi dari bahan-bahan yang bertanggung jawab untuk 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 untuk mereduksi kadar lumpur, dan memanfaatkan lumpur sebagai bahan yang berguna seperti pupuk dan sebagai penguruk lahan yang sudah aman. Adapun unit pengolahan lumpur diantaranya adalah *sludge drying bed*. *Sludge drying bed* merupakan suatu bak yang dipakai untuk mengeringkan lumpur hasil pengolahan. Bak ini

berbentuk persegi panjang yang terdiri dari lapisan pasir dan kerikil serta pipa drain untuk mengalirkan air dari lumpur yang dikeringkan. Waktu pengeringan paling cepat 10 hari dengan bantuan sinar matahari. Adapun beberapa teknologi dalam pengolahan lumpur antara lain sebagai berikut:

a) Bak Pengering Lumpur (Sludge Drying Bed)

Prinsip bak pengering lumpur yaitu mengeluarkan air lumpur melalui media pengering secara gravitasi dan penguapan sinar matahari. Lumpur yang berasal dari pengolahan air limbah secara langsung tanpa dilakukan proses pemekatan terlebih dahulu dapat dikeringkan dengan bak pengering lumpur. Bak pengering berupa bak dangkal yang berisi media penyaring pasir, batu kerikil sebagai penyangga pasir serta saluran air tersaring (filtrat) di bagian bawah bak. Pada bagian dasar dibuat saluran pembuangan air dan di atasnya diberi lapisan kerikil dan lapisan pasir kasar. Area pengeringan memiliki dimensi lebar yang dibatasi pada 6 m dengan panjang yang berkisar antara 6-30 m dan kedalaman yang berkisar antara 380-460 mm. Bahan beton disarankan digunakan sebagai bahan penyusun bangunan *sludge drying bed* (Metcalf & Eddy et al., 2007).



Gambar 2. 13 Sludge Drying Bed

(Sumber: Metcalf and Eddy, 2007)

Pipa inlet pada bangunan *sludge drying bed* harus dirancang dengan kecepatan minimal 0,75 m/s dan memungkinkan untuk terjadinya proses pengurasan pada saluran drainase. Pipa besi dan PVC merupakan jenis pipa yang paling sering digunakan. Sistem penyaluran *sludge* dilakukan dengan mengalirkan

air tegak lurus dengan posisi *sludge drying bed* guna mengurangi kecepatan alir saat *sludge* memasuki bangunan pengering.

Pengurangan kandungan air dalam lumpur menggunakan sistem pengering alami dengan matahari, maka air akan berkurang melalui saringan dan proses penguapan. Kelebihan bak pengering lumpur adalah sistem operasi yang mudah dan sederhana serta biaya operasional rendah. Kelemahan bak pengering lumpur adalah membutuhkan lahan yang cukup luas dan sangat bergantung dengan cuaca (Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2018). Adapun kriteria perencanaan untuk unit SDB antara lain sebagai berikut:

Tabel 2. 4 Kriteria Desain Unit Bak Pengering Lumpur (SDB)

No.	Parameter	Nilai	Satuan	Sumber
1.	Tebal pasir	23-30	cm	Qasim, 1985
2.	Tebal kerikil	20-30	cm	
3.	Sludge loading rate	100-300	kg/m ² .tahun	
4.	Tebal bed	20-30	cm	
5.	Lebar bed	5-8	m	
6.	Panjang bed	6-30	m	
7.	Waktu pengeringan	10-15	hari	
8.	Uniformity coefficient	<4		
9.	Effective size 	0,3-0,75	mm	
10.	V air dalam inlet	0,75	m/detik	
11.	V air dalam drain	0,75	m/detik	
12.	Tebal lumpur	200-300	mm	

No.	Parameter	Nilai	Satuan	Sumber
13.	Kecepatan Pipa Underdrain	0,75	m/detik	Metcalf & Eddy 4 th Edition., 2003
14.	Diameter Pipa Underdrain	>100	Mm	
15.	Koef. Keceragaman	<4	-	
16.	Ukuran Efektif	0,3-0,785	%	
17.	Slope	>1	%	
18.	Rasio lebar:panjang	6:6-30	-	

(Sumber: Ditjen Cipta Karya, 2018)

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 tekstil dapat dilihat pada **Tabel 2.4**.

Tabel 2. 5 Persen Removal

Unit Pengolahan	% <i>Removal</i>	Sumber
1. Pre Treatment		
<i>Screening</i>	-	-
Bak Penampung	-	-
2. Primary Treatment		
Dissolved Air Flotation	90-99% Minyak dan Lemak	Qasim, 1999. 7.18 Flotation and Foaming, Maharani, V. S. (2017) Studi Literatur : Pengolahan Minyak dan Lemak Limbah Industri, Cavaseno, Industrial Wastewater and Solid Waste Engineering) hal 15
	80-96% TSS	
	90-100% BOD	

	10-60% COD	
3. Secondary Treatment		
<i>Activated Sludge (Step Aeration System)</i>	80% - 99% BOD	Sperling 2007 hal 13, AS and aerobic Biofilm Reaktor, page 180, Cavaseno, Industrial Wastewater and Solid Waste Engineering, page 15
	55% - 95% COD	
	60% - 85% TSS	
	97% - 100% Sulfida	
	96% - 99% Phenol	
<i>Clarifier</i>	60% - 80% TSS	Huisman, L.(1977). Sedimentation and Flotation Mechanical Filtration. Page 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 :

A. 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:

- Kehilangan tekanan pada saluran terbuka
- Kehilangan tekanan pada bak

- c. Kehilangan tekanan pada pintu
- d. Kehilangan tekanan pada *weir*; sekat, ambang dan sebagainya harus dihitung secara khusus.

B. 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.
- a. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok
Cara perhitungannya juga dengan bantuan monogram.

C. Tinggi Muka Air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan, sehingga 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 bangunan kedua dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air pada bangunan kedua.
- c. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum bangunan kedua demikian seterusnya hingga bangunan terakhir.