

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Industri Kulit Sintetis

Limbah merupakan hasil sisa dari sebuah proses yang tidak dapat digunakan kembali,

dan apabila limbah ini terlalu banyak di lingkungan, dampak pencemaran lingkungan dan kesehatan bagi masyarakat sekitar dapat ditimbulkan. Limbah dibagi menjadi dua sumber, yaitu limbah yang bersumber dari domestik (limbah rumah tangga) dan limbah yang berasal dari non-domestik (pabrik, industri, dan limbah pertanian). Karakteristik bahan-bahan yang termasuk limbah adalah mudah meledak, mudah terbakar, bersifat reaktif, beracun, dapat menyebabkan infeksi, bersifat korosif, dan lain-lain. Kegiatan industri, domestik, dan kegiatan lainnya berdampak negatif terhadap sumber daya air, antara lain kualitas air yang menurun. Oleh karena itu, pengelolaan dan perlindungan sumber daya air secara seksama diperlukan.

Oleh karena itu, dalam pembuangan limbah baik yang domestik maupun yang non-domestik di daerah pemukiman, sebaiknya dilakukan penataan ulang lokasi pembuangan limbah, agar aliran limbah dari masing-masing pemukiman penduduk dapat terkoordinasi dengan baik dan tidak menimbulkan penyakit yang meresahkan kehidupan penduduk sekitar. Salah satu industri yang erat hubungannya dengan masalah lingkungan adalah industri kulit.

Proses pembuatan kulit sintetis yang berasal dari miselium jamur menghasilkan berbagai jenis air limbah, seperti air limbah dari perebusan pada saat proses *post-harvesting* maupun air limbah dari proses pewarnaan (*dyeing*). Air limbah didefinisikan sebagai sisa hasil usaha dan/atau produksi yang berbentuk cair yang dibuang ke lingkungan sehingga dapat menurunkan kualitas lingkungan karena memiliki kandungan zat yang tersuspensi yang mengakibatkan air limbah menjadi keruh. Hingga saat ini perusahaan rintisan *biotech* belum memiliki instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Air limbah dari proses produksi kulit sintetis dapat mengontaminasi air di lingkungan sekitar karena tidak menutup kemungkinan

adanya kandungan surfaktan, minyak, lemak, bahan organik padat dan organisme patogen pada air (Nugroho et al, 2022).

2.2 Karakteristik Air Limbah

Setiap industri dan jenis bangunan memiliki karakteristik yang berbeda, sesuai dengan produk dan limbah yang dihasilkan. Demikian pula dengan Baku Mutu Air Sungai dan Sejenisnya, menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Adapun beberapa parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui kandungan sebuah air adalah sebagai berikut :

2.2.1 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 terbilang sangat kecil dan kritis yaitu di antara 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 mengubah 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 industri proses produksi kulit sintetis dari miselium jamur adalah 3,22, tidak memenuhi baku mutu air sungai dan sejenisnya yang tercantum pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

2.2.2 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 ijin pembuangan air limbah.

2.2.3 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 Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup sebesar 25 mg/L untuk kelas 2. Sedangkan karakteristik air limbah yang dihasilkan adalah 817 mg/L

2.2.4 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-bahan organik termasuk bahan organik yang melayang layang dalam air adalah padatan yang terkandung pada zat tersuspensi.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup kandungan TSS yang diperbolehkan adalah sebesar 50 mg/L. Sedangkan industri batik memiliki kandungan melebihi baku mutu yaitu sebesar 962 mg/L.

2.2.5 TDS

TDS (*Total Dissolved Solids*) adalah ukuran kandungan zat terlarut yang ada dalam air, baik zat organik maupun zat anorganik. TDS bisa berasal dari berbagai sumber, seperti pelapukan dan pelarutan batuan dan tanah, limpasan pertanian dan perkotaan, limbah industri dan domestik, garam jalan, pupuk dan pestisida, dan sebagainya. Tingkat TDS mempengaruhi kesehatan dan kualitas air.

2.2.6 Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak sebenarnya mirip, minyak dan lemak merupakan bahan (ester) dari alkohol atau gliserol (gliserin) dengan asam lemak. Gliseride asam lemak yang cair dan temperaturnya normal merupakan minyak, sedangkan yang padat merupakan lemak. Jika minyak tidak dihilangkan sebelum air limbah diolah, dapat mengganggu kehidupan biologis di permukaan perairan permukaan dan membuat lapisan tembus cahaya. Ketebalan minyak yang diperlukan untuk membentuk sebuah lapisan tembus cahaya di permukaan badan air sekitar 0,0003048 mm (0,0000120 in) (Metcalf & Eddy, 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 ($Al(SO_4)_3$) (Terrence P. Driscoll and Friends, 2008).

2.3 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:

2.3.1 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

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

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 (m^2)

Q = debit limbah (m^3/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 (m^2)

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)

2.3.2 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 efektivitas 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. 3 Static Wedge Wires



Gambar 2. 4 Rotary Drum



Gambar 2. 5 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. 6 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. 7 Coarse Screen

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 perencanaan 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 Perhitungan

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 (m²/s)

Q = debit air limbah (m³/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 untuk antisipasi 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)

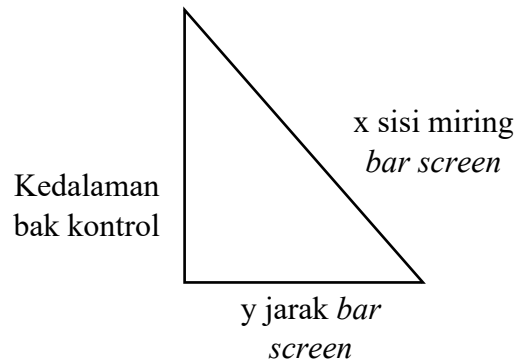
$$\sin\theta = \frac{H_{bak\ kontrol/total}}{x}$$

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

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*

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

- 2) Kecepatan aliran saat pembersihan

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

Keterangan :

v_c = kecepatan aliran saat pembersihan (m/s)

Q = debit air limbah ($\frac{m^3}{s}$)

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

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

(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)

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/s²)

2.3.3 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 2.8 Bak Penampung

Gambar 2.8 Bak Penampung

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 Perhitungan

- a. Volume bak penampung

$$V = Q \times Td$$

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

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

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

- b. Dimensi bak penampung

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

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

$$L = 2 \times W$$

Keterangan :

$$H = \text{kedalaman bak Kontrol (m)}$$

$$F_b = 20\% \times H$$

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

$$L = \text{panjang bak penampung (m)}$$

$$W = \text{lebar bak penampung (m)}$$

c. Luas bak penampung

$$A = L \times W$$

$$A = \text{luas bak penampung (m}^2\text{)}$$

$$L = \text{panjang bak penampung (m)}$$

$$W = \text{lebar bak penampung}$$

2.3.4 Grease Trap

Grease Trap adalah alat perangkap *grease* atau minyak dan oli. Alat ini membantu untuk memisahkan minyak dari air, sehingga minyak tidak menggumpal dan membeku di pipa pembuangan dan membuat pipa tersumbat. Terbuat dari pasangan bata maupun *stainless steel* sehingga aman dari korosi. Alat ini cocok digunakan di rumah tangga dan di restoran.

Grease Trap juga dikenal sebagai pencegat lemak, perangkat pemulihan(recovery) minyak dan konverter limbah minyak) merupakan perangkat pipa yang dirancang untuk mencegat sebagian besar lemak/minyak dan zat padat lain sebelum memasuki sistem pembuangan air limbah. Limbah umumnya mengandung sejumlah kecil minyak yang masuk ke dalam septik tank dan fasilitas pengolahan untuk membentuk lapisan buih mengambang.

Lapisan minyak dan lemak ini sangat lambat diolah (dicerna) dan dipecah oleh mikroorganisme dalam proses pencernaan anaerobik. Namun, jumlah yang sangat besar minyak dari produksi makanan di dapur dan restoran bisa membanjiri tangki septik atau fasilitas perawatan, menyebabkan pelepasan limbah yang tidak diolah ke lingkungan. Selain itu, viskositas lemak yang tinggi dari minyak masak seperti lemak babi menjadi padat saat didinginkan, dan dapat bersama sama dengan limbah padat lain membentuk penyumbatan di pipa saluran.

Semakin bertambahnya waktu, semakin tebal pula lapisan minyak dan lemak yang ada pada *grease trap*. Sehingga dibutuhkan pembersihan dengan cara

kotoran yang ada di bak penampung minyak pada *grease trap* dihisap oleh pipa penghisap melalui *manhole*. Jenis *Grease Trap*:

1. Yang paling umum adalah *grease trap* pasif, yaitu titik perangkat sederhana yang digunakan di bawah kompartemen bak cuci dalam dapur. *Grease trap* ini membatasi aliran dan menghapus 85-90% dari lemak dan minyak yang masuk. Makanan padat bersama dengan lemak, minyak, dan lemak akan terjebak dan disimpan dalam perangkat ini.
2. Jenis yang paling umum kedua adalah tangki *in-ground* berukuran besar, yang biasanya 500-2000 galon. Unit-unit ini dibangun dari beton, *fiberglass*, atau baja. Dengan sifat ukuran lebih besar, perangkat ini memiliki kapasitas penyimpanan lemak dan limbah padat yang lebih besar untuk aplikasi aliran limbah yang tinggi seperti pada restoran atau rumah sakit. Trap ini biasa disebut pencegat gravitasi (*gravity interceptors*). Pencegat/trap memerlukan waktu retensi dari 30 menit untuk memungkinkan lemak, minyak, lemak dan limbah padat makanan untuk menetap di tangki. Semakin banyak limbah masuk ke tangki maka begitu pula air yang bebas lemak didorong keluar dari tangki.
3. Jenis ketiga yaitu sebuah sistem GRD (*Grease Recovery Devices* atau Perangkat Pemulihan Lemak), menghapus lemak atau minyak permukaan secara otomatis ketika terjebak

Adapun kriteria dan rumus perhitungan yang digunakan dalam menghitung *grease trap* antara lain:

Kriteria Perencanaan

- | | |
|--|-------------------|
| 1. <i>Hydraulic Retention Time</i> (HRT) | = 15 – 30 menit |
| 2. Volume Minimal Limbah Masuk | = 200 – 300 Liter |
| 3. Perbandingan P:L | = 3:1 |
| 4. Kecepatan Aliran (v) | = 2 – 6 m/jam |
| 5. Interval Pengurasan | = < 7 hari |

(Sumber: Buku A IPLT, Dirjen Cipta Karya. Tahun 2017. Hal 25)

- | | |
|---|---------------------------|
| 6. Massa Jenis Minyak (ρ) | = 800 kg/m ³ |
| 7. Massa Jenis Air (ρ), T (28°C) | = 996.3 kg/m ³ |

Rumus Perhitungan

Dimensi Bak *Grease Trap*

1. Volume (V)

$$V = Q \times t_d$$

2. Luas Penampang (A)

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

3. Rasio P:L = 3:1, maka

$$A = P \times L$$

$$A = 3L \times L$$

4. Panjang Kompartemen Bak

- Panjang Kompartemen 1

$$P_1 = \frac{2}{3} \times P_{\text{unit}}$$

- Panjang Kompartemen 2

$$P_2 = \frac{1}{3} \times P_{\text{unit}}$$

5. Kecepatan (v)

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

Menghitung Tinggi Bak *Grease Trap* yang digunakan

1. *Effluent* Minyak

$$(\text{Minyak Lemak})_{\text{out}} = \text{Influent} \times (1 - \% \text{ removal})$$

2. Massa Minyak Lemak

$$= (\text{Minyak Lemak})_{\text{in}} \times Q \times t_p$$

3. V Minyak

$$= \frac{\text{Massa Minyak}}{\rho \text{ Minyak}}$$

4. H Minyak

$$= \frac{V \text{ Minyak}}{P \times L}$$

5. Volume Air (V_{air})

$$= Q \times \text{HRT}$$

6. H Air

$$= \frac{V \text{ Air}}{P \times L}$$

7. H *Grease Trap*

$$= H \text{ Minyak} + H \text{ Air}$$

8. H total

$$= H \text{ Grease Trap} + \text{Freeboard}$$

9. Jari-Jari Hidrolis

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

10. Kecepatan Pengapungan

$$v' = \frac{g}{18} \times d^2 \times (\rho - \rho')$$

11. Bilangan Reynold

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

Efisiensi Penyisihan

1. Kadar = $Influent \times \%Removal$
2. Minyak Lemak Teremoval = $Kadar \times Q$
3. *Effluent* Minyak Lemak = $Influent - Kadar$
4. Debit Minyak Lemak = $\frac{Minyak Lemak Teremoval}{\rho Minyak}$
5. Debit *Effluent* = $Q \text{ Air Limbah Awal} - Q \text{ Minyak}$
6. Massa Minyak = $(Minyak Lemak)_{in} \times Q \times Ip$
7. Volume Minyak = $\frac{Massa Minyak}{\rho Minyak}$
8. Volume Total Minyak = $V \text{ Minyak} \times \text{Waktu Pengurasan}$
9. H Minyak = $\frac{Volume Minyak}{P \times L}$
10. H Total Minyak = $H \text{ Minyak} + Freeboard$
11. Debit *Effluent Grease Trap* = $Q Influent - Q \text{ minyak}$
12. Luas Penampang Pipa

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

13. Diameter Pipa *Outlet*

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

$$14. Slope = \left(\frac{n \times v}{R^{2/3}} \right)^2$$

15. *Headloss*

$$Hf = S \times P$$

Keterangan

1. Q = Debit (m³/s)
2. P = Panjang (m)
3. L = Lebar (m)

4. H = Tinggi (m)

2.3.5 Netralisasi

Proses dalam bak netralisasi bertujuan untuk menstabilkan aliran limbah yang akan diolah pada unit selanjutnya. Hal ini agar IPAL tetap stabil dan tidak terjadi over loading yang dapat mengganggu proses kimia dan biologi (Setiyono and Yudo, 2014). Proses netralisasi bertujuan untuk menetralkan kadar pH limbah menjadi netral. Hal ini bermaksud agar proses pengolahan limbah secara biologis tidak terganggu dan berjalan dengan baik. Bahan kimia yang banyak digunakan untuk menaikkan kadar pH antara lain soda abu (NaHCO_3), kapur tohor (CaO), Ca(OH)_2 , CaCO_3 , natrium hidroksida (NaOH). Proses netralisasi secara umum dilakukan di dalam bak dilanjutkan pengadukan dengan waktu tinggal 5-30 menit (Said, 2017).

2.3.6 Koagulasi-Flokulasi

Koagulasi-Flokulasi bertujuan untuk menyatukan partikel koloid sehingga membentuk partikel ukuran lebih besar yang selanjutnya dapat dipisahkan dengan cara yang lebih efisien melalui sedimentasi, flotasi, atau penyaringan dengan menambahkan bahan koagulan

Koagulan atau Flokulan dibubuhkan ke dalam air yang dikoagulasi yang bertujuan untuk memperbaiki pembentukan flok dan untuk mencapai sifat spesifik flok yang diinginkan. Koagulan adalah zat kimia yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif partikel di dalam suspensi. Zat ini merupakan donor muatan positif yang digunakan untuk mendestabilisasi muatan negatif partikel (Pulungan, 2012). Pada tabel 2.3 dapat dilihat koagulan yang umum digunakan pada pengolahan air.

Tabel 2. 3 Jenis Koagulan Dalam Pengolahan Air

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan Air	pH Optimum
Alumunium sulfat	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ $x = 14, 16, 18$	Bongkah, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
Sodium aluminat	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$	Bubuk	Basa	6,0 – 7,8
Polyaluminium Chloride, PAC	Aln(OH)mCl3nm	Cairan, Bubuk	Asam	6,0 – 7,8

Ferri sulfat	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	Kristal halus	Asam	4 – 9
Ferri klorida	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Bongkah, cairan	Asam	4 – 9
Ferro Sulfat	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Kristal halus	Asam	> 8,5

(Sumber: Sugiarto, 2006)

Penambahan dosis koagulan yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan kekeruhan yang lebih rendah. Dosis koagulan yang dibutuhkan untuk pengolahan air tidak dapat diperkirakan berdasarkan kekeruhan, tetapi harus ditentukan melalui percobaan pengolahan. Tidak setiap kekeruhan yang tinggi membutuhkan dosis koagulan yang tinggi. Jika kekeruhan dalam air lebih dominan disebabkan oleh lumpur halus atau lumpur kasar maka kebutuhan akan koagulan hanya sedikit, sedangkan kekeruhan air yang dominan disebabkan oleh koloid akan membutuhkan koagulan yang banyak. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi koagulan yaitu:

1. Pengaruh pH

Pada koagulan terdapat *range* pH optimum. Luasnya *range* pH koagulan ini dipengaruhi oleh jenis-jenis konsentrasi koagulan yang dipakai. Hal ini penting untuk menghindari adanya kelarutan koagulan. Proses koagulan pH yang terbaik adalah 7 (netral).

2. Pengaruh Temperatur

Pada temperatur yang rendah reaksi lebih lambat dan viskositas air menjadi lebih besar sehingga flok lebih sukar mengendap

3. Dosis Koagulan

Air dengan kekeruhan yang tinggi memerlukan dosis koagulan yang lebih banyak. Dosis koagulan persatuan unit kekeruhan rendah, akan lebih kecil dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan yang tinggi, kemungkinan terjadinya tumbukan antara partikel akan berkurang dan netralisasi muatan tidak sempurna, sehingga mikroflok yang terbentuk hanya sedikit, akibatnya kekeruhan akan naik. Dosis koagulan yang berlebihan akan menimbulkan efek samping pada partikel sehingga kekeruhan akan meningkat.

4. Pengadukan (*Mixing*)

Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Distribusi dalam air cukup baik dan merata, serta masukan energi yang cukup untuk tumbukan antara partikel yang telah netral sehingga terbentuk mikroflok. Pada proses koagulasi ini pengadukan dilakukan dengan cepat. Air yang memiliki kekeruhan rendah memerlukan pengadukan yang lebih banyak dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan tinggi.

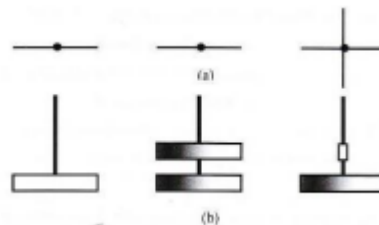
5. Pengaruh Garam

Garam-garam ini dapat mempengaruhi proses suatu penggumpalan. Pengaruh yang diberikan akan berbeda-beda bergantung dengan macam garam (ion) dan konsentrasinya. Semakin besar valensi ion akan semakin besar pengaruhnya terhadap koagulan. Penggumpalan dengan garam Fe dan Al akan banyak dipengaruhi oleh anion dibandingkan dengan kation. Jadi natrium, kalsium, dan magnesium relatif tidak mempengaruhi (Sutrisno, 1992)

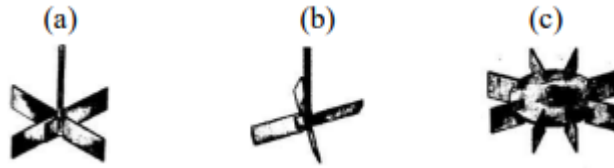
Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: 27 pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatis.

1. Pengadukan Mekanis

Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor bertenaga listrik, poros pengaduk (*shaft*), dan alat pengaduk (*impeller*). Berdasarkan bentuknya terdapat tiga macam alat pengaduk, yaitu *paddle* (pedal), *turbine*, dan *propeller* (baling-baling). Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu G dan τ_d . Sedangkan untuk menghitung besarnya tenaga (power) yang dibutuhkan, perlu memperhatikan jenis *impeller* yang digunakan dan nilai konstanta KL dan KT.



Gambar 2. 9 Tipe Paddle (a) tampak atas, (b) tampak samping
(Sumber: Masduqi & Assomadi, 2010, Hal 112)



Gambar 2. 10 Tipe Turbine (a) Turbine Blade Lurus, (b) Turbine Blade Piringan, (c) Turbine Blade Menyerang

(Sumber: Qasim, et al. 2000)



Gambar 2. 11 Tipe Propeller (a) Propeller 2 Blades, (b) Propeller 3 Blades

(Sumber: Qasim, et al. 2000)

Tabel 2. 4 Kriteria Impeller

Tipe Impeller	Kecepatan Putaran	Dimensi	Keterangan
Paddle	20-150 rpm	diameter: 50-80% lebar bak lebar: 1/6 – 1/10 diameter paddle	-
Turbine	10-150 rpm	diameter: 30-50% lebar bak	-
Propeller	400-1750 rpm	diameter: maks. 45 cm	Jumlah pitch 1-2 buah

(Sumber: Reynold & Richard, 1996:185)

Tabel 2. 5 Nilai Waktu Pengadukan dan Gradien Kecepatan

Waktu Pengadukan, td (detik)	Gradien Kecepatan (detik ⁻¹)
20	1000
30	900
40	790

50 $\geq$	700
-----------	-----

(Sumber: Reynolds & Richards, 1996:184)

Tabel 2. 6 Konstanta KL dan KT untuk Tangki Berserat

Jenis Impeller	KL	KT
Propeller, putch of 1, 3 blades	41,0	0,32
Propeller, putch of 2, 3 blades	43,5	1,00
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	60,0	5,31
Turbine, 6 flat blades, vaned disc	65,0	5,75
Turbine, 6 curved blades	70,0	4,80
Fan turbine, 6 blades at 45°	70,0	1,65
Shrouded turbine, 6 curved blades	97,5	1,08
Shrouded turbine, with stator, no baffles	172,5	1,12
Flat paddles, 2 blades (single paddles), Di/Wi=4	43,0	2,25
Flat paddles, 2 blades, Di/Wi=6	36,5	1,70
Flat paddles, 2 blades, Di/Wi=8	33,0	1,15
Flat paddles, 4 blades, Di/Wi=6	49,0	2,75
Flat paddles, 6 blades, Di/Wi=8	71,0	3,82
Turbine, 6 flat blades, vaned disc	65,0	5,75
Turbine, 6 curved blades	70,0	4,80
Fan turbine, 6 blades at 45°	70,0	1,65
Shrouded turbine, 6 curved blades	97,5	1,08
Shrouded turbine, with stator, no baffles	172,5	1,12

Flat paddles, 2 blades (single paddles), $D_i/W_i=4$	43,0	2,25
Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i=6$	36,5	1,70
Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i=8$	33,0	1,15
Flat paddles, 4 blades, $D_i/W_i=6$	49,0	2,75
Flat paddles, 6 blades, $D_i/W_i=8$	71,0	3,82

(Sumber: Reynolds & Richards, 1996:188)

Flokulasi adalah proses penggabungan inti flok sehingga menjadi flok yang berukuran lebih besar. Pada flokulasi, kontak antar partikel melalui tiga mekanisme, yaitu:

1. *Thermal motion*, yang dikenal dengan *Brownian Motion* atau difusi atau disebut sebagai *Flocculation Perikinetic*.
2. Gerakan cairan oleh pengadukan
3. Kontak selama pengendapan (Marsono, 2002)

Pengadukan lambat (agitasi dan stirring) digunakan dalam proses flokulasi, untuk memberi kesempatan kepada partikel flok yang sudah terkoagulasi untuk bergabung membentuk flok yang ukurannya semakin membesar. Selain itu, untuk memudahkan flokulan untuk mengikat flok-flok kecil dan mencegah pecahnya flok yang sudah terbentuk.

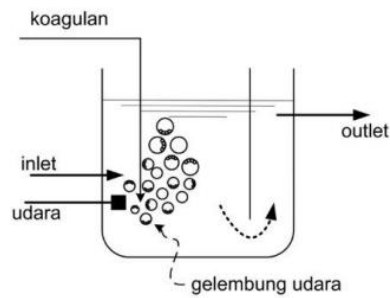
Pengadukan lambat dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik⁻¹) selama 10 hingga 60 menit atau nilai GTd (bilangan Camp) berkisar 48000 hingga 210000. Gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak pecah dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar. Nilai G dan waktu detensi untuk proses flokulasi adalah:

- a. Air Sungai
 - Waktu detensi = minimum 20 menit
 - $G = 10-50 \text{ detik}^{-1}$
- b. Air Waduk

- Waktu detensi = 30 menit
- $G = 10-75 \text{ detik}^{-1}$
- c. Air Keruh
 - Waktu detensi dan G lebih rendah
- d. Jika menggunakan garam besi sebagai koagulan
 - G tidak lebih dari 50 detik^{-1}
- e. Flokulator terdiri dari 3 kompartemen
 - G kompartemen 1: nilai terbesar
 - G kompartemen 2: 40% dari G kompartemen 1
 - G kompartemen 3: nilai terkecil
- f. Penurunan Kesadahan
 - Waktu detensi = 30 menit
 - $G = 10-50 \text{ detik}^{-1}$
- g. Presipitasi Kimia (Penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)
 - Waktu detensi = 15-30 menit
 - $G = 20-75 \text{ detik}^{-1}$
 - $GT_d = 10.000-100.000$ (Masduqi & Assomadi, 2012:110)

2. Pengadukan Pneumatis

Pengadukan pneumatis adalah pengadukan yang menggunakan udara (gas) berbentuk gelembung sebagai tenaga pengadukan. Gelembung tersebut dimasukkan ke dalam air dan akan menimbulkan Gerakan pada air. Injeksi udara bertekanan ke dalam air akan menimbulkan turbulensi, akibat lepasnya gelembung udara ke permukaan air. Aliran udara yang digunakan untuk pengadukan cepat harus mempunyai tekanan yang cukup besar sehingga mampu menekan dan 31 menggerakkan air. Makin besar tekanan udara, kecepatan gelembung udara yang dihasilkan makin besar dan diperoleh turbulensi yang makin besar pula.



Gambar 2. 12 Pengadukan Cepat Secara Pneumatis

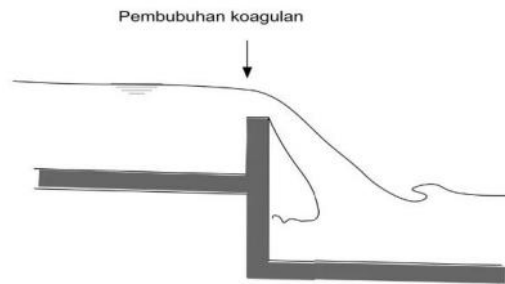
(Sumber: Zuliana, 2012)

3. Pengadukan Hidrolis

Pengadukan hidrolis adalah pengadukan yang memanfaatkan aliran air sebagai tenaga pengadukan. Tenaga pengadukan ini dihasilkan dari energi hidrolik yang dihasilkan dari suatu aliran hidrolik. Energi hidrolik dapat berupa energi gesek, energi potensial (jatuhan) atau adanya lompatan hidrolik dalam suatu aliran.

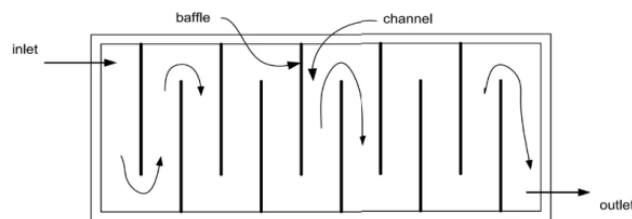
Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan cepat haruslah aliran air yang menghasilkan energi hidrolik yang besar. Dalam hal ini dapat dilihat dari besarnya kehilangan energi (*headloss*) atau perbedaan muka air. Dengan tujuan menghasilkan turbulensi yang besar tersebut, maka jenis aliran yang sering digunakan sebagai pengadukan cepat adalah terjunan (Gambar 2. 13), loncatan hidrolik, dan *parshall flume*.

Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan ada pengadukan lambat adalah aliran air yang menghasilkan energi hidrolik yang lebih kecil. Aliran air dibuat relatif lebih tenang dan dihindari terjadinya turbulensi agar flok yang terbentuk tidak pecah lagi. Beberapa contoh pengadukan hidrolis untuk pengadukan lambat adalah kanal bersekat (*baffled channel*, Gambar 2.14), *perforated wall*, *gravel bed* dan sebagainya.



Gambar 2. 13 Pengadukan Cepat Dengan Terjunan

(Sumber : Zuliana, 2012)



Gambar 2. 14 Pengadukan Lambat Dengan Baffled Channel

(Sumber : Zuliana, 2012)

Adapun kriteria dan rumus perhitungan yang digunakan dalam unit koagulasi dan flokulasi mekanis:

1. Koagulasi

Kriteria Perencanaan

1. Waktu Detensi (T_d) $= 20 - 60 \text{ s}$

(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 182. Boston: PWS Publishing Company)

2. Gradien Kecepatan (G) $= 700 - 1000/\text{s}$

(Sumber : Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 182)

3. Lebar Impeller $= 1/6 - 1/10 \text{ diameter}$

(Sumber :Reynolds. 1996, Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th Edition, hal 184 – 187)

4. Kedalaman Bak (H) $= 1 - 1,25 \text{ D/W}$

(Sumber : Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 184)

5. Jarak Paddle Dari Dasar = 30 – 50% Di

(Sumber : Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 184)

6. Bilangan Reynold (Turbulen) = >1000

(Sumber : Reynolds. 1996, Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th Edition, hal 187)

7. Berat Molekul PAC = 0,1745 kg/mol

8. Massa Jenis PAC = 1,23 kg/l

9. Massa Jenis air, T (28°C) = 996 kg/m³

10. Viskositas Absolut, T (28°C) = 0,0008363 N.s/m³

Sumber : Reynolds. 1996, Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th Edition, hal 762)

11. Kecepatan Pipa *Outlet* = 0,6 – 1,5 m/s

Perhitungan Bak Pembubuh Koagulan

1. Kebutuhan PAC = Dosis PAC x Q x Kadar PAC

2. Debit PAC (Q) =

$$\frac{\text{Kebutuhan Koagulan}}{\rho \text{ PAC}} \times \text{Periode Pelarutan}$$

3. Volume Pelarut (V H₂O) = $\frac{100\% - \text{Kadar H}_2\text{O}}{\text{Kadar H}_2\text{O}} \times \text{Debit PAC}$

4. Volume Bak Pembubuh Koagulan = Debit PAC + Volume Pelarut (V H₂O)

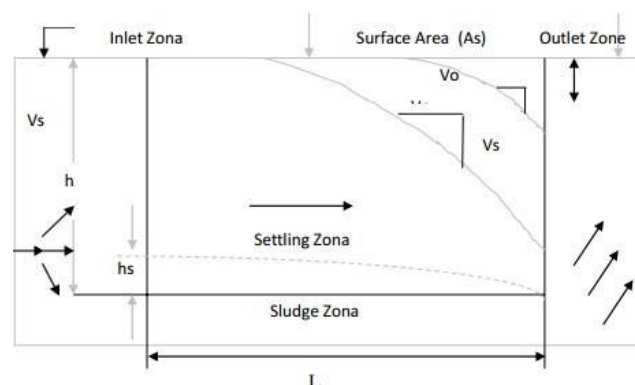
2.3.7 Sedimentasi

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

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

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

1. Pengendapan Tipe I (*Free Settling*)
2. Pengendapan Tipe II (*Flocculent Settling*)
3. Pengendapan Tipe III (*Zone/Hindered Settling*)
4. Pengendapan Tipe IV (*Compression Settling*)



Gambar 2. 15 Zona Pada Bak Sedimentasi

(Sumber: Al Layla. *Water Supply Engineering Desain*)

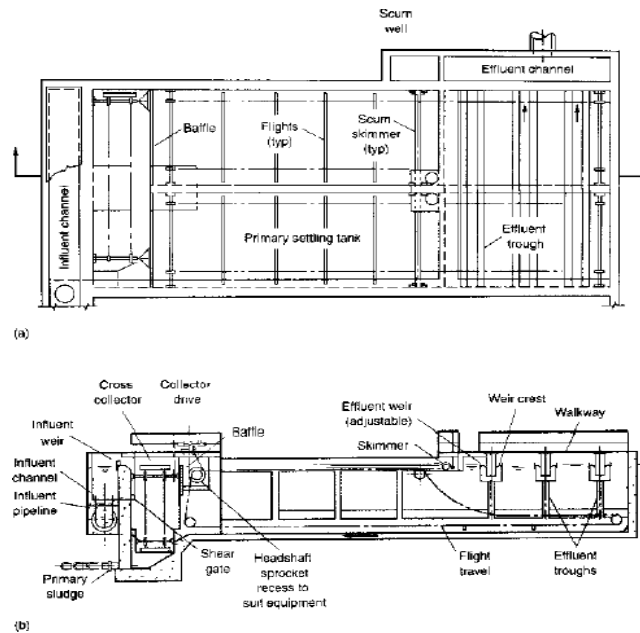
Dimana pada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut :

- *Zona Inlet*
Terjadi distribusi aliran yang menuju zona *settling* ($\pm 25\%$ panjang bak).
- *Zona Settling*
Terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya.
- *Zona Sludge*

Sebagai ruang lumpur, dimana konfigurasi dan kedalamannya tergantung pada metode pengurasan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel 75% mengendap pada 1/5 volume bak.

- *Zona Outlet*

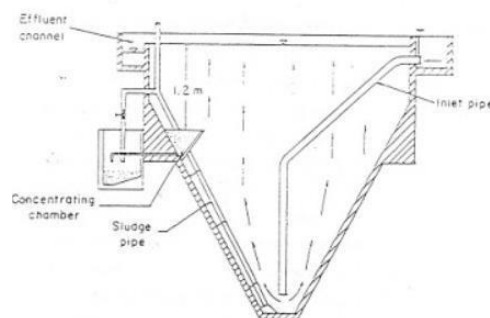
Pada zona ini dihasilkan air yang jernih tanpa suspensi yang ikut terbawa



Gambar 2. 16 Denah dan Potongan Sedimentasi Rectangular

(Sumber: Metcalf & Eddy. 2003)

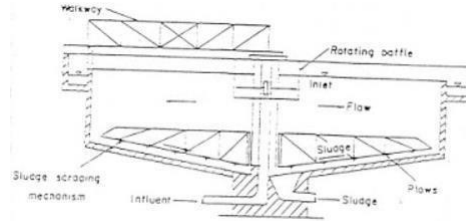
1. Lingkaran (*circular*) – *center feed*, dimana air masuk melalui pipa menuju *inlet* bak di bagian tengah bak dan kemudian mengalir secara horizontal dari *inlet* menuju outlet di sekeliling bak.



Gambar 2. 17 Bak Sedimentasi Circular Center Feed

(Sumber: Metcalf & Eddy. 2003)

2. Lingkaran (*circular*) – *peripheral feed*, dimana air masuk melalui sekeliling lingkaran dan secara horizontal mengalir menuju ke *outlet* di bagian bawah lingkaran.



Gambar 2. 18 Bak Sedimentasi Circular Peripheral Feed

Sedangkan menurut tipenya, sedimentasi dibagi menjadi :

1. Sedimentasi tipe 1 yang ditujukan untuk mengendapkan partikel diskrit
2. Sedimentasi tipe 2 yang ditujukan untuk mengendapkan partikel flokulen
3. Sedimentasi tipe 3 yang ditujukan untuk mengendapkan lumpur biologis
4. Sedimentasi tipe 4 yang ditujukan untuk memampatkan partikel yang telah mengendap akibat dari berat partikel

Bak sedimentasi memiliki 4 bagian utama, yaitu bagian *inlet*, zona pengendapan, ruang lumpur dan zona *outlet*. Zona *inlet* merupakan tempat air masuk ke dalam bak. Zona pengendapan merupakan tempat flok atau partikel mengalami proses pengendapan, ruang lumpur merupakan tempat lumpur mengumpul sebelum keluar bak. Zona outlet merupakan tempat dimana air akan meninggalkan bak yang biasanya berbentuk pelimpah (*weir*) (Masduqi, 2016).

Untuk pengolahan air minum, sedimentasi yang umum digunakan yaitu sedimentasi tipe 2. Sedimentasi tipe 2 merupakan pengendapan partikel flokulan dalam air, dimana selama pengendapan terjadi saling interaksi antar partikel sehingga ukuran flok akan semakin besar dan pada akhirnya akan mengendap (Masduqi, 2016).

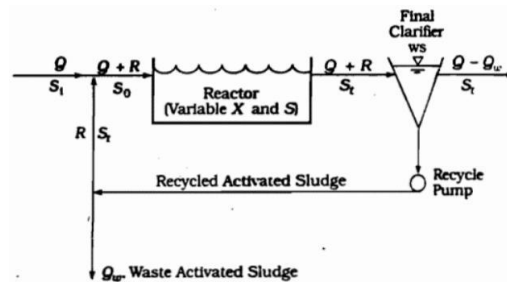
2.3.8 Activated Sludge

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.



Gambar 2. 19 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 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 mengabsorpsi (proses stabilisasi).

4. *Pure Oxygen*

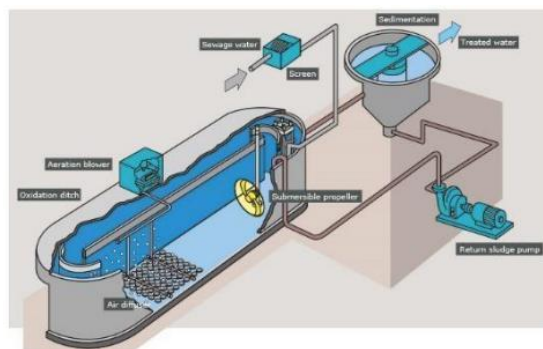
Oksigen murni diinjeksikan ke tangki aerasi dan di resirkulasi. Keuntungannya adalah mempunyai perbandingan substrat dan mikroorganisme serta volumetric loading tinggi dan waktu tinggal pendek.

5. *High-Rate Aeration*

Kondisi ini tercapai dengan meningkatkan 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.



Gambar 2. 20 *Sketsa Oxidation Ditch*

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

7. Step Aeration System

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 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 :

- Mikronutrien

Sumber mikronutrien 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 mikronutrien 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 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, 1931)

Adapun parameter penting untuk desain *Activated Sludge* adalah:

- 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.
- 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.
- Konsentrasi BOD yang masuk ke tangki aerasi (C_0).
- Waktu detensi (t_d) adalah lama waktu air limbah tinggal dalam tangki aerasi
- Volume bak aerasi (V).

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.

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 Sedimentasi dimetabolisme oleh mikroorganisme menjadi CO₂ dan H₂O, sedang fraksi terbesar diubah menjadi bentuk anorganik yang dapat dipisahkan dari air buangan oleh sedimentasi (Sperling, 2007).

Proses dalam *Activated Sludge* ini mampu mengubah hampir seluruh bahan organik terlarut dan koloid dimetabolisme oleh mikroorganisme menjadi karbon dioksida dan air. Dan fraksi terbesar diubah menjadi massa *cellular* yang dapat dipisahkan dari aliran melalui pengendapan secara gravitasi. Agar *effluent* yang dikeluarkan berkualitas tinggi, maka biomassa harus dapat dipisahkan dari aliran melalui *clarifier*, dan setelah itu biomassa dikembalikan lagi ke tangki aerasi. Proses *Activated Sludge* memiliki beberapa tipe dan modifikasinya, antara lain sebagai berikut :

Tabel 2. 7 Tipe - Tipe Proses Activated Sludge

N o	Process Name	Type of Reacto r	BOD Remova l %	Kelebihan	Kekurangan
1	<i>High-Rate Aeration</i>	<i>plug flow</i>	75-90	Membutuhkan volume aerasi yang lebih kecil dibandingkan Conventional plug flow membutuhkan energi aerasi yang lebih sedikit	Operasi yang tidak stabil effluen dengan kualitas yang rendah tidak cocok untuk nitrifikasi banyak menghasilkan lumpur
2	<i>Contact Stabilization</i>	<i>plug flow</i>	80-90	Membutuhkan volume aerasi yang lebih kecil dapat	Tidak mempunyai kemampuan nitrifikasi operasi rumit

				menangani aliran dalam cuaca hujan tanpa menghilangkan MLSS	
3	<i>High-purity oxygen</i>	<i>plug flow</i>	85-95	Membutuhkan volume aerasi yang lebih kecil; mengeluarkan sedikit VOC dan gas menghasilkan lumpur yang mudah untuk terendapkan operasi dan kontrol DO tidak rumit baik teradaptasi dari beberapa jenis limbah	Kemampuan nitrifikasi kurang susah dioperasi aliran jam puncak akan mengganggu pengurusan lumpur MLSS
4	<i>Conventional plug flow</i>	<i>plug flow</i>	85-95	Menghilangkan Amonia lebih baik daripada process complete mix baik beradaptasi dalam beberapa operasi proses	Design dan operasi rumit kesulitan dalam oksigen <i>supply</i> pada tahap awal
5	<i>Step feed</i>	<i>plug flow</i>	85-95	Mendistribusikan penyebaran oksigen meminimalisasi <i>sludge</i> pada <i>clarifier</i> operasi yang fleksible baik beradaptasi dalam beberapa	Operasi yang lebih kompleks flow split tidak dapat diukur desain yang kompleks dalam aerasi dan proses
6	<i>Complete Mix</i>	<i>CMAS</i>	85-95	Baik teradaptasi dari beberapa jenis limbah kapasitas pelarutan besar	Mudah terkena filamentous bulking

				dalam toxic dan shock loads design tidak selalu kompleks	
7	<i>Extended Aeration</i>	<i>plug flow</i>	75-95	High quality effluen design yang tidak rumit kemampuan dalam shock loading produksi biosolids terbatas	Energi aerasi sangat tinggi kolam aerasi besar
8	<i>Oxidation Ditch</i>	<i>plug flow</i>	75-95	Operasi mudah kemampuan dalam shock loading proses ekonomis dalam small plants energy yang lebih rendah	Struktur lebih besar low f/m bulking energi lebih besar dibandingkan cms dan plug-flow ekspansi kapasitas perencanaan lebih susah
9	<i>Batch decant</i>	<i>Batch</i>	-	-	-
10	<i>Sequencing Batch Reactor</i>	<i>Batch</i>	85-95	Proses sederhana fleksible operasi low effluen SS	Proses control rumit; jam puncak mengganggu operasi membutuhkan filtrasi dan desinfeksi sangat dibutuhkan kemampuan operasi beberapa design tidak berguna dalam aerasi
11	<i>Counter current aeration system (CCAS)</i>	<i>plug flow</i>	-	High quality effluent transfer oksigen lebih baik conventional aerasi; dapat dimodifikasi dalam	Dibutuhkan fine screening dibutuhkan ahli untuk mengoperasikannya

				menghilangkan nutrient	
--	--	--	--	---------------------------	--

Sumber : Metcalf & Eddy, 2003

2.3.9 Clarifier

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 di bawah 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).

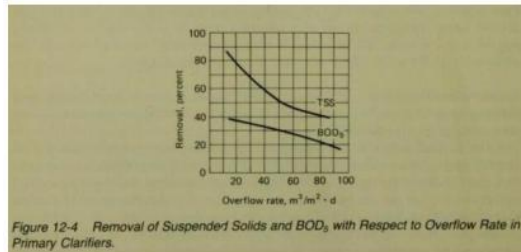
Secondary clarifier merupakan bagian tak terpisahkan dari sistem *Activated Sludge*. Bagian ini berperan dalam proses pemisahan lumpur dari limbah yang telah diolah di dalam reaktor biologi. Ada lima parameter yang paling berpengaruh terhadap performa *secondary clarifier*, yaitu: - Konsentrasi MLSS yang masuk ke *clarifier* - Debit air limbah - Debit resirkulasi sistem *Activated Sludge* - Luas permukaan *clarifier*, dan - Kemampuan mengendap lumpur.

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

Zona Pengendapan (*Settling Zona*)

1. *Overflow Rate (OFR)*

- *Average* = 30 – 50 m³/m² hari
- *Peak* = 70 – 130 m³/m² hari



Gambar 2. 21 Grafik Removal TSS dan BOD Berdasarkan Overflow Rate

(Sumber: Qasim, 1985, Halaman 269)

2. Waktu Tinggal (Td) = 0,6 – 3,6 jam

Sumber: (Qasim, 1985, Halaman 269)

3. Dimensi

• *Rectangular:*

- Panjang (L) = 10 – 100 m
- Lebar (W) = 3 – 24 m
- Kedalaman (H) = 2,5 – 5 m
- P : L = 1 – 7, 5:1
- P : H = 4,2 – 25 : 1

• *Circular*

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

Sumber : (Qasim, 1985, Halaman 271)

4. *Flight Speed* = 0,02 – 0,05 m/menit

Sumber: (Metcalf & Eddy, 2003, halaman 398)

5. %Removal TSS = 50% - 70%

Sumber: (Huisman, 1977, Halaman 12)

6. *Weir Loading Rate* = 125 – 500 m³/m² hari

Sumber : (Metcalf & Eddy, 2003, halaman 401)

7. *Diameter Inlet Well* = 15% - 20% Diameter Bak

8. Ketinggian *Inlet Well* = 0,5 – 0,7 m

9. Kecepatan *Inlet Well* = 0,3 – 0,75 m

Sumber : (Metcalf & Eddy, 2003, halaman 401)

10. Bilangan Reynold (Nre) = <1 (Aliran Laminar) untuk v_s

11. Bilangan Reynold (Nre) = <2000 (Aliran Laminar) untuk v_h

12. Bilangan Freud (NFr) = $>10^5$ (Mencegah Aliran Pendek)

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

13. *Spesific Gravity* = 1,3 – 1,5 *Suspended Solid*

Sumber ; (Metcalf & Eddy, 2003, Halaman 411)

14. Slope ke arah Zona *Sludge*

- Rectangular = 1% - 2%

- Circular = 40 – 100 m/m

Sumber: (Qasim, 1985, halaman 274)

Konsentrasi Solid = 4% - 12%

15. Cek Nre Partikel $< 0,5$

16. Syarat terjadinya pengendapan ($T_p < T_d$)

17. Syarat terjadinya penggerusan ($V_{sc} > V_b$)

18. Suhu air buangan 28°C, Sehingga:

- Kinematic = $8,004 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$

- *Viscosity* (η)

- *Absolute* = $8,004 \times 10^{-4} \text{ N.s/m}^2$

- *Viscosity* (μ)

- Massa Jenis (ρ) = $0,99626 \text{ g/cm}^3$

= $996,26 \text{ kg/m}^3$

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996, Halaman 762)

19. Koef. *Manning* (n) = 0,012 – 0,016

(Kementrian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat, 2017)

20. Kontrol penggerusan

- Faktor kisi = 0,05

Porositas (β)

- Faktor Fraksi = 0,03

Hidrolis (λ)

Sumber : (Huisman, 1977, halaman 57)

Zona Lumput (*Sludge Zone*)

1. *Volatile Solid* = 60% - 90%

2. *Dry Splid* = 3% - 8%

Sumber: (Qasim, 1985, Halaman 428)

3. *Spesific Gravity* = 1,3 – 1,5 *Suspended Solid*

Sumber: (Metcalf & Eddy, 2003, Halaman 411)

4. Massa Jenis (ρ) = 0,99626 gr/cm³
= 996,26 kg/m³

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996, Halaman 762)

2.4 Persen Removal

Berdasarkan studi literatur, diperoleh beberapa persentase efisiensi penyisihan untuk unit pengolahan beserta keseluruhan parameter dalam air limbah industri kulit sintetis sehingga dapat diolah dalam bangunan pengolahan air limbah yang telah direncanakan. Berikut rangkuman persentase efisiensi penyisihan air limbah industri kulit sintetis beserta sumber yang tetera pada Tabel 2.8

Tabel 2. 8 Persentase Penyisihan Unit Pengolahan

Unit	Parameter	% Removal	Sumber
Grease Trap	Minyak dan Lemak	70 – 85%	Cavaseno,Industrial Waste Water and Solid Waste Management, Hal 14
Netralisasi (NaOH)	pH	pH 7	Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment Reuse 4 th edition Hal 527

Sedimentasi	TSS	80 – 90%	Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment Reuse 4 th edition Hal 497
	BOD	50 – 80%	
	COD	30 – 60%	Nelson L., Water, Wastewater, Soil, Groundwater Treatment and Remediation Hal 327
Activated Sludge	TSS	60 – 85%	Casaveno Industrial Waste water and Solid Waste Engineering Hal. 15
	BOD	80 – 99%	
	COD	50 – 95%	
Clarifier	TSS	60 – 80%	Huisman, L. (1977). Sedimentation and Flotation Mechanical Filtration. Page 12

(Sumber: Literatur Tertera)

2.5 Profil Hidrolis

Profil hidrolis digambarkan untuk mendapatkan tinggi muka air pada masing-masing unit instalasi. Profil ini menunjukkan adanya kehilangan tekanan (*headloss*) yang terjadi akibat pengaliran pada bangunan. Beda tinggi setiap unit instalasi dapat ditentukan sesuai dengan sistem yang digunakan serta perhitungan kehilangan tekanan baik pada perhitungan yang telah dilakukan pada bab masing-masing bangunan sebelumnya maupun yang langsung dihitung pada bab ini.

Profil Hidrolis IPAL adalah merupakan upaya penyajian secara grafis “*hydraulic grade line*” dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (*inffluent-effluent*) dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, mengetahui kebutuhan pompa, memastikan tidak terjadi banjir atau luapan air akibat aliran balik.

Profil hidrolis adalah faktor yang penting demi terjadinya proses pengaliran air. Profil ini tergantung dari energi tekan/*head* tekan (dalam tinggi kolom air) yang tersedia bagi pengaliran. Head ini dapat disediakan oleh beda elevasi (tinggi ke rendah) sehingga air pun akan mengalir secara gravitasi. Jika tidak terdapat beda elevasi yang memadai, maka perlu diberikan head tambahan dari luar, yaitu dengan menggunakan pompa.

Profil hidrolis adalah upaya penyajian secara grafis “*hydrolic grade line*” dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (*influent-effluent*) dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, untuk mengetahui kebutuhan pompa, dan untuk memastikan tingkat terjadinya banjir atau luapan air akibat aliran balik.

2.6 BOQ dan RAB

2.6.1 BOQ (*Bill Of Quantity*)

BOQ (daftar kuantitas), adalah perincian seluruh item pekerjaan yang ada pada sebuah pekerjaan konstruksi. Yang terdiri dari pekerjaan persiapan, pekerjaan struktur, pekerjaan arsitektur, pekerjaan MEP (Mekanikal, Elektrikal dan Plumbing), pekerjaan utilitas, lanskap dan sebagainya. Karakteristik BOQ:

1. Dalam BOQ masing-masing item pekerjaan telah tercantum beserta volume
2. Tidak menutup kemungkinan item dan volume pekerjaan tersebut dapat bertambah atau berkurang kemudian hari, yaitu pada saat klarifikasi dan negosiasi harga,
3. Dalam BOQ tidak tercantum harga satuan pekerjaan,
4. Menghitung volume BOQ berdasarkan gambar rencana,
5. Pihak yang menyusun BOQ adalah konsultan perencanaan.

Tujuan membuat BOQ adalah:

1. Sebagai perhitungan awal, untuk mengetahui jumlah biaya yang harus disiapkan oleh Owner untuk pelaksanaan proyek,
2. Untuk keperluan pelaksanaan proses tender (lelang) proyek,
3. Berguna sebagai acuan/dasar bagi peserta lelang (kontraktor) untuk mengajukan penawaran harga

2.6.2 RAB (Rancangan Anggaran Biaya)

RAB adalah daftar harga atau perhitungan rincian biaya yang kita anggarkan untuk pelaksanaan sebuah proyek konstruksi. Mencakup keseluruhan biaya yang kita perlukan untuk pengadaan bahan, biaya alat maupun biaya/upah tenaga kerja. RAB dapat meliputi seluruh item pekerjaan yang ada pada sebuah proyek, atau hanya meliputi 1 sub pekerjaan saja. Misalnya RAB sub pekerjaan konstruksi baja, RAB sub pekerjaan instalasi listrik, dan seterusnya. Karakteristik RAB:

1. Dalam RAB telah tercantum seluruh item pekerjaan, volume serta harga satuan pekerjaan,
2. Item pekerjaan, volume dan harga satuan yang ada dalam RAB sifatnya mengikat. Artinya tidak dapat berubah (bertambah atau berkurang) kemudian hari,
3. RAB oleh masing-masing peserta lelang (kontraktor), sehingga volume dan harga satuan pekerjaan pasti berbeda.

Tujuan membuat RAB adalah:

1. Pada proyek berskala kecil yang tidak menggunakan jasa konsultan perencanaan, misalnya pembangunan rumah tinggal. Kontraktor selalu melakukan perhitungan RAB untuk diajukan kepada *owner*. Sementara kasus yang sedikit berbeda, jika kontraktor ingin *nge-sub* salah satu pekerjaan dari *maincont*. Walaupun sebenarnya *maincont* memiliki BOQ, namun tak jarang kontraktor harus melakukan perhitungan RAB.
2. Ketika *maincont* menyatakan agar *subcont* melakukan perhitungan RAB, maka secara otomatis BOQ yang disusun oleh konsultan perencanaan tidak berlaku. Dengan kata lain BOQ tersebut menjadi rahasia oleh *maincont*, yang tidak perlu diketahui oleh *subcont*.

Berdasarkan situasi seperti ini, maka tujuan melakukan penyusunan RAB adalah:

1. Untuk keperluan pengajuan penawaran harga dengan sistem lump sum,
2. Sebagai dasar melaksanakan saat klarifikasi dan negosiasi harga,
3. Pedoman untuk pelaksanaan proyek bilamana kontraktor ternyata menang tender.