

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Limbah Industri Pakan Ternak

Air limbah industri sangat bervariasi tergantung dari jenis industrinya. Banyak sedikitnya beban polutan yang terkandung dalam air limbah industri perlu adanya pengukuran secara langsung atau dapat juga diperkirakan berdasarkan pada jenis industri yang sejenis (Said, 2017).

Demikian pula dengan industri pakan ternak mempunyai karakteristik dan parameter limbah yang berbeda, menurut data perencanaan karakteristik industri pakan ternak mempunyai parameter dan kadar limbah yang dihasilkan dalam tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Parameter dan Limbah Yang Dihasilkan

No	Parameter	Kadar Limbah (mg/L)
1	BOD	2500
2	COD	8000
3	TSS	15000
4	TDS	8000
5	Nitrate	300
6	Suhu	45° C
7	pH	3

(Sumber : Data perencanaan karakteristik industry pakan ternak)

Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013, baku mutu air limbah merupakan ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepaskan ke dalam sumber air dari suatu usaha dan/atau kegiatan dalam table 2.2.

Tabel 2. 2 Baku Mutu Bagi kegiatan Industri Lain

No.	Parameter	Satuan	Golongan Baku Mutu Air Limbah	
			I	II
Fisik				
1.	Temperatur	der.C	38	40
2.	Zat padat terlarut (TDS)	mg/L	2000*	4000
3.	Zat padat tersuspensi	mg/L	200	400
Kimia				
1.	pH	mg/L	6,0 – 9,0	
2.	Besi terlarut (Fe)	mg/L	5	10
3.	Mangan terlarut (Mn)	mg/L	2	5
4.	Barium (Ba)	mg/L	2	3
5.	Tembaga (Cu)	mg/L	2	3
6.	Seng (Zn)	mg/L	5	10
7.	Krom Heksavalen (Cr+6)	mg/L	0,1	0,5
8.	Krom total (Cr)	mg/L	0,5	1
9.	Cadmium (Cd)	mg/L	0,05	0,1
10.	Raksa (Hg)	mg/L	0,002	0,005
11.	Timbal (Pb)	mg/L	0,1	1
12.	Stanum (Si)	mg/L	2	3
13.	Arsen (Ar)	mg/L	0,1	0,5

No.	Parameter	Satuan	Golongan Baku Mutu Air Limbah	
14.	Selenium (Si)	mg/L	0,05	0,5
15.	Nikel (Ni)	mg/L	0,2	0,5
16.	Kobalt (CO)	mg/L	0,4	0,6
17.	Sianida (CN)	mg/L	0,05	0,5
18.	Sulfida (H ₂ S)	mg/L	0,05	0,1
19.	Fluorida (F)	mg/L	2	3
20.	Klorin bebas (Cl ₂)	mg/L	1	2
21.	Amonia bebas (NH ₃ -N)	mg/L	1	5
22.	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/L	20	30
23.	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/L	1	3
24.	BOD ₅	mg/L	50	150
25.	COD	mg/L	100	300
26.	Senyawa aktif biru metilen	mg/L	5	10
27.	Fenol	mg/L	0,5	1
28.	Minyak nabati	mg/L	5	10
29.	Minyak mineral	mg/L	10	50
30.	Radioaktivitas**)	mg/L	-	REF

(Sumber : Lampiran V Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor :72 Tahun 2013
Tanggal :16 Oktober 2013)

A. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD atau *Biological Oxygen Demand* adalah suatu parameter yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam aerobik.

(Metcalf and Eddy, 2003, "*Wastewater Engineering : Treatment and Reuse*", *fourth edition*, Hal. 81, McGraw Hill Companies, New York)

Merupakan parameter yang menunjukkan banyaknya oksigen yang digunakan untuk menguraikan senyawa organik yang tersuspensi dalam air oleh aktivitas mikroba.

(Handbook "*Environmental Management and Technology*", Hal. 239)

Standar baku mutu BOD dalam industri pakan ternak yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 50 mg/L.

(Sumber : Lampiran V Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor :72 Tahun 2013
Tanggal :16 Oktober 2013)

B. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD atau *Chemical Oxygen Demand* adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik dalam air, sehingga parameter COD mencerminkan banyaknya senyawa organik yang dioksidasi secara kimia.

(Metcalf and Eddy, 2003, "*Wastewater Engineering : Treatment and Reuse*", *fourth edition*, Hal. 93, McGraw Hill Companies, New York)

COD adalah nilai kebutuhan oksigen dalam ppm miligram perliter (mg/L) yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimiawi.

(Sugiarto, 1987, "*Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*", Hal. 6)

Standar baku mutu COD dalam industri pakan ternak yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 100 mg/L.

(Sumber : Lampiran V Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor :72 Tahun 2013
Tanggal :16 Oktober 2013)

C. TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS atau *Total Suspended Solid* adalah zat-zat padat yang tersuspensi, dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai partikel tersuspensi koloid (partikel koloid) dan partikel tersuspensi biasa (partikel tersuspensi). Jenis partikel koloid tersebut adalah penyebab kekeruhan dalam air (efek *tyndall*) yang disebabkan oleh penyimpangan sinar nyata yang menembus suspensi tersebut. Partikel-partikel koloid tidak terlihat secara visual, sedangkan larutannya (tanpa partikel koloid) yang terdiri dari ion-ion dan molekul-molekul tidak pernah keruh. Larutan menjadi keruh bila terjadi pengendapan (presipitasi) yang merupakan keadaan kejenuhan dari suatu senyawa kimia. Partikel-partikel tersuspensi biasa, mempunyai ukuran lebih besar dari partikel koloid dan dapat menghalangi sinar yang akan menembus suspensi, sehingga suspensi tidak dapat dikatakan keruh, karena sebenarnya air diantara partikel-partikel tersuspensi tidak keruh dan sinar tidak menyimpang.

(Alaerts dan Santika, 1987)

Standar baku mutu TSS dalam industri pakan ternak yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 200 mg/L.

(Sumber : Lampiran V Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor :72 Tahun 2013

Tanggal :16 Oktober 2013)

D. Total Dissolved Solid (TDS)

Total padatan terlarut (TDS) adalah ukuran dari konten gabungan terlarut dari semua zat anorganik dan organik yang ada dalam cairan dalam bentuk molekuler , terionisasi , atau mikro-granular (sol koloidal) bentuk tersuspensi. Secara umum, definisi operasional adalah bahwa padatan harus cukup kecil untuk bertahan dari penyaringan melalui filter dengan pori-pori 2-mikrometer (ukuran nominal, atau lebih kecil). Total padatan terlarut biasanya dibahas hanya untuk sistem air tawar , karena salinitas mencakup beberapa ion yang membentuk definisi TDS. Aplikasi utama TDS adalah dalam studi kualitas air untuksungai , sungai , dan danau . Meskipun TDS umumnya tidak dianggap sebagai polutan utama (misalnya tidak dianggap terkait dengan efek

kesehatan), TDS digunakan sebagai indikasi karakteristik estetika air minum dan sebagai indikator agregat dari keberadaan beragam kontaminan kimia.

Sumber utama untuk TDS di perairan penerima adalah limpasan pertanian dan limpasan perumahan (perkotaan), perairan pegunungan yang kaya akan tanah liat, pencucian kontaminasi tanah, dan pembuangan sumber air titik polusi dari pabrik pengolahan limbah atau industri. Kandungan kimia yang paling umum adalah kalsium, fosfat, nitrat, natrium, kalium, dan klorida, yang ditemukan di gizi limpasan, umum stormwater limpasan dan limpasan dari iklim bersalju di mana jalan de-icing garam diterapkan. Zat-zat kimia itu bisa berupa kation, anion, molekul atau aglomerasi dengan urutan seribu atau lebih sedikit molekul, asalkan mikro-granul yang larut terbentuk. Unsur TDS yang lebih eksotis dan berbahaya adalah pestisida yang timbul dari limpasan permukaan. Padatan terlarut total yang terjadi secara alami muncul dari pelapukan dan pelarutan batuan dan tanah. Amerika Serikat telah menetapkan standar kualitas air sekunder 500 mg / l untuk menyediakan kelezatan air minum.

Total padatan terlarut dibedakan dari total padatan tersuspensi (TSS), di mana yang terakhir tidak dapat melewati saringan 2 mikrometer dan belum ditanggihkan dalam larutan. Istilah *padatan yang dapat diatur* mengacu pada bahan dengan ukuran berapa pun yang tidak akan tetap ditanggihkan atau dilarutkan dalam tangki penampung yang tidak dapat digerakkan, dan tidak termasuk TDS dan TSS. Padatan yang dapat diendapkan dapat mencakup partikel yang lebih besar atau molekul yang tidak larut. (www.wikipedia.org)

Standar baku mutu TDS dalam industri pakan ternak yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 2000 mg/L.

(Sumber : Lampiran V Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor :72 Tahun 2013
Tanggal :16 Oktober 2013)

E. Nitrate

Nitrat adalah ion poliatomik dengan rumus molekul NO_3^- dan massa molekul 62,0049 g/mol. Nitrat juga mendeskripsikan gugus fungsional organik RONO_2 . Ester nitrat ini adalah kelas khusus dari bahan peledak. (www.wikipedia.org)

Standar baku mutu Nitrate dalam industri pakan ternak yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 20 mg/L.

(Sumber : Lampiran V Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor :72 Tahun 2013

Tanggal :16 Oktober 2013)

F. Suhu

Temperature atau suhu adalah ukuran untuk menunjukkan intensitas panas suatu benda. Suhu benda yang tinggi mengindikasikan bahwa benda tersebut mengandung panas yang cukup besar dan bisa dikatakan benda itu cukup panas. Sebaliknya, suhu benda yang rendah mengindikasikan bahwa benda tersebut mempunyai kandungan panas yang rendah dan benda tersebut dikatakan dingin.

(Esvandiari, 2006).

Suhu menunjukkan derajat panas benda. Mudahnya, semakin tinggi suhu suatu benda, semakin panas benda tersebut. Secara mikroskopis, suhu menunjukkan energi yang dimiliki oleh suatu benda. Setiap atom dalam suatu benda masing-masing bergerak, baik itu dalam bentuk perpindahan maupun gerakan di tempat getaran. Makin tingginya energi atom-atom penyusun benda, makin tinggi suhu benda tersebut. Suhu juga disebut temperatur yang diukur dengan alat termometer. Empat macam termometer yang paling dikenal adalah Celsius, Reaumur, Fahrenheit dan Kelvin.

(www.wikipedia.org)

Standar baku mutu Suhu dalam industri pakan ternak yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 38°C .

(Sumber : Lampiran V Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor :72 Tahun 2013

Tanggal :16 Oktober 2013).

G. pH (*Potential of Hydrogen*)

pH merupakan sebuah parameter kualitas yang penting bagi air baku dan juga air limbah. Ukuran konsentrasi pH yang cocok bagi semua kehidupan biologis bisa dibidang sangat kecil dan kritis yaitu diantara 6 – 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 – 8,5.

(Metcalf and Eddy, 2003, “*Wastewater Engineering : Treatment and Reuse*”, *fourth edition*, Hal. 57, McGraw Hill Companies, New York)

pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Ia didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen (H^+) yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoritis. Skala pH bukanlah skala absolut. Ia bersifat relatif terhadap sekumpulan larutan standar yang pH-nya ditentukan berdasarkan persetujuan internasional.

(www.wikipedia.org)

Standar baku mutu pH dalam industri pakan ternak yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 6 – 9.

(Sumber : Data Perencanaan Karakteristik)

2.2 Bangunan Pengolahan Air Buangan

Bangunan pengolahan air buangan mempunyai kelompok tingkat pengolahan, pengolahan air buangan dibedakan sebagai berikut :

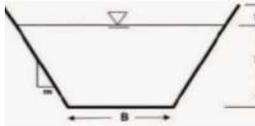
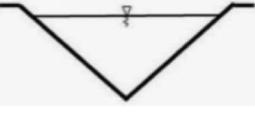
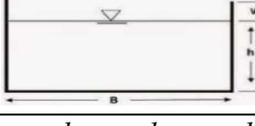
2.2.1 Pengolahan Pendahuluan (*Preliminary Treatment*)

Proses pengolahan yang dilakukan untuk membersihkan dan menghilangkan sampah terapung dari pasir agar mempercepat proses pengolahan selanjutnya, unit pengolahan ini meliputi :

1. Saluran Pembawa

Saluran pembawa adalah saluran yang mengantarkan air dari satu bangunan ke bangunan pengolahan air limbah lainnya. Saluran pembawa ini biasa terbuat dari dinding berbahan beton. Saluran pembawa ini juga dapat dibedakan menjadi saluran pembawa terbuka dan tertutup. Saluran ini mampu mengalirkan air dengan memperhatikan beda ketinggian atau perbedaan elevasi antara bangunan yang satu dengan bangunan yang lainnya. Apabila saluran pembawa ini di atas lahan yang datar, maka diperlukan kemiringan/*slope* (m/m).

Tabel 2. 3 Tipe saluran pembawa

No	Tipe saluran	Potongan melintang	Bahan yang digunakan
1	Bentuk trapesium		Tanah asli
2	Bentuk segitiga		Pasangan batu kali atau tanah asli
3	Segi empat		Pasangan batu kali atau beton bertulang

(Sumber : Dept. Pekerjaan Umum pedoman konstruksi bangunan "Perencanaan sistem drainase jalan" hal.16)

Tipe saluran pembawa yang biasa digunakan ada 3 tipe yaitu tipe saluran segi empat, bentuk segitiga, dan bentuk trapezium. Material yang digunakan untuk saluran pembawa juga berbeda-beda sesuai dengan kriteria yang direncanakan.

Rumus yang digunakan

Kriteria desain :

$$\text{Kecepatan aliran (v)} = 0,3 - 0,6 \text{ m/s}$$

$$\text{Kemiringan / slope maksimal (S}_{\text{max}}) = 1.10^{-3} \text{ m/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Freeboard} &= 10 - 20 \% \text{ dari ketinggian} \\ \text{Dimensi saluran (Ws)} &= B = 2H \end{aligned}$$

Rumus yang digunakan :

Luas Permukaan (A)

$$A = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/detik)}}{v \text{ (m/detik)}} \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan :

A = Luas Permukaan Saluran Pembawa (m²)

Q = Debit Limbah (m³/detik)

v = Kecepatan Alir Fluida dalam Saluran Pembawa (m/detik)

Kedalaman Saluran (H)

$$H = \frac{A \text{ (m}^2\text{)}}{B \text{ (m)}} \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan :

H = Ketinggian Air dalam Saluran Pembawa (m)

A = Luas Permukaan Saluran Pembawa (m²)

B = Lebar Saluran Pembawa (m)

Ketinggian Total

$$H_{\text{total}} = H + (20\% \times H) \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan :

H = Ketinggian Air dalam Saluran Pembawa (m)

Freeboard = 20%

Cek Kecepatan

$$v = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/detik)}}{A \text{ (m}^2\text{)}} \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan :

Q = Debit Limbah (m³/detik)

v = Kecepatan Alir Fluida dalam Saluran Pembawa (m/detik)

A = Luas Permukaan Saluran Pembawa (m²)

Jari – Jari Hidrolis

$$R = \frac{B \times H}{B + (2 \times H)} \dots \dots \dots (2.5)$$

dengan :

R = Jari – jari Hidrolis (m)

H = Ketinggian Air dalam Saluran Pembawa (m)

B = Lebar Saluran Pembawa (m)

Kemiringan (*Slope*)

$$s = \left(\frac{n \times v}{(R)^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \dots \dots \dots (2.6)$$

dengan :

s = Kemiringan Saluran / *Slope* (m/m)

n = Koefisien *Manning* Bahan Penyusun Saluran Pembawa

v = Kecepatan Alir Fluida dalam Saluran Pembawa (m/detik)

R = Jari – jari Hidrolis (m)

(Sumber : Dept. Pekerjaan Umum pedoman konstruksi bangunan
"Perencanaan sistem drainase jalan" hal.17-18)

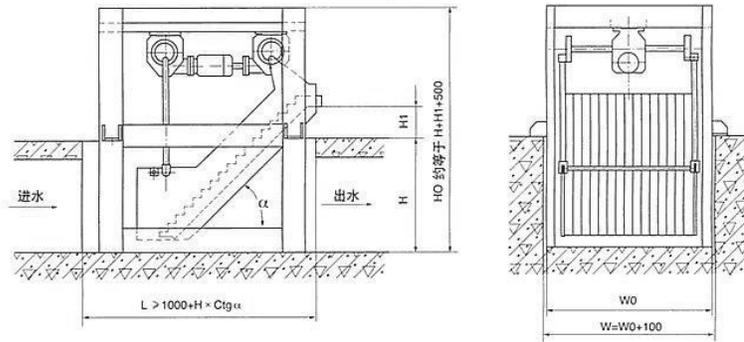
2. *Screen*

Screen biasanya merupakan tahap awal proses pengolahan air limbah. Proses ini bertujuan untuk memisahkan potongan-potongan kayu, plastik dan sebagainya. *Screen* biasanya terdiri dari batang paralel, kawat atau *grating*, *perforated plate* dan umumnya memiliki bukaan yang berbentuk bulat atau persegi empat. Secara umum peralatan *screen* terbagi menjadi dua tipe yaitu *Screen Kasar (Coarse Screen)* dan *Screen Halus (Fine Screen)*. Dan ada dua cara pembersihannya yaitu secara manual dan mekanis.

Prinsip yang digunakan bahan padat kasar dihilangkan dengan sederet bahan baja yang diletakkan dan dipasang melintang arah aliran. Kecepatan arah aliran harus lebih dari 0,3 m/dt sehingga bahan padatan yang tertahan di depan saringan tidak terjepit. Jarak antar batang biasanya 20 – 40 mm dan bentuk penampang batang tersebut empat persegi panjang berukuran 10 x 50 mm. Untuk *bar screen* yang dibersihkan secara manual, biasanya saringan dimiringkan dengan kemiringan 70 – 90° terhadap horizontal.

Fungsi dari *screen* yaitu untuk :

1. Mencegah timbulnya kerusakan dan penyumbatan dalam saluran pembawa.
2. Menyaring benda padat dan kasar yang ikut terbawa atau hanyut dalam air buangan supaya benda-benda tersebut tidak mengganggu proses pengolahan air buangan.
3. Melindungi peralatan seperti pompa, *valve* dan peralatan lainnya.



Gambar 2. 1 Screen

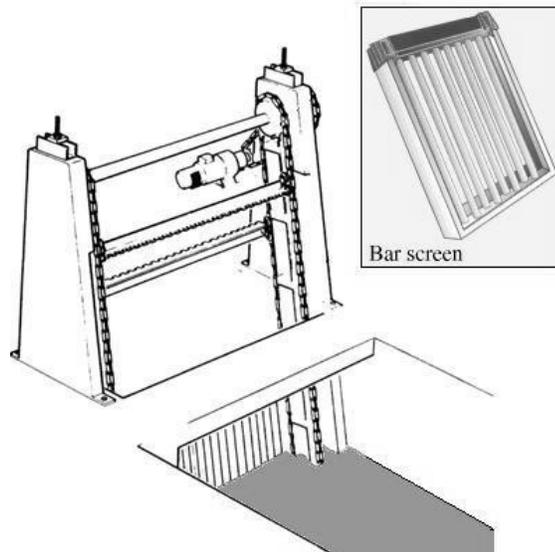
Jenis-jenis *screen* sangat banyak tergantung dari aplikasi di lapangan namun secara mekanika jenis *screen* dibagi 3 yaitu :

a. Screen Kasar (Coarse Screen)

Screen ini berbentuk seperti batangan paralel yang biasa dikenal dengan *bar screen*. Berfungsi untuk menyaring padatan kasar yang berukuran dari 6 – 150 mm contohnya seperti ranting kayu, kain dan sampah-sampah lainnya. *Bar screen* terbagi lagi menjadi dua, yaitu secara manual maupun mekanik.



Gambar 2. 2 Bar Screen Manual



Gambar 2. 3 Bar Screen Mekanik

Tabel 2. 4 Kriteria Coarse Screen

Bagian-bagian	Manual	Mekanikal
Ukuran kisi		
- Lebar	5 – 15 mm	5 – 15 mm
- Dalam	25 – 38 mm	25 – 38 mm
Jarak antar kisi	25 – 50 mm	15 – 75 mm
Sloop	30 – 40°	0 – 30°
Kecepatan melalui <i>bar</i>	0,3 – 0,6 m/dt	0,6 – 1,0 m/dt
<i>Head loss</i>	150 mm	150 – 600 mm

(Sumber : Metcalf and Eddy, 2003, “*Wastewater Engineering : Treatment and Reuse*”, *fourth edition*, Hal. 316, McGraw Hill Companies, New York)

b. Screen Halus (*Fine Screen*)

Sementara untuk *screen* halus berfungsi untuk menyaring partikel-partikel yang berukuran kurang dari 6 mm. *Screen* ini dapat digunakan untuk pengolahan pendahuluan (*preliminary treatment*) maupun pengolahan pertama atau utama (*primary treatment*). *Screen* halus (*fine screen*) yang digunakan untuk pengolahan pendahuluan (*preliminary treatment*) adalah seperti, ayakan kawat

(*static wedgewire*), drum putar (*rotary drum*) atau seperti anak tangga (*step type*). *Screen* halus (*fine screen*) yang dapat digunakan untuk menggantikan pengolahan utama seperti pada pengolahan pengendapan pertama (*primary sedimentation*) pada instalasi kecil pengolahan air limbah dengan desain kapasitas mulai dari 0,13 m³/dt.

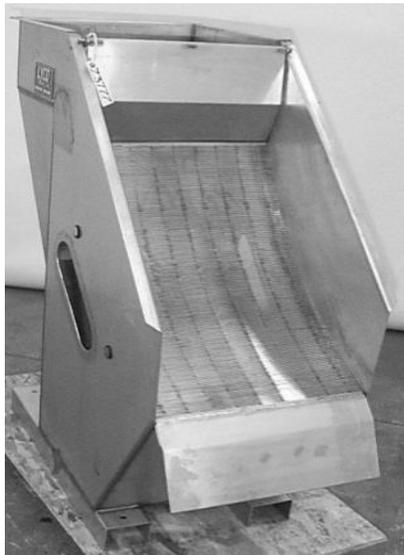
Cara pembersihannya ada dua cara yaitu secara manual (dengan menggunakan garpu tangan) atau dengan menggunakan pembersih mekanis yang dilengkapi dengan motor elektrik. Perbedaan *screen* kasar dan *screen* halus adalah pada jauh dekatnya jarak antar *bar screen*. Prinsip yang digunakan adalah bahan padat kasar dihilangkan dengan sederet bahan baja yang diletakkan dan dipasang melintang pada arah aliran. Kecepatan arah aliran harus lebih dari 0,3 m/dt sehingga bahan padatan yang tertahan di depan saringan tidak terjepit. *Screen* tipe ini dapat meremoval BOD dan TSS. Untuk *fixed parabolic* persen removal BOD 5 – 20%, TSS 5 – 30%, sedangkan untuk *rotary drum* persen removal BOD 25 – 50%, TSS 25 – 45% (Metcalf and Eddy, 2003, “*Wastewater Engineering : Treatment and Reuse*”, *fourth edition*, Hal. 323, McGraw Hill Companies, New York).



Gambar 2. 4 Inclined Screen



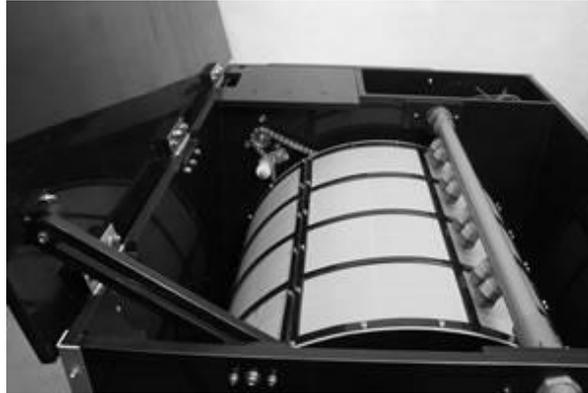
Gambar 2. 5 Rotary Drum Screen



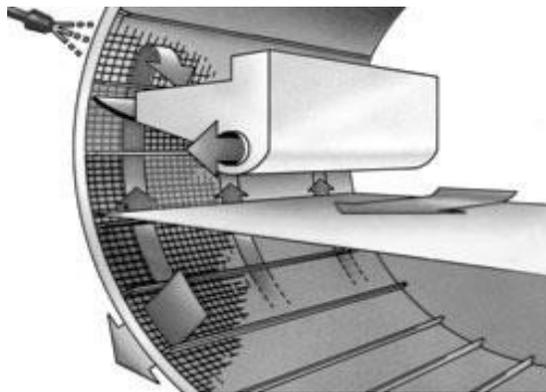
Gambar 2. 6 Fix Parabolic Screen

c. *Micro Screen*

Micro screen berfungsi untuk menyaring padatan halus, zat atau material yang mengapung, alga, yang berukuran kurang dari $0,5 \mu\text{m}$.



Gambar 2. 7 Micro Screen



Gambar 2. 8 Cara Kerja Micro Screen

Rumus Yang Digunakan

1. *Head loss* pada *bar screen*

$$h = \beta \cdot (w/b)^{4/3} \cdot h_v \cdot \sin \theta \dots\dots\dots(2.7)$$

dimana :

h_f = *Head loss* (m)

β = Faktor bentuk kisi

w = Lebar muka kisi (m)

b = Jarak antar kisi (m)

h_v = Tekanan kecepatan air yang melalui kisi (m)

θ = Sudut terhadap horizontal (°)

(Syed R. Qasim, 1985, “*Wastewater Treatment Plants, Planning, Design and Operation*”, Hal. 160-161, CBS College Publishing)

Tabel 2. 5 Faktor Bentuk Screen

Jenis Bar	B	Bentuk
Segi empat sisi runcing	2,42	
Segi empat sisi bulat runcing	1,83	
Segi empat sisi bulat	1,67	
Bulat	1,79	

(Sumber : Metcalf and Eddy, 1979, “Wastewater Engineering : Treatment Disposal and Reuse”, Hal. 186, McGraw Hill Companies, New York)

2. Jumlah batang

$$ws = (n+1) \cdot b + n \cdot t \dots\dots\dots(2.8)$$

dimana :

- ws = Lebar saluran (m)
- n = Jumlah batang
- b = Jarak antar kisi (m)
- t = Tebal kisi / bar (m)

3. Lebar bukaan screen

$$wc = ws - n \cdot t \dots\dots\dots(2.9)$$

4. Kecepatan melalui kisi

$$V_i = \frac{Q}{wc \cdot h} \dots\dots\dots(2.10)$$

5. Tekanan kecepatan melalu screen

$$h_v = \frac{V_i^2}{2g} \dots\dots\dots(2.11)$$

(Ven Te Chow, “Open Channel Hydraulics”, McGraw Hill Companies, Hal.100)

Tabel 2. 6 Jenis-jenis Screen

Jenis Screen	Permukaan Screen		Bahan Screen	Penggunaan	
	Klasifikasi	Range Ukuran			
		Ukuran			In
Miring (Diam)	Sedang	0,01 – 0,1	0,25 – 2,5	Ayakan kawat yang terbuat dari <i>stainless-steel</i> Pengolahan Primer	
Drum (berputar)	Kasar	0,1 – 0,2	2,5 – 5	Ayakan kawat yang terbuat dari <i>stainless-steel</i> Pengolahan Pendahuluan	
	Sedang	0,01 – 0,1	0,25 - 2,5	Ayakan kawat yang terbuat dari <i>stainless-steel</i> Pengolahan Primer	
	Halus		6 – 35 μ m	<i>Stainlees-steel</i> dan kain <i>polyester</i> Meremoval residual dari <i>suspended solid</i> sekunder	
<i>Horizontal reciprocating</i>	Sedang	0,06 – 0,17	1,6 – 4	Batangan <i>stainless-steel</i> Gabungan dengan saluran air hujan	
<i>Tangential</i>	Halus	0,0475	1200 μ m	Jala-jala yang terbuat dari <i>stainless-steel</i> Gabungan dengan saluran pembawa	

(Sumber : Metcalf and Eddy, 1979, “*Wastewater Engineering : Treatment Disposal and Reuse*”, Hal. 201, McGraw Hill Companies, New York)

3. Bak Pengumpul dan Pemompaan

Bak pengumpul merupakan unit penyeimbang, sehingga debit dan kualitas limbah yang masuk ke instalasi dalam keadaan konstan. Fungsi pompa sebagai pemindah fluida (limbah) akan meningkatkan kecepatan dan tekanan fluida. Pemompaan digunakan untuk mengalirkan limbah ke unit pengolahan selanjutnya.

Tabel 2. 7 Klasifikasi Pompa

Klasifikasi Utama	Tipe Pompa	Kegunaan Pompa
Kinetik	<i>Centrifugal</i>	<ul style="list-style-type: none">- Air limbah sebelum diolah- Penggunaan lumpur kedua- Pembuangan effluen
	<i>Peripheral</i>	<ul style="list-style-type: none">- Limbah logam, pasir lumpur, air limbah kasar
	Rotor	<ul style="list-style-type: none">- Minyak, pembuangan gas permasalahan zat-zat kimia pengaliran lambat untuk air dan air buangan
<i>Positive Displacement</i>	SCREW	<ul style="list-style-type: none">- Pasir, pengolahan lumpur pertama dan kedua- Air limbah pertama- Lumpur kasar

Klasifikasi Utama	Tipe Pompa	Kegunaan Pompa
	Diafragma penghisap	- Permasalahan zat kimia - Limbah logam - Pengolahan lumpur pertama dan kedua (permasalahan kimia)
	<i>Air Lift</i>	- Pasir, sirkulasi dan pembuangan lumpur kedua
	<i>Pneumatic Ejector</i>	- Instalasi pengolahan air limbah skala kecil

Rumus Yang Digunakan

a. Pipa Inlet

1. Luas

$$A = Q/v \dots\dots\dots(2.12)$$

2. Diameter

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} \dots\dots\dots(2.13)$$

3. Head loss pipa inlet

$$H_f = \frac{(L \times Q)^{1,85}}{(0,2785 \times C \times d^{2,63})^{1,85}} \dots\dots\dots(2.14)$$

4. Cek kecepatan

$$v = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(2.15)$$

= 0,3 – 2,5 m/dt, OK!

b. Bak Pengumpul

1. Volume bak

$$V = Q \times t_d \dots\dots\dots(2.16)$$

Luas bak pengumpul dengan kedalaman = H

$$A = \frac{Volume}{H} \dots\dots\dots(2.17)$$

2. Dimensi bak pengumpul

$$A = L \times B \dots\dots\dots(2.18)$$

3. Cek waktu detensi

$$V = A \times H \dots\dots\dots(2.19)$$

$$t_d = \frac{Volume}{Q} \dots\dots\dots(2.20)$$

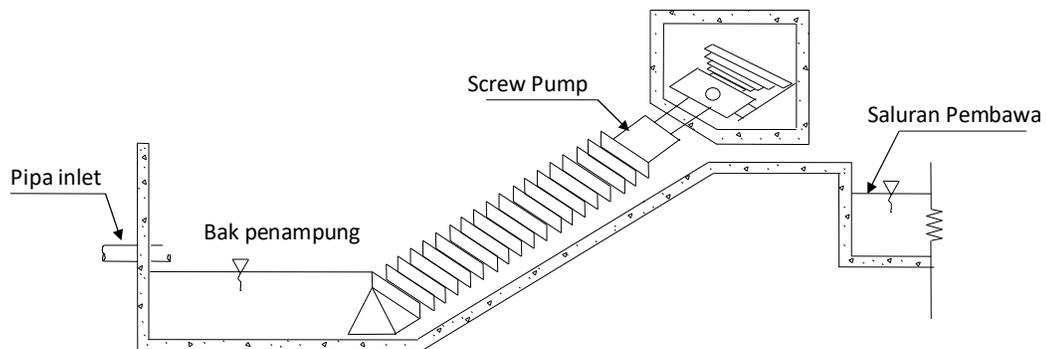
Kriteria Perencanaan

a. Pipa Inlet

- Kecepatan aliran = 0,3 – 2,5 m/dt
- Koefisien kecepatan (C) PVC keras = 13 (Morimura, Hal. 51)

b. Bak Pengumpul

- Kecepatan aliran = 1 – 1,5 m/dt (Metcalf and Eddy, 1979, “*Wastewater Engineering : Treatment Disposal and Reuse*”, Hal. 323, McGraw Hill Companies, New York)



Gambar 2. 9 Bak Pengumpul dengan Screw Pump

2.2.2 Pengolahan Pertama (*Primary Treatment*)

Pada pengolahan ini terjadi proses fisika dan kimia. Persen removal BOD 30 – 40%, TSS 50 – 65% (Syed R. Qasim, 1985, “*Wastewater Treatment Plants, Planning, Design and Operation*”, Hal. 159, CBS College Publishing). Pada tahap ini terjadi proses-proses dengan unit pengolahan meliputi :

2.2.2.1 Proses Fisika

1. *Cooling Tower*

Cooling tower didefinisikan sebagai alat penukar kalor yang berfungsi mendinginkan air limbah melalui kontak langsung dengan udara yang mengakibatkan sebagian kecil air menguap. *Cooling tower* yang bekerja pada sistem pendinginan udara biasanya menggunakan pompa sentrifugal untuk menggerakkan air melintasi menara. Performa *cooling tower* biasanya dinyatakan dalam *range* dan *approach* seperti yang terlihat pada gambar berikut.



Gambar 2. 10 *Range dan Approach Temperatur pada Cooling Tower*

(Sumber : Jurnal eprint UNDIP “*Cooling tower*” hal 7)

Range adalah perbedaan suhu antara tingkat suhu air masuk *cooling tower* dengan tingkat suhu air yang keluar *cooling tower*. Atau selisih antara suhu air panas dan suhu air dingin, sedangkan *approach* adalah perbedaan antara temperatur air keluar *cooling tower* dengan temperatur bola basah udara yang masuk atau selisih antara suhu air dingin dan temperatur bola basah (*wet bulb*) dari udara atmosfer.

Temperatur udara umumnya diukur dengan menggunakan termometer biasa yang sering dikenal sebagai temperatur bola kering (*dry bulb temperature*), sedangkan temperatur bola basah (*wet bulb temperature*) adalah temperatur yang bolanya diberi kassa basah, sehingga jika air menguap dari kassa dan bacaan suhu pada termometer menjadi lebih rendah daripada temperatur bola kering.

Penguapan akan berlangsung lambat pada kelembaban tinggi dan temperatur bola basah (T_{wb}) identik dengan temperatur bola kering (T_{db}). Namun, pada kelembaban rendah sebagian air akan menguap, jadi temperatur bola basah akan semakin jauh perbedaannya dengan temperatur bola kering.

Semua peralatan pendingin yang bekerja akan melepaskan kalor melalui kondensor, refrijeran akan melepas kalornya kepada air pendingin sehingga air menjadi panas. Air panas ini akan dipompakan ke *cooling tower*. *Cooling tower* secara garis besar berfungsi untuk menyerap kalor dari air tersebut dan menyediakan sejumlah air yang relatif sejuk (dingin) untuk dipergunakan kembali di suatu instalasi pendingin, atau dengan kata lain *cooling tower* berfungsi untuk menurunkan suhu aliran air dengan cara mengekstraksi panas dari air dan mengemisikannya ke atmosfer. *Cooling tower* mampu menurunkan suhu air lebih rendah dibandingkan dengan peralatan-peralatan yang hanya menggunakan udara untuk membuang panas, seperti radiator dalam mobil, dan oleh karena itu biayanya lebih efektif dan energinya efisien.

Cooling tower yang digunakan dalam tugas perencanaan pengolahan limbah *crude oil* merupakan *cooling tower compatible* seri tipe PIND dari perusahaan YWTC dengan kriteria desain sebagai berikut :

Tabel 2. 8 Kriteria Desain Cooling Tower

Basic P model							
Model	Dimension			Cooling Capacity [Kcal\hr]*	Hydraulic Flow [m ² /hr]	Water Capacity	Motor [HP]
	L	W	H		Maximum	Minimum	
PIND-025-1-W	120	120	250	90,000	25	10	2
PIND-035-1-W	120	120	370	120,000	25	10	3
PIND-050-1-W	190	150	300	220,000	60	20	4
PIND-075-1-W	180	180	410	270,000	75	25	5.5
PIND-100-1-W	310	150	300	400,000	90	30	7.5
PIND-110-1-W	220	220	480	440,000	100	35	7.5
PIND-120-1-W	150	380	300	480,000	110	45	7.5

(Sumber : YWCT “Custom Cooling Tower” hal 9)

Spesifikasi *Cooling Tower* yang digunakan ditentukan dengan cara menyesuaikan debit limbah hasil proses produksi dengan debit yang ada pada kolom *hydraulic water flow capacity*. Setelah menentukan debit baru lah kita mendapatkan dimensi dan kebutuhan daya motor *Cooling tower* tersebut.



*Gambar 2. 11 Cooling Tower P Series Model PIND-025-1-W
(Sumber : YWCT "Custom Cooling Tower" hal 8)*

2.2.2.2 Proses Kimia

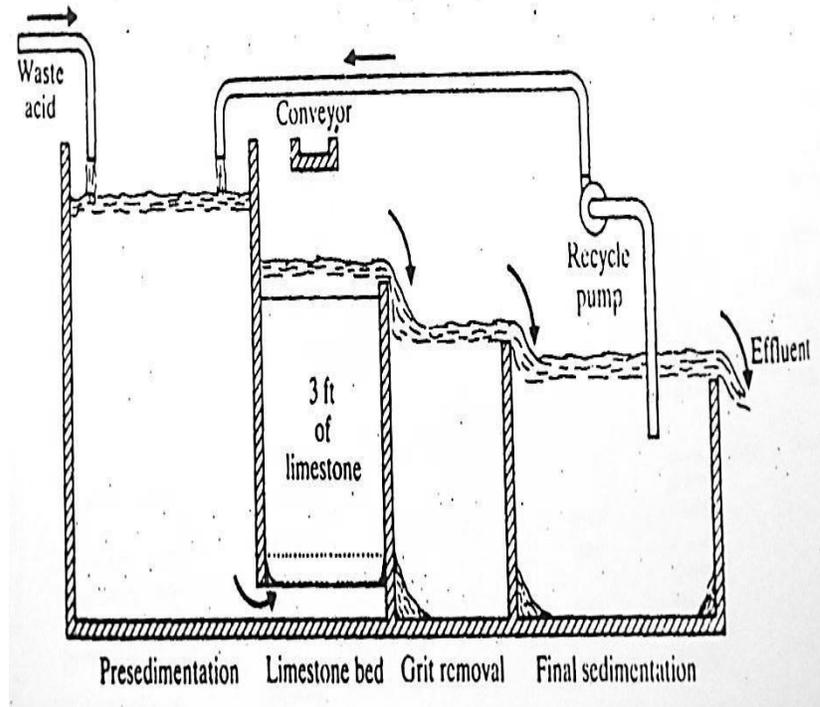
1. Netralisasi

Air buangan industri dapat bersifat asam atau basa (alkali), maka sebelum diteruskan ke badan air atau unit pengolahan selanjutnya (pengolahan biologis) maka limbah membutuhkan proses netralisasi terlebih dahulu. Untuk proses biologi pH yang diharuskan antara 6,5 – 8,5 agar aktivitas biologi menjadi optimum. Sebenarnya pada proses biologis tersebut kemungkinan akan terjadi netralisasi sendiri karena adanya produk CO_2 yang terjadi akibat pembakaran dengan zat asam oleh kandungan *buffer*.

- Larutan dikatakan asam bila : $\text{H}^+ > \text{H}^-$ dan $\text{pH} < 7$
- Larutan dikatakan netral bila : $\text{H}^+ = \text{H}^-$ dan $\text{pH} = 7$
- Larutan dikatakan basa bila : $\text{H}^+ < \text{H}^-$ dan $\text{pH} > 7$

Ada beberapa cara menetralkan kelebihan asam dan basa dalam limbah cair seperti :

- Pencampuran limbah.
- Melewatkan limbah asam melalui tumpukkan batu kapur.
- Pencampuran limbah asam dengan *slurry* kapur.
- Penambahan sejumlah NaOH , Na_2CO_3 atau NH_4OH ke limbah asam.
- Penambahan asam kuat H_2SO_4 , HCl ke dalam limbah basa.
- Penambahan CO_2 bertekanan ke dalam limbah basa.
- Pembangkitan CO_2 ke dalam limbah basa.

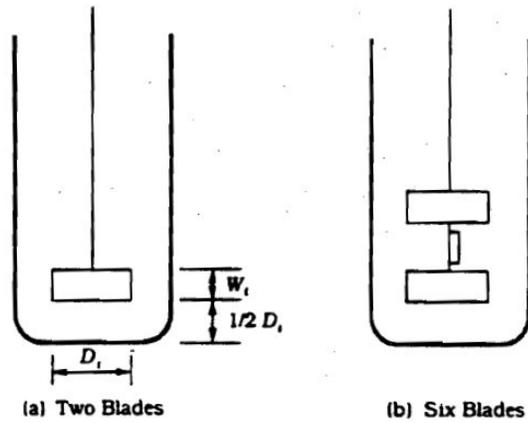


Gambar 2. 12 Sistem Aliran pada Bangunan Netralisasi

Proses pencampuran dilakukan dengan cara mekanisme *mixing* yaitu dengan membuat aliran turbulen dengan tenaga penggerak motor dimana bak pengaduk dilengkapi dengan peralatan mekanis seperti :

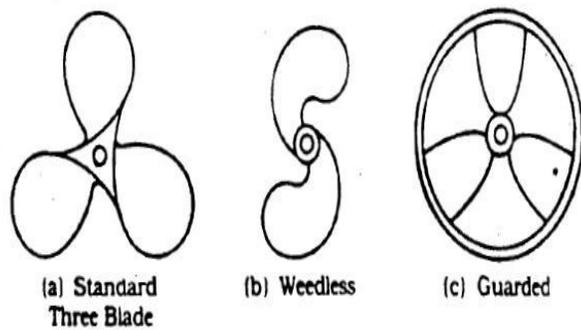
- a. *Paddle* dengan putaran 20 – 150 rpm.
- b. *Turbine* dengan putaran 10 – 150 rpm.
- c. *Propeller* dengan putaran 400 – 1750 rpm.

(Reynold, 1996, “*Unit Operations and Processes In Environmental Engineering*”, Hal. 182-185)



Gambar 2. 13 Tipe Paddle Impeller

(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition*, hal 188. Boston: PWS Publishing Company)



Gambar 2. 14 Tipe Propeller Impeller

(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition*, hal 188. Boston: PWS Publishing Company)

Tabel 2. 9 Kontrol pH

I Chemicals used most commonly for the control of pH (neutralization)^a

Chemical	Formula	Molecular weight	Equivalent weight	Availability	
				Form	Percent
Chemicals used to raise pH					
Calcium carbonate	CaCO ₃	100.0	50.0	Powder granules	96 to 99
Calcium hydroxide (lime)	Ca(OH) ₂	74.1	37.1	Powder granules	82 to 95
Calcium oxide	CaO	56.1	28.0	Lump, pebble, ground	90 to 98
Dolomitic hydrated lime	[Ca(OH) ₂] _{0.6} [Mg(OH) ₂] _{0.4}	67.8	33.8	Powder	58 to 65
Dolomitic quicklime	[CaO] _{0.6} [MgO] _{0.4}	49.8	24.8	Lump, pebble ground	55-58 CaO
Magnesium hydroxide	Mg(OH) ₂	58.3	29.2	Powder	
Magnesium oxide	MgO	40.3	20.2	Powder, granules	99
Sodium bicarbonate	NaHCO ₃	84.0	84.0	Powder, granules	99
Sodium carbonate (soda ash)	Na ₂ CO ₃	106.0	53.0	Powder	99.2
Sodium hydroxide (caustic soda)	NaOH	40.0	40.0	Solid flake, ground flake, liquid	98

(Sumber : Metcalf and Eddy, 2003, “Wastewater Engineering : Treatment and Reuse”, fourth edition, Hal. 527, McGraw Hill Companies, New York)

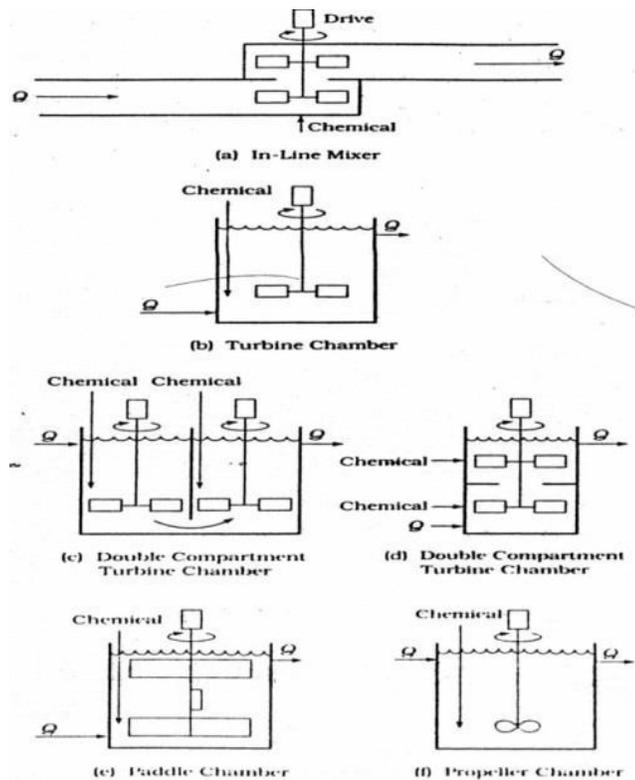
Kriteria Perencanaan

- a. Waktu detensi (td) = > 20 dt
- b. Nilai pH netral = 6,0 – 9,0

(Reynold, 1996, “Unit Operations and Proseses In Environmental Engineering”, Hal. 184)

2. Koagulasi – Flokulasi

Koagulasi dan flokulasi adalah proses pembentukan flok dengan penambahan pereaksi kimia ke dalam air baku atau air limbah supaya menyatu dengan partikel tersuspensi sehingga terbentuk flok yang nantinya akan mengendap. Koagulasi adalah proses pengadukan cepat dengan penambahan koagulan, hasil yang didapat dari proses ini adalah destabilisasi koloid dan *suspended solid*, proses ini adalah awal pembentukan partikel yang stabil. Flokulasi adalah pengadukan lambat untuk membuat kumpulan partikel yang sudah stabil hasil koagulasi berkumpul dan mengendap.



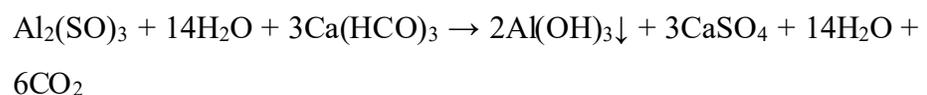
Gambar 2. 15 Bak Koagulasi

Jenis-jenis koagulan yang sering digunakan adalah :

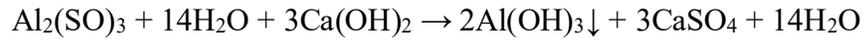
1. Koagulan Alumunium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)

Alumunium sulfat dapat digunakan sebagai koagulan dalam pengolahan air buangan. Koagulan ini membutuhkan kehadiran alkalinitas dalam air untuk membentuk flok. Dalam reaksi koagulasi, flok alum dituliskan sebagai $\text{Al}(\text{OH})_3$. Mekanisme koagulasi ditentukan oleh pH, konsentrasi koagulan dan konsentrasi koloid. Koagulan dapat menurunkan pH dan alkalinitas karbonat. Rentang pH agar koagulasi dapat berjalan dengan baik antara 6 – 8.

Persamaan reaksi sederhana terbentuknya flok :

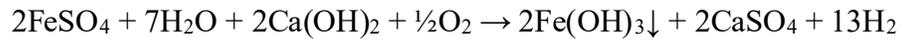


Jika koagulan bereaksi dengan Kalsium Hidroksida, persamaan reaksinya adalah :



2. Koagulan Ferro Sulfat

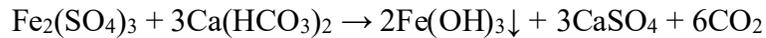
Persamaan reaksinya adalah :



3. Koagulan Ferri Sulfat

Perbedaannya dengan Ferro Sulfat adalah nilai ekivalensinya. Jika Ferro adalah Fe^{2+} sedangkan Ferri adalah Fe^{3+} .

Persamaan reaksinya adalah :

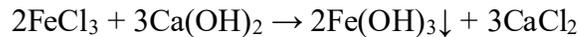


4. Koagulan Ferri Clorida

Persamaan reaksi dari Ferri Clorida dengan Bikarbonat yang bersifat alkali dari Ferri Hidroksida :



atau



(Reynold, 1996, "Unit Operations and Proseses In Environmental Engineering", Hal. 174)

5. Kapur

Pengolahan limbah juga seringkali menggunakan batu kapur $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sebagai bahan koagulan.

Jenis-jenis flokulasi yang sering digunakan adalah :

1. *Gravel Bed Flocculator*

2. *Hidrolic Bed Jet Flocculator*

3. Flokulasi Pneumatis

Flokulasi pneumatis adalah dengan injeksi udara dari *compressor* dengan tekanan ke dalam air.

2.2.3 Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)

Pengolahan sekunder akan memisahkan koloidal dan komponen organik terlarut dengan proses biologis. Proses pengolahan biologis ini dilakukan secara aerobik maupun anaerobik dengan persen removal BOD 60 – 90%, TSS 40 – 90% (Syed R. Qasim, 1985, “*Wastewater Treatment Plants, Planning, Design and Operation*”, Hal. 52, CBS College Publishing).

1. Bak pengendap

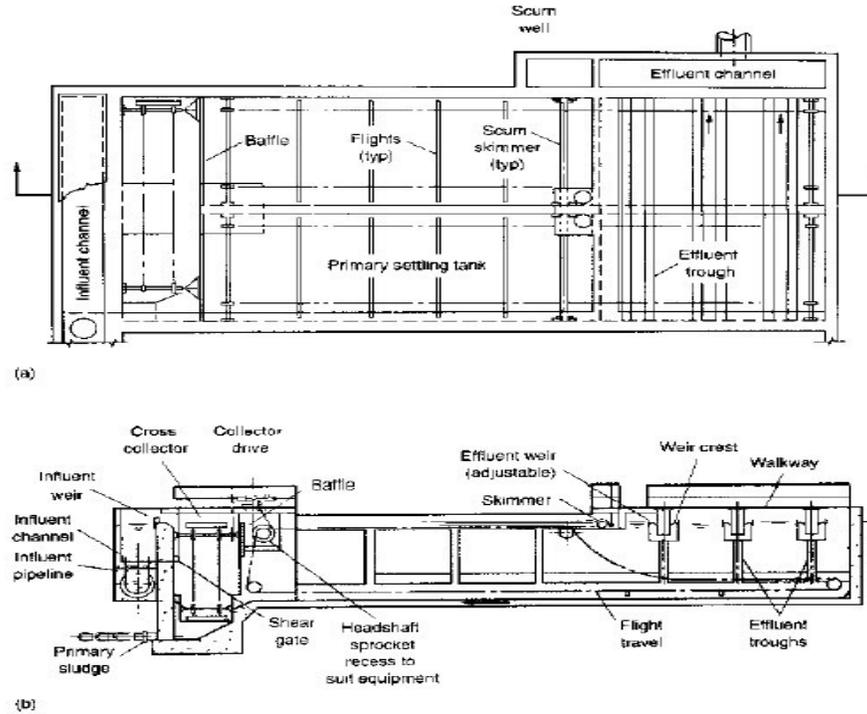
Bak pengendap adalah bak yang digunakan untuk proses pengendapan partikel flokulen dalam suspensi, dengan pengendapan yang terjadi akibat interaksi antar partikel. Selama operasi pengendapan, ukuran partikel flokulen bertambah besar, sehingga kecepatannya juga meningkat. Sebagai contoh ialah pengendapan koagulasi-flokulasi (*Ali Masduqi dan Abdu F. Assomadi, 2012*).

Bak pengendap pertama pada umumnya mampu menyisihkan 50-70% dari suspended solid tanpaantuan bahan kimia, 80-90% penyisihan TSS dengan bantuan bahan kimia dan 25- 40% BOD. Adapun efisiensi kemampuan penyisihan TSS dan BOD pada bak sedimentasi I dipengaruhi oleh:

1. Aliran angin.
2. Suhu udara permukaan.
3. Dingin atau hangatnya air yang menyebabkan perubahan kekentalan air.
4. Suhu terstratifikasi dari iklim.
5. Bilangan eddy

Desain bak pengendap 1 ada beberapa jenis yaitu:

1. Rectangular



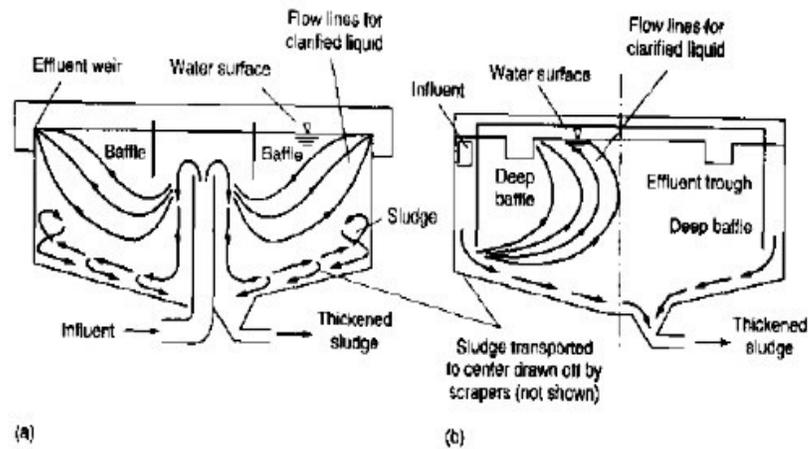
Gambar 2. 16 Bak Pengendap I (a) Denah, (b) Potongan

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

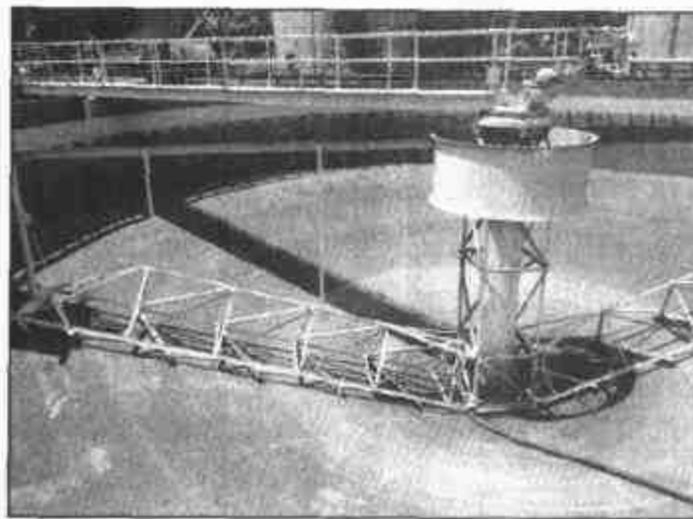
Karena distribusi aliran pada bak persegi ini sangat kritis, salah satu inlet didesain untuk (Metcalf & Eddy, 2003):

- Lebar saluran inlet dengan inlet limpahan,
- Saluran inlet dengan port dan orifice,
- Saluran inlet dengan lebar bukaan dan *slotted baffles*

2. Circular



Gambar 2. 17 potongan bak pengendap 1



Gambar 2. 18 denah bak pengendap 1

Pada tangki *circular* pola aliran adalah berbentuk aliran radial. Pada tengah-tengah tangki, air limbah masuk dari sebuah sumur sirkular yang didesain untuk mendistribusikan aliran ke semua bangunan ini. Diameter dari tengah-tengah sumur biasanya antara 15-20% dari diameter total tangki dan range dari 1-2,5 meter dan harus mempunyai energi tangensial. (Metcalf & Eddy, 2003).

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

Tabel 2. 10 desain tangki sedimentasi

Item	U.S customary units			S.I units		
	Unit	Rentang	Typical	Unit	Rentang	Typical
<i>Primary sedimentation tanks followed by secondary treatment</i>						
Waktu tinggal	Jam	1,2-1,2	2	Jam	1,5-1,2	2
Kecepatan alir						
Rata-rata	Gal/ft ² s	800-1200	1000	m ³ /m ² s	30-50	40
Puncak	Gal/ft ² s	2000-3000	2500	m ³ /m ² s	80-120	100
Item	U.S customary units			S.I units		
	Unit	Rentang	Typical	Unit	Rentang	Typical
<i>Weir loading</i>	Gal/ft ² s	10000-40000	20000	m ³ /m ² s	125-500	250
<i>Primary settling with waste activated sludge return</i>						
Waktu tinggal	Jam	1,5-2,5	2	Jam	1,5-2,5	2
Kecepatan alir						
Rata-rata	Gal/ft ² s	600-800	1000	m ³ /m ² s	24-32	28
Puncak	Gal/ft ² s	1200-1700	1500	m ³ /m ² s	48-70	60
<i>Weir loading</i>	Gal/ft ² s	10000-40000	20000	m ³ /m ² s	125-500	250

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

Tabel 2. 11 data perancangan bak pengendap I bentuk persegi panjang dan lingkaran

Item	U.s customary units			S.i unit		
	Units	Rentang	Typical	Units	Rentang	Typical
Persegi panjang						
Kedalaman	Feet	10-16	14	M	3,0-4,9	4,3
Panjang	Feet	50-300	80-130	M	15-90	24-40
Lebar	Feet	10-80	16-32	M	3-24	4,9-9,8
Flight speed	Ft/min	2,0-4,0	3	M/min	0,6-1,2	0,9
Lingkaran						
Kedalaman	Feet	0-16	14	M	3-4,9	4,3
Diameter	Feet	10-200	40-150	M	3,0-60	12,0-45
Kemiringan dasar	Ln/ft	0,75-2	1	Mm/mm	1/16-1/6	1/12
Flight speed	R/min	0,02-0,05	0,03	R/min	0,02-0,05	0,03

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

2.2.2.3 Proses Biologi

1. UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*)

Pada prinsipnya reaktor UASB terdiri dari lumpur padat yang berbentuk butiran. Lumpur atau *sludge* tersebut ditempatkan dalam suatu reaktor yang didesain dengan aliran ke atas. Air limbah mengalir melalui dasar bak secara merata dan mengalir secara vertikal, sedangkan butiran *sludge* akan tetap berada atau tertahan dalam reaktor.

Karakteristik pengendapan butiran *sludge* dan karakteristik air limbah akan menentukan kecepatan *upflow* yang harus dipelihara dalam reaktor. Biasanya kecepatan aliran ke atas berada pada rentang 0,5 – 0,3 m/jam. Untuk mencapai formasi *sludge blanket* yang memuaskan, pada saat

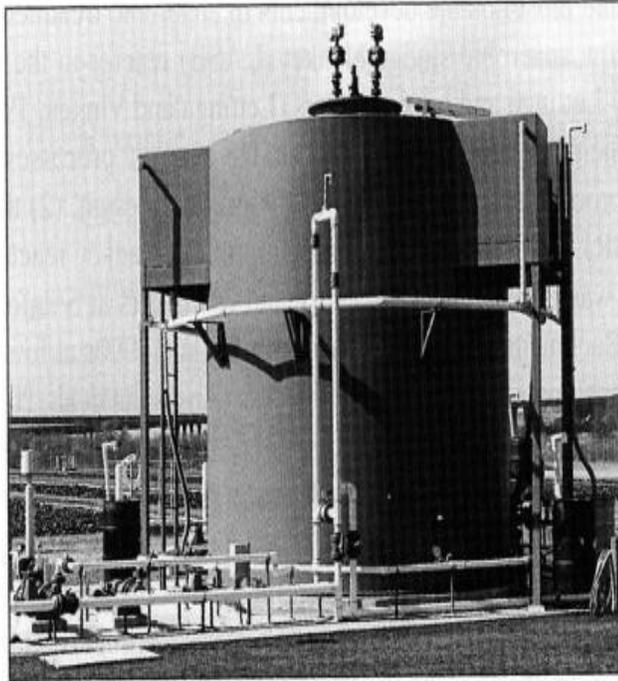
kondisi hidrolis puncak (debit puncak) kecepatan dapat mencapai antara 2 – 6 m/jam.

Gas yang terperangkap dalam butiran *sludge* sering mendorong *sludge* tersebut ke bagian atas reaktor, yang disebabkan oleh berkurangnya densitas butiran. Untuk itu diperlukan pemisahan butiran *sludge* diluar reaktor dan kemudian dikembalikan lagi ke dalam reaktor. Hal ini dapat dilakukan dengan membuat gas-solid-liquid separator yang ditempatkan di bagian atas reaktor. Gas yang terbentuk dapat ditampung dalam separator tersebut dan *sludge* dikembalikan lagi ke reaktor.

Masalah yang dihadapi pada UASB terutama adalah *sludge* yang bergerak naik yang disebabkan oleh turunnya densitas *sludge*. Disamping itu juga turunnya aktivitas spesifik butiran. Beragamnya densitas *sludge* memberikan ketidakseragaman *sludge blanket* sehingga sebagai akibatnya *sludge* akan ikut keluar reaktor. Tingginya konsentrasi *suspended solid* dan *fatty mineral* dalam air limbah juga merupakan masalah operasi yang serius. *Suspended solid* dapat menyebabkan penyumbatan (*clogging*) atau *channeling*. Adsorpsi *suspended solid* pada *sludge* juga akan mempengaruhi proses air limbah yang mengandung protein atau lemak menyebabkan pembentukan busa. Persen removal BOD 75 – 85% (Syed R. Qasim, 1985, “*Wastewater Treatment Plants, Planning, Design and Operation*”, Hal. 208, CBS College Publishing).

Keuntungan :

- Kebutuhan energi rendah.
- Kebutuhan lahan sedikit.
- Biogas berguna.
- Kebutuhan nutrien sedikit.
- *Sludge* mudah diolah atau dikeringkan.
- Tidak mengeluarkan bau dan kebisingan.
- Mempunyai kemampuan terhadap fluktuasi dan intermitten *load*.



Gambar 2. 19 Upflow Anaerobic Sludge Blanket

(Metcalf and Eddy, 2003, "*Wastewater Engineering : Treatment and Reuse*", fourth edition, Hal. 1006, McGraw Hill Companies, New York)

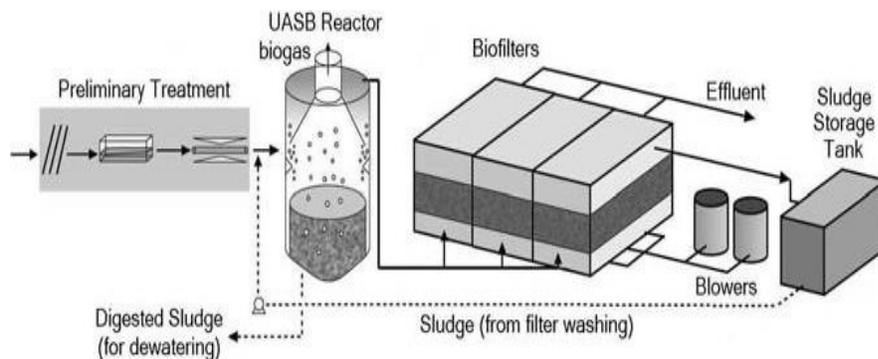
2. Biofilter Aerob

Pengolahan ini menggunakan reaktor biofilter aerob yang berfungsi sebagai pengolahan aerobik setelah proses pengolahan limbah secara anaerob pada UASB. Dan digunakan untuk menguraikan bahan organik menjadi karbon dioksida dan air. Serta menguraikan amoniak menjadi nitrit selanjutnya nitrat dengan proses oksidasi.

Air dilimpaskan menuju ke biofilter dari bak pengendap. Tujuan dari dilewatkannya dahulu air ke bak pengendap adalah untuk mengendapkan partikel lumpur, pasir dan kotoran organik yang tersuspensi. Bak pengendap juga berfungsi untuk mengatur aliran. Di dalam reaktor biofilter diisi dengan media plastik tipe sarang tawon serta pemberian aerasi dengan

menghembuskan udara melalui diffuser untuk membantu mikroorganisme mengurai zat organik. Mikroorganisme akan tumbuh dan menempel pada media. Mikroorganisme yang tumbuh dapat secara tersuspensi maupun melekat sehingga dapat meningkatkan efisiensi penguraian bahan organik, deterjen serta proses nitrifikasi dan penyisihan amoniak menjadi lebih besar. Proses ini merupakan *contact aeration*. Cara aerasi yang sering digunakan untuk suplai udara adalah aerasi samping, aerasi tengah (pusat), aerasi merata seluruh permukaan, aerasi eksternal dan aerasi *air lift pump* dan aerasi mekanik.

Media yang diisi pada ruang bed media memiliki kriteria tersendiri. Beberapa kriteria tersebut antara lain adalah mempunyai luas permukaan spesifik besar, tahan terhadap penyumbatan, dibuat dari bahan inert, harga per unit luas permukaannya murah, ringan, fleksibel, pemeliharaan mudah dan kebutuhan energi kecil. Tujuan dari pemilihan media ini adalah untuk memperoleh luas permukaan yang luas dan murah, biaya konstruksi reaktor rendah dan tidak adanya penyumbatan.



Gambar 2. 20 Biofilter Aerob

(Chernicharo, 2007, “*Biological Wastewater Treatment Series*”, Volume 4, Hal. 167, Iwa Publishing, London)

2.2.4 Pengolahan Tersier (Tertiary treatment)

1. *Ion Exchange*

Ion exchange merupakan suatu metode unit proses yang terdiri dari reaksi kimia antara ion dalam fase cair dengan ion dalam media padat tidak larut (resin). Kesadahan umumnya dihilangkan menggunakan resin penukar ion. Resin pelunak air komersial dapat digunakan dalam skala kecil, meskipun demikian tidak efektif digunakan untuk sekala besar. Resin adalah suatu polimer yang secara elektris memiliki muatan yang satu ionnya dapat digantikan oleh ion lainnya. Sering kali resin dipakai untuk menghilangkan molekul yang besar dari air misalnya asam humus, lignin, asam sulfonat. Untuk regenerasi dipakai garam alkali atau larutan natrium hidroksida, bisa juga dengan asam klorida jika dipakai resin dengan sifat asam. Dalam regenerasi itu dihasilkan eluen yang mengandung organik dengan konsentrasi tinggi. Untuk proses air minum sampai sekarang hanya dipakai resin dengan sifat anionik. ibedakan atas dua jenis:

1. Resin alami

Umumnya yang digunakan adalah zeolit, yaitu mineral yang terdiri dari kristal alumino silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi.

2. Resin buatan atau sintesis

Resin penukar ion sintetis merupakan suatu polimer yang terdiri dari dua bagian yaitu struktur fungsional dan matrik resin yang sukar larut. Resin penukar ion ini dibuat melalui kondensasi phenol dengan formaldehid yang kemudian diikuti dengan reaksi sulfonasi untuk memperoleh resin penukar ion asam kuat. Resin sintesis memiliki kapasitas ion exchange yang lebih besar dari resin alami baik dari segi penukaran kation maupun anion. Biasanya resin sintesis terdiri dari polimerasi material organik syrene dan DVB (*divinylbenzene*).

Dalam pengolahan air minum, media ion exchange harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

- Memiliki ion dalam media ion *exchange* itu sendiri;
- Tidak larut dalam air;
- Memiliki luas permukaan yang cukup pada struktur poro-poro sehingga mudah bagi ion untuk melewatinya;
- Memiliki kapasitas ion *exchange* dan dapat diregenerasi dengan bahan kimia yang sesuai;
- Bersifat tahan lama dan stabil secara kimia;
- Tidak beracun dan dalam penggunaannya tidak mewarnai air.
- Fungsi dari ion *exchange* adalah:
 - Demineralisi air;
 - Penyisihan amoniak;
 - Penyisihan logam berat;
 - Pengolahan radioaktif tingkat tinggi dan tingkat rendah.
- Kriteria desain kolom penukar ion:
 - Kedalaman resin 2,0-8,5 ft;
 - Laju alir larutan 1-8 gpm/ft²;
 - Ukuran diameter butiran (0,1-1) mm;
 - Tingkat kolom harus memungkinkan terjadinya ekspansi resin selama *backwash*, tinggi maksimum kolom ± 12 ft;
 - Selama *backwash*, zeolit berekspansi 25% dari kedalamannya sedangkan resin sintetis akan mengembang 75-100% dari kedalamannya semula;
 - Bila tinggi kolom yang dikehendaki besar dari 12 ft, digunakan 2 buah kolom.
 - Salah satu jenis kolom ialah pra pabrikan kolom silinder baja dengan tinggi kolom 12 ft dan diameter 3 inchi.

Sedangkan untuk resin penukar ion basa kuat diperoleh dengan mengkondensasikan phenilendiamine dengan formaldehid dan telah ditunjukkan bahwa baik resin penukar kation dan resin penukar anion hasil sintesis ini dapat digunakan untuk memisahkan atau mengambil garam-garam. Pada umumnya senyawa yang digunakan untuk kerangka dasar resin penukar ion asam kuat dan basa kuat adalah senyawa polimer stiren divinilbenzena. Ikatan kimia pada polimer ini amat kuat sehingga tidak mudah larut dalam keasaman dan sifat basa yang tinggi dan tetap stabil pada suhu diatas 150°C. Polimer ini dibuat dengan mereaksikan stiren dengan divinilbenzena, setelah terbentuk kerangka resin penukar ion maka akan digunakan untuk menempelnya gugus ion yang akan dipertukarkan.

Resin penukar kation dibuat dengan cara mereaksikan senyawa dasar tersebut dengan gugus ion yang dapat menghasilkan (melepaskan) ion positif. Gugus ion yang biasa dipakai pada resin penukar kation asam kuat adalah gugus sulfonat dan cara pembuatannya dengan sulfonasi polimer polistyren divinilbenzena (matrik resin). Gugus ion dalam penukar ion merupakan gugus yang hidrofilik (larut dalam air). Ion yang terlarut dalam air adalah ion – ion yang dipertukarkan karena gugus ini melekat pada polimer, maka ia dapat menarik seluruh molekul polimer dalam air, maka polimer resin ini diikat dengan ikatan silang (cross linked) dengan molekul polimer lainnya, akibatnya akan mengembang dalam air. Mekanisme sangat mirip dengan pertukaran ion- ion kisi kristal. Pertukaran ion dengan resin ini terjadi pada keseluruhan struktur gel dari resin dan tidak hanya terbatas pada efek permukaan. Pada resin penukar anion, pertukaran terjadi akibat absorpsi kovalen yang asam. Jika penukar anion tersebut adalah poliamin, kandungan amina resin tersebut adalah ukuran kapasitas total pertukaran. Dalam proses pertukaran ion apabila elektrolit terjadi kontak langsung dengan resin penukar ion akan terjadi pertukaran secara stokiometri yaitu sejumlah ion – ion yang

dipertukarkan dengan ion – ion yang muatannya sama akan dipertukarkan dengan ion – ion yang muatannya sama pula dengan jumlah yang sebanding.

Material penukar ion yang utama berbentuk butiran atau granular dengan struktur dari molekul yang panjang (hasil co-polimerisasi), dengan memasukkan grup fungsional dari asam sulfonat, ion karboksil. Senyawa ini akan bergabung ion pasangan seperti Na^+ , OH^- atau H^+ . Senyawa ini merupakan struktur yang porous. Senyawa ini merupakan penukar ion positif (kationik) untuk menukar ion dengan muatan elektrolit yang sama (positif) demikian sebaliknya penukar ion negatif (anionik) untuk menukar anion yang terdapat di dalam air yang diproses di dalam unit “*Ion Exchanger*”. Proses pergantian ion bisa “*reversible*” (dapat balik), artinya material penukar ion dapat diregenerasi. Sebagai contoh untuk proses regenerasi material penukar kationik bentuk Na^+ dapat diregenerasi dengan larutan NaCl pekat, bentuk H^+ diregenerasi dengan larutan HCl sedangkan material penukar anionik bentuk OH^- dapat diregenerasi dengan larutan NaOH (lihat buku panduan dari pabrik yang menjual material ini).

Regenerasi adalah suatu penginfeksian dengan kekuatan baru terhadap resin penukar ion yang telah habis saat kerjanya atau telah terbebani, telah jenuh. Regenerasi penukaran ion dapat dilakukan dengan mudah karena pertukaran ion merupakan suatu proses yang reversibel yang perlu diusahakan hanyalah agar pada regenerasi berlangsung reaksi dalam arah yang berkebalikan dari pertukaran ion.

2.2.5 Pengolahan Lumpur (*Sludge Treatment*)

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

- a. *Sludge* sebagian besar dikomposisi dari bahan-bahan yang *responsibel* untuk menimbulkan bau.
- b. Bagian *sludge* yang dihasilkan dari pengolahan biologis dikomposisi dari bahan organik.
- c. Hanya sebagian kecil dari *sludge* yang mengandung solid (0.25% - 12% *solid*).

Tujuan utama dari pengolahan lumpur adalah :

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

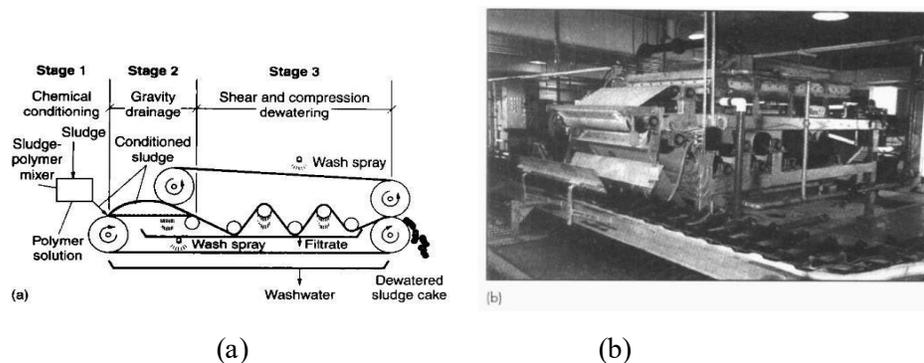
Terdapat berbagai macam jenis pengolahan lumpur yang digunakan dalam industri-industri saat ini. Banyak hal yang perlu dipertimbangkan dalam memilih pengolahan lumpur yang sesuai dengan kuantitas lumpur yang dibuang, salah satu pertimbangan yang paling penting yaitu efektifitas pengolahan lumpur dan waktu yang tidak terlalu lama dalam proses pengolahan lumpur. Berdasarkan hal tersebut, salah satu jenis pengolahan yang dapat digunakan yaitu *belt-filter press*, yang selengkapnya akan dijelaskan dibawah ini:

1. *Belt-Filter Press*

Sebagian besar dari jenis *Belt-Filter Press*, lumpur dikondisikan di bagian saluran gravitasi untuk dapat menebalkan lumpur. Pada bagian ini banyak air yang tersisihkan dari lumpur secara gravitasi. Dibeberapa unit, bagian ini diberikan dengan bantuan *vacuum*, yang menambah saluran dan membantu untuk mengurangi bau. Mengikuti saluran gravitasi,

tekanan yang digunakan dalam bagian tekanan rendah, dimana lumpur diremas diantara pori kain sabuk. Di beberapa unit, bagian tekanan rendah diikuti bagian tekanan tinggi dimana lumpur mengalami pergeseran melewati penggulung. Peremasan dan pergeseran ini menginduksi dari penambahan air dari lumpur. Akhir pengeringan cake lumpur adalah penyesihan dari sabuk dengan *Scraper blade* Sistem operasi jenis *belt-filter press* dari pompa penyedot lumpur, peralatan polimer, tangki lumpur (*flokulator*), *belt-filter press*, *conveyor cake* lumpur, dan sistem pendukung (*compressor*, pompa pencuci). Namun, ada beberapa unit yang tidak menggunakan tangki lumpur.

Banyak variabel yang mempengaruhi cara kerja dari *belt-filter press*, antara lain karakteristik lumpur, metode dan kondisi bahan kimia, tekanan, konfigurasi mesin (saluran gravitasi), porositas sabuk, kecepatan sabuk, dan lebar sabuk. *Belt-filter press* ini sensitif terhadap variasi karakteristik lumpur dan efisiensi mengurangi pengeringan lumpur. Fasilitas memadukan lumpur harus termasuk dalam desain sistem dimana karakteristik lumpur beraneka ragam. Namun, pada kenyataannya operasin yang mahal mengakibatkan beban padat yang lebih besar dan pengering cake ditingkatkan dengan meninggikan konsentrasi padatan lumpur.



Gambar 2. 21. Belt Press Dewatering: (a) tiga bagian dasar belt press dewatering, (b) instalasi belt press (Metcalf And Eddy 4th edition, 2003)

2.3 Profile Hidrolis

2.3.1 Profil hidrolis

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

- 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 Perpipaan dan Aksesoris
Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris yang berhubungan dengan bangunan pengolahan adalah sebagai berikut :
 - a. Kehilangan tekanan pada perpipaan
 - b. Kehilangan tekanan pada aksesoris
 - c. Kehilangan tekanan pada pompa
 - d. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok
- Tinggi Muka Air
Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan, sehingga akan dapat mempengaruhi pada proses pengolahan. Kehilangan tekanan bangunan (saluran terbuka dan tertutup) tinggi terjunan yang direncanakan (jika ada) akan berpengaruh pada perhitungan tinggi muka air. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara :

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