

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Karakteristik Limbah Industri**

Setiap industri mempunyai karakteristik yang berbeda, sesuai dengan produk yang dihasilkan. Demikian pula dengan industri MSG mempunyai karakteristik limbah industri MSG yang berbeda, menurut keputusan gubernur pada Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 limbah cair industri MSG mempunyai karakteristik dan baku mutu antara lain:

##### **2.1.1 Total Suspended Solid (TSS)**

Total Suspended Solid atau total padatan tersuspensi adalah padatan yang tersuspensi pada air limbah yang mengandung bahan organik dan anorganik yang dapat disaring dengan kertas milipore berukuran pori-pori 0,45  $\mu\text{m}$ . Padatan yang tersuspensi memiliki dampak buruk pada kualitas air karena menghalangi penetrasi matahari terhadap badan air, dan menyebabkan kekeruhan air meningkat karena terganggunya pertumbuhan organisme (Samantha & Almalik, 2019).

Standart baku mutu TSS yang diijinkan adalah 50 mg/lt, yang diatur pada Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013. Sedangkan TSS yang dihasilkan pada industri MSG adalah sebesar 1500 mg/lt.

##### **2.1.2 Derajat Keasaman (pH)**

pH adalah derajat keasaman digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan yang dimiliki oleh suatu larutan, yang dimaksudkan "keasaman" di sini adalah konsentrasi ion hidrogen (H) dalam pelarut air. Nilai pH berkisar dari 0 hingga 14. Suatu larutan dikatakan netral apabila memiliki nilai pH =7. Nilai pH>7 menunjukkan larutan memiliki sifat basa, sedangkan nilai pH <7 menunjukkan keasaman.

Nama pH berasal dari *potential of hydrogen*. Secara matematis, pH didefinisikan dengan  $\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$ . Kebanyakan mikroorganisme dapat hidup pada pH antara 6-9. Umumnya indikator sederhana yang digunakan adalah kertas lakmus yang berubah menjadi merah bila keasamannya tinggi dan biru bila keasamannya rendah. Selain menggunakan kertas lakmus, indikator asam basa

dapat diukur dengan pH meter yang bekerja berdasarkan prinsip elektrolit atau konduktivitas suatu larutan.

Standar pH yang diijinkan adalah 6 – 9 menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013. Suatu larutan dikatakan netral apabila memiliki nilai pH = 7. Nilai pH > 7 menunjukkan larutan memiliki sifat basa, sedangkan nilai pH < 7 menunjukkan sifat asam. Kandungan nilai pH pada air buangan industri MSG adalah 8, sehingga sudah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan.

### **2.1.3 Chemical Oxygen Demand (COD)**

*Chemical Oxygen Demand* atau COD adalah jumlah bahan organik yang ada pada air sungai/limbah yang dapat dioksidasi secara kimia menggunakan dikromat dalam keadaan/larutan asam. Nilai COD selalu lebih tinggi daripada BOD ultimate meskipun nilai keduanya bisa saja sama tetapi hal tersebut sangat jarang. Hal tersebut dapat terjadi karena banyak zat organik yang sulit teroksidasi secara biologis, contohnya lignin yang hanya dapat teroksidasi secara kimia, zat anorganik yang dioksidasi dikromat meningkatkan kandungan organik pada sampel, zat organik tertentu dapat meracuni mikroorganisme yang dibutuhkan untuk pengujian BOD, nilai COD yang tinggi dapat terjadi karena adanya zat anorganik yang bereaksi dengan dikromat (Metcalf & Eddy, 2003).

Kandungan COD air buangan industri MSG adalah 3200 mg/lit, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan COD yang diperbolehkan di buang ke lingkungan menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 adalah sebesar 150 mg/lit.

### **2.1.4 Biological Oxygen Demand (BOD)**

*Biochemical Oxygen Demand* atau BOD adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi secara biokimia zat-zat organik. Hasil dari tes BOD digunakan untuk menghitung perkiraan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menstabilkan zat organik secara biologi, untuk menentukan dimensi atau ukuran dari unit pengolahan, untuk menghitung efisiensi beberapa proses pengolahan dan melakukan pengolahan sehingga parameter air limbah dapat sesuai dengan baku mutu.

BOD merupakan banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter (mg/L) yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan semua zat organik yang terlarut maupun tersuspensi dalam air buangan, sehingga limbah tersebut menjadi jernih kembali. (Mays, 1996) mengartikan BOD sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai. Dari pengertian ini dapat dikatakan bahwa walaupun nilai BOD menyatakan jumlah oksigen, tetapi untuk mudahnya dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik mudah terurai (biodegradable organics) yang ada di perairan. Standart baku mutu BOD menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 adalah 80 mg/lt. Sedangkan kandungan BOD air buangan industri MSG ini adalah 1500 mg/lt.

## **2.2 Bangunan Pengolahan Air Buangan**

Berdasarkan proses pengolahan, maka pengolahan air buangan di bedakan menjadi tiga, yaitu:

### **1. Pengolahan fisik**

Bertujuan untuk menghilangkan partikel diskrit yang dapat mengendap dengan sendirinya dan zat yang terapung.

### **2. Pengolahan kimiawi**

Bertujuan untuk menghilangkan partikel koloid baik yang berupa organik maupun anorganik serta partikel tersuspensi.

### **3. Pengolahan biologis**

Bertujuan untuk menstabilkan air buangan dengan memanfaatkan mikroorganisme. Pengolahan biologis ini dapat dibedakan menjadi 3 bagian antara lain, pengolahan aerobik, anaerobik, dan pengolahan fakultatif.

Bangunan pengolahan air buangan mempunyai kelompok tingkat pengolahan antara lain:

#### **2.2.1 Pengolahan Pendahuluan (*pre-Treatment*)**

Proses pengolahan yang dilakukan untuk membersihkan dan menghilangkan sampah terapung, kotoran bekas pencucian dan kotoran lain yang beukuran besar, sedang atau kecil yang terbawa limbah agar mempercepat proses pengolahan selanjutnya. Selain itu, pre-treatment juga berfungsi untuk

memindahkan atau menyalurkan air limbah dari unit operasi produk industri yang menghasilkan limbah ke bangunan pengolahan air limbahnya.


Berdasarkan proses pengolahan, maka pengolahan air buangan di bedakan menjadi tiga, dan untuk unit pengolahan pre- treatment industri MSG sendiri, antara lain:

#### A. 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 memerhatikan beda ketinggian atau perbedaan elevasi antara bangunan yang satu dengan bangunan yang lainnya. Apabila saluran pembawa ini diatas lahan yang datar, maka diperlukan kemiringan/*slope* (m/m). Pada saluran pembawa, setiap 10 m saluran pembawa terdapat bak kontrol. Atau apabila terjadi jika ada ukuran *screen* lebih besar dari saluran, maka peletakan *screen* dipasang di bak kontrol.

**Tabel 2.1** Tipe-tipe Saluran Pembawa

TIPE	GAMBAR	KEUNTUNGAN & PERMASALAHAN	KEKHASAN STRUKTURNYA
Saluran Pembawa		<p><b><u>Keuntungan:</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Relatif murah</li> <li>2. Mudah mengkonstruksinya</li> </ol> <p><b><u>Permasalahan:</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kemungkinan aliran sedimen dari lereng di atasnya</li> <li>2. Tingginya tingkat jatuh dedaunan</li> </ol>	Saluran tanah sederhana, Jalur saluran (jalur pasangan batu basah atau kering, jalur beton), pagar saluran (terbuat dari kayu, beton, atau tembaga), jalur saluran berbentuk lembaran, saluran berbentuk setengah tabung (seperti pipa-pipa yang berbelok-belok, dll).

<p>Pipa Tertutup Saluran Tertutup</p>		<p><b><u>Keuntungan:</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pada umumnya volume pekerjaan tanahnya besar</li> <li>2. Rendahnya rata-rata sedimen dan dedaunan yang jatuh di saluran</li> </ol> <p><b><u>Permasalahan:</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sulitnya merawat dan meninjau saluran, termasuk pembersihan dan perbaikannya</li> </ol>	<p>Tabung yang dipendam (hume, PVC, atau FRPM), Box culvert, Pagar saluran dengan tutupnya.</p>
---	---	--	---

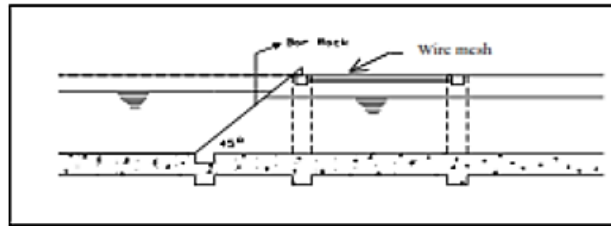
(Sumber: Slideshare)

Pada saluran pembawa ini air limbah dari proses produksi di alirkan ke bak pengumpul atau sumur pengumpul atau bak equalisasi atau disebut dengan bak control.

### **B. Screening**

*Screening* 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 dan screen halus. Dan cara pembersihan ada dua cara yaitu secara manual dan mekanis. Perbedaan screen kasar dan halus adalah pada jauh dekatnya jarak antara bar screen.

Prinsipnya digunakan untuk menghilangkan bahan padat kasar dengan sederet bahan baja yang 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 berbentuk penampang batang tersebut empat persegi panjang berukuran 10 mm x 50 mm. Untuk bar screen yang di bersihkan secara manual, biasanya saringan dimiringkan dengan kemiringan 60° terhadap horisontal.



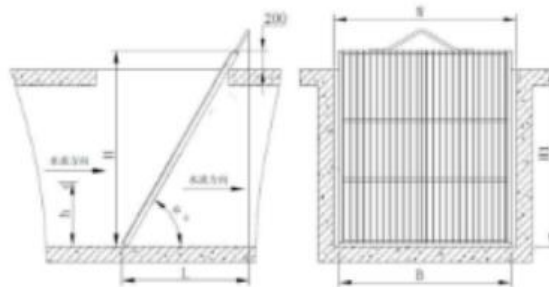
**Gambar 2.1** *Screening*

Screen atau saringan dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu saringan kasar (*coarse screen*) dan saringan halus (*fine screen*). Saringan kasar diletakkan pada awal proses. Tipe yang umumnya digunakan antara lain bar rack atau bar screen, coarse woven-wire screen dan communitor. Saringan halus memiliki bukaan 2, 3, 6 mm, halus pembersihannya dilakukan secara mekanis. Beberapa tipe screen yang sangat halus juga telah dikembangkan untuk dipakai pada pengolahan sekunder (Said, 2017).

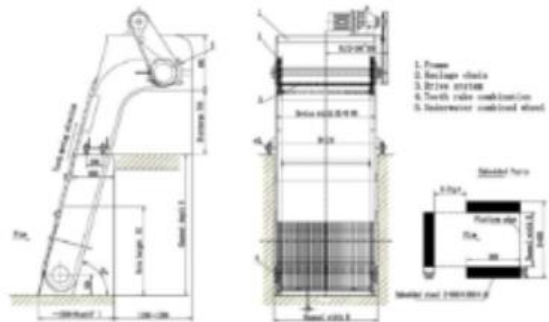
Penggolongan bar screen yaitu saringan kasar, saringan halus dan saringan sedang yang tergantung berdasarkan jarak antar batang (bar). Saringan halus memiliki rentang jarak antar batang 1,5-13 mm, saringan sedang memiliki rentang jarak antar batang 13-25 mm, dan saringan kasar jarak antar batang 32-100 mm. Saringan halus terdiri atas *fixed screen* dan *movable screen*. *Fixed* atau *static screen* dipasang permanen dengan posisi vertikal, miring atau horizontal. *Movable screen* harus dibersihkan secara berkala. Beberapa kriteria yang harus diperhatikan dalam merencanakan bar screen antara lain adalah (Said, 2017):

- a. Kecepatan atau kapasitas rencana
- b. Jarak antar bar
- c. Ukuran bar (batang)
- d. Sudut inklinasi
- e. Headloss yang diperbolehkan

Dalam pengolahan air limbah, screen digunakan untuk melindungi pompa, valve, saluran pipa, dan peralatan lainnya dari kerusakan atau tersumbat oleh bendabenda tersebut. Bar screen terbagi lagi menjadi dua, yaitu secara manual maupun mekanik.



Gambar 2.2 Manual Bar Screen



Gambar 2.3 Mechanical Bar Screen

Tabel 2.2 Kriteria Coarse Screen

Parameter	Us Customary Units			SI Unit		
	Metode Pembersihan			Metode Pembersihan		
	Unit	Manual	Mekanikal	Unit	Manual	Mekanikal
Ukuran batang	in	0,2 – 0,6	0,2 – 0,6	mm	5 – 15	5 – 15
Lebar	in	1,0 – 1,5	1,0 – 1,5	mm	25 – 38	25 – 38
Kedalaman	in	1,0 – 2,0	0,3 – 0,6	mm	25 – 50	15 – 75
Jarak antar batang	o	30 – 45	0 – 30	o	30 – 45	0 – 30
Kemiringan terhadap vertikal	ft/s	1,0 – 2,0	2,0 – 3,25	m/s	0,3 – 0,6	0,6 – 1,0
Kecepatan Maximum	ft/s		1,0 – 1,6	m/s		0,3 – 0,5
Minimum Headloss	in	6	6 – 24	mm	150	150 – 600

Sumber: Tabel 5-2 Metcalf and Eddy WWET and Reuse 4<sup>th</sup> Edition, 2004

### C. Bak Penampung

Tujuan dari menampung air limbah di bak penampung yakni untuk meminimalkan atau mengontrol fluktuasi dari aliran air limbah yang diolah agar memberikan kondisi aliran yang stabil pada proses pengolahan selanjutnya.

Cara kerja daripada bak penampung ini adalah, ketika air limbah yang keluar dari proses produksi, maka selanjutnya air limbah dialirkan ke bak penampung. Disini debit air limbah diatur. Agar dapat memenuhi kriteria perencanaan untuk unit bangunan selanjutnya.

### **2.2.2 Pengolahan Pertama (*Primary Treatment*)**

Pada proses ini terjadi proses fisik dan kimia. Proses fisik dapat berupa pengendapan pertama untuk memisahkan padatan tersuspensi. Untuk proses kimia digunakan netralisasi untuk menetralkan pH.

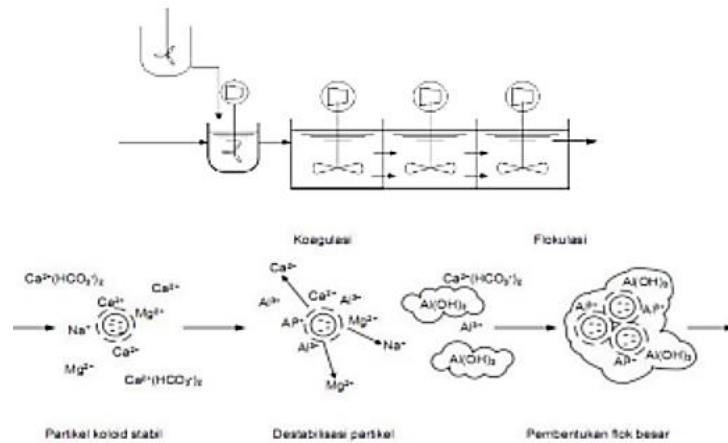
Pengolahan pertama (primary treatment) yang dibutuhkan untuk mengolah limbah cair industri MSG ini meliputi: Bak pengendap pertama terdiri dari empat ruangan fungsional yaitu:

#### **A. Koagulasi - Flokulasi**

Koagulasi dan flokulasi merupakan dua proses yang terangkai menjadi kesatuan proses tak terpisahkan. Pada proses koagulasi terjadi destabilisasi koloid dan partikel dalam air sebagai akibat dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia (disebut koagulan). Akibat pengadukan cepat, koloid dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan melalui proses penguraian koagulan. Proses ini dilanjutkan dengan pembentukan ikatan antara ion positif dari koagulan (misal  $Al^{3+}$ ) dengan ion negatif dari partikel (misal  $OH^-$ ) dan antara ion positif dari partikel (misal  $Ca^{2+}$ ) dengan ion negatif dari koagulan (misal  $SO_4^{2-}$ ) yang menyebabkan pembentukan inti flok (presipitat) (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012).

Setelah inti flok terbentuk, proses selanjutnya adalah proses flokulasi, yaitu penggabungan inti flok menjadi flok berukuran lebih besar yang memungkinkan partikel dapat mengendap. Penggabungan flok kecil menjadi flok besar terjadi karena adanya tumbukan antar flok. Tumbukan ini terjadi akibat adanya pengadukan lambat.





**Gambar 2.4** Kogulasi Flokulasi

Proses koagulasi-flokulasi terjadi pada unit pengaduk cepat dan pengaduk lambat. Pada bak pengaduk cepat, dibubuhkan koagulan. Pada bak pengaduk lambat, terjadi pembentukan flok yang berukuran besar hingga mudah diendapkan pada bak sedimentasi (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012).

Koagulan yang banyak digunakan dalam pengolahan air minum adalah aluminium sulfat atau garam-garam besi. Terkadang koagulan-pembantu, seperti polielektrolit dibutuhkan untuk memproduksi flok yang lebih besar agar padatan tersuspensi lebih cepat mengendap. Faktor utama yang mempengaruhi proses koagulasi-flokulasi air adalah kekeruhan, padatan tersuspensi, temperatur, pH, komposisi dan konsentrasi kation dan anion, durasi dan tingkat agitasi selama koagulasi dan flokulasi, dosis koagulan, dan jika diperlukan, koagulan-pembantu. Pemilihan koagulan dan konsentrasinya dapat ditentukan berdasarkan studi laboratorium menggunakan jar test apparatus untuk mendapatkan kondisi optimum (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012).

Adapun jenis pengadukan dapat dikelompokkan berdasarkan kecepatan pengadukan dan metoda pengadukan. Berdasarkan kecepatannya, pengadukan dibedakan menjadi pengadukan cepat dan pengadukan lambat. Sedangkan berdasarkan metodenya, pengadukan dibedakan menjadi pengadukan mekanis, pengadukan hidrolis, dan pengadukan pneumatis. Kecepatan pengadukan merupakan parameter penting dalam

pengadukan yang dinyatakan dengan gradien kecepatan. (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012)

### **1. Pengadukan Cepat**

Tujuan pengadukan cepat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan turbulensi air sehingga dapat mendispersikan bahan kimia yang akan dilarutkan dalam air. Secara umum, pengadukan cepat adalah pengadukan yang dilakukan pada gradien kecepatan besar (300 sampai 1000  $\text{detik}^{-1}$ ) selama 5 hingga 60 detik atau nilai *G**T**d* (bilangan Champ) berkisar 300 hingga 1700. Secara spesifik, nilai *G* dan *t**d* bergantung pada maksud atau sasaran pengadukan cepat (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012).

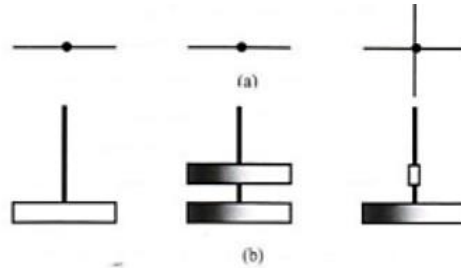
### **2. Pengadukan Lambat**

Tujuan pengadukan lambat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan gerakan air secara perlahan sehingga terjadi kontak antar partikel untuk membentuk gabungan partikel hingga berukuran besar. Pengadukan lambat adalah pengadukan yang dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100  $\text{detik}^{-1}$ ) selama 10 hingga 60 menit atau nilai *G**T**d* (bilangan Champ) berkisar 48000 hingga 210000. Untuk menghasilkan flok yang baik, gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak pecah lagi dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012).

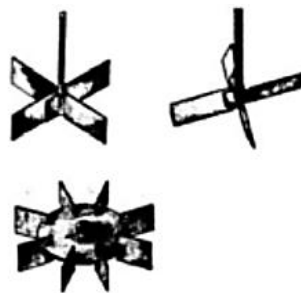
### **3. Pengadukan Mekanis**

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). Bentuk ketiga impeller dapat dilihat pada gambar 2.5, gambar 2.6, dan gambar 2.7. Kriteria impeller dapat dilihat pada tabel 2.3. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu *G* dan *t**d*. Tabel 2.4 dapat dijadikan patokan untuk menentukan *G* dan *t**d*. Sedangkan untuk menghitung

besarnya tenaga (power) yang dibutuhkan, perlu memperhatikan jenis impeller yang digunakan dan nilai konstanta KL dan KT yang dapat dilihat pada tabel 2.5.



Gambar 2.5 Tipe Paddle



Gambar 2.6 Tipe Paddle



Gambar 2.7 Tipe Propeller

Tabel 2.3 Kriteria Impeller

Tipe Impeller	Kecepatan Putaran	Dimensi	Keterangan
<i>Paddle</i>	20 – 150 rpm	Diameter: 50 – 80% lebar bak Lebar: 1/6 – 1/10 diameter <i>paddle</i>	-
<i>Turbine</i>	10 – 150 rpm	Diameter: 30 – 50% lebar bak	-
<i>Propeller</i>	0 – 175 rpm	Diameter: maks. 45 cm	Jumlah pitch 1 – 2 buah

Sumber: Reynolds & Richards, 1996. Hal. 185

Tabel 2.4 Nilai Waktu Pengadukan Mekanis dan Gradien Kecepatan

Waktu pengadukan, td (detik)	Gradien kecepatan (detik <sup>-1</sup> )
20	1000
30	900
40	790
50 ≥	700

*Sumber:* Reynolds & Richards, 1996. Hal. 184

**Tabel 2.5** Konstanta KL dan KT untuk Tangki Bersekat

Jenis Impeller	KL	KT
Propeller, Pitch of 1, 3 blades	41	0,32
Propeller, Pitch of 2, 3 blades	43,5	1
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	60	5,31
Turbine, 6 flat blades, vaned disc	65	5,75
Turbine. 6 curved blades	70	4,80
Fan turbine, 6 blades at 45*	70	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 paddle), $D_i/W_i = 4$	43	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	1,15
Flat paddles, 4 blades, $D_i/W_i = 6$	49	2,75
Flat paddles, 6 blades, $D_i/W_i = 6$	71	3,82

*Sumber:* Reynolds, *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*, Hal. 188

Bahan kimia yang biasanya dipakai untuk proses koagulasi umumnya dibagi menjadi tiga golongan, yaitu zat koagulan, zat alkali dan zat pembantu koagulan. Zat koagulan dipakai untuk menggumpalkan partikel yang tersuspensi, zat warna, koloid dan lain-lain agar membentuk gumpalan partikel yang besar (flok). Sedangkan zat alkali dan zat pembantu koagulan berfungsi untuk mengatur pH agar kondisi air baku dapat menunjang proses flokulasi, serta membantu agar pembentukan flok dapat berjalan lebih efisien (Said, 2017).

Beberapa macam koagulan yang sering digunakan dalam proses penjernihan air adalah Poly Aluminium Chloride (PAC), aluminium sulfat ( $Al_2(SO_4)_3$ ), ferri klorida ( $FeCl_3$ ), dan ferri sulfat ( $Fe_2(SO_4)_3$ ). Pada umumnya koagulan yang paling sering digunakan oleh masyarakat adalah aluminium sulfat atau yang lebih dikenal dengan tawas (Budiman, Hidrerso, et al, 2008) Adapun beberapa keuntungan dari penggunaan koagulan-koagulan diatas.

1. Poly Aluminium Chloride (PAC)

PAC adalah garam khusus pada pembuatan aluminium klorida yang mampu memberikan daya koagulasi dan flokulasi yang lebih kuat

daripada aluminium yang biasa dan garam-garam besi seperti aluminium sulfat atau ferri klorida. Kegunaan dari PAC adalah sebagai koagulan atau flokulan untuk menguraikan larutan yang keruh dan menggumpalkan partikel, sehingga memungkinkan untuk memisah dari medium larutannya. Keuntungan penggunaan PAC sebagai koagulan dalam proses penjernihan air yaitu korosivitasnya rendah karena PAC adalah koagulan bebas sulfat sehingga aman dan mudah dalam penyimpanan dan transportasinya dan penggunaan PAC sebagai koagulan tidak menyebabkan penurunan pH yang cukup tajam.

## 2. Aluminium Sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ )

Biasanya disebut tawas, bahan ini sering dipakai karena efektif untuk menurunkan kadar karbonat. Tawas berbentuk kristal atau bubuk putih, larut dalam air, tidak larut dalam alkohol, tidak mudah terbakar, ekonomis, mudah didapat dan mudah disimpan. Penggunaan tawas memiliki keuntungan yaitu harga relatif murah dan sudah dikenal luas oleh operator water treatment. Namun ada juga kerugiannya, yaitu umumnya dipasok dalam bentuk padatan sehingga perlu waktu yang lama untuk proses pelarutan.

### A. Bak Pengendap I (*Primary Sedimentation*)

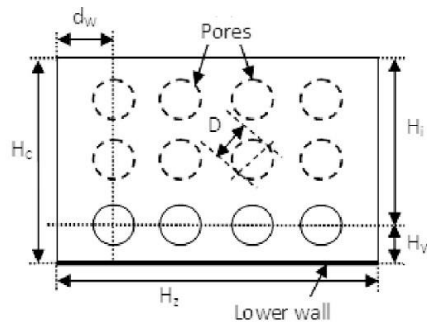
Effisiensi removal dari bak pengendap pertama ini tergantung dari kedalaman bak dan dipengaruhi oleh luas permukaan serta waktu detensi. Unit pengolahan bak pengendap I ini berfungsi untuk memisahkan padatan tersuspensi dan terlarut dari cairan dengan menggunakan sistem gravitasi dengan syarat kecepatan horizontal partikel tidak boleh lebih besar dari kecepatan pengendapan. Skimmer yang ada pada bak pengendap I digunakan untuk tempat pelimpah minyak dan lemak yang mengambang.

Bak prasedimentasi bentuk *rectangular* terbagi menjadi empat zona, yaitu:

#### 1. Zona *inlet*

Zona inlet berfungsi untuk mendistribusikan air ke seluruh area bak secara seragam, mengurangi energi kinetik air yang masuk, serta untuk memperlancar transisi dari kecepatan air yang tinggi

menjadi kecepatan air yang rendah yang sesuai untuk terjadinya proses pengendapan di zona pengendapan. Kawamura 2000, *Perforated baffle* merupakan modifikasi dari *baffle* yang memiliki lubang - lubang pada dindingnya. Adanya lubang - lubang dengan ukuran seragam pada dinding *baffle* menyebabkan terjadinya perataan aliran, sehingga dapat meminimalisasi terjadinya *dead zone*. Sketsa *perforated baffle* dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 2.8** Sketsa Porforated Baffle

## 2. Zona pengendapan

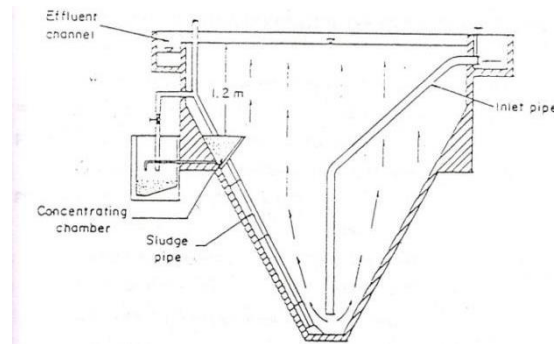
Proses pengendapan pada zona pengendapan pada dasarnya ditentukan oleh dua faktor, yaitu:

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

## 3. Zona lumpur

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

partikel besar mengendap di ujung *inlet*. Selain itu, apabila *hopper* diletakkan di bawah zona *outlet*, dikhawatirkan partikel yang telah terendapkan dapat tergerus karena adanya pergerakan air menuju pelimpah. Selain diletakkan dekat dengan *inlet*, *hopper* juga dapat diletakkan secara dan juga dapat diletakkan di tengah bak seperti pada gambar berikut:



**Gambar 2.9** Letak Zona Lumpur pada Tengah Bangunan

Pembersihan lumpur juga dapat dilakukan dengan cara otomatis dengan beberapa macam *scraper*. Pada dasarnya, untuk bak *rectangular* terdapat dua jenis peralatan pembersih lumpur, yaitu tipe *chain and flight* dan *travelling bridge* dan memiliki *scraper* untuk mendorong lumpur masuk ke *hopper*. Tipe *Chain and Flight* merupakan tipe pembersih lumpur dengan kecepatan perpindahan yang tidak lebih dari 1 cm/detik. Dasar bak dirancang memiliki kemiringan sebesar 1%.

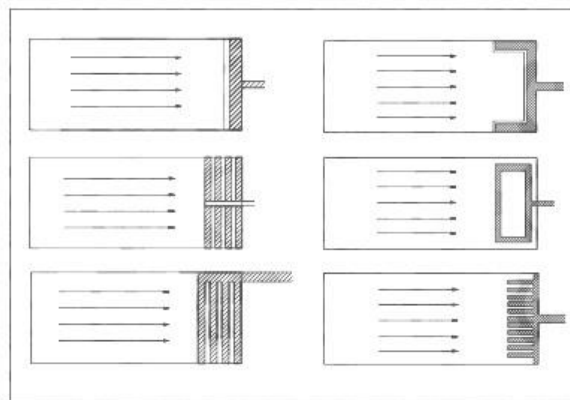
#### 4. Zona *outlet*

Desain *outlet* biasanya terdiri dari pelimpah yang dirancang sedemikian rupa untuk mengurangi terjadinya aliran pendek. *Weir loading rate* adalah beban pelimpah (dalam hal ini debit air) yang harus ditanggung per satuan waktu dan panjangnya. Berikut ini adalah beberapa kriteria desain untuk *weir loading rate* dari berbagai sumber.

**Tabel 2.6** Ragam Weir Loading dari Berbagai Sumber

<i>Weir Loading Rate</i> (m <sup>3</sup> /hari.m)	Sumber	Keterangan
186	Katz, 1962	
249,6	Katz, 1962	Pada daerah yang terpengaruh <i>density current</i>
264	Kawamura, 2000	
125-500	Droste, 1997	
172,8-259,2	Huisman, 1977	

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

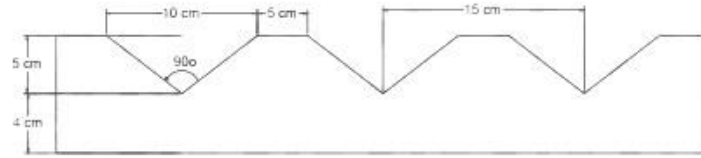


**Gambar 2.10** Beragam Susunan Pelimpah pada Outlet

Pemilihan desain *outlet* sangat tergantung pada lebar bak, debit air yang dialirkan serta *weir loading rate*, sehingga pada saat menetapkan bentuk *outlet*. Ketiga hal tersebut harus dipertimbangkan. Jenis pelimpah yang umumnya digunakan adalah bentuk *rectangular* dan *v-notch*, namun *v-notch* lebih banyak digunakan karena memiliki kemampuan *self cleansing* dan dapat

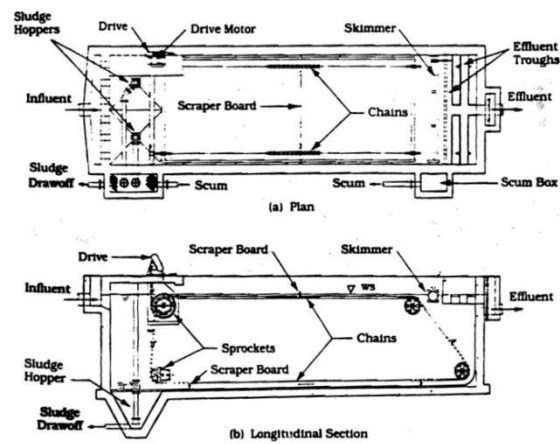


meminimalisasi pengaruh angin digunakan karena memiliki kemampuan *self cleansing* dan dapat meminimalisasi pengaruh angin.



**Gambar 2.11** Contoh V-notch

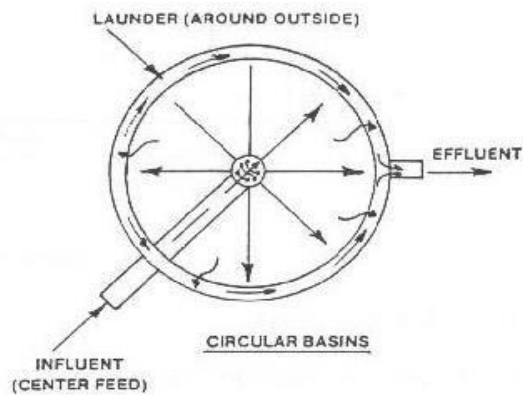
(Sumber: Fair dkk., 1966)



**Gambar 2.12** Bak Pengendap Rectangular (a) Denah, (b) Potongan

(Sumber: Tom D. Reynold, 249)

Bak prasedimentasi berbentuk *circular* terdiri dari dua jenis, yaitu *peripheral feed* dan *center feed*. Bak *circular* tipe *peripheral feed* memiliki inlet yang terletak di sekeliling bak, sedangkan tipe *center feed* memiliki *inlet* yang terletak di tengah bak.



**Gambar 2.13** Contoh Bak Prasedimentasi Tipe Center Feed

Bak prasedimentasi bentuk *circular* terbagi menjadi empat zona, yaitu:

- *Zona inlet*
- Zona pengendapan
- *Zona lumpur*
- *Zona outlet*

### 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 efisiensi reduksi BOD antara 60 - 90 % serta 40 - 90 % TSS (Qasim, 52).

Pada tahap ini yang dilakukan adalah pengendapan atau pengapungan bahan-bahan padat sehingga dapat dihilangkan. Kecepatan pada bak pengendap ini diperlambat untuk memberi kesempatan pasir dan bahan organik mengendap. Pasir dan bahan lain harus diambil dan dibuang untuk menambah kapasitas pengendapan dan kecepatan flokulasi dapat ditambahkan bahan kimia pengendap, seperti Lime (CaOH), alum feri oksida.

Apabila pengolahan ini bertujuan untuk menghasilkan buangan dengan sedikit partikel zat tercampur maka digunakan alat yang dikenal sebagai *Clarifier*. Sementara jika bertujuan menghasilkan pertikel yang jernih digunakan *Thickener*. Selain dengan pengendapan, bisa dilakukan dengan cara pengapungan, yaitu dengan menggunakan gelembung gas untuk meningkatkan daya apung campuran. Dengan adanya gas ini membuat larutan menjadi kecil sehingga campuran mudah mengapung.

#### **B. *Activated Sludge***

Pengolahan lumpur aktif adalah sistim pengolahan dengan menggunakan bakteri aerobik yang dibiakkan dalam tangki aerasi yang bertujuan untuk menurunkan organik karbon atau organik nitrogen. Dalam hal menurunkan organik, bakteri yang berperan adalah heterotrophic. Sumber energi berasal dari oksidasi senyawa organik dan sumber karbon adalah organik karbon. BOD dan COD dipakai sebagai ukuran atau satuan yang menyatakan konsentrasi organik karbon, dan selanjutnya disebut

sebagai substrat. Bahan organik dalam air buangan akan diuraikan oleh mikroorganisme menjadi karbon dioksida, amonia dan untuk pembentukan sel baru serta hasil lain yang berupa lumpur (*sludge*). Bakteri juga perlu respirasi dan melakukan sintesa untuk kelangsungan hidupnya. Pada reaksi respirasi terlihat bahwa ultimate BOD untuk sel sebesar 1.42 kali konsentrasi sel.

▪ **Modifikasi Proses**

Modifikasi proses pada lumpur aktif sistem dapat dilakukan dengan:

- merubah konfigurasi sistem *inlet*.
- merubah konfigurasi parameter utama seperti F/M ratio, rasio resirkulasi, umur lumpur dan lain-lain.
- merubah dengan oksigen murni dan lain-lain. Pembeda tipe-tipe hasil modifikasi:

a. ***Step Aerasi***

Merupakan tipe plug flow konvensional yaitu rasio F/M menurun menuju ke *outlet*. *Inlet* air buangan masuk melalui 3-4 titik di tanki aerasi dengan maksud untuk menyetarakan F/M rasio dan mengurangi tingginya kebutuhan oksigen di titik yang paling awal. Keuntungannya adalah mempunyai *volumetric loading* yang tinggi dan HRT yang lebih pendek.

b. ***Tapered Aeration***

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

c. ***Contact Stabilisasi***

Pada sistem ini terdapat dua tanki yaitu *Contact tank* yang berfungsi untuk mengabsorb bahan organik untuk proses lumpur aktif. *Reaeration tank* yang berfungsi untuk mengoksidasi bahan organik yang telah diabsorb (proses stabilisasi).

d. ***Pure Oxygen***

Oksigen murni diinjeksikan ke tanki aerasi dan diresirkulasi. Keuntungannya adalah mempunyai F/M ratio

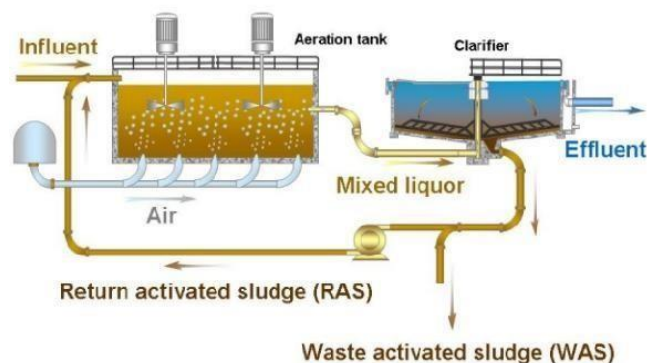
dan *volumetric loading* yang tinggi, serta HRT yang lebih pendek.

**e. *Oxidation ditch***

Oxidation ditch berbentuk oval dilengkapi dengan aerasi secara mekanis yang memiliki kecepatan aliran 0,25-0,35 m/s.

**f. *Hight rate aeration***

Kondisi ini dicapai dengan meningkatkan harga rasio resirkulasi ( $r$ ), atau debit air yang dikembalikan dibesarkan 1 – 5 kali. Dengan cara ini maka akan diperoleh jumlah mikroorganismenya yang lebih besar, sehingga mempunyai kinerja  $F/M$  dan  $Volumetric\ loading$  yang tinggi, dan HRT yang lebih pendek.



**Gambar 2.14** Resirkulasi

**g. *Extended Aeratio***

Pada sistem ini reaktor mempunyai umur lumpur dan HRT yang lebih lama, sehingga lumpur yang dibuang/dihasilkan akan lebih sedikit.

**D. Bak Pengendap II (*Secondary Clarifier*)**

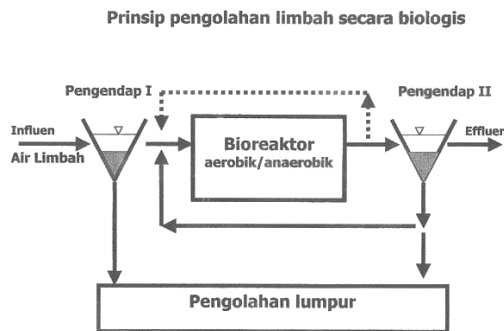
*Secondary clarifier* adalah bangunan pengolahan yang selalu diletakkan sesudah pengolahan biologis, untuk menampung *sludge* dari pengolahan tersebut. Sehingga *secondary clarifier* ini termasuk pengolahan ketiga meskipun berbeda fungsinya dengan jenis pengolahan ketiga lainnya.

Bak pengendap II (*secondary clarifier*) berfungsi untuk memisahkan lumpur aktif dari *activated sludge* dari MLSS. Lumpur yang mengandung

bakteri yang masih aktif akan diresirkulasi kembali ke *activated sludge* dan lumpur yang mengandung bakteri yang sudah mati atau tidak aktif lagi dialirkan ke pengolahan lumpur. Langkah ini (pengolahan lumpur) merupakan langkah terakhir untuk menghasilkan *effluent* yang stabil dengan konsentrasi BOD dan *suspended solid* (SS) yang rendah.

Faktor-faktor lain yang menjadi pertimbangan dalam mendesain bak pengendap kedua (*secondary clarifier*) antara lain:

- a. Tipe tangki yang digunakan.
- b. Karakteristik pengendapan lumpur.
- c. *Surface loading rate* atau *solid loading rate*.
- d. Penempatan dan *weir loading rate*.

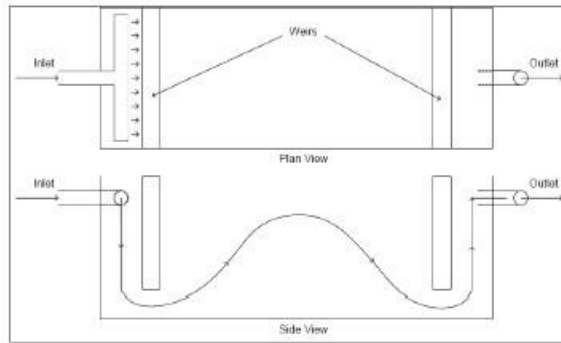


**Gambar 2.15** Skema Bak Pengendap II dari Lumpur Aktif

Berdasarkan operasionalnya, bak pengendap kedua memiliki 2 (dua) fungsi, yaitu:

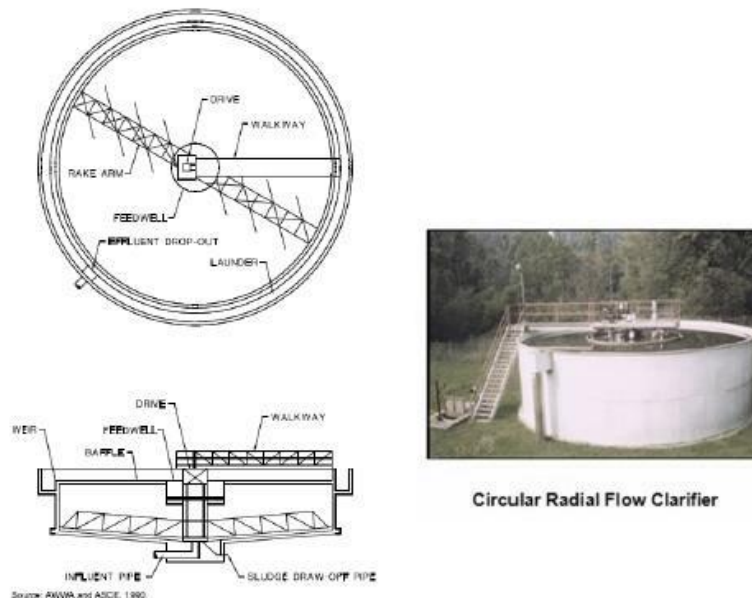
1. Memisahkan MLSS dari air buangan yang diolah.
2. Memadatkan *sludge return*.

Bak pengendap II merupakan proses dari *activated sludge* yang operasinya merupakan sistem *continuous mixed-flow*. Berdasarkan jenis tangkinya, dapat dibedakan menjadi 2 bentuk yaitu: *rectangular* (segi empat atau persegi panjang) dan *circular* (lingkaran). Masing-masing bentuk ini mempunyai kelebihan masing-masing dan ditempatkan pada kondisi yang khusus, artinya seorang *engineer* haruslah mempunyai insting yang kuat, apakah bentuk melingkar atau segi empat yang harus dirancangnya. Salah satu pertimbangan dalam menentukan bentuk bak sedimentasi tersebut adalah adanya ketersediaan lahan, dan ada tidaknya dana.



**Gambar 2.16** *Secondary Clarifier Type Rectangular*

Tangki sedimentasi melingkar jika ditinjau secara teknis dan operasional jauh lebih menguntungkan tetapi memerlukan biaya yang tidak sedikit dalam merancanginya, karena banyaknya fasilitas yang berada di dalamnya.



**Circular Radial Flow Clarifier**

**Gambar 2.17** *Circular Secondary Clarifier*

Di dalam tangki melingkar, aliran masuk menuju ke pusat tangki atau ke sebelah sisi tangki. Jika diameter tangki kurang dari 30 ft (9.14 m), pipa *inlet* akan masuk melalui dinding dan mengarah ke bawah. Jika tangki lebih besar dari 30 ft (9.14 m), pipa masuk melalui bawah tangki dan debit air tegak lurus menuju pusat *baffle*. Kedalaman *clarifier* melingkar dipertimbangkan pada kedalaman bagian samping tangki, dan dikenal dengan sebutan *side water depth* (swd). Kedalaman ini digunakan untuk menentukan waktu detensi dan volume tangki.

*Outlet* untuk tangki melingkar terdiri dari suatu *weir* di sekitar batas luar yang menyebarkan aliran menjadi seragam. *Center-feed* pada *clarifier* yang melingkar yang digunakan pada pengolahan air limbah mempunyai penggaruk lumpur secara mekanik (*mechanical sludge rakes*) yang terletak di bagian bawah dan penggaruk permukaan (*surface skimming*) yang terletak di bagian atas.

## 2.2.4 Pengolahan Lumpur (*Sludge Treatment*)

Dari pengolahan air limbah maka hasilnya adalah berupa lumpur yang perlu diadakan pengolahan secara khusus agar lumpur tersebut tidak mencemari lingkungan dan dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan kehidupan.

*Sludge* dalam disposal *sludge* memiliki masalah yang lebih kompleks. Hal ini disebabkan karena:

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

Tujuan utama dari pengolahan lumpur adalah untuk mereduksi kadar lumpur dan memanfaatkan lumpur sebagai bahan yang berguna seperti pupuk dan sebagai penguruk lahan yang sudah aman.

### 2.2.4.1 *Sludge Drying Bed*

*Sludge drying bed* merupakan suatu bak yang dipakai untuk mengeringkan lumpur hasil pengolahan dari thickener. Bak ini berbentuk persegi panjang yang terdiri dari lapisan pasir dan kerikil serta pipa drain untuk mengalirkan air dari lumpur yang dikeringkan. Waktu pengeringan paling cepat 10 hari dengan bantuan sinar matahari.

## 2.3 Persen Removal

**Tabel 2.6 Persen Removal**

JENIS BANGUNAN	PARAMETER TERSISIH	KEMAMPUAN PENYISIHAN	SUMBER
Saluran Pembawa	-	-	-

<b>Bar Screen</b>	-	-	-
<b>Bak Pengumpul</b>	-	-	-
<b>Bak Koagulasi</b>	-	-	-
<b>Bak Flokulasi</b>	-	-	-
<b>Bak Pengendap 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- TSS (<i>Total Suspended Solid</i>)</li> <li>- BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 80-90%</li> <li>- 50-80%</li> </ul>	Metcalf and Eddy, <i>Waste Water Engineering Treatment and Reuse 4<sup>th</sup></i> , page 497
<b>Activated Sludge</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)</li> <li>- BOD (<i>Biological Oxygen Demand</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 80-99%</li> <li>- 50-95%</li> </ul>	Cavaseno, <i>Industrial Wastewater and Solid Waste Engineering</i> , page 15
<b>Clarifier</b>	MLSS	97%	Reynold 3rd Edition., Page 246
<b>Sludge Drying Bed</b>	-	-	-

## 2.4 Profil Hidrolis

Hal-hal yang perlu diperhatikan sebelum membuat profil hidrolis, antara lain:

### 1. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan

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

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

### 2. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris

- a. Kehilangan tekanan pada perpipaan
- b. Kehilangan tekanan pada aksesoris
- c. Kehilangan tekanan pada pompa

### 3. Tinggi muka air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan sehingga akan dapat mempengaruhi pada proses pengolahan.