



# **BAB II**

# **TINJAUAN PUSTAKA**

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Definisi Air Buangan**

Air buangan merupakan kombinasi dari cairan dan sampah-sampah (Metcalf and Eddy, 1991). Air buangan merupakan cairan yang telah dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri, layanan kesehatan, tempat pendidikan, dan tempat-tempat umum lainnya. Air buangan pada umumnya mengandung bahan-bahan pencemar yang berbahaya. Bahan berbahaya yang terkandung dalam air buangan mampu mengganggu kesehatan makhluk hidup dan kelestarian lingkungan.

### **2.2 Sumber Air Buangan**

Secara garis besar air limbah berasal dari tiga sumber yaitu air buangan domestik, air buangan komersial, dan air buangan industri (Said, 2016).

#### **a. Air buangan domestik**

Air buangan domestik atau air buangan rumah tangga dapat dibagi menjadi dua yaitu air limbah toilet (black water) dan air limbah non-toilet (grey water). Air limbah toilet terdiri dari tinja, air kencing serta bilasan, sedangkan air limbah non-toilet berasal dari air mandi, air limbah cucian, air limbah dapur, wastafel, dan lainnya.

#### **b. Air buangan komersial**

Air buangan komersial berasal dari fasilitas umum seperti perkantoran, pertokoan, sekolah, hotel, dan tempat umum lainnya.

#### **c. Air buangan industri**

Selain menghasilkan produk yang bermanfaat, industri juga menghasilkan limbah yang berbahaya. Air buangan yang berasal dari industri sangat bervariasi tergantung dari jenis industrinya. Untuk mengetahui jumlah dan beban polutan yang ada dalam air buangan industri dapat dilakukan dengan cara mengukur secara langsung memperkirakan berdasarkan jenis industri yang sejenis.

### 2.3 Karakteristik air buangan

Setiap industri mempunyai karakteristik limbah cair yang berbeda, sesuai dengan proses dan produk yang dihasilkan. Begitu pula dengan industri penyamakan kulit yang memiliki karakteristik limbah cair yang berbeda dengan industri lainnya. Karakteristik air buangan sangat penting untuk diketahui karena sangat dibutuhkan untuk mengetahui proses pengolahan yang akan dilakukan. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, limbah cair industri penyamakan kulit memiliki karakteristik sebagai berikut.

a. pH

Konsentrasi ion hidrogen adalah ukuran kualitas air maupun dari air limbah. adapun kadar yang baik adalah kadar dimana masih memungkinkan kehidupan biologis di dalam air berjalan dengan baik. Air limbah dengan konsentrasi air limbah yang tidak netral akan menyulitkan proses penjernihannya. pH netral atau yang baik bagi air limbah adalah 6-9. Semakin kecil nilai pH nya, maka akan menyebabkan air tersebut semakin asam dan semakin besar nilai pH nya, maka air akan semakin basa (Sugiharto, 1987). pH pada air limbah penyamakan kulit ini adalah 5

b. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

BOD merupakan parameter untuk menunjukkan jumlah oksigen terlarut serta menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam kondisi aerobik (Santoso, 2018). Nilai BOD tidak menunjukkan jumlah bahan organik sebenarnya, melainkan hanya mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mendekomposisi bahan organik tersebut (Andika et al., 2020). Kandungan BOD yang terdapat dalam air buangan industri penyamakan kulit ini sebesar 475 mg/l.

c. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik yang ada di air secara kimiawi (Lumaela et al., 2013). Angka COD merupakan ukuran bagi beban pencemar air oleh

zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya kondisi oksigen di dalam air (Atima, 2015). Kandungan COD yang terdapat dalam air buangan industri penyamakan kulit ini sebesar 800 mg/l.

d. TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS (*Total Suspended Solid*) adalah padatan yang sukar mengendap dalam air limbah seperti pasir, liat, dan bahan organik. TSS dalam jumlah besar jika tidak diolah dapat menyebabkan kekeruhan dalam air dan jika berada di dasar perairan akan mengganggu proses perkembangbiakan biota air. Kandungan TSS yang terdapat dalam air buangan industri penyamakan kulit ini sebesar 315 mg/l.

e. Krom Total (Cr)

Senyawa kromium (Cr) merupakan salah satu bahan berbahaya dan beracun (B3). Kromium termasuk dalam senyawa kulit berat yang dikenal memiliki daya racun yang tinggi. Dalam proses produksi penyamakan kulit, penggunaan bahan penyamak merupakan salah satu elemen penting. Limbah krom berasal dari proses tanning, dan dyeing, dimana dalam penyamakan kulit yang menggunakan senyawa kromium sulfat antara 60 %- 70 % dalam bentuk larutan kromium sulfat tidak semuanya dapat terserap oleh kulit pada saat proses penyamakan sehingga sisanya dikeluarkan dalam bentuk cairan sebagai limbah cair (Asmadi et al., 2009). Krom (Cr) di alam berada pada valensi 3 (Cr<sup>3+</sup>) dan valensi 6 (Cr<sup>6+</sup>). Cr<sup>6+</sup> lebih toksik dibandingkan dengan Cr<sup>3+</sup>, karena sifatnya yang berdaya larut dan mobilitas tinggi di lingkungan (Handayani, 2015). Kandungan krom yang terdapat dalam air buangan industri penyamakan kulit ini sebesar 1,5 mg/l.

## 2.4 Bangunan pengolah Air Buangan

### 2.4.1 Pengolahan pendahuluan (*Pre Treatment*)

Pre treatment merupakan proses pengolahan limbah cair untuk menghilangkan unsur berukuran besar atau sedang yang dapat menyebabkan gangguan pada unit treatment selanjutnya (Indrayani, 2018). Unsur berukuran besar ini dapat berupa daun, ranting, kerikil, pasir, minyak-lemak, dan lumpur. Unit pre treatment juga memiliki fungsi untuk menstabilkan debit aliran limbah dan memindahkan air limbah dari unit operasi produk industri yang menghasilkan limbah ke bangunan pengolahan limbah. Unit pre treatment dapat berupa saluran pembawa dan screen.

#### a. Saluran pembawa

Saluran pembawa merupakan saluran yang menyalurkan air limbah dari satu bangunan ke bangunan pengolahan lainnya. Pada umumnya saluran pembawa terbuat dari beton. Air limbah akan di alirkan dengan memperhatikan beda elevasi antar bangunan pengolahan. Jika saluran pembawa berada pada tempat yang datar maka dibutuhkan slope dalam perencanaannya. Saluran pembawa dapat dibedakan menjadi dua yaitu saluran pembawa terbuka dan tertutup. Pada saluran terbuka (*open channel flow*) permukaan air nya akan di pengaruhi oleh udara luar (atmosfer) karena tidak memiliki penutup. Sedangkan saluran pembawa tertutup (*pipe flow*) merupakan saluran yang permukaan air nya tidak terpengaruh dengan udara luar (atmosfer). Pada umumnya saluran pembawa tertutup ditanam pada kedalaman tertentu di dalam tanah yang disebut dengan sewerage. Ada banyak bentuk saluran pembawa seperti trapesium, segi empat, segitiga, setengah lingkaran, ataupun kombinasi dari bentuk tersebut. Kriteria perencanaan saluran pembawa dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini.

**Tabel 2. 1 Kriteria Perencanaan Saluran Pembawa**

<b>Kriteria perencanaan</b>	<b>Nilai</b>
Kecepatan aliran (v)	0,2 m/s – 0,8 m/s
Koefisien Manning (n)	0,013
Freeboard (fb)	5 % - 30 % kedalaman

(Sumber: Chow, Ven Te. 1959. *Open Channel Hydraulics*, hal 27. New York, USA: Mc. Graw-Hill Book company, Inc)

Rumus yang digunakan pada saluran pembawa adalah sebagai berikut.

- Luas Permukaan (A)

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

dengan :

A = Luas Permukaan Saluran Pembawa (m<sup>2</sup>)

Q = Debit Limbah (m<sup>3</sup> /s)

v = Kecepatan fluida dalam Saluran Pembawa (m/s)

(Sumber: Chow, Ven Te. 1959. *Open Channel Hydraulics*, hal 5. New York, USA: Mc. Graw-Hill Book company, Inc)

- Kedalaman Saluran (H)

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

dengan :

H = kedalaman air dalam saluran pembawa (m)

A = luas permukaan saluran pembawa (m<sup>2</sup>)

B = Lebar saluran pembawa (m)

(Sumber: Chow, Ven Te. 1959. *Open Channel Hydraulics*, hal 5. New York, USA: Mc. Graw-Hill Book company, Inc)

- Kedalaman total (H<sub>total</sub>)

$$H_{total} = H + (\%Fb \times H)$$

dengan :

H = kedalaman air dalam saluran pembawa (m)

Fb = 5 – 30% ketinggian

- Cek kecepatan

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

dengan :

$v$  = Kecepatan fluida dalam Saluran Pembawa (m/s)

$A$  = Luas Permukaan Saluran Pembawa ( $m^2$ )

$Q$  = Debit Limbah ( $m^3/s$ )

- Jari-jari Hidrolis

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

dengan :

$R$  = Jari-jari hidrolis (m/s)

$B$  = Kedalaman air dalam saluran pembawa (m)

$H$  = Lebar saluran pembawa

- Slope Saluran

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

dengan :

$S$  = Kemiringan saluran (m/m)

$n$  = koefisien kekasaran Manning

$v$  = Kecepatan fluida dalam Saluran Pembawa (m/s)

$R$  = jari jari Hidrolis (m)

- Headloss saluran

$$H_f = S \times L$$

dengan :

$H_f$  = Headloss saluran (m)

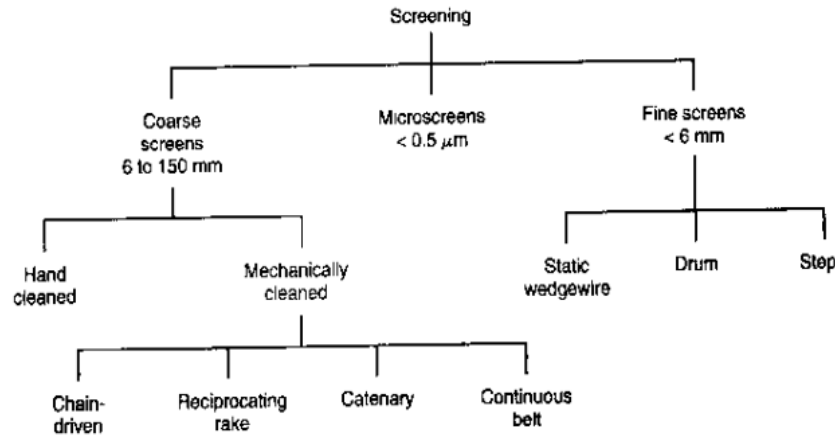
$S$  = slope saluran (m/m)

$L$  = panjang saluran (m)

#### b. Screen

Screen atau saringan merupakan proses pengolahan yang dilakukan pada tahap paling awal. Saringan berfungsi untuk memisahkan benda padat yang ada dalam air limbah seperti kertas plastik, kain kayu, benda dari metal, dan lainnya. Jika benda padat tersebut masuk ke unit

pengolahan selanjutnya, maka akan menyebabkan kerusakan pompa, unit pemisah lumpur, dan mampu menimbulkan masalah yang serius terhadap operasional maupun pemeliharaan peralatan (Said, 2016). Pengelompokan screen berdasarkan ukuran partikel nya dibagi menjadi 3 yaitu seperti gambar 2.1 berikut.



**Gambar 2. 1 Pengelompokan Screen Berdasarkan Ukuran Partikel**

*Sumber : metcalf & Eddy 2003*

1. *Coarse screen* (Penyaring Kasar)

Dalam pengolahan air limbah, penyaring kasar digunakan untuk melindungi pompa, katup, saluran pipa, dan peralatan lainnya dari kerusakan atau tersumbat oleh sampah yang berukuran 6-150 mm. Pembersihan penyaring kasar dapat secara manual dengan memanfaatkan tenaga manusia atau dengan mekanis. Pembersihan secara manual biasanya dilakukan pada industri kecil ataupun sedang. Sampah padat yang berukuran sedang atau besar di saring dengan sederet baja yang diletakkan dan dipasang melintang arah aliran. Screening dengan pembersihan secara mekanik, bahan nya terbuat dari stainless steel atau dari plastik. Kriteria Perencanaan *Coarse Screen* dapat di lihat pada tabel 2.2 dibawah ini.



**Tabel 2. 2 Kriteria Perencanaan *Coarse Screen***

parameter	U.S Customary Units			SI Units		
	Metode Pembersihan			Metode Pembersihan		
	Unit	Manual	Mekanis	Unit	Manual	Mekanis
<b>Ukuran batang</b>						
Lebar	In	0,2-0,6	0,2-0,6	mm	5,0-15	5,0-15
Kedalaman	In	1,0-1,5	1,0-1,5	mm	25-38	25-38
Jarak antar batang	In	1,5-2,0	0,3-0,6	mm	25-50	15-75
Kemringan terhadap vertikal	°	30-45	0-30	°	30-45	0-30
<b>Kecepatan</b>						
Maksimum	Ft/s	1,0-2,0	2,0-3,25	m/s	0,3-0,6	0,6-1,0
Minimum	Ft/s		1,0-1,6	m/s		
headloss	In	6	6-24	mm	150	150-600

(Sumber: Metcalf And Eddy WWET, And Reuse 4th Edition, 2004, Halaman 316)

## 2. *Fine Screen* (Penyaring Halus)

Penyaring halus (*fine screen*) 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*). Penyaring halus (*Fine Screen*) yang digunakan untuk pengolahan pendahuluan (*Premilinary Treatment*) adalah seperti, ayakan kawat (*static wedgewire*), drum putar (*rotary drum*), atau seperti anak tangga (*step type*). Penyaring halus (*Fine Screen*) yang dapat digunakan untuk menggantikan pengolahan utama (seperti pada pengolahan pengendapan pertama/primary clarifier) karena Screen tipe ini dapat meremoval *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Total Suspended Solid* (TSS). Kriteria Perencanaan *fine screen* dapat di lihat pada tabel 2.3 dibawah ini.

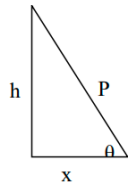
**Tabel 2. 3 Kriteria Perencanaan *Fine Screen***

Jenis Screen	Permukaan Screen		Bahan Screen	Penggunaan	
	Klasifikasi Ukuran	Range Ukuran			
		in			mm
Miring (Diam)	Sedang	0,01 – 0,1	0,25 – 2,5	Ayakan kawat yang terbuat dari stainless	Pengolahan Primer
Drum (Berputar)	Kasar	0,1 – 0,2	2,5 – 5	Ayakan kawat yang terbuat dari stainlesssteel	Pengolahan Pendahuluan
	Sedang	0,01 – 0,1	0,25 – 2,5	Ayakan kawat yang terbuat dari stainlesssteel	Pengolahan Primer
	Halus		6 - 35 $\mu$ m	Stainless-steel dan kain polyester	Meremoval residual dari suspended solid sekunder
Horizontal reciprocating	Sedang	0,06 – 0,17	1,6 - 4	Batangan stainless-steel	Gabungan dengan salura air hujan
Tangential	Halus	0,0475	1200 $\mu$ m	Jala-jala yang terbuat dari stainless-steel	Gabungan dengan saluran pembawa

(Sumber: Tabel 5-4 Metcalf and Eddy, 2004)

Rumus yang digunakan pada unit screening adalah sebagai berikut:

- Tinggi Bar Screen  
 $H_{sal} = H_{air} + \text{Freeboard}$   
dengan:  
 $H_{sal} = \text{tinggi saluran (m)}$
- Dimensi Bar Screen



Panjang kisi (P)

$$P = \frac{h}{\sin\theta}$$

$$X = P \times \cos \theta$$

dengan:

$\theta$  = sudut kemiringan kisi

h = tinggi bar screen (m)

x = jarak kemiringan kisi (m)

- Jumlah kisi

$$W_s = n.d + (n+1) r$$

dengan:

$W_s$  = lebar saluran (m)

n = jumlah kisi

d = lebar kisi (m)

r = jarak antar kisi (m)

- Lebar bukaan kisi

$$W_c = W_s - n d$$

dengan:

$W_c$  = lebar bukaan kisi (m)

$W_s$  = lebar saluran (m)

n = jumlah kisi

d = lebar kisi (m)

- Kecepatan yang melalui screen

$$V_i = \frac{Q}{W_c . h}$$

dengan:

$v_i$  = kecepatan yang melalui screen (m/s)

Q = debit limbah (m<sup>3</sup> /s)

$W_c$  = lebar bukaan kisi (m)

$h$  = tinggi bar screen (m)

- Headloss pada bar screen

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

dengan :

$H_f$  = Headloss (m)

$c$  = Koef. Saat non Clogging

$v_i$  = Kecepatan yang melalui screen (m/s)

$v$  = kecepatan perencanaan (m/s)

#### 2.4.2 Pengolahan Primer (*Primary Treatment*)

Pada proses pengolahan tahap pertama ini, proses penghilangan polutan yang dilakukan secara fisika dan kimia. Pada proses ini bertujuan untuk menghilangkan zat padat maupun gas yang tercampur melalui proses fisika dan kimia.

##### a. Bak Ekualisasi

Tujuan proses ekualisasi adalah untuk meminimalkan atau mengontrol fluktuasi dari karakteristik air limbah yang diolah agar memberikan kondisi optimum pada proses pengolahan selanjutnya. Ukuran dan tipe bak ekualisasi tergantung pada kuantitas limbah dan perubahan aliran limbah, kriteria perencanaan bak ekualisasi dapat dilihat pada tabel 2.4. Bak Ekualisasi harus berukuran cukup untuk mengurangi fluktuasi limbah yang disebabkan oleh perubahan program rencana produksi dan untuk mengurangi konsentrasi secara periodik pada bak pengumpul atau saluran. Gambar bangunan bak ekualisasi tampak atas dan tampak samping dapat dilihat pada gambar 2.2 dan gambar 2.3.

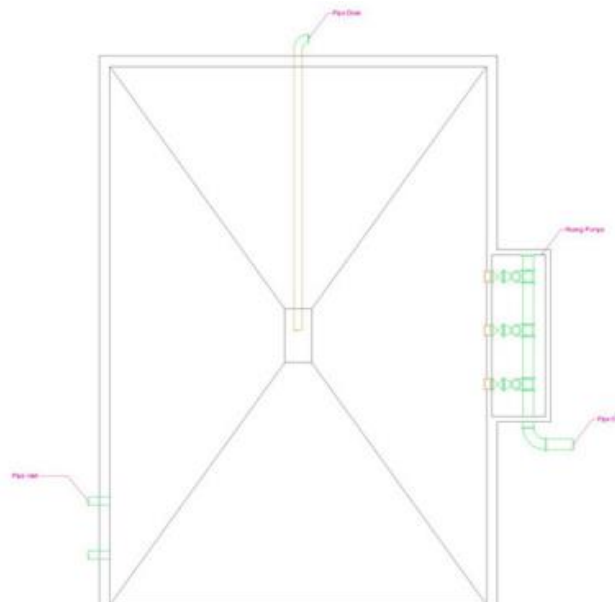
Tujuan proses ekualisasi untuk mengolah limbah industri adalah :

1. Mengurangi fluktuasi bahan organik yang diolah untuk mencegah shock loading pada proses biologis.

2. Mengontrol pH atau meminimumkan kebutuhan bahan kimia yang diisyaratkan untuk proses netralisasi.
3. Meminimumkan aliran pada proses pengolahan fisik – kimia dan mengetahui rata-rata kebutuhan bahan kimia.
4. Memberikan kapasitas untuk mengontrol aliran limbah.
5. Mencegah tingginya konsentrasi bahan berbahaya yang masuk pada proses pengolahan biologis.

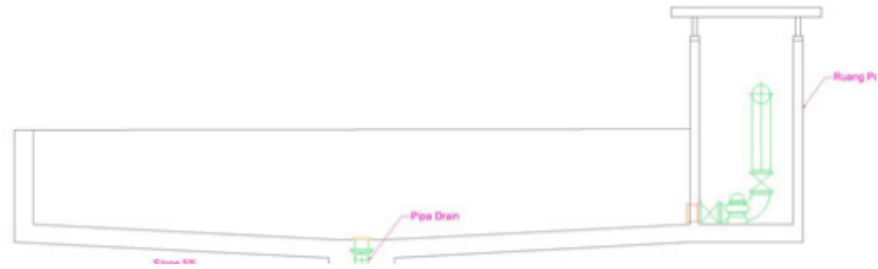
Komponen bak ekualisasi adalah sebagai berikut :

1. Rumah Pompa. Untuk mengatur debit air limbah domestik, maka penggunaan pompa dapat diatur dengan debit sesuai penghitungan debit ekualisasi.
2. Mixer/Aerator. Komponen ini berfungsi untuk menyeragamkan air limbah domestik, khususnya terkait kualitas, selama berada di dalam bak ekualisasi. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi pengendapan material padatan ke dasar bak. Selain itu aerator ini juga digunakan untuk mengaduk air pada proses netralisasi di bak ekualisasi ini.



**Gambar 2. 2 Contoh Ilustrasi Layout Bak Ekualisasi (Tampak Atas)**

(Sumber : Buku B Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T))



**Gambar 2. 3 Contoh Ilustrasi Potongan Bak Ekualisasi (Tampak Samping)**

(Sumber : Buku B Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T))

**Tabel 2. 4 Kriteria Perencanaan Bak Ekualisasi**

Parameter	Satuan	Nilai	sumber
Waktu tinggal (Td)	Jam	<2	Metcalf and eddy, wastewater engineering treatment and reuse fourth edition, hal 344, 2003.
Tinggi bak (h)	m	1,5 -2	
Freeboard (Fb)	%	5-30	hidrolika saluran terbuka ven te chow hal 145, 1959.
Kemiringan dasar tangki	mm/m diameter	40-100	Qasim, 1985

Fungsi pompa adalah sebagai alat pemindahan fluida melalui saluran terbuka/tertutup di dasarkan dengan adanya peningkatan energi mekanika fluida. Tambahan energi ini akan meningkatkan kecepatan dan tekanan fluida. Pemompaan pada bak penampung digunakan untuk mengalirkan limbah ke unit pengolahan selanjutnya. Untuk klasifikasi jenis pompa yang dapat digunakan untuk memompa air limbah dari bak ekualisasi ke bak atau pengolahan selanjutnya dapat di lihat dalam tabel 2.5.

**Tabel 2. 5 Klasifikasi Pompa**

<b>Klasifikasi utama</b>	<b>Tipe pompa</b>	<b>Kegunaan pompa</b>
kinetik	Centrifugal	- Air limbah sebelum diolah - Penggunaan lumpur kedua - Pembuangan effluent
	Peripheral	- Limbah logam, pasir lumpur, air limbah kasar
	Rotor	- Minyak, pembuangan gas permasalahan zat-zat kimia pengaliran lambat untuk air dan air buangan
Posite Displacement	Screw	- Pasir, pengolahan lumpur pertama dan kedua - Air limbah pertama - Lumpur kasa
	Diafragma penghisap	- Permasalahn zat kimia - Limbah logam - Pengolahan lumpur pertama dan kedua
	Air Lift	- Pasir, sirkulasi dan pembuangan lumpur kedua
	Pneumatic Ejector	- Instalasi pengolahan limbah skala kecil

*(Sumber: Metcalf and Eddy, 2004)*

Pada perencanaan ini pada bak ekualisasi dilakukan proses pengontrolan pH asam (1-3) untuk efektivitas proses reduksi Cr pada bak koagulasi. Sehingga air limbah yang memiliki pH awal 5 akan di ubah menjadi 3 dengan cara menambahkan senyawa asam berupa  $H_2SO_4$  kemudian diaduk menggunakan bubble aerator.

**b. Bak Koagulasi-Flokulasi**

Koagulasi dan flokulasi merupakan dua proses yang tidak dapat dipisahkan. Koagulasi-Flokulasi bertujuan untuk menyatukan partikel koloid sehingga membentuk partikel ukuran lebih besar yang selanjutnya dapat dipisahkan dengan cara yang lebih efisien melalui sedimentasi, flotasi, atau penyaringan dengan menambahkan bahan koagulan (Shammas & Wang, 2016). Selama proses koagulasi, koloid dan partikel dalam air tidak stabil akibat pengadukan yang cepat dan penambahan bahan kimia (disebut koagulan). Akibat pengadukan yang cepat, koloid

dan partikel stabil menjadi tidak stabil setelah terurai menjadi partikel bermuatan positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan oleh dekomposisi koagulan. Setelah proses ini, ikatan terbentuk antara ion positif koagulan (seperti  $\text{Al}^{3+}$ ) dan ion negatif partikel (seperti  $\text{OH}^-$ ), dan antara ion positif partikel (seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ) dan ion negatif koagulan (seperti  $\text{SO}_4^{2-}$ ) Membentuk ikatan, yang mengarah pada pembentukan inti flokulasi (Masduqi & Asomadi, 2012).

Koagulan atau flokulan dibubuhkan ke dalam air yang dikoagulasi yang bertujuan untuk memperbaiki pembentukan flok dan untuk mencapai sifat spesifik flok yang diinginkan. Koagulan adalah zat kimia yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif partikel di dalam suspensi. Zat ini merupakan donor muatan positif yang digunakan untuk mendestabilisasi muatan negatif partikel (Pulungan, 2012). Jenis-jenis koagulan yang dapat digunakan dalam pengolahan air dicantumkan dalam tabel 2.6 berikut ini.

**Tabel 2. 6 Jenis Koagulan**

<b>Nama</b>	<b>Formula</b>	<b>Bentuk</b>	<b>Reaksi dengan air</b>	<b>pH optimum</b>
Aluminium sulfat	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ $x = 14,16,18$	Bongkah, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
Sodium aluminate	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$	Bubuk	Basa	6,0 – 7,8
Polyaluminium Chloride, PAC	$\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$	Cairan, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
Ferric sulfate	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	Kristal halus	Asam	4 – 9
Ferri klorida	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Bongkah, cairan	Asam	4 – 9
Ferro Sulfat	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Kristal halus	Asam	> 8,5

(Sumber: Sugiarto (2006))

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi koagulan yaitu:

1. Pengaruh pH

Pada koagulan terdapat range pH optimum. Luasnya range pH koagulan ini dipengaruhi oleh jenis-jenis konsentrasi koagulan



yang dipakai. Hal ini penting untuk menghindari adanya kelarutan koagulan.

## 2. Pengaruh Temperatur

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

## 3. Dosis Koagulan

## 4. Kekeruhan

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

## 5. Pengadukan (mixing)

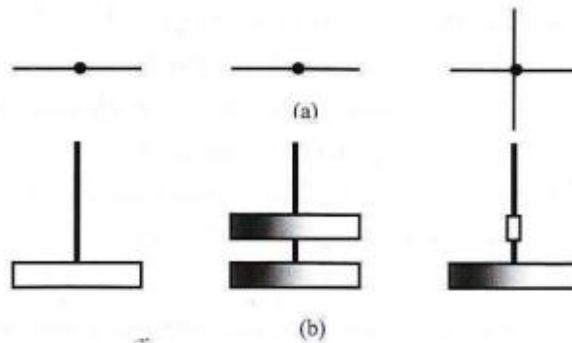
Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Distribusi dalam air cukup baik dan merata, serta masukan energi yang cukup untuk tumbukan antara partikel yang telah netral sehingga terbentuk mikroflokk. Pada proses koagulasi ini pengadukan dilakukan dengan cepat.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

## 6. Pengaruh Garam

Garam-garam ini dapat mempengaruhi proses suatu penggumpalan. Pengaruh yang diberikan akan berbeda-beda bergantung dengan macam garam (ion) dan konsentrasinya. Semakin besar valensi ion akan semakin besar pengaruhnya terhadap koagulan. Penggumpalan dengan garam Fe dan Al akan banyak dipengaruhi

oleh anion dibandingkan dengan kation. Jadi natrium, kalsium, dan magnesium relatif tidak mempengaruhi (Sutrisno, 1992).

Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatik. 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 2.4, gambar 2.5, dan gambar 2.6. Kriteria impeller dapat dilihat pada tabel 2.7. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu  $G$  dan  $td$ . Tabel 2.8 dapat dijadikan patokan untuk menentukan  $G$  dan  $td$ . 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 2.9.



**Gambar 2. 4 Tipe Paddle (A) Tampak Atas (B) Tampak Samping**

*(Sumber : Masduqi & Assomadi, 2012 hal 112)*



**Gambar 2. 5 Tipe Turbin**

*(Sumber : Qasim, et al., 2000)*



**Gambar 2. 6 Tipe Propeller (A) 2 Blade (B) 3 Blade**

(Sumber: Qasim, et al., 2000)

**Tabel 2. 7 Kriteria Impeller**

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

(Sumber: Reynolds & Richards, 1996:185)

**Tabel 2. 8 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 (1996:184))

**Tabel 2. 9 Konstanta KL Dan KT Untuk Tangki Berserat**

Jenis Impeller	KL	KT
Propeller, pitch of 1, 3 blades	41,0	0,32
Propeller, pitch of 2, 3 blades	43,5	1,00
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	60,0	5,31
Turbine, 6 flat blades, vaned disc	65,0	5,75
Turbine, 6 curved blades	70,0	4,80
Fan turbine, 6 blades at 45°	70,0	1,65

Jenis Impeller	KL	KT
Shrouded turbine, 6 curved blades	97,5	1,08
Shrouded turbine, with stator, no baffles	172,5	1,12
Flat paddles, 2 blades (single paddles), $D_i/W_i=4$	43,0	2,25
Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i=6$	36,5	1,70
Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i=8$	33,0	1,15
Flat paddles, 4 blades, $D_i/W_i=6$	49,0	2,75
Flat paddles, 6 blades, $D_i/W_i=8$	71,0	3,82

(Sumber: Reynolds & Richards (1996:188))

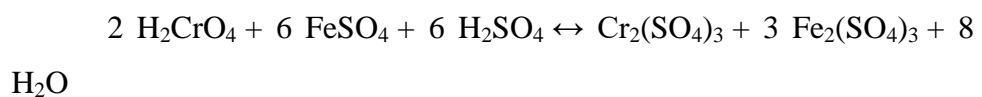
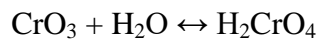
Flokulasi adalah proses penggabungan inti flok sehingga menjadi flok yang berukuran lebih besar. Pada flokulasi, kontak antar partikel melalui tiga mekanisme, yaitu:

- Thermal motion, yang dikenal dengan Brownian Motion atau difusi atau disebut sebagai Flocculation Perikinetik.
- Gerakan cairan oleh pengadukan.
- Kontak selama pengendapan (Marsono, 2002).

Pengadukan lambat (agitasi dan stirring) digunakan dalam proses flokulasi, untuk memberi kesempatan kepada partikel flok yang sudah terkoagulasi untuk bergabung membentuk flok yang ukurannya semakin membesar. Selain itu, untuk memudahkan flokulan untuk mengikat flok-flok kecil dan mencegah pecahnya flok yang sudah terbentuk. Pengadukan lambat dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik<sup>-1</sup>) selama 10 hingga 60 menit atau nilai GTd (bilangan Camp) berkisar 48000 hingga 210000. Gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak pecah dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar.

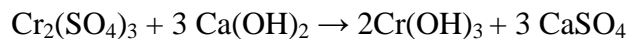
Pada perencanaan ini koagulan yang dipakai adalah FeSO<sub>4</sub> (Ferro Sulfat) yang berfungsi untuk menurunkan konsentrasi kromium di dalam air sekaligus mereduksi ion kromium heksavalen menjadi ion kromium trivalen. FeSO<sub>4</sub> disebut juga fero sulfat atau copper ash merupakan senyawa kimia yang berbentuk kristal dengan warna putih kehijauan yang sangat mudah larut dalam air dan bersifat asam. Jadi dalam proses ini

ferrosulfat selain berfungsi sebagai koagulan juga bertindak sebagai pereduksi, yang selanjutnya pada pH tertentu ion krom akan terendapkan atau mengendap sebagai hidroksidanya (Hariani et al., 2009). Pada proses reduksi krom akan terjadi reaksi redoks. Jika  $\text{FeSO}_4$  dipakai sebagai reduktor maka Fe (II) akan teroksidasi menjadi Fe(III). Dalam proses reduksi yang perlu diperhatikan adalah faktor pH, karena reduksi krom sangat efektif dalam suasana asam (pH 1 – 3) (Said, 2016). Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Setelah reduksi selesai, dilanjutkan tahapan proses pengendapan dengan larutan kapur sebagai pengendapan. Pembubuhan larutan kapur dilakukan dalam bak flokulasi dengan pengadukan lambat.

Reaksinya adalah :



Dalam proses pengendapan ini perlu diperhatikan pH akhir proses yang dicapai disebabkan kelarutan minimal dari  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  berada pada pH 7,5 – 8,0.

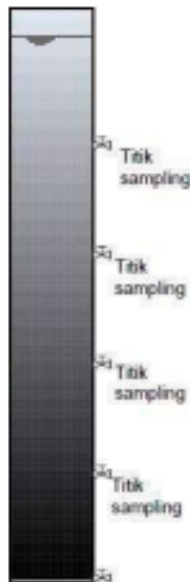
Larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  disebut air kapur dan merupakan basa dengan kekuatan sedang. Larutan tersebut bereaksi hebat dengan berbagai asam dan bereaksi dengan banyak logam dengan adanya air. Sehingga larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  disini berfungsi sebagai flokulan untuk mempercepat proses pembentukan flok dari TSS dan  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  sekaligus sebagai zat alkali untuk netralisasi pH.

c. Bak Pengendap I (*primary sedimentation*)

Pengendapan pada tipe ini untuk partikel flokulen. Dimana partikel flokulen ini dapat terbentuk dengan kecepatan pengadukan yang tinggi. Settling tipe I merupakan proses pengendapan partikel-partikel tersuspensi. Partikel tersuspensi terbentuk pada proses koagulasi dan flokulasi. Partikel membentuk flok selama di zona settling sehingga

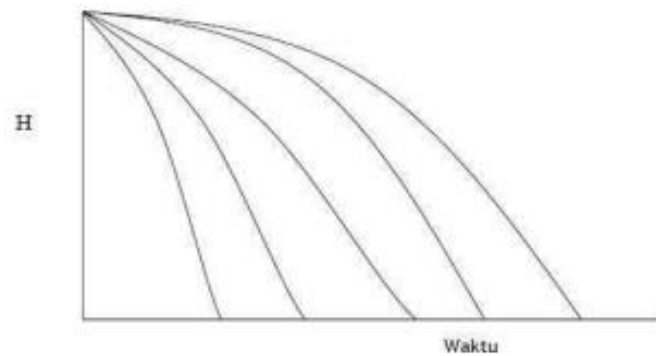
bertambah ukurannya dan akan mengendap dengan kecepatan yang lebih besar. Desain ini digunakan setelah proses koagulasi dan flokulasi pada pengolahan air bersih maupun air buangan. Contoh unit tipe pengendapan ini adalah Primary settling pada pengolahan wastewater dan Primary Settling setelah proses Koagulasi – Flokulasi pada proses pengolahan water dan wastewater (Reynold dan Richards,1996).

Kecepatan pengendapan partikel tidak bisa ditentukan dengan persamaan Stoke's karena ukuran dan kecepatan pengendapan tidak tetap. Besarnya partikel yang mengendap di uji dengan column setting test dengan multiple withdraw ports. Dengan menggunakan kolom pengendapan tersebut, sampling dilakukan pada setiap port pada interval waktu tertentu, dan data removal partikel diplot pada grafik. Contoh kolom test sedimentasi tipe satu dapat dilihat pada gambar 2.7, grafik isoremoval dapat dilihat pada gambar 2.8, dan grafik ketentuan kedalaman dapat dilihat pada gambar 2.9.



**Gambar 2. 7 Kolom Test Sedimentasi Tipe I**

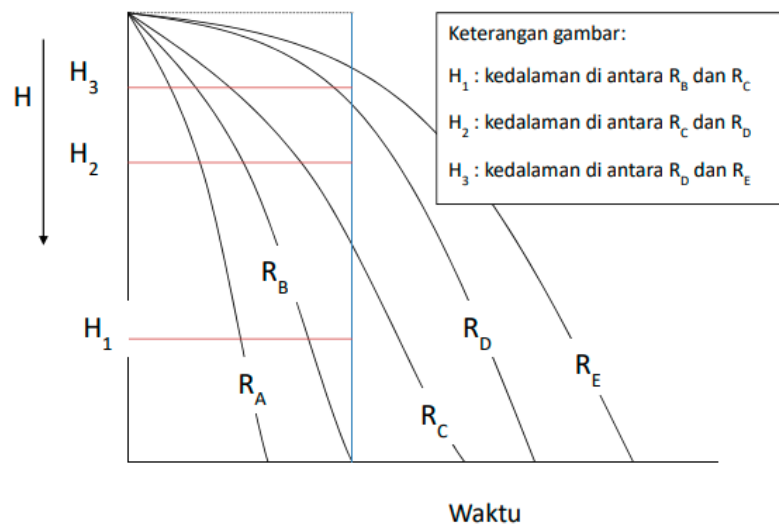
*(Sumber : Modul Praktikum Satuan Operasi Teknik Lingkungan)*



**Gambar 2. 8 Grafik Iso removal**

(Sumber : Modul Praktikum Satuan Operasi Teknik Lingkungan)

Grafik isoremoval dapat digunakan untuk mencari besarnya penyisihan total pada waktu tertentu. Titik garis vertikal dari waktu yang ditentukan tersebut. Dapat menentukan kedalaman  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$ .



**Gambar 2. 9 Ketentuan Kedalaman**

(Sumber : Modul Praktikum Satuan Operasi Teknik Lingkungan)

Besarnya penyisihan total pada waktu tertentu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$R_T = R_B + \frac{H_1}{H}(R_C - R_B) + \frac{H_2}{H}(R_D - R_C) + \frac{H_3}{H}(R_E - R_D)$$

Grafik isoremoval juga dapat digunakan untuk menentukan lamanya waktu pengendapan dan surface loading atau overflow rate bila diinginkan efisiensi pengendapan tertentu. Langkah yang dilakukan adalah :

- Menghitung penyisihan total pada waktu tertentu, minimal sebanyak tiga variasi waktu. (mengulangi langkah di atas minimal dua kali)
- Membuat grafik hubungan persen penyisihan total (sebagai sumbu y) dengan waktu pengendapan (sebagai sumbu x)
- Membuat grafik hubungan persen penyisihan total (sebagai sumbu y) dengan overflow rate (sebagai sumbu x)

Kedua grafik ini digunakan untuk menentukan waktu pengendapan atau waktu detensi ( $t_d$ ) dan overflow rate ( $V_o$ ) yang menghasilkan efisiensi pengendapan tertentu. Hasil yang diperoleh dari kedua grafik ini adalah nilai berdasarkan eksperimen di laboratorium (secara batch). Nilai ini dapat digunakan dalam mendesain bak pengendap (aliran kontinu) setelah dilakukan penyesuaian, yaitu dikalikan dengan faktor scale up. Untuk waktu detensi, faktor scale up yang digunakan pada umumnya adalah 1,75 dan untuk overflow rate, faktor scale up yang digunakan pada umumnya adalah 0,65. (Reynold dan Richards,1996). Bak pengendap dapat berbentuk segi empat atau lingkaran. Kriteria desain bak pengendap I terdapat pada tabel 2.10 berikut ini.

**Tabel 2. 10 Kriteria Desain Bak Pengendap I (*Primary Settling*)**

Parameter desain	Satuan	Nilai	
		Range	Tipikal
Waktu tinggal hidrolis	jam	1,5-2,5	2
Overflow rate	$m^3/m^2$ hari		-
- Aliran rata-rata		32-40	
- Aliran puncak		80-120	100
Weir loading	$m^3/m$ .hari	125-500	250
Dimensi :			
Bentuk persegi panjang			
- Panjang	m	15-90	25-40



- Lebar	m	3-24	6-10
- Kedalaman	m	3-5	3,6
Kecepatan pengeruk lumpur	m/menit	0,6-1,2	1
Dimensi			
Bentuk bulat (circular)			
- Kedalaman	m	3-5	4,5
- Diameter	m	3,6-60	12-45
- Slope dasar	mm/m	60-160	80
- Kecepatan sludge screpper	m/menit	0,02- 0,05	0,03

(Sumber : Nusa idaman said, 2016)

### 2.4.3 Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)

Pengolahan kedua umumnya mencakup proses biologis untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada di dalamnya. Pada proses ini dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain jumlah air limbah, tingkat kekotoran, jenis kekotoran, dan lain sebagainya (Sugiharto, 1987).

#### a. Activated Sludge

Lumpur aktif (*activated sludge*) adalah proses pertumbuhan mikroba tersuspensi yang pertama kali dilakukan di Inggris pada awal abad 19. Sejak itu proses ini diadopsi seluruh dunia sebagai pengolah air limbah domestik sekunder secara biologi. Proses ini pada dasarnya merupakan pengolahan aerobik yang mengoksidasi material organik menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O, NH<sub>4</sub>. dan sel biomassa baru. Udara disalurkan melalui pompa blower (*diffused*) atau melalui aerasi mekanik. Sel mikroba membentuk flok yang akan mengendap di tangki penjernihan.

Pengolahan air limbah pada umumnya dilakukan dengan menggunakan metode biologi. Proses pengolahan limbah dengan metode biologi adalah metode yang memanfaatkan mikroorganisme sebagai katalis untuk menguraikan material yang terkandung di dalam air limbah. Mikroorganisme sendiri selain menguraikan dan menghilangkan kandungan material, juga menjadikan material yang terurai tadi sebagai tempat berkembang biaknya. Metode pengolahan lumpur aktif (*activated*

sludge) adalah merupakan proses pengolahan air limbah yang memanfaatkan proses mikroorganisme tersebut.

Dengan menerapkan sistem ini didapatkan air bersih yang tidak lagi mengandung senyawa organik beracun dan bakteri yang berbahaya bagi kesehatan. Air tersebut dapat dipergunakan kembali sebagai sumber air untuk kegiatan industri selanjutnya. Diharapkan pemanfaatan sistem daur ulang air limbah akan dapat mengatasi permasalahan persediaan cadangan air tanah demi kelangsungan kegiatan industri dan kebutuhan masyarakat akan air.

Air tersebut dapat dipergunakan kembali sebagai sumber air untuk kegiatan industri selanjutnya. Air daur ulang yang kami kerjakan dapat dimanfaatkan dengan aman untuk kebutuhan konsumsi air seperti cooling tower, boiler laundry, toilet flusher, penyiraman tanaman, general cleaning, fish pond car wash dan kebutuhan air yang lainnya.

Pengaturan jumlah massa mikroba dalam sistem lumpur aktif dapat dilakukan dengan baik dan relatif mudah karena pertumbuhan mikroba dalam kondisi tersuspensi sehingga dapat terukur dengan baik melalui analisa laboratorium. Tetapi jika dibandingkan dengan sistem sebelumnya operasi sistem ini jauh lebih rumit. Khususnya untuk limbah industri dengan karakteristik tertentu.

Tujuan dari proses pengolahan menggunakan unit activated sludge yaitu untuk mengubah buangan organik, menjadi bentuk anorganik yang lebih stabil dimana bahan organik yang lebih terlarut yang tersisa setelah prasedimentasi dimetabolisme oleh mikroorganisme menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O, sedang fraksi terbesar diubah menjadi bentuk anorganik yang dapat dipisahkan dari air buangan oleh sedimentasi.

Adapun jenis-jenis proses di dalam activated sludge, yaitu:

1. Konvensional

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

## 2. Nonkonvensional

### i. Step aerasi

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

### ii. Tapered Aerasi

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

### iii. Contact Stabilisasi

Pada sistem ini terdapat 2 tangki yaitu contact tank yang berfungsi untuk mengabsorb bahan organik untuk memproses lumpur aktif dan reaeration tank yang berfungsi untuk mengoksidasi bahan organik yang mengabsorb (proses stabilisasi).

### iv. Pure Oxygen

Oksigen murni diinjeksikan ke tangki aerasi dan diresirkulasi. Keuntungannya adalah mempunyai perbandingan substrat dan mikroorganisme serta volumetric loading tinggi dan td pendek.

### v. High Rate Aeration

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

### vi. Extended Aeration

Pada sistem ini reaktor mempunyai umur lumpur dan time detention (td) lebih lama, sehingga lumpur yang dibuang atau dihasilkan akan lebih sedikit.

vii. Oxidation Ditch

Bentuk oksidation ditch adalah oval dengan aerasi secara mekanis, kecepatan aliran 0,25 - 0,35 m/s. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengolahan limbah cair dengan lumpur aktif adalah sebagai berikut:

- Oksigen

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

- Nutrisi

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

- Makro nutrient. Sumber makro nutrient yang sering ditambahkan antara lain adalah N, S, P, K, Mg, Ca, Fe, Na, dan Cl. Unsur nitrogen dan fosfor yang digunakan biasanya diperoleh dari urea dan TSP dengan perbandingan 5:1 (Metcalf & Eddy, 2004).

- Mikro nutrient. Sumber mikro nutrient yang penting antara lain adalah Zn, Mn, Mo, Se, Co, Cu, dan Ni . Penggunaan mikronutrient adalah 1-100 µg/L (Robert H. Perry, 1997). Karena jika terlalu banyak justru merupakan racun bagi mikroorganismenya. Penambahan mikronutrient Cu lebih dari 1 mg/L mengakibatkan efisiensi penurunan TOC menjadi menurun (Y.P. Ting, \*H. Imai and S. Kinoshita, 1994).
- Komposisi organisme  
Komposisi mikroorganismenya dalam lumpur aktif sangat menentukan baik atau tidaknya proses pengolahan yang dilakukan. Kondisi yang paling baik untuk pengolahan limbah dengan lumpur aktif adalah apabila populasi mikroorganismenya yang dominan adalah free ciliata diikuti dengan stalk ciliata dan terdapat beberapa rotifera.
- pH  
Kondisi pH lingkungan sangat berperan dalam pertumbuhan mikroorganismenya terutama bakteri karena derajat keasaman atau kebasaan akan mempengaruhi aktivitas enzim yang terdapat dalam sel bakteri. pH optimum untuk pertumbuhan bagi kebanyakan bakteri adalah antara 6.5- 7.5. Pergeseran pH dalam limbah cair dapat diatasi dengan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> atau NaOH maupun larutan kapur.
- Temperature  
Pengaruh temperatur untuk pertumbuhan mikroorganismenya terutama bakteri adalah terhadap

proses kerja enzim yang berperan dalam sintesis bahan-bahan organik terlarut dalam limbah cair. Temperatur optimal dalam proses lumpur aktif untuk pertumbuhan bakteri adalah 32-36°C (Hammer, Mark J, 1931). Adapun parameter penting untuk design activated sludge adalah:

- F / M ratio. Merupakan perbandingan antara substrat (food) terhadap mikroorganisme (M) atau lebih tepatnya adalah perbandingan antara substrat (BOD) yang masuk ke tangki aerasi per satuan waktu dengan massa mikroorganisme di tangki aerasi.
- Rasio resirkular (R). Merupakan perbandingan antara debit lumpur yang dikembalikan ke tangki aerasi terhadap debit air yang diolah. Harga R tergantung pada jenis activated sludge yang digunakan.
- Konsentrasi BOD yang masuk ke tangki aerasi ( $C_0$ ).
- Waktu detensi (td). Td adalah lama waktu air limbah tinggal dalam tangki aerasi
- Volume bak aerasi (V).

b. Bak pengendap II (*secondary sedimentation, final clarifier*)

Settling tipe II atau hindered settling adalah settling dari partikel konsentrasi intermediate dimana partikel saling berdekatan, sehingga gaya partikel merintang settling dari partikel yang berdekatan. Partikel tetap berada posisi fixed relatif satu sama lain dan semuanya mengendap pada kecepatan konstan. Hasilnya massa mengendap sebagai zone. Pada permukaan settling ada perbedaan interfase solid – cairan antara massa partikel settling dan cairan yang terklarifikasi.

Settling tipe II merupakan proses pengendapan partikel-partikel yang dihasilkan dari proses biologi. Pengendapan yang terbentuk akan direcycle pada bak pengolahan biologi karena endapan yang dihasilkan mengandung bakteri yang dibutuhkan oleh pengolahan biologi. Contoh unitnya adalah Final Clarifier untuk proses setelah activated sludge (pengolahan biologis) (Reynold dan Richards,1996).

Clafier sama saja dengan bak pengendap kedua. Hanya saja clarifier biasa digunakan sebagai bak pengendap ketiga setelah proses biologis. Bangunan ini digunakan untuk mengendapkan lumpur setelah proses sebelumnya, biasanya proses lumpur aktif. Pada unit pengolahan ini, terdapat scrapper blade yang berjumlah sepasang yang berbentuk vee (V). Alat tersebut digunakan untuk pengeruk lumpur yang bergerak, sehingga slude terkumpul pada masing – masing vee dan dihilangkan melalui pipa dibawah sepasang blades. Lumpur lepas dari pipa dan masuk ke dalam sumur pengumpul lumpur yang terdapat di tengah bagian bawah clarifier. Lumpur dihilangkan dari sumur pengumpul dengan cara gravitasi. Kriteria desain bak pengendap II (secondary settling) dapat dilihat pada tabel 2.11 berikut ini.

**Tabel 2. 11 Kriteria Desain Bak Pengendap II (Secondary Settling)**

Parameter desain	Satuan	Nilai
Waktu tinggal hidrolis	Jam	2,5
Material yang dipisahkan		Lumpur biomassa
Overflow rate	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> hari	20-30
Weir loading	m <sup>3</sup> /m.hari	</= 150
Panjang/lebar (persegi panjang)		3:1 – 5:1
Kedalaman	m	2,5 – 4,0
Tinggi ruang bebas	cm	40-60
Slope dasar	mm/m	Bentuk bulat : 5/100-10/100
		Bentuk persegi panjang: 1/100-2/100
Diameter pipa lumpur	mm	</= 200

(Sumber : Nusa idaman said, 2016)

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

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

Jenis-jenis unit pengolahan lumpur meliputi:

a. Sludge Thickener

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

b. Screw Press

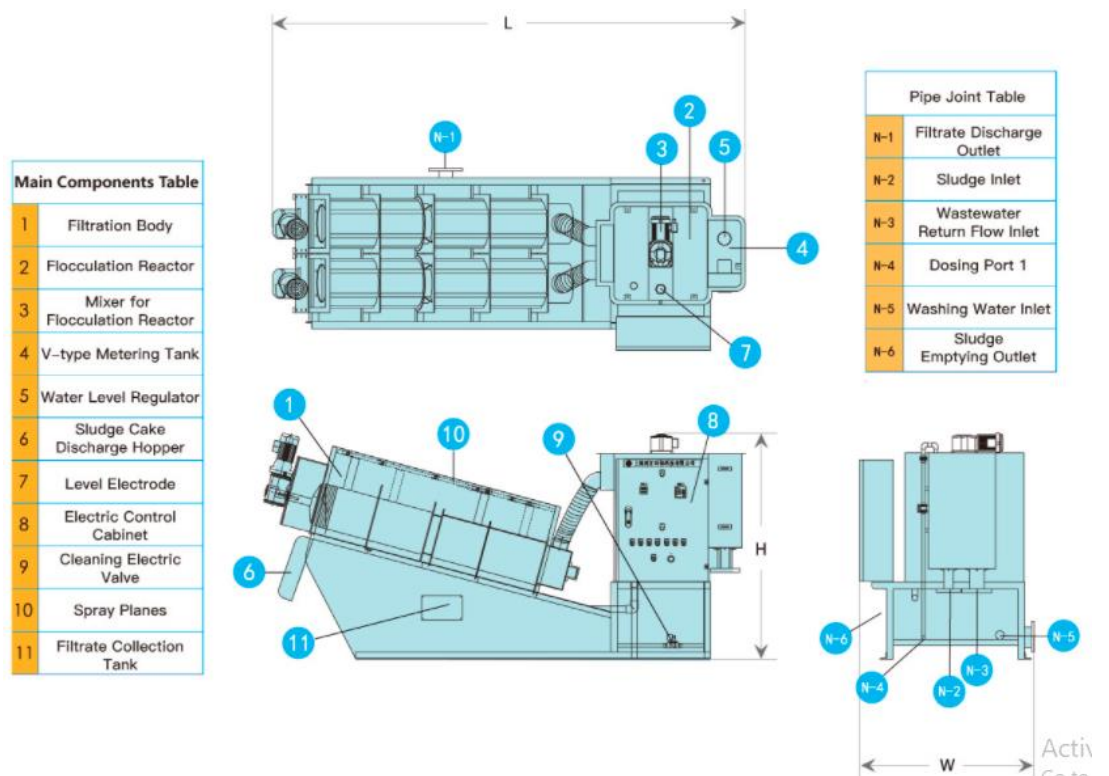
Screw Press adalah sebuah mesin pengeringan (*dewatering*) yang memisahkan cairan dari padatan. Screw press dapat digunakan sebagai pengganti belt press, centrifuge atau kertas saring. Screw Press bergerak lambat dan sederhana selama proses pengurusan dengan drainase gravitasi terus-menerus. Screw press cocok untuk pengentalan lumpur atau pengeringan lumpur biologis. Ini adalah solusi ekonomis karena kemampuan pengentalan hingga 8% padatan kering atau dewater hingga



25% padatan kering. Sistem dapat beroperasi secara otomatis atau manual - baik secara terus menerus atau terputus-putus untuk pemrosesan batch. Sistem Screw Press terdiri dari tangki reaksi flokulasi, pencampuran polimer, sistem pencucian eksternal, dan panel kontrol. Drum dibuat dari baja tahan karat menggunakan wedge-wire screen profile khusus dengan permukaan besar untuk mendapatkan karakteristik drainase cairan yang optimal. Beberapa manfaat screw press yaitu sebagai berikut.

- Mesin screw press ini berkecepatan lambat dan bekerja pada tekanan yang relatif rendah sehingga biaya pengoperasian rendah karena konsumsi energi yang rendah.
- Unit silinder yang tertutup dan kecepatan lari yang rendah dapat mengurangi kebisingan.
- Pengoperasian dan perawatan yang mudah dengan operasi mekanis sederhana dan sistem kontrol otomatis yang dapat diprogram sesuai dengan kebutuhan pengguna dan memungkinkan untuk beroperasi selama 24 jam.
- Biaya investasi rendah; pemerasan lumpur cocok untuk air kecil hingga menengah dan instalasi pengolahan air limbah dari lumpur biologis tanpa pengaturan pengental lumpur (Sludge Thickening)
- Dengan bahan yang andal dan kuat, ini memastikan ketahanan korosi terhadap lumpur agresif, abrasi, dan ideal untuk mengeringkan lumpur berminyak.

Gambar dan bagian dari screw press dapat dilihat pada gambar 2.10 Berikut ini.



**Gambar 2. 10 Mesin Screw Press**

(Sumber :

[https://global.techase.com/a/product/screw\\_press/introduction/70.html](https://global.techase.com/a/product/screw_press/introduction/70.html))

### c. 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.

## 2.5 Persen Removal

Tujuan dari proses pengolahan limbah adalah menurunkan beban pencemar pada limbah tersebut. Banyaknya penurunan beban pencemar tersebut dinyatakan dalam bentuk persentase yang digunakan untuk menilai seberapa efektifnya suatu bangunan dalam menurunkan beban pencemar. Setiap bangunan

memiliki kemampuan menurunkan beban pencemar yang berbeda-beda. Berikut merupakan persentase penurunan beban pencemar berdasarkan beberapa literasi yang digunakan. Persen removal unit pengolahan air limbah disediakan dalam tabel 2.12 dibawah ini.

**Tabel 2. 12 Persen Removal Unit Pengolahan Air Limbah**

Unit	Parameter	% removal	Sumber
Saluran pembawa	-	-	-
Screen	-	-	-
Bak Ekualisai	pH	-	-
Koagulasi	-	-	-
Flokulasi	-	-	-
Bak Pengendap I	TSS	50 – 70 %	Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering ; Treatment and Reuse 4th Edition , hal 396
	BOD	25 – 40 %	
	Total Krom	99 %	(Asmadi et al., 2009), Pengurangan Chrom (Cr) Dalam Limbah Cair Industri Kulit Pada Proses Tannery Menggunakan Senyawa Alkali Ca(OH) <sub>2</sub> , Naoh Dan NaHCO <sub>3</sub> (Studi Kasus Pt. Trimulyo Kencana Mas Semarang)
Activated sludge sistem konvensional	BOD	85 - 95 %	(Sperling & Chernicharo, 2005), Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions hal 851.
- Bak aerasi	COD	85 - 90 %	
- Bak pengendap II	TSS	85 – 95 %	
Sludge Drying Bed	-	-	-

## 2.6 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 :

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:

- Kehilangan tekanan pada saluran terbuka
- Kehilangan tekanan pada bak
- Kehilangan tekanan pada pintu
- Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang dan sebagainya harus di hitung secara khusus.

2) Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris

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

- Kehilangan tekanan pada perpipaan  
Cara yang mudah dengan monogram “Hazen William”  $Q$  atau  $V$  diketahui maka  $S$  didapat dari monogram.
- Kehilangan tekanan pada aksesoris  
Cara yang mudah adalah dengan mengekuivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekuivalen sekaligus  $S$ .
- Kehilangan tekanan pada pompa  
Bisa dihitung dengan rumus, grafik karakteristik pompa serta dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis pompa, cara pemasangan dan sebagainya.
- Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok  
Cara perhitungannya juga dengan bantuan monogram.

### 3) Tinggi Muka Air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan, sehingga dapat mempengaruhi pada proses pengolahan. Kehilangan tekanan bangunan (saluran terbuka dan tertutup) tinggi terjunan yang direncanakan (jika ada) akan berpengaruh pada perhitungan tinggi muka air. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara:

- a. Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir.
- b. Menambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air pada clear well.
- c. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum clear well demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama sesudah intake.

Jika tinggi muka air bangunan sesudah intake ini lebih tinggi dari tinggi muka air sumber, maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air.