

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Buangan

Pencemaran air menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 adalah masuknya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai peruntukannya. Air limbah adalah air dari suatu daerah pemukiman yang telah dipergunakan untuk berbagai keperluan, harus dikumpulkan dan dibuang untuk menjaga lingkungan hidup yang sehat dan baik (Tchobanoglous, 1991). Air buangan juga dapat didefinisikan sebagai kotoran dari masyarakat & rumah tangga dan juga yang berasal dari industri, air tanah, air permukaan serta buangan lainnya atau air buangan yang bersifat kotoran umum (Sugiharto, 1987). 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 (Metcalf & Eddy, 2003).

2.2 Karakteristik Air Buangan

Pada setiap industri menghasilkan air buangan dengan berbagai macam karakteristik yang berbeda dengan industri yang lainnya. Karakteristik air buangan yang dihasilkan dari suatu industri dipengaruhi oleh bahan baku produksi serta teknologi yang digunakannya. Begitu juga dengan industri penyamakan kulit yang memiliki karakteristik air buangan yang berbeda dengan industri lainnya. Karakteristik air buangan sangat penting untuk diketahui karena sangat dibutuhkan untuk mengetahui proses pengolahan yang akan dilakukan (Metcalf & Eddy, 2003). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, air buangan industri penyamakan kulit memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. 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).

2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik di dalam air secara kimiawi. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses kimia dan mengakibatkan berkurangnya kandungan oksigen terlarut dalam air (Masduqi, 2016).

3. TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 μ m atau lebih besar dari ukuran partikel koloid (Masduqi, 2016). Padatan tersebut mempunyai karakteristik sukar untuk mengendap dalam air limbah. TSS dalam jumlah besar jika tidak diolah dapat menyebabkan kekeruhan dalam air dan jika berada di dasar perairan akan mengganggu proses perkembangbiakan biota air (Azizah, 2017).

4. Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak yang mencemari air sering dikategorikan ke dalam kelompok padatan, yaitu padatan yang mengapung di atas permukaan air. Minyak dan lemak merupakan bahan organik bersifat tetap dan sukar diuraikan oleh bakteri. Karakteristik dari minyak yaitu memiliki berat jenis yang lebih kecil dari pada air sehingga minyak membentuk lapisan tipis di permukaan air dan menutup permukaan yang mengakibatkan terbatasnya oksigen masuk ke dalam air. Kandungan minyak dan lemak yang berlebih memiliki dampak yang nyata terhadap air yaitu dapat mengurangi penetrasi cahaya dan oksigen terhadap permukaan air sehingga mengakibatkan laju proses fotosintesis berkurang (Hendrawan, 2008).

5. 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. Pada 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 air buangan (Asmadi et al., 2009). Industri penyamakan kulit merupakan industri yang menggunakan senyawa Krom sulfat pada proses produksinya, sehingga air buangan dari industri ini termasuk limbah berbahaya dan beracun (B3) karena mengandung senyawa Krom total (Cr) (Wardhani et al., 2013).

2.3 Bangunan Pengolahan Air Buangan

2.3.1 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* (Metcalf & Eddy, 2003).

1. 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 dialirkan 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 airnya akan dipengaruhi oleh udara luar (atmosfer) karena tidak memiliki penutup. Sedangkan saluran pembawa tertutup (*pipe flow*) merupakan saluran yang permukaan airnya 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**.

Tabel 2.1 Kriteria Perencanaan Saluran Pembawa

Kriteria Perencanaan	Nilai
Kecepatan aliran (v)	0,3 m/s – 0,6 m/s
Koefisien Manning (n)	0,013
Freeboard (fb)	5 % - 30 %

(Sumber: Chow, V. T., 1959.)

Rumus yang digunakan pada perencanaan saluran pembawa adalah sebagai berikut (Chow, V. T., 1959):

- Luas Permukaan (A)

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

Keterangan:

A = Luas Permukaan saluran pembawa (m²)

Q = Debit limbah (m³/s)

v = Kecepatan fluida dalam saluran pembawa (m/s)

- Kedalaman Saluran (H)

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

Keterangan:

H = Kedalaman air dalam saluran pembawa (m)

A = Luas permukaan saluran pembawa (m²)

B = Lebar saluran pembawa (m)

- Kedalaman Total (H_{total})

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

Keterangan:

H = Kedalaman air dalam saluran pembawa (m)

Fb = 5 – 30% ketinggian

- Jari-jari Hidrolis

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

Keterangan:

R = Jari-jari hidrolis (m/s)

B = Kedalaman air dalam saluran pembawa (m)

H = Lebar saluran pembawa

- Slope Saluran

$$S = \left(\frac{n \times Q}{A \times R^3} \right)^2$$

Keterangan:

S = Kemiringan saluran (m/m)

n = koefisien kekasaran Manning

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

R = jari jari Hidrolis (m)

- Cek Kecepatan

$$v = \frac{S \times R^{\frac{4}{3}}}{n^2}$$

Keterangan:

v = Kecepatan fluida dalam saluran pembawa (m/s)

S = Slope saluran (m/m)

R = Jari-jari hidrolis (m/s)

n = Koefisien manning

- Headloss Saluran

$$H_f = S \times L$$

Keterangan:

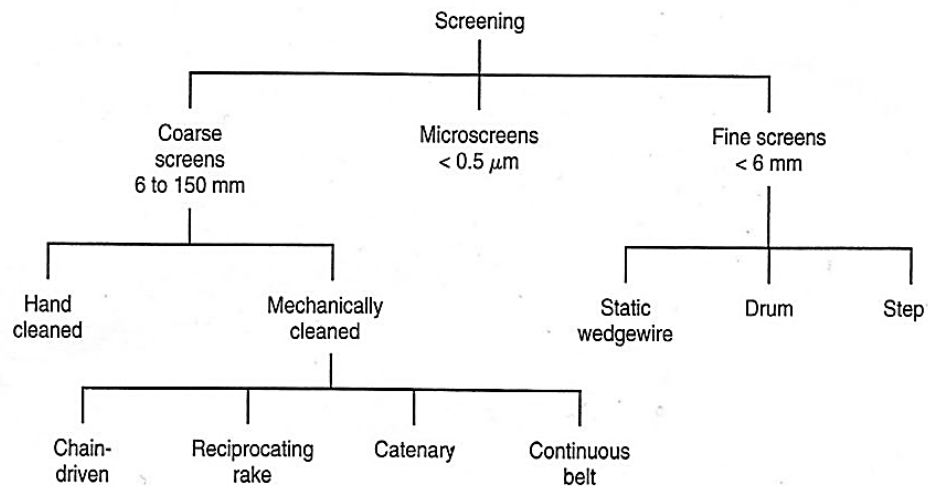
Hf = Headloss saluran (m)

S = slope saluran (m/m)

$L = \text{panjang saluran (m)}$

2. *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, 2017). Pengelompokan screen berdasarkan ukuran partikelnya dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Pengelompokan Screen Berdasarkan Ukuran Partikel

(Sumber: Metcalf & Eddy, 2003)

Pada pengolahan air limbah, penyaring kasar (*coarse screen*) 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 disaring dengan sederet baja yang diletakkan dan dipasang melintang arah aliran. *Screening* dengan pembersihan secara mekanis, bahannya terbuat dari stainless steel atau dari

plastik (Metcalf & Eddy, 2003). Kriteria Perencanaan *Coarse Screen* dapat di lihat pada **Tabel 2.2** dibawah ini.

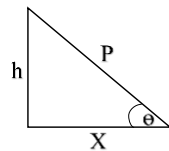
Tabel 2.2 Kriteria Perencanaan *Coarse Screen*

Parameter	Satuan dalam U.S			Satuan dalam SI		
	Metode Pembersihan			Metode Pembersihan		
	Satuan	Manual	Mekanis	Satuan	Manual	Mekanis
Ukuran Batang						
Lebar	in	0,2–0,6	0,2-0,6	mm	5-15	5-15
Kedalaman	in	1,0–1,5	1,0-1,5	mm	25-38	25-38
Jarak antar batang	in	1,0-2,0	0,6-3,0	mm	25-50	15-75
Kemiringan terhadap vertikal	°	30-45	0-30	°	30-45	0-30
Kecepatan						
Maksimum	ft/s	1,0-2,0	2,0-3,25	m/s	0,3-0,6	0,6-1,0
Minimum	ft/s		1,0-1,6	m/s		0,3-0,5
headloss	In	6	6-24	m/s	150	150-600

(Sumber: Metcalf & Eddy, 2003)

Rumus yang digunakan pada perencanaan unit *screening* adalah sebagai berikut (Metcalf & Eddy, 2003):

- Dimensi *Bar Screen*



Panjang kisi (P)

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

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

Keterangan:

θ = sudut kemiringan kisi

h = tinggi bar screen (m)

x = jarang kemiringan kisi (m)

- Jumlah Kisi

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

Keterangan:

W_s = lebar saluran (m)

n = jumlah kisi

d = lebar kisi (m)

r = jarak antar kisi (m)

- Lebar Bukaannya Kisi

$$W_c = W_s - n \cdot d$$

Keterangan:

W_c = lebar bukaan kisi (m)

W_s = lebar saluran (m)

n = jumlah kisi

d = lebar kisi (m)

- Kecepatan yang melalui screen

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

dengan:

v_i = kecepatan yang melalui screen (m/s)

Q = debit limbah (m³/s)

W_c = lebar bukaan kisi (m)

h = tinggi bar screen (m)

- Headloss 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)

3. Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi berfungsi untuk menyeragamkan debit air limbah yang berfluktuasi pada kondisi puncak dan minimum. Pertimbangan menggunakan bak ekualisasi dalam sistem ini ialah untuk meningkatkan kinerja pengolahan biologi karena akan mengurangi potensi efek *shock loading* serta dapat menstabilkan pH. Waktu detensi di bak ekualisasi maksimum 30 menit untuk mencegah terjadinya pengendapan dan dekomposisi air limbah. Tinggi muka air saat kondisi puncak harus berada di bawah aliran masuk agar tidak terjadi aliran balik. Setelah keluar dari bak ekualisasi ini, debit air limbah yang berfluktuasi akan menjadi debit rata-rata (KPUPR, 2018). Manfaat dengan adanya bak ekualisasi untuk mengolah limbah industri adalah sebagai berikut (Metcalf & Eddy, 2003):

- a. Mengurangi fluktuasi bahan organik yang diolah untuk mencegah *shock loading* pada proses biologis.
- b. Mengontrol pH atau meminimumkan kebutuhan bahan kimia yang diisyaratkan untuk proses netralisasi.
- c. Meminimumkan aliran pada proses pengolahan fisik – kimia dan mengetahui rata-rata kebutuhan bahan kimia.
- d. Memberikan kapasitas untuk mengontrol aliran limbah.
- e. Mencegah tingginya konsentrasi bahan berbahaya yang masuk pada proses pengolahan biologis.

Terdapat beberapa komponen utama dan pendukung yang harus diperhatikan dalam melakukan perencanaan bak ekualisasi. Adapun komponen-komponen tersebut yaitu (KPUPR, 2018):

- a. Ruang Pompa, Untuk mengatur debit air limbah, maka penggunaan pompa dapat diatur dengan debit sesuai penghitungan debit ekualisasi.
- b. *Mixer/Aerator*, Komponen ini berfungsi untuk menyeragamkan air limbah, khususnya terkait kualitas, selama berada di dalam bak ekualisasi. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi pengendapan material

padatan ke dasar bak. Aerasi juga diperlukan untuk mencegah air limbah menjadi septik dan bau.

Kriteria perencanaan bak ekualisasi memiliki kriteria desain seperti pada **Tabel 2.3** di bawah ini:

Tabel 2.3 Kriteria Desain Bak Ekualisasi

No.	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
1	Kedalaman air minimum	h_{min}	1,5 – 2	m
2	Ambang bebas	h_{fb}	< 1	m
3	Laju pemompaan udara	Q_{udara}	0,01 – 0,015	m^3/m^3 - menit
4	Kemiringan dasar tangki	S	40 – 100	mm/m diameter
5	Waktu detensi	Td	< 30	menit

(Sumber: KPUPR, 2018.)

Pada perencanaan bak ekualisasi, diperlukan pompa untuk mengalirkan limbah ke unit pengolahan selanjutnya. Fungsi pompa adalah sebagai alat pemindahan fluida melalui saluran terbuka/tertutup didasarkan dengan adanya peningkatan energi mekanika fluida. Tambahan energi ini akan meningkatkan kecepatan dan tekanan fluida (Metcalf & Eddy, 2003). Klasifikasi jenis pompa yang dapat digunakan untuk memompa air limbah dari bak ekualisasi ke bak atau pengolahan selanjutnya dapat di lihat dalam **Tabel 2.4**.

Tabel 2.4 Klasifikasi Pompa

Klasifikasi Utama	Tipe Pompa	Kegunaan Pompa
Kinetik	Centrifugal	<ul style="list-style-type: none"> • Air limbah sebelum diolah • Penggunaan lumpur kedua • Pembuangan effluent
	Peripheral	<ul style="list-style-type: none"> • Limbah logam, pasir lumpur, air limbah kasar

Klasifikasi Utama	Tipe Pompa	Kegunaan Pompa
	Rotor	<ul style="list-style-type: none"> • Minyak, pembuangan gas permasalahan zat-zat kimia pengaliran lambat untuk air dan air buangan
Posite Displacement	Screw	<ul style="list-style-type: none"> • Pasir, pengolahan lumpur pertama dan kedua • Air limbah pertama • Lumpur kasa
	Diafragma Penghisap	<ul style="list-style-type: none"> • Permasalahan zat kimia • Limbah logam • Pengolahan lumpur pertama dan kedua
	Air Lift	<ul style="list-style-type: none"> • Pasir, sirkulasi dan pembuangan lumpur kedua
	Pneumatic Ejector	<ul style="list-style-type: none"> • Instalasi pengolahan limbah skala kecil

(Sumber: Qasim, 1999)

2.3.2 Pengolahan Primer (*Primary Treatment*)

Pengolahan primer merupakan proses pengolahan pendahuluan untuk menghilangkan padatan tersuspensi, koloid, serta penetralan yang umumnya menggunakan proses fisika atau proses kimia. Pada proses ini bertujuan untuk menghilangkan zat padat maupun gas yang tercampur melalui proses fisika dan kimia. Zat padat maupun gas yang tercampur melalui proses tersebut akan dihilangkan melalui pengapungan dan pengendapan (Said, 2017). Berikut adalah beberapa unit pengolahan primer pada pengolahan air limbah:

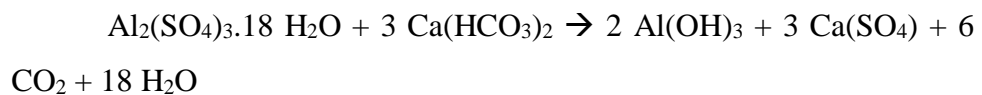
1. *Dissolved Air Flotation* (DAF)

Flotasi adalah unit operasi yang digunakan untuk memisahkan partikel padat atau cair dari fase cair. Pemisahan dilakukan dengan memasukkan gelembung gas halus (udara) ke dalam fase cair. Gelembung menempel pada partikel, dan gaya apung gabungan partikel dan gelembung gas cukup besar untuk menyebabkan partikel naik ke permukaan. Partikel yang memiliki densitas lebih tinggi dari cairan dengan demikian dapat dibuat naik. *Air flotation* atau aerasi pada tekanan atmosfer terjadi ketika udara akan masuk ke dalam fluida dengan menggunakan mekanisme rotor-disperser. Rotor yang terendam dalam fluida akan mendorong udara menuju disperser sehingga udara bercampur dengan air dan partikel yang mengapung dapat disisihkan. Sistem ini memiliki keuntungan antara lain tidak memerlukan area yang luas dan lebih efektif dalam menyisihkan partikel minyak (Metcalf & Eddy, 2003).

Proses flotasi udara terlarut atau *Dissolved Air Flotation* (DAF) merupakan sistem pengolahan air yang telah terbukti efektif dalam proses pemisahan partikel tak terlarut dari dalam air. Prinsip dari proses ini adalah terjadinya pengikatan flok oleh gelembung-gelembung udara yang berasal dari proses pencampuran antara udara dengan air dalam tekanan tinggi, sehingga udara akan terlarut dalam air dan membentuk gelembung-gelembung udara dengan ukuran yang sangat kecil, antara 10 mm – 100 mm. Pada proses ini padatan tersuspensi dan akan dipisahkan dengan sistem mekanik (Andrian et al., 2020).

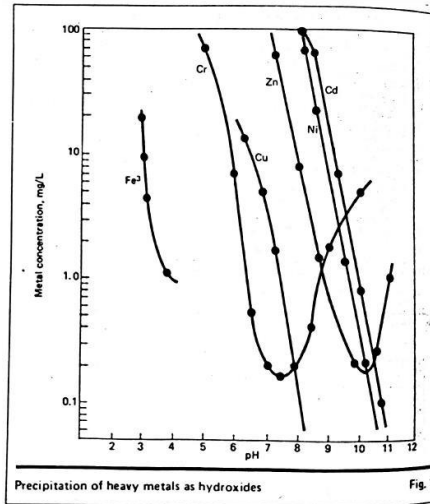
Sistem dalam *Dissolved Air Flotation* (DAF) udara didistribusikan dipecahkan dalam air limbah di bawah tekanan beberapa atmosfer, diikuti dengan pelepasan tekanan ke tingkat atmosfer. Pada sistem tekanan kecil, seluruh aliran dapat diberi tekanan melalui pompa hingga 275 hingga 350 kPa dengan udara terkompresi ditambahkan pada *suction* pompa. Pada tangki retensi di bawah tekanan selama beberapa menit untuk memberikan waktu bagi udara untuk larut, kemudian masuk melalui katup pengurang tekanan ke tangki flotasi di mana udara keluar dari oli dengan gelembung yang sangat halus (Metcalf & Eddy, 2003).

Pada perancangan kali ini, unit DAF dimodifikasi dengan penambahan bahan kimia alumunium sulfat [$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$] yang bertujuan untuk membentuk flok agar parameter TSS dapat terendapkan. Alumunium sulfat dapat digunakan sebagai koagulan dalam pengolahan air buangan. Koagulan ini pada umumnya disebut dengan tawas, bahan ini dipakai karena efektif untuk menurunkan kadar karbonat. 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 4,5 – 7 (Eckenfelder, 2000). Pembentukan flok alumunium hidroksida merupakan hasil dari reaksi antara koagulan yang bersifat asam dan alkalinitas alami air. Adapun reaksi dasarnya adalah sebagai berikut (Asmadi, 2011):



2. Presipitasi

Logam berat adalah logam yang menjadi perhatian khusus dalam pengolahan air limbah industri, seperti tembaga, perak, seng, kadmium, merkuri, timbal, kromium, besi, dan nikel. Sebagian besar logam berat yang ditemukan dalam proses pengolahan limbah berada dalam bentuk anorganik. Logam mengendap pada berbagai tingkat pH, tergantung pada faktor-faktor seperti logam itu sendiri, garam tidak larut yang telah terbentuk (misalnya, hidroksida, karbonat, sulfida, dll.) (Lanouette, 1976). Kurva presipitasi teoritis untuk berbagai logam sebagai hidroksida ditunjukkan pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Kurva presipitasi teoritis untuk berbagai logam sebagai hidroksida.

(Sumber: Lanouette, 1976)

Presipitasi adalah proses penurunan kadar logam berat dengan cara meningkatkan pH terhadap limbah cair dengan pelarut $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan NaOH dengan variasi pH yang di tentukan pula dengan waktu pengendapan sampel pencemaran lingkungan akibat logam berat. Pada presipitasi, bahan kimia yang dapat digunakan dapat dilihat pada **Tabel 2.5**.

Tabel 2.5 Bahan kimia yang dapat digunakan untuk presipitasi

Logam Berat	pH Pengendapan	Konsentrasi Akhir	Agen Presipitasi
Cadmium (Cd)	10	0,1	Lime $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$, soda ash (kasus tertentu memberikan reaksi kimia yang lebih baik)
Krom Heksavalen (Cr^{6+})	9	0,5	Lime $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$, Caustic
Krom Total (Cr)	9	0,5	Lime $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$, Caustic

Logam Berat	pH Pengendapan	Konsentrasi Akhir	Agen Presipitasi
Tembaga (Cu)	10	0,5	Lime [Ca(OH) ₂], Caustic
Nikel (Ni)	10	0,5	Lime [Ca(OH) ₂], soda ash (kasus tertentu memberikan reaksi kimia yang lebih baik)
Seng (Zn)	9	0,5	Lime [Ca(OH) ₂], Caustic

(Sumber: Lanouette, 1976)

Pengendapan maksimum Cr³⁺ terjadi pada pH 8,7 dengan penambahan Ca(OH)₂ dan konsentrasi kromat diturunkan dari 30 mg/L menjadi 0,01 mg/L. *Caustic* (NaOH) digunakan dalam instalasi yang lebih kecil di mana biaya kimia harian tidak akan signifikan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Asmadi, et al (2009) diketahui bahwa NaOH merupakan senyawa alkali yang paling efektif menyisihkan Krom total (Cr) pada limbah cair penyamakan kulit dan mudah untuk diterapkan karena senyawa NaOH mudah didapatkan. pH larutan digunakan sebagai acuan variasi kondisi optimum karena dapat menunjukkan banyaknya presipitan yang ditambahkan sehingga dapat diketahui pengaruh penambahan NaOH terhadap penurunan konsentrasi parameter pencemar pada limbah cair penyamakan kulit. Adapun persamaan reaksi kimia antara logam berat krom ketika ditambahkan NaOH adalah sebagai berikut (Metcalf & Eddy, 2003):



3. Sedimentasi

Sedimentasi adalah salah satu pengolahan air limbah yang bertujuan untuk menghilangkan padatan yang mudah mengendap dan material yang mengapung, sehingga dapat mengurangi kandungan padatan tersuspensi. Sedimentasi primer digunakan sebagai langkah awal dalam pengolahan lebih lanjut air limbah (Metcalf & Eddy, 2004).

Bak sedimentasi dapat berbentuk segi empat (*Rectangular Tanks*) atau lingkaran (*Circular Tanks*). Pada bak ini aliran air limbah sangat tenang untuk memberi kesempatan padatan/suspense untuk mengendap (Said, 2017). Kriteria perencanaan bak sedimentasi dapat dilihat pada **Tabel 2.6**.

Tabel 2.6 Kriteria Desain Bak Sedimentasi

Parameter Desain	Satuan dalam U.S			Satuan dalam SI		
	Satuan	Rang	Tipika	Satuan	Rang	Tipika
<i>Rectangular</i> :						
Kedalaman	ft	10-16	14	m	3-4,9	4,3
Panjang	ft	50-300	80-130	m	15-90	24-40
Lebar	ft	10-80	16-32	m	3-24	4,9-9,8
Kecepatan pengeruk lumpur	ft/min	2-4	3	m/min	0,6-1,2	0,9
<i>Circular:</i>						
Kedalaman	ft	10-16	14	m	3-4,9	4,3
Diameter	ft	10-200	40-150	m	3-60	12-45
<i>Slope</i> dasar	In/ft	¾-2/ft	1,0/ft	mm/mm	1/16-1/6	1/12
Kecepatan pengeruk lumpur	r/min	0,02-0,05	0,03	r/min	0,02-0,05	0,03
Waktu tinggal hidrolis	-	-	-	jam	1,5-2,5	2,0

Parameter Desain	Satuan dalam U.S			Satuan dalam SI		
	Satuan	Rang	Tipika	Satuan	Rang	Tipika
	n	e	l		e	l
<i>Overflow rate:</i>						
Aliran rata-rata	-	-	-	m ³ /m ² .hari	32-40	-
Aliran puncak	-	-	-	m ³ /m ² .hari	80-120	100

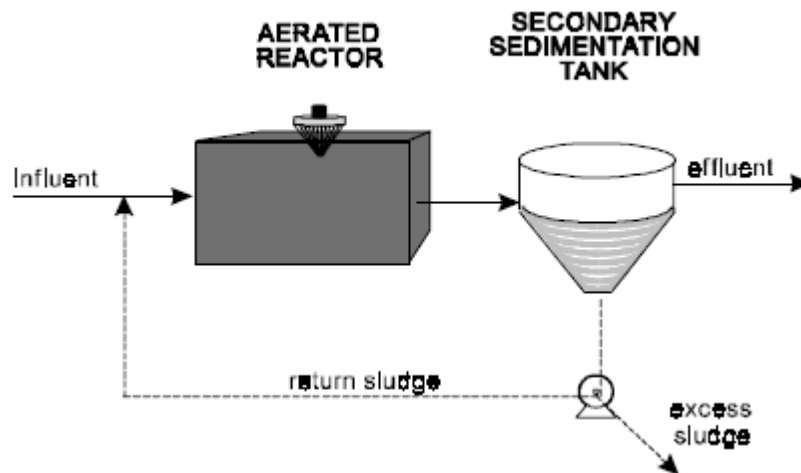
(Sumber: Metcalf & Eddy, 2003)

2.3.3 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). Berikut adalah beberapa unit pengolahan sekunder pada pengolahan air limbah:

1. 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 CO₂ dan H₂O, NH₄, dan sel biomassa baru. Udara disalurkan melalui pompa blower (*diffused*) atau melalui aerasi mekanik. Sel mikroba membentuk flok yang akan mengendap di tangki penjernihan (Cavaseno, 1987). Ilustrasi proses activated sludge dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Proses activated sludge.

(Sumber: Marcos, S., 2007)

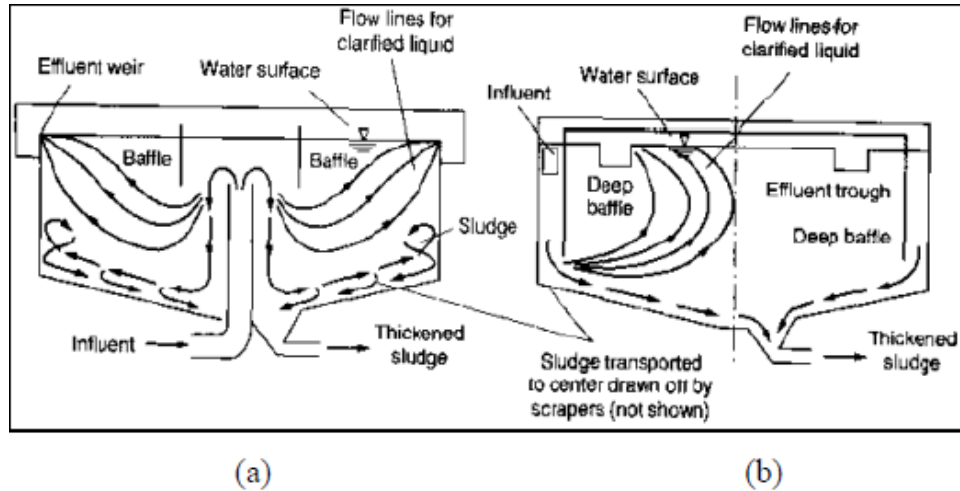
Activated sludge merupakan metode yang memanfaatkan mikroorganisme sebagai katalis untuk menguraikan material yang terkandung di dalam air limbah. Mikroorganisme sendiri selain menguraikan dan menghilangkan kandungan material, juga menjadikan material yang terurai tadi sebagai tempat berkembang biaknya (Marcos, S., 2007).

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 (Marcos, S., 2007).

Tujuan dari proses pengolahan menggunakan unit activated sludge yaitu untuk mengubah buangan organik, menjadi bentuk anorganik yang lebih stabil dimana bahan organik yang lebih terlarut yang tersisa setelah Sedimentasi dimetabolisme oleh mikroorganisme menjadi CO_2 dan H_2O , sedang fraksi terbesar diubah menjadi bentuk anorganik yang dapat dipisahkan dari air buangan oleh sedimentasi (Marcos, S., 2007).

2. Clarifier

Clarifier 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 (Reynolds, 1996).



Gambar 2.4 (a) Unit clarifier dengan influent pipa di tengah
(b) Unit clarifier dengan influent pipa di samping
(Sumber: Metcalf & Eddy, 2003)

Dalam tangki melingkar, pola alirannya radial (berlawanan dengan horizontal). Untuk mencapai pola aliran radial, air limbah yang akan disetel dapat dimasukkan di tengah atau di sekitar pinggiran tangki, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.4**. Kedua konfigurasi aliran bisa digunakan, meskipun tipe influent tengah lebih umum, terutama untuk pengolahan primer. Dalam desain influent tengah {lihat **Gambar 2.4** (a)}, air limbah diangkut ke pusat tangki dalam pipa yang digantungkan dari jembatan, atau dibungkus dengan beton di bawah lantai tangki (Metcalf & Eddy, 2003).

Di tengah tangki, air limbah memasuki sumur melingkar yang dirancang untuk mendistribusikan aliran secara merata ke segala arah. Sumur tengah memiliki diameter biasanya antara 15 dan 20 persen dari diameter tangki total dan kedalaman berkisar dari 1 hingga 2,5 m. Air limbah mengalir secara spiral di sekitar tangki dan di bawah baffle, dan

cairan yang telah dijernihkan disaring melewati pelimpah/weir di kedua sisi (Metcalf & Eddy, 2003).

Tangki melingkar dengan diameter 3,6 hingga 9 m memiliki peralatan penghilang padatan (scraper) didukung pada balok yang membentang tangki. Tangki berdiameter 10,5 m dan lebih besar memiliki dermaga pusat yang mendukung mekanisme dan dicapai dengan jembatan. Waktu tinggal berdasarkan rata-rata aliran per hari, biasanya 1-2 jam. Kedalaman clarifier rata-rata 3 – 4,6 m. Clarifier yang menghilangkan lumpur biasanya mempunyai kedalaman ruang lumpur (sludge blanket) yang kurang dari 0,6 meter (Metcalf & Eddy, 2003).

2.3.4 Pengolahan Lumpur (*Sludge Treatment*)

Dari pengolahan air limbah maka akan menghasilkan produk samping yang berupa lumpur. Lumpur atau *sludge* tersebut perlu dilakukan 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 (Metcalf & Eddy, 2003):

- Sludge sebagian besar dikomposisi dari bahan-bahan yang bertanggung jawab 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).

Pengolahan lumpur yang digunakan pada perancangan ini adalah *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 (Metcalf & Eddy, 2003).

Pengeluaran air lumpur dilakukan melalui media pengering secara gravitasi dan penguapan sinar matahari. Lumpur yang berasal dari pengolahan air limbah secara langsung tanpa proses pemekatan terlebih dahulu dapat dikeringkan dengan drying bed. Bak pengering berupa bak dangkal berisi media penyaring pasir dan batu kerikil sebagai penyangga pasir, serta saluran air tersaring (filtrat) di bagian bawah bak. Pada bagian dasar bak pengering dibuat saluran atau pipa pembuangan air (drain). Media penyaring merupakan bahan yang memiliki pori besar untuk ditembus air. Pasir, ijuk, dan kerikil merupakan media penyaring yang sering digunakan (Metcalf & Eddy, 2003).

Pengurangan kandungan air dalam lumpur menggunakan sistem pengeringan alami dengan matahari, maka air akan keluar melalui saringan dan penguapan. Pada mulanya keluarnya air melalui saringan berjalan lancar dan kecepatan pengurangan air tinggi, tetapi jika bahan penyaring (pasir) tersumbat maka proses pengurangan air hanya tergantung kecepatan penguapan. Kecepatan pengurangan air pada bak pengering lumpur seperti ini bergantung pada penguapan dan penyaringan, dan akan sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca seperti suhu, kelembaban, kecepatan angin, sinar matahari, hujan, ketebalan lapisan lumpur, kadar air, sifat lumpur yang masuk dan struktur kolam pengeringan (Metcalf & Eddy, 2003).

2.4 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 2.7** dibawah ini.

Tabel 2.7 Persen Removal Unit Pengolahan Air Limbah

Unit	Parameter	% Removal	Sumber
Saluran Pembawa	-	-	-
<i>Coarse Screen</i>	-	-	-
Bak Ekualisasi	-	-	-
<i>Dissolved Air Flotation (DAF)</i>	Minyak dan Lemak	65-98%	Qasim, 1999. 7.18 Flotation and Foaming)
	TSS	65-95%	
Presipitasi	-	-	-
Sedimentasi	Krom Total	99.35%	Wardhani, E., Dirgawati, M., & Alvina, I. F. (2013). Kombinasi proses presipitasi dan adsorpsi karbon aktif dalam pengolahan air limbah industri penyamakan kulit. Lingkungan Tropis, 7(1).)
	BOD	97.23%	
	COD	96.06%	
	TSS	41.22%	
<i>Activated Sludge</i>	-	-	-
<i>Clarifier</i>	TSS	60-85%	Cavaseno, 1976, Industrial Wastewater and Solid Waste Engineering hlm. 15)
	BOD	80-99%	
	COD	50-95%	

(Sumber: Hasil Analisis, 2022)

2.5 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 hidroliis 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. \rightarrow
- 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.