

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Limbah Industri Pelapisan Logam

Setiap industri memiliki karakteristik yang berbeda, sesuai dengan produk yang dihasilkan. Demikian pula dengan industri pelapisan logam yang mempunyai karakteristik limbah cair industri, menurut Peraturan Daerah (PERDA) Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Parameter Air Limbah Industri Elektroplating

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu
1.	TDS	mg/L	2000
2.	TSS		20
3.	Kadmium (Cd)		0,05
4.	Sianida Total (CN) Tersisa		0,2
5.	Logam Total		8
6.	Krom Total (Cr)		0,5
7.	Tembaga (Cu)		0,5
8.	Nikel (Ni)		1
9.	Seng (Zn)		1
10.	Timbal (Pb)		0,1
11.	pH	-	6-9

(Sumber : Peraturan Daerah (PERDA) Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY)
Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah

2.1.1 pH

Konsentrasi ion hidrogen atau yang biasa disebut derajat keasaman (pH) merupakan parameter yang penting baik untuk air maupun air limbah. pH memiliki definisi logaritma negatif pada konsentrasi ion hidrogen. $pH = - \log_{10} [H^+]$. Rentang pH yang cocok untuk keberadaan kehidupan biologis yang paling sesuai adalah 6-9. Air limbah dengan pH yang ekstrim sulit untuk pengolahan

secara biologis dan jika tidak dilakukan penetralan pH sebelum air limbah diolah akan merubah kondisi di perairan alami.

(Metcalf & Eddy, "Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 57).

Kandungan pH total air buangan dari proses elektroplating ini adalah 2,5 mg/L, sedangkan baku mutu yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 6,0 – 9,0 mg/L Peraturan Daerah (PERDA) Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah.

2.1.2 TSS (Total Suspended Solid)

TSS (*Total Suspended Solid*) merupakan material padat termasuk organik dan anorganik dapat berupa mikroba, kotoran manusia maupun binatang, dan limbah industri (Mulyanto dan Dharmawan, 2017). Metode yang digunakan dalam penentuan kadar TSS (*Total Suspended Solid*), yaitu metode gravimetri dengan prinsip zat padat dalam air akan tertahan dalam saringan membran ber diameter 47 mm, kemudian dipanaskan pada suhu 103–105°C selama minimal 1 jam hingga diperoleh berat tetap (APHA, 2017).

Zat padat tersuspensi (*total suspended solid*) adalah seluruh zat padat baik pasir, lumpur maupun tanah liat atau partikel-partikel yang tersuspensi dalam air lainnya dapat Berupa komponen biotik misalnya fitoplankton, zooplankton, bakteri atau komponen abiotik misalnya detritus dan partikel-partikel endapan lainnya. Zat padat tersuspensi merupakan tempat terjadinya reaksi-reaksi kimia yang heterogen dan berfungsi sebagai bahan endapan yang terbesar dalam kolom air (Mustofa, 2017).

2.1.3 TDS (Total Dissolved Solid)

Total Dissolved solids alias disingkat TDS. Arti dari TDS adalah “benda padat yang terlarut” yaitu semua mineral, garam, logam, serta kation-anion yang terlarut di air. Termasuk semua yang terlarut di luar molekul air murni (H₂O). Secara umum, konsentrasi benda-benda padat terlarut merupakan jumlah antara

kation dan anion di dalam air. TDS terukur dalam satuan Parts per Million (ppm) atau perbandingan rasio berat ion terhadap air.

TDS (*Total Dissolved Solid*) merupakan bahan-bahan padatan dapat terlarut dalam air yang terdiri dari senyawa-senyawa anorganik dan organik baik berupa air mineral dan garam-garamnya. Metode yang digunakan dalam penentuan kadar TDS (*Total Dissolved Solid*), yaitu metode gravimetri dengan prinsip zat padat terlarut akan lolos melalui saringan membran berdiameter 47 mm, kemudian dikeringkan pada suhu 180–185°C selama minimal 1 jam hingga diperoleh berat tetap (APHA, 2017).

2.1.4 Logam Berat

Logam berat dibagi menjadi dua jenis yaitu: Logam berat esensial adalah logam dalam jumlah tertentu yang sangat dibutuhkan oleh organisme. Akan tetapi, logam tersebut bisa menimbulkan efek racun jika dalam jumlah yang berlebihan. Contohnya yaitu: Zn, Cu, Fe, Co, Mn, dan lainlain. Logam berat tidak esensial adalah logam yang keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya, bahkan bersifat racun. Contohnya yaitu: Hg, Cd, Pb, Cr, dan lainlain. Logam berat yang mencemari lingkungan, baik dalam udara, air, dan tanah berasal dari proses alami dan kegiatan industri. Proses alami dapat berasal dari bebatuan gunung berapi yang memberikan kontribusi ke lingkungan udara, air, dan tanah. Kegiatan manusia yang bisa menambah pencemaran lingkungan berupa kegiatan industri, pertambangan, pembakaran bahan bakar, serta kegiatan domestik lain yang mampu meningkatkan kandungan logam di lingkungan udara, air, dan tanah (Widowati, 2008 dalam Lisa. N, 2013).

a. Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) adalah logam dengan nomor atom 29, massa atom 63,546, titik lebur 1083°C, titik didih 2310°C, jari-jari atom 1,173 Å dan jari-jari ion Cu²⁺ 0,96 Å. Tembaga adalah logam transisi (golongan I B) yang berwarna kemerahan, mudah renggang dan mudah ditempa. Tembaga bersifat racun bagi makhluk hidup.

b. Total Krom (Cr)

Chrom memiliki berat atom 52, nomor atom 24, densitas 7,2 juga titik leleh $1857 \pm 20^{\circ}\text{C}$, dan titik didih $2,672^{\circ}\text{C}$. *Chrom* dapat beradadalam beberapa tingkat oksidasi, yaitu +2, +3, +6 (Nordberg *et al.*, 2007). *Chrom* adalah logam yang bersifat persiten, biokumulatif, dantoksik. *Chrom* tidak dapat terurai di dalam tubuh manusia melalui rantai makanan. *Chrom* memiliki toksisitas mulai dari tingkat toksisitas terendah, yaitu Cr (0), Cr (III), dan Cr (VI). Cr (VI) pada umumnya 1000 kali lebih toksik dibandingkan dengan Cr (III).

c. Nikel (Ni)

Nikel (Ni) adalah logam berwarna putih keperakan dengan nomor atom 28 dan massa atom 58,71. Nikel terdapat dalam muatan 0, +1, +2, dan +3. Nikel biasanya ditemui dalam bentuk senyawa nikel oksida, nikel hidroksida, nikel sulfat, nikel klorida, dan nikel karbonil. Garam nikel terbentuk dari asam kuat dan asam anorganik, sementara garam nikel dari asam organik lemah bersifat terlarut. Nikel tahan terhadap korosi oleh udara, air, dan alkali (Nordberg *et al.*, 2007). Karakteristik inilah yang membuat nikel banyak digunakan dalam industri logam.

Nikel berada secara alami di alam terutama dalam bentuk sulfide dan oksida. Nikel diekstraksi dari bantuan mentah nikel sulfida dengan menggunakan metode flotasi, separasi magnetik, pemanggangan, dan *smelting*. Pemurnian lebih lanjut dilakukan dengan pemanasan pada temperatur tinggi (780°C) dan penanganan dengan asam sulfat panas. Nikel akan tereduksi oleh gas hidrogen dan bereaksi dengan karbon monoksida membentuk nikel karbonil yang volatil. Nikel murni dapat diproduksi dengan memanaskan nikel karbonil hingga terdekomposisi menjadi nikel murni dan karbon monoksida (Nordberg *er al.*, 2007). Nikel dalam industri digunakan untuk berbagai macam hal, diantaranya adalah produksi baja dan campuran logam, electroplating produksi baterai nikel-kadmium, katalis kimia, pembuatan komponen elektronik, dan lain- lain.

2.2 Bangunan Pengolahan Air Buangan

Tujuan utama pengolahan limbah adalah mengurangi partikel-partikel BOD, membunuh organisme patogen, menghilangkan nutrien, mengurangi komponen beracun, mengurangi bahan-bahan yang tidak dapat didegradasi agar konsentrasinya menjadi lebih rendah. Kegiatan pengolahan air limbah perlu dikelola dengan baik tergantung dari jenis kandungan limbahnya. Pengolahan terhadap tingkat perlakuannya dan pengolahan terhadap sifatnya.

Dilihat dari tingkat perlakuannya, proses pengolahan air limbah terdiri dari empat tahapan dalam pengolahan air limbah, yakni :

1. Pengolahan Pendahuluan (Pre - Treatment)
2. Pengolahan Pertama (Primary - Treatment)
3. Pengolahan Kedua (Secondary - Treatment)
4. Pengolahan Ketiga (Tertiary - Treatment)
5. Pengolahan Lumpur (Sludge - Treatment)

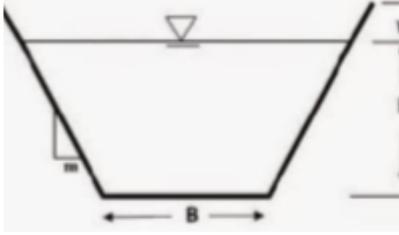
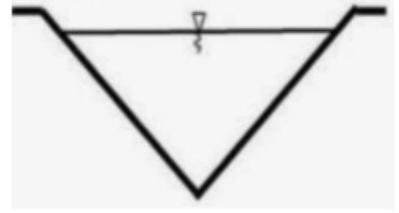
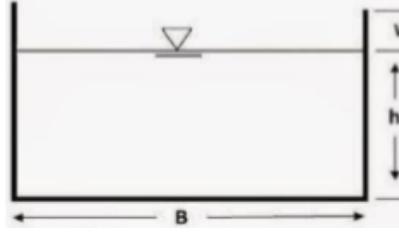
(Sugiharto, 1987)

2.2.1 Pengolahan Pendahuluan (Pre-Treatment)

2.2.1.1 Saluran Pembawa

Saluran pembawa adalah saluran yang mengantarkan air dari satu bangunan ke bangunan pengolahan air limbah lainnya. Saluran pembawa ini biasa terbuat dari dinding berbahan beton. Saluran pembawa ini juga dapat dibedakan menjadi saluran pembawa terbuka dan tertutup. Saluran ini mampu mengalirkan air dengan memerhatikan beda ketinggian atau perbedaan elevasi antara bangunan yang satu dengan bangunan yang lainnya. Apabila saluran pembawa ini di atas lahan yang datar, maka diperlukan kemiringan/*slope* (m/m). 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. 2 Tipe Saluran Pembawa

No	Tipe Saluran	Potongan Melintang	Bahan yang Digunakan
1.	Bentuk Trapesium		Tanah asli
2.	Bentuk Segitiga		Pasangan batu kali atau tanah asli
3.	Segi Empat		Pasangan batu kali atau beton bertulang

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

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

Rumus yang digunakan :

- Luas Permukaan (A)

$$A = \frac{Q \left(\frac{m^3}{detik} \right)}{v \left(\frac{m}{detik} \right)}$$

dengan :

A = Luas Permukaan Saluran Pembawa (m²)

Q = Debit Limbah (m³/detik)

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

- Kedalaman Saluran (H)

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

dengan :

H = Ketinggian Air dalam Saluran Pembawa (m)

A = Luas Permukaan Saluran Pembawa (m²)

B = Lebar Saluran Pembawa (m)

- Ketinggian Total

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

dengan :

H = Ketinggian Air dalam Saluran Pembawa (m)

Freeboard = 20%

- Cek Kecepatan

$$V = \frac{Q \text{ (}\frac{\text{m}^3}{\text{detik}}\text{)}}{A \text{ (m}^2\text{)}}$$

dengan :

Q = Debit Limbah (m³/detik)

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

A = Luas Permukaan Saluran Pembawa (m²)

- Jari-Jari Hidrolis

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

dengan :

R = Jari – jari Hidrolis (m)

H = Ketinggian Air dalam Saluran Pembawa (m)

B = Lebar Saluran Pembawa (m)

- Kemiringan (*Slope*)

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

dengan :

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

n = Koefisien *Manning* Bahan Penyusun Saluran Pembawa

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

R = Jari – jari Hidrolis (m)

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

2.2.1.2 Screen

Pada umumnya screen terdapat dua tipe, yaitu penyaring kasar (*coarse screen*) dan penyaring halus (*fine screen & micro screen*). Adapun fungsi-fungsi dari screen tersebut :

a. Penyaring Kasar (*coarse screen*)

Screen ini berbentuk seperti batangan paralel yang biasa dikenal dengan “*bar screen*”. Berfungsi untuk menyaring padatan kasar yang berukuran dari 6-150 mm, seperti ranting kayu, kain, dan sampah–sampah lainnya. Dalam pengolahan air limbah screen ini digunakan untuk melindungi pompa, *valve*, saluran pipa, dan peralatan lainnya dari kerusakan atau tersumbat oleh benda–benda tersebut. *Bar screen* terbagi lagi menjadi dua, yaitu secara manual maupun mekanik.



Gambar 2. 1 Manual Bar Screen

(Sumber : <https://ig7.ir/en/manual-bar-screen/>)



Gambar 2. 2 Mechanical Bar Screen

(Sumber : <https://www.jyotihydrotech.com/mechanical-bar-screen/>)

Tabel 2. 3 Tabel Spesifikasi Bar Screen

Bagian-Bagian	Manual	Mekanikal
Ukuran kisi	5-15 mm	0,5-15 mm
Lebar	23-38 mm	25-38 mm
Dalam	25-50 mm	15-75 mm
Jarak antar kisi	30°-40°	0°-30°
Slope	0,3-0,6 m/detik	0,6-1 m/detik
Kecepatan melalui bar	150 mm	150-600 mm
Headloss		

(Sumber: *Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004*)

b. Penyaringan Halus (*Fine Screen*)

Penyaring halus (*fine screen*) berfungsi untuk menyaring partikel-partikel yang berukuran kurang dari 6 mm. Screen ini dapat di gunakan 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 (*steptype*). Penyaring halus (*Fine Screen*) yang dapat digunakan untuk menggantikan pengolahan utama (seperti pada pengolahan pengendapan pertama/*primary clarifier*) pada instalasi kecil pengolahan air limbah dengan desain kapasitas mulai dari 0,13 m³/det. *Screen* tipe ini dapat meremoval BOD dan TSS.

c. Penyaringan Halus (*Micro Screen*)

Berfungsi untuk menyaring padatan halus, zat atau material yang mengapung, alga, yang berukuran kurang dari 0,5 μ m. Prinsip yang digunakan pada segala jenis screen ini adalah bahan padat kasar dihilangkan dengan sederet bahan baja yang diletakan dan dipasang melintang arah aliran. Kecepatan arah aliran harus lebih dari 0.3 m/dt sehingga bahan padatan yang tertahan di depan saringan tidak terjepit. Jarak antar batang biasanya 20-40mm dan bentuk penampang batang

tersebut empat persegi panjang berukuran 10mm x 50 mm. Untuk bar screen yang dibersihkan secara manual, biasanya saringan dimiringkan dengan kemiringan 60° terhadap horizontal. (Sumber : Metcalf and Eddy, “*Waste Water Engineering Treatment Disposal Reuse*” 4th edition. hal 316)

Rumus yang digunakan

- Dimensi Batang Screen

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

dengan :

θ = Kemiringan *screen* pada saluran pembawa (o)

h = Ketinggian air dalam saluran (m)

x = Panjang *screen* (m)

- Jumlah batang (n)

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

dengan :

W_s = Lebar saluran (m)

n = Jumlah batang *screen*

d = Diameter *screen* (m)

r = Jarak antar batang *screen* (m)

- Lebar bukaan kisi (W_c)

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

dengan :

W_c = Lebar bukaan kisi (m)

W_s = Lebar saluran (m)

n = Jumlah batang *screen*

d = Diameter *screen* (m)

- Kecepatan saat melalui kisi (V_i) dan kecepatan saat proses pembersihan (V_c)

$$V_i = \frac{Q}{W_c \times \text{Hair}}$$

$$V_c = \frac{Q}{(100\% - \text{Persentase Penyumbatan}) \times W_c \times \text{Hair}}$$

dengan :

V_i = Kecepatan saat melalui kisi (m/s)

V_c = Kecepatan saat terjadi proses pembersihan (m/s)

Q = Debit Limbah (m³/s)

W_c = Lebar bukaan kisi (m)

h_{air} = Tinggi permukaan air dalam saluran (m)

- Tekanan saat melalui kisi (h_v) dan tekanan saat proses pembersihan (h_{vc})

$$H_v = \frac{(V_i)^2}{2g}$$

$$H_{vc} = \frac{(V_c)^2}{2g}$$

dengan :

h_v = Tekanan saat melalui kisi (m)

H_{vc} = Tekanan saat proses pembersihan (m)

V_i = Kecepatan saat melalui kisi (m/s)

V_c = Kecepatan saat terjadi proses pembersihan (m/s)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

- Hilang tekan/Headloss pada kisi (H_f) dan Hilang Tekan/Headloss saat saluran tersumbat (H_{fc})

$$H_f = \beta \times \left(\frac{W_c}{r}\right)^{4/3} \times h_v \times \sin \theta$$

$$H_{fc} = \beta \times \left(\frac{W_c}{r}\right)^{4/3} \times h_{vc} \times \sin \theta$$

dengan :

H_f = Hilang tekan / *Headloss* pada kisi (m)

H_{fc} = Hilang tekan / *Headloss* pada saat saluran tersumbat (m)

β = Faktor bentuk *screen*

W_c = Lebar bukaan kisi (m)

r = Jarak antar batang *screen* (m)

h_v = Tekanan saat melalui kisi (m)

H_{vc} = Tekanan saat proses pembersihan (m)

θ = Kemiringan *screen* pada saluran pembawa (°)

2.2.1.3 Bak Penampung

Merupakan unit penyeimbang (*Stabilization*), sehingga debit serta kualitas limbah yang masuk ke unit instalasi berikutnya sudah dalam keadaan konstan, digunakan sebagai bak penampung dari saluran pembawa, kemudian bak penampung ini juga digunakan untuk mengalirkan air dari satu bangunan kebangunan pengolahan limbah lainnya.



Gambar 2. 3 Bak Penampung
(Sumber : tribunnews.com)

2.2.2 Pengolahan Pertama (*Primary Treatment*)

2.2.2.1 *Ion Exchange*

Ion Exchange atau resin penukar ion dapat didefinisikan sebagai senyawa hidrokarbon terpolierisasi yang mengandung ikatan silang (*crosslinking*) serta gugus-gugus fungsional yang mempunyai ion-ion yang dapat dipertukarkan. Sebagai zat penukar ion resin mempunyai karakteristik yang berguna dalam analisis kimia, antara lain kemampuan menggelembung (*swelling*), kapasitas penukaran dan selektivitas penukaran. Pada saat dikontakan dengan resin penukar ion, maka ion terlarut dalam air akan terserap ke resin penukar ion dan resin akan melepaskan ion lain dalam kesetaraan ekuivalen, dengan melihat kondisi tersebut maka dapat mengatur jenis ion yang diikat dan dilepas. Sebagai media penukar ion, maka resin penukar ion harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Kelarutan yang rendah dalam berbagai larutan sehingga dapat digunakan berulang-ulang. Resin akan bekerja dalam cairan yang mempunyai sifat melarutkan, karena itu harus tahan terhadap air.
2. Kapasitas yang tinggi, yaitu resin memiliki kapasitas pertukaran ion yang tinggi

3. Kestabilan fisik tinggi, yaitu resin diharapkan tahan terhadap tekanan mekanis tekanan hidrostatik cairan serta tekanan osmosis.

(Sumber : Mintari, 2015).

a. Prinsip Pertukaran Ion

Pertukaran ion kebanyakan berupa bahan-bahan organik, yang umumnya dibuat secara sintetik. Bahan tersebut sering juga disebut resin penukar ion. Penukar ion mengandung bagian-bagian aktif dengan ion yang dapat ditukar bagian aktif semacam itu misalnya :

- Pada penukar kation :

Kelompok-kelompok asam sulfo – $\text{SO}_3 - \text{H}^+$ (dengan sebuah ion H^+ yang dapat ditukar).

- Pada penukar anion :

Kelompok-kelompok amonium kuartener – $\text{N} - (\text{CH}_3)_3 + \text{OH}^-$ (dengan sebuah ion OH^- yang dapat ditukar)

Pertukaran ion adalah proses fisika-kimia. Pada proses tersebut senyawa yang tidak larut, dalam hal ini resin menerima ion positif atau negatif tertentu dari larutan dan melepaskan ion lain kedalam larutan tersebut dalam jumlah ekuivalen yang sama. Jika ion yang dipertukarkan berupa kation, maka resin tersebut dinamakan resin penukar kation, dan jika ion yang dipertukarkan berupa anion, maka resin tersebut dinamakan resin penukar anion. Contoh reaksi pertukaran kation dan reaksi pertukaran anion disajikan pada reaksi

Reaksi pertukaran kation :



Reaksi pertukaran anion :



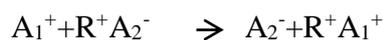
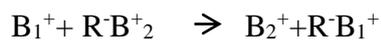
Reaksi pertukaran kation menyatakan bahwa larutan yang mengandung CaCl_2 diolah dengan resin penukar kation NaR , dengan R menyatakan resin. Proses penukar kation yang diikuti dengan penukar anion untuk mendapatkan air yang bebas dari ion-ion penyebab kesadahan. Konstanta disosiasi air sangat kecil dan reaksi dari H^+ dengan OH^- sangat cepat. Ketika semua posisi pertukaran

yang awalnya dipegang H⁺ atau ion OH⁻ yang menempati Na⁺ atau Cl⁻ (kation atau anion lain) yang masing-masing resin dikatakan habis. Resin kemudian dapat diregenerasi dengan ekuilibrasi menggunakan asam atau basa yang sesuai.

(Sumber : Mintari ,2015).

b. Mekanisme Pertukaran Ion

Pertukaran ion dapat ditempatkan sebagai unit operasi dalam equilibrium (kesetimbangan) kimia. Pertukaran ion menyangkut salah penempatan ion yang diberikan spesies dari pertukaran material yang tidak dapat larut dengan ion-ion yang berbeda spesies ketika larutan yang terakhir dibawa sampai mengontak/berhubungan/bercampur. Pertukaran ion bisa digambarkan dengan kesetimbangan umum :



Dimana :

A₁⁺ , B₁⁺ = Kation-kation dari 2 spesies (jenis) yang berbeda.

A₁⁻ , A₂⁻ = Anion-anion dari 2 spesies (jenis) yang berbeda.

R⁻ , R⁺ = Penukaran bahan-bahan dari kationir dan anionir masing-masing.

(Sumber : C. Pujiastuti, 2008)

Berdasarkan jenis gugus fungsi yang digunakan, resin penukar ion dapat dibedakan

menjadi empat jenis yaitu :

1. Resin penukar kation asam kuat (mengandung gugusan HSO₃)

Contoh paling baik dari resin penukar kation asam kuat adalah “*principalsulfonated styrene-divinylbenzene copolymer produc*” seperti amberlite IRP-69 (Rhom dan Haas) dan DOWEX MSC-1 (Dow Chemical). Resin ini dapatdigunakan untuk menutup rasa dan aroma zat aktif kationik (mengandung amino) sebelum diformulasi dalam tablet kunyah. Resin ini merupakan produk sferik dengan zat pensulfonasi pilihan berupa asam sulfat, asam klorosulfonoat,atau sulfur trioksida. Penggunaan zat pengembang yang

non raktif umumnya diperlukan untuk pengembangan yang cepat dan seragam dengan kerusakan minimum. Resin penukar kation asam kuat berfungsi diseluruh kisaran pH.

2. Resin penukar kation asam lemah (mengandung gugusan COOH)

Resin penukar kation asam lemah yang paling umum adalah yang dibuat dengan tautan silang atau asam karboksilat tak jenuh seperti asam metakrilat dengan suatu zat tautan silang seperti divinilbenzen. Contohnya mencakup DOWEX CCR-2 (DOW chemical) dan Amberlit IRP-65 (Rohm dan Haas). Resin pertukaran kation asam lemah berfungsi pada pH diatas 6.

3. Resin penukar anion basa kuat (mengandung gugusan amina tersier atau kuartar)

Resin penukar anion basa kuat adalah resin amin kuartar sebagai hasil dari reaksi trietilamin yang kopolimer dari stiren dan divinil benzen yang diklorometilasi, misalnya amberlite IRP-276 (Rohm and Hass), dan DOWEX MSA-A (DOW Chemical). Resin penukar anion basa kuat ini berfungsi diseluruh kisaran pH.

4. Resin penukar anion basa lemah (mengandung OH sebagai gugusan labil).

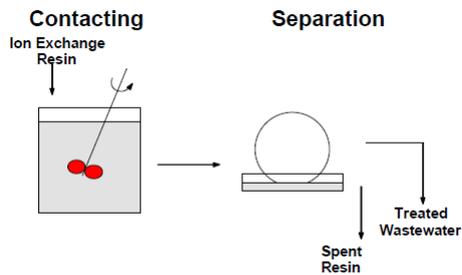
Resin penukar ion basa lemah dibentuk dengan mereaksikan amin primer dan amin sekunder atau amonia dengan kopolimer stiren dan divinil benzene yang diklorometilasi, biasanya digunakan dimetilamin. Resin penukar anion basalemah ini berfungsi dengan baik dibawah pH.

(Sumber : Imansyahrul, 2014).

c. **Model-Model Ion Exchange**

1) *Ion Exchange Batch*

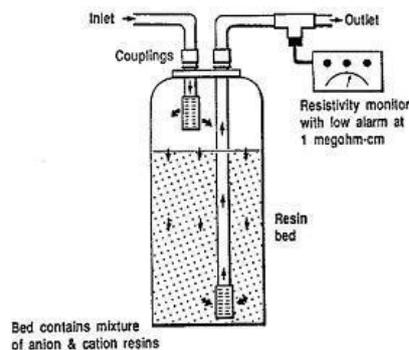
Air limbah di tempatkan dalam tangki dan ditambahkan dengan resin penukar ion. Setelah mencapai kondisi ekuilibrium kemudian resin akan disaring dan airnya akan diteruskan ke pengolahan selanjutnya. Pada sistem ini resin biasanya tidak diregenerasikan.



Gambar 2. 4 Ion Exchange sistem Batch

2) Ion Exchange Moving Bed

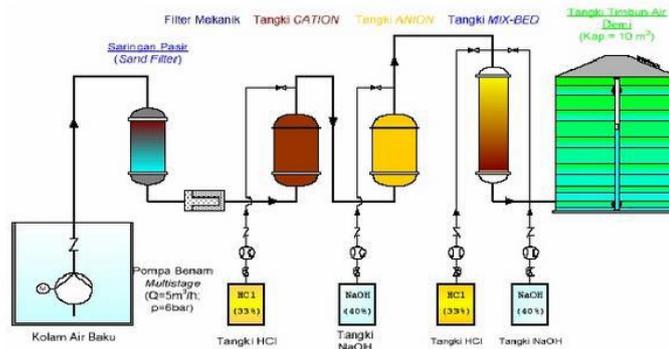
Penyukat ion unggul campuran memiliki resin untuk pertukaran kation dan anion dalam kolom yang sama. Resin anionik kationik dan anionik yang lebih padat dicampur bersama oleh udara terkompresi selama pemuatan, tetapi dipisahkan selama regenerasi dan pencucian balik. Regenerasi itu berurutan; larutan alkali digunakan untuk anion, dan asam digunakan untuk kation.



Gambar 2. 5 Ion Exchange sistem Moving Bed

3) Ion Exchange Fixed-Bed

Penyukat ion *fixed bed* adalah jenis penyukat ion yang paling dasar dan paling umum digunakan. Mereka berisi hamparan resin yang dikemas tempat pertukaran ion terjadi.



Gambar 2. 6 Ion Exchange sistem Fixed-Bed

(Sumber : <https://encyclopedia.che.engin.umich.edu/ion-exchange-columns/>)

d. Operasi Sistem Pertukaran Ion

Operasi sistem pertukaran ion dilaksanakan dalam 4 tahap, yaitu :

1) Tahap layanan (service)

Tahap dimana terjadi reaksi pertukaran ion. Tahap layanan ditentukan oleh konsentrasi ion yang dihilangkan terhadap waktu atau volume air produk yang dihasilkan. Hal lain yang penting pada tahap layanan adalah kapasitas (teoritik dan operasi) dan beban pertukaran ion (*ion exchanger load*). Kapasitas pertukaran teoritik didefinisikan sebagai jumlah ion secara teoritik yang dipertukarkan oleh resin per satuan massa atau volume resin. Kapasitas pertukaran ion teoritik ditentukan oleh jumlah gugus fungsi yang dapat diikat oleh matriks resin. Kapasitas operasi adalah kapasitas resin actual yang digunakan untuk reaksi pertukaran pada kondisi tertentu. Beban pertukaran ion adalah berat ion yang dihilangkan selama tahap layanan dan diperoleh dari hasil kali antara volume air yang diolah selama tahap layanan dengan konsentrasi ion yang dihilangkan. Tahap layanan ini dilakukan dengan cara mengalirkan air umpan dari atas (*down flow*).

2) Tahap Pencucian Balik

Tahap ini dilakukan jika kemampuan resin telah mencapai titik habis. Sebagai pencuci, digunakan air produk. Pencucian balik mempunyai sasaran sebagai berikut :

a. Pemecahan resin yang tergumpal

- b. Penghilangan kantong-kantong gas dalam reaktor, dan
- c. Pembentukan ulang lapisan resin
- d. Pencucian balik dilakukan dengan pengaliran air dari bawah ke atas (upflow).

3) Tahap Regenerasi

Operasi penggantian ion yang terserap dengan ion awal yang semula berada dalam matriks resin dan pengambilan kapasitas ke tingkat awal atau ke tingkat yang diinginkan. Larutan regenerasi harus dapat menghasilkan titik puncak (mengembalikan waktu regenerasi dan jumlah larutan yang digunakan). Jika semua sistem dapat dikembalikan ke kemampuan pertukaran awal, maka ekivalen ion yang digantungkan harus sama dengan ion yang dihilangkan selama tahap layanan. Jadi secara teoritik, jumlah larutan regenerasi (dalam ekivalen) harus sama dengan jumlah ion (dalam ekivalen) yang dihilangkan (kebutuhan larutan regenerasi teoritik). Operasi regenerasi agar resin mempunyai kapasitas seperti semula sangat mahal, oleh sebab itu maka regenerasi hanya dilakukan untuk menghasilkan sebagian dari kemampuan pertukaran awal.

Efisiensi regenerasi resin penukar kation asam kuat yang diregenerasi dengan H₂ anion basa kuat yang diregenerasi dengan NaOH antara 20-50%, oleh sebab itu pemakaian larutan regenerasi 2-5 kali lebih besar dari kebutuhan teoritik. Operasi regenerasi dilakukan dengan mengalirkan larutan regenerasi dari atas dengan menginjeksikan regeneran untuk kation adalah HCl dan untuk anion adalah NaOH.

Proses regenerasi :

- *Backwash*, yaitu mengalirkan air bersih ke arah berlawanan melalui tangki kation atau anion sampai air keluarannya bersih.
- Melakukan *slow rinse*, yaitu mengalirkan air pelan-pelan untuk menghasilkan regeneran dalam resin.
- *Fast rinse*, yaitu membilas unit dengan laju yang lebih cepat untuk menghilangkan regeneran sebelum operasi.

4) Tahap pembilasan

Tahap pembilasan dilakukan untuk menghilangkan sisa larutan regenerasi yang terperangkap oleh resin, pembilasan dilakukan menggunakan air produk dengan aliran *down flow* dan dilaksanakan dalam 2 tingkat, yaitu :

- Tingkat laju air rendah untuk menghilangkan larutan regenerasi, dan
- Tingkat laju air tinggi untuk menghilangkan sisa ion.
- Limbah pembilasan tingkat laju alir rendah digabungkan dengan larutan garam dan dibuang, sedangkan limbah pembilasan tingkat laju air tinggi disimpan dan digunakan sebagai pelarut senyawa untuk regenerasi. (Setiyadi, 2014).

e. Penentuan Kapasitas Resin

Penentuan kapasitas resin untuk demineralisasi secara sederhana dapat dilakukan dengan 2 (dua) pendekatan : (1) Pendekatan Volume Produk (Waktu); (2) Pendekatan Volume Resin.

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung kapasitas resin adalah :

$$V_R = \frac{Q \times t \times TDS_{feed} \times 15,45}{TEC \times 35,34 \times \eta}$$
$$V_R = \frac{Q \times t \times TDS_{feed} \times 0,43718}{TEC \times \eta}$$
$$VP = Q \times t$$
$$V_R = \frac{Q \times t \times TDS_{feed} \times 0,43718}{TEC \times \eta}$$

Dimana :

V_R = Volume Resin (liter)

Q = Debit (m^3 /jam)

t = Lamanya waktu (jam)

TDS_{feed} = Jumlah Total Kation dan Anion air baku (mg/l $CaCO_3$)

TEC = Kapasitas resin penukar ion (kgr/ft^3)

η = efisiensi resin (80 – 90 %)

V_P = Volume Produk (m^3)

35,34 = faktor konversi ft^3/m^3

15,45 = faktor konversi kgr/m^3

f. Pendekatan Volume Produk

Penentuan kapasitas resin dengan pendekatan volume produk berarti kita harus menentukan terlebih dahulu debit atau laju aliran (Q) dan lamanya siklus regenerasi dalam jam (t). Setelah kita menentukan debit dan waktu, kita akan mendapatkan jumlah resin yang diperlukan (dalam liter) berdasarkan jumlah kandungan ion (*impurity*) yang terkandung dalam air baku yang dapat diketahui dari hasil analisis ion air baku dan kapasitas penukar ion (*ioial exchange capacity*) resin yang digunakan. Kapasitas penukar ion diketahui dari produsen pembuatnya. Angka kapasitas resin menunjukkan kemampuan resin penukar ion untuk menukar ion yang diinginkan dengan gugus aktif resinnya. Semakin tinggi kemampuannya, semakin banyak ion yang dapat ditukar dan semakin lama waktu regenerasinya. Saat ini resin penukar ion di pasaran rata-rata mempunyai kemampuan penukaran ion 1.9 eq/l (± 39 kgr/ft³) untuk kation H⁺ form dan 1.0 eq/l (± 21.9 kgr/ft³) untuk anion OHform. (untuk softener 2.0 eq/l (± 41 kgr/ft³) untuk kation Na⁺ form dan 1.2eq/l (± 26.2 kgr/ft³) untuk anion Cl⁻ form. Pendekatan ini lebih bersifat individu yang berarti konsumen dapat menentukan sendiri jumlah produk yang ingin didapatkan dalam siklus regenerasi. Mencari lamanya siklus regenerasi

$$\text{Volume} = \text{debit} \times \text{waktu}$$

$$\text{Waktu} = \text{volume produk} / \text{debit} **$$

*) Total kation dan total anion dalam air selalu sama (ekuilibrium) apabila data ion tidak lengkap atau tidak ada pendekatan lain yang dapat digunakan adalah angka TDS dalam CaCO₃ (bukan mg/l TDS) dibagi 2.

**) Apabila sistem tidak kontinyu, maka lebih baik digunakan *water* meter untuk mengetahui kapan regenerasi harus dilakukan. Pada kenyataannya, jumlah produksi dan waktu bervariasi tergantung dari kualitas air baku, kualitas air produk dan kontinuitas produksi.

g. Pendekatan Pipa Volume Resin

Penentuan kapasitas resin dengan pendekatan volume resin berarti jumlah resin yang digunakan ditentukan terlebih dahulu kemudian jumlah produk atau lamanya regenerasi akan diketahui. Hal ini berlaku apabila konsumen

menginginkan produk jadi (pasaran) yang telah difabrikasi di pabrik pembuatnya. Dalam hal ini, manufaktur tidak menghitung jumlah *impurity* yang terdapat dalam air baku melainkan berdasarkan tetapan baku yang sudah ditetapkan oleh pembuat sehingga performanya bervariasi tergantung dari kualitas air baku. Semakin baik air bakunya, performanya semakin baik dan siklus regenerasinya pun semakin lama.

2.2.2.2 Netralisasi

Air buangan industri dapat bersifat asam atau basa/ alkali, maka sebelum diteruskan ke badan air penerima atau ke unit pengolahan secara biologis dapat optimal. Pada sistem biologis ini perlu diusahakan supaya pH berbeda diantara nilai 6,5 – 8,5. Sebenarnya pada proses biologis tersebut kemungkinan akan terjadi netralisasi sendiri dan adanya suatu kapasitas buffer yang terjadi karena ada produk CO₂ dan bereaksi dengan kaustik dan bahan asam.

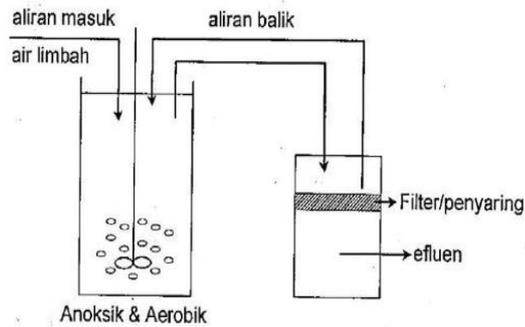
Larutan dikatakan asam bila : $H^+ > H^-$ dan $pH < 7$

Larutan dikatakan netral bila : $H^+ = H^-$ dan $pH = 7$

Larutan dikatakan basa bila : $H^+ < H^-$ dan $pH > 7$

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

- Pencampuran limbah
- Melewatkan limbah asam dengan Slurry kapur
- Penambahan sejumlah NaOH, Na₂CO₃ atau NH₄OH ke limbah asam
- Penambahan asam kuat (H₂SO₄, HCl) dalam limbah basa
- Penambahan CO₂ bertekanan dalam limbah basa
- Pembangkitan CO₂ dalam limbah basa



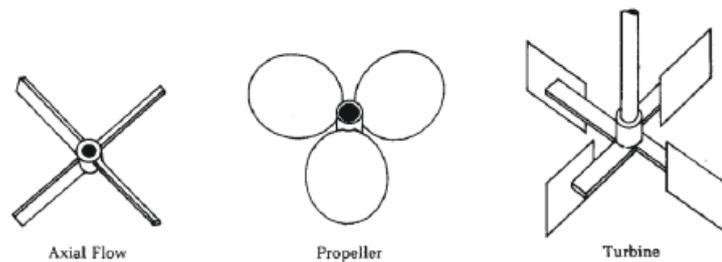
Gambar 2. 7 Unit Netralisasi

(Sumber : <https://slideplayer.info/slide/13646049/>)

Proses pencampuran dilakukan dengan prinsip mekanisme mixing :

membuat aliran turbulen dengan tenaga penggerak motor dimana bak pengaduk dilengkapi dengan peralatan mekanis, seperti

- Paddle dengan putaran 2 – 150 rpm.
- Turbine dengan putaran 10 – 150 rpm
- Propeller dengan putaran 150 – 1500 rpm



Gambar 2. 8 (Jenis-Jenis Impeller)

(Sumber : McGraw Hill, *Water Resources and Environmental Engineering Third edition*, 1998,hal 204)

Tabel 2. 4 Kriteria Impeller

Type Impeller	Kecepatan Putaran	Dimensi	Keterangan
Paddle	20-150 rpm	D = 50 – 80% lebar bak L = 1/6 – 1/10 diameter paddle	
Turbine	10-150 rpm	D = 30-50%	
Propeller	400-1750 rpm	D = max 45 cm	Jumlah pitch 1 – 2 buah

(Sumber : Operasi & Proses Pengolahan Air, Ali masduqi & Assomadi, 2013 hal. 113)

a. Mencampur air limbah yang bersifat asam dengan basa

Jenis netralisasi ini tergantung dari macam-macam bahan basa yang digunakan. Magnesium adalah bahan basa yang sangat reaktif dalam asam kuat dan digunakan pada pH di bawah 4,2. Netralisasi dengan menggunakan bahan basa dapat didefinisikan berdasarkan faktor titrasi dalam 1 gram sampel dengan HCl yang dididihkan selama 15 menit kemudian dititrasi lagi dengan 0,5 N NaOH dengan menggunakan phenolphthalen sebagai buffer. Mencampurkan bahan-bahan basa dapat dilakukan dengan pemanasan maupun pengadukan secara fisik. Untuk bahan yang sangat reaktif, reaksi terjadi secara lengkap selama 10 menit. Bahan-bahan basa lainnya yang dapat digunakan sebagai netralisasi adalah NaOH, Na₂CO₃ atau NH₄OH.

Senyawa basa :

- *Lime* dalam bentuk apapun (Senyawa Basa Kuat)
- Natrium Hidroksida (NaOH) (Senyawa Basa Kuat)
- Magnesium Hidroksida (Mg(OH)₂) (Senyawa Basa Sedang)
- Natrium Karbonat (Na₂CO₃) (Senyawa Basa Lemah)
- Natrium Bikarbonat (NaHCO₃) (Senyawa Basa Lemah)

Senyawa asam :

- Asam Sulfat (H₂SO₄) (Senyawa Asam Kuat)
- Karbon Dioksida (CO₂) (Senyawa Asam Lemah)

(W. Wesley Eckenfelder, 2000)

Dalam proses netralisasi, terdapat dua (2) sistem yang digunakan dalam menjalankan prosesnya. Sistem-sistem tersebut diantaranya sebagai berikut :

- Sistem *batch* biasa digunakan pada air limbah yang memiliki debit lebih kecil dari 380 m³/hari
- Sedangkan sistem *continue* membutuhkan pengaturan tingkat keasaman (pH). Apabila udara diperlukan untuk proses pengadukan, maka aliran udara minimum yang dibutuhkan berkisar antara 1-3 ft³/mm.ft² atau 0,3-0,9 m³/mm.m² dengan kedalaman 9 ft (2,7 m). Apabila system pengadukan dilakukan secara mekanis, maka daya yang dibutuhkan berkisar antara 0,2-0,4 hp/ribu.gal (0,04 - 0,08 kW/m³). (W. Wesley Eckenfelder, 2000).

Rumus yang digunakan :

- Bak Pembubuh

Volume Air limbah

Volume ini di butuhkan untuk mencari kebutuhan NaOH yang akan diinjeksikan dalam air limbah

$$\text{Vol} = Q \times Td$$

dengan :

Q = debit air limbah (m³/detik)

td = waktu detensi (detik)

Dosis NaOH

Persamaan Reaksi = $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^-$

$$[\text{OH}^-] = \frac{\text{Massa (mg)}}{\text{Volume air (lt)}} \times \frac{1}{\text{BM} \left(\frac{\text{gr}}{\text{gr.mol}}\right)} \times \frac{1}{10^3 \left(\frac{\text{mg}}{\text{gr}}\right)}$$

dengan :

BM = Berat Molekul H₂SO₄ (mol)

Berat H₂SO₄

$$N = \frac{w}{Bm} \times 1 \text{ liter}$$

dengan :

N = Dosis H₂SO₄/Konsetrasi H₂SO₄ (mg/L)

W = Berat H₂SO₄ dalam 1 liter Air Pelarut

- Kebutuhan Dosis NaOH

$$\text{Dosis Total H}_2\text{SO}_4 = Q \text{ limbah} \times \text{Kebutuhan H}_2\text{SO}_4$$

- Debit H₂SO₄

$$\text{Debit H}_2\text{SO}_4 = \frac{\text{Kebutuhan H}_2\text{SO}_4}{\rho \text{ H}_2\text{SO}_4}$$

dengan :

$\rho \text{ H}_2\text{SO}_4$ = Berat Jenis H₂SO₄ (gr/m₃)

- Volume Larutan Pembubuh

$$V_{\text{pembubuh}} = Q \text{ H}_2\text{SO}_4 \times td$$

- Berat H₂SO₄ Total

$$W \text{ Total} = W_{\text{naH}} \times V \text{ pembubuh}$$

- Volume H₂SO₄ per-hari

Volume H₂SO₄ yang diinjeksikan dalam 1 hari yaitu :

$$V \text{ pembubuh} = Q \text{ H}_2\text{SO}_4 \times t_d$$

- Dimensi Bak Pembubuh

$$\text{Volume} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H$$

- Pengaduk

Nilai Tekanan dalam Air

$$P = G^2 \times \mu \times V$$

dengan :

P = Daya (watt)

G = Gradien kecepatan (s⁻¹)

μ = viskositas (N-s/m²)

- Diameter Turbin Impeller (Di)

$$D_i = \left(\frac{P}{K_t \times n^3 \times \rho} \right)^{1/5}$$

dengan :

D_i = Diameter Impeller (m)

K_t = Koefisien Turbulensi

n = Koefisien Kekasaran Pipa

- Cek

$$N_{re} = \frac{D_i^2 \times n \times \rho}{\mu}$$

*Jika N_{re} > 10.000, maka aliran telah laminar.

- Bak Netralisasi
- V Kriteria Impeller volume Bak Netralisasi

$$\text{Volume} = \text{volume air limbah} + \text{volume bak pembubuh}$$

- Dimensi Bak Netralisasi

$$\text{Volume} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H$$

(Sumber: Tom D. Reynolds, Paul A. Richards, 1996)

2.2.2.3 Koagulasi – Flokulasi

Koagulasi didefinisikan sebagai proses destabilisasi muatan koloid padatan tersuspensi termasuk bakteri dan virus dengan suatu koagulan, sehingga terbentuk flok-flok halus yang dapat diendapkan. 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 men-destabilisasi muatan negatif partikel (Pulungan, 2012).

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 dan Abdu F. Assomadi, 2012).

Flokulasi merupakan suatu peristiwa penggabungan partikel-partikel yang telah mengalami proses destabilisasi (koagulasi) dengan penambahan bahan kimia (flokulan) sehingga terbentuk partikel dengan ukuran lebih besar (*macrofloc*) yang mudah untuk diendapkan. Flokulan sintesis merupakan flokulan yang diproduksi dengan berbagai kebutuhan sehingga flokulan ini diproduksi bermuatan negatif (*anion*), bermuatan positif (*cation*) dan netral (*non ion*), flokulan bermuatan negatif dapat bereaksi dengan partikel bermuatan negatif seperti garam-garam dan logam-logam hidroksida, sedangkan flokulan yang bermuatan positif akan bereaksi dengan partikel bermuatan negatif seperti silika maupun bahan-bahan organik, tetapi hukum itu tidak berlaku secara umum karena flokulan negatif dapat mengikat tanah liat yang bermuatan negatif.

Mekanisme koagulasi dan flokulasi adalah partikel – partikel koloid yang bermuatan listrik sejenis akan saling tolak menolak sehingga tidak dapat saling mendekat dan terjadi kondisi yang stabil atau partikel tetap berada di tempatnya. Pada saat kondisi yang stabil ini tidaklah mungkin terbentuk slurry atau flok. Jika kedalam air diberikan ion logam yang bermuatan positif, maka muatan positif ini

akan mengurangi gaya tolak menolak antar sesama partikel koloid sehingga tercapai kondisi yang tidak stabil yang memungkinkan terbentuknya *slurry* atau flok. Dengan adanya pemberian muatan positif yang merata maka akan terbentuk *slurry* atau flok-flok yang kecil. Agar dapat diendapkan maka flok-flok kecil ini harus digabungkan sehingga didapatkan flok yang cukup besar dan berat. Ada kalanya muatan positif yang diberikan tidak mampu untuk menggabungkan flok-flok kecil tersebut mengalami kondisi restabilisasi (kembali menjadi stabil) sehingga sulit untuk bergabung menjadi flok yang lebih besar. Hal ini dapat diatasi dengan pemberian floakulan sehingga flok-flok kecil tersebut dapat diikat oleh floakulan (Santi, 2010).

Menurut Budiman, Hidarso, *et al*, 2008 dalam Haqq *et al*, 2022, beberapa macam koagulan yang sering digunakan dalam proses penjernihan air adalah *Poly Aluminium Chloride* (PAC), aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), ferri klorida (FeCl_3), dan ferri sulfat ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$). Pada umumnya koagulan yang paling sering digunakan oleh masyarakat adalah aluminium sulfat atau yang lebih dikenal dengan tawas. Adapun beberapa keuntungan dari penggunaan koagulan-koagulan diatas

a) 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.

b) 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.

c) Ferri klorida (FeCl_3)

Dalam pengolahan air penggunaannya terbatas karena bersifat korosif dan tidak tahan untuk penyimpanan yang terlalu lama.

d) Ferri sulfat ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$)

Mampu untuk menghilangkan warna pada pH rendah dan tinggi serta dapat menghilangkan Fe dan Mn.

Rumus yang digunakan

- Kebutuhan alum yang digunakan per hari

$$\text{Kebutuhan alum} = \text{dosis alum} \times Q$$

di mana :

kebutuhan alum \rightarrow kg/hari

dosis alum \rightarrow mg/liter

$Q =$ debit (m^3/detik)

- Debit alum

$$Q \text{ alum} = \frac{\text{Kebutuhan koagulan}}{\rho \text{ alum}}$$

di mana :

$Q \text{ alum} =$ debit alum (m^3/hari)

$\rho \text{ alum} =$ densitas alum (gr/cm^3)

kebutuhan alum \rightarrow kg/hari

- Debit air pelarut

$$\text{Debit air pelarut} = \frac{100\%}{80\%} \times Q \text{ alum}$$

di mana :

$Q \text{ alum} =$ debit alum (m^3/hari)

debit air pelarut \rightarrow m^3/hari

- Debit total

$$Q \text{ total} = Q \text{ alum} + \text{debit air pelarut}$$

di mana :

$$Q \text{ total} = \text{debit total (m}^3/\text{hari)}$$

$$Q \text{ alum} = \text{debit alum (m}^3/\text{hari)}$$

debit air pelarut \rightarrow m³/hari

- Volume Total

$$V \text{ total} = Q \text{ total} \times \text{periode pembubuhan}$$

di mana :

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

$$Q \text{ total} = \text{debit total (m}^3/\text{hari)}$$

periode pembubuhan \rightarrow hari

- Dimensi bak

$$V \text{ total} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times H$$

$$H \text{ total} = H + (H \times \text{Freeboard})$$

di mana :

$$\text{vol total} = \text{volume total (m}^3\text{)}$$

d = diameter (m)

H = tinggi (m)

- Tenaga atau power yang dibutuhkan

$$P = G^2 \times \mu \times \text{volume}$$

di mana :

P = tenaga atau power yang dibutuhkan (watt)

G = gradien kecepatan

μ = viskositas air (N.detik/m²)

Volume \rightarrow m³

- Diameter Impeller

$$Di = \left(\frac{P}{Kt \times n^3 \times \rho} \right)^{1/5}$$

$$\text{Perbandingan} = \frac{Di}{d} \times 100\%$$

di mana :

Di = diameter *impeller* (m)

P = tenaga atau power yang dibutuhkan (watt)

n = banyaknya *paddle*

ρ = densitas air (g/m^3)

- Lebar Impeller

$$Li = 0,167 \times \text{diameter impeller}$$

di mana :

Li = lebar *impeller*

- Jarak Impeller dari Dasar

$$\text{Jarak} = 50\% \times Di$$

di mana :

Di = diameter *impeller* (m)

- Cek bilangan reynold (Nre)

$$Nre = \frac{(Di)^2 \times n \times \rho}{\mu}$$

di mana :

Di = diameter *impeller* (m)

n = banyaknya *paddle*

ρ = densitas air (g/m^3)

μ = viskositas air (N.detik/ m^2)

- Cek N_{Fr}

$$N_{Fr} = \frac{Di \times n^2}{g}$$

di mana :

Di = diameter *impeller* (m)

n = banyaknya *paddle*

g = gravitasi (m^2/detik)

- *Dossing Pump*

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

di mana :

v = kecepatan (m/detik)

Q = debit (m^3/detik)

A = luas permukaan (m^2)

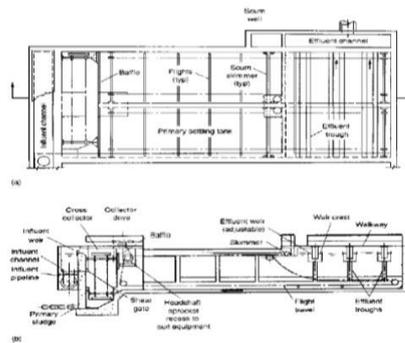
2.2.2.4 Sedimentasi

Sedimentasi pada umumnya mampu menyisahkan 50-90% dari suspended solid dan 25-40% BOD. Adapun efisiensi kemampuan penyisihan TSS dan BOD pada bak sedimentasi dipengaruhi oleh:

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

Desain dari bak sedimentasi ada beberapa jenis, yaitu:

a. Bak Persegi (*Rectangular Tank*)



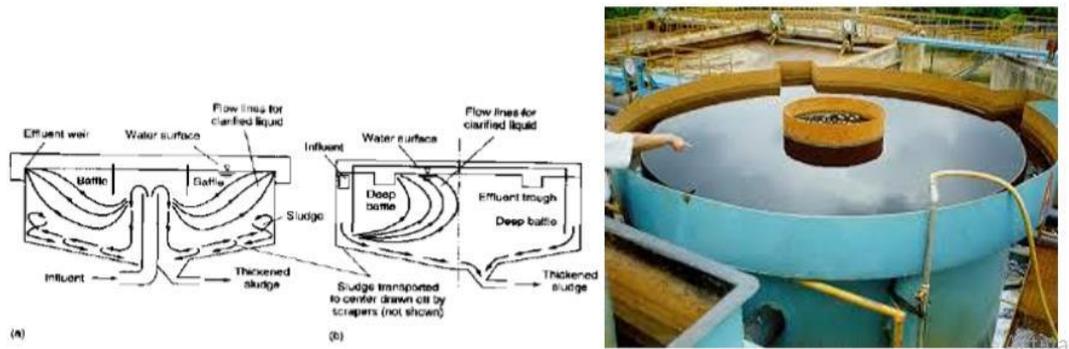
Gambar 2. 9 Bak Pengendap Bentuk Persegi
(Sumber : slideshare.net)

Karena distribusi aliran pada bak persegi ini sangat kritis, salah satu inlet didesain untuk:

1. Lebar saluran inlet dengan inlet limpahan,
2. Saluran inlet dengan port dan orifice,
3. Saluran inlet dengan lebar bukaan dan slotted baffles.

(Metcalf & Eddy, 2003)

b. Bak Lingkaran (*Circular Tank*)



Gambar 2. 10 Bak Pengendap Bentuk Lingkaran
(Sumber : wordpress.com)

Pada tangki sirkular pola aliran adalah berbentuk aliran radial. Pada tengah-tengah tangki, air limbah masuk dari sebuah saluran sirkular yang didesain untuk mendistribusikan aliran ke bangunan ini. Diameter tengah-tengah sumur biasanya antara 15-20% dari diameter total tangki, yakni rentang antara 1-2,5 meter. (Metcalf & Eddy, 2003).

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

Pada umumnya aliran air pada tangki sedimentasi mempunyai sistem upflow yaitu air mengalir dari bawah keatas secara vertikal. Flok yang terbentuk akan mengendap ke bawah mengikuti gaya gravitasi. Dalam prosesnya, partikel diwajibkan memiliki kecepatan pengendapan yang lebih besar dari pada laju pelimpahan agar partikel mengendap dan dapat dipisahkan.

Rumus yang digunakan :

❖ Zona Inlet

- Luas Tiap Lubang (A_1)

$$A_1 = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

di mana :

A_1 = luas tiap lubang perforated wall (m^2)

π = phi

d = diameter lubang perforated wall

- Luas total dinding

$$A = l \times t$$

di mana :

A = luas total dinding (m²)

l = lebar unit sebelumnya (m)

p = panjang unit sebelumnya (m)

- Luas total lubang (A2)

$$A2 = a \times A$$

di mana :

A2 = luas total lubang perforated wall (m²)

a = asumsi penggunaan tembok untuk *perforated wall* (%)

A = luas total dinding (m²)

- Jumlah lubang (n)

$$n = \frac{A1}{A2}$$

di mana :

n = jumlah lubang

A2 = luas total lubang perforated wall (m²)

A1 = luas tiap lubang perforated wall (m²)

- Jarak antar perforated wall (x)

$$X = \frac{1 - (n \text{ tiap hari} \times d)}{n + d}$$

di mana :

x = jarak antar lubang (m)

l = lebar bak/ tinggi bak (m)

d = diameter lubang (m)

n = jumlah lubang

- Debit tiap perforated wall (Q_{PW})

$$(Q_{PW}) = \frac{Q \text{ total}}{\Sigma \text{ lubang}}$$

di mana :

Q_{PW} = Debit tiap perforated wall (m³/detik)

Q_{total} = Debit limbah (m³/detik)

n = jumlah lubang

- Kecepatan aliran tiap perforated wall

$$v_{PW} = \frac{Q_{PW}}{A_1}$$

di mana :

v_{PW} = Kecepatan aliran saat melalui lubang (m/detik)

Q_{PW} = Debit tiap *perforated wall* (m³/detik)

A_1 = Luas *perforated wall* (m²)

❖ Zona Pengendapan

- Dimensi Bak Pengendap

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

$$A = l \times h$$

$$P = \frac{1,2}{1} \times l$$

di mana :

A = luas penampang basak zona pengendapan (m²)

Q = Debit limbah (m³/detik)

vh = Kecepatan *surface loading* (m/jam)

p = panjang bak

l = lebar bak

- Cek t_d

$$V = Q \times t_d$$

di mana :

V = Volume bak pengendap (m³)

Q = Debit limbah (m³/detik)

T_d = Waktu detensi (detik)

- Cek Nre aliran

$$N_{re} = \frac{vh \times r}{\nu}$$

di mana :

N_{re} = Bil Reynold

vh = Kecepatan Horizontal (m/detik)

R = jari-jari hidrolis

ν = Viskositas kinematik

- Cek kecepatan partikel mengendap

$$V_s = \frac{g}{18 \times \mu} (\rho_s - \rho_{air}) \times (dp)^2$$

di mana :

V_s = Kecepatan pengendapan partikel (m/detik)

g = gravitasi (m/detik²)

ρ_s = massa jenis partikel (Kg/m³)

ρ_{air} = massa jenis air (Kg/m³)

dp = diameter partikel (m)

μ = Viskositas (N.detik/m²)

- Cek bilangan Fraude

$$Fr = \frac{vh^2}{g \times R}$$

di mana :

Fr = Bil Fraude

vh = Kecepatan Horizontal (m/detik)

R = jari-jari hidrolis

g = gravitasi (m/detik²)

2.2.3 Sludge Treatment

Pengolahan lumpur merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari suatu instalasi pengolahan air limbah domestik. Pengolahan lumpur memiliki beberapa tujuan, yakni mengurangi kadar air, menstabilkan, serta menghilangkan mikroorganisme patogen yang berpotensi terkandung di dalam lumpur. Hal ini dilakukan agar lumpur yang telah diproses dapat lebih aman ketika dibuang atau dimanfaatkan untuk keperluan terbatas. 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 (Metcalf & Eddy et al., 2007):

- a. Sludge sebagian besar dikomposisi dari bahan-bahan yang bertanggung jawab untuk menimbulkan bau.
- b. Bagian sludge yang dihasilkan dari pengolahan biologis dikomposisi dari bahan organik.

- c. Hanya sebagian kecil dari sludge yang mengandung solid (0.25% - 12% solid).

Tujuan utama dari pengolahan lumpur adalah untuk mereduksi kadar lumpur, dan memanfaatkan lumpur sebagai bahan yang berguna seperti pupuk dan sebagai penguruk lahan yang sudah aman. Adapun unit pengolahan lumpur diantaranya adalah *sludge drying bed*. *Sludge drying bed* merupakan suatu bak yang dipakai untuk mengeringkan lumpur hasil pengolahan. 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.

2.2.3.1 Bak Pemekat Lumpur (Sludge Thickener)

Sludge Thickener merupakan unit turunan dari *circular clarifier*. Memiliki cara kerja yang identik namun dalam perancangannya, *sludge thickener* di desain untuk menghasilkan sludge yang lebih pekat dengan aliran rendah. *Sludge thickener*, *clarifier*, dan *classifier* merupakan unit-unit yang digunakan dalam proses sedimentasi dan pengolahan/pemisahan lumpur, diperlukan *pilot test* dan uji laboratorium dalam menentukan dimensi dan juga keefektifan unit yang akan digunakan (Brazil & Summerfelt, 2006).

Tabel 2. 5 Perbedaan 3 Unit dalam *Thickener*

Jenis Unit	Parameter Produk/Hasil		Karakteristik Hasil Akhir Lumpur		
	Solid in Liquid	Liquid in Solid	Solid Concentration	Solid Dense	Partice Size
Gravity/Sludge Thickener	Baik	Buruk	Medium	Padat	Medium
Clarifier	Buruk	Buruk	Medium	Padat	Kasar
Classifier	Buruk	Buruk	Medium	Padat	Kasar

Sumber: (Trevi Environmental Solutions, 2014).

Berikut merupakan tahapan beserta rumus-rumus yang dibutuhkan Ketika melakukan perhitungan unit *sludge thickener*:

A. Dimensi Sludge Thickener

- Beban massa TSS dalam influent

$$\text{Massa TSS influent} = \text{konsentrasi TSS} \times \text{debit lumpur (Q)}$$

- Luas Permukaan TSS dalam influent

$$A \text{ TSS Influent} = \frac{\text{beban TSS dalam influent}}{\text{beban solid}}$$

- Dimensi bak

$$\text{Diameter} = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$\text{Jari-jari} = \frac{\text{diameter}}{2}$$

$$\text{Tinggi} = H + \text{Freeboard}$$

Keterangan:

A = luas bak

H = tinggi bak

- Cek luas permukaan

$$A \text{ cek} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

Keterangan :

D = diameter bak

- Jari-jari hidrolis

$$R = \frac{\text{jari-jari } (r) \times \text{tinggi } (H)}{\text{jari-jari } (r) + (2 \times \text{tinggi } (H))}$$

- Beban Hidraulik

$$\text{Beban hidraulik} = \frac{Q}{A \text{ cek}}$$

Keterangan :

Q = debit air

A cek = luas permukaan

- Total Konsentrasi solid

$$\frac{\text{beban massa TSS influent}}{\text{densitas lumpur} \times Q} \times 100$$

- Beban TSS terpadatkan (effluent)

Beban TSS terpadatkan = efisiensi penyisihan TSS x massa TSS influent

- Debit lumpur terpekatkan

$$\frac{\text{beban TSS terpadatkan}(\text{effluent})}{\text{Konsentrasi solid dalam lumpur} \times \text{densitas lumpur}}$$

- Konsentrasi TSS dalam lumpur terpekatkan

$$\frac{\text{beban TSS terpadatkan (effluent)}}{\text{debit lumpur terpekatkan (Q)}}$$

- Beban TSS dalam supertenant

$$\text{TSS supernatant} = \text{beban TSS influent} - \text{beban TSS effluent}$$

- Debit supertenant

$$Q \text{ supernatant} = \text{debit lumpur inf} - \text{debit lumpur eff}$$

- Konsentrasi TSS dalam supertenant

$$\text{Konsentrasi TSS supertenat} = \frac{\text{beban TSS supertenant}}{\text{debit supertenant}}$$

- Estimasi penyisihan TSS

$$\% \text{ removal TSS} = \frac{\text{TSS influent} - \text{TSS effluent}}{\text{TSS influent}} \times 100\%$$

- Tinggi ruang lumpur

V sludge = volume kerucut

$$V \text{ sludge} = 1/3 \times \pi \times H \times (R^2 + r^2 + R \times r)$$

- Tinggi total bangunan

$$H_{\text{total}} = \text{tinggi total thickening} + \text{tinggi lumpur}$$

B. Zona Inlet

- Diameter inlet wall

$$D' = 20\% \times \text{diameter bak}$$

- Kecepatan air di inlet wall

$$v = \frac{Q_{in}}{A}$$

$$= \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D'^2}$$

Keterangan:

Q = debit air

D = diameter bak

- Pipa inlet

Luas penampang pipa

$$A = \frac{Q_{in}}{v}$$

Keterangan :

Q_{in} = debit awal

A = luas penampang

- Diameter pipa inlet

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

Keterangan :

A = luas penampang

- Cek kecepatan pipa inlet

$$v = \frac{Q_{in}}{A}$$

$$= \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}$$

Keterangan:

A = luas penampang

Q = debit air

D = diameter pipa

C. Zona Outlet

- Panjang pelimpah (weir)

$$L = \pi \times D \text{ bak}$$

- Jumlah V notch

$$n = \frac{L \text{ weir}}{\text{jarak antar weir}}$$

- Debit melalui V notch

$$Q = \frac{Q}{n}$$

Keterangan:

Q = debit air

n = jumlah v notch

- Tinggi limpasan melalui V notch

$$Q = \frac{8}{15} \times Cd \times \sqrt{2 \times g \times \tan \theta \times H^{2/5}}$$

$$H = \sqrt[5]{\frac{Q}{\frac{8}{15} \times 0,6 \times \sqrt{2} \times 9,81 \times \tan 45}}^2$$

- Saluran pelimpah

Luas permukaan saluran pelimpah

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

Dimensi saluran pelimpah W:H = 2:1

$$A = W \times H$$

$$H = \sqrt{2 \times A}$$

$$W = 2 \times H$$

$$Fb = 20\% \times H$$

$$H_{total} = H + Fb$$

Keterangan:

A = luas permukaan saluran

H = tinggi saluran

Fb = freeboard

- Pipa Outlet

Luas penampang pipa

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

Keterangan:

Q = debit air

v = kecepatan aliran

Diameter pipa outlet

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

Cek kecepatan pipa outlet

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

$$= \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}$$

Keterangan:

Q = debit air

A = luas permukaan saluran

D = diameter pipa

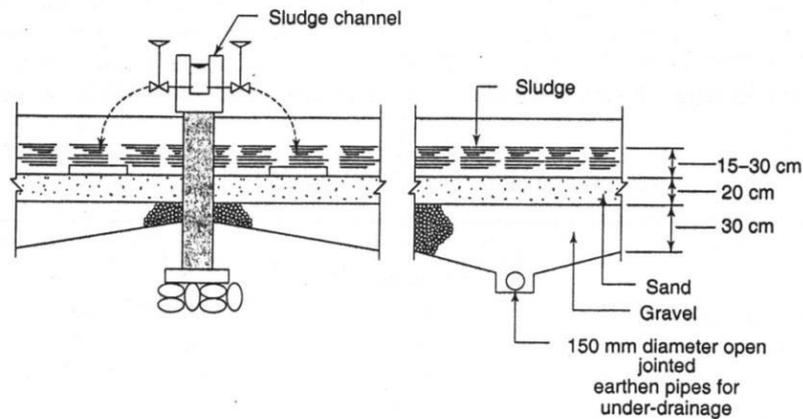
2.2.3.2 Bak Pengering Lumpur (*Sludge Drying Bed*)

Prinsip bak pengering lumpur yaitu mengeluarkan air lumpur melalui media pengering secara gravitasi dan penguapan sinar matahari. Lumpur yang berasal dari pengolahan air limbah secara langsung tanpa dilakukan proses pemekatan terlebih dahulu dapat dikeringkan dengan bak pengering lumpur. Bak pengering berupa bak dangkal yang berisi media penyaring pasir, batu kerikil sebagai penyangga pasir serta saluran air tersaring (filtrat) di bagian bawah bak. Pada bagian dasar dibuat saluran pembuangan air dan di atasnya diberi lapisan kerikil dan lapisan pasir kasar. Pengurangan kandungan air dalam lumpur menggunakan sistem pengering alami dengan matahari, maka air akan berkurang melalui saringan dan proses penguapan. Kelebihan bak pengering lumpur adalah sistem operasi yang mudah dan sederhana serta biaya operasional rendah. Kelemahan bak pengering lumpur adalah membutuhkan lahan yang cukup luas dan sangat bergantung dengan cuaca (Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2018). Adapun kriteria perencanaan untuk unit SDB antara lain sebagai berikut:

Tabel 2. 6 Kriteria Desain Unit Bak Pengering Lumpur (SDB)

No.	Parameter	Nilai	Satuan	Sumber
1.	Tebal pasir	23-30	cm	Qasim, 1985
2.	Tebal kerikil	20-30	cm	
3.	Sludge loading rate	100-300	kg/m ² tahun	
4.	Tebal bed	20-30	cm	
5.	Lebar bed	5-8	m	
6.	Panjang bed	6-30	m	
7.	Waktu pengeringan	10-15	hari	
8.	Uniformity coefficient	<4		
9.	Effective size	0,3-0,75	mm	
10.	V air dalam inlet	0,75	m/detik	
11.	V air dalam drain	0,75	m/detik	
12.	Tebal lumpur	200-300	mm	

(Sumber : Qasim, 1985)



Gambar 2. 11 Sketsa *Sludge Drying Bed*
(Sumber : blogspot.com)

Adapun rumus yang digunakan pada unit pengolahan *Sludge Drying Bed* (SDB) adalah sebagai berikut:

- Tebal Media

Tebal media = tebal pasir + tebal kerikil + tebal cake

- Volume *cake sludge*

$$V_i = \frac{V \text{ lumpur} \times (1-P)}{1-P_i}$$

Keterangan:

P = Kadar air

P_i = Berat air dalam cake (60 – 70%)

- Volume bed

$$V = V_i \times t_d$$

Keterangan:

V_i = Volume *cake sludge* (m³)

t_d = waktu detensi (detik)

- Volume tiap bed

$$V_b = \frac{V_b}{\text{jumlah bed}}$$

Keterangan :

V = Volume bed (m³)

- Dimensi Tiap Bed

$$A = \frac{Vb}{\text{tebal cake}}$$

$$A = L \times W$$

Keterangan

Vb = volume tiap bed (m³)

L = panjang (m)

W = Lebar (m)

- Kedalaman *underdrain*

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

Keterangan:

Va = volume air

A = luas tiap bed

- Kedalaman total

H = tinggi cake + tinggi media

Htotal = H + Fb

Keterangan

Htotal = Kedalaman total bak (m)

Fb = Freeboard (10-30% kedalaman)

- Diameter pipa *underdrain*

$$Q = \frac{Va}{td}$$

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

Keterangan:

Va = volume air

Td = waktu detensi

Q = debit air

- Volume air

$$Va = \frac{\text{volume cake sludge (Vi)} - \text{volume padatan}}{\text{jumlah bed}} \times td$$

Keterangan:

Td = waktu detensi

2.3 Persen Penyisihan Unit Removal

Berdasarkan studi literatur yang telah kami kumpulkan, diperoleh rangkuman % penyisihan untuk unit pengolahan beserta keseluruhan parameter dalam air limbah tahu sehingga dapat diolah dalam bangunan pengolahan air limbah yang telah direncanakan. Berikut rangkuman % penyisihan air limbah tahu beserta sumber yang tertera.

Tabel 2. 7 Persen Penyisihan Unit Pengolahan Air Limbah

Unit Digunakan	Beban Pencemar	Kemampuan Penyisihan	Sumber/Literatur
Ion Exchange	Cr	95%	Droste, Ronald L. (1997). Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. United States of America.
	Cu	95%	
	Ni	95%	
	TDS	20%	
Koagulasi-Flokulasi	TDS	20%	(General Effectiveness of Water Treatment Processes for Contaminant Removal From C. L. Hamann, J. B. McEwen, A. G. Myers (1990) "Guide to Selection of Water Treatment Processes," in Water Quality and Treatment, 4th ed., F. W. Pontius, ed., American Water Works Association, McGraw-Hill, pp. 157-187. Reproduced with permission of McGraw-hill, Inc.)
Sedimentasi	TSS	90%	Water and Waste Water Engineering, Fair and Geyer Chapter 25
	TDS	72,15%	(E-journal Efektifitas PAC Dan TAWAS Untuk Menurunkan Kekeruhan Pada Air Permukaan Firra Rosariawari, ST., MT dan M. Mirwan, ST., MT.)

Sumber: Literatur tertera

2.4 Profil Hidrolis

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

Kehilangan Tekanan pada Bangunan Pengolahan

Untuk membuat profil 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 :

1. Kehilangan Tekanan pada Perpipaan dan Aksesoris Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris yang berhubungan dengan bangunan pengolahan adalah sebagai berikut:
 - a. Kehilangan tekanan pada perpipaan
 - b. Kehilangan tekanan pada aksesoris
 - c. Kehilangan tekanan pada pompa
 - d. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok
2. Tinggi Muka Air Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan, sehingga akan dapat mempengaruhi pada proses pengolahan.

Kehilangan tekanan bangunan (saluran terbuka dan tertutup) tinggi terjunan yang direncanakan (jika ada) akan berpengaruh pada perhitungan tinggi muka air. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara :

- a. Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir
- b. Menambahkan kehilangan tekanan antara *clear well* dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di *clear well*.