BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Limbah Industri

Setiap industri mempunyai karakteristik yang berbeda, sesuai dengan produk yang dihasilkan. Demikian pula dengan Industri Kertas yang mempunyai karakteristik limbah yang berbeda dengan industri lainnya. Berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 limbah cair Industri Kertas mempunyai karakteristik dan standart baku mutu antara lain:

2.1.1 BOD (Biological Oxygen Demand)

Biological Oxygen Demand atau BOD adalah parameter pengukuran jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan hampir semua zat organik yang terlarut dan tersuspensi dalam air buangan. Penguraian bahan organik diartikan bahwa bahan organik yang dibutuhkan oleh organisme sebagai bahan makanan dan energi dari proses oksidasi (Sunu, 2001). BOD dinyatakan dengan BOD5 hari pada suhu 20°C dalam mg/L atau ppm. Agar bahan-bahan organik dapat dipecah secara sempurna pada suhu 20°C, dibutuhkan waktu lebih dari 20 hari, tetapi agar lebih praktis diambil waktu lima hari sebagai standar. Inkubasi 5 hari tersebut hanya dapat mengukur kira-kira 68% dari total BOD. Pemeriksaan BOD5 diperlukan untuk menentukan beban pencemaran terhadap air buangan domestik atau industri, serta untuk mendesain sistem pengolahan limbah biologis (Sawyer & McCarty, 1978). Kandungan BOD5 pada air buangan industri kertas adalah 330 mg/L, sedangkan standart baku mutu yang mengatur besar kandungan BOD5 yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 70 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013).

2.1.2 COD (Chemical Oxygen Demand)

Chemical Oxygen Demand atau COD adalah jumlah bahan organik yang ada pada air sungai atau limbah yang dapat dioksidasi secara kimia menggunakan dikromat dalam keadaan atau larutan asam. Nilai COD selalu lebih tinggi daripada BOD ultimate meskipun nilai keduanya bisa saja sama tetapi hal tersebut sangat

jarang. Hal tersebut dapat terjadi karena banyak zat organik yang sulit teroksidasi secara biologis, contohnya lignin yang hanya dapat teroksidasi secara kimia. Zat anorganik yang dioksidasi dikromat meningkatkan kandungan organik pada sampel. Zat organik tertentu dapat meracuni mikroorganisme yang dibutuhkan untuk pengujian BOD. Nilai COD yang tinggi dapat terjadi karena adanya zat anorganik yang bereaksi dengan dikromat (Metcalf & Eddy, 2004).

Kandungan COD pada air buangan industri kertas adalah 845 mg/L, sedangkan standart baku mutu yang mengatur besar kandungan COD yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 150 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013).

2.1.3 TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS (*Total Suspended Solid*) merupakan senyawa berbentuk padat yang tersuspensi berada di dalam air. Padatan ini dapat berasal dari mineral-mineral misalnya silt, pasir yang sangat halus, lempung, atau dari zat hasil penguraian jasad makhluk hidup. TSS juga dapat berasal dari mikroorganisme seperti plankton, bakteria, alga, virus, dan lain-lainnya. TSS menyebabkan kekeruhan atau warna dalam air (Said, 2017).

Total Suspended Solid (TSS) merupakan sebagian dari total solid yang tertahan pada filter dengan ukuran pori yang telah ditetapkan. Pengukuran dilakukan setelah dikeringkan pada suhu 105°C. Filter yang paling sering digunakan untuk penentuan TSS adalah filter Whatman Fiber Glass yang memiliki ukuran pori nominal sekitar 1,58 μm (Metcalf & Eddy, 2004).

Kandungan TSS pada air buangan industri kertas adalah 410 mg/L, sedangkan standart baku mutu yang mengatur besar kandungan TSS yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 70 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013).

2.1.4 Derajat Keasaman (pH)

pH (Power of Hydrogen) menunjukkan adanya konsentarsi ion hidrogen dalam air yang dapat menjelaskan derajat keasaman suatu perairan. Air yang biasanya digunakan untuk minum artinya netral memiliki pH = 6-9. Air dalam

kondisi basa memiliki pH air pada rentang 7 – 14. Sedangkan asam akan ada pada rentang pH 0 – 7 (Effendi, 2003). Rentang pH yang cocok untuk keberadaan kehidupan biologis yang paling sesuai adalah 6-9. Limbah dengan tingkat keasaman (pH) ekstrim sulit diolah secara biologi. Jika tingkat keasaman (pH) tidak diolah sebelum dialirkan, maka limbah cair akan mengubah tingkat keasaman (pH) pada air alami. Untuk proses pengolahan limbah cair, tingkat keasaman (pH) yang boleh dikeluarkan menuju badan air biasanya berada pada rentang antara 6,5 sampai 8,5. pH dapat diukur dengan alat pH meter dan kertas pH beserta indikator warna pH yang dijadikan patokan (Metcalf & Eddy, 2004).

Kandungan pH pada air buangan industri kertas adalah 11 dan standart baku mutu yang mengatur besar kandungan pH yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 6,0 – 9,0 (Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013).

2.1.5 Timbal (Pb)

Timbal merupakan salah satu logam berat yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup karena bersifat karsinogenik, dapat menyebabkan mutasi, terurai dalam jangka waktu lama dan toksisistasnya tidak berubah (Brass & Strauss, 1981). Timbal (Pb) di dalam perairan dapat meracuni organisme, sehingga dapat mengganggu keseimbangan ekosistem (Lubis et al., 2015). Timah hitam di perairan dapat ditemukan dalam bentuk terlarut dan tersuspensi. Kelarutan timbal dalam air cukup rendah sehingga kadarnya relative sedikit. Bahan baar yang mengandung timbal memberikan dampak yang berarti bagai keberadaan unsur tersebut di perairan. Kadar toksisitas timbal di badan perairan dipengaruhi oleh kesadahan, pH, alkalinitas, dan kadar oksigen (Effendi, 2003). Kandungan Timbal (Pb) pada air buangan industri kertas adalah 1,5 mg/L, sedangkan standart baku mutu yang mengatur besar kandungan Timbal (Pb) yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 0,1 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013).

2.2 Bangunan Pengolahan Air Buangan

Bangunan pengolahan air buangan adalah unit yang dirancang untuk mengurangi beban pencemar yang terdapat pada air buangan atau limbah. Beban pencemar yang dimaksud adalah partikel-partikel berbahaya, BOD, COD, organisme patogen, komponen beracun dan bahan lainnya yang memiliki sifat beracun dan berpotensi menimbulkan penyakit pada manusia atau organisme lainnya. Bangunan pengolahan air limbah harus dirancang dengan baik agar dapat 14 menurunkan beban pencemar secara efektif. Menurut (Sugiharto, 1987) dalam proses pengolahan air limbah dibagi menjadi empat tahap sebagai berikut:

2.2.1 Pengolahan Pendahuluan (*Pre Treatment*)

Pengolahan pendahuluan bertujuan untuk menyaring sampah-sampah terapung yang masuk bersama dengan air agar dapat mempermudah proses pengolahan selanjutnya. Contohnya seperti, menyortir kerikil, lumpur, menghilangkan zat padat, dan memisahkan lemak. Selain itu pengolahan pendahuluan juga berfungsi untuk menyalurkan air limbah dari unit operasinya ke bangunan pengolahan air limbah. Berikut ini adalah uraian dari tiap -tiap unit bangunan pengolahan pendahuluan industri kertas, antara lain:

a. Saluran Pembawa

Saluran pembawa adalah saluran yang digunakan untuk menyalurkan atau mengantarkan air dari satu bangunan ke bangunan pengolahan lainnya. Saluran pembawa biasanya terbuat dari beton. Saluran pembawa ini juga dapat dibedakan menjadi saluran pembawa terbuka dan tertutup. Saluran ini mampu mengalirkan air dengan meperhatikan beda ketinggian atau perbedaan elevasi antara bangunan yang satu dengan bangunan yang lainnya. Apabila saluran pemabwa ini diatas lahan yang datar, maka diperlukan kemiringan/slope (m/m).

Gambar 2.1 Saluran Pembawa Terbuka dan Tertutup

Sumber: (https://images.app.goo.gl/TyqoSzkSKLMh2qxb9 dan https://images.app.goo.gl/dGpuVp9inWNZ5wmf6)

Adapun kriteria perencanaan yang disediakan untuk saluran pembawa pada pengolahan air limbah antara lain:

- Kecepatan aliran (v) = 0,3-2,4m/s
- Kemiringan (slope) maksimal = 1,10-3m/m • Freeboard saluran = 5-30%
- Dimensi saluran direncanakan (Ws) = B = 2H
- Kekasaran saluran (n) = 0,011-0,020 (saluran terbuka bahan beton)

(Sumber: Bambang Triadmodjo, 2008, Hidraulika II, Table 4.2 Harga Koefisien Manning)

Tabel 2.1 Koefisien n Manning Untuk Saluran Pembawa

Bahan Batas	n Manning
Kayu yang diketam (diserut)	0,012
Kayu yang tidak diserut	0,012
Beton yang dihaluskan	0,013
Beton yang tidak dihaluskan	0,014
Besi tuang	0,015
Bata	0,016
Baja yang dikeling	0,018
Logam bergelombang	0,022
Batu-batu	0,025
Tanah	0,025

Bahan Batas	n Manning
Tanah dengan batu/rerumputan	0,35
Kerikil	0,29

(Sumber: Spellman, F. R. (2013). Water & wastewater infrastructure: Energy efficiency and sustainability. Halaman 285)

Adapun rumus perhitungan yang digunakan untuk saluran pembawa adalah sebagai berikut:

- Luas Permukaan (A)

  $A = \frac{q\ (m^3/s)}{v\ (m/s)}$

  Keterangan:

  A = luas permukaan saluran pembawa (m2)

  Q = debit limbah (m3/detik)

  v = kecepatan alir fluida dalam saluran pembawa (m/detik)

  (Sumber: Chow, Ven Te, 1959, Open Channel Hydraulics, Mc. Graw-Hill Book Company, Inc. Halaman 5)

- Kedalaman Saluran (H)

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

  Keterangan:

  H = ketinggian air dalam saluran pembawa (m)

  A = luas permukaan saluran pembawa (m2)

  B = lebar saluran pembawa (m)

- Ketinggian Total

  H_{Total} = H + (20% x H)

  Keterangan:

  H = ketinggian air dalam saluran pembawa (m), freeboard = 20% dari ketinggian total.

- Cek Kecepatan (Rumus Manning)

  $v = \frac{1}{n}$ x $R^{2/3}$ x $S^{1/2}$

  Keterangan:

n = Koefisien manning

R = Jari-jari hidraulik

S = Slope (Kemiringan dasar saluran)

- Cek waktu tinggal maksimum saluran pembawa (Td)

  Td = $\frac{Q\ Total\ saluran}{Q}$

  Keterangan:

  Q = debit

  Td = waktu detensi

- Jari-Jari Hidrolis (R)

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

  Keterangan:

  R = jari-jari hidrolis (m)

  H = ketinggian air dalam saluran pembawa (m)

  B = lebar saluran pembawa (m)

  (Sumber: Chow, Ven Te, 1959, Open Channel Hydraulics, Mc. Graw-Hill Book Company, Inc. Halaman 19)

- Slope Saluran (Rumus Manning)

  S = $\left(\frac{Q\ x\ n}{1{,}49\ x\ A\ x\ R^{2/3}}\right)^2$

  Keterangan :

  S = slope/kemiringan saluran (m)

  Q = debit air limbah

  n = koefisien manning saluran (m/m)

  R = jari – jari hidrolis (m)

  A = luas permukaan saluran

- Headloss Saluran Pembawa

  Hf = Slope x L saluran

  Keterangan:

  Hf = headloss saluran (m)

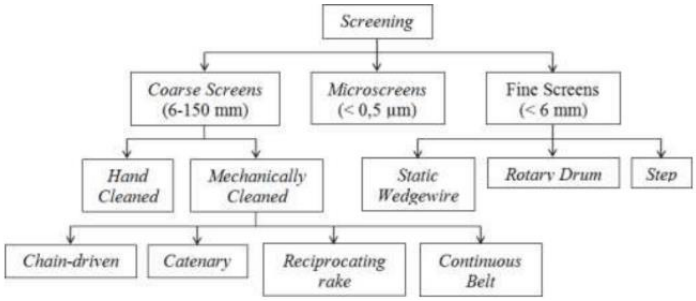
  L = panjang saluran (m)

b. Screening

Bangunan pengolahan air buangan selanjutnya. Prinsip dari screening adalah untuk menghilangkan material kasar yang terdapat pada aliran air buangan yang dapat menyebabkan :

1. Kerusakan pada alat pengolahan
2. Mengurangi efektifitas pengolahan dan biaya pada proses pengolahan
3. Kontaminasi pada aliran air.

Screen pada umumnya dibedakan menjadi tiga tipe screen, diantaranya coarse screen, fine screen dan microscreen. Coarse screen mempunyai bukaan yang berada antara 6-150 mm (0,25-6 inchi). Sedangkan finescreen mempunyai bukaan kurang dari 6 mm (0,25 inchi). Microscreen pada umumnya mempunyai bukaan kurang dari 50 mikron dan digunakan untuk menghilangkan padatan halus dari effluent (Metcalf & Eddy, 2003). Screen biasanya terdiri atas batangan yang disusun secara paralel. Screen pada umumnya terbuat dari batangan logam, kawat, jeruji besi, kawat berlubang, bahkan perforated plate dengan bukaan yang berbentuk lingkaran atau persegi. (Metcalf & Eddy, 2003).



Gambar 2.2 Bagan Jenis – Jenis Screen

(Sumber : Metcalf & Eddy, 2004)

Adapun kriteria perencanaan untuk mendesain screen dengan pembersihan secara manual maupun mekanis baik coarse screen maupun fine screen adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 Kriteria Perencanaan Saringan Kasar

Parameter	U.S. Customary Units		Satuan Internasional	
	Metode Pembersihan		Metode Pembersihan	
	Manual	Mekanik	Manual	Mekanik
Ukuran batang				
Lebar	0,2 – 0,6	0,2 – 0,6	5 – 15	5 – 15
Kedalaman	1,0 – 1,5	1,0 – 1,5	23 – 38	25 – 38
Jarak antar batang	1,0 – 2,0	0,6 – 0,3	25 – 50	15 – 75
Parameter Lain				
Kemiringan thd vertikal (derajat◦)	30 – 45	0 – 30	30 – 45	0 – 30
Kecepatan	1,0-2,0 ft/s	2,0-3,25ft/s	0,3-0,6m/s	0,6-1,0m/s
Headloss (max)	6 in	5-24in	150mm	150-600mm

(Sumber: Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004 Halaman 315-316)

Tabel 2.3 Persen Removal Saringan Halus

Jenis screen	Luas permukaan		Persen *removal*	
	In	Mm	BOD (%)	TSS (%)
Fixed parabolic	0,0625	1,6	5 – 20	5 – 30
Rotary drum	0,01	0,25	25 - 50	25 - 45

Tabel 2.4 Klasifikasi Fine Screen

Jenis *Screen*	**Permukaan *Screen***			**Bahan Screen**	**Pengguna an**
	Klasifik asi Ukuran	**Range Ukuran**			
		In	**Mm**		
Miring (Diam)	Sedang	0,01-0,1	0,25-2,5	Ayakan kawat yang terbuatdari stainless-steel	Pengolaha n Primer
Drum (berputar)	Kasar	0,1 – 0,2	2,5 - 5	Ayakan kawat yang terbuatdari stainless-steel.	Pengolaha n Pendahulu a n
	Sedang	0,01-0,1	0,25-2,5	Ayakan kawat yang terbuatdari stainless-steel.	Pengolaha n Primer
	Halus	0,01-0,1	6 - 35µm	Stainlees steel dan kainpolyes t er	Meremov al residual dari suspended solid sekunder

Jenis *Screen*	Permukaan *Screen*			Bahan Screen	Pengguna an
	Klasifik asi Ukuran	Range Ukuran			
		In	Mm		
Horizonta l Reciproca tin g	Sedang	0,06 0,17	1,6-4	Batangan Stainlessst eel	Gabungan dengan saluran air hujan
Tangensia l	Halus	0,047 5	1200µ m	Jala-jala yang terbuat dari stainless steel.	Gabungan dengan saluran pembawa

(Sumber: Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004 Halaman 322-323)

Adapun rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung screen pada bangunan pengolahan air limbah adalah sebagai berikut:

- Tinggi bar screen

  Tinggi bar screen = HSaluran + (fb x HSaluran)

  Keterangan:

  H = tinggi

  Fb = freeboard

- Jumlah Batang Kisi (n)

  ws = (n+1) x r + (n x d)

  Keterangan:

  ws = lebar saluran (m)

  n = jumlah batang

  r = jarak antar kisi (m)

  d = lebar kisi/bar (m)

- Lebar bukaan screen (wc)

  wc = ws – (n x d)

  Keterangan:

  wc = lebar bukaan screen

  n = jumlah batang

  d = lebar kisi/bar (m)

- Tinggi Kisi (γ)

  γ = h + freeboard

  Keterangan:

  H = kedalaman/ketinggian kisi

- Panjang Kisi (P)

  P = γ sinα

  Keterangan:

  α = kemiringan kisi

  γ = tinggi kisi (m)

- Jarak Kemiringan Kisi (x)

  x = P. Cos α

  Keterangan:

  α = kemiringan kisi

  P = panjang kisi (m)

- Kecepatan melalui Kisi (Vi)

  Vi = $\frac{Q}{Wc\ x\ h}$

  Keterangan

  Q = debit inlet air limbah

  wc = lebar bukaan screen

  h = tinggi muka air

- Headloss pada Bar Screen saat non-clogging

  Hf = $\frac{1}{C}$ x $\left(\frac{Vi^2 - v^2}{2\ x\ g}\right)$

  C merupakan koefisien pada saat non-clogging yaitu 0,7

- Headloss pada saat clogging

  $Hf = \frac{1}{C_c} \text{ x } \left(\frac{Vi^2 - V^2}{2\,x\,g}\right)$

  Cc merupakan koefisien pada saat clogging yaitu 0,6

c. Bak Penampung

Bak penampung merupakan bangunan yang berfungsi untuk menampung dan menyeragamkan variasi laju aliran setiap jam dan beberapa parameter terkait untuk mencapai suatu karakteristik dan laju aliran air limbah yang konstan dan dapat diterapkan dalam sejumlah situasi yang berbeda sesuai dengan unit pengolahan yang digunakan berikutnya. Waktu detensi di bak penampung maksimum adalah 30 menit untuk mencegah terjadinya pengendapan dan dekomposisi air limbah. Tinggi muka air saat kondisi puncak harus berada di bawah aliran masuk (inlet) atau saluran pembawa agar tidak terjadi aliran balik. Setelah keluar dari bak penampung, debit air buangan yang berfluktuasi setiap jamnya akan menjadi debit rata-rata. Menurut (Metcalf & Eddy et al., 2007). Manfaat utama dari aplikasi bak penampung antara lain:

- Pengolahan biologis dapat dioptimalkan karena shock loading rate mampu dikurangi/dicegah, zat penghambat dapat diencerkan
- Kualitas efluen dan kinerja tangki sedimentasi sekunder setelah pengolahan biologis air limbah mampu dioptimalkan melalui peningkatan konsistensi dalam pemuatan padatan
- Kebutuhan luas permukaan dalam unit filtrasi dapat dikurangi, kinerja filter ditingkatkan, dan siklus backwash pada filter yang lebih seragam dimungkinkan dilakukan dengan muatan hidrolik yang lebih rendah (efisiensi penggunaan)
- Dalam pengolahan kimia, mampu mengurangi penggunaan bahan kimia akibat ketidakstabilan parameter yang fluktuatif setiap jamnya.

Namun unit bak penampung juga memiliki kekurangan diantaranya adalah:

- Memerlukan area/lokasi yang cukup luas
- Mampu menimbulkan bau akibat waktu detensi limbah awal
- Memerlukan operasi dan biaya tambahan sehingga biaya meningkat

Gambar 2.3 Bak Penampung

Terdapat beberapa komponen utama dan pendukung yang harus diperhatikan dalam melakukan perencanaan bak penampung, antara lain (Kementerian PUPR, 2017) :

- Rumah pompa, digunakan untuk mengatur debit air limbah yang akan masuk pada unit pengolahan selanjutnya, sehingga diperoleh debit harian rata-rata.
- Mixer/aerator, komponen ini berfungsi untuk menyeragamkan air limbah domestik, khususnya terkait dengan kualitas dan parameter seperti pH, endapan diskrit, dan parameter lain yang tidak sesuai untuk unit pengolahan selanjutnya, penggunaan mixer/aerator dapat menjadi opsi dalam perencanaan unit bak penampung dalam pengolahan air.

Adapun rumus perhitungan yang digunakan dalam menghitung bak penampung antara lain:

- Dimensi Bak Penampung

  V = W x L x H

  Keterangan:

  V = volume bak (m3)

  L = panjang bak (m), dengan 2 x L

  W = lebar bak (m)

H = ketinggian bak pengumpul (m)

- Kedalaman Total (HTotal)

  HTotal = H + (fb x H)

  Keterangan:

  Fb = freeboard

  H = ketinggian bak pengumpul (m)

- Pipa Outlet Pompa

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

  Keterangan:

  A = luas bak

  Q = debit air

  V = volume bak

- Pompa

  Kecepatan aliran saat keluar (discharge)

  $A = \frac{1}{4} x\ \pi\ x\ D^2$

  Keterangan:

  A = luas bak

  d = diameter pipa

- Headloss

  - Headloss Mayor (Hf Mayor)

    Hf Mayor = $\frac{10{,}7\ x\ Q^{1{,}85}}{C^{1{,}85}\ x\ D^{4{,}82}}$

  - Headloss Minor (Hf Minor)

    Hf Minor = $n\ x\ k\ x\ \frac{v^2}{2g}$

  - Headloss Total = Ha + Hf mayor + Hf minor

2.2.2 Pengolahan Primer (*Primary Treatment*)

Tujuan dari pengolahan primer adalah untuk menghilangkan partikel-partikel padat organik dan anorganik melalui proses fisika, yaitu sedimentasi atau flotasi. Partikel padat organik akan dibuat mengendap (sludge) sedangkan minyak

dan lemak akan berada di atas permukaan (grease). Instalasi pada tahap pengolahan primer diantaranya adalah sedimentasi primer dan flotasi.

a. Netralisasi

Proses netralisasi bertujuan untuk menetralkan pH atau keasaman air baku sampai menjadi netral. Hal tersebut dimaksudkan agar proses pengolahan dapat berjalan dengan baik. Bahan kimia yang umum dipakai yaitu asam sulfat atau asam klorida untuk menetralkan air baku yang bersifat alkali. Sedangkan untuk air baku yang bersifat asam umumnya digunakan soda ash atau soda abu dan kapur tohor (Said, 2017).

Proses penetralan umumnya dilakukan dengan pengadukan di dalam bak pencampur dengan waktu detensi berkisar antara 5 sampai 30 menit, dan biasanya dilengkapi dengan kontrolir pH. Penetralan dengan memakai kapur dapat menimbulkan endapan garam kalsium (Said, 2017). Dalam proses netralisasi, terdapat dua (2) sistem yang digunakan dalam menjalankan prosesnya. Sistem sistem tersebut diantaranya sebagai berikut (Eckenfelder, 2000).

- 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 sistem pengadukan dilakukan secara mekanis, maka daya yang dibutuhkan berkisar antara 0,2 – 0,4 hp/ribu.gal (0,04 - 0,08 kW/m3)

Adapun rumus-rumus yang biasa digunakan dalam perhitungan unit Netralisasi:

A. Bak Pembubuh

- Dosis NaOH

$$\text{Dosis} = \frac{y\ (mg)}{V\ air\ (L)} \text{ x } \frac{1}{BM\ (\frac{g}{g}.mol)} \text{ x } \frac{1}{1000\ (mg/g)}$$

- Kabutuhan NaOH

  NaOH = Dosis NaOH x Q air limbah
- Kebutuhan air pelarut

  Q1 x N1 = Q2 x N2
- Volume total

  VTotal = QTotal x Td

  Keterangan:

  Q = debit air

  Td = waktu detensi
- Dimensi Tangki

  V = $\frac{1}{4}$ x π x D^2 x h

  Keterangan:

  d = diameter tangki

  h = tinggi tangka
- Suplai tenaga ke air

  P = G^2 x μ x V

  Keterangan:

  G = gradien kecepatan

  μ = viskositas dinamik

  V = volume tangka
- Diameter impeller

  Di = $(\frac{P}{KT\ x\ n3\ x\ \rho})^{\frac{1}{5}}$
- Lebar impeller

  Wi = 1/10 x Di

  Keterangan:

  Di = diameter impeller
- Lebar impeller

  Wi = 1/10 x Di

  Keterangan:

  Di = diameter impeller

- Cek bilangan reynold (Nre)

  NRe = $\frac{Di^2 \; x \; n \; x \; \rho}{\mu}$

  Keterangan:

  Di = diameter impeller

  μ = viskositas dinamik

  n = kecepatan putaran paddle

B. Bak Netralisasi

- Volume tangki netralisasi

  V Tangki = Q x Td

  V Total = V Air + V Pembubuh

- Dimensi tangki netralisi

  V = $\frac{1}{4} \; x \; \pi \; x \; D^2 \; x \; h$

  H Total = H + Freeboard

  Keterangan:

  d = diameter tangka

  h = tinggi tangka

- Suplai tenaga ke air

  P = G^2 x μ x V

  Keterangan:

  G = gradien kecepatan

  μ = viskositas dinamik

  V = volume tangka

- Cek Di

  Cek Di = $\frac{Di}{D} \; x$ 100%

  Keterangan:

  Di = diameter impeller

  D = diameter tangka

- Menghitung ukuran baffle pada tangki

  Baffle = 10% x D_T

- Cek bilangan reynold (Nre)

  NRe = $\frac{〖Di〗 ^2 \, x \, n \, x \, \rho}{\mu}$

  Keterangan:

  Di = diameter impeller

  μ = viskositas dinamik

  n = kecepatan putaran paddle

- Luas penampang pipa

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

  Keterangan:

  Q = debit air

  V = volume tangka

- Diameter pipa outlet

  D = $\sqrt{\frac{4 \, x \, A}{\pi}}$

- Cek kecepatan pipa outlet

  V = $\frac{Q}{V}$

  Keterangan:

  Q = debit air

  A = luas

C. Dosing Pump

- Debit dosing pump (Q) = $Q_{pembubuhan}$

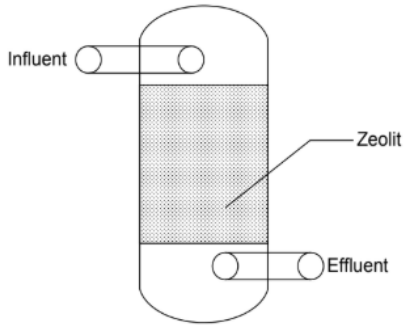
b. Ion Exchange

Ion exchange merupakan proses penting dalam pengolahan air yang melibatkan pertukaran ion antara fase padat (resin) dan fase cair (air). Metode ini efektif untuk menghilangkan berbagai kontaminan ionik seperti kesadahan, nitrat, dan logam berat dari air (Wachinski, 2016).

Prinsip dasar ion exchange melibatkan resin yang bermuatan yang menarik dan menahan ion-ion tertentu dari air, sambil melepaskan ion-ion lain yang kurang berbahaya. Proses ini reversibel, memungkinkan regenerasi resin untuk penggunaan berkelanjutan (Inamuddin & Luqman, 2012). Dalam

pengolahan air minum, ion exchange sering digunakan untuk pelunakan air, menghilangkan ion kalsium dan magnesium yang menyebabkan kesadahan. Selain itu, teknik ini juga efektif dalam menghilangkan nitrat, yang merupakan kontaminan umum dalam air tanah akibat aktivitas pertanian (Bhatnagar & Sillanpää, 2011).

Ion exchange juga memainkan peran penting dalam pengolahan air limbah industri. Metode ini dapat menghilangkan logam berat seperti timbal, kadmium, dan tembaga dengan efisiensi tinggi, membantu industri memenuhi standar pembuangan air limbah yang ketat (Fu & Wang, 2011). Meskipun efektif, ion exchange memiliki beberapa tantangan. Biaya awal yang tinggi untuk resin dan peralatan, serta kebutuhan regenerasi resin secara berkala, dapat menjadi pertimbangan ekonomi yang signifikan. Selain itu, pembuangan larutan regenerasi yang mengandung konsentrasi tinggi kontaminan yang dihilangkan juga memerlukan penanganan khusus (Arar et al., 2014). Inovasi terbaru dalam teknologi ion exchange meliputi pengembangan resin selektif yang lebih efisien dan tahan lama, serta integrasi dengan teknologi membran untuk meningkatkan kinerja keseluruhan sistem pengolahan air (Venkatesan & Wankat, 2017).



Gambar 2.4 Ion Exchange

Adapula kriteria Perencanaan yang perlu di perhatikan dalam merencanakan sebuah unit penukar ion seperti spesifikasi salah satu produk resik yang akan digunakan pada unit pengolahan dalam tugas ini, berikut adalah rincian mengenai kondisi kerja sebuah unit penukar ion:

Tabel 2.5 Spesifikasi resin kation untuk unit ion exchange

Product : DuPont AmberLite IRC120 H		
Properti Fisika dan Kimia : Bentuk H^+		
Kapasitas Pertukaran Min.	1,8	Eq/L
Kandungan Air	48 - 58	%
Ukuran Partikel	300 - 1180	µm
Total Swelling ($Na^+ \rightarrow H^+$)	11	%
Densitas Partikel	1,19	g/mL
Dosis	800	g/L
Kondisi Operasional yang Direkomendasikan		
Suhu Operasional Maksimum	120	°C
Rentang pH	0 – 14	

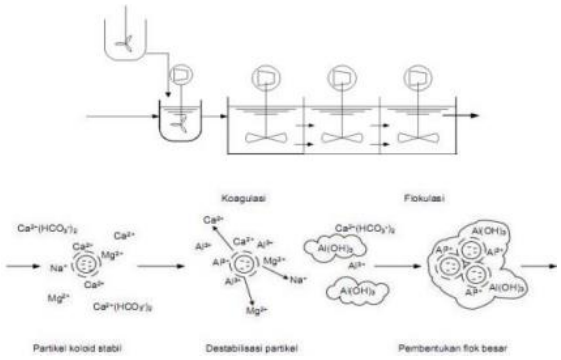
Sumber : (https://www.dupont.com/products/amberliteirc120h.html)

c. Koagulasi-Flokulasi

Koagulasi dan flokulasi merupakan dua proses yang terangkai menjadi kesatuan proses tak terpisahkan. Pada proses koagulasi terjadi destabilisasi koloid dan partikel dalam air sebagai akibat dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia (disebut koagulan). Akibat pengadukan cepat, koloid dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan melalui proses penguraian koagulan. Proses ini dilanjutkan dengan pembentukan ikatan antara ion positif dari koagulan (misal Al3+) dengan ion negatif dari partikel (misal OH-) dan antara ion positif dari partikel (misal Ca2+) dengan ion negatif dari koagulan (misal SO42-) yang menyebabkan pembentukan inti flok (presipitat) (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi. 2012).

Segera inti flokter bentuk, proses selanjutnya adalah proses flokulasi, yaitu penggabungan inti flok menjadi flok berukuran lebih besar yang memungkinkan partikel dapat mengendap. Penggabungan flok kecil

menjadi flok besar terjadi karena adanya tumbukan antar flok. Tumbukan ini terjadi akibat adanya pengadukan lambat. Proses koagulasi-flokulasi dapat digambarkan secara skematik pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.5 Proses Koagulasi Flokulasi

(Sumber: Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi. 2012. Operasi dan Proses Pengolahan Air. Surabaya: ITS Press.)

Proses koagulasi-flokulasi terjadi pada unit pengaduk cepat dan pengaduk lambat. Pada bak pengaduk cepat, dibubuhkan koagulan. Pada bak pengaduk lambat, terjadi pembentukan flok yang berukuran besar hingga mudah diendapkan pada bak sedimentasi. Pemilihan koagulan dan konsentrasinya dapat ditentukan berdasarkan studi laboratorium menggunakan jar test apparatus untuk mendapatkan kondisi optimum. Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi. 2012).

Gambar 2.6 Peralatan Jar Test

(Sumber: Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi. 2012. Operasi dan Proses Pengolahan Air. Surabaya: ITS Press.)

Pengadukan merupakan operasi yang mutlak diperlukan pada proses koagulasi-flokulasi. Pengadukan cepat berperan penting dalam

pencampuran koagulan dan destabilisasi partikel. Sedangkan pengadukan lambat berperan dalam upaya penggabungan flok. Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi. 2012).

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

Selanjutnya ada Pengadukan Cepat. Tujuan pengadukan cepat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan turbulensi air sehingga dapat mendispersikan bahan kimia yang akan dilarutkan dalam air. Secara umum, pengadukan cepat adalah pengadukan yang dilakukan pada gradien kecepatan besar (300 sampai 1000 detik-1) selama 5 hingga 60 detik atau nilai GTd (bilangan Champ) berkisar 300 hingga 1700. Secara spesifik, nilai G dan td bergantung pada maksud atau sasaran pengadukan cepat (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi. (2012). Operasi dan Proses Pengolahan Air. Surabaya: ITS Press.)

i. Untuk proses koagulasi-flokulasi:
   Waktu detensi = 20-60 detik
   G = 700-1000/s
ii. Untuk penurunan kesadahan (pelarutan kapur/soda):
   Waktu detensi = 20-60 detik
   G = 700-1000/s
iii. Untuk presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain): 34
   Waktu detensi = 0,5-6 menit
   G = 700-1000/s

Selanjutnya ada Pengadukan Lambat. Tujuan pengadukan lambat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan gerakan air secara

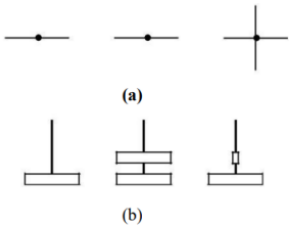
perlahan sehingga terjadi kontak antar partikel untuk membentuk gabungan partikel hingga berukuran besar. Pengadukan lambat adalah pengadukan yang dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik) selama 10 hingga 60 menit atau nilai GTd (bilangan Champ) berkisar 48000 hingga 210000. Untuk menghasilkan flok yang baik, gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak pecah lagi dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar.Secara spesifik, nilai G dan waktu detensi untuk proses flokulasi adalah sebagai berikut (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi. (2012). Operasi dan Proses Pengolahan Air. Surabaya: ITS Press.)

i. Untuk air Sungai
   G = 10 - 50 detik
ii. Untuk air waduk
   Waktu = 30 menit
   G = 10–7 - 5 detik
iii. Untuk air keruh
   Waktu dan G lebih rendah
iv. Bila menggunakan gram besi sebagai koagulan
   G tidak lebih dari 50 detik-1
v. Untuk flokulator 3 kompartemen
   G kompartemen 1 : nilai terbesar
   G kompartemen 2 : 40 % dari G kompartemen 1
   G kompartemen 3 : nilai terkecil
vi. Untuk penurunan kesadahan (pelarutan kapur dan soda)
   Waktu detensi = minimum 30 menit
   G = 10 - 50 detik-1
vii. Untuk presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)
   Waktu detensi = 15 - 30 menit
   G = 20 - 75 detik-1
   GTd = 10.000 - 100.000

Pengadukan lambat dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain:

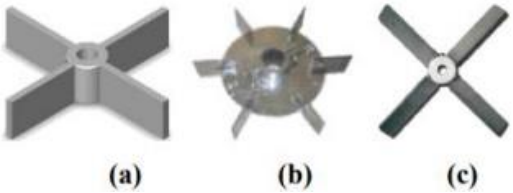
i. Pengadukan mekanis
ii. Pengadukan hidrolis

Pengadukan mekanis adalah metode pengadukan menggunakan peralatan mekanis yang terdiri atas motor, poros pengaduk (shaft), dan alat pengaduk (impeller). Peralatan tersebut digerakkan dengan motor bertenaga listrik. Berdasarkan bentuknya, ada tiga macam impeller, yaitu paddle (pedal), turbine, dan propeller (baling-baling).



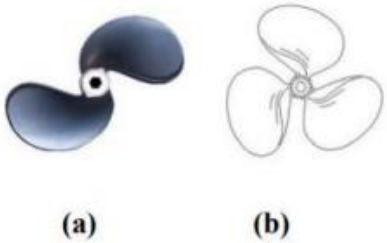
Gambar 2.7 Tipe Paddle Tampak Atas dan Tampak Samping

(Sumber : Qasim, S. R. (1985). Wastewater Treatment Plant: Planning, Design and Operation. New York: Holt, Reinhart and Winston.)



Gambar 2.8 Tipe-tipe Turbine

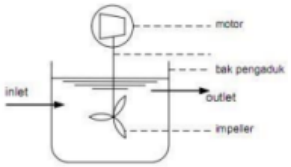
(Sumber: Qasim, S. R. (1985). Wastewater Treatment Plant : Planning, Design and Operation. New York: Holt, Reinhart and Winston.)



Gambar 2.9 Tipe Propeller

(Sumber: Qasim, S. R. (1985). Wastewater Treatment Plant: Planning,Design and Operation. New York: Holt, Reinhart and Winston.)

Pengadukan mekanis dengan tujuan pengadukan cepat umumnya dilakukan dalam waktu singkat dalam satu bak. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan, yaitu G dan td. Sedangkan pengadukan mekanis dengan tujuan pengadukan lambat umumnya memerlukan tiga kompartemen dengan ketentuan G di kompartemen I lebih besar daripada G di kompartemen II dan G di kompartemen III adalah yang paling kecil. Pengadukan mekanis yang umum digunakan untuk pengadukan lambat adalah tipe paddle yang dimodifikasi 37 hingga membentuk roda (paddle wheel), baik dengan posisi horizontal maupun vertical



Gambar 2.10 Pengadukan Cepat Dengan Alat Pengaduk

(Sumber: Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi. 2012. Operasi dan Proses Pengolahan Air. Surabaya: ITS Press.)

Tabel 2.6 Nilai Gradien Kecepatan dan Waktu Pengadukan

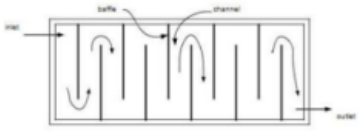
Waktu Pengadukan td (detik)	Gradien Kecepatan (1/detik)
20	1000
30	900
40	790
50>	700

(Sumber: Tom D. Reynolds, Paul A. Richards. (1996). Unit Operation and Proccesses in Environmental Engineering (Second Edition). Boston: PWS Publishing Company.)

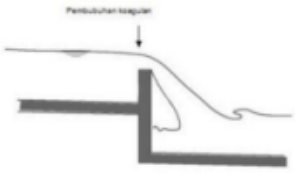
Pengadukan hidrolis adalah pengadukan yang memanfaatkan aliran air sebagai tenaga pengadukan. Tenaga pengadukan ini dihasilkan dari energi hidrolik yang dihasilkan dari suatu aliran hidrolik. Energi hidrolik dapat berupa energi gesek, energi potensial (jatuhan) atau adanya lompatan hidrolik dalam suatu aliran. Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada

pengadukan cepat haruslah aliran air yang menghasilkan energi hidrolik yang besar. Dalam hal ini dapat dilihat dari besarnya kehilangan energi (headloss) atau perbedaan muka air. Dengan tujuan menghasilkan turbulensi yang besar tersebut, maka jenis aliran yang sering digunakan sebagai pengadukan cepat adalah terjunan, loncatan hidrolik, dan parshall flume.

Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan lambat adalah aliran air yang menghasilkan energi hidrolik yang lebih kecil. Aliran air dibuat relatif lebih tenang dan dihindari terjadinya turbulensi agar flok yang terbentuk tidak pecah lagi. Beberapa contoh pengadukan hidrolis untuk pengadukan lambat adalah kanal bersekat (baffled channel), perforated wall, gravel bed dan sebagainya. (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi. (2012). Operasi dan Proses Pengolahan Air. Surabaya: ITS Press.)



Gambar 2.11 Pengadukan cepat dengan terjunan

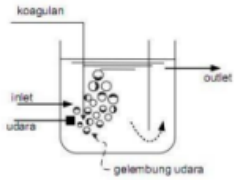


Gambar 2.12 Baffle Channel

(Sumber : Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi. 2012. Operasi dan Proses Pengolahan Air. Surabaya: ITS Press.)

Pengadukan pneumatis adalah pengadukan yang menggunakan udara (gas) berbentuk gelembung sebagai tenaga pengadukan. Gelembung tersebut dimasukkan ke dalam air dan akan menimbulkan gerakan pada air. Injeksi udara bertekanan ke dalam air akan menimbulkan turbulensi, akibat lepasnya gelembung udara ke permukaan air. Aliran udara yang digunakan untuk pengadukan cepat harus mempunyai tekanan yang cukup besar

sehingga mampu menekan dan menggerakkan air. Makin besar tekanan udara, kecepatan gelembung udara yang dihasilkan makin besar dan diperoleh turbulensi yang makin besar pula



Gambar 2.13 Pengadukan cepat secara Pnuamatis

(Sumber: Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi. 2012. Operasi dan Proses Pengolahan Air. Surabaya: ITS Press.)

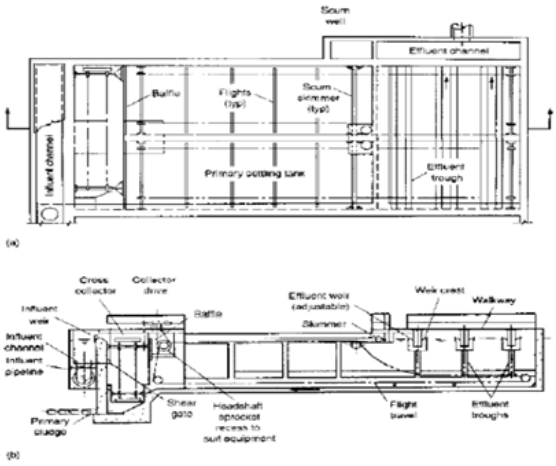
Koagulan yang banyak digunakan dalam pengolahan air minum adalah aluminium sulfat atau garam-garam besi. Terkadang koagulan-pembantu, seperti polielektrolit dibutuhkan untuk memproduksi flok yang lebih besar agar padatan tersuspensi lebih cepat mengendap. Faktor utama yang mempengaruhi proses koagulasi-flokulasi air adalah kekeruhan, padatan tersuspensi, temperatur, pH, komposisi dan konsentrasi kation dan anion, durasi dan tingkat agitasi selama koagulasi dan flokulasi, dosis koagulan, dan jika diperlukan, koagulan-pembantu

d. Sedimentasi

Bak pengendap I adalah bak yang digunakan untuk proses pengendapan partikel flokulen dalam suspensi, dengan pengedapan yang terjadi akibat interaksi antar partikel. Selama operasi pengendapan, ukuran partikel flokulen bertambah besar, sehingga kecepatannya juga meningkat. Sebagai contoh ialah pengendapan Koagulasi – Flokulasi. (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012). Kecepatan pengendapan tidak dapat ditentukan dengan persamaan Stoke’s karena ukuran dan kecepatan pengendapan tidak tetap. Besar partikel yang diuji dengan coloumn settling testdan withdrawalports pada waktu tertentu akan menghasilkan data removal sehingga akan didapat grafik isoremoval (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012).

Bak pengendap pertama pada umumnya mampu menyisihkan 50-70% dari suspended solid dan 25-40% BOD. Adapun efisiensi kemampuan penyisihan TSS dan BOD pada bak sedimentasi I dipengaruhi oleh:

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



Gambar 2.14 Bak Pengendap 1

(Sumber : Metcalf & Eddy, 2003)

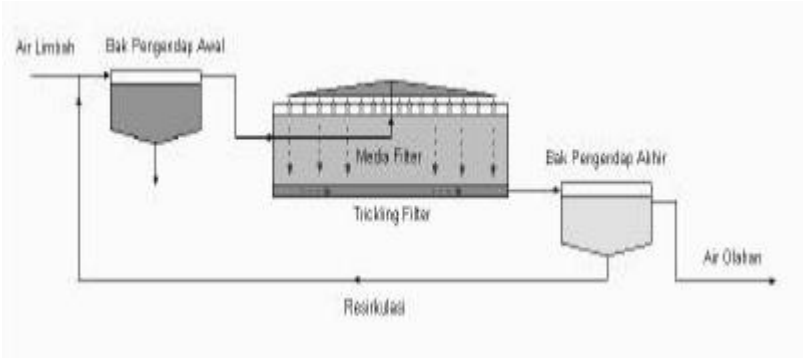
Pada tangki sirkular pola aliran adalah berbentuk aliran radial. Pada tengah-tengah tangki, air limbah masuk dari sebuah sumur sirkular yang didesain untuk mendistribusikan aliran ke semua bangunan ini. Diameter dari tengah tengah sumur biasanya antara 15-20% dari diameter total tangki dan range dari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

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

2.2.3 Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)

a. Trickling Filter

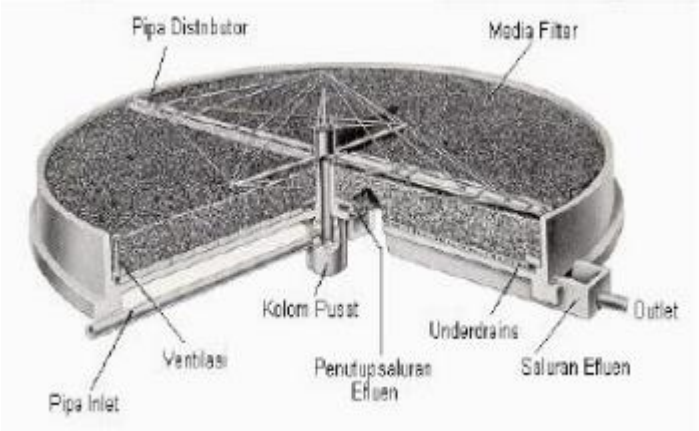
Pengolahan air limbah dengan proses Trickilng Filter adalah proses pengolahan dengan cara menyebarkan air limbah ke dalam suatu tumpukan atau unggun media yang terdiri dari bahan batu pecah (kerikil), bahan keramik, sisa tanur (slag), medium dari bahan plastik atau lainnya. Dengan cara demikian maka pada permukaan medium akan tumbuh lapisan biologis (biofilm) seperti lendir, dan lapisan biologis tersebut akan kontak dengan air limbah dan akan menguraikan senyawa polutan yang ada di dalam air limbah. Proses pengolahan air limbah dengan sistem Trickilng Filter pada dasarnya hampir sama dengan sistem lumpur aktif, di mana mikroorganisme berkembang-biak dan menempel pada permukaan media penyangga. Di dalam aplikasinya, proses pengolahan air limbah dengan sistem triclikg filter secara garis besar ditunjukkan seperti pada gambar 2.16.



Gambar 2.15 Diagram Proses Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Trickling Filter

Diagram Proses Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem Trickling Filter melalui pipa berlubang yang berputar. Dengan cara ini maka terdapat zona basah dan kering secara bergantian sehingga terjadi transfer oksigen ke dalam air limbah. Air limbah yang masuk ke dalam bak trickling filter selanjutnya akan keluar melalui pipa under-drain yang ada di dasar bak dan keluar melalui saluran effluent. Dari saluran effluent dialirkan ke bak pengendapan akhir dan air limpasan dari bak pengendapan akhir adalah air

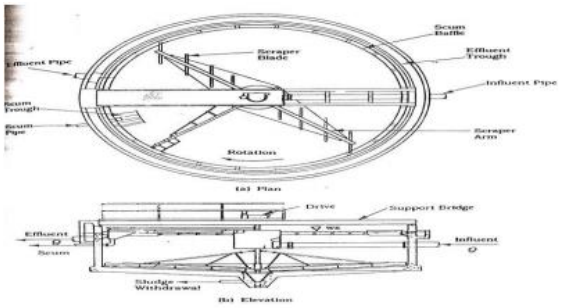
olahan. Lumpur yang mengendap di dalam bak pengendapan akhir selanjutnya disirkulasikan ke inlet bak pengendapan awal. Gambar penampang bak trickling filter dapat ditunjukkan seperti pada gambar berikut



Gambar 2.16 Penampang Bak Trickling Filter

b. Clarifier

Pengolahan ini adalah kelanjutan dari pengolahan terdahulu, oleh karena itu pengolahan jenis ini akan digunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua, banyak zat tertentu yang masih berbahaya bagi lingkungan. Pengolahan ini merupakan pengolahan khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah. Biasanya dilaksanakan pada industry yang menghasilkan air limbah khusus, yaitu seperti mengandung fenol, nitrogen, fosfat dan bakteri pathogen lainnya. Salah satu contoh pengolahan ketiga ini adalah bangunan clarifier. Clafier sama saja dengan bak pengendap pertama. Hanya saja clarifier biasa digunakan sebagai bak pengendap kedua setelah proses biologis.



Gambar 2.17 Secondary Clarifier

Kriteria Perencanaan

- Bangunan berbentuk circular
- Kedalaman (h) = 10 – 16 ft = 3 – 4,6 m
- Diameter (D) = 10 – 200 ft = 3 – 61 m
- Slope dasar = ¾ - 2 in/ft = 62,5 – 166,7 mm/min
- Flight travel speed = 0,02 – 0,05 m/min
- Waktu detensi = 1,5 – 2,5 jam
- Over rate flow = 600 – 800 gal/ft2 .hari = 24,42 – 32,156 m3 /m2 .hari
- Peak rate flow = 1200 -1700 gal/ft2 .hari = 48,84 – 69,19 m3 /m2 . Hari
- Diameter inlet wall = 15 – 20%. D×bak
- Weir loading = 124 – 496 m
  (Metcalf & Eddy, 2004, 396 – 402m)
- Sg volatile solid = 1,3 gr/cm3
- Sg fixed solid = 2,5 gr/cm3

2.2.4 Pengolahan Lumpur (Sludge Treatment)

a. Belt Filter Press

Sebagian besar dari jenis Belt-Filter Press, lumpur dikondisikan di bagian saluran gravitasi untuk dapat menebalkan lumpur. Pada bagian ini banyak air yang tersisihkan dari lumpur secara gravitasi. Dibeberapa unit, bagian ini diberikan dengan bantuan vacuum, yang menambah saluran dan membantu untuk mengurangi bau. Mengikuti saluran gravitasi, tekanan yang digunakan dalam bagian tekanan rendah, dimana lumpur diremas diantara pori kain sabuk. Di beberapa unit, bagian tekanan rendah diikuti bagian tekanan tinggi dimana lumpur mengalami pergeseran melewati penggulung. Peremasan dan penggeseran ini menginduksi dari penambahan air dari lumpur. Akhir pengeringan cake lumpur adalah penyisihan dari sabuk dengan Scrapper blade Sistem operasi jenis belt-filter press dari pompa penyedot lumpur, peralatan polimer, tangki lumpur (flokulator), beltfilter press, conveyor cake lumpur,dan sistem pendukung (compressor,

pompa pencuci). Namun, ada beberapa unit yang tidak menggunakan tangki lumpur (Metcalf & Eddy, 2003).

Banyak variabel yang mempengaruhi cara kerja dari belt-filter press, antara lain karakteristik lumpur, metode dan kondisi bahan kimia, tekanan, konfigurasi mesin (saluran gravitasi), porositas sabuk, kecepatan sabuk, dan lebar sabuk. Beltfilter press ini sensitif terhadap variasi karakteristik lumpur dan efisiensi mengurangi pengeringan lumpur. Fasilitas memadukan lumpur harus termasuk dalam desain sistem dimana karakteristik lumpur beraneka ragam. Namun, pada kenyataannya operasin yang mahal mengakibatkan beban padat yang lebih besar dan pengering cake ditingkatkan dengan meninggikan konsentrasi padatan lumpur (Metcalf & Eddy, 2003).

2.3 Persen Removal

Tujuan dari proses pengolahan air buangan adalah menurunkan beban pencemar air limbah tersebut agar bisa dibuang ke badan sungai. Banyaknya penurunan beban pencemar dinyatakan dalam bentuk persentase yang digunakan untuk menilai seberapa efektifnya suatu bangunan dalam menurunkan beban pencemar. Berdasarkan studi literatur yang telah kami kumpulkan, didapatkan rangkuman %penyisihan untuk unit pengolahan serta keseluruhan parameter dalam air sehingga dapat diolah dalam bangunan pengolahan air limbah yang telah direncanakan.

Tabel 2.7 Persen Removal

Unit Pengolahan	Parameter	%Removal	Sumber
Netralisasi	pH	6-9	Reynolds & Richards, 1996 *Unit Operations & Processes in Environment Engineering*, 2nd, hal 161
Ion Exchange	Pb	100%	Casanova, 1977 hal 111
Sedimentasi	TSS	50% – 70%	Metcalf & Eddy *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th* Hal 396
	BOD	25% - 40%	
Trickling Filter	BOD	60% - 85%	Cavaseno, 1987 *Industrial Wastewater and Solid Waste.* Hal 15
	COD	30% - 70%	
	TSS	60% - 85%	
Clarifier	TSS	60% - 80%	Huisman, L.(1977). *Sedimentation and Flotation Mechanical Filtration*. Hal 12

2.4 Profil Hidrolis

Profil hidrolis digambarkan untuk mendapatkan tinggi muka air pada masing masing unit instalasi. Profil ini menunjukkan adanya

kehilangan tekanan (headloss) yang terjadi akibat pengaliran pada bangunan. Beda tinggi setiap unit instalasi dapat ditentukan sesuai dengan sistem yang digunakan serta perhitungan kehilangan tekanan baik pada perhitungan yang telah dilakukan pada bab masing-masing bangunan sebelumnya maupun yang langsung dihitung pada bab ini.

Profil hidrolis adalah faktor yang penting demi terjadinya proses pengaliran air. Profil ini tergantung dari energi tekan/head tekan (dalam tinggi kolom air) yang tersedia bagi pengaliran. Head ini dapat disediakan oleh beda elevasi (tinggi ke rendah) sehingga air pun akan mengalir secara gravitasi. Jika tidak terdapat beda elevasi yang memadai, maka perlu diberikan head tambahan dari luar, yaitu dengan menggunakan pompa.

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

1. Kehilangan Tekanan Pada Bangunan Pengolahan
   Untuk membuat profil hidrolis perlu perhitungan kehilangan tekanan pada bangunan. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air di dalam bangunan pengolahan. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan ada beberapa macam, yaitu: a. Kehilangan tekanan pada saluran terbuka
   b. Kehilangan tekanan pada bak
   c. Kehilangan tekanan pada pintu 41
   d. Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang, dan sebagainya harus dihitung secara khusus
2. 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 Cara yang mudah dengan monogram "Hazen William" Q atau V diketahui maka S didapat dari monogram.

b. Kehilangan tekanan pada aksesoris Cara yang mudah adalah dengan mengekivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekivalen sekaligus.

c. Kehilangan tekanan pada pompa Bisa dihitung dengan rumus, grafik karakteristik pompa serta dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis pompa, cara pemasangan dan sebagainya.

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

a. Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir.

b. Menambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di clear well.

c. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum clear well demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama sesudah intake.

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