

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Limbah Industri Pengolahan Ikan

Limbah cair atau air buangan merupakan sisa air dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat – tempat umum lainnya, dan pada umumnya mengandung bahan-bahan atau zat – zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup. Karakteristik limbah cair bervariasi dipengaruhi oleh lokasi, jumlah penduduk, industri, tata guna lahan, muka air tanah dan tingkat pemisahan antara *storm water* dan *sanitary water*. Limbah cair dibagi kedalam 3 kategori :

- *Domestic wastewater* (Limbah cair domestik) meliputi: limbah cair dari dapur, kamar mandi, *laundry* dan sejenisnya.
- *Sanitary wastewater* meliputi: *domestic wastewater*, komersial, kantor, dan fasilitas sejenisnya.
- *Industrial wastewater* berasal dari industri (sangat bervariasi sesuai dengan jenis industrinya).

2.1.1 Derajat Keasaman (pH)

pH merupakan sebuah parameter kualitas yang penting bagi air baku dan juga air limbah. Ukuran konsentrasi pH yang cocok bagi semua kehidupan biologis bisa terbilang sangat kecil dan kritis yaitu diantara 6 hingga 9. Air limbah dengan pH yang sangat tinggi sulit untuk ditangani secara biologis, dan jika konsentrasi pH tidak dinetralkan sebelum proses pembuangan, hasil olahan limbah kemungkinan bisa merubah konsentrasi pH pada air baku, agar hasil pembuangan dapat ditangani sesuai dengan pH yang berlaku biasanya berukuran antara 6,5 hingga 8,5 (MetCalf & Eddy, 2003). pH air buangan industri pengolahan ikan ini adalah 3, sedangkan baku mutu yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah dalam batas

6-9. (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014).

2.1.2 Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri aerobik melalui proses biologis (biological oxidation) secara dekomposisi aerobik. BOD adalah oksigen yang dibutuhkan untuk bakteri aerobik dan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air. Tingginya kadar BOD menunjukkan air limbah yang sangat tercemar dan berbahaya. Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan salah satu empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. Angka BOD menggambarkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) hampir semua senyawa organik yang terlarut dan yang sebagian tersuspensi di dalam air (Atima, 2015). Menurut Metcalf & Eddy (2003), hasil tes BOD akan digunakan untuk:

- Menentukan perkiraan jumlah oksigen yang akan dibutuhkan untuk menstabilkan secara biologis organik meter yang ada,
- Menentukan ukuran fasilitas perawatan limbah,
- Mengukur efisiensi dari beberapa proses perawatan, dan
- Menentukan kepatuhan terhadap ijin pembuangan air limbah.

Kandungan BOD air buangan industri pengolahan ikan ini adalah 2600 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan BOD yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan sebesar 100 mg/L (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014).

2.1.3 Chemical Oxygen Demand (COD)

COD merupakan banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter (mg/L) yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik dengan menggunakan bahan kimiawi atau oksidator kimia yang

kuat (Syed R. Qasim, 1985, "Wastewater Treatment plant", CBS College Publishing, hal 39). Dari segi operasional, salah satu keuntungan dari uji COD yaitu dapat dilakukan hanya dalam sekitar 2,5 jam, tidak sebanding dengan proses pengujian BOD5 yang membutuhkan 5 hari lebih untuk proses pengujiannya. Untuk mengurangi durasi pengujian COD, telah dikembangkan proses pengujian COD yang hanya membutuhkan waktu sekitar 15 menit (Metcalf & Eddy, 2003). Kandungan COD yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan sesuai baku mutu adalah 100 mg/L. Pada industri pengolahan ikan kadar COD sebesar 3250 mg/L.

2.1.4 Total Suspended Solid (TSS)

Limbah pada umumnya mengandung padatan yang bervariasi baik berupa padatan tersuspensi yang berbentuk koloid maupun padatan terlarut dalam air. Dalam karakteristik limbah, padatan tersuspensi pada umumnya disisihkan sebelum sampel dianalisa. Secara umum, 60% dari kandungan padatan tersuspensi dalam limbah dapat diendapkan, sedangkan sisanya dapat disisihkan melalui proses filtrasi/penyaringan. Filter digunakan untuk memisahkan Total Suspended Solid (TSS) dari Total Dissolve Solid (TDS), kandungan TSS yang tersisihkan sering berubah bergantung pada ukuran pori dari kertas saring yang digunakan pada proses pengujian. Jumlah TSS yang lebih akan teridentifikasi apabila menggunakan ukuran porositas kertas saring yang lebih kecil.

TSS merupakan parameter universal yang digunakan untuk standar effluent (bersama dengan BOD) yang mana hasil dari pengolahan digunakan untuk proses pengontrolan (Metcalf & Eddy, 2003). Kandungan TSS air buangan industri pengolahan ikan ini adalah 600 mg/L, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan TSS yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 250 mg/L (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014).

2.1.5 Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak termasuk senyawa organik yang relatif stabil dan sulit diuraikan oleh bakteri. Lemak dapat dirombak oleh senyawa asam yang menghasilkan asam lemak dan gliserin. Pada keadaan basa, gliserin akan dibebaskan dari asam lemak dan akan terbentuk garam basa (Manik, 2003). Minyak dan lemak secara kimiawi sangat mirip, mereka adalah senyawa ester dari alkohol atau gliserol (gliserin) dengan asam lemak. Asam lemak gliserin yang cair pada suhu normal disebut minyak dan yang padat disebut grease (lemak).

Kandungan minyak dan lemak pada industri pengolahan ikan ini adalah 28 mg/L sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan minyak dan lemak yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah 25 mg/L (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014). Jika minyak tidak dihilangkan sebelum air limbah diolah, dapat mengganggu kehidupan biologis di permukaan perairan permukaan dan membuat lapisan tembus cahaya. Ketebalan minyak yang diperlukan untuk membentuk sebuah lapisan tembus cahaya di permukaan badan air sekitar 0,0003048 mm (Metcalf-Eddy, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition*, hal 98).

2.1.6 Nitrogen total

Nitrogen total adalah jumlah atau kadar keseluruhan nitrogen yang terdapat dalam limbah cair atau sampel, air permukaan dan lainnya. Nitrogen dapat ditemui hampir di setiap badan air dalam berbagai macam bentuk, bergantung tingkat oksidasinya, yaitu NH_3 , N_2 , NO_2 , NO_3 . Nitrogen netral berada sebagai gas N_2 yang merupakan hasil suatu reaksi yang sulit untuk bereaksi lagi. N_2 lenyap dari larutan sebagai gelembung gas karena kadar kejenuhannya rendah. Hubungan yang timbul diantara berbagai bentuk campuran nitrogen dan perubahan-perubahan yang terjadi dalam alam pada umumnya digambarkan dengan siklus nitrogen. Di dalam air limbah kebanyakan dari nitrogen tersebut terdapat dalam bentuk organik

atau protein dan amoniak. Setingkat demi setingkat nitrogen organik tersebut dirubah menjadi nitrogen amoniak. Dalam kondisi aerobik, oksidasi dari amoniak menjadi nitrit dan nitrat terjadi sesuai waktunya.

Nitrogen terdapat dalam limbah organik dalam berbagai bentuk yang meliputi empat spesifikasi yaitu nitrogen organik, nitrogen amonia, nitrogen nitrit, dan nitrogen nitrat. Dalam air limbah yang dingin dan segar, biasanya kandungan nitrogen organik relatif lebih tinggi daripada nitrogen amonia. Sebaliknya dalam air limbah yang hangat kandungan nitrogen organik relatif lebih rendah daripada nitrogen amonia. Nitrit dan nitrat terdapat dalam air limbah dalam konsentrasi yang sangat rendah.

Kandungan nitrogen total air buangan industri pengolahan ikan ini adalah 15 mg/l, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan nitrogen total yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 5 mg/l.

2.1.7 Timbal (Pb)

Salah satu bahan pencemar akibat aktivitas manusia adalah logam berat timbal (Pb). Adanya logam berat Pb di perairan dapat secara langsung membahayakan kehidupan organisme perairan laut, dan secara tidak langsung mengancam kesehatan manusia melalui kontaminasi rantai makanan. Sifat logam berat yang sulit terurai dapat dengan mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan, sedimen, serta pada biota laut. Logam berat umumnya bersifat toksik terhadap makhluk hidup, walaupun beberapa diantaranya diperlukan dalam jumlah kecil. Logam Pb merupakan racun yang tidak dibutuhkan oleh manusia ataupun binatang. Logam berat Pb dapat meracuni tubuh manusia secara kronis.

Kandungan nitrogen total air buangan industri pengolahan ikan ini adalah 13 mg/l, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan nitrogen total yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 3 mg/l.

2.2 Bangunan Pengolahan Air Buangan

Pengolahan air limbah berfungsi untuk mencegah terjadinya pencemaran kandungan limbah cair ke dalam badan air. Air limbah dapat diolah menggunakan pengolahan secara fisik, kimia, dan biologis. Bangunan pengolahan air buangan mempunyai beberapa tingkat pengolahan air, diantaranya adalah sebagai berikut:

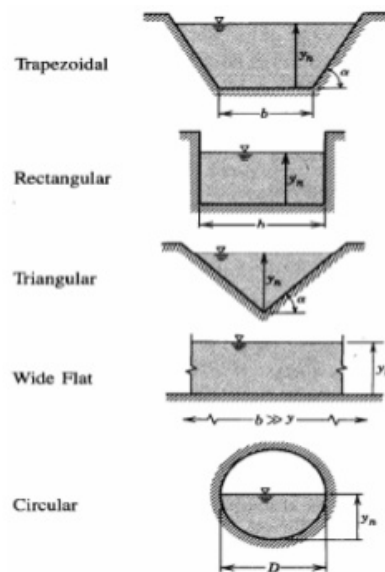
2.2.1 Pengolahan Pendahuluan (*Pre Treatment*)

Proses pengolahan pendahuluan merupakan proses pengolahan awal secara fisik yang dilakukan untuk membersihkan dan menghilangkan sampah terapung yang berukuran besar atau sedang dari pasir agar mempercepat proses pengolahan selanjutnya. Adapun tujuan pengolahan ini menyortir kerikil, lumpur, menghilangkan zat padat, dan memisahkan lemak. Selain itu *pre treatment* juga berfungsi untuk memindahkan atau menyalurkan air limbah dari unit operasi produk industri yang menghasilkan limbah ke bangunan pengolahan air limbahnya. Unit proses pengolahan untuk *pre treatment* untuk kawasan industri meliputi:

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 ini mampu mengalirkan air dengan memerhatikan beda ketinggian atau perbedaan elevasi antara bangunan yang satu dengan bangunan yang lainnya. Apabila saluran pembawa ini diatas lahan yang datar, maka diperlukan kemiringan/slope (m/m).

Saluran pembawa ini juga dapat dibedakan menjadi saluran pembawa terbuka dan tertutup. Saluran terbuka (*open channel flow*) adalah sistem saluran yang permukaan airnya terpengaruh dengan udara luar (atmosfer). Ada beberapa macam bentuk dari saluran terbuka, diantaranya trapesium, segi empat, segitiga, setengah lingkaran, ataupun kombinasi dari bentuk tersebut.



Gambar 2. 1 Saluran Pembawa

Sumber: <https://darmadi18.wordpress.com/2016/03/10/menghitung-kecepatan-aliran-saluran-terbuka-pada-aliran-uniform/>

Sedangkan saluran tertutup (pipe flow) adalah sistem saluran yang permukaannya tidak terpengaruh dengan udara luar (atmosfer). Konstruksi saluran tertutup terkadang ditanam pada kedalaman tertentu di dalam tanah yang disebut dengan sistem sewerage. Walaupun tertutup, alirannya tetap mengikuti gravitasi yaitu aliran pada saluran terbuka. Perbedaan mendasar antara aliran pada saluran terbuka dan saluran tertutup (pipa) adalah adanya permukaan yang bebas yang (hampir selalu) berupa udara pada saluran terbuka.

Kriteria Perencana:

- Kecepatan aliran (v) = 0.3 – 0.6 m/s
- Kemiringan / slope = $1 \cdot 10^{-3}$ m/m
- Freeboard = 10 – 20%

Rumus:

1. Luas Permukaan

$$A = \frac{Q}{v} \quad (2.1)$$

Keterangan :

- A = luas permukaan saluran pembawa (m²)
 Q = debit limbah (m³/detik)
 v = kecepatan alir dalam saluran pembawa (m/detik)

2. Kedalaman Saluran

$$H = \frac{A}{B} \quad (2.2)$$

Keterangan :

- H = ketinggian air dalam saluran pembawa (m)
 A = luas permukaan saluran pembawa (m²)
 B = lebar saluran pembawa (m)

3. Ketinggian Total

$$H_{total} = H + (fb \times H) \quad (2.3)$$

Keterangan :

- H = ketinggian air dalam saluran pembawa (m)
 Freeboard = tinggi jagaan/jarak vertikal dari puncak saluran ke permukaan air

4. Cek Kecepatan

$$v = \frac{Q}{A} \quad (2.4)$$

Keterangan :

- A = luas permukaan saluran pembawa (m²)
 Q = debit limbah (m³/detik)
 v = kecepatan alir dalam saluran pembawa (m/detik)

5. Jari – Jari Hidrolis

$$R = \frac{B \times H}{B + (2 \times H)} \quad (2.5)$$

Keterangan :

- R = jari-jari hidrolis (m)
 H = ketinggian air dalam saluran pembawa (m)
 B = lebar saluran pembawa (m)

6. Kemiringan (Slope)

$$s = \left(\frac{n \times v}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \quad (2.6)$$

Keterangan :

s = kemiringan saluran / slope (m/m)

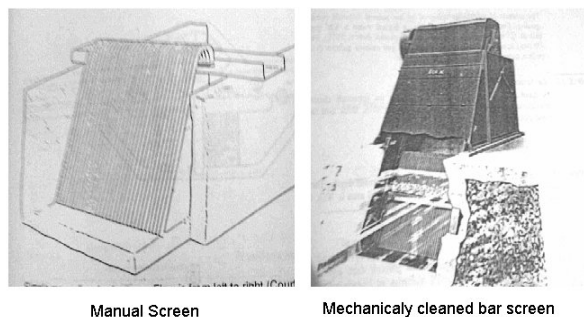
n = koefisien manning bahan penyusun saluran pembawa

v = kecepatan alir dalam saluran pembawa (m/s)

R = jari-jari hidrolis (m)

B. Screening

Aliran air yang berada pada saluran pembawa akan melewati unit Screen. Screening biasanya terdiri-dari batang paralel, kawat atau grating, perforated plate dan umumnya memiliki bukaan yang berbentuk bulat atau persegi empat. Secara umum peralatan screen terbagi menjadi dua tipe yaitu screen kasar dan screen halus. Dan cara pembersihannya ada dua cara yaitu secara manual dan mekanis. Perbedaan screen kasar dan halus adalah pada jauh dekatnya jarak antar bar screen (MetCalf & Eddy, 2003).



Manual Screen

Mechanically cleaned bar screen

Gambar 2. 2 Screening

Sumber: <https://www.indiamart.com/proddetail/manual-bar-screen-15447659648.html>

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.

Prinsip yang digunakan bahan padat kasar dihilangkan dengan sederet bahan baja yang diletakan dan dipasang melintang arah aliran. Kecepatan arah aliran harus lebih dari 0,3 m/detik sehingga bahan padatan yang tertahan di depan saringan tidak terjepit. Jarak antar batang biasanya 20-40 mm dan bentuk penampang batang tersebut empat persegi panjang berukuran 10 mm x 50 mm. Untuk bar screen yang dibersihkan secara manual, biasanya saringan dimiringkan dengan kemiringan 60° terhadap horizontal (MetCalf & Eddy, 2003).

- Coarse Screen (Penyaring Kasar)

Screen ini berbentuk seperti batangan paralel yang biasa dikenal dengan bar screen. Screen ini berfungsi untuk menyaring padatan kasar yang berukuran antara 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 akibat penyumbatan yang disebabkan oleh benda – benda tersebut. Dalam proses pembersihannya, bar screen terbagi menjadi dua, yaitu secara manual maupun mekanik. Pembersihan secara manual dilakukan dengan menggunakan tenaga manusia sedangkan pembersihan secara mekanik menggunakan mesin (Metcalf & Eddy, 2003).

Tabel 2. 1 Kriteria Desain Coarse Screen

Bagian – Bagian	Manual	Mekanik
Ukuran Kisi - Lebar - Dalam	5 – 15 mm 23 – 38 mm	5 – 15 mm 25 – 38 mm
Jarak antar kisi	25 – 50 mm	15 – 75 mm
Kemiringan / slope	30° – 40°	0° – 30°

Kecepatan saat melalui bar screen	0.3 – 0.6 m/s	0.6 – 1 m/s
Hilang tekan / headloss	150 mm	150 – 600 mm

Sumber: Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition

- Fine Screen (Penyaring Halus)

Penyaring halus (Fine Screen) pada umumnya diaplikasikan dalam berbagai kondisi dalam pengolahan air buangan, di antaranya pada pengolahan awal (diaplikasikan setelah penggunaan bar screen) dan pada pengolahan primer. Fine Screen juga digunakan untuk menghilangkan padatan dari effluent yang dapat menyebabkan penyumbatan pada proses trickling filter. Penyaring halus (Fine Screen) yang digunakan untuk pengolahan pendahuluan (PreTreatment) adalah seperti ayakan kawat (static wedgewire), drum putar (rotary drum), atau seperti anak tangga (step type). Penyaring halus (Fine Screen) pada umumnya memiliki variasi bukaan yang berkisar antara 0.2 – 6 mm.

Tabel 2. 2 Kriteria Desain Fine Screen

Jenis Screen	Permukaan Screen			Bahan Screen
	Klasifikasi Ukuran	Range Ukuran		
		inch	mm	
Miring (Diam)	Sedang	0.01 – 0.1	0.25 – 2.5	Ayakan kawat yang terbuat dari stainless steel
Drum (Berputar)	Kasar	0.1 – 0.2	2.5 – 5	Ayakan kawat yang terbuat dari



	Sedang	0.01 – 0.1	0.25 – 2.5	stainless steel
	Halus		6.10^{-3} – 35.10^{-3}	Stainless steel dan kain polyster
Horizontal Reciprocating	Sedang	0.06 – 0.17	1.6 – 4	Batangan stainless steel
Tangential	Halus	0.0475	1.2	Jala terbuat dari stainless steel



Sumber: Metcalf & Eddy, WWET, and Reuse 4th Edition

- Micro Screen

Berfungsi untuk menyaring padatan halus, zat atau material yang mengapung, alga, yang berukuran kurang dari 0,5 μm . 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/s sehingga bahan padatan yang tertahan di depan saringan tidak terjepit. Untuk bar screen yang dibersihkan secara manual, biasanya saringan dimiringkan dengan kemiringan 60° terhadap horizontal (Metcalf & Eddy, 2003). Berikut faktor bentuk dari micro screen :

Tabel 2. 3 Kriteria Desain Micro Sreen

Jenis Bar	β	Bentuk
Segi empat sisi runcing	2.42	
Segi empat sisi bulat runcing	1.83	

Segi empat sisi bulat	1.67	
Bulat	1.79	

Sumber: Metcalf and Eddy, 1797, hal. 186

Rumus:

1. Jumlah Batang/Kisi

$$W_s = n.d + (n+1) r \quad (2.7)$$

Keterangan:

W_s = Lebar saluran (m)

n = Jumlah kisi

d = Lebar kisi (m)

r = Jarak antar kisi (m)

2. Lebar Bukaannya Kisi

$$W_c = W_s - n.d \quad (2.8)$$

Keterangan:

W_c = Lebar bukaan kisi (m)

W_s = Lebar saluran (m)

n = Jumlah kisi

d = Lebar kisi (m)

3. Panjang Kisi

$$X = \frac{h}{\sin \theta} \quad (2.9)$$

Keterangan:

x = Panjang kisi (m)

$\sin \theta$ = Kemiringan screen

h = Kedalaman total saluran pembawa = tinggi screen (m)

4. Lebar Screen

$$L = x \cdot \cos \theta \quad (2.10)$$

Keterangan:

x = Panjang kisi (m)

$\cos \theta$ = Kemiringan screen

L = lebar screen (m)

5. Kecepatan Setelah Melewati Kisi

$$v_i = \frac{Q}{W_c \cdot h} \quad (2.11)$$

Keterangan:

v_i = Kecepatan setelah melalui kisi (m/s)

Q = Debit limbah (m³/s)

W_c = Lebar bukaan kisi (m)

h = Kedalaman saluran pembawa = tinggi screen (m)

6. Headloss Saat Clean Screen

$$h_L = \frac{1}{C} \left(\frac{v_i^2 - v^2}{2g} \right) \quad (2.12)$$

Keterangan:

h_L = Headloss saat clean screen

C = Koefisien discharge (0,7 untuk clean screen)

V_i^2 = Kecepatan setelah melalui kisi (m/s)

V^2 = kecepatan (m/s)

G = gravitasi

C. Bak Penampung

Tujuan dari menampung air limbah di bak penampung yakni untuk meminimkan atau mengontrol fluktuasi dari aliran air limbah yang diolah agar memberikan kondisi aliran yang stabil pada proses pengolahan selanjutnya. Cara kerja daripada bak penampung ini adalah, ketika air limbah yang keluar dari proses produksi, maka selanjutnya air limbah dialirkan ke bak penampung. Disini debit air limbah diatur. Agar dapat memenuhi kriteria perencanaan untuk unit bangunan selanjutnya.



Gambar 2. 3 Bak Penampung

Sumber: <https://merahputih.com/post/read/bak-penampungan-limbah-pabrik-nekel-meledak>

Rumus:

1. Volume Bak Penampung

$$V = Q \times t_d \quad (2.13)$$

Keterangan :

V = Volume bak penampung (m³)

Q = Debit limbah (m³/s)

t_d = Waktu detensi (s)

2. Dimensi Bak Penampung

$$V = P \times L \times H \quad (2.14)$$

Keterangan :

V = Volume bak penampung (m³)

P = Panjang bak penampung (m)

L = Lebar bak penampung (m)

H = Kedalaman bak penampung (m)

3. Kedalaman Total

$$H_{total} = H + f_b \quad (2.15)$$

Keterangan:

H_{total} = kedalaman bak (m)

H = Ketinggian air dalam bak penampung (m)

F_b = freeboard, 5 – 30%

4. Jari – Jari Hidrolis

$$R = \frac{\text{luas keliling basah}}{\text{keliling penampang basah}} \quad (2.16)$$

2.2.2 Pengolahan Pertama (Primary Treatment)

Pada proses pengolahan tahap pertama ini, proses yang terjadi yaitu secara fisika dan kimia. Pada proses ini bertujuan untuk menghilangkan zat padat yang tercampur melalui pengapungan dan pengendapan.

A. Flotasi

Flotasi bertujuan untuk memisahkan antara minyak atau lemak dengan air. Massa jenis yang relatif rendah akan membuat minyak atau lemak mengapung pada permukaan air. Minyak atau lemak yang mengapung akan digerus dengan scrapper dan dipisahkan dari air (Metcalf & Eddy, 2003). Dalam proses pengolahan minyak dan lemak, terdapat dua jenis pengolahan minyak dan lemak.

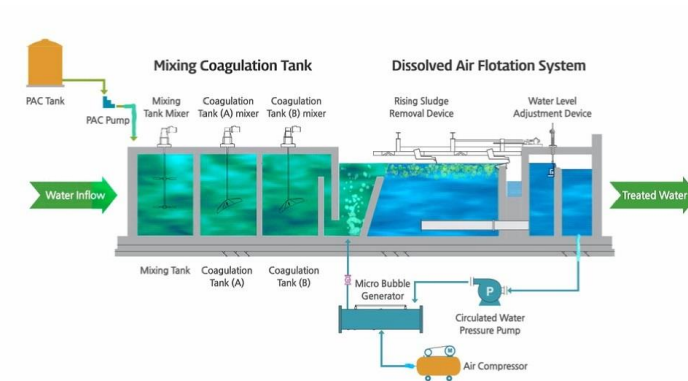
- *Gravity Separator Flotation (GSF)*

Jenis yang pertama adalah pengolahan yang menyisahkan minyak dan lemak yang tidak teremulsifikasi dari limbah. Jenis pengolahan ini sering disebut *Gravity Separator Flotation (GSF)*. *Gravity Separator Flotation (GSF)* merupakan salah satu jenis penyisihan minyak dan lemak yang menggunakan gravitasi sebagai dasar sistem pengolahan kandungan minyak dan lemak pada limbah. Proses ini sangat efektif menyisahkan minyak dan lemak yang tidak teremulsifikasi menggunakan media pemisah berbentuk plat yang disusun secara paralel yang dijadikan penghalang (*barrier*) yang akan memisahkan minyak dari air yang terdapat di bawahnya.

- *Dissolved Air Flotation (DAF)*

Jenis kedua adalah proses penyisihan minyak dan lemak yang melibatkan proses pemecahan emulsi di dalamnya. Proses ini sering disebut *Dissolved Air Flotation (DAF)* dan *Air Flotation (AF)*. Dalam prosesnya, emulsi pada minyak dan lemak pada limbah dapat dipecahkan menggunakan berbagai cara, diantaranya proses

pemanasan, destilasi, pelepasan gelembung udara, pembubuhan senyawa kimia, sentrifugasi, hingga filtrasi.



Gambar 2. 4 *Dissolved Air Flotation (DAF)*

Sumber: <https://www.pakaripal.com/produk-servis/waste-water-treatment-plant-wwtp/88-flotasi-pengapungan-daf-dissolved-air-flotation.html>

Kriteria Perencanaan:

- Waktu detensi = 10 – 20 menit
 Nre = < 800 (laminer)
 Berat jenis minyak = 0,82-0,85 g/m³
 Diameter minyak = 150 μm = 1,5 x 10⁻⁴ m

(Nusa Idaman Said, Teknologi Pengolahan Air Limbah, hal 102-105)

Rumus:

1. Volume bak

$$V = Q \times t_d \quad (2.17)$$

Keterangan :

V = volume bak (m³)

Q = debit limbah (m³/detik)

t_d = waktu detensi

2. Dimensi bak

$$V = P \times L \times H \quad (2.18)$$

Keterangan:

V = volume bak (m³)

L = lebar bak (m)

P = panjang bak (m)

H = kedalaman bak (m)

3. Kecepatan pengapungan

$$v = \frac{g}{18 \times \mu} d^2 (\rho \text{ air} - \rho \text{ minyak}) \quad (2.19)$$

Keterangan:

V = kecepatan pengapungan (m/s)

G = percepatan gravitasi (m/s²)

D = diameter partikel minyak (m)

μ = viskositas absolute (N.s/m²)

ρ air = massa jenis air (kg/m³)

ρ minyak = massa jenis minyak (kg/m³)

4. Cek Nre

$$Nre = \frac{\rho \times D \times v}{\mu} \quad (2.20)$$

Keterangan:

d = diameter partikel minyak (m)

μ = viskositas absolute (N.s/m²)

ρ = massa jenis air (kg/m³)

v = kecepatan pengapungan (m/s)

5. Koef. drag

$$Cd = \frac{24}{Nre} \quad (2.21)$$

Keterangan:

Nre = bilangan reynolds

6. Effluent minyak dan lemak

Eff = influent minyak lemak – (% removal x influent minyak lemak)

7. Debit minyak dan lemak

$$Qm = \frac{bm}{\rho \text{ minyak}} \quad (2.22)$$

Keterangan:

Bm = berat minyak lemak terremoval (kg/hari)

ρ minyak = massa jenis minyak (kg/m³)

8. Debit effluent

$$Q_{\text{eff}} = \text{debit influent} - \text{debit minyak} \quad (2.23)$$

B. Netralisasi

Air buangan industri dapat bersifat asam atau basa/alkali, maka sebelum diteruskan ke badan air penerima atau ke unit pengolahan secara biologis harus dilakukan netralisasi terlebih dahulu agar sistem pengolahan dapat berjalan secara optimal. Pada sistem biologis, perlu dilakukan pengondisian agar tingkat keasaman (pH) berada pada rentang antara 6,5 – 8,5. Sebenarnya pada proses biologis tersebut kemungkinan akan terjadi netralisasi sendiri dan adanya suatu kapasitas buffer yang terjadi karena ada produk CO_2 dan bereaksi dengan kaustik dan bahan asam (W. Wesley Eckenfelder, 2000, halaman 75).

- Larutan dikatakan asam bila : $\text{H}^+ > \text{H}^-$ dan $\text{pH} < 7$
- Larutan dikatakan netral bila : $\text{H}^+ = \text{H}^-$ dan $\text{pH} = 7$
- Larutan dikatakan basa bila : $\text{H}^+ < \text{H}^-$ dan $\text{pH} > 7$

Adapun agen netralisan yang biasa digunakan untuk proses netralisasi limbah industri secara umum beserta klasifikasinya adalah sebagai berikut (W. Wesley Eckenfelder, 2000):

a. Senyawa basa:

- Lime dalam bentuk apapun (Senyawa Basa Kuat)
- Natrium Hidroksida (NaOH) (Senyawa Basa Kuat)
- Magnesium Hidroksida ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) (Senyawa Basa Sedang)
- Natrium Karbonat (Na_2CO_3) (Senyawa Basa Lemah)
- Natrium Bikarbonat (NaHCO_3) (Senyawa Basa Lemah)

b. Senyawa asam:

- Asam Sulfat (H_2SO_4) (Senyawa Asam Kuat)
- Karbon Dioksida (CO_2) (Senyawa Asam Lemah)

Tenaga pengadukan adalah tenaga yang digunakan untuk melakukan pengadukan. Tenaga ini dihasilkan oleh peralatan hidrolis atau gelembung udara. Bila suatu jenis pengadukan telah ditentukan

nilai gradien kecepatannya, maka tenaga pengadukan dapat dihitung. Perhitungan pengadukan berbeda-beda, tergantung pada jenis pengadukannya. Berikut ini adalah tabel kriteria desain dari netralisasi:

Tabel 2. 4 Konstanta K_T dan K_L Untuk Tangki Bersekat

Jenis Impeller	K_L	K_T
Propeller, Pitch of 1, 3 blades	41	0.32
Propeller, Pitch of 2, 3 blades	43.5	1
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	60	5.31
Turbine, 6 flat blades, vaned disc	65	5.75
Turbine, 6 curved blades	70	4.80
Fan turbine, 6 blades at 45°	70	1.65
Shouded turbine, 6 curved blades	97.5	1.08
Shouded turbine, with stator, no baffles	172.5	1.12
Flat paddles, 2 blades (single paddle), $Di/Wi = 4$	43	2.25
Flat paddles, 2 blades, $Di/Wi = 6$	36.5	1.70
Flat paddles, 2 blades, $Di/Wi = 8$	33	1.15
Flat paddles, 4 blades, $Di/Wi = 6$	49	2.75
Flat paddles, 6 blades, $Di/Wi = 6$	71	3.82

Sumber: Reynolds, 1996, hal. 188

Tabel 2. 5 Kriteria Desain Impeller

Tipe Impeller	Kecapatan Putaran	Dimensi
Paddle	20 – 150 rpm	Diameter = 50 – 80% lebar bak Lebar = 0.1 – 0.167 diameter paddle
Turbine	10 – 150 rpm	Diameter = 30 – 50% lebar bak

Propeller	400 – 1750 rpm	Diameter = maks. 45 cm
-----------	----------------	------------------------

Sumber: Reynolds, 1996, hal. 184 – 185

Tabel 2. 6 Nilai Gradien Kecepatan dan Waktu Pengadukan

Waktu Pengadukan (detik)	Gradien Kecepatan (L/detik)
20	1000
30	900
40	790
50 ≥	700

Sumber: Reynolds, 1996, hal. 184

Rumus:

1. Volume air

$$V = Q \times t_d \quad (2.24)$$

Keterangan:

V = Volume bak penampung (m³)

Q = Debit limbah (m³/s)

t_d = Waktu detensi (s)

2. Perhitungan dosis

$$\frac{y \text{ (mg)}}{v \text{ (L)}} \times \frac{1}{BM \text{ (g/g.mol)}} \times \frac{1}{10^3 \text{ (mg/l)}} \quad (2.25)$$

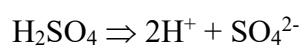
Keterangan:

Y = dosis kebutuhan

V = volume air

BM = berat molekul

Reaksi:



$$[\text{H}^+] = \frac{y}{9408.10^4} \times \frac{1}{2}$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

3. Kebutuhan penetral

$$\text{kebutuhan penetral} = \frac{\text{dosis penetral}}{\rho \text{ penetral}} \quad (2.26)$$

4. Dimensi bak pembubuh

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times H \quad (2.27)$$

Keterangan:

V = volume bak (m³)

D = diameter bak (m)

H = kedalaman bak (m)

5. Suplai tenaga ke air

$$P = G^2 \times \mu \times V \quad (2.28)$$

Keterangan:

P = tenaga (watt)

G = Gradien kecepatan (per detik)

μ = viskositas absolut air (Ns/m²)

V = volume tangki (m³)

6. Dimensi impeller

$$Di = \left(\frac{P}{KT \cdot n^3 \cdot \rho \text{ air}} \right)^{\frac{1}{5}} \quad (2.29)$$

$$Wi = \frac{1}{10} Di \quad (2.30)$$

Keterangan:

Di = diameter impeller (m)

Wi = lebar impeller (m)

P = tenaga (watt)

ρ air = massa jenis air (kg/m³)

n = putaran impeller (rps)

KT = Konstanta

7. Cek Nre

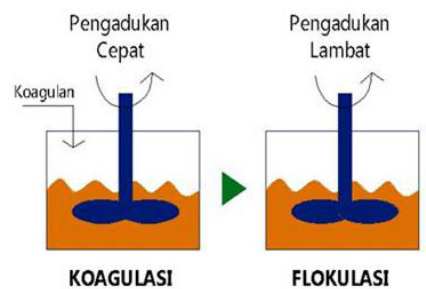
$$Nre = \frac{Di^2 \times n \times \rho}{\mu} \quad (2.31)$$

Keterangan:

- D_i = diameter impeller (m)
 n = putaran impeller (rps)
 ρ = massa jenis air (kg/m^3)
 μ = viskositas absolut air (Ns/m^2)

C. Koagulasi – Flokulasi

Koagulasi dan Flokulasi adalah proses pembentukan flok dengan penambahan pereaksi kimia ke dalam air baku atau air limbah supaya menyatu dengan partikel tersuspensi sehingga terbentuk flok yang nantinya akan mengendap. Koagulasi adalah proses pengadukan cepat dengan penambahan koagulan, hasil yang didapat dari proses ini adalah destabilisasi koloid dan suspended solid, proses ini adalah awal pembentukan partikel yang stabil. Flokulasi adalah pengadukan lambat untuk membuat kumpulan partikel yang sudah stabil berkumpul dan mengendap pada bak sedimentasi (Reynolds, 1996, hal. 166).



Gambar 2. 5 Koagulasi dan Flokulasi

Sumber: <https://atspalembang.com/ini-dia-siklus-air-baku-menjadi-air-bersih/>

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. Jenis-jenis koagulan yang sering digunakan adalah sebagai berikut :

1. Koagulan Aluminium Sulfat (Alum) – $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
2. Koagulan Ferro Sulfat

3. Koagulan Ferri Sulfat
4. Koagulan Ferri Klorida

Pengadukan merupakan operasi yang mutlak diperlukan pada proses koagulasi dan flokulasi. Pengadukan cepat berperan penting dalam pencampuran koagulan dan destabilisasi partikel. Pengadukan lambat berperan dalam upaya penggabungan flok. Jenis pengadukan dapat dikelompokkan berdasarkan kecepatan pengadukan dan metode pengadukan. Berdasarkan kecepatannya, pengadukan dibedakan menjadi pengadukan cepat dan pengadukan lambat.

1. Pengadukan cepat : tujuan pengadukan cepat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan turbulensi air sehingga dapat mendispersikan bahan kimia yang akan dilarutkan dalam air. Secara umum, pengadukan cepat adalah pengadukan yang dilakukan pada gradien kecepatan besar (300-1000 /detik) selama 5-60 detik atau nilai *GTd* (bilangan Champ) berkisar 300-1700.
2. Pengadukan lambat : tujuan pengadukan lambat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan gerakan air secara perlahan sehingga terjadi kontak antarpartikel untuk membentuk gabungan partikel hingga berukuran besar. Pengadukan lambat adalah pengadukan yang dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20-100 /detik) selama 10 – 60 menit atau nilai *GTd* sekitar 48000-210000.

Berdasarkan metodenya, pengadukan dibedakan menjadi pengadukan mekanis, pengadukan hidrolis, dan pengadukan pneumatis. Berikut ini adalah penjelasannya:

1. Pengadukan Mekanis

Pengadukan mekanis adalah metoda 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). 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 t_d .

2. Pengadukan Hidrolis

Pengadukan hidrolis adalah pengadukan yang memanfaatkan aliran air sebagai tenaga pengadukan. Tenaga pengadukan ini dihasilkan dari energi hidrolis yang dihasilkan dari suatu aliran hidrolis. Energi hidrolis dapat berupa energi gesek, energi potensial (jatuhan) atau adanya lompatan hidrolis dalam suatu aliran. Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan cepat haruslah aliran air yang menghasilkan energi hidrolis yang besar. Dalam hal ini dapat dilihat dari besarnya kehilangan energi (headloss) atau perbedaan muka air. Jenis aliran yang sering digunakan sebagai pengadukan cepat adalah terjunan, loncatan hidrolis, dan parshall flume.

3. Pengadukan Pneumatis

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.

Kriteria Perencanaan:

Waktu tinggal di dalam bak (t_d) = 20 – 60 s

Gradien kecepatan (G) = 700 – 1000 / s

(Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition*, hal 182)

Diameter paddle (D_i) = 50 – 80% diameter bak

Lebar paddle (W_i) = 1/6 – 1/10 diameter paddle

Kecepatan putaran paddle (n) = 20 -150 rpm

(Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition*, hal 185)

Kedalaman bak (H) = 1 – 1,25 diameter

Jarak paddle dari dasar = 30-50% D_i

(Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition*, hal 184)

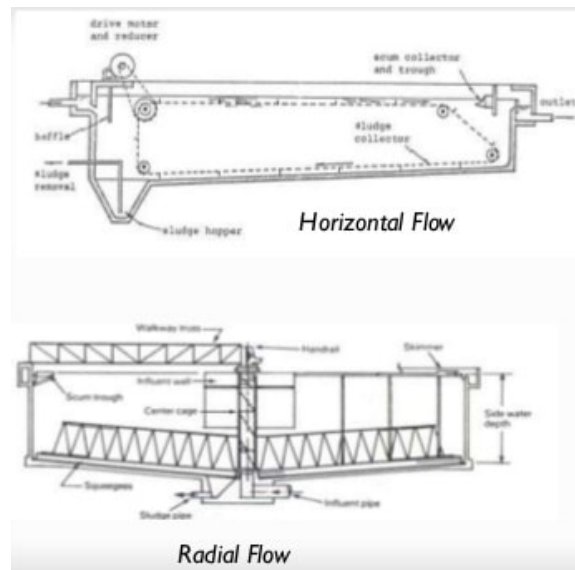
Reynold number (NRE) = >10.000

(Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition*, hal 187)

D. Bak Pengendap I

Bak pengendap I adalah bak yang digunakan untuk proses pengendapan partikel flokulen dalam suspensi, dengan pengendapan 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 test* dan *withdrawalports* pada waktu tertentu akan menghasilkan data removal sehingga akan didapat grafik isoremoval. Efisiensi kemampuan penyisihan TSS dan BOD pada bak sedimentasi I dipengaruhi oleh:

1. Aliran air
2. Suhu udara permukaan
3. Suhu air yang mempengaruhi kekentalan zat
4. Suhu terstratifikasi dari iklim
5. Bilangan Eddy



Gambar 2. 6 Jenis Bak Pengendap

Sumber: <http://ketutsumada.blogspot.com/2012/03/pengolahan-air-limbah-secara-fisik.html>

Bak pengendap I memiliki beberapa jenis desain, yaitu:

1. Rectangular

Karena distribusi aliran pada bak persegi ini sangat kritis, salah satu inlet didesain untuk (Metcalf & Eddy, 2003):

- a. Lebar saluran inlet dengan inlet limpahan
- b. Saluran inlet dengan port dan orifice
- c. Saluran inlet dengan lebar bukaan dan slotted baffles

2. Circular

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 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 sedimentasi mempunyai sistem *up-flow* yaitu air mengalir dari bawah keatas secara vertical menuju ke tempat pengeluaran yang ada diatas. Partikel mengendap ke bawah kearah yang berlawanan arah denagan aliran air. Dalam prosesnya, partikel diwajibkan memiliki kecepatan pengendapan yang lebih besar dari pada laju pelimpahan agar partikel mengendap dan dapat dipisahkan.

Tabel 2. 7 Kriteria Desain Bak Pengendap

Item	U.S Customary Units			SI Unit		
	Unit	Rentang	Typical	Unit	Rentang	Typical
Primary Sedimentation Tanks Followed by Secondary Treatment						
Waktu Tinggal	Jam	1,2-1,2	2	Jam	1,5-2,5	2
Kecepatan Alir						
Rata-Rata	gal/ft ² s	800-1.200	1.000	m ³ /m ² s	30-50	40
Puncak	gal/ft ² s	2.000-3.000	2.500	m ³ /m ² s	80-120	100
Item	U.S Customary Units			SI Unit		
	Unit	Rentang	Typical	Unit	Rentang	Typical
Weir Loading	gal/ft ² s	10.000-40.000	20.000	m ³ /m ² s	125-500	250
Primary Settling with Waste Activated Sludge Return						
Waktu Tinggal	Jam	1,5-2,5	2	Jam	1,5-2,5	2
Kecepatan Alir						
Rata-Rata	gal/ft ² s	600-800	1.000	m ³ /m ² s	24-32	28
Puncak	gal/ft ² s	1.200-1.700	1.500	m ³ /m ² s	48-70	60
Weir Loading	gal/ft ² s	10.000-40.000	20.000	m ³ /m ² s	125-500	250
Item	U.S Customary Units			SI Unit		
	Unit	Rentang	Typical	Unit	Rentang	Typical
Persegi Panjang						
Kedalaman	feet	10-16	14	m	3-4,9	4,3
Panjang	feet	50-300	80-130	m	15-90	24-40
Lebar	feet	10-80	16-32	m	3-24	4,9-9,8
Flight Speed	ft/min	2-4	3	m/min	0,6-1,2	0,9
Lingkaran						
Kedalaman	feet	0-16	14	m	3-4,9	4,3
Diameter	feet	10-200	40-150	m	3-60	12-45
Kemiringan Dasar	In/ft	0,75-2	1	mm/mm	1/16-1/6	1/12
Flight Speed	r/min	0,02-0,05	0,03	r/min	0,02-0,05	0,03

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003

2.2.3 Pengolahan Sekunder (Secondary Treatment)

Pengolahan sekunder akan memisahkan koloidal dan komponen organik terlarut dengan proses biologis. Proses pengolahan biologis ini dilakukan secara aerobik maupun anaerobik.

A. Activated Sludge

Pengolahan lumpur aktif adalah sistem pengolahan dengan menggunakan bakteri aerobik yang dibiakkan dalam tangki aerasi yang bertujuan untuk menurunkan organik karbon atau organik nitrogen. Dalam hal menurunkan organik, bakteri yang berperan adalah bakteri heterotrof. Sumber energi berasal dari oksidasi senyawa organik dan sumber karbon (organik karbon). BOD dan COD dipakai sebagai ukuran atau satuan yang menyatakan konsentrasi organik karbon, dan selanjutnya disebut sebagai substrat. Adapun jenis activated sludge, yaitu:



Gambar 2. 7 Activated Sludge

Sumber: <https://aosts.com/how-does-activated-sludge-wastewater-treatment-work/>

1. Konvensional

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

2. Non Konvensional

- *Step aeration*, merupakan tipe *plug flow* dengan perbandingan F/M atau substrat dan mikroorganisme menurun menuju outlet. Inlet air buangan masuk melalui 3 - 4 titik ditangi aerasi dengan masuk untuk menetralkan rasio substrat dan

mikroorganisme dan mengurangi tingginya kebutuhan oksigen titik yang paling awal. Keuntungannya mempunyai waktu detensi yang lebih pendek.

- *Tapered aeration*, hampir sama dengan step aerasi, tetapi injeksi udara dititik awal lebih tinggi.
- *Contact Stabilization*, berfungsi untuk mengabsorb bahan organik untuk memproses lumpur aktif. Reaeration tank yang berfungsi untuk mengoksidasi bahan organik yang mengasorb (proses stabilisasi).
- *Oxidation Ditch*, berbentuk oval dengan aerasi secara mekanis, kecepatan aliran 0,25 - 0,35 m/s.

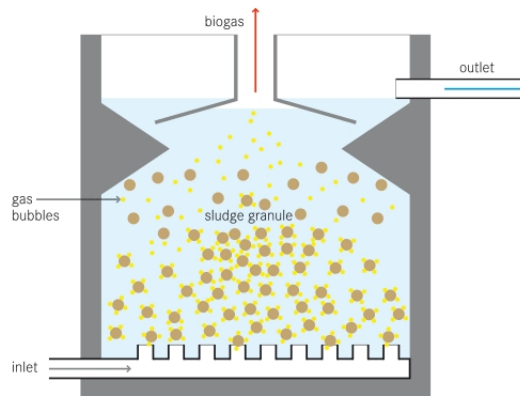
Parameter penting dalam desain activated sludge antara lain:

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

B. Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)

Pada prinsipnya reaktor UASB terdiri dari lumpur padat yang berbentuk butiran. Lumpur atau sludge tersebut ditempatkan dalam suatu reaktor yang didesain dengan aliran ke atas. Air limbah mengalir melalui dasar bak secara merata dan mengalir secara vertikal, sedangkan butiran sludge akan tetap berada atau tertahan dalam reaktor. Karakteristik pengendapan butiran sludge dan karakteristik air limbah akan menentukan kecepatan upflow yang harus dipelihara dalam reaktor.

Biasanya kecepatan aliran ke atas berada pada rentang 0,5 – 0,3 m/jam. Untuk mencapai formasi sludge blanket yang memuaskan, pada saat kondisi hidrolis puncak (debit puncak) kecepatan dapat mencapai antara 2 – 6 m/jam.



Gambar 2. 8 UASB

Sumber:

https://en.wikipedia.org/wiki/Upflow_anaerobic_sludge_blanket_digestion

Rumus:

1. Volume reactor

$$V = \frac{Q \times S_o}{OLR} \quad (2.32)$$

Keterangan:

Q = debit (m³/s)

S_o = konsentrasi COD influent (kg/m³)

OLR = Organic Loading Rate (kg COD/m³.hari)

2. Hydraulic Retention Time (HRT)

$$HRT = \frac{V}{Q} \quad (2.33)$$

Keterangan:

Q = debit (m³/s)

V = volume reactor (m³)

3. Dimensi reactor

$$A = \frac{V}{H} \quad (2.34)$$

Keterangan:

A = luas permukaan (m²)

V = volume reactor (m³)

H = tinggi reactor (m)

4. Solids Retention Time (SRT)

$$X_{vSS} (V) = \frac{Q(YH)(S_0-S)(SRT)[1+fd \ bH(SRT)]}{1+bH(SRT)} + (nbVSS)(Q)(SRT) \quad (2.35)$$

Keterangan :

SRT = Solids Retention Time (jam)

YH = Synthesis Yield (g VSS/g COD)

So – S = Removal COD

fd = 0,1 g VSS cell debris/g VSS biomass decay

bH = Decay Coefficient (g/g.hari)

5. Produksi lumpur

$$P_{x, vss} = \frac{X_{vss}}{SRT} \quad (2.36)$$

P_{x, vss} = produksi lumpur perhari (kg VSS/hari)

6. Kelebihan lumpur dalam limbah

$$P_{x, vss} = Q(X_e) + Q_w(X) \quad (2.37)$$

Keterangan:

X_e = VSS Effluent (mg/l)

X = Konsentrasi Lumpur (kg VSS/m³)

Q_w = Debit Lumpur (m³/hari)

7. Produksi gas metan

$$P_{x, bio} = P_{x, vss} - nbVSS(Q) \quad (2.38)$$

Keterangan:

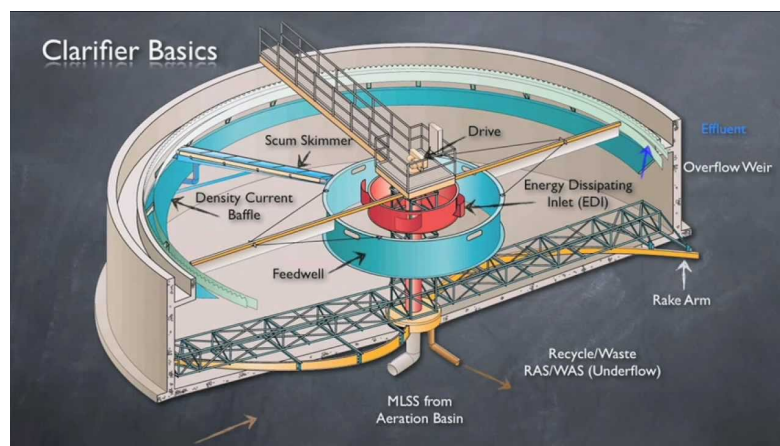
P_{x, bio} = produksi bio gas (g VSS/hari)

C. Bak Pengendap II

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 masyarakat umum. Pengolahan ketiga ini merupakan pengolahan secara khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak

dalam air limbah, biasanya dilaksanakan pada pabrik yang menghasilkan air limbah khusus diantaranya yang mengandung fenol, nitrogen, fosfat, bakteri patogen dan lainnya.

Bangunan *clarifier* digunakan untuk mengendapkan lumpur setelah proses sebelumnya, biasanya proses lumpur aktif. Pada unit pengolahan ini, terdapat *scraper blade* yang berjumlah sepasang yang berbentuk *vee* (V). Alat tersebut digunakan untuk pengeruk lumpur yang bergerak, sehingga sludge terkumpul pada masing-masing *vee* dan dihilangkan melalui pipa dibawah sepasang blades. Lumpur lepas dari pipa dan masuk ke dalam sumur pengumpul lumpur yang terdapat ditengah bagian bawah clarifier. Lumpur dihilangkan dari sumur pengumpul dengan cara gravitasi.



Gambar 2. 9 Clarifier

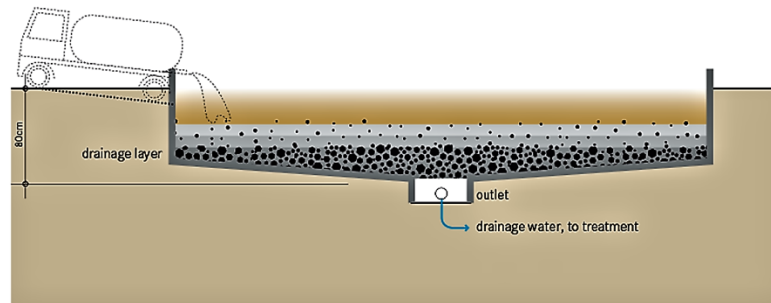
Sumber: <https://images.app.goo.gl/YyPgykQSFRuVLNXH7>

Waktu tinggal berdasarkan rata-rata aliran per hari, biasanya 1-2 jam. Kedalaman clarifier rata-rata 10 - 15 feet (3 - 4,6 meter). *Clarifier* yang menghilangkan lumpur biasanya mempunyai kedalaman ruang lumpur (*sludge blanket*) yang kurang dari 2 feet (0,6 meter).

2.2.4 Pengolahan Lumpur (Sludge Treatment)

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.



Gambar 2. 10 *Sludge Drying Bed*

Sumber: <https://images.app.goo.gl/6GerXAUuZMbUrsf97>

Tujuan utama dari pengolahan lumpur adalah :

1. Mereduksi kadar lumpur
2. Memanfaatkan lumpur sebagai bahan yang berguna seperti pupuk dan sebagai penguruk lahan yang sudah aman.

Kelebihan sistem ini adalah pengoperasian yang sangat sederhana dan mudah, biaya operasional relatif rendah dan hasil olahan lumpur bisa kering atau kandungan padatan yang tinggi. Kelemahan sistem ini adalah membutuhkan lahan yang luas dan sangat tergantung cuaca.

2.3 Persen Removal

Berikut persen removal pada bangunan pengolahan yang digunakan dalam IPAL industri pengolahan ikan, yaitu sebagai berikut:

Tabel 2. 8 Persen Removal

Unit	Paremeter	% Removal	Literatur
Saluran Pembawa	-	-	-
Bak Penampung	-	-	-
Flotasi	Minyak dan Lemak	65 – 98%	Qasim, <i>Wastewater Treatment</i> , hal. 159
Netralisasi	pH	-	-

Koagulasi – Flokulasi	Timbal (Pb)	90 – 100%	Droste, hal. 224
Bak Pengendap I	TSS	80 – 90%	Metcalf & Eddy, <i>Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th Edition</i> , hal. 396
UASB	BOD COD N total	85 – 95% 83 – 90% 15 – 25%	Sperling, <i>Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactors</i> , hal. 13
Activated Sludge	BOD COD N total	80 – 99% 50 – 95% 80 – 90%	AS Cavaseno, hal 15 Metcalf & Eddy, <i>Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th Edition</i> , hal 337
Bak Pengendap II	-	-	-

2.4 Profil Hidrolis

Profil hidrolis adalah upaya penyajian secara grafis “*hidrolik grade line*” dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (influenffluen) 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.
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
 - b. Kehilangan tekanan pada aksesoris

- c. Kehilangan tekanan pada pompa
 - d. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok
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.