

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Karakteristik Air Limbah

Setiap industri memiliki karakteristik yang berbeda-beda, sesuai dengan produk yang dihasilkan. Demikian pula dengan Industri Susu PT Indolakto Pandaan yang memiliki karakteristik limbah cair yang berbeda, sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang baku mutu limbah cair.

II.1.1 Karakteristik yang Terkandung pada Air Limbah

Dalam menentukan kualitas dari sebuah air dapat ditinjau berdasarkan kandungan yang ada didalamnya. Adapun beberapa parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui kandungan sebuah air adalah sebagai berikut

a. BOD (Biological Oxygen Demand)

Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan komponen organik oleh bakteri aerob melalui proses biologis degradasi aerobik (oksidasi biologis). BOD adalah analisa empiris yang mencoba untuk membuat perkiraan global dari proses mikrobiologi yang benar-benar terjadi di air. Nilai BOD menggambarkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) hampir semua senyawa organik terlarut atau sebagian tersuspensi dalam air (Alaerth dan Santika, 1987).

Kandungan BOD pada air buangan industri susu PT Indolakto Pandaan sebesar 593,1 mg/L, sedangkan nilai baku mutu untuk kandungan BOD pada air buangan industri susu yang diperbolehkan untuk dibuang ke lingkungan atau badan air yaitu sebesar 30 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur Tahun, 2013).

b. COD (Chemical Oxygen Demand)

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik. Nilai COD adalah ukuran beban polutan dalam air oleh komponen organik yang teroksidasi secara

alami melalui proses mikrobiologis dan menyebabkan kadar oksigen yang lebih rendah dalam air (Alaerth dan Santika, 1987).

Kandungan COD pada air buangan industri susu PT Indolakto Pandaan sebesar 1033 mg/L, sedangkan nilai baku mutu untuk kandungan COD pada air buangan industri susu yang diperbolehkan untuk dibuang ke lingkungan atau badan air yaitu sebesar 90 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur Tahun, 2013).

c. TSS (Total Suspended Solid)

TSS (Total Suspended Solids) dalam air limbah dapat berupapasir, tanah liat dan bahan organik. TSS dapat meningkatkan kekeruhan dalam air ketika dibuang ke badan air, dan mengganggu proses reproduksi pada hewan air ketika berada di dasar perairan (Alaerth dan Santika, 1987). TSS juga merupakan parameter universal yang digunakan untuk standart effluent (bersama BOD) yang mana hasil dari pengolahan akan digunakan sebagai proses pengontrolan (Metcalf & Eddy, 2003).

Kandungan TSS pada air buangan industri susu PT Indolakto Pandaan sebesar 396 mg/L, sedangkan nilai baku mutu untuk kandungan TSS pada air buangan industri susu yang diperbolehkan untuk dibuang ke lingkungan atau badan air yaitu sebesar 25 mg/L (Peraturan Gubernur Jawa Timur Tahun, 2013).

d. Derajat Keasaman (pH)

pH merupakan parameter kualitas yang penting bagi air baku dan air limbah. Ukuran konsentrasi pH yang cocok bagi semua kehidupan biologis bisa dibidang sangat kecil dan kritis yaitu diantara 6 hingga 9. Air limbah dengan konsentrasi air limbah yang tidak netral akan menyulitkan proses penjernihannya. pH yang baik bagi air minum dan air limbah dalam netral (7). Semakin kecil nilai pHnya, maka akan menyebabkan air tersebut berupa asam (Sugiharto, 1987).

Kandungan pH pada air buangan industri susu PT Indolakto Pandaan sebesar 6,2 dan nilai baku mutu untuk pH pada air buangan industri susu

yang diperbolehkan untuk dibuang ke lingkungan atau badan air yaitu 6-9 (Peraturan Gubernur Jawa Timur Tahun, 2013).

II.2 Bangunan Pengolahan Air Buangan

Bangunan Pengolahan air buangan mempunyai kelompok tingkat pengolahan, yaitu :

- a. Pengolahan pendahuluan (Pre-treatment)
- b. Pengolahan pertama (Primary-treatment)
- c. Pengolahan kedua (Secondary-treatment)
- d. Pengolahan lumpur (Sludge-treatment)

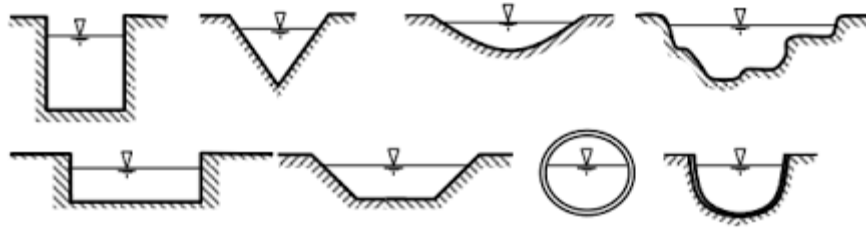
II.2.1 Pengolahan Pendahuluan (Pre-Treatment)

Proses pretreatment merupakan proses yang bertujuan untuk mempermudah proses pengolahan selanjutnya dengan menyaring sampah-sampah terapung yang ikut terbawa air. Misalnya seperti menghilangkan kerikil, lumpur, padatan dan memisahkan lemak. Selain itu, pretreatment juga berfungsi untuk menyalurkan air limbah dari pabrik menuju instalasi pengolahan air limbah. Unit pretreatment yang digunakan yaitu sebagai berikut.

a. Saluran Pembawa

Saluran pembawa adalah saluran yang mengalirkan air dari suatu bangunan ke bangunan pengolahan limbah lainnya. Saluran pendukung ini biasanya terbuat dari dinding beton. Saluran pembawa ini juga dapat dibedakan menjadi saluran terbuka terbuka dan tertutup. Saluran ini dapat mengalirkan air dengan memperhatikan perbedaan ketinggian atau elevasi antar bangunan satu dengan bangunan lainnya. Kemiringan/slope (m/m) diperlukan jika saluran pembawa ini berada diatas lahan yang datar.

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

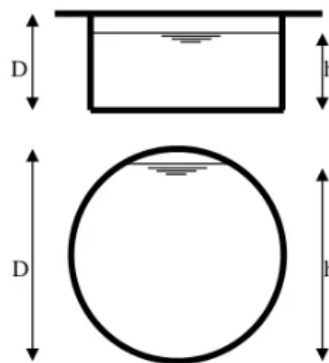


Gambar 2.1 Bentuk-bentuk dari Saluran Terbuka

(Sumber :

https://emodul.untad.ac.id/pluginfile.php/198/mod_resource/content/1/reksun-mod5.pdf)

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. Namun walaupun tertutup, alirannya tetap mengikuti gravitasi yaitu aliran pada saluran terbuka.



Gambar 2.2 Bentuk-bentuk dari Saluran Tertutup

(Sumber: [Aliran Seragam pada Saluran Terbuka \(Hidrolika\)](#) ([slideshare.net](#)))

Rumus yang digunakan pada unit ini adalah sebagai berikut:

- Luas Permukaan

$$A = \frac{Q}{V} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

A = luas permukaan saluran pembawa (m²)

Q = debit limbah (m^3/s)

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

(Sumber: Chow, Ven Te. 1959. *Open Channel Hydraulics*, hal 5.

New York, USA: Mc. Graw-Hill Book company, Inc)

- Kedalaman Saluran Pembawa

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

Keterangan:

H = Kedalaman saluran pembawa (m)

A = Luas permukaan saluran pembawa (m^2)

B = Lebar saluran pembawa (m)

$$H_{total} = H + (10\% - 30\% \times H) \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

H_{total} = Kedalaman total saluran pembawa (m)

H = Kedalaman saluran pembawa (m)

$F_b = 10\% - 30\% H$

(Sumber: Chow, Ven Te. 1959. *Open Channel Hydraulics*, hal 5.

New York, USA: Mc. Graw-Hill Book company, Inc)

- Slope saluran pembawa

$$h = \frac{v^2}{2 \times g} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

h = Kedalaman statis yang dipengaruhi oleh H friksi (m)

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

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

$$H_f = n \times L \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan:

H_f = Headloss saluran pembawa (m)

n = Koefisien manning bahan

L = panjang saluran pembawa (m)

$$S = h_{statis} + H_f \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan:

S = Slope saluran pembawa (m)

h = Kedalaman statis yang dipengaruhi oleh H friksi (m)

H_f = Headloss saluran pembawa (m)

- Cek Kecepatan

$$V = \frac{Q}{B \times H} \dots \dots \dots (2.7)$$

b. Bar Screen

Screening merupakan unit pengolahan pertama yang sering digunakan pada proses pengolahan air buangan. Screen merupakan sebuah alat berongga yang memiliki ukuran seragam yang digunakan untuk menahan padatan yang ada pada air buangan agar tidak mengganggu proses pengolahan pada bangunan pengolahan air buangan selanjutnya (Metcalf & Eddy, 2003).

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

- Kerusakan pada alat pengolahan
- Mengurangi efektifitas pengolahan dan biaya pada proses pengolahan
- Kontaminasi pada aliran air. (Metcalf & Eddy, 2003)

a) Coarse Screen (Penyaring Kasar)

Penyaring kasar atau coarse screen digunakan untuk melindungi pompa, katup, saluran pipa, dan peralatan lainnya dari kerusakan atau tersumbat oleh sampah yang berukuran 6-150 mm. Pembersihan penyaring kasar dapat secara manual dengan memanfaatkan tenaga manusia atau dengan mekanis. Pembersihan secara manual biasanya dilakukan pada industri kecil ataupun sedang. Sampah padat yang berukuran sedang atau besar di saring dengan sederet baja yang

diletakkan dan dipasang melintang arah aliran. Screening dengan pembersihan secara mekanik, bahannya terbuat dari stainless steel atau dari plastik.



Gambar 2.3 Coarse Screen/Penyaring Kasar

(Sumber: <http://a3-environmental.com/waste-water/coarse-screen>)

Tabel 2.1 Kriteria Perencanaan Coarse Screen

Parameter	U.S Customary Units			SI Units		
	Metode Pembersihan			Metode Pembersihan		
	Unit	Manual	Mekanik	Unit	Manual	Mekanik
Ukuran Batang						
Lebar	Inch	0,2-0,6	0,2-0,6	mm	5-15	5-15
Kedalaman	Inch	1,0-1,5	1,0-1,5	mm	25-38	25-38
Jarak antar batang	Inch	1,0-2,0	0,6-3,0	mm	25-50	15-75
Kemiringan terhadap vertikal	°	30-45	0-30	°	30-45	0-30
Kecepatan						
Maksimum	Ft/s	1,0-2,0	2,0-3,25	m/s	0,3-0,6	0,6-1,0
Minimum	Ft/s		1,0-1,6	m/s		0,3-0,5
Headloss	Inch	6	6-24	mm	150	150-600

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

b) Fine Screen

Fine screen atau penyaring halus berfungsi untuk menyaring partikel-partikel yang berukuran kurang dari 6 mm. Screen ini dapat di gunakan untuk pengolahan pendahuluan (Pre-Treatment) maupun pengolahan pertama atau utama (Primary Treatment). Penyaring halus (Fine Screen) yang digunakan untuk pengolahan pendahuluan (Premilinary Treatment) adalah seperti, ayakan kawat (static wedgewire), drum putar (rotary drum), atau seperti anak tangga (step type). Penyaring halus (Fine Screen) yang dapat digunakan untuk menggantikan pengolahan utama (seperti pada pengolahan pengendapan pertama/primary clarifier) pada instalasi kecil pengolahan air limbah dengan desain kapasitas mulai dari 0,13 m³/dt. Screen tipe ini dapat meremoval BOD dan TSS.



Gambar 2.4 Rotary Drum Fine Screen

(Sumber: <https://www.wateronline.com/doc/rotamat-rotary-drum-fine-screen-0001>)

Tabel 2.2 Klasifikasi Fine Screen

Jenis Screen	Permukaan Screen	Bahan screen	Penggunaan
--------------	------------------	--------------	------------

	Klasifikasi ukuran	Range Ukuran			
		inch	mm		
Miring (diam)	Sedang	0,01-0,1	0,25-2,5	Ayakan kawat terbuat dari stainless-steel	Pengolahan primer
Drum (Berputar)	Kasar	0,1-0,2	2,5-5	Ayakan kawat terbuat dari stainless-steel	Pengolahan pedahuluan
	Sedang	0,01-0,1	0,25-2,5	Ayakan kawat terbuat dari stainless-steel	Pengolahan primer
	Halus	-	6-35 μm	Stainless-steel dan kain polyester	Meremoval residual dari suspended solid sekunder
Horizontal Reciprocating Tangential	Sedang	0,06	0,17	Batangan Stainless-steel	Gabungan dengan saluran air hujan
	Halus	0,0475	1200 μm	Jala-jala yang terbuat dari stainless-steel	Gabungan dengan saluran pembawa

(Sumber : Metcalf And Eddy WWET, And Reuse 4th Edition, Tabel 5.4)

c) Micro Screen

Microscreens berfungsi untuk menyaring padatan halus, yang berukuran kurang dari 0,5 μm . Prinsip dari microscreens ini adalah bahan padat kasar dihilangkan dengan sederet bahan baja yang diletakan dan dipasang melintang arah aliran. Kecepatan aliran harus lebih dari 0,3 m/detik, sehingga bahan padatan yang tertahan di depan tidak terjepit. Jarak antar batang adalah 20-40 mm dan

bentuk penampang batang tersebut persegi empat, dengan panjang berukuran 10 mm x 50 mm.

Pada unit pengolahan ini menggunakan bar screen jenis penyaringan kasar atau coarse screen. Rumus yang digunakan pada unit pengolahan ini sebagai berikut.

- Jumlah batang/kisi

$$W_s = n \cdot d + (n + 1) \cdot R \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan:

W_s = Lebar saluran pembawa = lebar screen (m)

n = Jumlah batang / kisi

d = Lebar batang (m)

r = Jarak antar batang (M)

- Lebar bukaan kisi

$$W_c = W_s - n \cdot d \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan:

W_c = Lebar bukaan kisi (m)

W_s = Lebar saluran pembawa = lebar screen (m)

n = Jumlah batang / kisi

d = Lebar batang (m)

- Panjang kisi

$$X = \frac{y}{\sin \theta} \dots \dots \dots (2.10)$$

Keterangan:

x = Panjang kisi (m)

$\sin \theta$ = Kemiringan screen

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

- Cek kecepatan setelah melalui kisi

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

Keterangan:

v_i = Kecepatan setelah melalui kisi (m/s)

Q = Debit limbah (m³/s)

W_c = Lebar bukaan kisi (m)

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

- Headloss pada bar screen

Ketika non clogging

$$h_L = \frac{1}{C} x \left(\frac{V^2 - v^2}{2g} \right) \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan:

h_L = Headloss saat clean screen

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

V = Kecepatan alir fluida dalam saluran pembawa (m/s)

v = Kecepatan setelah melalui kisi (m/s)

Ketika clogging

$$h_L = \frac{1}{C} x \left(\frac{V^2 - v^2}{2g} \right) \dots \dots \dots (2.13)$$

Keterangan:

h_L = Headloss saat clogged screen

C = Koefisien discharge (0,6 untuk clogged screen)

V = Kec. alir fluida di saluran pembawa saat tersumbat (m/s)

v = Kecepatan setelah melalui kisi (m/s)

(Sumber: Metchalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment & Reuse, Fourth Edition, hal 316)

c. Bak Penampung

Bak penampung merupakan bak yang digunakan untuk menampung air limbah yang berasal dari saluran pembawa. Bak penampung juga sebuah unit penyeimbang sehingga debit dan kualitas limbah yang masuk ke instalasi dalam keadaan konstan. Cara kerja dari unit pengolahan ini adalah, air limbah yang sudah dialirkan melalui saluran pembawa, maka selanjutnya air limbah dialirkan menuju bak penampung agar debitnya konstan.

Rumus perhitungan yang digunakan pada unit pengolahan ini adalah sebagai berikut:

- Volume bak penampung (A_{surface})
 $V = Q \times td \dots \dots \dots (2.14)$

Keterangan:

V = volume bak penampung (m^3)

Q = debit air limbah (m^3/s)

td = waktu detensi (s)

- Dimesi bak penampung
 $V = L \times B \times H \dots \dots \dots (2.15)$

Keterangan:

V = Volume bak penampung (m^3)

L = Panjang bak penampung (m)

B = Lebar bak penampung (m)

H = Kedalaman bak penampung (m)

- Ketinggian total bak penampung (A_{cross})
 $H_{\text{total}} = H + (10\% - 30\% \times H) \dots \dots \dots (2.16)$

Keterangan:

H_{total} = Kedalaman bak (m)

H = Ketinggian Air dalam bak penampung (m)

Freeboard = 5% - 30%

II.2.2 Pengolahan Primer (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.

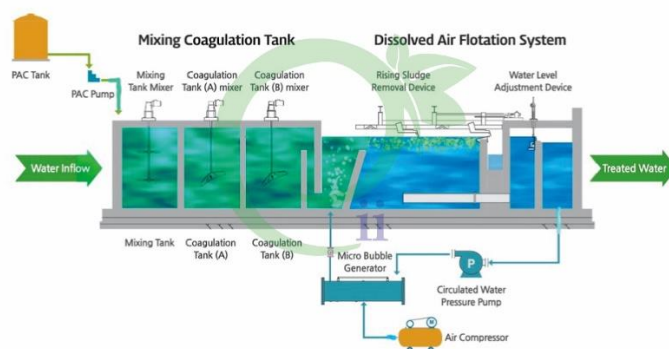
a. Dissolved Air Flotation (DAF)

DAF adalah proses penyisihan minyak dan lemak yang melibatkan proses pemecahan emulsi di dalamnya. 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. Diantara proses tersebut, proses ultrafiltrasi merupakan proses yang paling efektif dalam memisahkan minyak dan asam lemak dari limbah industri yang diolah.

Pada sistem (DAF), udara dilarutkan didalam cairan di bawah tekanan beberapa atmosfer sampai jenuh, kemudian dilepaskan ke tekanan atmosfer. Akibat terjadinya perubahan tekanan maka udara yang terlarut akan lepas kembali dalam bentuk gelembung yang halus (30-120 mikron).

Ukuran gelembung udara sangat menentukan dalam proses flotasi, makin besar ukuran gelembung udara, kecepatan naiknya juga makin besar, sehingga kontak antara gelembung udara dengan partikel tidak berjalan dengan baik. Dengan demikian proses flotasi menjadi tidak efektif.



Gambar 2.5 Proses DAF

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

Unit pengolahan DAF menggunakan konsep flotasi dan koagulasi-flokulasi dalam sistem pengolahan sebagai berikut:

1. Flotasi

Flotasi merupakan unit pemisah pada fase cair atau fasa padat dari fasa cair. Pemisahan partikel dari cairan flotasi didasarkan pada perbedaan berat jenis partikel dengan bantuan gelembung udara. Proses flotasi dibagi menjadi 3 jenis, antara lain:

a) Air Flotation

Udara akan masuk ke dalam fluida dengan menggunakan mekanisme rotor-disperser. Rotor yang terendam dalam fluida akan mendorong udara menuju bukaan disperser sehingga udara bercampur dengan air sehingga partikel yang mengapung disisihkan. Sistem ini memiliki keuntungan antara lain tidak memerlukan area yang luas dan lebih efektif dalam menyisihkan partikel minyak.

b) Dissolved Air Flotation (DAF)

Melakukan pengapungan dengan melarutkan udara ke dalam fluida dengan tekanan yang tinggi kemudian dilepaskan dalam tekanan atmosfer. Penggabungan dari gelembung-gelembung gas halus dengan suspended solid atau oil mengakibatkan penurunan gravitasi sehingga menambah daya pengapungan

c) Vacum Flotation

Limbah cair diaerasi hingga jenuh sehingga akan terbentuk gelembung udara yang akan lolos ke atmosfer dengan mengangkat partikel-partikel ke atas.

Pada tugas perancangan ini kelompok kami menggunakan jenis Dissolved Air Flotation (DAF)

2. Koagulasi – Flokulasi

Koagulasi merupakan proses destabilisasi partikel koloid dan padatan tersuspensi dengan penambahan senyawa kimia yang dinamakan zat koagulan sehingga dapat membentuk flok-flok yang dapat diendapkan. Dalam kondisi stabil partikel koloid mempunyai ukuran tertentu sehingga gaya tarik-menarik antar partikel lebih kecil daripada gaya tolak-menolak akibat dari muatan listrik. Dalam proses koagulasi yang terjadi secara destabilisasi membentuk partikel-partikel koloid bersatu dan menjadi partikel yang lebih besar. Dengan demikian partikel koloid yang awalnya sukar dengan air, setelah proses koagulasi partikel koloid tersebut akan

membentuk kumpulan partikel atau flok yang lebih besar sehingga memudahkan pemisahan flok pada proses selanjutnya yaitu sedimentasi

Bahan kimia yang umumnya digunakan untuk proses koagulasi dibagi menjadi tiga golongan, yaitu zat koagulan, zat alkali, dan zat pembantu koagulan. Zat koagulan merupakan bahan kimia yang digunakan untuk menggumpalkan partikel-partikel tersuspensi, zat warna, koloid, dan lain sebagainya agar membentuk flok atau gumpalan partikel yang lebih besar. Sedangkan zat alkali dan zat pembantu koagulan merupakan zat yang memiliki fungsi untuk membantu proses pembentukan flok agar dapat berjalan lebih cepat dan baik, selain itu juga fungsi zat alkali dan zat pembantu koagulan dapat mengatur kondisi pH dalam keadaan stabil pada air baku sehingga dapat menunjang proses pada flokulasi (Said, 2017).

Proses koagulasi ini merupakan proses dasar pengolahan air untuk menghilangkan partikel-partikel koloid dan padatan tersuspensi. Dalam proses tersebut terdapat pengadukan dalam pengolahan air limbah, diantaranya adalah pengadukan cepat dan pengadukan lambat. Pengadukan cepat (flash mixing) bertujuan untuk mempercepat penyebaran bahan kimia (koagulan) melalui air limbah. Koagulan yang paling efektif untuk digunakan dalam pengadukan cepat adalah alum dan ferric chloride karena proses hidrolisnya berjalan lebih cepat yang selanjutnya akan mengalami adsorpsi partikel koloid. Sedangkan pada pengadukan lambat untuk proses kecepatan penyebaran koagulan lebih lama dibandingkan pada proses flash mixing. Koagulan yang umum digunakan dalam proses koagulasi adalah PAC, aluminium sulfat, feri sulfat, dan ferro sulfat (Syaiful, Jn, & Andriawan, 2014).

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi adalah sebagai berikut (Rahimah, Heldawati, & Syauqiah, 2016):

a) Suhu air

Apabila suhu dalam air rendah maka akan berpengaruh terhadap efisiensi proses koagulasi dan besarnya daerah pH optimum pada proses koagulasi akan berubah dan merubah pembubuhan dosis koagulan.

b) Derajat Keasaman (pH)

Proses koagulasi dapat berjalan dengan baik apabila didukung dengan keadaan pH yang optimum

c) Jenis Koagulen

Jenis koagulan yang digunakan dilihat dari segi ekonomi dan daya efektivitas dari pada koagulan dalam pembentukan flok. Koagulan yang efektif digunakan biasanya dalam bentuk koagulan larutan dibandingkan dengan koagulan dalam bentuk serbuk.

d) Kecepatan Pengendapan

Dalam pengadukan hal yang terpenting adalah proses kecepatan dalam mencampur bahan kimia (koagulan) dengan air baku secara merata sehingga semua koagulan yang dibubuhkan dapat bereaksi dengan partikel-partikel koloid. Kecepatan pengadukan berpengaruh terhadap pembentukan flok bila pengadukan lambat maka yang terjadi flok terbentuk dengan lambat dan sebaliknya apabila terjadi pengadukan cepat maka flok dengan cepat akan terbentuk namun bisa berakibat flok akan pecah.

e) Kadar Ion Terlarut

Pengaruh ion yang terlarut terhadap proses koagulasi adalah adanya anion yang lebih besar daripada kation. Hal tersebut mengakibatkan ion natrium, kalsium dan magnesium tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap proses koagulasi.

f) Tingkat Kekeruhan

Pengaruh kekeruhan dalam air limbah terjadi apabila tingkat kekeruhan rendah maka proses destabilisasi akan sukar terhadap

air, begitupun sebaliknya tingkat kekeruhan tinggi akan mempengaruhi proses destablisasi secara cepat.

g) Dosis Koagulan

Pembentukan flok terjadi karena faktor dari dosis koagulan yang dibubuhkan. Bila pembubuhan koagulan sesuai dengan kebutuhan dosis yang dibutuhkan maka proses pembentukan flok akan berjalan dengan baik.

Dalam proses koagulasi-flokulasi pengadukan merupakan operasi yang mutlak diperlukan. Pengadukan cepat berperan penting dalam pencampuran koagulan dan destablisasi partikel. Sedangkan pengadukan lambat berperan dalam upaya penggabungan flok. Kecepatan pengadukan merupakan parameter penting dalam pengadukan yang dinyatakan dengan gradien kecepatan (Ali Masduqi dan Abdu F. Assomadi, 2012).

Pada pengolahan DAF terdapat bak pembubuh untuk menambahkan koagulan pada bak DAF. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Bak Pembubuh

- Kebutuhan koagulan

$$\text{Kebutuhan koagulan} = \text{dosis koagulan} \times Q \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan:

Kebutuhan koagulan = jumlah koagulan tiap hari (kg/hari)

Dosis koagulan = dosis optimum koagulan (mg/L)

Q = debit air limbah (L/hari)

- Volume tangki koagulan

$$V = \frac{\text{Kebutuhan koagulan}}{\rho \text{ koagulan}} \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan:

V = Volume koagulen (m³ /hari)

Kebutuhan koagulan = Jumlah Koagulan tiap hari (kg/hari)

ρ Koagulan = massa jenis koagulan (kg/m³)

- Volume air pelarut (Vair)

$$V \text{ air} = \frac{\text{kadar air dalam larutan}}{\text{kadar koagulan dalam larutan}} \times \text{volume koagulan} \dots\dots(2.19)$$

- Volume larutan total

$$V_{\text{total}} = V_{\text{koagulan}} + V_{\text{air pelarut}} \dots \dots \dots (2.20)$$

Keterangan:

V_{total} = Volume total bak pembubuh (L/hari)

$V_{\text{air pelarut}}$ = Volume air pelarut (m³/hari)

V_{koagulan} = Volume koagulan (m³/hari)

- Kedalaman air

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H \dots \dots \dots (2.21)$$

Keterangan:

V = Volume tangki koagulasi (m³)

D = Diameter tangki pembubuh (m)

π = 3,14

H = Kedalaman air dalam tangki pembubuh (m)

- Suplai tenaga ke air

$$P = G^2 \times \mu \times v \dots \dots \dots (2.22)$$

Keterangan:

P = Suplai tenaga ke air (watt)

G = gradien kecepatan (L/s)

μ = viskositas absolut (N.s/m²)

V = volume total tangki pembubuh (m³)

Tabel 2.3 Nilai gradien kecepatan dan waktu pengadukan

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

(Sumber: Reynolds, 1996, page 184)

- Diameter impeller

$$D_i = \left(\frac{P}{K_T \times n^3 \times \rho} \right)^{\frac{1}{5}} \dots\dots\dots(2.23)$$

Keterangan:

D_i = diameter impeller/pengaduk (m)

P = suplai tenaga ke air (watt)

K_T = konstanta pengaduk untuk aliran turbulen

n = kecepatan putaran (rps)

ρ = massa jenis air (kg/m³)

Tabel 2.4 Kriteria Impeller

Tipe Impeller	Kecepatan Putaran	Dimensi
Paddle	20-150 rpm	Diameter = 50-80% lebar Bak lebar = 0,1-1,167 Diameter paddle
Turbine	10-150 rpm	Diameter = 30-50% Lebar bak
Propeller	400-1750 rpm	Diameter = Max. 45 cm

(Sumber: Reynolds, 1996, page 184 & 185)

Tabel 2.5 Konstanta K_T dan K_L

Jenis Impeller	K_T	K_L
Propeller, pitch of 1, 3 blades	41,0	0,32
Propeller, pitch of 2, 3 blades	43,5	1,00
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	60,0	5,31
Turbine, 6 flat blades, vaned disc	65,0	5,75
Turbine, 6 curved blades	70,0	4,80
Fan turbine, 6 blades at 45o	70,0	1,65
Shroude turbine, 6 curved blades	97,5	1,08
Shroude turbine, eith stator, no baffles	172,5	1,12

Flat paddles, 2 blades (single paddle), Di/Wi = 4	43,0	2,25
Flats paddles, 2 blades, Di/Wi = 6	36,5	1,70
Flats paddles, 2 blades, Di/Wi = 8	33,0	1,15
Flats paddles, 4 blades, Di/Wi = 6	49,0	2,75
Flats paddles, 6 blades, Di/Wi = 8	71,0	3,82

(Sumber: Reynolds, 1996, page 188)

- Cek bilangan Reynold

$$\text{Cek Nre} = \left(\frac{Di^2 \times n \times \rho}{\mu} \right) \dots \dots \dots (2.24)$$

Keterangan:

Nre = Bilangan Reynold

Di = diameter impeller (m)

n = putaran impeller (rps)

ρ = massa jenis air (kg/m³)

μ = viskositas absolut (N.s/m²)

- Bak flotasi

- Tekanan udara (P)

$$\frac{A}{S} = \frac{1,3 \times sa \times ((f \times P) - 1)}{Sa} \dots \dots \dots (2.25)$$

Keterangan:

P = Tekanan Udara (atm)

sa = Kelarutan udara (ml/liter)

f = Fraksi Kelarutan Udara

Sa = Influent Minyak & Lemak (mg/L)

A/S = Rasio Udara per Padatan (ml/mg)

- Volume bak flotasi

$$V = (Q \text{ limbah} + Q \text{ bak pembubuh}) \times td \dots \dots \dots (2.26)$$

Keterangan:

V = Volume bak flotasi (m³)

Q limbah = Debit limbah masuk (m³/detik)

Q pembubuh = Debit pembubuh (m³/detik)

t_d = waktu detensi (detik)

- Dimensi bak flotasi

$$V = L \times B \times H \dots\dots\dots(2.27)$$

Keterangan:

V = Volume bak flotasi (m³)

L = Panjang bak (m)

B = Lebar bak (m)

H = Kedalaman air pada bak (m)

- Kedalaman bak flotasi

$$H_{\text{total}} = H + \text{Freeboard} \dots\dots\dots(2.28)$$

Keterangan:

H_{total} = kedalaman bak (m)

H = Ketinggian Air dalam bak penampung (m)

Freeboard = 5% - 30%

- Surface Loading Rate (SLR)

$$SLR = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(2.29)$$

Keterangan:

SLR = Surface Loading Rate

Q = Debit Air Limbah (m³/detik)

A = Luas permukaan (m²)

- Jari-jari hidrolis

$$R = \frac{\text{Luas keliling basah}}{\text{Keliling penampang basah}} = \frac{B \times H}{B + (2H)} \dots\dots\dots(2.30)$$

Keterangan:

R = Jari – jari Hidrolis (m)

H = Ketinggian Air dalam bak penampung (m)

B = Lebar bak penampung (m)

- Zona Lumpur/Sludge

- TSS tersisihkan

$$\text{TSS tersisihkan} = \text{TSS influent} \times \% \text{ removal} \dots\dots\dots(2.31)$$

- TSS effluent

$$\text{TSS} = \text{TSS influent} - \text{TSS tersisihkan} \dots\dots\dots(2.32)$$
- Massa TSS yang tersisihkan

$$\text{Massa tersisihkan} = \text{TSS effluent} \times Q \dots\dots\dots(2.33)$$

Keterangan:
 $Q = \text{Debit air limbah (m}^3/\text{s)}$
- Volume TSS tersisihkan

$$V \text{ TSS} = \frac{\text{massa tersisihkan}}{\rho \text{ solid}} \dots\dots\dots(2.34)$$

Keterangan:
 $\rho = \text{Massa jenis solid}$
- Massa air tersisihkan

$$\text{Massa air} = \frac{\text{Persentase jumlah air}}{\text{Persentase jumlah sludge}} \times \text{massa tersisihkan} \dots\dots(2.35)$$
- Volume air

$$V \text{ air} = \frac{\text{massa air}}{\rho \text{ air}} \dots\dots\dots(2.36)$$

Keterangan:
 $\text{Massa air} = \text{Massa air tersisihkan (kg/hari)}$
 $\rho \text{ air} = \text{Massa jenis air}$
- Volume sludge

$$V \text{ sludge} = V \text{ TSS} + V \text{ air} \dots\dots\dots(2.37)$$

Keterangan:
 $V \text{ TSS} = \text{volume TSS tersisihkan}$
 $V \text{ air} = \text{volume air}$
- Debit lumpur

$$Q \text{ lumpur} = \frac{V \text{ sludge}}{\text{waktu pengurasan}} \dots\dots\dots(2.38)$$

Keterangan:
 $Q \text{ lumpur} = \text{debit lumpur}$
 $V \text{ sludge} = \text{volume sludge/lumpur}$
- Berat sludge

$$\text{Berat sludge} = V \text{ sludge} \times \rho \text{ sludge} \dots\dots\dots(2.39)$$

Keterangan:

V sludge = Volume lumpur/sludge (m³/hari)

ρ sludge = Massa jenis sludge (kg/m³)

- Dimensi zona lumpur

$$V \text{ limas terpuncung} = \frac{1}{3} \times H \times (A + \sqrt{AA'} + A') \dots \dots \dots (2.40)$$

Keterangan:

H = Kedalaman zona lumpur (m)

A = Luas permukaan atas zona lumpur (m²)

A' = Luas permukaan bawah zona lumpur (m²)

- Kebutuhan Udara

- Kebutuhan teoritis

Kebutuhan udara teoritis = jumlah TSS yang tersisihkan.....(2.41)

- Kebutuhan O₂ teoritis

Keb. O₂ teoritis = kebutuhan udara x f(2.42)

Keterangan:

Kebutuhan Teoritis = Kebutuhan teoritis (kg/hari)

f = faktor desain

- Jumlah kebutuhan O₂ teoritis

$$\Sigma \text{ kebutuhan O}_2 \text{ teoritis} = \frac{\text{kebutuhan O}_2 \text{ teoritis}}{\text{berat standar udara} \times \text{O}_2 \text{ dalam udara}} \dots \dots \dots (2.43)$$

Keterangan:

Kebutuhan O₂ teoritis = Kebutuhan teoritis (kg/hari)

Berat standar udara = Berat standar udara (kg/m³)

O₂ dalam udara = Oksigen dalam udara (%)

- Kebutuhan O₂ aktual = $\frac{\text{jumlah kebutuhan O}_2 \text{ teoritis}}{\text{efisiensi diffuser}} \dots \dots \dots (2.44)$

Keterangan:

Kebutuhan O₂ aktual = Kebutuhan oksigen actual (m³/menit)

Kebutuhan O₂ teoritis = Kebutuhan teoritis (kg/hari)

Efisiensi diffuser = Efisiensi pada diffuser (%)

b. Bak Ekualisasi

Fungsi bak ekualisasi adalah untuk mengendapkan butiran kasar dan merupakan unit penyeimbang. Dalam prosesnya, bak ekualisasi sering digunakan sebagai salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan pengolahan air buangan yang terjadi akibat adanya fluktuasi konsentrasi beban pencemar. Bak ekualisasi harus berukuran cukup untuk mengurangi fluktuasi limbah yang disebabkan oleh perubahan program rencana produksi untuk mengurangi konsentrasi secara periodik pada bak penampung atau saluran (Metcalf & Eddy, 2003).

Keuntungan proses ekualisasi untuk mengolah limbah adalah:

- Dapat mengurangi fluktuasi bahan organik yang diolah untuk mencegah shock loading pada proses biologis.
- Mengontrol pH atau meminimumkan kebutuhan bahan kimia
- Meminimumkan aliran pada proses pengolahan fisik – kimia dan mengetahui rata-rata kebutuhan bahan kimia.
- Memberikan kapasitas untuk mengontrol aliran limbah.
- Mencegah tingginya konsentrasi bahan berbahaya yang masuk pada proses pengolahan biologis.
- Pencampuran selalu diberikan pada proses ekualisasi dan untuk mencegah pengendapan zat padat pada dasar bak. Pada proses pencampuran, oksidasi dapat mengurangi bahan organik atau BOD (10- 20% tersisihkan) oleh udara dalam air limbah dari proses pencampuran dan aerasi. Untuk metode yang digunakan pada proses pencampuran ialah distribution of inlet flow and baffle, turbine mixing, diffused air aeration, dan mechanical aeration (Reynold, 1996).

Bak ekualisasi di desain untuk menyamakan aliran. Debit atau aliran serta konsentrasi limbah yang fluktuatif akan disamakan dalam bak

ekualisasi, sehingga dapat memberikan kondisi yang optimum pada pengolahan selanjutnya (Metcalf & Eddy, 2003).



Gambar 2.6 Bak Ekualisasi

(Sumber:

http://sanitasi.ciptakarya.pu.go.id/ditadmin/public/storage/product/2205120810_Pedoman-teknis-ipal-2011.pdf)

Cara kerja dari unit ini adalah saat air limbah sudah dialirkan melalui bak sedimentasi, maka selanjutnya air limbah dialirkan menuju bak ekualisasi agar debitnya konstan. Adapun rumus yang digunakan pada unit diatas adalah sebagai berikut:

- Volume bak ekualisasi

$$V = Q \times t_d \dots\dots\dots(2.45)$$

Keterangan:

V = volume bak ekualisasi (m³)

Q = debit air limbah (m³/detik)

t_d = waktu detensi (detik)

- Kebutuhan oksigen

$$\text{Keb. DO} = \text{DO air buangan} - \text{DO minimum} \dots\dots\dots(2.46)$$

Keterangan:

Keb.DO = kebutuhan oksigen terlarut dalam air (mg/L)

DO air buangan = kadar minim oksigen terlarut air (mg/L)

DO minim = kadar oksigen terlarut air limbah (mg/L)

- Dimensi bak ekualisasi

$$V = L \times B \times H \dots\dots\dots(2.47)$$

Keterangan:

V = Volume bak penampung (m³)

L = Panjang (m)

B = Lebar (m)

H = kedalaman (m)

- Kedalaman total

$$H \text{ total} = H + \text{freeboard} \dots\dots\dots(2.48)$$

Keterangan:

H = Ketinggian Air dalam bak penampung (m)

Freeboard = 5% - 30%

II.2.3 Pengolahan Sekunder (Secondary Treatment)

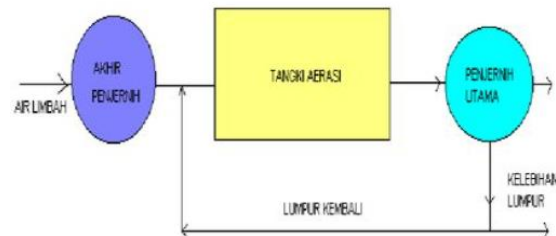
Menurut (Sugiharto, 1987), pada proses pengolahan tahap kedua ini, proses yang terjadi yaitu secara biologis. Pada proses ini bertujuan untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada di dalamnya. Pada proses ini dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain jumlah air limbah, tingkat kekotoran, jenis kekotoran, dan lain sebagainya.

a) Lumpur Aktif (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 proses didalam activated sludge, yaitu:

a) Konvensional

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



Gambar 2.7 Activated Sludge Konvensional

(Sumber: <https://slideplayer.info/slide/17616813/>)

- Tangki Aerasi

Pada saat oksidasi aerobik material organik dilakukan dalam tangki ini, Efluent pertama masuk dan tercampur dengan Lumpur Aktif Balik (Return Activated Sludge =RAS) atau disingkat LAB membentuk lumpur campuran (mixed liquor), yang mengandung padatan tersuspensi sekitar 1.500 - 2.500 mg/l. Aerasi dilakukan secara mekanik. Karakteristik proses lumpur aktif adalah adanya daur ulang dari biomassa. Keadaan ini membuat waktu tinggal sel (biomassa) menjadi lebih lama dibanding waktu tinggal hidrauliknya (Sterritt dan Lester, 1988). Keadaan ini membuat sejumlah besar mikroorganisme mengoksidasi senyawa organik secara singkat. Waktu tinggal di tangki aerasi berkisar 4 - 8 jam.

- Tangki Sedimentasi

Tangki ini digunakan untuk sedimentasi flok mikroba (lumpur) yang dihasilkan selama fase oksidasi dalam tangki aerasi. Seperti disebutkan diawal bahwa sebahgian dari lumpur dalam tangki penjernih didaur ulang kembali dalam bentuk LAB kedalam tangki aerasi dan sisanya dibuang

untuk menjaga rasio yang tepat antara makanan dan mikroorganisme (F/M Ratio). Parameter yang umum digunakan dalam lumpur aktif (Davis dan Cornwell, 1985; Verstraete dan van Vaerenbergh, 1986) adalah sebagai berikut:

- Mixed-liquor suspended solids (MLSS)

Isi tangki aerasi dalam sistem lumpur aktif disebut sebagai mixed liquor yang diterjemahkan sebagai lumpur campuran. MLSS merupakan jumlah total dari padatan tersuspensi yang berupa material organik dan mineral, termasuk didalamnya adalah mikroorganisma. MLSS ditentukan 25 dengan cara menyaring lumpur campuran dengan kertas saring (filter), kemudian filter dikeringkan pada temperatur 1050C, dan berat padatan dalam contoh ditimbang..

- Mixed-liquor volatile suspended solids (MLVSS)

Porsi material organik pada MLSS diwakili oleh MLVSS, yang berisi material organik bukan mikroba, mikroba hidup dan mati, dan hancuran sel (Nelson dan Lawrence, 1980). MLVSS diukur dengan memanaskan terus sampel filter yang telah kering pada 600 - 6500C.

- Food to microorganism ratio (F/M Ratio)

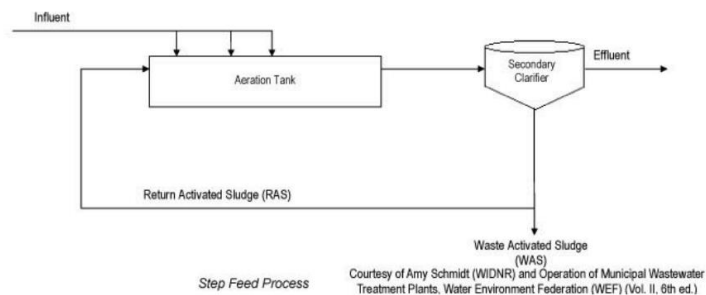
Parameter ini merupakan indikasi beban organik yang masuk kedalam sistem lumpur aktif dan diwakili nilainya dalam kilogram BOD per kilogram MLSS per hari (Curds dan Hawkes, 1983; Nathanson, 1986).

b) Non Konvensional

- Step Aeration

- Termasuk type plug flow dengan perbandingan F/M atau substrat dan mikroorganisme yang menurun menuju outlet.

- Pada inlet air buangan akan masuk melalui 3 – 4 titik tangki aerasi yang bertujuan menetralkan rasio substrat dan mikroorganismen dalam mengurangi tingginya kebutuhan oksigen dititik yang paling awal.
- Keuntungan dari step aeration ialah memiliki waktu detensi yang lebih pendek.

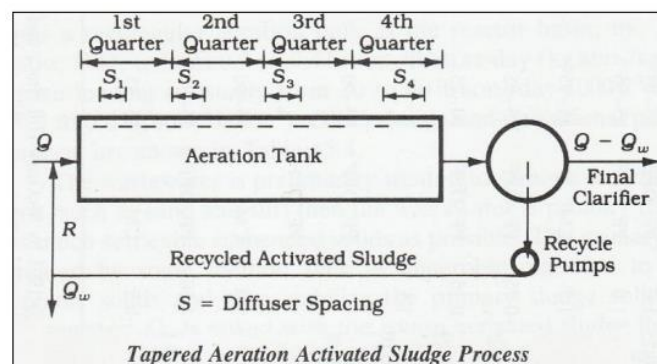


Gambar 2.8 Activated Sludge Step Aeration

(Sumber:

https://dnr.wi.gov/regulations/opcert/documents/wws_gactsludgeintro.pdf)

- Tapered Aeration
 - Termasuk sama dengan step aerasi, namun pada tapered aerasi ini memiliki injeksi udara dititik awal yang lebih tinggi.



Gambar 2.9 Activated Sludge Tapered Aeration

(Sumber:

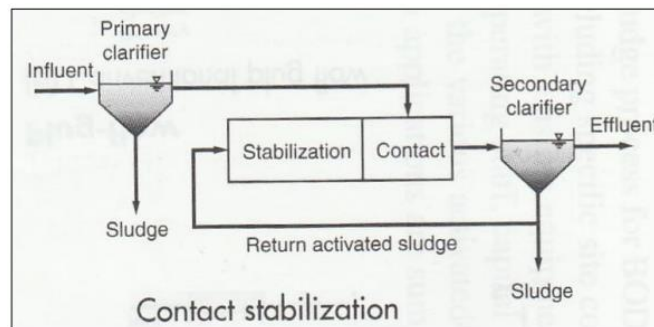
https://uomustansiriyah.edu.iq/media/lectures/5/5_2018_12_15!08_58_32_PM.pd

f)

- Contact Stabilization

Pada sistem ini terdapat 2 tangki, yaitu:

- Contact tank, berfungsi untuk mengabsorpsi bahan organik agar dapat memproses lumpur aktif.
- Reaeration tank, berfungsi untuk mengoksidasi bahan organik yang telah di adsorbs (proses stabilisasi).



Gambar 2.10 Activated Sludge Contact Stabilization

(Sumber:

https://uomustansiriyah.edu.iq/media/lectures/5/5_2018_12_15!08_58_32_PM.pd

f)

Adapun rumus yang digunakan pada pengolahan ini adalah sebagai berikut:

- Partikulat BOD Effluent

$$\text{BOD}_{\text{ss}} = \text{BOD}_{\text{efflt}} \times (\text{MLVSS}/\text{MLVSS}) \times \text{FB} \dots \dots \dots (2.49)$$

$$\text{BOD}_{\text{terlarut}} = \text{BOD}_{\text{effluent}} - \text{BOD}_{\text{ss}} \dots \dots \dots (2.50)$$

Keterangan:

VSS/SS = ratio perbandingan

VSS dan SS FB = Fraksi biodegradable VSS

(Sumber: Marcos Von, *Activ. Sludge and ABR*, Page 29)

- Efisiensi sistem dalam penyisihan BOD

$$E\% = \frac{\text{BOD influent} - \text{BOD terlarut}}{\text{BOD influent}} \dots\dots\dots (2.51)$$

(Sumber: Marcos Von Sperling, *Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactor*, page 30)

- Debit resirkulasi

$$Q_r = R \times Q_o \dots\dots\dots (2.52)$$

Keterangan:

Q_r = Debit resirkulasi (m³/detik)

Q_o = Debit air limbah awal (m³/detik)

R = rasio resirkulasi

(Sumber: Marcos Von Sperling, *Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactor*, page 36)

- Debit total bioreactor

$$Q_{tot} = Q_o + Q_r \dots\dots\dots (2.53)$$

Keterangan:

Q_{tot} = Debit total (m³/detik)

Q_r = Debit Resirkulasi (m³/detik)

Q_o = Debit air limbah awal (m³/detik)

- Konsentrasi BOD dalam bioreaktor (S_a)

$$S_a = \frac{(S_o \times Q_o) + (S_r \times Q_r)}{(Q_o + Q_r)} \dots\dots\dots (2.54)$$

Keterangan:

S_a = konsentrasi BOD dalam reaktor (mg/L)

S_r = konsentrasi BOD resirkulasi (mg/L)

S_o = konsentrasi BOD awal (mg/L)

Q_r = Debit Resirkulasi (m³/detik)

Q_o = Debit air limbah awal (m³/detik)

- Volume bioreactor

$$V = \frac{Y \times \theta_c \times Q_a \times (S_o - S_a)}{X_{ax} (1 + K_d \times F_b \times \theta_c)} \dots\dots\dots (2.55)$$

Keterangan:

V = volume bioreactor

Y = Yield Coefficient (g VSS / g BOD5 removed)

θ_c = umur lumpur (hari)

Sa = konsentrasi BOD dalam reaktor (mg/L)

So = konsentrasi BOD awal (mg/L)

Qa = Debit air limbah total (m³/detik)

Xa = MLVSS (mg/L)

Kd = Endogenous Respiration Coefficient (g VSS/g VSS.d)

FB = Biodegradable fraction of VSS

(Sumber: Marcos Von Sperling, *Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactor*, page 21)

- Kedalaman bioreactor

$$H_{total} = H + fb \dots \dots \dots (2.56)$$

Keterangan:

H total = kedalaman total bioreaktor (m)

H = kedalaman bioreaktor (m)

fb = freeboard (5%-30% x h)

- F/M rasio

$$F/M = \frac{S_a}{t_d \times X_a} \dots \dots \dots (2.57)$$

Keterangan:

Sa = konsentrasi BOD dalam reaktor (mg/L)

Xa = MLVSS (mg/L)

td = waktu tinggal hidrolis (jam)

- Konsentrasi resirkulasi lumpur

$$X_r = \frac{X_a (Q_o + Q_r)}{Q_r} \dots \dots \dots (2.58)$$

Keterangan:

Xr = konsentrasi resirkulasi lumpur (mg/L)

Qr = Debit Resirkulasi (m³/detik)

Qo = Debit air limbah awal (m³/detik)

Xa = MLVSS (mg/L)

(Sumber: Marcos Von Sperling, *Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactor*, page 35)

- Produksi lumpur tiap hari

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1+Fb+Kd+\theta_c} \dots\dots\dots (2.59)$$

$$S_r = Q_a \times (S_o - S_a) \dots\dots\dots (2.60)$$

$$P_x = Y_{obs} \times S_r \dots\dots\dots (2.61)$$

$$P_x = \frac{P_{xv}}{VSS/SS} \dots\dots\dots (2.62)$$

Keterangan:

P_x = produksi lumpur (kg/hari)

Y_{obs} = Koefisien observed yield

Y = Yield Coefficient (g VSS / g BOD5 removed)

θ_c = umur lumpur (hari)

K_d = Endogenous Respiration Coefficient (gVSS/g VSS.d)

Fb = Biodegradable fraction of VSS

S_r = penyisihan beban BOD (kg/hari)

S_a = konsentrasi BOD dalam reaktor (mg/L)

S_o = konsentrasi BOD awal (mg/L)

Q_a = Debit air limbah total (m³/detik)

(Sumber: Marcos Von Sperling, *Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactor*, page 39)

- Debit lumpur yang dibuang

$$Q_{exs} = \frac{V}{\theta_c} \dots\dots\dots (2.63)$$

$$Q_{exs} = \frac{V}{\theta_c} \times \frac{X}{X_r} \dots\dots\dots (2.64)$$

Keterangan:

V = volume bioreactor

θ_c = umur lumpur (hari)

X = MLSS (mg/L)

X_r = konsentrasi resirkulasi lumpur (mg/L)

(Sumber: Marcos Von Sperling, *Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactor*, page 43 - 44)

- Volume lumpur

$$V_{\text{lumpur}} = \frac{P_x}{\rho_{\text{lumpur}} \times C} \times \theta_c \dots \dots \dots (2.65)$$

Keterangan:

V_{lumpur} = volume lumpur (m³)

P_x = produksi lumpur (kg/hari)

ρ_{lumpur} = massa jenis lumpur (kg/m³)

C = konsentrasi lumpur

θ_c = umur lumpur (hari)

- Kebutuhan oksigen

$$\text{Kebutuhan teoritis} = O_2/S_r \times S_r \dots \dots \dots (2.66)$$

$$\text{Keb. } O_2 \text{ teoritis} = \text{keb. teoritis} \times \text{factor desain} \dots \dots \dots (2.67)$$

$$\text{Keb. Udara teoritis} = \frac{\text{kebutuhan } O_2 \text{ teoritis}}{\text{berat stand. udara} \times \% O_2 \text{ udara}} \dots \dots \dots (2.68)$$

$$\text{Keb. Udara actual} = \frac{\text{kebutuhan udara teoritis}}{\text{efisiensi blower}} \dots \dots \dots (2.69)$$

- Desain perpipaan diffuser

$$\text{Panjang pipa lateral (LL)} = \frac{W_{\text{bioreaktor-DM}}}{2} \dots \dots \dots (2.70)$$

$$LM = (n \times DL) + ((n + 1) \times rL) \dots \dots \dots (2.71)$$

$$LL = (n \times DO) + ((n + 1) \times rO) \dots \dots \dots (2.72)$$

Keterangan:

LM = panjang pipa manifold (m)

LL = panjang pipa lateral (m)

DM = Diameter pipa manifold (m)

DL = Diameter pipa lateral (m)

DO = diameter lubang orifice (m)

rL = jarak antar pipa lateral (m)

rO = jarak antar lubang orifice (m)

II.2.4 Pengolahan Tersier (Tertiary Treatment)

Menurut (Sugiharto, 1987), pada proses 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. Unit pengolahan tersier ini terdiri dari:

a. Clarifier

Bangunan ini digunakan untuk mengendapkan lumpur setelah proses sebelumnya, biasanya proses lumpur aktif. Pada unit pengolahan ini, terdapat scrapper blade yang berjumlah sepasang yang berbentuk vee (V). Alat tersebut digunakan untuk pengeruk lumpur yang bergerak, sehingga 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 di tengah bagian bawah clarifier. Lumpur dihilangkan dari sumur pengumpul dengan cara gravitasi.

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). Secondary clarifier merupakan bagian tak terpisahkan dari sistem activated sludge. Bagian ini berperan dalam proses pemisahan lumpur dari limbah yang telah diolah di dalam reaktor biologi. Ada lima parameter yang paling berpengaruh terhadap secondary clarifier, yaitu: Konsentrasi MLSS yang masuk ke clarifier, debit air limbah, debit resirkulasi sistem activated sludge, luas permukaan clarifier, dan kemampuan mengendapkan lumpur.



Gambar 2.11 Clarifier

(Sumber: <https://www.evoqua.com/en/markets/applications/clarification/>)

Adapun rumus yang digunakan pada pengolahan ini adalah:

➤ Rumus untuk zona settling sebagai berikut:

- Debit bak Clarifier (Q)

$$\text{MLSS dibuang} = \frac{P \times \text{MLSS}}{\text{berat jenis lumpur}} \dots\dots\dots (2.73)$$

$$Q_{\text{in Clarifier}} = (Q + Q_r) - \text{MLSS yang dibuang} \dots\dots\dots (2.74)$$

Keterangan:

$Q_{\text{in Clarifier}}$ = debit masuk pada bak (m³/hari)

Q_r = Debit resirkulasi (m³/hari)

Q = Debit limbah (m³/hari)

- Luas Area Surface (AS)

$$AS = \frac{Q}{\text{Over flow rate}} \dots\dots\dots (2.75)$$

Keterangan:

AS = Luas area surface (m²)

Q = Debit limbah (m³/hari)

Over flow rate = Volume aliran per luas area (m³/m².hari)

- Diameter Bak (D)

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \dots\dots\dots (2.76)$$

Keterangan:

D = Diameter bak (m)

$\pi = 3,14\ 45$

- Diameter Inlet Wall (D')

$$D' = (15\% - 20\%) \times D \dots\dots\dots (2.77)$$

Keterangan:

D = Dimensi bak (m)

D' = Diameter inlet wall (m)

- Volume bak Clarifier

$$V = Q \times t_d \dots\dots\dots (2.78)$$

Keterangan:

V = Volume bak clarifier (m³)

Q = Debit air limbah (m³/hari)

t_d = Waktu detensi (detik)

- Kedalaman Zona Settling (H Settling)

$$H_{\text{settling}} = \frac{V}{A} \dots\dots\dots (2.79)$$

Keterangan:

H_{settling} = Kedalaman zona settling (m)

V = Volume bak clarifier (m³)

A = Luas area surface (m²)

$$H_{\text{total}} = H_{\text{settling}} + fb \dots\dots\dots (2.80)$$

Keterangan:

H_{total} = Kedalaman total bak clarifier (m)

H_{settling} = Kedalaman zona settling (m)

fb = Freeboard (5-30% x H)

- Kecepatan pengendapan (V_s)

$$V_s = \frac{H_{\text{tot}}}{t_d} \dots\dots\dots (2.81)$$

Keterangan:

V_s = Kecepatan pengendapan partikel (m/s)

H_{tot} = Kedalaman zona settling (m)

t_d = Waktu detensi (detik)

(Sumber: Metcalf & Eddy, *Waste Water Engineering Treatment & Reuse, 4th Edition, page 368*)

- Diameter partikel (D_p)

$$D_p = \sqrt{\frac{v_s \times 18 \times v}{g (sg-1)}} \dots\dots\dots (2.82)$$

Keterangan:

D_p = Diameter partikel (m)

v_s = Kecepatan pengendapan (m/s)

v = Viskositas kinematis ($0,8 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)

g = Percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

sg = Spesifik gravity

- Cek bilangan Reynold

$$N_{Re} = \frac{\rho s \times D_p \times v_s}{\mu} \dots\dots\dots (2.83)$$

Keterangan:

N_{Re} = Bilangan Reynold

D_p = Diameter partikel (m)

v_s = Kecepatan pengendapan (m/s)

μ = Viskositas absolut ($\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$)

s = Massa jenis partikel (kg/m^3)

(Sumber: Reynolds, Tom D. and Paul A. Richards. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, page 224. Boston: PWS Publishing Company*)

- Kecepatan horizontal (V_h)

$$V_h = \frac{Q_{in}}{\pi \times D \times H} \dots\dots\dots (2.84)$$

Keterangan:

V_h = Kecepatan horizontal (m/s)

Q_{in} = Debit air limbah (m^3/s)

D = Diameter bak clarifier (m)

H = Kedalaman bak (m)

- Jari-jari hidrolis (R)

$$R = \frac{r \times H}{r + (2 \times H)} \dots\dots\dots (2.85)$$

Keterangan:

R = Jari-jari hidrolis (m)

r = Jari-jari bak clarifier (m)

H = Kedalaman bak clarifier (m)

- Cek bilangan reynold

$$NRe = \frac{v_h \times R}{\mu} \dots\dots\dots (2.86)$$

Keterangan:

V_h = Kecepatan horizontal (m/s)

R = Jari-jari hidrolis (m)

μ = Viskositas absolut (N.s/m²)

- Cek bilangan froude

$$Nfr = \frac{v_h}{\sqrt{g \times h}} \dots\dots\dots (2.87)$$

Keterangan:

NFR = Bilangan froude

v_h = Kecepatan horizontal (m/s)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

h = Kedalaman bak (m)

- Cek penggerusan / Kecepatan scouring (V_{sc})

$$V_{sc} = \sqrt{\frac{\sqrt{8 k (Sg-1) \times g \times Dp}}{\lambda}} \dots\dots\dots (2.88)$$

Keterangan:

λ = Faktor gesekan hidrolis

k = Konstanta kohesi partikel yang saling mengikat (0,06)

D_p = Diameter partikel (m)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

S_g = Spesifik gravity

➤ Rumus untuk zona thickening adalah sebagai berikut:

- MLVSS dalam clarifier

$$\text{MLVSS AS} = 30\% \times \text{MLVSS}_{\text{total}} \dots\dots\dots (2.89)$$

$$\text{MLVSS}_{\text{clarifier}} = \text{MLVSS}_{\text{total}} - \text{MLVSS}_{\text{AS}} \dots\dots\dots (2.90)$$

Keterangan:

MLVSS_{AS} = MLVSS dari bioreaktor AS (mg/L)

MLVSS_{total} = MLVSS total dari bioreaktor AS (mg/L)

MLVSS_{clarifier} = MLVSS di dalam clarifier (mg/L)

- Massa solid total clarifier

$$\text{M}_{\text{solid total}} = \text{MLVSS}_{\text{clarifier}} \times V_{\text{clarifier}} \dots\dots\dots (2.91)$$

Keterangan:

M_{solid total} = Massa solid total dalam clarifier (kg)

MLVSS_{clarifier} = MLVSS di dalam clarifier (mg/L)

V_{clarifier} = Volume clarifier (m³)

- Kedalaman zona thickening

$$H = \frac{\text{msolid total}}{X \times A} \dots\dots\dots (2.92)$$

Keterangan:

M_{solid total} = massa solid total dalam clarifier (kg)

X = MLSS dari bioreaktor AS (mg/L)

A = Luas penampang clarifier (m²)

➤ Rumus untuk zona sludge adalah sebagai berikut:

- Total lumpur yang terkumpul

$$T_L = P_x \times t \dots\dots\dots (2.93)$$

Keterangan:

T_L = Total lumpur yang terkumpul (kg)

P_x = Lumpur yang dihasilkan dari bioreaktor AS (kg/hari)

T = Waktu pengurasan (hari)

- Total massa lumpur pada bak clarifier

$$T_{ML} = T_L + m_{\text{solid total}} \dots\dots\dots (2.94)$$

Keterangan:

T_{ML} = Total massa lumpur pada clarifier (kg)

T_L = Total lumpur yang terkumpul (kg)

$M_{\text{solid total}}$ = Massa solid total dalam clarifier (kg)

- Volume lumpur pada clarifier

$$V_L = \frac{T_{ML}}{P_s} \dots\dots\dots (2.95)$$

Keterangan:

V_L = Volume lumpur pada clarifier (m³)

T_{ML} = Total massa lumpur pada clarifier (kg)

P_s = Massa jenis solid (kg/m³)

- Debit lumpur

$$QL = \frac{V_L}{\text{Waktu pengurasan}} \dots\dots\dots (2.96)$$

Keterangan:

V_L = Volume lumpur pada bak per hari (m³/hari)

t_d = Lama waktu pengurasan (jam)

- Kedalaman ruang sludge

$$V_{\text{ruang lumpur}} = \frac{1}{3} H ((A + B) + \sqrt{A \times B}) \dots\dots\dots (2.97)$$

Keterangan:

V = Volume ruang lumpur (m³)

H = Kedalaman ruang sludge (m)

A = Luas permukaan atas (m²)

B = Luas permukaan bawah (m²)

- Kedalaman total clarifier

$$H_{\text{tot}} = H_{\text{settling}} + H_{\text{thickening}} + H_{\text{sludge}} \dots\dots\dots (2.98)$$

Keterangan:

H_{tot} = Kedalaman total (m)

H_{settling} = Kedalaman zona settling (m)

$H_{\text{thickening}}$ = Kedalaman zona thickening (m)

H_{sludge} = Kedalaman zona sludge (m)

➤ Rumus untuk zona outlet adalah sebagai berikut:

- Panjang pelimpah

$$L = \pi \times D \text{ bak} \dots\dots\dots (2.99)$$

Keterangan:

L = Panjang pelimpah (m)

D = Diameter bak clarifier (m)

- Jumlah V notch setiap pelimpah (Weir)

$$n = \frac{\text{panjang pelimpah weir}}{\text{jarak antar V notch}} \dots\dots\dots (2.100)$$

Keterangan:

n = Jumlah V notch

Lweir = Panjang pelimpah (m)

Rweir = Jarak antar weir (m)

(Sumber: Syed R. Qasim, Wastewater Treatment and Reuse, Vol 1, Guang Zhu, page: 9-21 9-26, 459-460)

- Debit air melalui V notch

$$Q_{\text{vnotch}} = \frac{Q_{\text{in}}}{n} \dots\dots\dots (2.101)$$

Keterangan:

Q_{vnotch} = Debit air melalui Vnotch (m³/s)

Q_{in} = Debit air limbah (m³/s)

n = Jumlah Vnotch

- Tinggi limpahan Vnotch

$$N_{\text{re}} = \frac{\rho \times D \times v_s}{\mu} \dots\dots\dots (2.102)$$

Keterangan:

N_{re} = Bilangan Reynold

D = Diameter bak (m)

v_s = Kecepatan pengendapan (m/s)

μ = Viskositas absolut (N.s/m²)

ρ = Massa jenis air (kg/m³)

- Luas permukaan saluran limpahan

$$A = \frac{Q_{in}}{v} \dots\dots\dots (2.103)$$

Keterangan:

A = Luas permukaan saluran pelimpah (m²)

Q_{in} = Debit yang masuk (m³/s)

v = Kecepatan saluran pelimpah (m/s)

- Dimensi saluran pelimpah

$$A = B \times H \dots\dots\dots (2.104)$$

$$H = H + (H \times \text{freeboard}) \dots\dots\dots (2.105)$$

Keterangan:

A = Luas permukaan saluran pelimpah (m²)

B = Lebar saluran pelimpah (m)

H = Tinggi pelimpah melalui Vnotch (m)

Freeboard = (15-20%) kedalaman

II.2.5 Pengolahan Lumpur (Sludge Treatment)

Dari pengolahan air limbah maka didapatkan hasil berupa lumpur yang perlu diadakan pengolahan secara khusus agar lumpur tersebut tidak mencemari lingkungan dan dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan kehidupan. Sludge dalam disposal sludge memiliki masalah yang lebih kompleks. Hal ini disebabkan karena:

- Sludge sebagian besar dikomposisi dari bahan-bahan yang bertanggung jawab untuk menimbulkan bau.
- Bagian sludge yang dihasilkan dari pengolahan biologis dikomposisi dari bahan organik.
- Hanya sebagian kecil dari sludge yang mengandung solid (0.25% - 12% solid).

Tujuan utama dari pengolahan lumpur adalah:

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

Terdapat berbagai macam jenis pengolahan lumpur yang digunakan dalam industri-industri saat ini. Banyak hal yang perlu dipertimbangkan dalam memilih pengolahan lumpur yang sesuai dengan kuantitas lumpur yang dibuang, salah satu pertimbangan yang paling penting yaitu efektifitas pengolahan lumpur dan waktu yang tidak terlalu lama dalam proses pengolahan lumpur. Berdasarkan hal tersebut, salah satu jenis pengolahan yang dapat digunakan yaitu belt-filter press, yang selengkapnya akan dijelaskan dibawah ini:

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), belt-filter press, conveyor cake lumpur, dan sistem pendukung (compressor, pompa pencuci). Namun, ada beberapa unit yang tidak menggunakan tangki lumpur.

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. Belt filter 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 operasi yang mahal mengakibatkan

beban padat yang lebih besar dan pengering cake ditingkatkan dengan meninggikan konsentrasi padatan lumpur



Gambar 2.12 Belt Filter Press

(Sumber: <http://palugada-engineering.com/mesin-belt-press-untuk-dewatering/>)

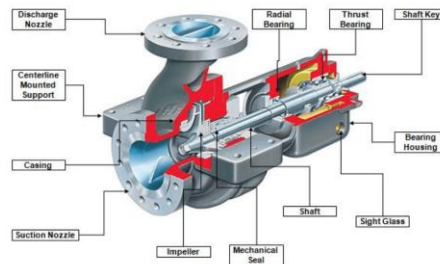
II.2.6 Aksesoris Perancangan Bangunan

a. Pompa

Pompa merupakan suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari satu tempat ke tempat yang lain dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut. Kenaikan tekanan cairan digunakan untuk mengatasi hambatan pengaliran yang berupa perbedaan tekanan, ketinggian, atau hambatan gesek. Pada prinsipnya pompa dapat mengubah energi mekanik menjadi energi aliran fluida, energi yang diterima oleh fluida akan digunakan untuk menaikkan tekanan dan mengatasi tahanan yang terdapat pada saluran yang dilalui. Pompa memiliki dua kegunaan, yaitu untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ketempat lainnya dan untuk mensirkulasikan cairan sekitar sistim. Pompa sendiri memiliki bermacam-macam jenis, yaitu:

- Sentrifugal Pump, merupakan pompa dengan susunan atas sebuah impeller dan saluran inlet di tengah-tengahnya. Ketika impeller berputar, fluida akan mengalir menuju casing di sekitar

impeller sebagai akibat dari gaya sentrifugal. Penggunaan pompa sentrifugal di dunia mencapai angka 80% karena penggunaannya yang cocok untuk mengatasi jumlah fluida yang besar daripada pompa positive-displacement.



Gambar 2.13 Pompa Sentrifugal

(Sumber: <https://serviceacjogja.pro/pompa-sentrifugal/>)

- Rotary Pump, adalah pompa yang menggerakkan fluida dengan menggunakan prinsip rotasi. Vakum terbentuk oleh rotasi dari pompa dan selanjutnya menghisap fluida masuk. Keuntungan dari pompa ini adalah efisiensi yang tinggi karena secara natural dapat mengeluarkan udara dari pipa alirannya, serta dapat mengurangi kebutuhan pengguna untuk mengeluarkan udara tersebut secara manual. Dan untuk kelemahan dari pompa ini adalah apabila pompa bekerja pada kecepatan yang terlalu tinggi, maka fluida kerjanya justru dapat menyebabkan erosi pada sudut-sudut pompa.



Gambar 2.14 Pump Rotary

(Sumber: <https://www.iwakupumps.jp/en/products/rotary/>)

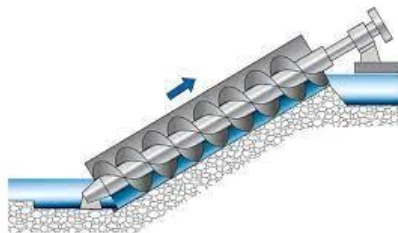
- Gear Pump, merupakan jenis pompa roda gigi positif yang dapat memindahkan cairan dengan berulang kali menutup volume tetap menggunakan roda gigi yang saling mengunci, dan mentransfernya secara mekanis menggunakan pemompaan siklik yang memberikan aliran pulsa-halus mulus sebanding dengan kecepatan rotasi gir-nya.



Gambar 2.15 Pump Gear

(Sumber: <https://www.winstonengineering.com/id/id/11-gear-pump>)

- Screw Pump, merupakan pompa yang di gunakan untuk menangani cairan yang mempunyai viskositas tinggi, heterogen, sensitive terhadap geseran dan cairan yang mudah berbusa. Perisin kerja Screw di temukan oleh seorang engineer prancis bernama Rene Moneau, sehinga sering di sebut juga dengan Moneau pump.



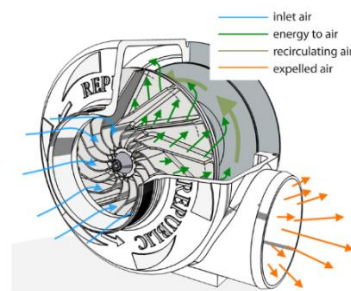
Gambar 2.16 Pompa Screw

(Sumber: <https://www.ksb.com/en-global/centrifugal-pump-lexicon/article/archimedean-screw-pump-1117986>)

b. Blower

Blower merupakan mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan dalam suatu ruangan dan sebagai pengisapan atau pemvakuman udara atau gas tertentu. Blower juga merupakan mesin yang memampatkan udara atau gas oleh gaya sentrifugal ketekanan akhir melebihi dari 40 psig. Menurut klasifikasinya blower dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

- Blower Sentrifugal, merupakan blower dengan memiliki impeller yang dapat berputar hingga 15.000 rpm. Blower sentrifugal dapat beroperasi melawan tekanan 0,35 sampai 0,70 kg/cm².



Gambar 2.17 Blower Sentrifugal

(Sumber: <http://sarmansilverius.blogspot.com/2017/05/prinsip-kerja-blower-centrifugal.html>)

- Blower Positive Displacement, merupakan blower yang memiliki rotor yang menjebak udara dan mendorongnya melalui rumah blower. Blower ini menyediakan volume udara yang konstan bahkan jika tekanan system nya bervariasi. Blower ini berputar lebih pelan daripada blower sentrifugal hanya 3.600 rpm. Dan sering digerakkan oleh belt untuk memfasilitasi perubahan kecepatan.



Gambar 2.18 Blower Positive Displacement

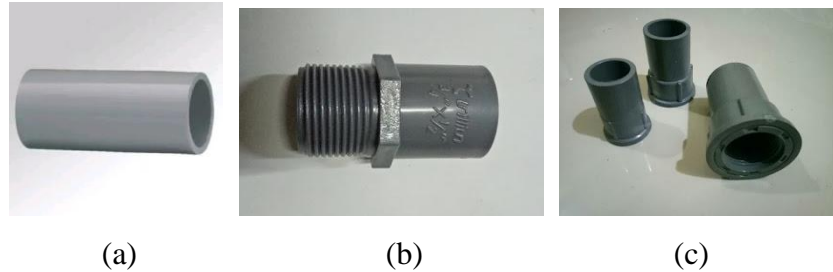
(Sumber: <https://www.industry-plaza.com/positive-displacement-blower-series-gm-p233494.html>)

c. Aksesoris Pipa

Dalam membangun sebuah sistem jaringan saluran air yang ideal maka dibutuhkan dukungan aksesoris pipa yang tepat. Fungsi dari aksesoris pipa adalah untuk membangun jalur belokan, membangun jalur percabangan, mendukung metode penyambungan, dan menyambung antar pipa. Adapun aksesoris yang dimiliki pipa terdiri dari:

- Shock pipa/Socket, merupakan aksesoris untuk menyambung pipa yang bertujuan untuk memperpanjang pipa dengan menyambung lurus satu pipa dengan pipa lainnya. Aksesoris ini biasa digunakan untuk menyambung pipa dengan diameter yang sama, dengan ulir yang berada di dalam. Shock pipa terbagi menjadi beberapa jenis seperti:
 - Shock pipa PVC polos, yang digunakan untuk menyambung dua pipa PVC dengan ujungnya tidak ada ulir atau drat.
 - Shock pipa drat luar, pada kedua ujung shock nya memiliki ulir/drat. Shock pipa jenis ini biasanya dikombinasikan dengan shock pipa drat dalam.
 - Shock pipa drat dalam, pada kedua ujung shock nya memiliki ulir/drat. Shock pipa jenis ini biasanya

dikombinasikan dengan shock pipa drat luar ataupun konektor penyambung selang.



Gambar 2.19 (a) shock pipa polos (b) Shock pipa drat luar
(c) shock pipa drat dalam

(Sumber:

<https://mengalirjauh.blogspot.com/2019/04/mengenal-jenis-jenis-aksesoris-pipa-pvc.html>)

- Elbow, merupakan aksesoris perpipaan yang memiliki bentuk mirip dengan huruf “L” atau berbentuk siku (Elbow). Aksesoris ini berfungsi untuk membelokkan aliran. Aksesoris ini memiliki kombinasi sudut bervariasi yang paling sering dipakai adalah 90° dan 45° .

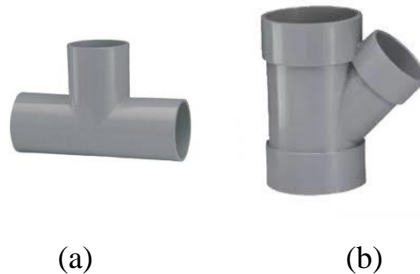


Gambar 2.20 Elbow 90° dan 45°

(Sumber: <https://id.aliexpress.com/item/4000021857235.html>)

- Tee, merupakan aksesoris pipa yang berfungsi untuk membagi aliran lurus menjadi dua arah, ke kanan dan kiri. Seperti namanya aksesoris tee berbentuk seperti huruf “T” , namun ada

beberapa kasus Tee berbentuk seperti huruf “Y”, banyak orang menyebutnya Y-Branch.



Gambar 2.21 (a) Tee bentuk T (b) Y branch

(Sumber: <https://www.bhinneka.com/rucika-y-branch-d-y-3-inch-sku3326825976>)

- Reducer, merupakan aksesoris pipa yang berfungsi untuk menyambung dua pipa dengan diameter berbeda. Reducer ini terbagi menjadi dua tipe, yakni reducer elbow untuk membelokkan aliran dan reducer socket untuk memperpanjang pipa dengan sambungan lurus.



Gambar 2.22 Reducer

(Sumber: <https://uk.misumi-ec.com/vona2/detail/110302212910/>)

- Dop/plug/cap/clean out, merupakan aksesoris pipa yang berfungsi untuk menutup saluran pipa pada ujung pipa yang tidak dihubungkan lagi. Cap adalah penutup yang lebih simpel dari yang lain, Plug adalah penutup yang sangat rapat dengan sistem ulir/drat, clean out adalah penutup yang dapat ditutup dan dibuka sesuka hati. Namun kebanyakan kontraktor memilih

untuk menutup ujung pipa dengan kran, agar sewaktu-waktu ujung pipa dapat digunakan dan bermanfaat.



Gambar 2.23 Plug Pipa

(Sumber: <https://www.indiamart.com/proddetail/pvc-pipe-plug-16895420588.html>)

II.3 Persen Removal

Tabel 2.6 Persen Removal Unit Pengolahan Limbah

No	Unit Bangunan	% Removal	Sumber Literatur
PRETREATMENT			
1	Saluran pembawa & bar screen	-	-
2	Bak Penampung	-	-
PRIMARY TREATMENT			
3	DAF		
	Koagulasi - Flokulasi	-	-
	Flotasi	-	-
	Skimmer	TSS : 50-85%	Cavaseno, Industrial Waste water and solid Waste engineering, page 14
4	Bak Ekualisasi	-	-
SECONDARY TREATMENT			
5	Activated Sludge	COD = 50-95%	Cavaseno, Industrial Waste water and solid

		BOD = 80-99%	Waste engineering, page 15
6	Clarifier	TSS = 60-80%	Metcalf & Eddy, WWET Disposal, and Reuse 4th edition, page 497
		MLSS = 97%	Reynold 2rd edition, page 246
TERTIARY TREATMENT			
7	Belt Filter Press	-	-

II.4 Profil Hidrolis

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

1. Kehilangan Tekanan Pada Bangunan Pengolahan

Untuk membuat profil hidrolis perlu perhitungan kehilangan tekanan pada bangunan. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air di dalam bangunan pengolahan.

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
- e. Tinggi muka air

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
- d. Jika tinggi muka air bangunan selanjutnya lebih tinggi dari tinggi muka air sumber, maka diperlukan pompa untuk menaikkan air