

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Limbah Industri Campuran Makanan Ringan Dan Sayuran

Setiap industri mempunyai karakteristik yang berbeda, sesuai dengan produk yang dihasilkan. Demikian pula dengan industri campuran makanan ringan dan sayuran mempunyai karakteristik yang berbeda, menurut Peraturan Gubernur Jateng Nomor 5 Tahun 2012 tentang baku mutu air limbah industri makanan spesifik mempunyai karakteristik dan baku mutu antara lain:

a. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Biochemical Oxygen Demand adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) dalam oksidasi biokimia bahan organik. Hasil tes BOD akan digunakan untuk:

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

(Metcalf & Eddy, 2003, halaman 81).

Pemeriksaan BOD₅ diperlukan untuk menentukan beban pencemaran terhadap air buangan domestik atau industri juga untuk mendesain sistem pengolahan limbah biologis bagi air tercemar. Penguraian zat organik adalah jika suatu badan air tercemar oleh zat organik maka bakteri akan dapat menghabiskan oksigen terlarut dalam air selama proses *biodegradable* berlangsung, sehingga dapat mengakibatkan kematian pada biota air dan keadaan pada badan air dapat menjadi anaerobik yang ditandai dengan timbulnya bau busuk.

Kandungan BOD air buangan industri industri campuran makanan ringan dan sayuran ini adalah 600 mg/L, sedangkan baku mutu BOD yang diperbolehkan adalah 50 mg/L.

b. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Chemical Oxygen Demand merupakan banyaknya oksigen dalam ppm yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan bahan organik dengan cara oksidasi menggunakan bahan kimia atau oksidator kimia yang kuat (Potassium dikromat) (Metcalf & Eddy, 2003, halaman 94).

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, halaman 94).

Kandungan COD air buangan industri industri campuran makanan ringan dan sayuran ini adalah 1200 mg/L, sedangkan baku mutu COD yang diperbolehkan adalah 100 mg/L.

c. *Total Suspended Solid (TSS)*

Limbah mengandung padatan tersuspensi berbentuk koloid dan padatan terlarut dalam air. Secara umum, 60% dari kandungan padatan tersuspensi dalam limbah dapat diendapkan, sedangkan sisanya dapat disisihkan melalui proses filtrasi/penyaringan.

Filter digunakan untuk memisahkan 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, halaman 44).

Kandungan TSS air buangan industri industri campuran makanan ringan dan sayuran ini adalah 900 mg/L, sedangkan baku mutu TSS adalah sebesar 100 mg/L.

d. Minyak dan Lemak

Oil dan *Grease* (Minyak dan lemak) sangat mirip secara kimia, mereka adalah senyawa (ester) alkohol atau gliserol (gliserin) dengan asam lemak. Gliserida dari asam lemak yang cair pada suhu biasa disebut minyak, sedangkan yang padat disebut lemak. Minyak dan lemak ada yang mengapung di atas air dan ada juga yang tenggelam menjadi lumpur. Minyak dan lemak yang melapisi permukaan cenderung mengganggu aktifitas biologis dan menyebabkan masalah pada pemeliharaan bangunan (Metcalf dan Eddy, 2003, halaman 98).

Kandungan Minyak dan Lemak air buangan industri campuran makanan ringan dan sayuran ini adalah 80 mg/l, sedangkan baku mutu minyak dan lemak adalah sebesar 2 mg/l.

e. pH (Derajat Keasaman)

Rentang pH yang cocok untuk keberadaan kehidupan biologis yang paling sesuai adalah 6-9. Air limbah dengan pH yang ekstrim sulit untuk pengolahan secara biologis dan jika tidak dilakukan penetralan pH sebelum air limbah diolah akan merubah kondisi di perairan alami (Metcalf & Eddy, 2003, halaman 57).

Standart baku mutu pH adalah 6-9. Kandungan pH air buangan industri campuran makanan ringan dan sayuran ini adalah 5.

2.2 Bangunan Pengolahan Air Buangan

Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah terdiri dari empat komponen utama, yaitu pengumpulan, pengolahan, pembuangan akhir, dan daur ulang. Tidak semua air limbah dapat digunakan kembali, maka sisanya dibuang ke badan air.

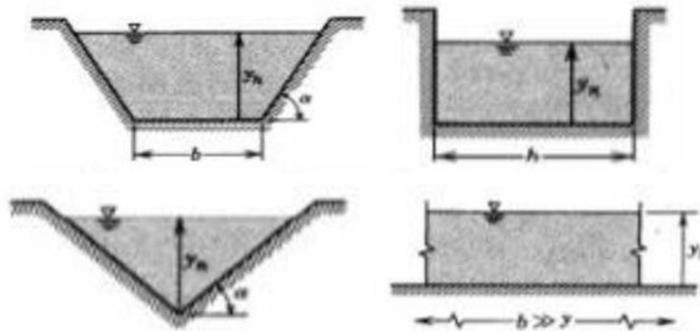
Tujuan utama pengolahan air limbah adalah untuk mengurangi bahkan menghilangkan parameter-parameter pencemar yang ada pada air limbah

sebelum dibuang ke badan air. Untuk itu diperlukan pengolahan secara bertahap agar kadar pencemar tersebut dapat berkurang dan memenuhi standar baku mutu. Berikut ini adalah bangunan pengolahan air buangan yang akan dirancang :

A. Saluran Pembawa

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

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.

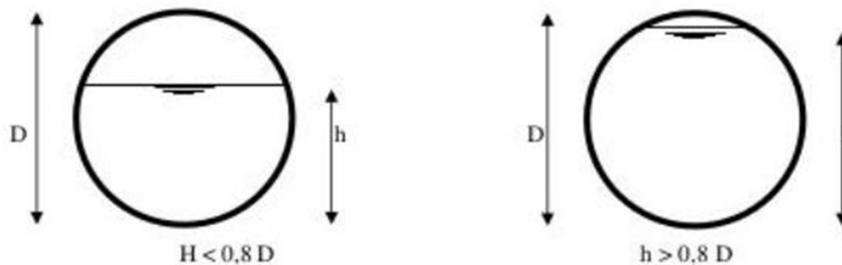


Gambar 2.1 Potongan Saluran Pembawa

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 permukaan airnya 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 Potongan Saluran Tertutup (Pipa)

Sumber: <https://www.slideshare.net/jefrymaulana7/01-hidrolika>

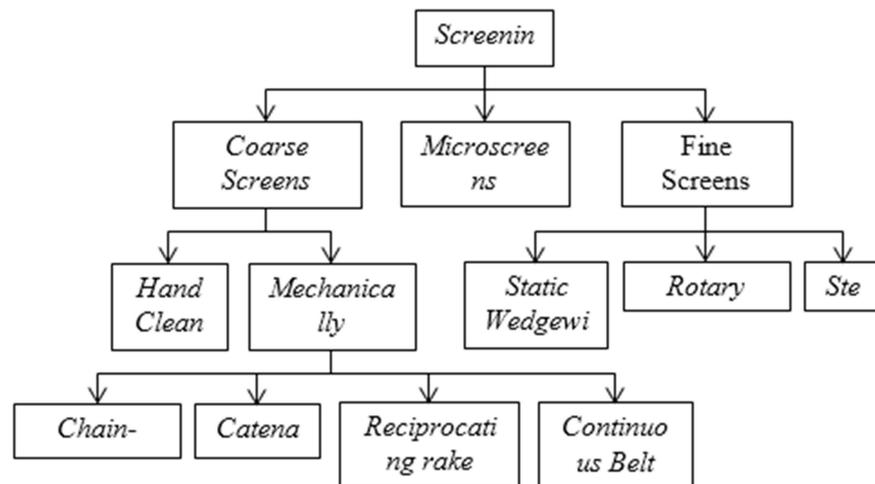
Perbedaan mendasar antara aliran pada saluran terbuka dan saluran tertutup (pipa) adalah adanya permukaan yang bebas yang (hampir selalu) berupa udara pada saluran terbuka. Jadi seandainya pada pipa yang alirannya tidak penuh sehingga masih ada rongga yang berisi udara maka sifat dan karakteristik alirannya sama dengan aliran pada saluran terbuka (Kodoatie & Sugiyanto, 2002).

Cara kerja dari unit pengolahan ini adalah, air limbah dari proses produksi dialirkan menuju bak penampung atau sumur pengumpul melalui saluran pembawa.

B. Screening (Bar Screen Type)

Penyaringan merupakan unit operasi pertama dalam pengolahan air limbah. Fungsi penyaringan ini adalah untuk menghilangkan zat padat yang kasar. Pada umumnya proses tersebut dengan jalan melewati air limbah melalui saringan kasar untuk menghilangkan benda-benda yang besar.

Bagian-bagian dari screening terdiri dari batang-batang yang dipasang secara paralel yang biasa disebut sebagai “*bar rack*” atau *screen* kasar yang digunakan untuk meremoval bahan-bahan yang kasar. Berikut merupakan bagan dari tipe-tipe *screening* :



Gambar 2.3 Jenis Screen

Sumber : Metcalf & Eddy, 2003, halaman 315

Screen ini berbentuk seperti batangan paralel yang biasa dikenal dengan “bar screen” berfungsi untuk menyaring padatan kasar yang berukuran dari 6-150 mm, seperti ranting kayu, kain, dan sampah-sampah lainnya. Adanya screen ini agar melindungi pompa, valve, saluran pipa, dan peralatan lainnya dari kerusakan atau tersumbat oleh benda-benda tersebut. Cara pembersihan barscreen terbagi menjadi dua yaitu manual dan mekanik.

Pembersihan secara manual biasanya dilakukan pada suatu industri yang kecil atau sedang. Prinsip yang digunakan bahan padat kasar dihilangkan dengan sederet bahan baja yang diletakan dan dipasang melintang arah aliran. Kecepatan arah aliran adalah 0.3-0,6 m/dt 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. Bar screen yang dibersihkan secara manual, biasanya saringan dimiringkan dengan kemiringan 30°-45° terhadap horizontal.



(A)

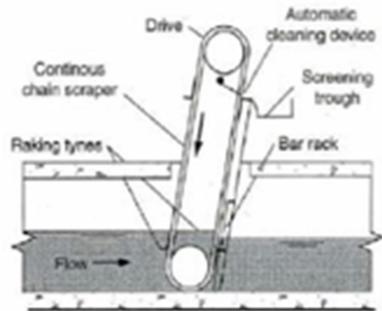


(B)

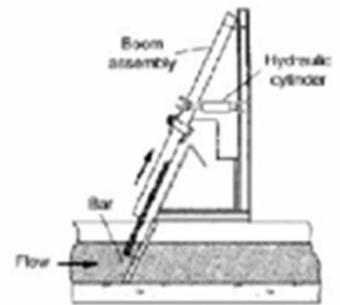
Gambar 2.4 Bar Screen Dengan Pembersihan Secara Manual (A) Dan Mekanik (B)

Bahan-bahan pembersihan secara mekanisme ini terbuat dari *stainless steel* dan plastik. Adapun tipenya adalah :

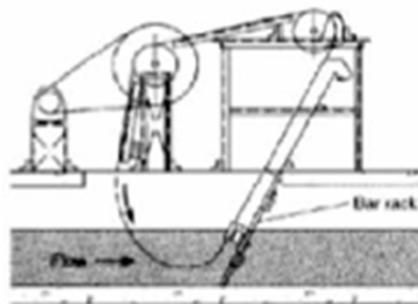
1. *Chain driven*
2. *Riciproating rake*
3. *Catenary*
4. *Continouse belt*



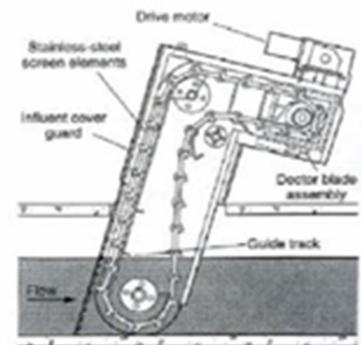
a. Chain driven screen



b. Riciproating rake scren



c. Catenary screen



d. Continouse belt screen

Gambar 2.5 Tipe Mekanisme Pembersihan

Adapun kriteria perencanaan untuk mendesain coarse screen baik dengan membersihkan secara manual maupun mekanis dapat di sajikan pada tabel 2.1. Adapun faktor bentuk screen antara lain sebagai berikut :

Tabel 2.1 Kriteria Perencanaan Saringan Kasar

Jenis Screen	Permukaan Screen			Bahan Screen	Penggunaan
	Klasifikasi Ukuran	Range Ukuran			
		Inchi	mm		
Miring (Diam)	Sedang	0,01-0,1	0,25-2,5	Ayakan kawat yang terbuat dari <i>stainless steel</i>	Pengolahan Primer
Drum (Berputar)	Kasar	0,1-0,2	2,5-5	Ayakan kawat yang terbuat dari <i>stainless steel</i>	Pengolahan Pendahuluan
	Sedang	0,01-0,1	0,25-2,5	Ayakan kawat yang terbuat dari <i>stainless steel</i>	Pengolahan Primer
	Halus		$6 \times 10^{-3} - 35 \times 10^{-3}$	<i>Stainless steel</i> dan kain <i>polyester</i>	Menyisihkan residual dari <i>suspended solid sekunder</i>
<i>Horizontal Reciprocating</i>	Sedang	0,06-0,17	1,6-4	Batangan <i>stainless steel</i>	Gabungan dengan saluran air hujan
<i>Tangential</i>	Halus	0,0475	1,2	Jala-jala yang terbuat dari <i>stainless steel</i>	Gabungan dengan saluran air hujan

Sumber : (Metcalf & Eddy, 2003)

Tabel 2.2 Faktor Bentuk Screen

Jenis Bar	Faktor Bentuk Screen (β)	Bentuk
Segi empat dengan sisi runcing	2,42	
Segi empat dengan sisi bulat runcing	1,83	
Segi empat dengan sisi bulat	1,67	
Bulat	1,79	

Sumber : Qasim, 1985

C. Bak Penampung

Bak penampung di desain untuk menyamakan aliran, konsentrasi atau keduanya. Debit atau aliran dan konsentrasi limbah yang fluktuatif akan disamakan debit dan konsentrasinya dalam bak penampung, sehingga dapat memberikan kondisi yang optimum pada pengolahan selanjutnya (Metcalf & Eddy, 2003, halaman 333).



Gambar 2.6 Bak Penampung

Sumber : <http://k6tiumb.blogspot.com/2009/12/equalisasi-pada-pengolahanlimbah-cair.html>

D. Flotasi

Flotasi adalah satuan operasi untuk memisahkan fasa cair atau fasa padat dari fasa cair (Rich,1974). Prinsip pemisahan berdasarkan perbedaan density material dengan cairan. Bila density partikel lebih kecil dari cairannya maka partikel akan terflotasi secara spontan. Partikel padat atau cairan yang density-nya lebih besar dari cairannya dipisahkan dengan bantuan gelembung udara. Gelembung udara dihasilkan dengan cara mendispersikan udara kedalam cairan. Gelembung yang terbentuk akan naik dan dalam perjalanan keatas akan berkontak dengan partikel padat kemudian melekat akibat gaya adhesi dan membentuk gumpalan (Montgomery, 1985).

Gumpalan udara dan partikel padat mempunyai density yang rendah sehingga gumpalan akan mengambang ke permukaan cairan ; seperti minyak, lemak dan bahan-bahan apung lainnya yang terdapat dalam air limbah dengan mekanisme pengapungan. Partikel-partikel yang ringan tersebut dapat dipisahkan secara sempurna dan dalam waktu yang lebih pendek (Metcalf & Eddy, 1979).

Mekanisme kontak gelembung gas dan partikel (Vrablik, 1959; Rich, 1974) :

a. Pengapungan

Gelembung gas akan naik ke atas dan tertangkap oleh struktur material flokulen. Ikatan yang terjadi antara gelembung gas dan partikel hanyalah penangkapan secara fisik.

b. Penyerapan

Mekanisme ini terjadi karena penyerapan gelembung gas kedalam struktur flokulen padat tersuspensi sehingga membentuk flokulen baru.

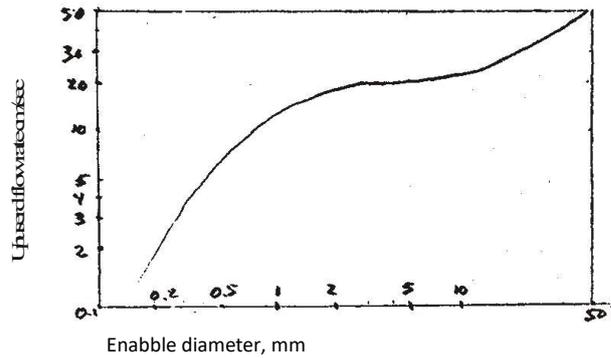
c. Pelekatan

Pelekatan terjadi karena adanya gaya tarik antara molekuler yang dipergunakan pada suatu permukaan antara dua fasa dan mengakibatkan tegangan permukaan.

Ada empat metoda flotasi (Gaudin, 1957; Rich, 1974; Degremont, 1979), yaitu :

- a. *Spontaneous Flotation* : Flotasi spontan akan terjadi bila massa jenis dari partikel lebih kecil dari massa jenis air. Cara ini biasa dipergunakan untuk pemisahan minyak dari proses refinery.
- b. *Dispersed Air Flotation (DAF)* : Pada system dispersed air flotation, gelembung udara terbentuk karena adanya tekanan udara yang masuk kecairan melalui diffuser atau impeller berputar. Ukuran gelembung udara yang dihasilkan biasanya begitu besar (1000 micron).
- c. *Vacuum Flotasi (VF)* : Melibatkan pelarutan udara di dalam air buangan pada tekanan 1 atm, kemudian divacuumkan dengan tekanan yang lebih rendah maka akan menurunkan kelarutan udara dalam air, udara akan keluar dari larutan dalam bentuk gelembung yang halus.
- d. *Dissolved Air Flotation* : Pada system (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 sangat halus (30-120 mikron).

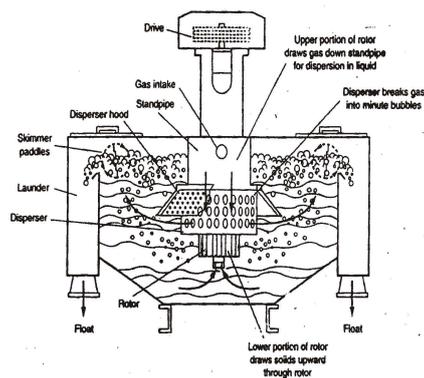
Ukuran gelembung udara sangat menentukan dalam proses flotasi, makin besar ukuran gelembung udara, kecepatan naiknya juga makin besar, sehingga kontak antara gelembung udara dengan partikel tidak berjalan dengan baik. Dengan demikian proses flotasi menjadi tidak efektif. Hubungan antara ukuran dan kecepatan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



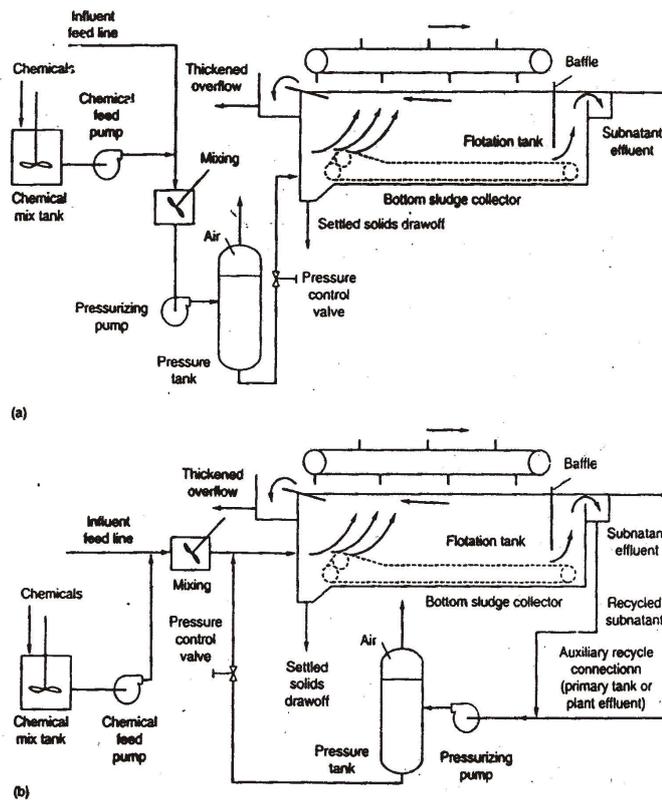
Gambar 2.7 Grafik Hub. Antara Ukuran Gelembung Udara Terhadap Kec. Naik Ke Permukaan (Degremond, 1979)

Aplikasi dari sistim Dissolved Air Flotation di Industri menurut Baum dan Hurst, 1953 adalah :

- Pemisahan partikel tersuspensi sebagai pengganti sedimentasi.
- Pemisahan partikel koloidal, sebagai pengganti filtrasi.
- Pengolahan tingkat pertama, untuk meringankan beban system filtrasi.
- Pemisahan minyak dan lemak, memberikan efisiensi pemisahan yang tinggi untuk emulsi dan fraksi yang terdispersi.
- Pengolahan tingkat pertama dari operasi pengolahan lumpur aktif.



Gambar 2.8 Dispersed Air Flotation Unit



Gambar 2.9 Dissolved Air Flotation Unit

Rumus yang digunakan

- Operasi tanpa resirkulasi

$$\frac{A}{S} = \frac{1,3 Sa (fP - 1)}{Sa} \tag{2.1}$$

- Operasi dengan Resirkulasi

$$A/S = \frac{1,3.Sa.(fp - 1).R}{Q.Xo} \tag{2.2}$$

Dengan :

A/S = Perbandingan udara dengan padatan, 0,005-0,06 (mL udara/mg padatan)

Sa = Kelarutan udara (mL/L)

Temp., ° C	0	10	20	30
Sa, mL/L	29,2	22,8	18,7	15,7

f = Fraksi udara terlarut pada tekanan P, biasanya 0,5-0,8

P = Tekanan (atm)

Q = Debit Aliran (m³/hr)

- Tekanan pada atm

$$P = \frac{P + 101,35}{101,35} \quad (2.3)$$

Dengan :

P = Gage pressure, lb/in² gage, 275-350 (kPa)

$$\frac{p + 14,7}{14,7} = (\text{U.S. customary units})$$

$$\frac{p + 101,35}{101,3} = (\text{SI units})$$

(Metcalf and Eddy, 1991, hal 426)

- Debit total (Qtot)

$$Q_{tot} = Q_{flot} + R \quad (2.4)$$

Dengan :

Q = debit (m³/hari)

R = debit recycle (m³/hari)

- Prosen recycle

$$\% R = R/Q \times 100\%$$

1. Luas permukaan (A)

$$A = \frac{Q_{tot} \text{ (lt/hr)}}{\text{SLR} \cdot (60 \text{ met/jam}) \cdot (24 \text{ jam/hari)}} \quad (2.5)$$

Dengan :

SLR = Surface Loading Rate, 8-160 l/m² menit

(Sumber: Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering Treatment, Disposal, and Reuse, McGraw-Hill, Inc, 1991, hal 426)

a. Volume bak (V)

$$V = Q_{tot} \cdot t_d \quad (2.6)$$

Dengan :

t_d = Waktu detensi, 20-30 menit

b. Dimensi bak

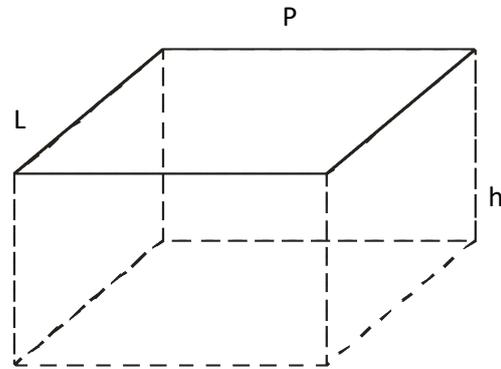
$$\text{Volume} = P \cdot L \cdot h$$

Dengan :

P = Panjang (m)

L = Lebar (m)

h = Kedalaman (m)



2. Minyak & Lemak teremoval

= Influent x % Removal

% Removal di Bak Flotasi = 80% - 90%

(Sumber :Metcalf & Eddy,1979,hal 420)

Effluent Minyak dan Lemak dari Bak Flotasi

= Influent – Minyak & Lemak teremoval

Total minyak dihilangkan

$$\sum m = (\text{influent} - \text{effluent}) \times Q$$

3. Bak Pengumpul Minyak

a. Debit minyak (Q_{mi})

$$Q_{mi} = \frac{\text{Beratminyak}}{\rho \text{ minyak}} \quad (2.7)$$

Dengan :

ρ = Densitas Minyak(kg/m^3) = 0,8 kg/lt

b. Volume minyak (V_{mi})

$$V_{mi} = Q_{mi} \cdot t_d$$

c. Dimensi bak

$$\text{Panjang bak (P)} = \frac{V_{old}}{L \cdot h}$$

Dengan :

L = Lebar bak flotasi (m)

H = Kedalaman, direncanakan (m)

4. Debit keluar

$$Q_{out} = Q_{in} - Q_{mi}$$

E. Netralisasi

Air buangan industri dapat bersifat asam atau basa/alkali, maka sebelum diteruskan 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 CO₂ dan bereaksi dengan kaustik dan bahan asam (W. Wesley Eckenfelder, 2000, halaman 75).

Memang terdapat beberapa netralisan yang dapat digunakan sebagai senyawa untuk proses netralisasi pada bangunan netralisasi, akan tetapi dalam menentukan senyawa netralisan yang tepat perlu mempertimbangkan beberapa hal, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Kecepatan Reaksi.
2. Kemungkinan pembentukan *sludge* dan proses pembuangannya.
3. Keamanan dalam proses penambahan senyawa kimia serta keamanan dalam proses penyimpanan senyawa kimia tersebut.
4. Kebutuhan dana yang mencakup kebutuhan senyawa kimia, proses pembubuhan dan peralatan yang dibutuhkan.
5. Kemungkinan terjadinya reaksi samping, seperti terbentuknya garam (termasuk garam-garam terlarut), terbentuknya *scaling*, dan terjadinya peningkatan suhu dalam proses reaksi.
6. Kemungkinan dampak apabila terjadi kelebihan pembubuhan senyawa kimia.

(W. Wesley Eckenfelder, 2000, halaman 81)

Adapun agen netralisan yang biasa digunakan untuk proses netralisasi limbah industri secara umum beserta klasifikasinya adalah sebagai berikut:

a. Senyawa basa:

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

b. Senyawa asam:

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

(W. Wesley Eckenfelder, 2000, halaman 82)

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 konstanta K_T dan K_L untuk Tangki Bersekat :

Tabel 2.3 Konstanta K_T dan K_L untuk Tangki Bersekat

Jenis Impeller	K_L	K_T
<i>Propeller, Pitch of 1, 3 blades</i>	41	0,32
<i>Propeller, Pitch of 2, 3 blades</i>	43,5	1
<i>Turbine, 4 flat blades, vaned disc</i>	60	5,31
<i>Turbine, 4 flat blades, vaned disc</i>	65	5,75
<i>Turbine, 6 curved blades</i>	70	4,8
<i>Fan Turbine, 6 blades at 45°</i>	70	1,65
<i>Shrouded Turbine, 6 curved blades</i>	97,5	1,08
<i>Shrouded Turbine, with stator, no baffles</i>	172,5	1,12
<i>Flat Paddles, 2 blades (Single Paddle), $D_1/W_1 = 4$</i>	43	2,25
<i>Flat Paddles, 2 blades, $D_1/W_1 = 6$</i>	36,5	1,7
<i>Flat Paddles, 2 blades, $D_1/W_1 = 8$</i>	33	1,15

<i>Flat Paddles, 4 blades, $D_1/W_1 = 6$</i>	49	2,75
<i>Flat Paddles, 6 blades, $D_1/W_1 = 8$</i>	71	3,82

Sumber: Reynolds, 1996, halaman 188

Berikut ini adalah tabel kriteria *impeller* :

Tabel 2.4 Kriteria *Impeller*

Tipe Impeller	Kecepatan 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
Proppeller	400 – 1750 rpm	Diameter = Max. 45 cm

Sumber: Reynolds, 1996, halaman 184 dan 185

Tabel 2.5 Nilai Gradien Kecepatan dan Waktu Pengadukan

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

Sumber: Reynolds, 1996, halaman 184

F. Bak Ekualisasi (*Equalization*)

Tujuan proses ekualisasi adalah untuk meminimkan atau mengontrol fluktuasi dari karakteristik air limbah yang diolah agar memberikan kondisi optimum pada proses pengolahan selanjutnya. Ukuran dan tipe bak ekualisasi tergantung pada kuantitas limbah dan perubahan aliran limbah. Bak ekualisasi harus berukuran cukup untuk mengurangi fluktuasi limbah

yang disebabkan oleh perubahan program rencana produksi dan untuk mengurangi konsentrasi secara periodik pada bak penampung atau saluran.

Tujuan proses ekualisasi untuk mengolah limbah industri adalah:

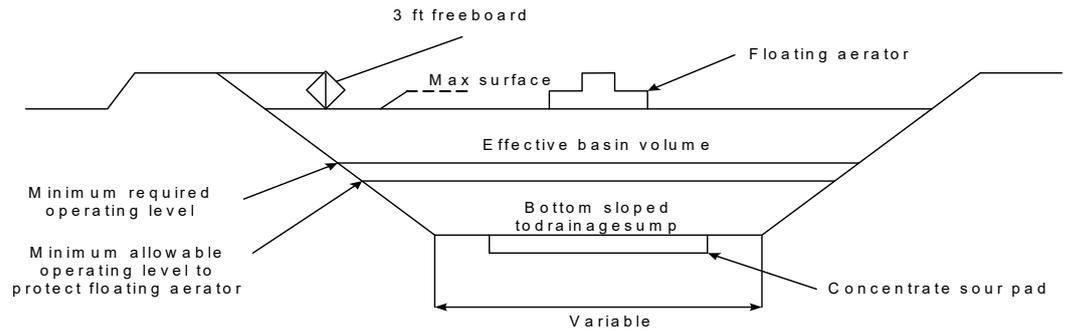
- a. Mengurangi fluktuasi bahan organik yang diolah untuk mencegah *shock loading* pada proses biologis
- b. Mengontrol pH atau meminimumkan kebutuhan bahan kimia yang diisyaratkan untuk proses netralisasi
- c. Meminimumkan aliran pada proses pengolahan fisik-kimia dan mengetahui rata-rata kebutuhan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

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 (Reynold, 1996). Metode yang digunakan pada proses pencampuran antara lain:

- a *Distribution of inlet flow and baffle*
- b *Turbine mixing*
- c *Diffused Air Aeration*
- d *Mechanical Aeration*

Power yang dibutuhkan apabila menggunakan *surface aerator* sebesar 0,02-0,04 hp/ 10³ gal (0.004-0.008 Kw/ m³). Udara yang dibutuhkan untuk diffuser air aerator sebesar 0.01-0,015 m³/m³.min (1.25-2.0 ft³ udara/gal.min).

Bak ekualisasi di desain untuk menyamakan aliran, konsentrasi atau keduanya. Debit atau aliran dan konsentrasi limbah yang fluktuatif akan disamakan debit dan konsentrasinya dalam bak ekualisasi, sehingga dapat memberikan kondisi yang optimum pada pengolahan selanjutnya (Metcalf & Eddy, 2003).



Gambar 2.10 Potongan Memanjang Bak Ekualisasi

G. Clarifier

Bangunan ini 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 di bawah 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).

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 performa *clarifier*, yaitu:

- a. Konsentrasi MLSS yang masuk ke *clarifier*
- b. Debit air limbah
- c. Debit resirkulasi *system activated sludge*
- d. Luas permukaan *clarifier*, dan
- e. Kemampuan mengendap lumpur.

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

H. 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.

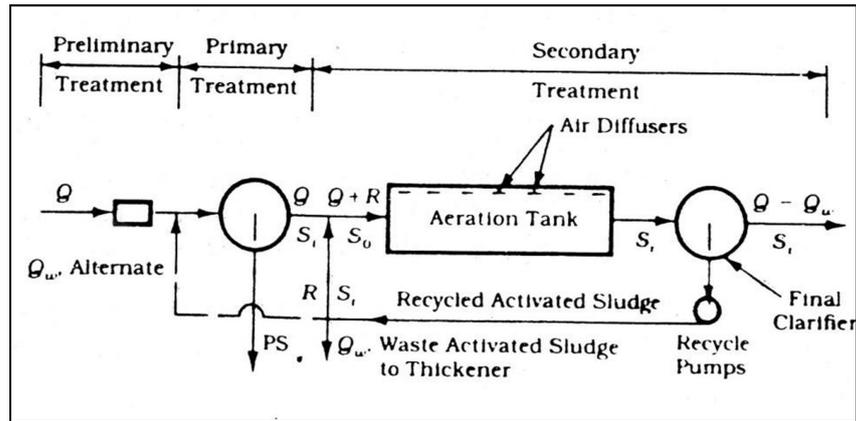
Modifikasi proses pada lumpur aktif sistem dapat dilakukan dengan:

- a. Merubah konfigurasi sistem inlet.
- b. Merubah konfigurasi parameter utama seperti F/M ratio, rasio resirkulasi, umur lumpur dan lain-lain.
- c. Merubah dengan oksigen murni dan lain-lain.

Tipe-tipe hasil modifikasi dan apa yang membedakannya, adalah sebagai berikut:

a. Konvensional

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

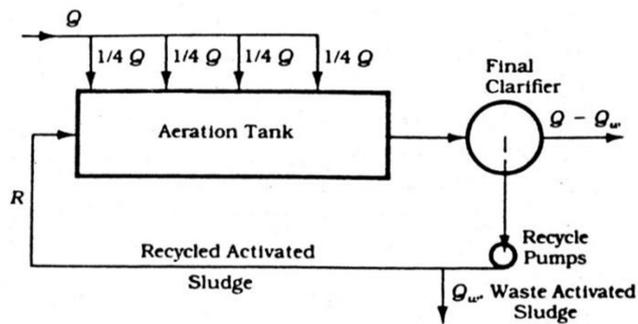


Gambar 2.11 Activated Sludge Dengan Sistem Konvensional

b. Non – konvensional

➤ *Step Aeration*

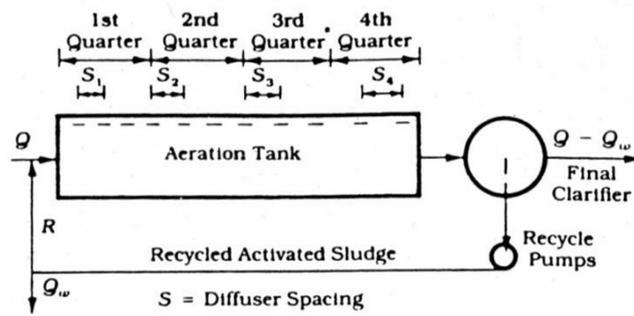
Merupakan tipe *plug flow* dengan perbandingan F/M atau substrat dan mikroorganisme menurun menuju *outlet*. *Inlet* air buangan masuk melalui 3-4 titik di tangki aerasi dengan maksud untuk menetralkan rasio substrat dan mikroorganisme dan mengurangi tingginya kebutuhan oksigen di titik yang paling awal. Keuntungannya mempunyai waktu detensi yang lebih pendek.



Gambar 2.12 Step Aeration

➤ *Tapered Aeration*

Hampir sama dengan step aerasi, tetapi injeksi udara titik awal lebih tinggi.

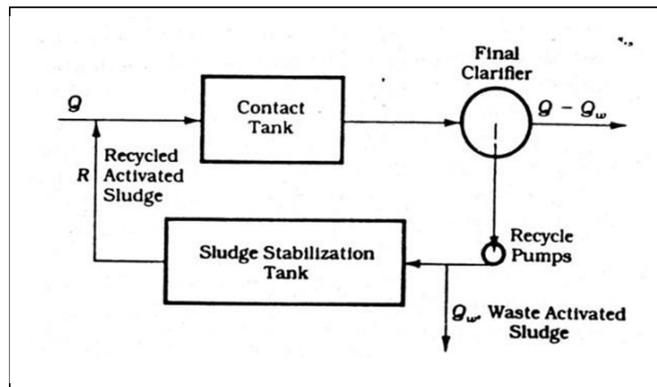


Gambar 2.13 Tapered Aeration

➤ *Contact Stabilization*

Pada sistem ini terdapat 2 tangki yaitu:

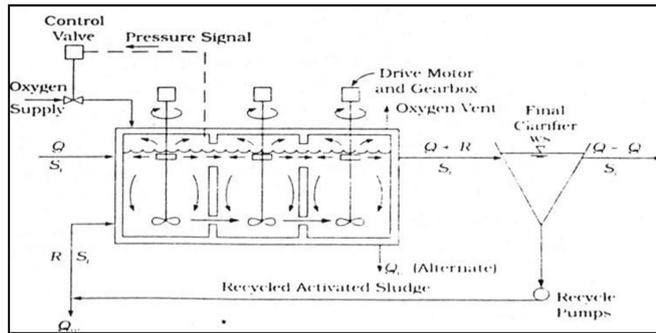
- *Contact tank* yang berfungsi untuk mengabsorb bahan organik untuk memproses lumpur aktif.
- *Reaeration tank* yang berfungsi untuk mengosidasi bahan orgganik yang mengabsorb (proses stabilisasi).



Gambar 2.14 Contact Stabilization

➤ *Pure Oxygen*

Oksigen murni diinjeksikan ke tangki aerasi dan diresirkulasi. Keuntungannya adalah mempunyai perbandingan substrat dan mikroorganisme serta *volumetric loading* tinggi dan *td* pendek.



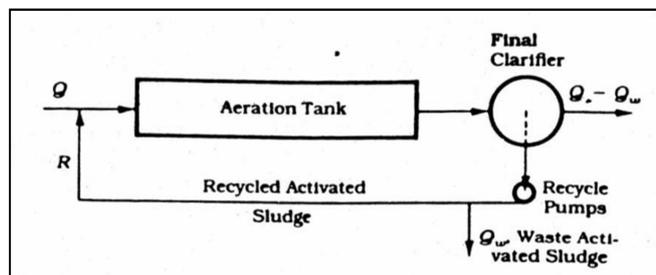
Gambar 2.15 Pure Oxygen

➤ *High Rate Aeration*

Kondisi ini tercapai dengan meningkatkan harga rasio resirkulasi, atau debit air yang dikembalikan dibesarkan 1-5 kali. Dengan cara ini maka akan diperoleh jumlah mikroorganisme yang lebih besar.

➤ *Extended Aeration*

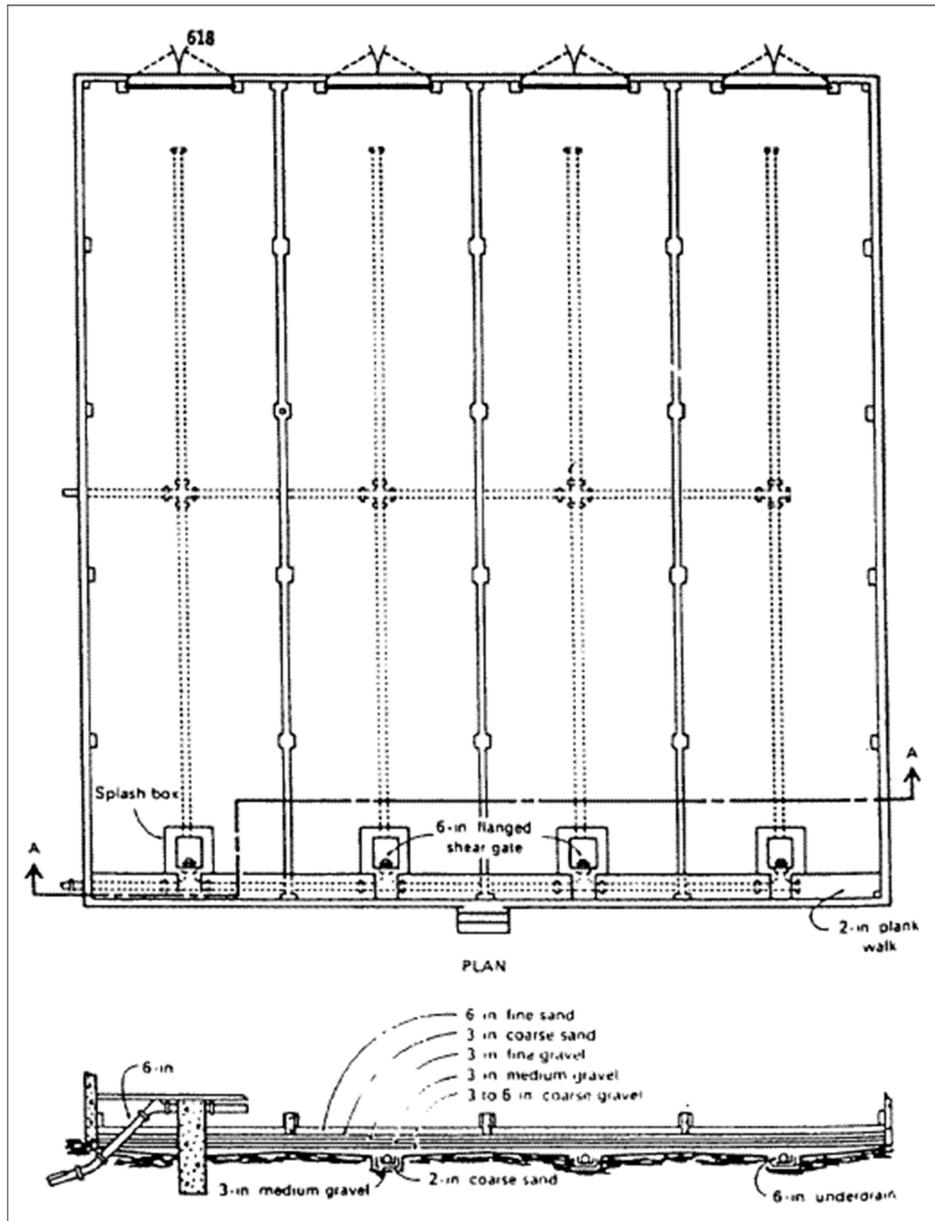
Pada sistem ini reaktor mempunyai umur lumpur dan time detention (td) lebih lama, sehingga lumpur yang dibuang atau dihasilkan akan lebih sedikit.



Gambar 2.16 Extended Aeration

I. Sludge Drying Bed

Sludge drying bed merupakan suatu bak yang dipakai untuk mengeringkan lumpur hasil pengolahan. Bak ini berbentuk persegi panjang yang terdiri dari lapisan pasir dan kerikil serta pipa drain untuk mengalirkan air dari lumpur yang dikeringkan. Waktu pengeringan paling cepat 10 hari dengan bantuan sinar matahari.



Gambar 2.17 Sludge Drying Bed

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003, halaman 157

2.3 Persen Penyisihan

Berikut ini adalah pesen penyisihan pada setiap unit bangunan pengolahan air limbah :

Tabel 2.6 Persen Removal Unit Pengolahan Air Limbah

Unit Pengolahan	Parameter & % Removal	Sumber
Saluran Pembawa	-	- <i>Chow, Ven Te. 1959. Open Channel Hydraulic. New York, USA: Mc. Graw-Hill Book company, Inc.</i> - <i>EPA – Storm Water Management Model User’s Manual Version 5.0</i>
<i>I. Pre-Treatment</i>		
<i>Screening menggunakan bar screen manual berbentuk rectangular</i>	-	<i>Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment & Reuse, Fourth Edition, hal 316</i>
Bak Penampung	-	-
<i>II. Primary Treatment</i>		
Netralisasi	- Injeksi NaOH	<i>W. Wesley Eckenfelder, Jr, Industrial Water Pollution Control, 3rd edition, 2000, halaman 75</i>
<i>Flotasi/Dissolved Air Flotation</i>	- TSS 50 – 85 % - Minyak dan Lemak 98 %	<i>Vincent Cavaseno, Industrial Wastewater and Solid Waste Engineering</i>

		<i>page 15</i>
Bak Ekualisasi	-	-
<i>III. Secondary Treatment</i>		
<i>Activated Sludge</i>	- BOD 80 - 99% - COD 50 - 95 %	<i>Vincent Cavaseno, Industrial Wastewater and Solid Waste Engineering page 15</i>
<i>Clarifier</i>	- Biomassa+MLSS 50 - 70%	- <i>Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Reuse, 4th edition, 2003, halaman 396</i>
<i>IV. Pengolahan Lumpur</i>		
<i>Sludge Drying Bed</i>	-	Nusa Idaman Said, Teknologi Pengolahan Air Limbah, Hal. 199

Sumber : Hasil Pencarian

2.4 Profil Hidrolis

A. Kehilangan Tekanan Pada Bangunan

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

B. Kehilangan Tekanan Pada Perpipaian dan Aksesoris

Kehilangan tekanan pada saluran terbuka berbeda dengan cara menghitung saluran tertutup. Berikut ini adalah cara menghitung saluran terbuka dan saluran tertutup:

- a. Kehilangan tekanan pada perpipaan
Cara yang mudah dengan *monogram* “Hazen William” Q atau V diketahui maka S didapat dari *monogram*.
- b. Kehilangan tekanan pada aksesoris
Cara yang mudah adalah dengan mengekivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, disini juga digunakan *monogram* untuk mencari panjang ekivalen sekaligus S.
- c. Kehilangan tekanan pada pompa
Bisa dihitung dengan rumus, grafik karakteristik pompa serta dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis pompa, cara pemasangan dan sebagainya.
- d. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok
Cara perhitungan juga dengan bantuan *monogram*.

C. 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. Tambahkan 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 .

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

D. Pompa

Pemompaan digunakan untuk mengalirkan air limbah ke unit pengolahan selanjutnya. Untuk mengetahui macam-macam karakteristik pompa bisa dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.7 Jenis-Jenis Spesifikasi Pompa

Klasifikasi Utama	Tipe Pompa	Keterangan Pompa
Kinetik	<i>Centrifugal</i>	Air limbah sebelum diolah, penggunaan lumpur kedua, dan pembuangan effluent
	<i>Peripheral</i>	Limbah logam, pasir lumpur, dan air limbah kasar
	<i>Rotor</i>	Minyak, pembuangan gas, permasalahan zat-zat kimia pengaliran lambat untuk air dan air buangan
Posite Displacement	<i>Screw</i>	Pasir, pengolahan lumpur pertama dan kedua, air limbah pertama, dan lumpur kasar
	Diafragma Penghisap	Permasalahan zat kimia, limbah logam, pengolahan lumpur pertama dan kedua (permasalahan kimia)
	<i>Air Lift</i>	Pasir, sirkulasi, dan pembuangan lumpur kedua
	<i>Pneumatic Ejektor</i>	Instalasi pengolahan air limbah skala kecil

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003, halaman 1469 – 1470