

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Limbah Cair Industri Minyak Goreng

Setiap industri mempunyai karakteristik yang berbeda, sesuai dengan produk yang dihasilkan. Karakteristik meliputi sifat-sifat fisika, kimia dan biologi. Sifat-sifat tersebut dapat dipahami dengan mempelajari konsentrasinya dan sejauh maningkat pencemaran yang dapat ditimbulkan limbah terhadap lingkungan. Pemahaman tentang karakteristik dapat diketahui melalui pengambilan sampel pada limbah cair. Berikut karakteristik limbah cair (Alaerts dan Santika, 1987)

A. BOD (Biological Oxygen Demand)

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah banyaknya oksigen yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri aerobik melalui proses biologis (*biological oxidation*) secara dekomposisi aerobik. *Biological Oxygen Demand* (BOD) merupakan salah satu empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses mikrobiologis yang benar-benar terjadi di dalam air. Angka BOD menggambarkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasi) hampir semua senyawa organik yang terlarut dan yang sebagian tersuspensi di dalam air. (Alaerth dan Santika, 1987).

Kandungan BOD air buangan Industri Minyak Goreng ini adalah 4500 mg/l, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan BOD yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 75 mg/l.

B. COD (Chemical Oxygen Demand)

Chemical Oxygen Demand atau kebutuhan oksigen kimiawi adalah jumlah kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk mekoksodasi zat-zat

organik. Angka COD merupakan ukuran bagi beban pencemar air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya kondisi oksigen didalam air (Alaerth dan Santika, 1987).

Kandungan COD air buangan Industri Minyak Goreng ini adalah 8000 mg/l, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan COD yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 150 mg/l.

C. TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen, misalnya tanah liat, bahan-bahan organik tertentu, sel-sel mikroorganisme, dan sebagainya. Sebagai contoh, air permukaan mengandung tanah liat dalam bentuk suspensi yang dapat tahan sampai berbulan-bulan, kecuali jika keseimbangannya terganggu oleh zat-zat lain, sehingga mengakibatkan terjadinya penggumpalan yang kemudian diikuti dengan pengendapan (Fardiaz, 1992)

Standart Baku Mutu TSS yang diijinkan adalah 60 mg/l. TSS yang dihasilkan pada Industri Minyak Goreng ini adalah sebesar 2700 mg/l.

D. pH (Derajatkeasaman)

Konsentrasi ion hidrogen atau yang biasa disebut derajat keasaman (pH) merupakan parameter yang penting baik untuk air maupun air limbah. pH memiliki definisi logaritma negatif pada konsentrasi ion hidrogen.

$$\text{pH} = - \log_{10} [\text{H}^+]$$

Rentang pH yang cocok untuk keberadaan kehidupan biologis yang paling sesuai adalah 6-9. Air limbah dengan pH yang ekstrim sulit untuk

pengolahan secara biologis dan jika tidak dilakukan penetralan pH sebelum air limbah diolah akan menubah kondisi di perairan alami. (Metcalf-Eddy, "Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 57)

pH air buangan Industri Minyak Goreng ini adalah 4, sedangkan baku mutu yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah dalam batas 6-9. (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014).



Gambar 2.1 pH meter dan kertas pH

E.Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak yang mencemari air sering dimasukan ke dalam kelompok padatan, yaitu padatan yang mengapung di atas permukaan air. Minyak dan lemak merupakan bahan organik bersifat tetap dan sukar diuraikan oleh bakteri. Karena berat jenisnya lebih kecil dari pada air maka minyak tersebut membentuk lapisan tipis di permukaan air dan menutup permukaan yang mengakibatkan terbatasnya oksigen masuk ke dalam air.

Kandungan Minyak dan Lemak air buangan Industri Minyak Goreng ini adalah 2500 mg/l, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan Minyak dan Lemak yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 5 mg/l.

F. Amonia Total

Amoniak NH_3 berasal dari oksidasi zat organis secara mikrobiologis yang berasal dari air buangan industri dan penduduk. Kadar amoniak tinggi selalu menunjukkan pencemaran. Rasa dan bau amoniak kurang sehingga kadar amoniak harus rendah. Nitrogen organis (N total) adalah jumlah N organis dan N amoniak bebas. Analisa N organis umumnya hanya dilaksanakan pada sampel air yang diduga mengandung zat organis. Jika dikalikan faktor konversi nilai N total bisa dinyatakan sebagai kandungan protein zat organik (Wagiman, 2014).

Secara fisik cairan amonia mirip dengan air dimana bergabung sangat kuat melalui ikatan hydrogen. Tetapan elektriknya (-22 pada -34°C ; kira-kira 81 untuk H_2O pada 25°C) cukup tinggi untuk membuatnya sebagai pelarut pengion yang baik. NH_3 dibentuk dengan pemberian basa pada suatu garam amoniak. Pada bentuk cairan amonia terdapat dalam dua bentuk yaitu amonia bebas atau tidak terionisasi (NH_3) dan dalam bentuk ion amonium (NH_4^+). Sifat-sifat Amoniak antara lain (Hidayah, 2012) :

1. Amonia adalah gas yang tidak berwarna dan baunya sangat merangsang sehingga gas ini mudah dikenal melalui baunya.
2. Sangat mudah larut dalam air, yaitu pada keadaan standar, 1 liter air terlarut 1180 liter amonia.
3. Merupakan gas yang mudah mencair, amonia cair membeku pada suhu -78°C dan mendidih pada suhu -33°C, memiliki tekanan uap : 400 mmHg (-45,4°C), Kelarutan dalam air : 31 g/100g (25°C), memiliki berat jenis : 0.682 (-33,4°C), berat jenis uap : 0.6 (udara=1), suhu kritis : 133°C
4. Amoniak bersifat korosif pada tembaga dan timah.

Adanya ammonia di perairan dapat menjadi indikasi terjadinya kontaminasi oleh pemupukan yang berasal dari material organik. Nitrogen tinggi juga berasal dari pertanian. Konsentrasi Nitrogen dalam bentuk nitrat secara bertahap dapat meningkat di beberapa mata air di areal pertanian. Bila

air tersebut dikonsumsi oleh masyarakat untuk mandi, cuci dan kakus dapat menimbulkan dampak negatif pada kesehatan masyarakat (Dewi, 2013).

Kandungan amonia total air buangan Industri Minyak Goreng ini adalah 50 mg/l, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan Minyak dan Lemak yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 2 mg/l.

G. Nitrogen Total

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

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

Dalam limbah, nitrogen dapat berada dalam bentuk amoniak tereduksi sampai senyawa nitrat teroksidasi. Konsentrasi tinggi dari berbagai bentuk

nitrogen beracun terhadap flora dan fauna tertentu. Amoniak merupakan bagian dari nitrogen total yang berasal dari oksidasi zat organik secara mikrobiologis yang berasal dari air buangan industri dan penduduk. Kadar amoniak yang tinggi selalu menunjukkan pencemaran. Amonia menyebabkan perubahan jaringan pada sistem pernafasan dan meningkatkan infeksi mikoplasma dan menurunkan pertumbuhan. Selain itu, amonia dalam tanah akan dikonversikan ke dalam nitrat oleh bakteri nitrat, sehingga mengakibatkan pH air tanah turun dan tingginya kadar nitrat dalam air minum.

Kandungan nitrogen total air buangan Industri Minyak Goreng ini adalah 50 mg/l, sedangkan baku mutu yang mengatur besar kandungan Minyak dan Lemak yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 0,1 mg/l.

2.2 Bangunan Pengolahan Air Buangan Industri Minyak Goreng

Bangunan pengolahan air buangan mempunyai kelompok tingkat pengolahan, pengolahan air buangan dibedakan sebagai berikut.

2.2.1 Pengolahan Pendahuluan

Proses pengolahan ini merupakan proses pada awal pengolahanyang dilakukan untuk membersihkan dan menghilangkan sampah terapung dari pasir agar mempercepat proses pengolahan selanjutnya. Unit pengolahan ini meliputi :

a. Screen

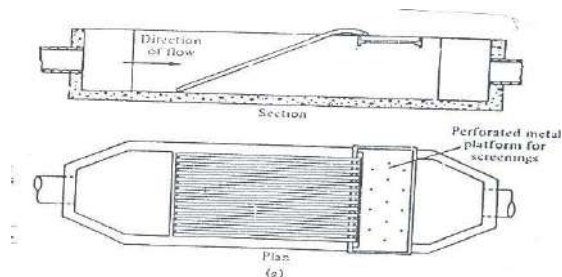
Screen biasanya merupakan tahap awal proses pengolahan air limbah. Proses ini bertujuan untuk memisahkan potongan-potongan kayu, plastik dan sebagainya. Screen biasanya terdiri dari batang paralel, kawat atau *grating*, *perforated plate* dan umumnya memiliki bukaan yang berbentuk bulat atau persegi empat. Secara umum peralatan screen terbagi menjadi dua tipe yaitu Screen Kasar (*Course Screen*) dan Screen Halus

(*Fine Screen*). Dan ada dua cara pembersihannya yaitu secara manual dan mekanis.

Prinsip yang digunakan bahan padat kasar dihilangkan dengan sederet bahan baja yang diletakan dan dipasang melintang arah aliran.

Screen berfungsi untuk :

- Menyaring benda padat dan kasar yang ikut terbawa atau hanyut dalam air buangan supaya benda-benda tersebut tidak mengganggu aliran idalam saluran dan tidak mengganggu proses pengolahan air buangan.
- Mencegah timbulnya kerusakan dan penyumbatan dalam saluran pembawa.
- Melindungi peralatan seperti pompa, valve dan peralatan lainnya.







Gambar 2.2 *Screening*

Tabel 2.1 Kriteria Pembagian *Screen*

Bagian-bagian	Manual	Mekanikal
1. Ukuran kisi		
- Lebar	05 – 15 mm	05 – 15 mm
- Dalam	25 – 75 mm	25 – 75 mm
2. Jarak antar kisi	25 – 50 mm	15 – 75 mm
3. Sloop	30 ⁰ - 40 ⁰	0 ⁰ - 30 ⁰
4. Kecepatan melalui bar	0,3 – 0,6 m/det	0,6 – 1,0 m/det
5. Head Loss	150 mm	150 mm

(Sumber : Met Calf and Eddy, “ Waste Water Engineering Trethment DisposalReuse” hal 314)

Tabel 2.2 Faktor bentuk

Jenis Bar	β	Bentuk
- Segi empat sisi runcing	2,42	
- Segi empat sisi bulat runcing	1,83	
- Segi empat sisi bulat	1,67	
- Bulat	1,79	

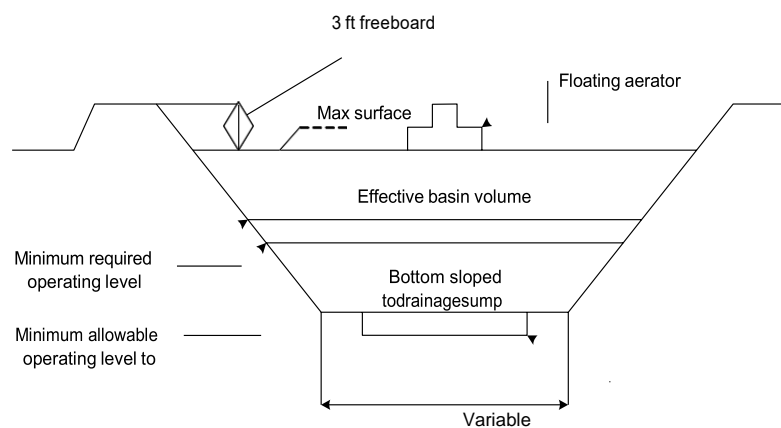
(Sumber : Metcalf and Eddy, 1979 hal 186)

2.2.2 Pengolahan Pertama (Primary Treatment)

Pada tingkat ini umumnya mampu mereduksi BOD antara 25 – 30% dan mereduksi TSS 50 – 60 %. Pada proses ini terjadi proses fisik dengan unit pengolahan meliputi:

2.2.2.1 Bak Ekualisasi

Berfungsi untuk mengendapkan butiran kasar dan merupakan unit penyeimbang, sehingga debit dan kualitas air buangan yang masuk ke instalasi pengolahan dalam keadaan seimbang dan tidak berfluktuasi.

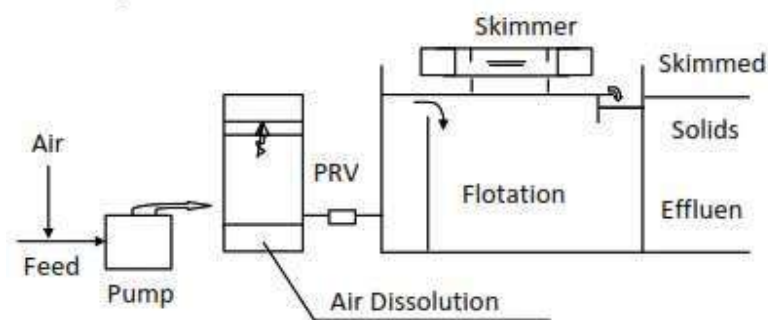


Gambar 2.3 Potongan Memanjang Bak Equalisasi

2.2.2.2 Flotasi

Berfungsi untuk memisahkan partikel-partikel suspensi, seperti minyak, lemak dan bahan-bahan apung lainnya yang terdapat dalam air limbah dengan mekanisme pengapungan. Berdasarkan mekanisme pemisahannya :

- a. Bisa berlangsung secara fisik, yaitu tanpa penggunaan bahan untuk membantu percepatan flotasi, hal ini bisa terjadi karena partikel-partikel suspensi yang terdapat dalam air limbah akan mengalami tekanan ke atas sehingga mengapung di permukaan karena berat jenisnya lebih rendah dibanding berat jenis air limbah.
- b. Bisa dilakukan dengan penambahan bahan, yaitu : udara atau bahan polimer yang diinjeksikan ke dalam cairan pembawanya, yang dapat mempercepat laju partikel ringan menuju permukaan. Untuk keperluan flotasi, udara yang diinjeksikan jumlahnya relatif sedikit (0,2 m³ udara) untuk setiap (m³) air limbah. Semakin kecil ukuran gelembung udara maka proses flotasi akan semakin sempurna.



Gambar 2.4 Tangki Flotasi

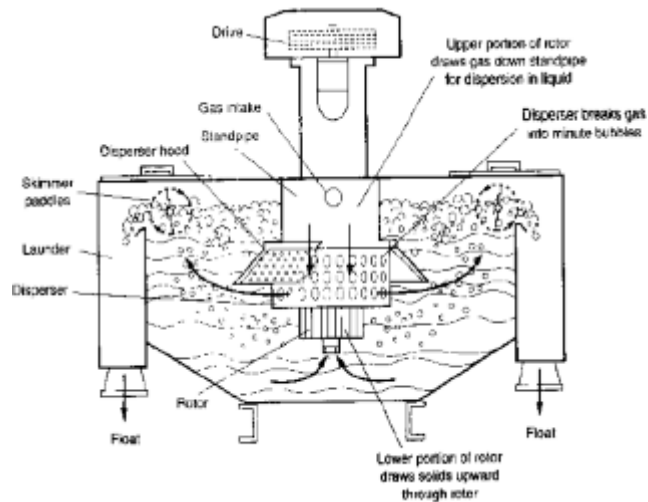
Ada empat metode flotasi antara lain (Metcalf & Eddy, 2003) :

a. *Spontaneous Flotation*

Flotasi akan terjadi secara spontan apabila massa jenis dari partikel lebih kecil dari massa jenis.

b. *Dispersed Air Flotation*

Gelembung udara terbentuk karena adanya tekanan udara yang masuk ke cairan melalui diffuser atau impeller berputar



Gambar 2.5 *Dispersed Air Flotation*

c. Vacuum Flotation

Pelarutan udara di dalam air buangan pada tekanan atmosfer, kemudian divakumkan dengan tekanan yang lebih rendah maka akan menurunkan kelarutan udara dalam air, udara akan keluar dari larutan dalam bentuk gelembung yang halus.

d. Grease Trap

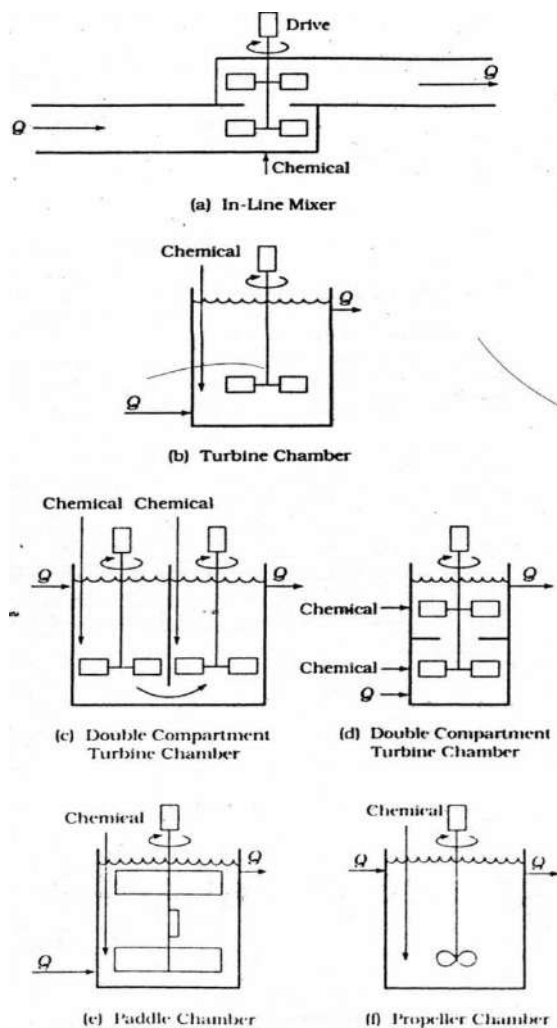
Grease Trap adalah alat perangkap grease (lemak) atau minyak dan oli. Alat ini membantu untuk memisahkan minyak dari air, sehingga minyak tidak menggumpal dan membeku di pipa pembuangan dan membuat pipa tersumbat. Pemisahan grease trap ini memanfaatkan sifat natural lemak/minyak yang memiliki berat jenis yang lebih ringan dari pada air, sehingga cenderung mengapung/berada di permukaan. Cara kerja grease trap digambarkan dalam skema berikut: Air masuk melalui inlet kemudian Minyak akan terangkat karena masa jenis minyak lebih ringan daripada air Setelah itu Lumpur akan mengendap dan di tahan di penyaring dan yang terakhir Air keluar melalui pipa outlet.

2.2.2.3 Koagulasi – Flokulasi

Koagulasi dan Flokulasi adalah proses pembentukan flok dengan penambahan pereaksi kimia ke dalam air baku atau air limbah supaya menyatu dengan partikel tersuspensi sehingga terbentuk flok yang nantinya akan mengendap.

Koagulasi adalah proses pengadukan cepat dengan penambahan koagulan, hasil yang didapat dari proses ini adalah destabilisasi koloid dan suspended solid, proses ini adalah awal pembentukan partikel yang stabil.

Flokulasi adalah pengadukan lambat untuk membuat kumpulan partikel yang sudah stabil hasil Koagulasi berkumpul dan mengendap.

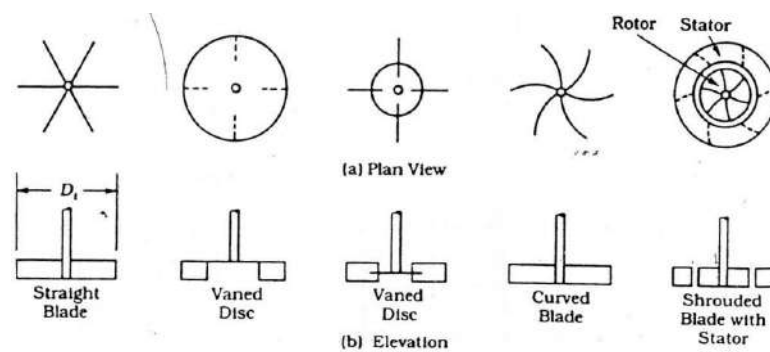


Gambar 2.6 Bak Koagulasi

Pada tahap Koagulasi, pengaduk yang digunakan biasa disebut Impeller. Sedangkan jenis – jenis impeller ada 3, yaitu:

1. Turbine Impeller

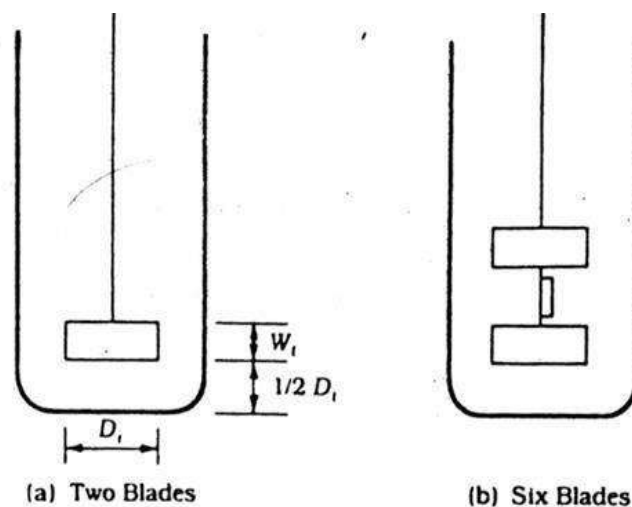
Diameter impeller jenis ini biasanya 30-50% dari diameter atau lebar bak koagulasi. Kecepatan putarannya 10-150 rpm.



Gambar 2.7 Type – type Turbine Impeller

2. Paddle Impeller

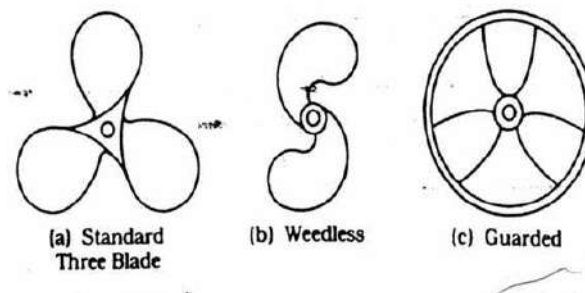
Diameter impeller jenis ini biasanya 50-80% dari diameter atau lebar bak koagulasi, dan lebar paddle biasanya $1/6$ – $1/10$ dari diameternya. Kecepatan putarannya 20-150 rpm.



Gambar 2.8 Type – type Paddle Impeller

3. Propeller Impeller

Diameter impeller jenis ini biasanya 1 atau 2 – 18 inchi. Kecepatan putarannya 400-1750 rpm.



Gambar 2.9 Type – type Propeller Impeller

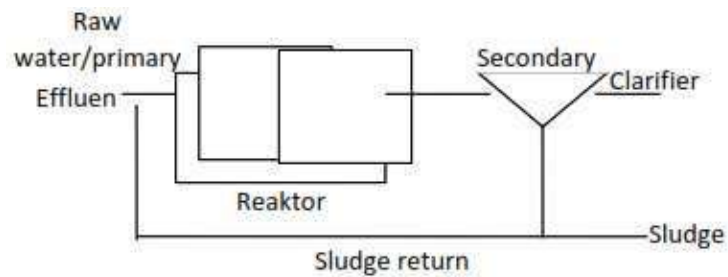
2.2.3 Pengolahan Sekunder (Secondary Treatment)

Activated Sludge

Pengolahan lumpur aktif adalah sistim 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 heterotrophic. Sumber energi berasal dari oksidasi senyawa organik dan sumber karbon adalah organik karbon. BOD dan COD dipakaisebagai ukuran atau satuan yang menyatakan konsentrasi organik karbon, dan selanjutnya disebut sebagai substrat. Adapun jenis *activated sludge*, yaitu :

Konvensional

Pada sistem konvensional terdiri dari tangka aerasi, *clarifier* dan *recycler*. Selama berlangsungnya proses terjadi absorbs, flokulasi dan oksidasi bahan organik.

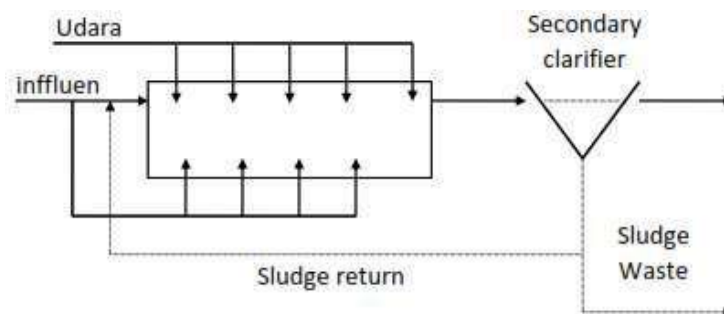


Gambar 2.10 *Activated Sludge* Konvensional

Non Konvensional

a. Step Aeration

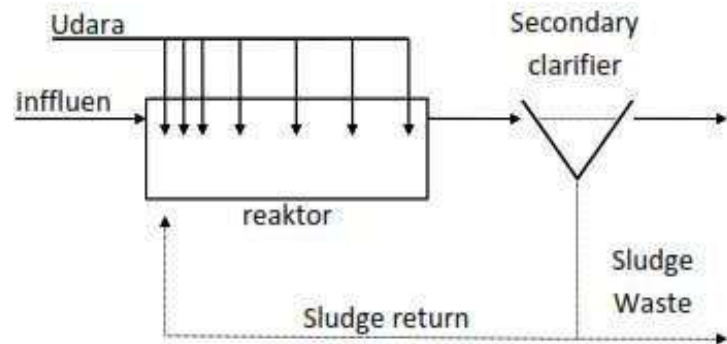
- Merupakan tipe *plug flow* dengan F/M rasio atau substrat dan mikroorganismenurun menuju outlet.
- Inlet air buangan masuk melalui 3 – 4 titik ditanki aerasi dengan maksud untuk menyetarakan F/M rasio dan mengurangi tingginya kebutuhan oksigen di titik yang paling awal.
- Keuntungannya mempunyai *volumetric loading* yang tinggi dan HRT yang lebih pendek



Gambar 2.11 *Step Aeration*

b. Tapered Aeration

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

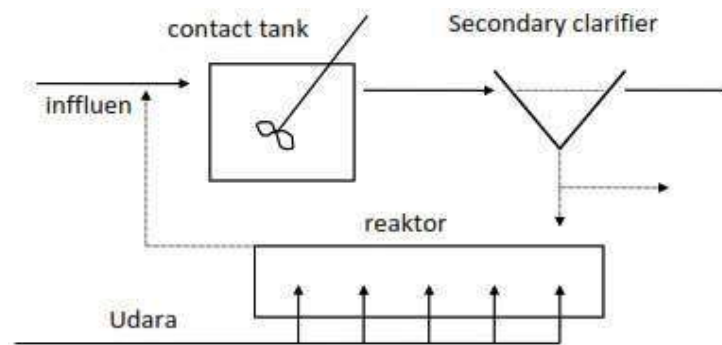


Gambar 2.12 *Tapered Aeration*

c. Contact Stabilization

Pada sistem ini terdapat 2 tangki, yaitu :

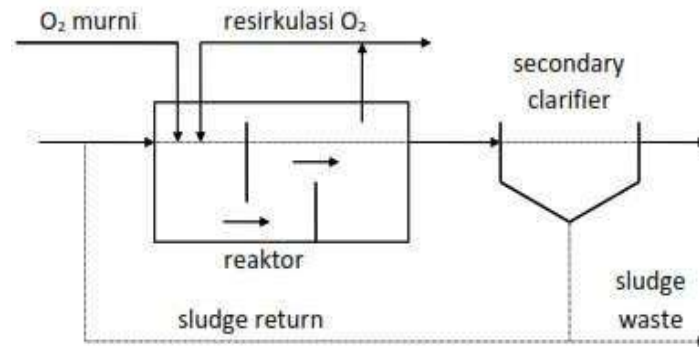
- *Contact tank* yang berfungsi untuk mengabsorb bahan organik untuk memproses lumpur aktif.
- Reaeration tank yang berfungsi untuk mengoksidasi bahan organik yang telah diabsorb (proses stabilisasi).



Gambar 2.13 *Contact Stabilization*

d. Pure Oxygen

Oksigen murni diinjeksikan ke tangki aerasi dan diresirkulasi. Keuntungannya adalah mempunyai F/M rasio serta *volumetric loading* tinggi dan HRT yang lebih pendek.



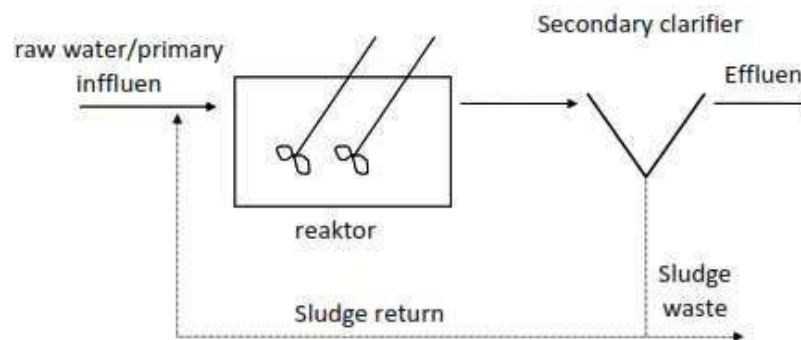
Gambar 2.14 *Pure Oxygen*

e. High Rate Aeration

Kondisi ini tercapai dengan meninggikan harga rasio resirkulasi, atau debit air yang dikembalikan dibesarkan 1-5 kali. sehingga mempunyai kinerja F/M dan *Volumetric loading* yang tinggi, dan HRT yang lebih pendek. Pada sistem ini mempunyai efisiensi yang lebih rendah.

f. Extended Aeration

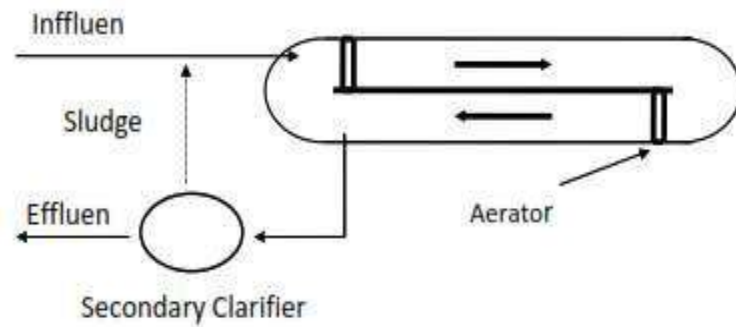
Pada sistem ini reaktor mempunyai umur lumpur dan HRT yang lebih lama, sehingga lumpur yang dibuang/dihasilkan akan lebih sedikit.



Gambar 2.15 *Extended Aeration*

g. Oxidation Ditch

Bentuk *oxidation ditch* adalah oval dengan aerasi secara mekanis, kecepatan aliran 0,25 – 0,35 m/detik



Gambar 2.16 Oxidation Ditch

Tabel 2.3 Tipikal Bak Aerasi (*Mechanical surface aerator*)

Aerator size		Tank depth		Tank width	
hp	kW	ft	m	ft	m
10	7.5	10-12	3-3.6	30-40	9-12
20	15	12-14	3.6-4.2	35-50	10.5-15
30	22.5	13-15	3.9-4.5	40-60	12-18
40	30	12-17	3.6-5.1	45-65	13.5-20
50	37.5	15-18	4.5-5.5	45-75	13.5-23
75	56	15-20	4.5-6	50-85	15-26
100	75	15-20	4.5-6	60-90	18-27

(Sumber : Metcalf & Eddy, 2014)

Tabel 2.4 Tipikal Koefisien Kinetik

Coefficient	Unit	Value ^a	
		Range	Typical
k	g bsCOD/g VSS-d	4-12	6
K_s	mg/L BOD	20-60	30
	mg/L bsCOD	5-30	15
Y	mg VSS/mg BOD	0.4-0.8	0.6
	mg VSS/mg COD	0.4-0.6	0.45
b	g VSS/g VSS-d	0.06-0.15	0.10

^a Values reported are for 20°C.

(Sumber : Metcalf & Eddy, 2014)

Tabel 2.5 Kriteria Perencanaan *Activated Sludge*

Keterangan	Simbol	Besaran	Satuan	Sumber
Solids retention time	SRT	2-5	hari	Metcalf, 719
Food to microorganism ratio	F/M Ratio	0,05-0,5	g BOD/g VSS.hari	Metcalf, 607
Volumetric organic loading rate	VOLR	0,3-3	kg BOD or COD/m ³ .hari	Reynolds, 428
Mixed liquor suspended solids	MLSS	1200-4000	mg/L	Metcalf, 722
Oxygen requirements	O ₂	>1,3	kg O ₂ /hari	Metcalf, 723
Dissolved oxygen	DO	1,5-2	mg/L	Metcalf, 723
Recycle ratio	R/Q	0,25-1	-	Reynolds, 429
Mean cell residence time	θ_c	5-15	hari	Reynolds, 429
Waktu detensi aerasi	td	4-8	jam	Reynolds, 429
Tinggi bak (mechanical surface aerator)	H	3-6	m	Metcalf, 888
Lebar bak (mechanical surface aerator)	W	9-27	m	Metcalf, 888
Diameter clarifier	D	10-40	m	Metcalf, 892

Tinggi clarifier	H	4-5	m	Metcalf, 901
Overflowrate	OR	36-56	m ³ /m ² .hari	Metcalf, 890
Solidsloading	SL	10	kg/m ² .hari	Metcalf, 890

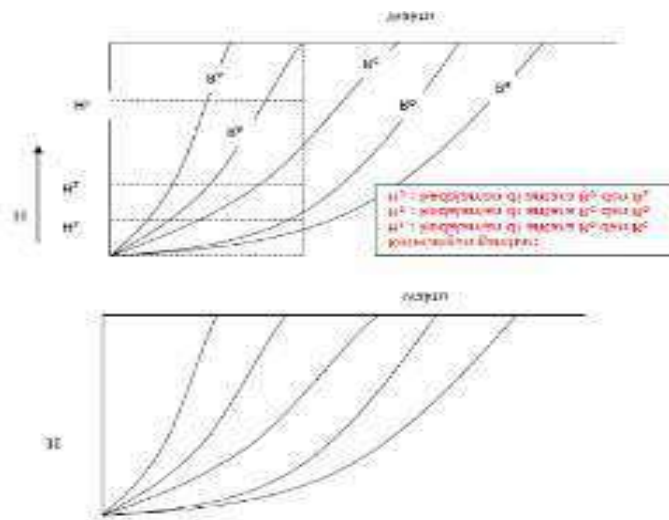
2.2.4 Pengolahan Tersier (*Tertiary Treatment*)

Bak pengendap

Berfungsi mengendapkan partikel flokulen dalam suspensi, yang selama pengendapan terjadi saling interaksi antar partikel. Selama operasi pengendapan, ukuran partikel flokulen bertambah besar, sehingga kecepatannya jugameningkat. Sebagai contoh ialah pengendapan Koagulasi – Flokulasi.

Kecepatan pengendapan tidak dapat ditentukan dengan persamaan Stoke's karena ukuran dan kecepatan pengendapan tidak tetap. Besar partikel yang diuji dengan *column settling test* dengan *withdrawal ports*. Pada waktu tertentu dan dat removal maka didapat grafik isoremoval.

Grafik isoremoval dapat digunakan untuk mencari besar penyisihan total pada waktu tertentu. Tarik garis vertikal dari waktu yang ditentukan padakedalaman H₁, H₂, dst.



Gambar 2.17 Contoh Grafik Isoremoval

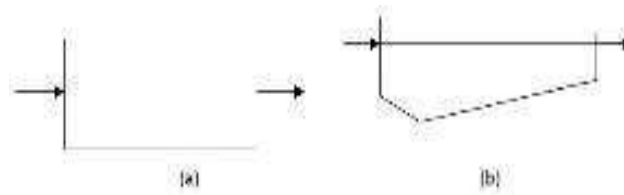
$$R_T = R_B + \frac{H_1}{H} (R_C - R_B) + \frac{H_2}{H} (R_D - R_C) + \frac{H_3}{H} (R_E - R_D)$$

Grafik isoremoval juga dapat digunakan untuk menentukan lamanya waktu pengendapan dan *surface loading* atau *overflow rate* bila diinginkan efisiensi pengendapan tertentu.

Kedua grafik ini dapat digunakan untuk menentukan waktu pengendapan atau waktu detensi (t_d) dan *overflow rate* (V_o) yang menghasilkan efisiensi pengendapan tertentu. Hasil yang diperoleh dari kedua grafik ini adalah nilai berdasarkan eksperimen (Batch). Nilai ini dapat digunakan dalam mendesain bak pengendap (aliran kontinu). Setelah dilakukan penyesuaian, yaitu dikalikan dengan faktor *scale up*. Untuk waktu detensi, faktor *scale up* yang digunakan pada umumnya 1,75, untuk *overflow rate*, faktor *scale up* yang digunakan biasanya 0,65). (Sumber : Tom D. Reynolds, 1996)

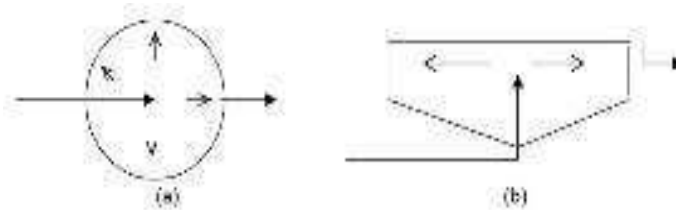
Bentuk bak pengendap :

- Segi empat (*rectangular*). Pada bak ini, air mengalir horizontal dari inlet menuju outlet, sementara partikel mengendap ke bawah (Gambar 2.15).



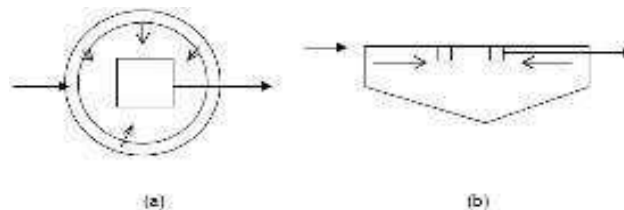
Gambar 2.18 Bak pengendap berbentuk segi empat : (a) denah, (b)potongan memanjang

- Lingkaran (*circular*) – *center feed*. Pada bak ini, air masuk melalui pipa menuju inlet bak di bagian tengah, kemudian mengalir horizontal dari inlet menuju outlet di sekeliling bak, sementara partikel mengendap ke bawah (Gambar 2.16).



Gambar 2.19 Bak pengendap berbentuk lingkaran – *center feed* : (a) denah, (b) potongan melintang

- Lingkaran (*circular*) – *periferal feed*. Pada bak ini, air masuk melalui sekeliling bak dan secara horizontal mengalir menuju ke outlet di tengah bak, sementara partikel mengendap ke bawah (Gambar 2.17)

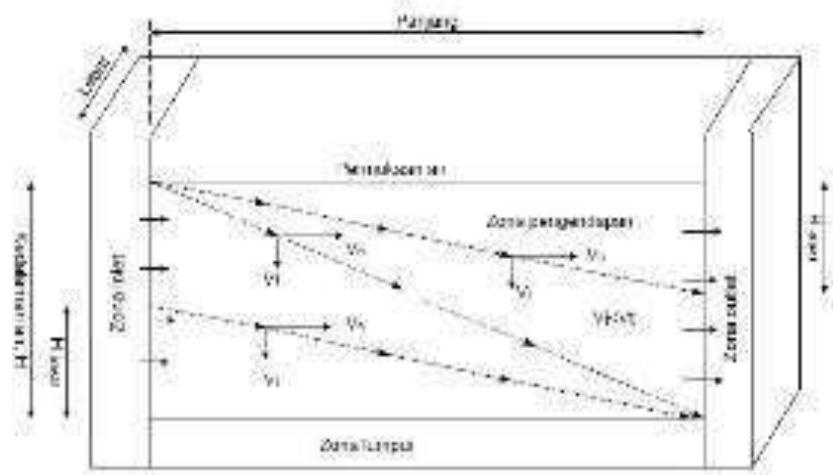


Gambar 2.20 Bak pengendap berbentuk lingkaran – *periferal feed* : (a) denah, (b) potongan melintang

Bagian-bagian dari bak pengendap :

- Inlet : tempat air masuk ke dalam bak

- b. Zona Pengendapan : tempat flok/partikel mengalami proses pengendapan
- c. Zona Lumpur : tempat pengumpulan lumpur dilengkapi proses pengolahan lumpur seperti *sludge collector*, *sludge drying bed*, dll
- d. Outlet : tempat air keluar dari bak



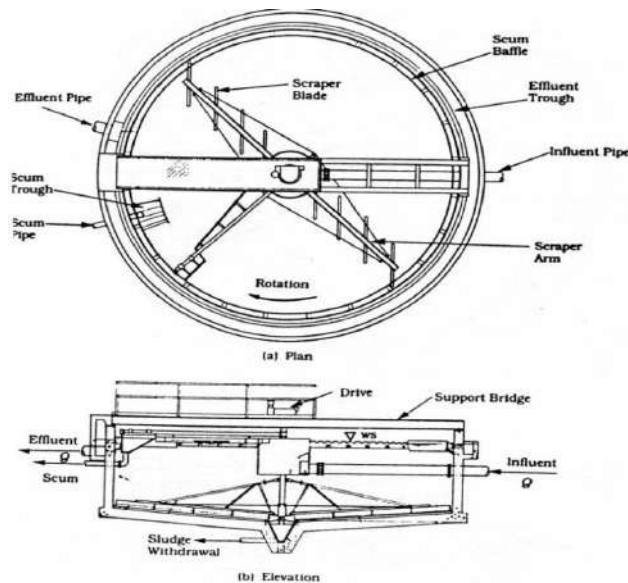
Gambar 2.21 Bagian-bagian Bak Pengendap

Tabel 2.6 Kriteria Perencanaan Bak Pengendap

Keterangan	Simbol	Besaran	Satuan	Sumber
Waktu detensi	td	1,5-2,5	jam	Metcalf, 398
<i>Overflowrate</i> (<i>rectangular</i>)	OR	30-50	m ³ /m ² .hari	Metcalf, 398
(<i>circular</i>)		24-32	m ³ /m ² .hari	Metcalf, 398
<i>Weir loading</i>	WL	125-500	m ³ /m.hari	Metcalf, 398
Tinggi bak	H	3-4,9	m	Metcalf, 398
Tinggi jagaan	h	0,3-0,76	m	Reynolds,219
Panjang bak	L	15-90	m	Metcalf, 398
Lebar bak	W	3-24	m	Metcalf, 398
Diameter bak	D	3-60	m	Metcalf, 398

Secondary Clarifier

Fungsinya sama dengan Bak pengendap, tetapi clarifier biasanya di tempatkan setelah pengolahan kedua (pengolahan Biologis).



Gambar 2.22 Clarifier (a) Denah, (b) Tampak Samping

2.2.5 Pengolahan Lumpur

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

- Sludge sebagian besar dikomposisi dari bahan-bahan yang responsibel 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 :

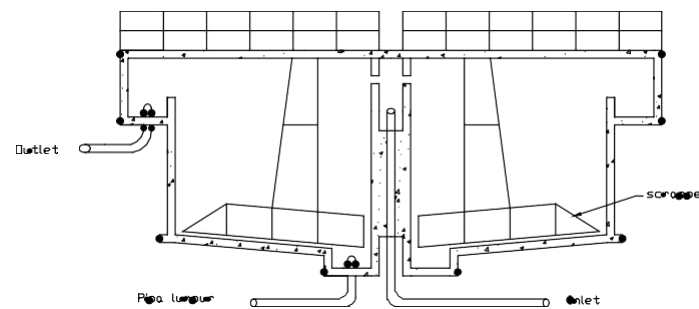
- Mereduksi kadar lumpur

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

Unit pengolahan lumpur meliputi :

Sludge Thickener

Sludge thickener adalah suatu bak yang berfungsi untuk menaikkan kandungan solid dari lumpur dengan cara mengurangi porsi fraksi cair (air), sehingga lumpur dapat dipisahkan dari air dan ketebalannya menjadi berkurang atau dapat dikatakan sebagai pemekatan lumpur. Tipe thickener yang digunakan adalah gravity thickener dan lumpur berasal dari bak pengendap I dan pengendap II. Pada sistem gravity thickener ini, lumpur diendapkan di dasar bak sludge thickener.

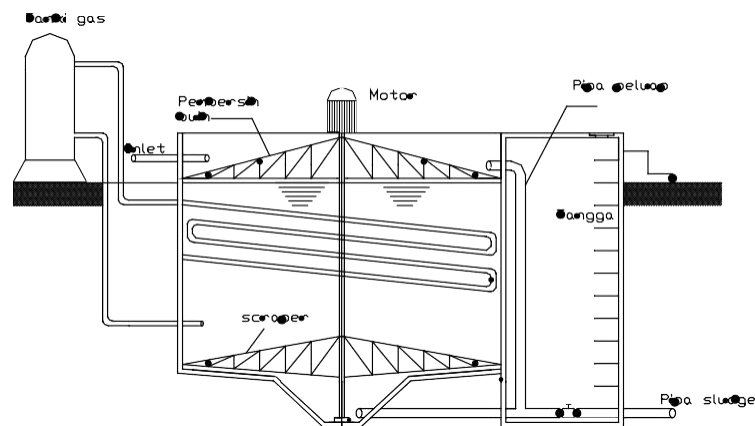


Gambar 2.23 Sludge Thickener

Sumber : Syed R. Qasim, Wastewater Treatment Plants Planning, Design, and Operation, CBS College Publishing, 1985, hal 436 - 440

Sludge Digester

Sludge digester berfungsi untuk menstabilkan sludge yang dihasilkan dari proses lumpur aktif dengan mengkomposisi organik material yang bersifat lebih stabil berupa anorganik material sehingga lebih aman untuk dibuang.



Gambar 2.24 Sludge Digester

Sumber: Metcalf and Eddy, Waste Water Engineering
Treatment/Disposal and Reuse, hal 401

Sludge Drying Bed

Sludge drying bed terdiri dari lapisan pasir kasar dengan kedalaman 15 – 25 cm, lapisan kerikil dengan ukuran yang berbeda – beda, dan pipa yang berlubang – lubang sebagai jalan aliran air. Sludge drying bed dibuat dengan beberapa bak / bagian, tergantung pada keperluannya. Pembagian ini dimaksudkan agar lumpur benar – benar kering sebelum lumpur yang basah dimasukkan kembali.

Lumpur dimasukkan ke dalam Sludge drying bed dengan ketebalan 20 – 30 cm dan dibiarkan hingga kering. Waktu pengeringan tergantung kondisi setempat. Misalnya dalam waktu 10 – 15 dengan bantuan sinar matahari hari dan akan dicapai tingkat kekeringan antara 30% - 40%.

Rumus yang digunakan:

$$V_i = \frac{V \times (1 - p)}{1 - p_i}$$

dengan :

$$V_i = \text{volume cake kering, m}^3/\text{hari}$$

V = volume lumpur mula-mula, m^3 /hari

p = kadar air mula-mula (%)

p_i = kadar air yang diharapkan (%)

2.2.6 Profil Hidrolis

Hal-hal yang perlu diperhatikan sebelum membuat Profil Hidrolis, antara lain :

1. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan

Untuk membuat profil hidrolis perlu perhitungan kehilangan tekanan pada bangunan. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air di dalam bangunan pengolahan. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan ada beberapa macam, yaitu :

- a. Kehilangan tekanan pada saluran terbuka
- b. Kehilangan tekanan pada bak
- c. Kehilangan tekanan pada pintu
- d. Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang dan sebagainya harus di hitung secara khusus.

2. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris

- 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 .

- c. Kehilangan tekanan pada pompa

Bisa dihitung dengan rumus, grafik karakteristik pompa serta dipengaruhi oleh banyak factor seperti jenis pompa, cara pemasangan dan sebagainya

d. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok

Cara perhitungan juga dengan bantuan monogram

3. Tinggi muka air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi dikarenakan 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 sesudah intake.
- d. Jika tinggi muka air bangunan sesudah *intake* ini lebih tinggi dari tinggi muka air sumber maka diperlukan pompa di *intake* untuk menaikkan air.