



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Limbah Cair Industri Perminyakan

Menurut Fardiaz (1992) pencemaran yang ditimbulkan oleh limbah cair industri perminyakan terutama akibat kehadiran molekul-molekul minyak, baik yang berada dalam bentuk terlarut (minyak terlarut), lapisan film, maupun emulsi. Pencemaran molekul-molekul minyak di permukaan air akan menghambat penetrasi cahaya ke dalam lapisan air yang lebih dalam, dan akan mengganggu mekanisme transfer oksigen dari udara ke dalam air, yang pada akhirnya akan mengganggu kehidupan air. Sangat menarik untuk dicatat bahwa hanya dengan 150-2000 kg minyak sudah cukup untuk menutup seluruh permukaan sebuah danau seluas 1 km<sup>2</sup>. Perlu diketahui konsentrasi yang sangat rendah saja, kehadiran molekul minyak dalam air dapat memberikan rasa dan bau yang tajam.

Konsentrasi minyak yang agak tinggi dalam air akan membunuh ikan-ikan, dan minyak dalam jumlah yang sedikit akan melapisi kulitnya sehingga ikan-ikan tersebut tidak dapat dimakan. Sumber-sumber yang umum untuk limbah yang seperti ini meliputi pemurnian dan pemrosesan minyak.

Limbah minyak juga dapat menyebabkan pembakaran pada permukaan badan air penerima sehingga dapat menimbulkan bahaya kebakaran. Karena itu minyak harus dipisahkan dari air sebelum dibuang ke saluran pembuangan (*Huisman, 1997*).

Berikut ini adalah parameter yang terkandung dalam limbah minyak bumi, antara lain:

1. **COD (*chemical oxygen demand*)**, adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik di dalam air. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses kimia dan mengakibatkan berkurangnya kandungan oksigen terlarut dalam air. (*Metcalf and Eddy, 2004*).

COD yang terkandung dalam air limbah industri minyak dan gas ini adalah 2800 mg/l, sedangkan menurut baku mutu kandungan COD yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 160 mg/l.

- BOD (*biological oxygen demand*)**, BOD adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau milligram/liter (mg/l) yang diperlukan untuk menguraikan benda organik oleh bakteri, sehingga limbah tersebut menjadi jernih kembali. Untuk itu semua diperlukan waktu 100 hari pada suhu 20° C. Akan tetapi di laboratorium dipergunakan waktu 5 hari sehingga dikenal sebagai BOD<sub>5</sub>. (*Metcalf and Eddy, 2004*).

BOD yang terkandung dalam air limbah industri minyak dan gas ini adalah 1500 mg/l, sedangkan menurut baku mutu kandungan BOD yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 80 mg/l.

- Minyak dan lemak**, keberadaan minyak dan lemak dalam suatu badan air akan menghambat pelarutan oksigen dari udara ke dalam badan air. (*Metcalf and Eddy, 2004*).

Minyak dan lemak yang terkandung dalam air limbah industri minyak dan gas ini adalah 45 mg/l, sedangkan menurut baku mutu kandungan minyak dan lemak yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 20 mg/l.

- Amonia (sebagai NH<sub>3</sub>-N)**, berfungsi sebagai nutrisi bagi tanaman air dan mikroba fotosintetik seperti *Cyanobacteria* dan mikroalga. Oleh karena itu, konsentrasi amonia dalam air harus diatasi agar tidak terjadi ledakan jumlah organisme fotosintetik seperti *Algae Blooming*. (*Metcalf and Eddy, 2004*).

Amonia yang terkandung dalam air limbah industri minyak dan gas ini adalah 20 mg/l, sedangkan menurut baku mutu kandungan amonia yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 8 mg/l.

- Fenol total**, kandungan senyawa fenol yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme karena bersifat bakteriosida. (*Metcalf and Eddy, 2004*).

Fenol total yang terkandung dalam air limbah industri minyak dan gas ini adalah 1 mg/l, sedangkan menurut baku mutu kandungan fenol total yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 0,8 mg/l.

6. **pH**, merupakan indeks penting dari keasaman atau kebasaan air. pH yang terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat memberburuk emulsifikasi minyak dalam air. (*Metcalf and Eddy 2004*).
7. Kandungan pH dalam air limbah industri minyak dan gas ini adalah 10, sedangkan menurut baku mutu kandungan pH yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah sebesar 6-9 sehingga pH tersebut belum memenuhi baku mutu.

## II.2 Bangunan Pengolahan Air Buangan

Bangunan pengolahan air buangan mempunyai kelompok tingkat pengolahan yaitu :

### II.2.1 Pengolahan Pendahuluan (*Preliminary Treatment*)

Proses pengolahan ini merupakan proses pada awal pengolahan dan bersifat pengolahan fisik. Unit proses pengolahannya meliputi :

#### II.2.1.1 Bak penampung

Bak penampung merupakan unit penyeimbang, sehingga debit dan kualitas limbah yang masuk ke instalasi dalam keadaan konstan. Perhitungan bak penampung untuk mengetahui berapa luas permukaan yang akan digunakan, rumus yang akan digunakan yaitu :

$$td = \frac{V}{Q} \quad \text{..... 2.1}$$

$$V = A \times H \quad \text{..... 2.2}$$

dengan :

V = volume sumbu pengumpul ( $m^3$ )

A = luas permukaan sumbu pengumpul ( $m^2$ )

Q = debit air buangan yang dipompa ( $m^3/dt$ )

td = waktu detensi (detik)

H = kedalaman air (m)

### II.2.1.2 Karakteristik Pompa

Pemompaan digunakan untuk mengalirkan air limbah ke unit pengolahan selanjutnya. Untuk mengetahui macam-macam karakteristik pompa bisa dilihat pada tabel 2.1

**Tabel 2.1** Macam – Macam Karakteristik Pompa

Klasifikasi Utama	Tipe Pompa	Kegunaan Pompa
Kinetik	<i>Centrifugal</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Air limbah sebelum diolah</li><li>- Penggunaan lumpur kedua</li><li>- Pembuangan effluent</li></ul>
	<i>Peripheral</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Limbah logam, pasir lumpur, air limbah kasar</li></ul>
	Rotor	<ul style="list-style-type: none"><li>- Minyak, pembuangan gas permasalahan zat-zat kimia pengaliran lambat untuk air dan air buangan</li></ul>
<i>Posite Displacement</i>	<i>Screw</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Pasir, pengolahan lumpur pertama dan kedua</li><li>- Air limbah pertama</li><li>- Lumpur kasar</li></ul>
	Diafragma Penghisap	<ul style="list-style-type: none"><li>- Permasalahan zat kimia</li><li>- Limbah logam</li><li>- Pengolahan lumpur pertama dan kedua (permasalahan kimia)</li></ul>
	<i>Air Lift</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Pasir, sirkulasi dan pembuangan lumpur kedua</li></ul>

	<i>Pneumatic Ejektor</i>	- Instalasi pengolahan air limbah skala kecil
--	--------------------------	---

Sumber : *Metcalf and Eddy*, 2004, hal : 1469-1470

## II.2.2 Pengolahan Pertama (*Primary Treatment*)

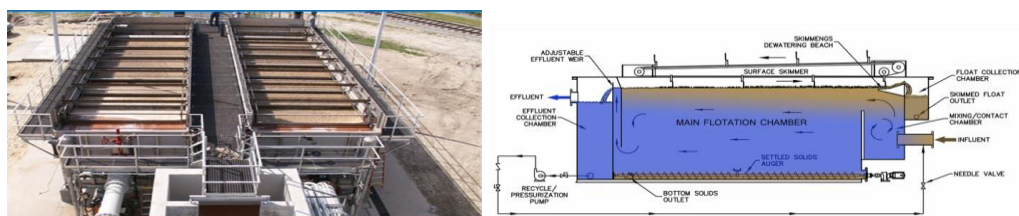
Pada proses ini terjadi proses fisik dan kimia. Pada proses ini umumnya mampu mereduksi BOD dan antara 30 – 40 % dan mereduksi TSS 50 – 65%. (*Syed R.Qasim, 1985*).

### II.2.2.1 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 :

- 1) 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.
- 2) Kimia, 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 ( $\pm 0,2 \text{ m}^3$  udara) untuk setiap  $\text{m}^3$  air limbah. Semakin kecil ukuran gelembung udara maka proses flotasi akan semakin sempurna.



**Gambar 2.1** Bak Flotasi  
(Sumber : *Google.com*)

Rumus yang digunakan :

a. Operasi tanpa resirkulasi

$$\frac{A}{S} = \frac{1,3Sa (fP - 1)}{Sa} \dots\dots\dots (2.3)$$

Tabel Kelarutan Udara (sa)

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

(Sumber: *Metcalf&Eddy, hal 423*)

b. Operasi dengan Resirkulasi

$$\frac{A}{S} = \frac{1,3Sa (fP - 1).R}{Sa.XQ} \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan :

A/ S = perbandingan udara dengan padatan, mL udara/mg padatan

Sa = kelarutan udara, mL/L

f = fraksi udara terlarut pada tekanan P, biasanya 0,5

P = tekanan, atm

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

### II.2.2.2 Netralisasi

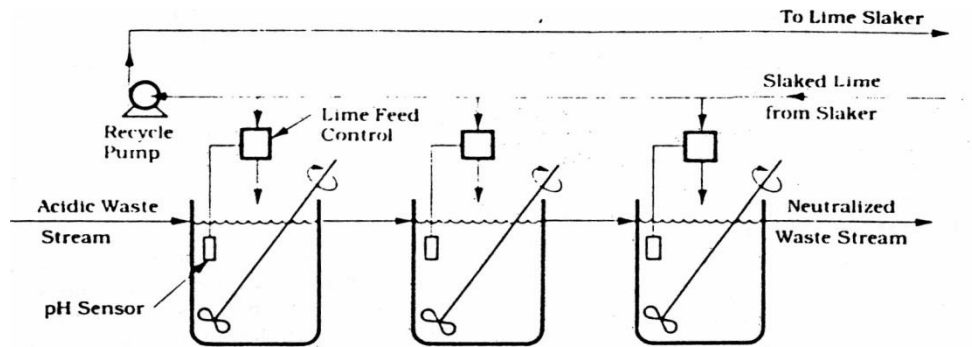
Air buangan industri dapat bersifat asam atau basa, maka harus diolah terlebih dahulu sebelum diteruskan ke badan air penerima atau ke unit pengolahan secara biologis agar dapat bekerja secara optimal. Pada sistem biologis ini perlu diusahakan supaya pH berada diantara nilai 6,5 – 8,5. Bak netralisasi dapat dilihat pada Gambar 2.2. Sebenarnya pada proses biologis tersebut kemungkinan akan terjadi netralisasi sendiri dan adanya suatu kapasitas *buffer* yang terjadi karena ada produk CO<sub>2</sub> dan bereaksi dengan kaustik dan bahan asam.

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

Ada beberapa cara menetralisasi kelebihan asam dan basa dalam limbah cair, seperti :

- Pencampuran limbah.
- Melewatkan limbah asam melalui tumpukan batu kapur.
- Pencampuran limbah asam dengan Slurry kapur.
- Penambahan sejumlah NaOH,  $Na_2CO_3$  atau  $NH_4OH$  ke limbah asam.
- Penambahan asam kuat ( $H_2SO_4, HCl$ ) dalam limbah basa.
- Penambahan  $CO_2$  bertekanan dalam limbah basa.
- Pembangkitan  $CO_2$  dalam limbah basa.

Adapun prinsip pencampuran di dalam bak netralisasi seperti pada Gambar 2.2



**Gambar 2.2** Bak Netralisasi

(Sumber : *Reynold, Unit Operations and Processes in Environmental Engineering* tahun 1996)

Rumus yang digunakan :

a. Dosis dibawah  $H_2SO_4$

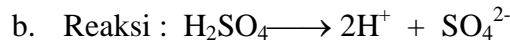
$$\frac{Y(mg)}{Vair(lt)} \times \frac{1}{BM(gr / grmol)} \times \frac{1}{10^3(mg / gr)} \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan :

Y = Dosis kebutuhan chlor

V = Volume air

BM = Berat mol



$$[\text{H}^+] \text{ adalah: } 2 \cdot \left| \frac{Y}{V_{\text{air}}} \right|$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log 2 \cdot \left| \frac{Y}{V_{\text{air}}} \right| \dots\dots\dots (2.6)$$

c. Kecepatan putaran turbine

$$D_t = \frac{(\rho \cdot g)^{1/5}}{(KT \cdot n^3 \cdot \gamma)^{1/5}} \dots\dots\dots (2.7)$$

dengan :

Dt = Diameter turbine

KT = Koefisien turbine

N = Kecepatan turbine

p = Power

g = Kecepatan gravitasi

$\gamma$  = Berat jenis air

Dosis diatas  $\text{H}_2\text{SO}_4$

$$\frac{Y(\text{mg})}{V_{\text{air}}} \times \frac{1}{\text{BM}(\text{gr} / \text{gr mol})} \times \frac{1}{10^3(\text{mg} / \text{gr})}$$

Dengan:

Y = Dosis kebutuhan

V = Volume air



BM = Berat molekul

Reaksi:  $\text{NaOH} \longrightarrow \text{Na} + \text{OH}$

(H) adalah: Y/V air

pOH = 14-pH = -log (OH)

Kecepatan putaran turbin

$$Dt = \frac{(\rho \cdot g)^{1/2}}{(KT \cdot n^3 \cdot \gamma)^{1/2}}$$

Dimana:

DT = diameter turbin

KT = keefisien turbin

N = kecepatan turbin(rps)

P = power(hp)

G = kecepatan gravitasi

$\Gamma$  = berat jenis

### II.2.3 Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)

Pengolahan sekunder akan memisahkan koloidal dan komponen organik terlarut dengan proses biologis. Proses pengolahan biologis ini dilakukan secara aerobik maupun anaerobik dengan efisiensi reduksi BOD antara 60 - 90% serta 40 - 90% TSS.

(Sumber: Syed R.Qasim, *Wastewater Treatment Plants Planning, Design, and Operation*, tahun 1985)

#### a. *Activated Sludge*

Untuk mengubah buangan organik, menjadi bentuk anorganik yang lebih stabil dimana bahan organik yang lebih terlarut yang tersisa setelah prasedimentasi dimetabolisme oleh mikroorganisme menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O, sedang fraksi terbesar diubah menjadi bentuk anorganik yang dapat dipisahkan dari air buangan oleh sedimentasi.

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



**Gambar 2.3** *Activated sludge* sistem konvensional

(Sumber : *Google.com*)

### II.2.2.3 *Trickling filter*

*Trickling filter* adalah sebuah unit pengolahan air limbah yang dapat menurunkan beban organik yang terdapat dalam air buangan dengan cara mengalirkannya pada media yang permukaannya diselimuti oleh lumpur aktif sebagai biological film. Filter yang digunakan batu-batuan, pasir, granit dan lain-lain dalam berbagai ukuran mulai dari diameter  $\frac{3}{4}$  in sampai dengan diameter 2,5 in. proses yang terjadi adalah proses biologis yang memerlukan oksigen (aerobik).

#### Keuntungan *Trickling filter*:

- Tidak memerlukan lahan yang terlalu luas serta mudah pengoperasiannya
- Sangat ekonomis dan praktis
- Tidak membutuhkan pengawasan yang ketat
- Suplai oksigen dapat diperoleh secara alamiah melalui permukaan paling atas media.

#### Kekurangan *Trickling filter*

- Tidak bisa diisi dengan beban volume yang tinggi mengingat masa biologi pada filter akan bertambah banyak sehingga bisa menimbulkan penyumbatan filter
- Timbulnya bau yang tidak sedap

- Prosesnya sering terganggu oleh lalat-lalat yang datang menghampiri.

Cara kerja *Trickling Filter* :

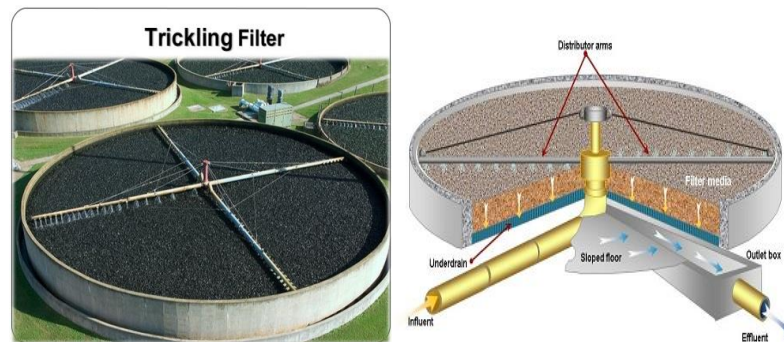
Air limbah dari pengolahan primer dialirkan masuk melalui pipa yang berputar diatas suatu lahan dengan media filter, beban organik yang ada dalam limbah disemprotkan diatas media, dan diuraikan oleh mikroorganisme yang menempel pada media filter. Bahan organik sebagai substrat yang terlarut dalam air limbah di absorpsi dalam biofilm antar lapisan berlendir.

Pada lapisan bagian luar biofilm, bahan organik diuraikan oleh mikroorganisme aerobik. Pertumbuhan mikroorganisme mempertebal lapisan *biofilm*, oksigen yang terdifusi dapat dikonsumsi sebelum biofilm mencapai ketebalan maksimum. Pada saat mencapai ketebalan penuh maka oksigen tidak dapat mencapai penetrasi secara penuh, sehingga pada bagian dalam atau pada permukaan media akan berada pada kondisi anaerobik.

Pada saat lapisan *biofilm* mengalami penambahan ketebalan, dan bahan organik yang diabsorpsi dapat diuraikan oleh mikroorganisme namun tidak mencapai mikroorganisme yang berada pada permukaan media. Dengan kata lain tidak tersedia bahan organik untuk sel karbon pada bagian permukaan media, sehingga mikroorganisme sekitar permukaan media mengalami fase endogenous atau kematian. Pada akhirnya mikroorganisme sebagai biofilm tersebut akan lepas dari media, cairan yang masuk akan ikut melepas atau mencuci dan mendorong biofilm keluar setelah itu lapisan biofilm baru akan segera tumbuh. Fenomena lepasnya biofilm dari media tersebut disebut *sloughing* dan hal ini fungsi dari beban organik dan beban hidrolis pada *trickling filter* tersebut. Beban hidrolis memberikan kecepatan daya gerus biofilm sedangkan beban organik memberikan kecepatan daya dalam biofilm. Berdasarkan beban hidrolis dan organik maka dapat dikelompokkan tipe *trickling filter* low rate dan *high rate*.

*Trickling filter* terdiri dari suatu bak dengan media *permeable* untuk pertumbuhan mikroorganisme. Filter media biasanya mempunyai ukuran diameter 25 – 100 mm, kedalaman filter berkisar 0,9 – 2,5 mm (rata-rata 1,8) media filter dapat mencapai 12 m yang disebut sebagai *tower trickling filter*.

Air limbah didistribusikan pada bagian atas dengan satu lengan distributor yang dapat berputar. Filter juga dilengkapi dengan underdrain untuk mengumpulkan *biofilm* yang mati untuk kemudian diendapkan dalam bak sedimentasi. Bagian cairan yang keluar biasanya dikembalikan lagi ke *trickling filter* sebagai air pengencer air baku yang diolah. (Sumber: Reynolds, T.D and Richards, tahun 1996)



**Gambar 2.4** *Trickling filter*

(Sumber : *Google.com*)

#### II.2.4 Pengolahan Lumpur (*Sludge Treatment*)

Dari pengolahan air limbah maka hasilnya adalah berupa lumpur yang 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).

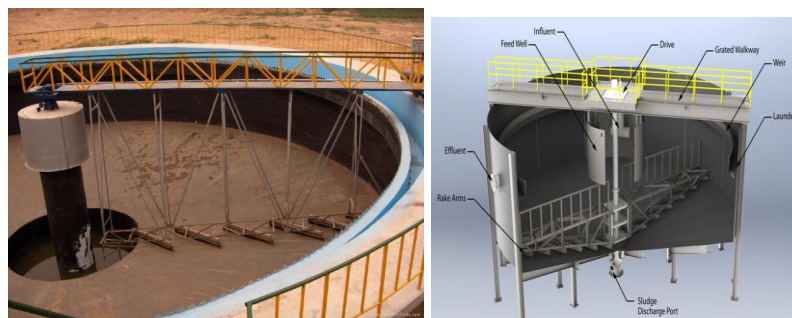
Tujuan utama dari pengolahan lumpur adalah:

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

Unit pengolahan lumpur meliputi:

**a. 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*.

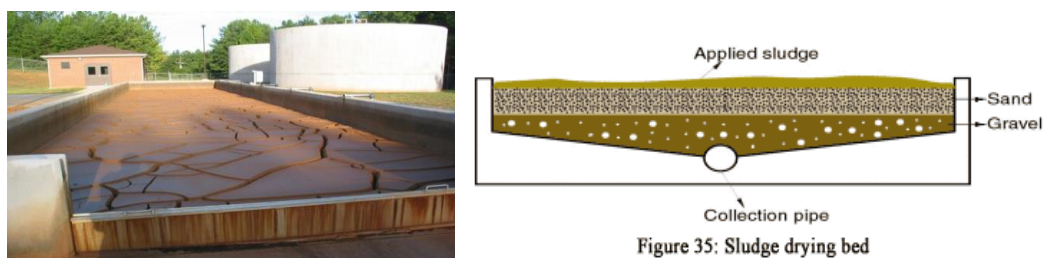


**Gambar 2.5 Sludge Thickener**

(Sumber : *Google.com*)

**b. Sludge Drying Bed**

*Sludge drying bed* merupakan suatu bak yang dipakai untuk mengeringkan lumpur hasil pengolahan dari *thickener*. 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 2.6 Sludge Drying Bed**

(Sumber : *Google.com*)