

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Karakteristik Air Baku**

Dalam air baku yang digunakan yaitu air permukaan (air Sungai Krukut) mempunyai karakteristik sebagai berikut :

##### **2.1.1 Total Suspended Solid (TSS)**

Total Suspended Solid (TSS) atau total padatan tersuspensi adalah padatan yang tersuspensi pada air limbah yang mengandung bahan organik dan anorganik yang dapat disaring dengan kertas milipore berukuran pori-pori 0,45  $\mu\text{m}$ . Padatan yang tersuspensi memiliki dampak buruk pada kualitas air karena menghalangi penetrasi matahari terhadap badan air, dan menyebabkan kekeruhan air meningkat karena terganggunya pertumbuhan organisme (Samantha & Almalik, 2019).

##### **2.1.2 Chemical Oxygen Demand (COD)**

*Chemical Oxygen Demand* atau COD adalah jumlah bahan organik yang ada pada air sungai/limbah yang dapat dioksidasi secara kimia menggunakan dikromat dalam keadaan/larutan asam. Nilai COD selalu lebih tinggi daripada BOD ultimate meskipun nilai keduanya bisa saja sama tetapi hal tersebut sangat jarang. Hal tersebut dapat terjadi karena banyak zat organik yang sulit teroksidasi secara biologis, contohnya lignin yang hanya dapat teroksidasi secara kimia, zat anorganik yang dioksidasi dikromat meningkatkan kandungan organik pada sampel, zat organik tertentu dapat meracuni mikroorganisme yang dibutuhkan untuk pengujian BOD, nilai COD yang tinggi dapat terjadi karena adanya zat anorganik yang bereaksi dengan dikromat (Metcalf & Eddy, 2003).

##### **2.1.3 Biological Oxygen Demand (BOD)**

Biological Oxygen Demand atau BOD adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi secara biokimia zat-zat organik. Hasil dari tes BOD digunakan untuk menghitung perkiraan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menstabilkan zat organik secara biologi, untuk menentukan

dimensi atau ukuran dari unit pengolahan, untuk menghitung efisiensi beberapa proses pengolahan dan melakukan pengolahan sehingga parameter air limbah dapat sesuai dengan baku mutu.

BOD merupakan banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter (mg/L) yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan semua zat organik yang terlarut maupun tersuspensi dalam air sehingga air tersebut dapat menjadi jernih kembali. (Mays, 1996) mengartikan BOD sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai. Dari pengertian ini dapat dikatakan bahwa walaupun nilai BOD menyatakan jumlah oksigen, tetapi untuk mudahnya dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik yang mudah terurai (biodegradable organics) yang ada di perairan.

#### **2.1.4 Total Coliform**

Sumber-sumber air di alam pada umumnya mengandung bakteri, baik angkasa, air permukaan, maupun air tanah. Jumlah dan jenis bakteri berbeda sesuai dengan empat dan kondisi yang mempengaruhinya. Air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari haruslah bebas dari bakteri patogen. Bakteri golongan *coliform* bukan termasuk bakteri patogen, tetapi bakteri ini merupakan indikator dari pencemaran air oleh bakteri patogen. Apabila air yang mengandung bakteri patogen ini terminum maka dapat menjadi penyakit pada yang mengkonsumsinya. Penyakit tersebut diantaranya kolera, penyakit typhoid, penyakit hepatitis, penyakit disentri basiler (Cut Khairunnisa, Wirsal Hasan. 2012).

Menurut Permenkes RI No. 416/Menkes/Per/IX/1990, bakteri *coliform* yang memenuhi syarat untuk air bersih bukan perpipaan adalah <50 MPN (Most Probable Number)/ 100 ml sampel, sedangkan kadar maksimum *total coliform* yang diperbolehkan untuk air minum yang diatur dalam Permenkes No. 492/Menkes/Per/IV/2010 adalah 0 MPN/ 100 ml sampel.

## **2.2 Bangunan Pengolahan Air Minum**

### **2.2.1 Bangunan Penyadap (Intake)**

Intake adalah bangunan penangkap air dari sumber air baku yang berasal dari air permukaan (sungai atau danau). Fungsinya adalah untuk mengambil air baku dari permukaan dan dialirkan ke unit-unit pengolahan. Berdasarkan (Kawamura, 1991) bangunan *intake* menurut cara pengambilannya dibedakan menjadi dua jenis yaitu :

1. Intake Gravitasi

Intake gravitasi adalah bangunan penangkap air dari sumber yang menggunakan prinsip gravitasi.

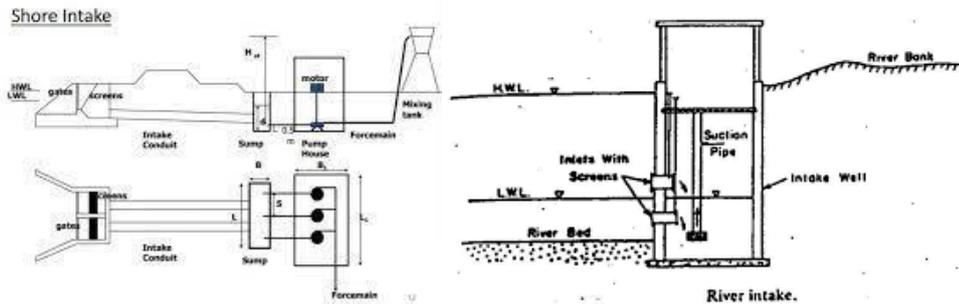
2. Intake Pemompaan

Intake pemompaan adalah bangunan penangkap air dari sumber yang menggunakan bantuan pompa. Salah satu contohnya adalah *river intake*.

Kriteria pemilihan lokasi *river intake* adalah sebagai berikut :

- a. Kualitas dan kuantitas air;
- b. Kemungkinan perubahan yang terjadi;
- c. Minimasi efek negatif;
- d. Adanya akses yang baik guna perawatan dan perbaikan (*maintenance*);
- e. Adanya tempat bagi kendaraan;
- f. Adanya lahan guna penambahan fasilitas pada masa yang akan datang;
- g. Efek terhadap kehidupan biota di sekitarnya;
- h. Kondisi geologis.

Biasanya *intake* sungai diletakkan di pinggir sungai. Lokasi perletakan *intake* dipilih pada daerah belokan sungai guna menghindari penumpukan sedimen. Tipe konstruksi *intake* yang digunakan umumnya pada *intake* sungai digunakan tipe *shore intake*. Selain itu ada juga yang menggunakan *tower intake*, *siphone well intake*, *suspended intake*, dan *floating intake*.



**Gambar 2.1** Shore Intake dan river Intake

Sumber : google.com

### 2.2.2 Bar Screen

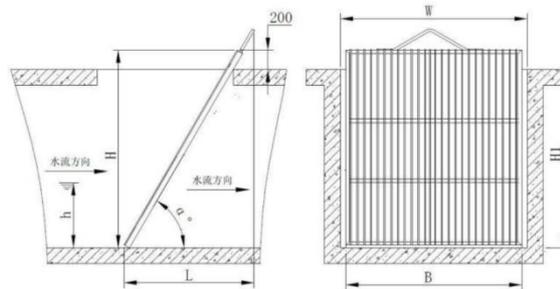
Pada umumnya *screen* dilakukan pada tahap awal dalam pengolahan. Saringan sebagai penggunaan umum dapat dipakai untuk memisahkan berbagai macam benda padat dengan ukuran besar yang terdapat pada air baku, misalnya seperti kertas, plastik, kayu, dan lainnya. *Screen* atau saringan dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu saringan kasar (*coarse screen*) dan saringan halus (*fine screen*). Saringan kasar diletakkan pada awal proses. Tipe yang umumnya digunakan antara lain *bar rack* atau *bar screen*, *coarse woven-wire screen* dan *commuter*. Saringan halus memiliki bukaan 2,3 - 6 mm, halus pembersihannya dilakukan secara mekanis. Beberapa tipe *screen* yang sangat halus juga telah dikembangkan untuk dipakai pada pengolahan sekunder (Said, 2017).

*Bar screen* terdiri dari batang baja yang dilas pada kedua ujungnya terhadap dua batang baja horizontal. Penggolongan *bar screen* yaitu saringan kasar, saringan halus dan saringan sedang yang tergantung berdasarkan jarak antar batang (*bar*). Saringan halus memiliki rentang jarak antar batang 1,5-13mm, saringan sedang memiliki rentang jarak antar batang 13-25 mm, dan saringan kasar jarak antar batang 32-100 mm. Saringan halus terdiri atas *fixed screen* dan *movable screen*. *Fixed* atau *static screen* dipasang permanen dengan posisi vertikal, miring atau horizontal. *Movable screen* harus dibersihkan secara berkala. Menurut (Said, 2017) Beberapa kriteria yang harus diperhatikan dalam merencanakan *bar screen* antara lain adalah :

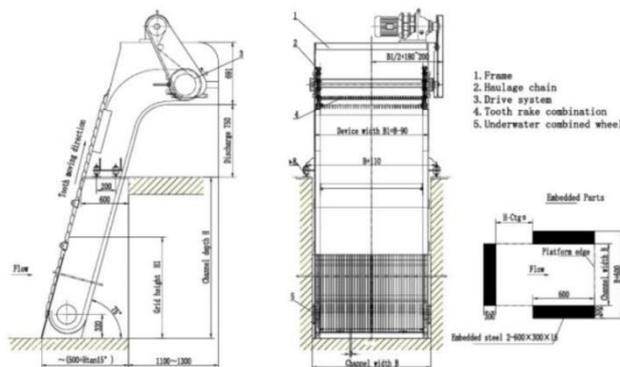
1. Kecepatan atau kapasitas rencana

2. Jarak antar bar
3. Ukuran bar (batang)
4. Sudut inklinasi
5. *Headloss* yang diperbolehkan

Dalam pengolahan air limbah, screen digunakan untuk melindungi pompa, *valve*, saluran pipa, dan peralatan lainnya dari kerusakan atau tersumbat oleh benda-benda tersebut. *Bar screen* terbagi lagi menjadi dua, yaitu secara manual maupun mekanik.



**Gambar 2.2** *Manual bar screen*



**Gambar 2.3** *Mechanical Bar Screen*

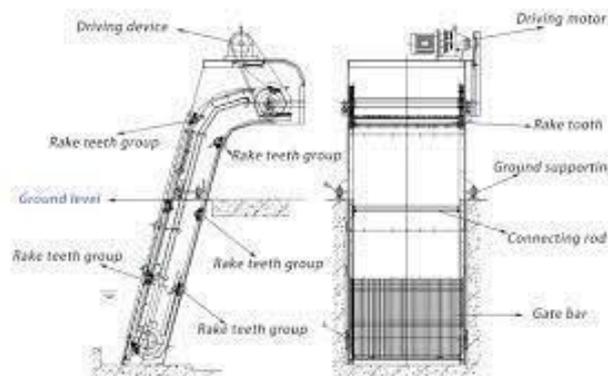
Sumber : google.com

**a. Coarse Screen (Penyaring Kasar)**

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 horisontal.



**Gambar 2.4** Coarse Screen

Sumber : google.com

**Tabel 2.1** Kriteria Desain Coarse Screen

| Parameter                    | U.S Customary Units |         |         | SI Units           |        |         |
|------------------------------|---------------------|---------|---------|--------------------|--------|---------|
|                              | Metode Pembersihan  |         |         | Metode pembersihan |        |         |
|                              | Unit                | Manual  | Mekanis | Unit               | Manual | Mekanis |
| Ukuran batang                |                     |         |         |                    |        |         |
| Lebar                        | In                  | 0,2-0,6 | 0,2-0,6 | mm                 | 5,0-15 | 5,0-15  |
| Kedalaman                    | In                  | 1,0-1,5 | 1,0-1,5 | mm                 | 25-38  | 25-38   |
| Jarak antar batang           | In                  | 1,5-2,0 | 0,3-0,6 | mm                 | 25-50  | 15-75   |
| Kemiringan terhadap vertikal | o                   | 30-45   | 0-30    | o                  | 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 |         |         |
| Headloss  | In   | 6       | 6-2,4    | mm  | 150     | 150-600 |

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

Berdasarkan Qasim & Zhu (2017), untuk menghitung desain unit *screen* dilakukan tahap sebagai berikut :

1. Lebar *screen*

$$L_{Screen} = n_{Bukaan} \times r + n_{Kisi} \times d$$

Dengan :

$$L_{Screen} = \text{lebar screen (m)}$$

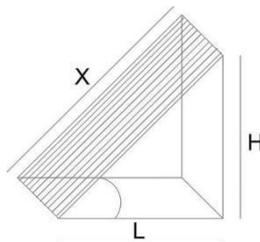
$$n_{Bukaan} = \text{jumlah bukaan (buah)}$$

$$r = \text{jarak antar kisi (m)}$$

$$n_{Kisi} = \text{jumlah kisi atau bar, } n_{Bukaan} - 1 \text{ (buah)}$$

$$d = \text{lebar kisi (m)}$$

2. Dimensi *screen*



$$X = \frac{H}{\sin \theta}$$

$$L = \frac{H}{\text{Tg } \theta}$$

Dengan :

$$X = \text{panjang kisi (m)}$$

$$L = \text{panjang screen (m)}$$

$$H = \text{tinggi total screen (m)}$$

$$\theta = \text{kemiringan horizontal (derajat)}$$

3. Kecepatan melalui kisi:

$$V_2 = \frac{Q}{n_{Bukaan} \times r \times h_{Aliran}}$$

Dengan :

$h_L$  = kecepatan setelah melalui kisi (m/detik)

$\beta$  = debit (m<sup>3</sup>/detik)

$h_{Aliran}$  = tinggi kedalaman air (m)

4. Headloss saat *non-clogging* dan *clogging*:

$$h_L = \left(\frac{W}{b}\right)^{4/3} \times h_v \times \sin \theta$$

$$h_L = \frac{1}{C_d} \times \frac{(V_2)^2 \times (V)^2}{2 \times g}$$

Dengan:

$h_L$  = headloss (m)

$\beta$  = nilai faktor tipe batang

$W$  = total lebar kisi,  $n_{Kisi} \times d$  (m)

$b$  = total lebar bukaan,  $n_{Bukaan} \times r$  (m)

$h_v$  = total kecepatan aliran saat masuk screen (m)

$C_d$  = koef. discharge (saat *non-clogging* = 0,7 dan saat *clogging* = 0,6)

### 2.2.3 Bak Pengumpul

Bak pengumpul bertujuan untuk menampung air sementara dan padatan kasar yang mudah mengendap dan terdapat pada aliran air seperti pasir (Metcalf & Eddy, 2003). Selain bertujuan untuk menampung air, bak pengumpul juga berfungsi untuk mengontrol fluktuasi dari aliran air yang akan diolah agar memberikan kondisi aliran yang stabil pada proses pengolahan selanjutnya.

Cara kerja bak pengumpul ini adalah ketika air yang keluar dari proses produksi, maka selanjutnya air dialirkan menuju bak pengumpul. Pada bak pengumpul debit air diatur agar dapat memenuhi kriteria perencanaan pada unit bangunan selanjutnya. Rumus yang digunakan pada unit ini adalah sebagai berikut:

1. Volume Bak Penampung

$$V = Q \times t_d$$

Dengan :

V = Volume bak penampung ( $m^3$ )

Q = Debit air ( $m^3/s$ )

td = Waktu detensi (s)

2. Ketinggian total bak penampung

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

Dengan :

H<sub>Total</sub> = Kedalaman total bak penampung (m)

H = Kedalaman bak penampung (m)

F<sub>b</sub> = 10% - 30% H

#### 2.2.4 Prasedimentasi

Prasedimentasi biasa digunakan untuk menghilangkan partikel padat seperti kerikil dan pasir yang berasal dari air sungai sebelum dipompa ke unit pengolahan. Prasedimentasi merupakan salah satu unit pada bangunan pengolahan air minum yang umumnya digunakan sebagai pengolahan pendahuluan. Bentuk unit prasedimentasi yang umum digunakan adalah *rectangular* dan *circular* serta terdiri dari empat zona, yaitu zona inlet, zona pengendapan, outlet, dan zona lumpur. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengendapan adalah overflow rate,  $v_{horizontal}$  ( $v_h$ ), bilangan Reynold partikel, serta karakteristik aliran (Reynolds & Richards, 1996). Bak pengendap pertama terdiri dari empat ruangan fungsional yaitu:

1. Zona Inlet

Tempat memperhalus aliran transisi dari aliran influen ke aliran *steady uniform* di zona settling (aliran laminar).

2. Zona Pengendapan

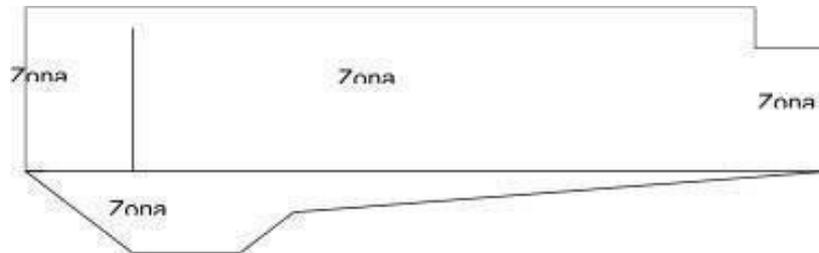
Tempat berlangsungnya proses pengendapan/pemisahan partikel-partikel diskrit di dalam air.

3. Zona Lumpur

Tempat menampung material yang diendapkan bersama lumpur endapan.

4. Zona Outlet

Tempat memperhalus aliran transisi dari zona settling ke aliran efluen serta mengatur debit efluen (Qasim et al., 2000).



**Gambar 2.5** Tampak Samping Unit Prasedimentasi

Menurut Metcalf & Eddy (2003) terdapat beberapa kriteria yang perlu diperhatikan untuk mendesain unit prasedimentasi, antara lain: *detention time*, *overflow rate*, *average flow*, *peak hourly flow*, dan *weir loading*. Kriteria desain unit prasedimentasi dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

**Tabel 2.2** Desain Tipikal Prasedimentasi

| Primary sedimentation tanks followed by secondary treatment |                        |               |        |                                   |         |     |
|---|------------------------|---------------|--------|-----------------------------------|---------|-----|
| Detention Time  | h                      | 1,5-2,5       | 2      | h                                 | 1,5-2,5 | 2   |
| Overflow rate   |                        |               |        |                                   |         |     |
| Average flow  | Gal/ft <sup>2</sup> .d | 800-1200      | 1000   | m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> .d | 30-50   | 40  |
| Peak hourly flow  | Gal/ft <sup>2</sup> .d | 2000-3000     | 2500   | m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> .d | 80-120  | 100 |
| Weir loading  | Gal/ft.d               | 10.000-40.000 | 20.000 | m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> .d | 125-500 | 250 |
| Primary settling with waste activated-sludge return         |                        |               |        |                                   |         |     |
| Detention Time  | h                      | 1,5-2,5       | 2      | h                                 | 1,5-2,5 | 2   |
| Overflow rate   |                        |               |        |                                   |         |     |
| Average flow  | Gal/ft <sup>2</sup> .d | 600-800       | 700    | m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> .d | 24-32   | 28  |
| Peak hourly flow  | Gal/ft <sup>2</sup> .d | 1200-1700     | 1500   | m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> .d | 48-70   | 60  |
| Weir loading  | Gal/ft.d               | 10.000-40.000 | 20.000 | m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> .d | 125-500 | 250 |

(Sumber: Metcalf & Eddy (2003 hal 398))

Rumus – rumus yang biasanya dipergunakan dalam perhitungan prasedimentasi yaitu :

1. Settling Zone

a. Kecepatan Pengendapan

$$t = v_s = \frac{8}{10} \times \frac{(S_s - 1)d^2}{\nu}$$

Dimana :

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/d^2$ )

$S_s$  = berat jenis partikel

$d$  = diameter partikel (m)

$\nu$  = viskositas kinematis ( $m^2 /dt$ )

b. Kecepatan Aliran ( $V_h$ )

$$N_{re} = \frac{l}{\mu T d}$$

Dimana :

$l$  = panjang (m)

$t_d$  = waktu detensi

c. Reynold number ( $N_{re}$ )

$$N_{re} = \frac{v_h \times R}{\mu}$$

Dimana :

$v_h$  = kecepatan aliran (m/det)

$R$  = jari-jari hidrolis (m)

$\mu$  = absolute viskositas (m/s)

d. Froude number ( $N_{fr}$ )

$$N_{fr} = \frac{v_h^2}{g \times R}$$

Dimana :

$v_h$  = kecepatan aliran (m/det)

$R$  = jari-jari hidrolis (m)

$\mu$  = absolute viskositas (m/s)

e. Kecepatan Scouring ( $V_{sc}$ )

$$V_{cs} = \sqrt{\frac{8 \times \beta \times g \times (\rho_s - \rho_w) \times NFr}{\alpha \times \rho_w}}$$

Dimana :

$V_{sc}$  = kecepatan scoring (m/det)

$\rho$  sludge = 2650 kg/m<sup>3</sup>

$\rho_w$  air = 997 kg/m<sup>3</sup> (Reynold, 1996)

Kontrol pengerusan (scouring)  $\beta = 0,02-0,12$ ;  $\alpha = 0,03$

2. Inlet Zone

a. Luas Permukaan pintu air

$$A = \frac{Q}{v}$$

Dimana :

Q = debit (m<sup>3</sup>/s)

V = kecepatan aliran (m/s)

b. Headloss di Saluran Pengumpul

$$V = \frac{1}{gn} \left( \frac{w \times h}{w+2h} \right)^{2/3} \left( \frac{H_f}{l} \right)^{2/3}$$

Dimana :

w = lebar saluran pengumpul

l = panjang saluran pengumpul

n = koef manning

c. *Headloss* Pintu air

$$H_f = \frac{Q}{2.746 \times H^{2/3} \times Lp}$$

Dimana :

Q = debit (m<sup>3</sup>/s)

h = tinggi saluran pengumpul

Lp = lebar saluran pengumpul

3. Outlet zone

$$Q = 1,84 \times B \times H^{2/3}$$

Dimana :

- Q = debit (m<sup>3</sup>/s)  
 h = tinggi saluran pengumpul  
 B = lebar pelimpah/gutter (m)

4. Sludge zone

$$V = \frac{1}{3} \times t \times (A1 + A2 + \sqrt{A1 + A2})$$

Dimana:

- V = volume ruang lumpur (m<sup>3</sup>)  
 t = tinggi ruang lumpur (m)  
 A1 = luas atas (m<sup>2</sup>)  
 A2 = luas bawah (m<sup>2</sup>)

**2.2.5 Koagulasi**

Koagulasi didefinisikan sebagai proses destabilisasi muatan koloid padatan tersuspensi termasuk bakteri dan virus dengan suatu koagulan, sehingga terbentuk flok-flok halus yang dapat diendapkan. Koagulan atau flokulan dibubuhkan ke dalam air yang dikoagulasi yang bertujuan untuk memperbaiki pembentukan flok dan untuk mencapai sifat spesifik flok yang diinginkan. Koagulan adalah zat kimia yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif partikel di dalam suspensi. Zat ini merupakan donor muatan positif yang digunakan untuk men-destabilisasi muatan negatif partikel (Pulungan, 2012). Pada tabel 2.3 dapat dilihat koagulan yang umum digunakan pada pengolahan air.

**Tabel 2.3** Jenis-Jenis Kogulan

| Nama             | Formula  | Bentuk         | Reaksi dengan Air | pH Optimum |
|------------------|--|----------------|-------------------|------------|
| Aluminium sulfat | Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> . X H <sub>2</sub> O<br>x = 14,16,18 | Bongkah, bubuk | Asam              | 6,0 – 7,8  |
| Sodium aluminate | Na <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>4</sub>                                       | Bubuk          | Basa              | 6,0 – 7,8  |

|                              |                            |                 |      |           |
|------------------------------|----------------------------|-----------------|------|-----------|
| Poly aluminium chloride, PAC | $Al_n(OH)_mCl_3$<br>n-m    | Cairan, bubuk   | Asam | 6,0 – 7,8 |
| Ferric sulfate               | $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$ | Kristal halus   | Asam | 4 – 9     |
| Ferri klorida                | $FeCl_3 \cdot 6H_2O$       | Bongkah, cairan | Asam | 4 – 9     |
| Ferro Sulfat                 | $FeSO_4 \cdot 7H_2O$       | Kristal halus   | Asam | > 8,5     |

*Sumber: Sugiarto (2006)*

Penambahan dosis koagulan yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan kekeruhan yang lebih rendah. Dosis koagulan yang dibutuhkan untuk pengolahan air tidak dapat diperkirakan berdasarkan kekeruhan, tetapi harus ditentukan melalui percobaan pengolahan. Tidak setiap kekeruhan yang tinggi membutuhkan dosis koagulan yang tinggi. Jika kekeruhan dalam air lebih dominan disebabkan oleh lumpur halus atau lumpur kasar maka kebutuhan akan koagulan hanya sedikit, sedangkan kekeruhan air yang dominan disebabkan oleh koloid akan membutuhkan koagulan yang banyak. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi koagulan yaitu :

#### 1. Pengaruh pH

Pada koagulan terdapat range pH optimum. Luasnya range pH koagulan ini dipengaruhi oleh jenis-jenis konsentrasi koagulan yang dipakai. Hal ini penting untuk menghindari adanya kelarutan koagulan. Proses koagulan pH yang terbaik adalah 6-9.

#### 2. Pengaruh Temperatur

Pada temperatur yang rendah reaksi lebih lambat dan viskositas air menjadi lebih besar sehingga flok lebih sukar mengendap.

#### 3. Dosis Koagulan

Air dengan kekeruhan yang tinggi memerlukan dosis koagulan yang lebih banyak. Dosis koagulan persatuan unit kekeruhan rendah, akan lebih

kecil dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan yang tinggi, kemungkinan terjadinya tumbukan antara partikel akan berkurang dan netralisasi muatan tidak sempurna, sehingga mikrofluk yang terbentuk hanya sedikit, akibatnya kekeruhan akan naik. Dosis koagulan yang berlebihan akan menimbulkan efek samping pada partikel sehingga kekeruhan akan meningkat.

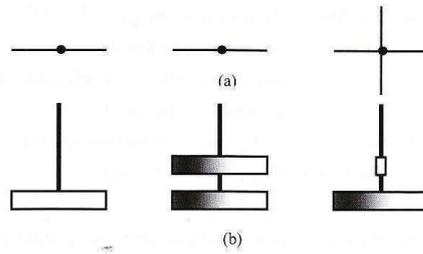
#### 4. Pengadukan (*mixing*)

Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Distribusi dalam air cukup baik dan merata, serta masukan energi yang cukup untuk tumbukan antara partikel yang telah netral sehingga terbentuk mikrofluk. Pada proses koagulasi ini pengadukan dilakukan dengan cepat. Air yang memiliki kekeruhan rendah memerlukan pengadukan yang lebih banyak dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan tinggi.

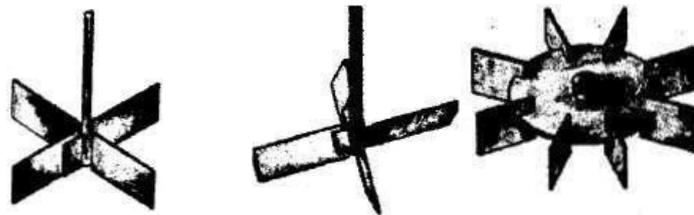
#### 5. Pengaruh Garam

Garam dapat mempengaruhi proses penggumpalan. Pengaruh yang diberikan akan berbeda bergantung dengan macam garam (ion) dan konsentrasinya. Semakin besar valensi ion, semakin besar pengaruhnya terhadap koagulan. Penggumpalan dengan garam Fe dan Al akan banyak dipengaruhi oleh anion dibanding dengan kation. Jadi natrium, kalsium, dan magnesium relatif tidak mempengaruhi (Patimah, 2009).

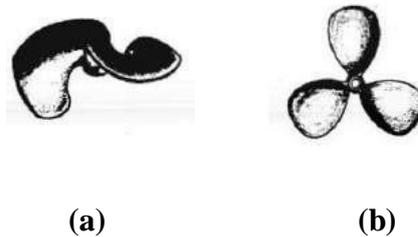
Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatik. Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor bertenaga listrik, poros pengaduk (*shaft*), dan alat pengaduk (*impeller*). Berdasarkan bentuknya terdapat tiga macam alat pengaduk, yaitu *paddle* (pedal), *turbine*, dan *propeller* (balin- balin). Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu G dan  $t_d$ . Sedangkan untuk menghitung besarnya tenaga (*power*) yang dibutuhkan, perlu memperhatikan jenis *impeller* yang digunakan dan nilai konstanta KL dan KT.



**Gambar 2.6** Tipe Paddle (a) Tampak Atas (b) Tampak Samping



**Gambar 2.7** Tipe Turbin



**Gambar 2.8** Tipe Propeller (a) 2 blade (B) 3 blade

**Tabel 2.4** Kriteria Impeller

| Tipe Impeller | Kecepatan Putaran | Dimensi  | Ket |
|---------------|-------------------|--|-----|
| Paddle        | 20-150 rpm        | diameter: 50-80% lebar bak<br>lebar: 1/6 – 1/10<br>diameter paddle |     |
| Turbine       | 10-150 rpm        | diameter: 30-50% lebar<br>bak                                      |     |

|           |                 |                       |                          |
|-----------|-----------------|-----------------------|--------------------------|
| Propeller | 400-1750<br>rpm | diameter: maks. 45 cm | Jumlah pitch<br>1-2 buah |
|-----------|-----------------|-----------------------|--------------------------|

(Sumber: Reynolds & Richards, 1996:185)

**Tabel 2.5** Nilai Waktu Pengadukan Mekanis dan Gradien Kecepatan

| Waktu Pengadukan, td<br>(detik) | Gradien Kecepatan<br>(detik <sup>-1</sup> ) |
|---------------------------------|---|
| 20                              | 1000  |
| 30                              | 900   |
| 40                              | 790   |
| 50 ≥                            | 700   |

(Sumber: Reynolds & Richards, 1996:184)

**Tabel 2.6** Konstanta KL dan KT untuk Tangki Berserat

| Jenis Impeller                                   | KL    | KT   |
|--|-------|------|
| 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 45°                     | 70,0  | 1,65 |
| Shrouded turbine, 6 curved blades                | 97,5  | 1,08 |
| Shrouded turbine, with stator, no baffles        | 172,5 | 1,12 |
| Flat paddles, 2 blades (single paddles), Di/Wi=4 | 43,0  | 2,25 |
| Flat paddles, 2 blades, Di/Wi=6                  | 36,5  | 1,70 |

|                                 |      |      |
|---------------------------------|------|------|
| Flat paddles, 2 blades, Di/Wi=8 | 33,0 | 1,15 |
| Flat paddles, 4 blades, Di/Wi=6 | 49,0 | 2,75 |
| Flat paddles, 6 blades, Di/Wi=8 | 71,0 | 3,82 |

(Sumber: Reynolds & Richards 1996:188)

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi beserta rumus perhitungannya :

1. Gradien kecepatan

Merupakan perbedaan kecepatan antara dua titik atau volume terkecil fluida yang tegak lurus perpindahan. Gradien kecepatan berhubungan dengan waktu pengadukan. Nilai G yang terlalu besar dapat mengganggu titik akhir pembentukan flok.

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu x C}}$$

Dimana :

G = gradien kecepatan (detik<sup>-1</sup>)

P = power pengaduk

$\mu$  = viskositas absolut

C = volume bak (m<sup>3</sup>)

$$G = \left[ \frac{Hf x Y}{\mu x T} \right]^{1/2}$$

Dimana :

Y = densitas

hf = kehilangan tekanan

T = waktu detensi (td)

2. Waktu Kontak (Td)

Waktu kontak adalah nilai kontak antara partikel kimia dengan air baku yang dipengaruhi oleh volume bak dan debit air baku.

$$Td = \frac{V}{Q}$$

3. Putaran Rotasi Pengaduk (n)

$$n^3 = \frac{P \times g_c}{D_t^5 \times \gamma \times K_t}$$

Dimana :

N = putaran rotasi pengaduk (rps)

P = power pengaduk

Gc = kecepatan gravitasi

Dt = diameter pengaduk

$\gamma$  = densitas air

Kt = konstanta pengaduk untuk turbulensi

#### 4. Bilangan Reynolds

$$N_{re} = \frac{D_t^2 \times n \times \gamma}{\mu}$$

Dimana :

Nre = bilangan Reynolds

n = putaran rotasi pengaduk (rps)

Dt = diameter pengaduk

$\gamma$  = densitas air

$\mu$  = viskositas absolut

### 2.2.6 Flokulasi

Flokulasi adalah proses penggabungan inti flok sehingga menjadi flok yang berukuran lebih besar. Flokulasi dibedakan menjadi :

1. Mikroflokulasi (flokulasi perikinetik) terjadi ketika partikel teragregasi karena gerakan termal acak dari molekul-molekul cairan yang disebut Brownian Motion.
2. Makroflokulasi (flokulasi ortokinetik) terjadi ketika partikel teragregasi karena adanya peningkatan gradien-gradien kecepatan dan pencampuran dalam media. Bentuk lain dari makroflokulasi disebabkan oleh pengendapan diferensial, yaitu ketika partikel-partikel besar menarik partikel-partikel kecil membentuk partikel-partikel yang lebih besar. Makroflokulasi belum efektif sampai partikel-partikel koloid mencapai ukuran 1-10  $\mu\text{m}$  melalui kontak yang didorong oleh Brownian Motion dan

sedikit pencampuran (Kristijarti et al., 2013).

Pengadukan lambat (agitasi dan *stirring*) digunakan dalam proses flokulasi, untuk memberi kesempatan kepada partikel flok yang sudah terkoagulasi untuk bergabung membentuk flok yang ukurannya semakin membesar. Selain itu, untuk memudahkan flokulan untuk mengikat flok-flok kecil dan mencegah pecahnya flok yang sudah terbentuk.

Pengadukan lambat dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik<sup>-1</sup>) selama 10 hingga 60 menit atau nilai GTd (bilangan *Camp*) berkisar 48000 hingga 210000. Gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak pecah dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar. Nilai G dan waktu detensi untuk proses flokulasi adalah :

1. Air sungai

- Waktu detensi = minimum 20 menit
- G = 10-50 detik<sup>-1</sup>

2. Air waduk

- Waktu detensi = 30 menit
- G = 10-75 detik<sup>-1</sup>

3. Air keruh

- Waktu detensi dan G lebih rendah

4. Jika menggunakan garam besi sebagai koagulan

- G tidak lebih dari 50 detik<sup>-1</sup>

5. Flokulator terdiri dari 3 kompartemen

- G kompartemen 1 : nilai terbesar
- G kompartemen 2 : 40% dari G kompartemen 1
- G kompartemen 3 : nilai terkecil

6. Penurunan kesadahan

- Waktu detensi = 30 menit
- G = 10-50 detik<sup>-1</sup>

7. Presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)

- Waktu detensi = 15-30 menit
- G = 20-75 detik-1
- GTd = 10.000-100.000

(Sumber : Masduqi & Assomadi, 2012:110)

Faktor-faktor yang berpengaruh serta rumus perhitungan pada flokulator, diantaranya yaitu :

1. Gradien Kecepatan (G)

- Baffle channel dan sistem orifice

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu \times V}}$$

- Pengaduk mekanis dengan paddle

$$G^3 = \frac{g \times h}{v \times Td}$$

Dimana :

v = viskositas kinematis

t = waktu detensi

g = percepatan gravitasi

h = headloss

2. Headloss saluran (Hf)

$$Hf \text{ akibat belokan} = k \times \frac{(vb)^2}{2 \times g}$$

Dimana :

k = konstanta empiris untuk belokan (1,5)

vb = kecepatan aliran (m/dt)

g = percepatan gravitasi (m/dt<sup>2</sup>)

3. Jumlah sekat/baffle (n) untuk *around the end*

$$N = \left\{ \left[ \frac{2 \times \mu \times t}{\rho \times (1.44 + f)} \right] \times \left[ \frac{H \times L \times G}{Q} \right]^2 \right\}^{1/3}$$

Dimana :

n = jumlah sekat

H = kedalaman air (m)

L = panjang bak (m)

|        |                                   |
|--------|-----------------------------------|
| G      | = gradien kecepatan ( $dt^{-1}$ ) |
| Q      | = debit ( $m^3/dt$ )              |
| t      | = waktu fluktuasi (dt)            |
| $\mu$  | = viskositas dinamis (kg/m.s)     |
| $\rho$ | = densitas air ( $kg/m^3$ )       |
| f      | = koefisien friksi dari sekat     |
| w      | = lebar bak (m)                   |

### 2.2.7 Sedimentasi

Sedimentasi adalah pemisahan padatan dan cairan dengan menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk memisahkan partikel tersuspensi yang terdapat dalam cairan tersebut. Proses ini sangat umum digunakan pada instalasi pengolahan air minum. Aplikasi utama dari sedimentasi pada instalasi pengolahan air minum adalah :

- Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat.
- Pengendapan air yang telah melalui proses prasedimentasi sebelum memasuki unit saringan cepat.
- Pengendapan air yang telah melalui proses penyemprotan desinfektan pada instalasi yang menggunakan pipa dosing oleh alum, soda, NaCl, dan *chlorine*.
- Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan.

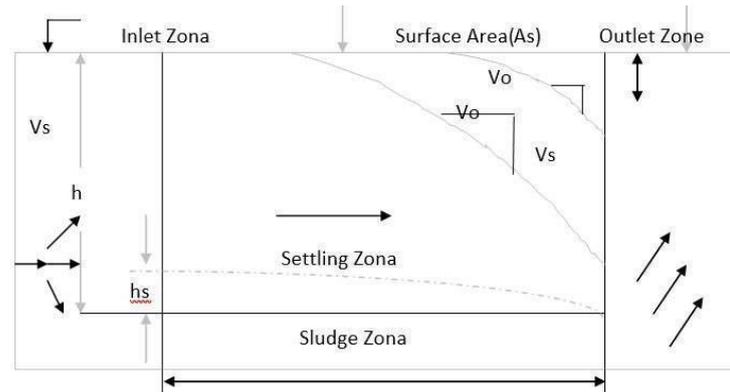
Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah :

- Pengendapan Tipe I (*Free Settling*)
- Pengendapan Tipe II (*Flocculent Settling*)
- Pengendapan Tipe III (*Zone/Hindered Settling*)
- Pengendapan Tipe IV (*Compression Settling*)

Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat empat zona :

1. Zona *Inlet*.
2. Zona *Outlet*.
3. Zona *Settling*.
4. Zona *Sludge*.

Adapun zona-zona tersebut dapat digambarkan seperti di bawah ini :

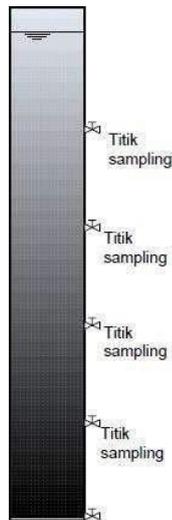


**Gambar 2.9** Zona Pada Bak Sedimentasi

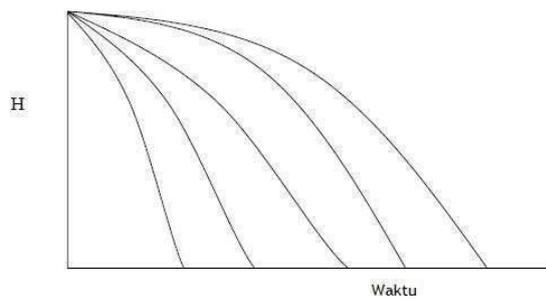
Dimana pada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut :

- Zona Inlet = Terjadi distribusi aliran yang menuju zona settling ( $\pm 25\%$  panjang bak)
- Zona Settling = Terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya
- Zona Sludge = Sebagai ruang lumpur, dimana konfigurasi dan kedalamannya tergantung pada metode pengurusan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel 75% mengendap pada  $1/5$  volume bak.
- Zona Outlet = Pada zona ini dihasilkan air yang jernih tanpa suspensi yang ikut terbawa.

Kecepatan pengendapan partikel tidak bisa ditentukan dengan persamaan *Stoke's* karena ukuran dan kecepatan pengendapan tidak tetap. Besarnya partikel yang mengendap di uji dengan *column setting test* dengan *multiple withdraw ports*. Dengan menggunakan kolom pengendapan tersebut, sampling dilakukan pada setiap *port* pada interval waktu tertentu, dan data *removal* partikel diplot pada grafik.

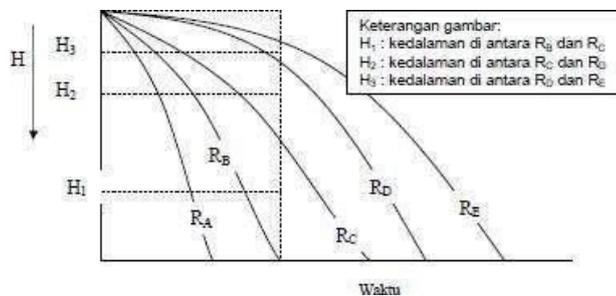


**Gambar 2.10** Kolom Test Sedimentasi Tipe II



**Gambar 2.11** Grafik Iso removal

Grafik *isoremoval* dapat digunakan untuk mencari besarnya penyisihan total pada waktu tertentu. Titik garis vertikal dari waktu yang ditentukan tersebut. Dapat menentukan kedalaman  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$ .



**Gambar 2.12** Penentuan Kedalaman H dan Seterusnya

Besarnya penyisihan total pada waktu tertentu dapat dihitung dengan

menggunakan persamaan:

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

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

1. Menghitung penyisihan total pada waktu tertentu, minimal sebanyak tiga variasi waktu. (mengulangi langkah di atas minimal dua kali)
2. Membuat grafik hubungan persen penyisihan total (sebagai sumbu y) dengan waktu pengendapan (sebagai sumbu x)
3. Membuat grafik hubungan persen penyisihan total (sebagai sumbu y) dengan *overflow rate* (sebagai sumbu x)

Kedua grafik ini digunakan untuk menentukan waktu pengendapan atau waktu detensi (td) dan *overflow rate* (Vo) yang menghasilkan efisiensi pengendapan tertentu. Hasil yang diperoleh dari kedua grafik ini adalah nilai berdasarkan eksperimen di laboratorium (secara *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 adalah 1,75 dan untuk *overflow rate*, faktor *scale up* yang digunakan pada umumnya adalah 0,65 (Reynolds & Richards, 1982). Ada dua jenis bak sedimentasi yang biasa digunakan :

a. *Horizontal - flow Sedimentation*

Desain yang baik pada bangunan ini dapat mengurangi lebih dari 95% dari kekeruhan air. Bentuknya yang persegi Panjang yang tanpa menggunakan alat pengambil lumpur mekanik mempunyai beberapa keuntungan misalnya, mempunyai kemampuan untuk menyesuaikan kondisi air seperti perubahankekeruhan, laju aliran yang meningkat ataupun debit air yang meningkat secaratiba-tiba. Sedangkan pada bentuk yang circular biasanya menggunakan pengambil lumpur mekanik.

Cara kerja bak sedimentasi bentuk rectangular (persegi panjang) yaitu, air yang mengandung flok masuk ke zona inlet kemudian masuk ke zona settling melalui baffle/sekat agar alirannya menjadi laminar. Di zona settling partikel mengendap, endapannya masuk ke zona lumpur, sedangkan supernatant (airnya) keluar melalui zona outlet. Beberapa keuntungan *horizontal-flow* dibandingkan dengan up flow adalah Lebih bisa menyesuaikan dengan variasi kualitas dan hidrolis air :

- Prosesnya memberikan bentuk yang dapat direncanakan sesuai dengan operasional dan kondisi iklim.
- Biaya konstruksi murah.
- Operasional dan perawatannya mudah.

Adapun kriteria desainnya jumlah air yang akan diolah (Q), waktu detensi, luas permukaan dan kecepatan pengendapan.

#### *b. Upflow Sedimentation*

Bangunan tipe ini biasanya digunakan bila debit air konstan dan kualitas kekeruhan tidak lebih dari 900 NTU. Kelemahan dari bangunan ini adalah tidakbisa digunakan bila kapasitasnya berlebih dan memerlukan tenaga ahli untuk mengoperasikannya. Bila dalam suatu bangunan pengolahan air lahannya terbatas bisa digunakan tipe ini untuk bak sedimentasinya karena lahan yang diperlukan untuk bangunan ini relatif kecil.

Semakin besar angka BOD menunjukkan bahwa derajat pengotoran air semakin besar (Sugiharto, 2008). Pengotoran air mengandung bahan-bahan organik, merusak kehidupan air serta menimbulkan bau. Salah satu cara untuk menurunkan polutan yaitu dengan teknologi pengolahan yang dapat dilakukan dengan cara penambahan bahan kimia untuk menetralkan keadaan dan meningkatkan pengurangan dari partikel kecil yang tercampur dilanjutkan dengan proses pengendapan untuk mengurangi bahan organik, proses ini dikenal dengan proses koagulasi yang bertujuan untuk

memisahkan koloid yang sangat halus di dalam air, menjadi gumpalan-gumpalan yang dapat diendapkan, disaring atau diapungkan.

Dengan berkurangnya bahan organik terlarut akan menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik tersebut sehingga nilai BOD akan menurun. Menurut Metcalf & Eddy (2003), adanya waktu tinggal, penambahan bahan kimia, serta pengadukan sebelum unit sedimentasi dapat meningkatkan efisiensi penyisihan BOD sekitar 50-80%.

Efisiensi pengendapan partikel flokulan dipengaruhi oleh *over flow rate*, *detention time* dan kedalaman bak pengendap. Pengaruh dari faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut :

a. Detention time (t)

Membuat bak rectangular, aliran air memiliki kecepatan horisontal ( $V_o$ ), sedangkan pengendapan partikel memiliki kecepatan pengendapan ( $V_s$ ). Waktu detensi air secara teoritis adalah :

$$T = \frac{l}{V_o}$$

Dimana :

$l$  = panjang bak

Waktu detensi secara teoritis untuk pengendapan flok adalah :

$$t_s = \frac{h}{V_s}$$

Dimana :

$h$  = kedalaman bak

Sedangkan untuk removal partikel  $t = t_s$ , maka waktu detensi dapat ditentukan oleh faktor lebar dan kedalaman bak.

b. *Over Flow Rate*

$$S_o = \frac{Q}{A}$$

Dimana :

$S_o$  = *Over flow rate* (m/jam)

$Q$  = Debit ( $m^3$ /jam)

$A_s = \text{Surface area (m}^2\text{)}$

*Over flow rate* ditentukan oleh *surface area* dimana semakin besar *surface area*, maka kecepatan pengendapan akan semakin cepat dan efisiensi bak semakin baik. Apabila  $V_o = V_s = \frac{h}{t_s}$  maka semakin besar  $h$  akan menurunkan efisiensi. Sebaliknya semakin besar waktu detensi akan meningkatkan efisiensi sedimentasi.

1. *Batch settling test*

*Batch settling test* digunakan untuk mengevaluasi karakteristik pengendapan suspensi flokulen. Diameter column untuk tes 5-8 inch (12,7 – 20,3 cm) dengan tinggi paling tidak sama dengan kedalaman bak pengendap. Sampel dikeluarkan melalui pori pada interval waktu periodik. Prosentase penghilangan dihitung untuk masing-masing sampel yang diketahui konsentrasi suspended solidnya dan konsentrasi sampel. Prosentase penghilangan diplotkan pada grafik sebagai nilai penghilangan pada grafik waktu vs kedalaman. Lalu dibuat interpolasi antara titik-titik yang diplot dan kurva penghilangan,  $R_a$ ,  $R_b$ , dst.

Dalam bangunan sedimentasi ini terdapat kriteria desain yang dapat digunakan dalam mempermudah desain. Adapun kriteria desain tersebut adalah sebagai berikut :

- Kedalaman air = 3 – 4,5 m
- Kecepatan aliran = 0,3 – 1,7 m/min
- Waktu detensi = 1,5 – 4 jam
- *Surface loading* = 1,25 – 2,5 m/jam
- Panjang/lebar = minimum  $\frac{1}{4}$
- Kedalaman air/panjang = minimum  $\frac{1}{15}$
- Weir loading rate = 9 – 13 m<sup>3</sup>/m.jam

Bak sedimentasi dapat berupa circular, rectangular atau square dengan kedalaman 2-5 m. Dimana rectangular mempunyai panjang sampai 50 m dan lebar 10 m sedangkan square tank mempunyai panjang

$\pm 2,5$  m. Slope ruang lumpur berkisar antara 2% - 6%, bilangan Reynolds < 2000 agar aliran laminar.

### **2.2.8 Filtrasi**

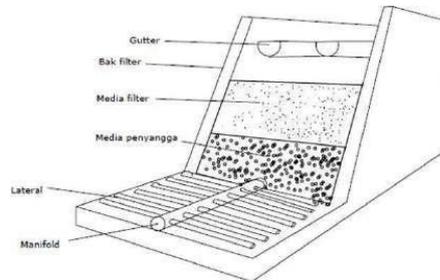
Menurut Al-Layla pada tahun 1978, partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air tidak bisa mengendap secara sempurna hanya dengan menggunakan proses sedimentasi. Untuk lebih menyempurnakan proses penyisihan partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air, dapat dilakukan dengan menggunakan proses filtrasi. Proses filtrasi sendiri adalah suatu proses di mana air dilewatkan pada pasir dan kombinasi kerikil-kerikil untuk mendapatkan hasil air yang lebih baik.

Bakteri dan sejenisnya dapat dengan efektif dihilangkan dengan menggunakan proses filtrasi. Selain itu filtrasi juga dapat mengurangi warna, rasa, bau, kadar besi juga kadar mangan yang terdapat di dalam air. Proses pengurangan kadar-kadar tersebut tidak lepas dengan adanya proses fisika dan kimia yang terjadi di dalam proses filtrasi itu sendiri. Beberapa faktor yang berkontribusi di dalam proses removal filter adalah:

1. Proses penyaringan yang terjadi di setiap lapisan permukaan filter.
2. Proses sedimentasi di dalam filter.
3. Kontak antara partikel flok dengan lapisan kerikil atau dengan flok yang sudah terkumpul di atas lapisan filter.
4. Proses adsorpsi atau proses elektrokinetik.
5. Proses koagulasi di dalam filter.
6. Proses biologis di dalam filter.
7. Penggabungan zat-zat koloid di dalam filter

Pada prosesnya, partikel tersuspensi yang ukurannya terlalu besar akan tetap tertahan di atas lapisan pasir. Namun jika ukuran partikel terlalu kecil (contohnya: partikel koloid dan bakteri) akan lebih sulit untuk dihilangkan karena akan lebih mudah lolos pada lapisan pasir ini. Pada lapisan kerikil, jarak di antara lapisan kerikil berfungsi sebagai area sedimentasi partikel tersuspensi. Namun

dapat juga digunakan oleh partikel- partikel flok yang belum seratus persen terendapkan pada bak sedimentasi untuk mengendap pada lapisan kerikil ini. Pada gambar 2.21 dapat dilihat bagian-bagian filter.



**Gambar 2.13** Bagian-Bagian Filter

Terdapat beberapa macam jenis filter modifikasi yang telah digunakan di mancanegara, antara lain *rapid sand filter*, *slow sand filter*, *pressure sand filter*, *multiple media filters*, *diatomaceous earth filters*, *upflow filters* dan lain sebagainya.

Menurut Al-Layla (1978), pada proses purifikasi air, *rapid sand filters* memiliki hasil effluent yang lebih baik jika dibandingkan dengan *slow sand filters*. Kecepatan pada *rapid sand filters* ini cukup tinggi dan laju filtrasi nya berkisar antara 4-5  $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{hr}$  (namun terkadang laju filtrasi nya dapat lebih dari 6  $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{hr}$ ). Ukuran pasir efektif yang digunakan pada filter ini berkisar antara 0,450,55 mm. Lapisan filter ini bila dilihat dari bawah terdiri dari gravel dengan tebal berkisar antara 38-60 cm, sedangkan di atasnya terdapat pasir yang tebalnya kurang lebih 80 cm. Proses *backwash* pada *rapid sand filter* berbeda dengan *slow sand filter*. Pada *rapid sand filters* waktu *backwash* ditentukan dari head loss filter saat itu.

Keuntungan menggunakan *rapid sand filters* adalah area yang digunakan tidak begitu luas, pasir yang dibutuhkan lebih sedikit, kurang sensitif terhadap perubahan kualitas air baku, dan waktu yang dibutuhkan relatif lebih cepat jika dibandingkan dengan *slow sand filters*. Sedangkan kekurangan dari *rapid sand filters* adalah tidak dapat mengurangi kadar bakteri di dalam air, membutuhkan biaya yang mahal, membutuhkan keahlian khusus dan menghasilkan lumpur yang banyak.

Media filter dapat tersusun dari pasir silika alami, anthrazit, atau pasir garnet. Media ini umumnya memiliki variasi dalam ukuran, bentuk dan komposisi kimia. Pemilihan media filter yang digunakan dilakukan dengan analisis ayakan. Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif dan keseragaman media yang diinginkan. *Effective Size* (ES) atau ukuran efektif media filter adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10% dari total kedalaman lapisan media filter atau 10% dari fraksi berat, ini sering dinyatakan sebagai P10 (persentil 10). P10 yang dapat dihitung dari rasio ukuran rata-rata dan standar deviasinya.

*Uniformity Coefficient* (UC) atau koefisien keragaman adalah angka keseragaman media filter yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60 % fraksi berat terhadap ukuran (*size*). Kriteria untuk keperluan *rapid sand filter* adalah:

Single media pasir: UC = 1,3 – 1,7

ES = 0,45 – 0,7 mm

Untuk dual media: UC = 1,4 – 1,9

ES = 0,5 – 0,7 mm

Pada perancangan bangunan air minum kali ini, kami menggunakan filter pasir cepat atau *rapid sand filter* adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 6 hingga 11 m/jam. Filter ini selalu didahului dengan proses koagulasi- flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan pada influen filter pasir cepat berkisar 5-10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90-98% (Masduqi & Assomadi, 2012:171).

**Tabel 2.14** Kriteria Perencanaan Filter Pasir Cepat

| No | Unit | Jenis Saringan |
|----|------|----------------|
|----|------|----------------|

|    |   | Saringan Biasa (Gravitasi)              | Saringan dengan Pencucian Antar Saringan | Saringan Bertekanan                     |
|----|---|---|--|---|
| 1. | Jumlah bak saringan                     | $N = 12 Q^{0,5}$                        | Minimum 5 bak                            |   |
| 2. | Kecepatan prnyaringan (m/jam)           | 6-11                                    | 6-11                                     | 12-33                                   |
| 3. | Pencucian                               |   |  |   |
|    | Sistem pencucian                        | Tanpa/dengan blower & atau surface wash | Tanpa/dengan blower & atau surface wash  | Tanpa/dengan blower & atau surface wash |
|    | Kecepatan (m/jam)                       | 36-50                                   | 36-50                                    | 36-50                                   |
|    | Lama pencucian (menit)                  | 10-15                                   | 10-15                                    | 10-15                                   |
|    | Periode antara dua pencucian (jam)      | 18-24                                   | 18-24                                    | -                                       |
|    | Ekspansi (%)                            | 30-50                                   | 30-50                                    | 30-50                                   |
| 4. | Media pasir :                           |   |  |   |
|    | Tebal (mm)                              | 300-700                                 | 300-700                                  | 300-700                                 |
|    | Single media                            | 600-700                                 | 600-700                                  | 600-700                                 |
|    | Media ganda                             | 300-600                                 | 300-600                                  | 300-600                                 |
|    | Ukuran efektif, ES (mm)                 | 0,3-0,7                                 | 0,3-0,7                                  | 0,3-0,7                                 |
|    | Koefisien keseragaman, UC               | 1,2-1,4                                 | 1,2-1,4                                  | 1,2-1,4                                 |
|    | Berat jenis ( $\text{kg}/\text{dm}^3$ ) | 2,5-2,65                                | 2,5-2,65                                 | 2,5-2,65                                |

|                   |   |         |         |         |
|-------------------|---|---------|---------|---------|
|                   | Porositas   | 0,4     | 0,4     | 0,4     |
|                   | Kadar SiO <sub>2</sub>                              | >95%    | >95%    | >95%    |
| 5                 | Media antrasit                                      |         |         |         |
|                   | Tebal (mm)  | 400-500 | 400-500 | 400-500 |
|                   | ES (mm)   | 1,2-1,8 | 1,2-1,8 | 1,2-1,8 |
|                   | UC  | 1,5     | 1,5     | 1,5     |
|                   | Berta jenis (kg/dm <sup>3</sup> )                   | 1,35    | 1,35    | 1,35    |
|                   | porositas   | 0,5     | 0,5     | 0,5     |
| 6                 | Filter bottom/dasar saringan                        | 80-100  |         |         |
|                   | 1) Lapisan Penyangga dari atas ke bawah             | 2-5     |         |         |
|                   | Kedalaman (mm)                                      | 80-100  | 80-100  | -       |
|                   | Ukuran butir (mm)                                   | 5-10    | 5-10    | -       |
|                   | Kedalaman (mm)                                      | 80-100  | 80-100  | -       |
|                   | Ukuran butir (mm)                                   | 5-10    | 5-10    | -       |
|                   | Kedalaman (mm)                                      | 80-100  | 80-100  | -       |
|                   | Ukuran butir (mm)                                   | 10-15   | 10-15   | -       |
|                   | Kedalaman (mm)                                      | 80-150  | 80-150  | -       |
| Ukuran butir (mm) | 15-30   | 15-30   | -       |         |
| 2) Filter Nozel   |   |         |         |         |
|                   | Lebar slot nozel (mm)                               | <0,5    | <0,5    | <0,5    |
|                   | Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%) | >4%     | >4%     | >4%     |

(sumber : SNI 6774-2008)

Rumus-rumus yang akan digunakan dalam perhitungan unit pengolahan ini ialah :

1. Luas Permukaan Bak

$$A = \frac{Q}{v}$$

Dimana :

A = Luas permukaan bak filtrasi (m<sup>2</sup>)

Q = debit (m<sup>3</sup>/dtk)

V = kecepatan filtrasi (m/s)

## 2. Jumlah Bak Filtrasi

$$N = 1.2 Q^{0.5}$$

Dimana :

N = jumlah bak filtrasi

Q = debit filtrasi (m<sup>3</sup>/dtk)

## 3. Headloss (Persamaan Darcy-Weisbach)

$$HL = f \frac{Lv^2}{D \times 2g}$$

Dimana :

HL = kehilangan tekanan akibat gesekan (m)

f = koef kekasaran pipa

L = panjang pipa (m)

V = kecepatan aliran (m/s)

D = diameter pipa (m)

## 4. Nre (Bilangan Reynold)

$$Nre = \frac{v d V}{\mu}$$

Dimana :

$\rho$  = berat jenis (m<sup>3</sup>/s)

$\nu$  = viskositas dinamis (N/ms<sup>2</sup>)

$\mu$  = viskositas kinematis

## 5. CD (koefisien drag)

$$\text{Untuk } Nre < 1, CD = \frac{24}{Nre}$$

$$\text{Untuk } 1 < Nre < 10^4, CD = \frac{24}{Nre} + \frac{3}{\sqrt{Nre}} + 0,34$$

$$\text{Untuk } Nre > 10^4 = 0,4$$

Dimana :

$C_D$  = koefisien drag

$N_{re}$  = bilangan reynold

### 2.2.9 Desinfeksi

Salah satu persyaratan kualitas air minum adalah persyaratan mikrobiologis, yaitu air harus bebas dari mikroorganisme patogen. Desinfeksi merupakan proses membebaskan air minum dari mikroorganisme patogen. Metode desinfeksi secara umum ada dua, yaitu cara fisik dan cara kimiawi. Desinfeksi secara fisik adalah perlakuan fisik terhadap mikroorganisme, yaitu panas dan cahaya yang mengakibatkan matinya mikroorganisme. Sedangkan metode desinfeksi secara kimiawi adalah memberikan bahan kimia ke dalam air sehingga terjadi kontak antara bahan tersebut dengan mikroorganisme yang berakibat matinya mikroorganisme tersebut.

Desinfeksi secara kimia menggunakan larutan kaporit, gas klor dan gas ozon. Sedangkan desinfeksi secara fisik menggunakan gelombang mikro dan sinar ultraviolet. Untuk membunuh mikroorganisme bersifat patogen terkandung dalam air, desinfektan/bahan desinfeksi yang digunakan adalah kaporit, bromin klorida, gas klor, gas iod, ozon dan Kalium Permanganat. Kemampuan desinfeksi dalam pengolahan air minum adalah :

1. Menghilangkan bau
2. Mematikan alga
3. Mengoksidasi nitrit menjadi nitrat
4. Mengoksidasi ammonia menjadi senyawa amina
5. Mengoksidasi fenol menjadi fenol yang tidak berbahaya

Macam-macam faktor yang mempengaruhi efisiensi desinfeksi adalah :

1. Waktu kontak
2. Konsentrasi desinfeksi
3. Jumlah mikroorganisme
4. Temperatur air

## 5. pH

### 6. Adanya senyawa lain dalam air

Dalam perancangan kali ini, kami menggunakan metode desinfeksi dengan gas klor. Metode ini bertujuan untuk mengoksidasi logam-logam, membunuh mikroorganisme seperti plankton dan juga membunuh spora dari lumut, jamur, dan alga. Konsentrasi yang diberikan adalah 2-3 gr/m<sup>3</sup> air, tergantung pada turbiditas air (Benny, 2008).

Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih besar dari aerasi, dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik pada 8-8,3 oksidasi besi membutuhkan waktu 15-30 menit. Pada umumnya proses standar penurunan Fe dan Mn menggunakan koagulasi dengan alum, flokulasi, pengendapan, dan filtrasi dengan didahului proses preklorinasi. Dosis sisa klor yang dianjurkan 0,2-0,5 mg/l (Said, 2009).

Perlu dilakukan percobaan Daya Pengikat Chlor (DPC) untuk mengetahui dosis senyawa chlor (Cl<sub>2</sub>) yang dibutuhkan oleh air untuk proses desinfeksi (membunuh bakteri). Daya Pengikat Chlor ditentukan cara selisih antara chlor yang dibubuhkan dengan sisa chlor setelah kontak setelah kontak selama 30 menit (Sawyer et al., 2003).

### **2.2.10 Reservoir**

Reservoir adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya Reservoir ini diperlukan pada suatu sistem penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Reservoir mempunyai fungsi dan peranan tertentu yang diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan dengan baik.

Fungsi utama dari Reservoir adalah untuk menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air. Seringkali untuk waktu yang bersamaan, debit produksi air bersih tidak dapat selalu sama besarnya dengan debit pemakaian air. Pada saat jumlah produksi air bersih lebih besar daripada jumlah pemakaian air, maka kelebihan air tersebut untuk sementara disimpan dalam Reservoir, dan

digunakan kembali untuk memenuhi kekurangan air pada saat jumlah produksi air bersih lebih kecil daripada jumlah pemakaian air. Dalam perancangan kali ini menggunakan Reservoir Menara (*Elevated Reservoir*) Reservoir menara adalah Reservoir yang seluruh bagian penampungan dari Reservoir tersebut terletak lebih tinggi dari permukaan tanah sekitarnya.



**Gambar 2.15** Reservoir Menara

Berdasarkan bahan konstruksinya, maka jenis Reservoir dapat dibagi menjadi 3 yaitu :

1. Reservoir Tanki Baja

Banyak Reservoir menara dan “*standpipe*” atau Reservoir tanah yang dikonstruksi dari bahan baja yang dibaut atau dilas. Karena baja beresiko terhadap karat dan mudah menyerap panas, maka perlu dicat dan dilindungi dengan “*Cathodic Protection*”. Biasanya tangki baja jauh lebih murah dari tangki beton.



### Gambar 2.16 Reservoir Tangki Baja

#### 2. Reservoir Beton Cor

Tanki dan Reservoir beton pertama kali dibuat tanpa penutup. Perkembangan selanjutnya konstruksi ini memakai penutup dari kayu atau beton. Dengan tutup ini maka masalah sanitasi akan terselesaikan. Kelebihan dari menggunakan beton cor adalah kedap air dan tidak mudah bocor. Kelemahan umum dari bahanbeton adalah biaya konstruksi yang relatif lebih tinggi.



Gambar 2.17 Reservoir Beton Cor

#### 3. Reservoir *Fiberglass*

Penggunaan *fiberglass* sebagai bahan untuk membuat Reservoir memiliki beberapa kelebihan seperti ringan, tekstur dinding tanki kaku dan terlihat kuat. Namun dari kelebihan yang dimiliki, adapun kekurangan yang dimiliki yaitu rentan terhadap benturan dan dinding tanki mudah retak, tidak tahan terhadap UV dan oksidasi bila terjemur sinar matahari.

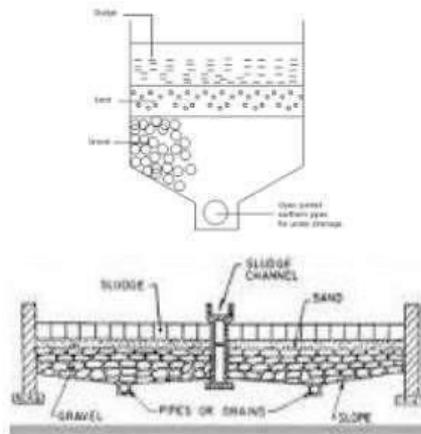


Gambar 2.18 Reservoir *Fiberglass*

### 2.2.11 Sludge Drying Bed

*Sludge Drying Bed* pada umumnya digunakan untuk pengumpulan padatan lumpur / *sludge* dengan ukuran padatan yang relatif kecil hingga sedang. Dalam prosesnya, lumpur / *sludge* diletakkan pada kolam memiliki kedalaman lapisan lumpur yang berkisar antara 200-300 mm. Selanjutnya lumpur tersebut dibiarkan mengering. Pengurangan kadar air dalam *sludge drying bed* terjadi karena adanya saluran drainase yang terletak di dasar kolam dan akibat proses penguapan. Kebanyakan hilangnya kadar air dari *sludge drying bed* diakibatkan oleh pengurasan pada saluran drainase. Oleh karena itu, kecermatan dalam penentuan dimensi pipa drainase sangat dibutuhkan. *Sludge drying bed* pada umumnya dilengkapi dengan saluran drainase lateral (pipa PVC berpori atau pipa yang diletakkan di dasar dengan open join). (Metcalf & Eddy, 2003)

Saluran drainase memiliki persyaratan minimal kemiringan yaitu sekitar 1% (0,01 m/m) dengan jarak antar saluran drainase pada masing-masing partisi sekitar 2,5-6 m. Saluran drainase juga harus terlindung dari lumpur secara langsung sehingga diperlukan media yang mampu menutupi saluran drainase pada *sludge drying bed*. Media tersebut pada umumnya berupa kerikil dan juga pecahan batu yang disusun dengan ketebalan antara 230-300 mm. Ketebalan yang diatur sedemikian rupa memiliki fungsi guna menghambat laju air dan meminimasi masuknya lumpur / *sludge* ke dalam saluran drainase. Pasir yang digunakan pada media penyangga juga memiliki batasan koefisien keseragaman yang tidak lebih dari 4 dan memiliki effective size antara 0,3-0,75. Area pengeringan memiliki dimensi lebar yang dibatasi pada 6 m dengan panjang yang berkisar antara 6-30 m dan kedalaman yang berkisar antara 380-460 mm. Bahan beton disarankan digunakan sebagai bahan penyusun bangunan *sludge drying bed*. (Metcalf & Eddy, 2003)



**Gambar 2.19** *Sludge Drying Bed*

Pipa inlet pada bangunan *sludge drying bed* harus dirancang dengan kecepatan minimal 0,75 m/s dan memungkinkan untuk terjadinya proses pengurasan pada saluran drainase. Pipa besi dan PVC merupakan jenis pipa yang paling sering digunakan. Sistem penyaluran *sludge* dilakukan dengan mengalirkan air tegak lurus dengan posisi *sludge drying bed* guna mengurangi kecepatan alir saat *sludge* memasuki bangunan pengering (Metcalf & Eddy, 2003).

Padatan pada *sludge drying bed* hanya dapat dikuras dari bangunan *sludge drying bed* setelah *sludge* mengering. *Sludge* / lumpur yang telah mengering memiliki ciri yaitu memiliki permukaan yang terlihat retak dan mudah hancur serta berwarna hitam atau coklat gelap. Kadar air yang terkandung dalam *sludge* / lumpur yang telah mengering berkisar pada 60% pada rentang antara 10-15 hari. Proses pengurasan dapat dikatakan selesai apabila *sludge* / lumpur telah dikeruk menggunakan *scrapper* atau secara manual dan diangkut menggunakan truk keluar dari lokasi pengolahan. (Metcalf & Eddy, 2003)

*Sludge drying bed* yang sedang digunakan untuk proses pengeringan lumpur hendaknya ditutup guna mengisolasi dan mengantisipasi tersebarnya bau yang mungkin ditimbulkan. Akan tetapi, apabila reaktor dirancang untuk dibiarkan terbuka, hendaknya reaktor *sludge drying bed* dibangun pada jarak minimal 100m dari lokasi hunian penduduk guna mengantisipasi pencemaran udara yang diakibatkan oleh bau. (Metcalf & Eddy, 2003)

Daya tampung sludge drying bed dihitung berdasarkan perbandingan area per kapita dengan satuan *sludge* / lumpur kering dalam kg per meter persegi per tahun (kg/m<sup>2</sup>.tahun). Data tipikal untuk variasi *sludge* / lumpur yang dihasilkan akan ditunjukkan berikut ini :

**Tabel 2.7** Kriteria Kebutuhan Luas Lahan SDB Berdasarkan Tipe Tanah Solid

| Tipe Biosolid                  | Luas Lahan |           | Sludge Loading Rate |         |
|--------------------------------|------------|-----------|---------------------|---------|
|                                |            |           |                     |         |
| Primary<br>Digested            | 1-1,5      | 0,1       | 20-30               | 120-150 |
| Humus<br>Trickling Filter      | 1,25-1,75  | 0,12-0,16 | 18-25               | 90-120  |
| Lumpur<br>Activated<br>Sludge  | 1,75-2,5   | 0,16-0,23 | 12-20               | 60-100  |
| Lumpur<br>Presipitasi<br>Kimia | 2-2,5      | 0,19-0,23 | 20-23               | 100-160 |

(Sumber : Metcalf & Eddy, 2003)

Berdasarkan kebutuhan luas lahan untuk memenuhi variasi antara 70-75% *Sludge Drying Bed* terbuka.

1. Volume *cake sludge*

$$V_i = \frac{V \text{ lumpur} \times (1 - P)}{1 - P_i}$$

Dimana :

P = Kadar air

P<sub>i</sub> = Berat air dalam cake (60 – 70%)

2. Volume bed

$$V = V_i \times t_d$$

Dimana :

$V_i$  = Volume *cake sludge* ( $m^3$ )

$t_d$  = waktu detensi (detik)

3. Volume tiap bed

$$V_b = \frac{V}{\text{Jumlah bed}}$$

Dimana :

$V$  = Volume bed ( $m^3$ )

4. Dimensi tiap bed

$$A = \frac{V_b}{\text{tebal cake}}$$

$$A = L \times W$$

Dimana :

$V_b$  = volume tiap bed ( $m^3$ )

$L$  = panjang (m)

$W$  = Lebar (m)

5. Kedalaman Total

$H$  = tinggi cake + tinggi media

$$H_{\text{total}} = H + F_b$$

Dimana :

$H_{\text{total}}$  = Kedalaman total bak (m)

$F_b$  = Freeboard (10-30% kedalaman)

6. Volume air

$$V_a = \frac{\text{volume cake sludge } (V_i) - \text{volume padatan}}{\text{jumlah bed}} \times t_d$$

### 2.3 Persen Removal

Berikut merupakan persen removal pada setiap unit bangunan pengolahan air buangan yang akan digunakan :

**Tabel 2.8** Persen Removal Tiap Bangunan Pengolahan

| Jenis Bangunan | Parameter Teremoval | Kemampuan Penyisihan | Sumber |
|----------------|---------------------|----------------------|--------|
|----------------|---------------------|----------------------|--------|

|   |                |         |  |
|---|----------------|---------|--|
| Koagulasi-<br>Flokulasi-<br>Sedimentasi | TSS            | 55%     | Droste, Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment, 1997 Hal : 272  |
|   | BOD            | 25-80%  | Metcalf and Eddy, Wastewater Engginering: Treatment, Disposal, and Reuse 2003 : Hal 497  |
|   | COD            | 30-60%  | Galuh Candra Dewi, Tri Joko, 2019<br>“Kemampuan Tawas dan Serbuk Biji Asam Jawa untuk Menurunkan Kadar COD pada Limbah laundry”. Universitas Diponegoro. (Journal) |
| Filtrasi ( <i>Rapid Sand Filter</i> )   | TSS            | 90-100% | Droste, Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment, 1997 Hal : 224  |
|   | BOD            | 20-60%  | Syed, R. Qasim, Water Works Engineering : Planning, Design and Operation, 2000<br>Syed, R. Qasim, Water Works Engineering : Planning, Design and Operation, 2000   |
|   | COD            | 60-80%  |  |
| Desinfeksi                              | Total Coliform | 90-100% | Ali Masduqi, Operasi dan Proses Pengolahan Air Edisi Kedua, 2016 : Hal 216   |
|   | Fecal Coliform | 90-100% |  |

#### 2.4 Profil Hidrolis

Profil hidrolis digambarkan untuk mendapatkan tinggi muka air pada masing-masing unit instalasi. Profil ini menunjukkan adanya kehilangan tekanan (*headloss*) yang terjadi akibat pengaliran pada bangunan. Profil hidrolis adalah faktor yang penting demi terjadinya proses pengaliran air. Profil ini tergantung dari energi tekan/head tekan (dalam tinggi kolom air) yang tersedia bagi pengaliran.

Head ini dapat disediakan oleh beda elevasi (tinggi ke rendah) sehingga air pun akan mengalir secara gravitasi. Jika tidak terdapat beda elevasi yang memadai, maka perlu diberikan *head* tambahan dari luar, yaitu dengan menggunakan pompa.

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 air
- d. Kehilangan tekanan pada weir, sekat dan lain-lain harus di hitung secara khusus.

2. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris

- a. Kehilangan tekanan pada perpipaan.
- b. Kehilangan tekanan pada aksesoris.
- c. Kehilangan tekanan pada pompa.

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. 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.