

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Baku**

Air baku merupakan bahan dasar dalam proses pengolahan air minum yang diambil dari sumber-sumber yang memenuhi standar baku mutu. Sumber air yang biasa dipakai sebagai air baku yang nantinya akan digunakan untuk keperluan minum adalah air hujan, air tanah, air permukaan dan air laut. Air permukaan dan air tanah adalah sumber yang paling umum digunakan, sedangkan air laut jarang digunakan karena membutuhkan teknologi tinggi dan biaya yang mahal untuk mengolahnya. Klasifikasi kelas badan air yang akan digunakan harus diperhatikan untuk proses pengolahan yang akan direncanakan karena klasifikasi kelas yang berbeda juga mempengaruhi proses pengolahannya (Joleha & Suprayogi, 2019).

##### **2.1.1 Sumber Air Baku**

Sumber air baku yang akan digunakan sebagai air minum adalah air sungai (air permukaan). Selain air sungai, air permukaan lain contohnya adalah rawa, danau, dan mata air. Sebagai sumber air baku untuk air minum, maka air permukaan harus memenuhi kualitas kadar oksigen terlarut, pH yang sesuai, kandungan zat padat, kandungan bakteri, ketidakhadiran zat beracun, temperatur dan parameter lainnya. Air danau dan air sungai sendiri merupakan air permukaan yang umum digunakan untuk sumber air baku pengolahan air minum (Astono, 2011).

##### **2.1.2 Pemilihan Sumber Air Baku**

Menurut (Droste, 1997), dalam pemilihan sumber air baku harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut

1. Kualitas air baku.
2. Volume (kuantitas) air baku.
3. Kondisi iklim di daerah sumber air baku.
4. Lokasi sumber air baku harus tetap, tidak mengalami kemungkinan pindah atau tertutup
5. Konstruksi intake yang memenuhi syarat dan kesulitan yang kecil.
6. Kemungkinan perluasan intake di masa yang akan datang.
7. Elevasi muka air sumber mencukupi
8. Kemungkinan timbulnya pencemar di masa yang akan datang.
9. Fasilitas dan biaya operasi dan perawatan yang tersedia mencukupi.

Memilih sumber dengan kualitas yang baik merupakan pendekatan yang paling efektif untuk menentukan apakah suatu sumber air memenuhi persyaratan sebagai sumber air baku air minum. Kualitas dari sumber air bakku haruslah diperhatikan karena berpotensi mengandung berbagai macam polutan.

### 2.1.3 Persyaratan dalam Penyediaan Air Baku

Dalam penyediaan air baku, terdapat beberapa persyaratan yang harus terpenuhi dalam karakteristik air baku tersebut yaitu:

#### 1. Persyaratan Kualitas

Persyaratan kualitas menggambarkan mutu dari air baku air bersih. Persyaratan tersebut adalah sebagai berikut (Agustina, 2007):

- a. Dalam persyaratan fisik, air bersih harus jernih, tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, dan memiliki suhu sama dengan suhu udara atau kurang lebih  $\pm 25^{\circ}\text{C}$ .
- b. Dalam persyaratan kimia, air bersih tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas. Beberapa persyaratan antara lain adalah pH, total solid, zat organik,  $\text{CO}_2$  agresif, kesadahan, kalsium (Ca), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), chloride (Cl), nitrit, flourida (F), dan logam berat.
- c. Dalam persyaratan biologis, air bersih tidak boleh mengandung kuman pathogen dan parasitic yang mengganggu Kesehatan. Persyaratan biologis ditandai dengan tidak adanya bakteri *e.coli* dalam air.
- d. Dalam persyaratan radioaktif, air bersih tidak boleh mengandung zat yang menghasilkan bahan-bahan radioaktif, misalnya sinar alfa, beta dan gamma.

#### 2. Persyaratan Kuantitas (Debit)

Persyaratan kuantitas dalam penyediaan air bersih ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Artinya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan jumlah kebutuhan penduduk yang akan dilayani. Persyaratan kontinuitas juga dapat ditinjau dari standar debit air bersih yang dialirkan ke konsumen sesuai dengan jumlah kebutuhan air bersih. Kebutuhan air bersih sendiri bervariasi tergantung pada beberapa faktor seperti letak geografis, kebudayaan, tingkat ekonomi, dan skala perkotaan tempat tinggalnya (Agustina, 2007).

#### 3. Persyaratan Kontinuitas

Persyaratan kontinuitas maksudnya adalah air baku untuk air bersih harus dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relative tetap baik saat musim kemarau maupun musim hujan. Kontinuitas juga dapat diartikan bahwa air baku harus tersedia selama 24 jam perhari atau setiap kali dibutuhkan, air tersedia. Akan tetapi, kondisi ideal tersebut hampir tidak dapat dipenuhi pada setiap wilayah di Indonesia sehingga untuk menentukan tingkat kontinuitas pemakaian air dapat dilakukan dengan cara pendekatan aktifitas konsumen terhadap prioritas pemakaian air. Prioritas pemakaian air yaitu minimal selama 12 jam perhari, yaitu pada jam-jam aktivitas kehidupan sekitar pukul 06.00–18.00.

Sebagian besar konsumen memerlukan air untuk kehidupan dan pekerjaannya dalam jumlah yang tidak ditentukan. Oleh karena itu, diperlukan reservoir pelayanan dan fasilitas energi yang siap setiap saat. Sistem jaringan perpipaan didesain untuk membawa suatu kecepatan aliran tertentu. Kecepatan dalam pipa tidak boleh melebihi 0,6–1,2 m/s. Ukuran pipa harus tidak melebihi dimensi yang diperlukan dan tekanan dalam sistem harus tercukupi. Dengan analisis jaringan pipa distribusi, dapat ditentukan dimensi atau ukuran pipa yang diperlukan sesuai dengan tekanan minimum yang diperbolehkan agar kuantitas aliran terpenuhi (Agustina, 2007).

#### **2.1.4 Karakteristik Air Baku**

Air baku (air sungai) yang digunakan memiliki beberapa karakteristik sebagai berikut:

##### **A. Kekeruhan**

Kekeruhan pada air sungai disebabkan oleh banyaknya material yang tersuspensi di dalam air sungai, seperti tanah, lumpur dan bahan-bahan organik lainnya. Sedimen tersuspensi dari daratan dibawa oleh aliran permukaan saat hujan turun (Johnson & Moldenhauer, 1969).

##### **B. TSS (*Total Suspended Solid*)**

Materi yang tersuspensi adalah materi yang mempunyai ukuran lebih kecil dari pada molekul atau ion yang terlarut. Materi tersuspensi ini dapat digolongkan menjadi dua, yakni zat padat dan koloid. Zat padat tersuspensi dapat mengendap apabila keadaan air cukup tenang, ataupun mengapung apabila sangat ringan; materi ini pun dapat disaring. Koloid sebaliknya sulit mengendap dan tidak dapat disaring dengan (filter) air biasa. Semakin tinggi kandungan bahan tersuspensi tersebut, maka air semakin keruh (Effendi, 2003).

Materi tersuspensi mempunyai efek yang kurang baik terhadap kualitas air karena menyebabkan kekeruhan dan mengurangi cahaya yang dapat masuk ke dalam air. Oleh karenanya, manfaat air dapat berkurang, dan organisme yang butuh cahaya akan mati. Setiap kematian organisme akan menyebabkan terganggunya ekosistem akuatik. Apabila jumlah materi tersuspensi ini banyak dan kemudian mengendap, maka pembentukan lumpur dapat sangat mengganggu dalam saluran, pendangkalan cepat terjadi, sehingga diperlukan pengerukan lumpur yang lebih sering. Apabila zat-zat ini sampai di muara sungai dari bereaksi dengan air yang asri, maka baik koloid maupun zat terlarut dapat mengendap di muara. Proses inilah yang menyebabkan terbentuknya delta-delta. Dapat dimengerti, bahwa pengaruhnya terhadap kesehatan pun menjadi tidak langsung (Effendi, 2003).

### **C. Besi (Fe)**

Besi adalah salah satu dari unsur-unsur logam berat dalam air permukaan dan air tanah. Perairan yang mengandung logam berat khususnya besi sangat tidak dianjurkan untuk keperluan rumah tangga, karena dapat menyebabkan bekas karat pada pakaian, porselen, alat-alat lainnya serta menimbulkan rasa yang tidak enak pada air minum dan menyebabkan warna air menjadi kekuningan atau kecokelatan pada konsentrasi besi kurang lebih 0.31 mg/l (Legiso et al., 2019).

### **D. Total Coliform**

Total coliform adalah kelompok bakteri yang termasuk di dalamnya bakteri jenis aerobik dan fakultatif anaerobik, dimana merupakan bakteri gram negatif. Sebagian besar bakteri total coliform adalah heterotrophic dan dapat bertambah jumlahnya di air dan tanah. Total coliform juga dapat bertahan dan bertambah banyak jumlahnya di sistem distribusi air, terutama jika kondisinya memungkinkan. Keberadaan total coliform dapat berasal dari tinja manusia atau hewan dan dapat pula berada secara alamiah di dalam air. Total coliform hanyalah sebagai indikator yang digunakan untuk mengindikasikan bahwa bisa saja terdapat mikroba lain dalam air tersebut, misalnya mikroba patogen seperti Giardia, Cryptosporidium, E.coli, dan lain-lain (Yulianingsih et al., 2019).

#### **2.1.5 Standar Kualitas Air Minum**

Standar kualitas air minum di Indonesia diatur pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Dimana air yang tersalur harus memiliki mutu baik, bersih atau jernih dan dapat dinilai

dari penglihatan bahwa air seharusnya bersih tanpa berbau, berwarna dan keruh dan layak untuk didistribusikan kepada pelanggan. Kualitas mutu air minum dapat diklasifikasikan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

- a. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- b. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/ sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan/ atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- c. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan/ atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- d. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan/ atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

## **2.2 Bangunan Pengolahan Air Minum**

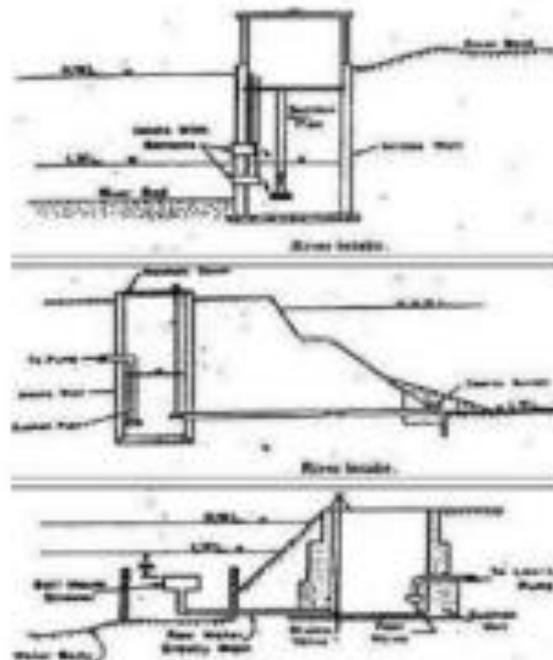
### **2.2.1 Intake dan Screen**

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, *intake* adalah bangunan penangkap air atau tempat air masuk sungai, danau, situ, atau sumber air lainnya. Kapasitas bangunan *intake* yang digunakan harus disesuaikan dengan kebutuhan air harian maksimum. Persyaratan lokasi penempatan bangunan pengambilan (*intake*):

- a. Penempatan bangunan penyadap (*intake*) harus aman terhadap polusi yang disebabkan pengaruh luar (pencemaran oleh manusia dan makhluk hidup lain);
- b. Penempatan bangunan pengambilan pada lokasi yang memudahkan dalam pelaksanaan dan aman terhadap daya dukung alam (terhadap longsor dan lainlain);
- c. Konstruksi bangunan pengambilan harus aman terhadap banjir air sungai, terhadap gaya guling, gaya geser, rembesan, gempa dan gaya angkat air (uplift);
- d. Penempatan bangunan pengambilan diusahakan dapat menggunakan sistem gravitasi dalam pengoperasiannya;
- e. Dimensi bangunan pengambilan harus mempertimbangkan kebutuhan maksimum harian;

- f. Dimensi inlet dan outlet dan letaknya harus memperhitungkan fluktuasi ketinggian muka air;
- g. Pemilihan lokasi bangunan pengambilan harus memperhatikan karakteristik sumber air baku;
- h. Konstruksi bangunan pengambilan direncanakan dengan umur pakai (lifetime) minimal 25 tahun;
- i. Bahan/material konstruksi yang digunakan diusahakan menggunakan material lokal atau disesuaikan dengan kondisi daerah sekitar. (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum 18/Prt/M/2007 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum)

Pada perancangan bangunan air minum kali ini, kami menggunakan Indirect Intake (Bangunan Penyadap Tidak Langsung) yaitu jenis River Intake. Intake jenis ini menggunakan pipa penyadap dalam bentuk sumur pengumpul. Intake ini juga lebih ekonomis untuk air sungai yang mempunyai perbedaan level muka air pada musim hujan dan musim kemarau yang cukup tinggi.



**Gambar 2.1** *River Intake*

(Sumber: Metcalf & Eddy et al, 2007)

Selanjutnya pada bagian screen, kami menggunakan coarse screen. Screen sendiri bertujuan untuk menghilangkan sampah padat seperti kertas, plastik, atau kain yang dapat

merusak dan menyumbat aliran air, pipa dan pompa. Pemilihan coarse screen dirasa sangat tepat karena dapat menghilangkan benda-benda berukuran besar dan mempunyai ukuran celah 6–150 mm. Rumus yang digunakan dalam perhitungan intake dapat dilakukan dengan rumusan sebagai berikut:

- a. Mencari debit tiap intake

$$Q = \frac{Q \text{ Kapasitas Produksi}}{\Sigma \text{ pipa}}$$

Keterangan:

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

Σ pipa = Jumlah Pipa Intake

- b. Mencari Luas Penampang pipa inlet

$$A = \frac{Q \text{ pipa intake}}{v}$$

Keterangan:

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

v = Kecepatan (m/s)

- c. Mencari Luas Penampang pipa inlet

$$D = \left[ \frac{4 \times A}{\pi} \right]^{0.5}$$

Keterangan:

D = Diameter Pipa (m)

A = Luas Penampang (m<sup>2</sup>)

- d. Rumus umum kecepatan (v)

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

Keterangan:

v = Kecepatan (m/s)

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

A = luas penampang (m<sup>2</sup>)

- e. Head losses mayor sepanjang

- f. g pipa

$$D = \left[ \frac{10.67 \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} \right] \times L$$

Keterangan:

Hf = Headlosses Mayor (m)

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

L = Panjang pipa (m)

C = Koefisien kekasaran pipa

D = Diameter pipa (m)

**Tabel 2.1** Koefisien Kekasaran Pipa Haen-Williams

Jenis Pipa	Nilai kekasaran pipa (C)
<i>Extremely smooth and straight pipes</i>	140
<i>New Steel or Cast Iron</i>	130
<i>Wood; Concrete</i>	120
<i>New Riveted Steel; vitrified</i>	110
<i>Old Cast Iron</i>	110
<i>Very Old and Corroded Cast Iron</i>	80

Sumber: (Jack B & Cheng, 1987)

g. Head losses minor (Hm)

$$H_m = \frac{K \times v^2}{2g}$$

Keterangan:

Hm = minor losses (m)

K = koefisien kehilangan energi

v = kecepatan (m/s)

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

**Tabel 2.2** Nilai K untuk Kehilangan Energi

Valve, Fittings, and Specials	K value
Entrance, suction bell (32 in) 81 cm	0,004
90° elbow (24 in) 61 cm	0,3
Gate valve (24 in) 61 cm	0,19
Reducer (14 inc) 35,5 cm	0,25
Check valve (20 in) 51 cm	2,5
90° elbow (20 in) 51 cm	0,3
Gate Valve (20 in) 51 cm	0,19

Tee (20 in x 20 in) 50 cm x 50 cm	1,8
-----------------------------------	-----

Sumber: (Qasim et al., 2000)

h. Mencari slope pipa

$$S_{WHL} = \frac{H_f}{L}$$

Keterangan:

S = Slope pipa (m/m)

L = Panjang pipa (m)

H<sub>f</sub> = *Head Losses* (m)

i. Jumlah kisi pada screen (n)

$$D = n \times d \times (n+1) \times r$$

Keterangan:

n = Jumlah kisi

d = Lebar batang kisi (m)

r = Jarak antar kisi (m)

D = Lebar screen (m)

j. Mencari velocity head (h<sub>v</sub>)

$$h_v = \frac{vc^2}{2g}$$

Keterangan:

h<sub>v</sub> = *velocity head* (m)

v = kecepatan (m/s)

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

k. Headloss melalui screen (H<sub>f</sub>screen)

$$H_{f \text{ screen}} = \beta \times \left( \frac{W^{4/3}}{b} \right) \times H_v \times \sin \alpha$$

Keterangan:

β = Koefisien minor losses (m)

w = lebar bar (cm)

b = jarak antar bar (cm)

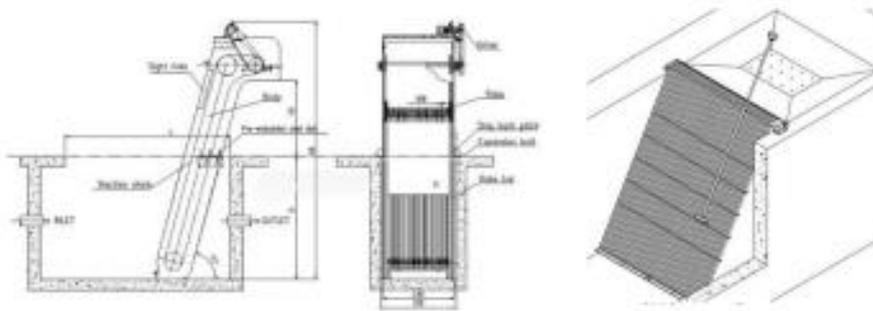
**Tabel 2.3** Faktor *Minor Losses* Bar

Bentuk Bar	Nilai <i>minor losses</i>
<i>Shape edge rectangular</i>	2,42

<b>Bentuk Bar</b>	<b>Nilai <i>minor losses</i></b>
<i>Rectangular with semicircular upstream face circular</i>	1,83
<i>Circular</i>	1,79
<i>Rectangular with semicircular upstream and down stream face</i>	1,67
<i>Tear shape</i>	0,76

Sumber: (Qasim et al., 2000)

Selanjutnya pada screening atau biasa disebut dengan bar screen digunakan dalam pengolahan air baik air bersih maupun air limbah untuk menghilangkan padatan kasar berupa potongan-potongan kayu, bahan-bahan dari 12rganic, kain, dan lain sebagainya yang berukuran  $>0,5 - 1\text{cm}$  sehingga tidak mengganggu proses pengolahan pada bangunan pengolahan air buangan selanjutnya (Metcalf & Eddy et al., 2007). Padatan yang disaring kemudian dibuang ke wadah yang terletak di belakang screen untuk disimpan, dikeringkan, dan diakumulasi/dipadatkan sebelum akhirnya dibuang. Peran utama screening adalah untuk menghilangkan bahanbahan kasar dari aliran air yang mampu: (1) merusak peralatan unit pengolahan berikutnya; (2) mengurangi kinerja dan efektivitas unit dan proses pengolahan secara keseluruhan; dan (3) mencemari saluran air.



**Gambar 2.2** Unit *Bar Screen* Mekanik dan Manual

(Sumber: Metcalf & Eddy et al, 2007)

Umumnya unit bar screen dibuat dari 12rganic12 besi/baja dengan lapisan anti karat yang dipasang pada kerangka yang melintang di saluran air dengan posisi miring 12rganic masuknya air (inlet) dengan kemiringan  $30^\circ - 45^\circ$  dari horizontal (Metcalf & Eddy et al., 2007). Tebal batang biasanya 5-15mm dengan jarak antar batang 25 hingga 50mm yang diatur

sedemikian rupa sehingga lolos untuk parameter/limbah yang diinginkan. Bar screen dirancang dan dihitung menggunakan debit pada aliran puncak (Qasim et al., 2000).

**Tabel 2.4** Kriteria Perencanaan Saringan Kasar

Parameter	U.S Customary Units		Satuan Internasional	
	Metode Pembersihan		Metode Pembersihan	
	Manual	Mekanik	Manual	Mekanik
<b>Ukuran batang</b>				
Lebar	0,2 – 0,6	0,2 – 0,6	5 – 15	5 – 15
Kedalaman	1,0 – 1,5	1,0 – 1,5	23 – 38	25 – 38
Jarak antar batang	1,0 – 2,0	0,6 – 0,3	25 – 50	15 – 75
<b>Parameter Lain</b>				
Kemiringan thd vertical	30 – 45	0 – 30	30 – 45	0 – 30
Kecepatan	1,0–2,0 ft/s	2,0-3,25 ft/s	0,3-0,6 m/s	0,6-1,0 m/s
Headloss	6 in	5 – 24 in	150 mm	150 – 600 mm

*Sumber: Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4<sup>th</sup> edition, 2004 Halaman 315-316*

Adapun rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung screen pada bangunan pengolahan air limbah adalah sebagai berikut:

- Jumlah Batang Kisi (n)

$$ws = (n+1) \times r + (n \times d)$$

Keterangan:

ws = lebar saluran (m)

n = jumlah batang

r = jarak antar kisi (m)

d = lebar kisi/bar (m)

- Lebar bukaan screen (wc)

$$wc = ws - (n \times d)$$

Keterangan:

wc = lebar bukaan screen

n = jumlah batang

d = lebar kisi/bar (m)

- Tinggi Kisi ( $\gamma$ )

$$\gamma = h \times \text{freeboard}$$

Keterangan:

H = kedalaman/ ketinggian kisi

- Panjang Kisi (P)

$$P = \frac{\gamma}{\sin \alpha}$$

Keterangan:

$\alpha$  = kemiringan kisi

$\gamma$  = tinggi kisi (m)

- Jarak Kemiringan Kisi (x)

$$x = P \cdot \cos \alpha$$

Keterangan:

$\alpha$  = kemiringan kisi

P = Panjang kisi (m)

- Kecepatan Melalui Kisi ( $V_i$ )

$$V_i = \frac{Q}{wc \times h}$$

Keterangan:

Q = debit inlet air limbah

wc = lebar bukaan screen

h = tinggi muka air

- Headloss pada *Bar Screen*

Saat *non-clogging*

$$H_f = \frac{1}{c} \times \left( \frac{V_i^2 - V^2}{2 \times g} \right)$$

Saat *clogging*

$$H_f = \frac{1}{Cc} \times \left( \frac{V_i^2 - V^2}{2 \times g} \right)$$

### 2.2.2 Bak Pengumpul

Bak pengumpul bertujuan untuk menampung air sementara dan padatan kasar yang mudah mengendap dan terdapat pada aliran air seperti pasir (Metcalf & Eddy et al., 2007).

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 sumur (V)

$$V = Q \times t_d$$

Keterangan:

$$Q = \text{debit air}$$

$$T_d = \text{waktu detensi}$$

2. H efektif sumur (Hef)

$$H_{ef} = H \text{ pipa} + H \text{ lumpur}$$

3. Freeboard (Fb)

$$F_b = 20\% \times H_{ef}$$

4. H total

$$H_{tot} = H_{ef} + F_b$$

Keterangan:

$$F_b = \text{Freeboard}$$

5. Luas penampang sumur (A)

$$A = \frac{\text{Volume}}{H_{total}}$$

6. Dimensi sumur pengumpul

$$A = L \times W$$

Keterangan:

$$A = \text{luas bak}$$

$$L = \text{15rganic bak}$$

$$W = \text{lebar bak}$$

#### **A. Rumus Pipa Penguras**

1. Debit lumpur ( $Q_L$ )

$$Q_L = \frac{1}{4} \times Q \text{ sumur}$$

2. Luas permukaan (A)

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

Keterangan:

v = kecepatan aliran

Q = debit lumpur

### 3. Diameter pipa penguras (D)

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

### 4. Cek kecepatan (Vcek)

$$V_{cek} = \frac{Q}{A}$$

Keterangan:

A = luas bak

Q = debit air

## B. Rumus Pompa

### 1. Perhitungan suction

- Headloss mayor

$$H_f = \frac{10.7 \times L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}}$$

Keterangan:

L = Panjang suction

Q = debit air

D = diameter pipa

- Headloss minor

$$H_f = n \times k \times \frac{v^2}{2g}$$

Keterangan:

n = jumlah aksesoris

k = konstanta

v = kecepatan

g = gravitasi

-  $\sum H_f$  suction

$$H_{fs} = H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor}$$

### 2. Perhitungan discharge

- Headloss mayor

$$H_f = n \times k \times \frac{v^2}{2g}$$

Keterangan:

n = jumlah aksesoris

k = konstanta

v = kecepatan

g = gravitasi

- Headloss minor

$$H_f = n \times k \times \frac{v^2}{2g}$$

Keterangan:

n = jumlah aksesoris

k = konstanta

v = kecepatan

g = gravitasi

-  $\sum H_f$  discharge

$$H_{fs} = H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor}$$

3. Perhitungan head total

$$\text{Headtotal} = \text{Head statis} + \sum H_f \text{ suction} + \sum H_f \text{ discharge}$$

4. Perhitungan head pompa

$$\text{Headpompa} = \text{Head statis} + L \text{ suction} + L \text{ discharge}$$

### C. Rumus *Strainer*

1. Luas efektif (A)

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

Keterangan:

Q = debit air

V = kecepatan aliran

2. Luas tiap sisi

$$A \text{ sisi} = \frac{A}{5}$$

Keterangan:

A = luas efektif

3. Luas total

$$A \text{ tot} = 2 \times A \text{ sisi}$$

4. Dimensi

$$A = L \times W$$

5. Luas lubang strainer

$$A_{ls} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

6. Jumlah lubang strainer

$$n = \frac{A_{tot}}{A_{ls}}$$

7. Jumlah lubang strainer tiap sisi

$$D_{sisi} = \frac{A_{tot}}{5}$$

### 2.2.3 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

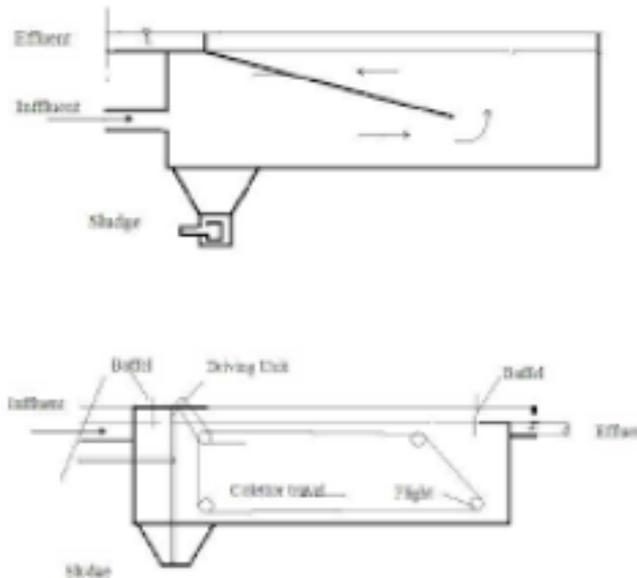
Tempat berlangsungnya proses pengendapan/ pemisahan partikel-partikel diskrit di dalam air.

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 2.3** Tampak Samping Unit Prasedimentasi

(Sumber: Ali Masduqi, 2016)

Menurut Metcalf & Eddy (2007) kriteria yang perlu diperhatikan, antara lain: *detention time*, *overflow rate*, *average flow*, *peak hourly flow*, dan *weir loading*. Kriteria desain unit prasedimentasi dapat dilihat pada **Tabel 2.5**.

**Tabel 2.5** Desain Tipikal Prasedimentasi

<b>Primary sedimentation tanks followed by secondary treatment</b>						
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>2</sup> d	30-50	40
Peak hourly flow	gal/ft <sup>2</sup> ,d	2000-3000	2500	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d	80-120	100
Weir loading	gal/ft <sup>2</sup> ,d	10.000-40.000	20.000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d	125-500	250
<b>Primary settling with waste activated-sludge return</b>						
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>2</sup> d	24-32	28
Peak hourly flow	gal/ft <sup>2</sup> ,d	1200-1700	1500	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d	48-70	60
Weir loading	gal/ft <sup>2</sup> ,d	10.000-40.000	20.000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> d	125-500	250

(Sumber: Metcalf & Eddy et al., 2007 hal 398)

Rumus-rumus yang biasanya dipergunakan dalam perhitungan prasedimentasi yaitu:

**A. Zona Pengendapan (*Settling Zone*)**

1. Debit tiap unit (Q)

$$Q = \frac{\text{Debit air baku}}{\text{Jumlah unit}}$$

2. Volume bak pengendap (V)

$$V = Q \times t_d$$

Keterangan:

$T_d$  = waktu detensi

Q = debit air

3. Luas permukaan (A)

$$A = \frac{V}{H}$$

Keterangan:

V = volume bak

H = tinggi bak

4. Dimensi bak pengendap

$$A = L \times W$$

$$W = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

$$L = 2 \times W$$

$$H_{tot} = H + F_b$$

Keterangan:

A = Luas bak

L = Panjang bak

W = lebar bak

H = tinggi bak

$F_b$  = freeboard

5. Cek volume max ( $V_{max}$ )

$$V_{mac} = L \times W \times H_{tot}$$

Keterangan:

L = Panjang bak

W = lebar bak

$H_{tot}$  = tinggi bak total

6. Cek waktu detensi ( $t_d$  cek)

$$td_{cek} = \frac{V_{max}}{Q}$$

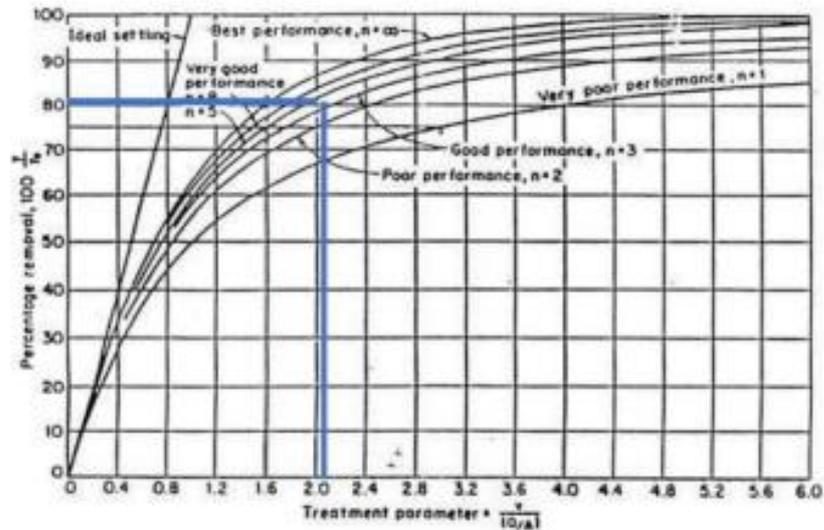
Keterangan:

$V_{max}$  = volume max

$Q$  = debit air

7. Kecepatan pengendapan partikel ( $V_s$ )

%removal yang diinginkan = 80%



**Gambar 2.4** Grafik Kecepatan Pengendapan Partikel pada Prasedimentasi

(Sumber: Masduqi, 2016)

Direncanakan bak pengendap meremoval 80% dari grafik *goog performance* diperoleh nilai 2.15 untuk  $v/(Q/A)$

$$\text{Rumus} = \frac{v_s}{A} = 2.15$$

Keterangan:

$Q$  = debit air

$A$  = luas bak

8. Diameter partikel ( $D_p$ )

$$D_p = \sqrt{\frac{V_s \times 18 \times v}{g (S_s - 1)}}$$

9. Jari-jari hidrolis  $\text{®}$

$$R = \frac{W \times H}{W + (2 \times H)}$$

Keterangan:

$W$  = lebar bak

$H$  = tinggi bak

10. Massa jenis solid (ps)

$$Sg = \frac{ps}{p}$$

11. Kecepatan horizontal (Vh)

$$Vh = \frac{Q}{W \times H}$$

Keterangan:

W = lebar bak

H = tinggi bak

Q = debit air

12. Cek bilangan Reynold (Nre)

$$Nre = \frac{vh \times R}{\nu}$$

Keterangan:

Vh = Kecepatan horizontal

R = viskositas kinematic

V = kecepatan aliran

13. Cek bilangan Froude (Nfr)

$$Nfr = \frac{vh^2}{\sqrt{g \times h}}$$

14. Kecepatan penggerusan (Vsc)

$$Vsc = \sqrt{\frac{8 \times \beta \times (Sg - 1) \times g \times dp}{\gamma}}$$

15. Kemiringan dasar bak (S)

$$S = 1\% \times L$$

Keterangan:

L = Panjang bak

## B. Zona Inlet

1. Debit tiap unit (Q)

$$Q = \frac{\text{Debit air baku}}{\text{Jumlah unit}}$$

2. Luas permukaan (A)

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

Keterangan:

Q = debit air

v = kecepatan aliran

3. Dimensi saluran

$$A = H \times W$$

$$W = \sqrt{A}$$

$$H = W$$

$$H_{\text{tot}} = H + (Fb \times H)$$

4. Cek kecepatan ( $V_{\text{cek}}$ )

$$V_{\text{cek}} = \frac{Q}{A}$$

Keterangan:

Q = debit air

A = luas bak

5. Jari – jari hidrolis

$$R = \frac{W \times H}{W + (2 \times H)}$$

Keterangan:

W = lebar bak

H = tinggi bak

6. Kemiringan dasar saluran (S)

$$S = \left( \frac{n \times v}{R^{2/3}} \right)^2$$

7. Headloss saluran ( $H_f$ )

$$H_f = n \times L$$

Keterangan:

n = jumlah saluran

L = 23rganic saluran

**C. Zona Transisi (*Transition Zone*)**

1. Luas perforated baffle ( $A_b$ )

$$A_b = \text{lebar baffle } (W_b) \times \text{tinggi baffle } (H_b)$$

2. Luas per lubang ( $A_L$ )

$$A_L = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

Keterangan:

D = diameter pipa

3. Luas bersih baffle ( $A_{bb}$ )

$$A_{bb} = 40\% \times A_b$$

Keterangan:

$A_b$  = luas perforated baffle

4. Jumlah lubang total ( $n_{total}$ )

$$n_{total} = \frac{A_{bb}}{A_L}$$

Keterangan:

$A_L$  = luas per lubang

$A_{bb}$  = luas bersih baffle

5. Cek jumlah lubang ( $cek_n$ )

$cek_n$  = lubang horizontal ( $n_h$ ) x lubang vertical ( $n_v$ )

6. Jarak antar lubang horizontal ( $S_h$ )

$$S_h = \frac{W}{nh + 1}$$

Keterangan:

$nh$  = lubang horizontal

$H$  = tinggi bak

7. Jarak antar lubang vertical ( $S_v$ )

$$S_v = \frac{H}{nv + 1}$$

Keterangan:

$nv$  = lubang vertical

$H$  = tinggi bak

8. Debit per lubang ( $Q_L$ )

$$Q_L = \frac{Q_{bak}}{\text{jumlah lubang } (n)}$$

9. Kecepatan aliran lewat lubang ( $v_L$ )

$$V_L = \frac{\text{Debit lubang } (Q_L)}{1/4 \times \pi \times D^2}$$

10. Jari – jari lubang  $\text{\textcircled{R}}$

$$R = \frac{\text{Diameter lubang } (D)}{2}$$

11. Cek bilangan Reynold ( $N_{re}$ )

$$N_{re} = \frac{\rho \text{ air} \times v \text{ lubang} \times R}{\mu \text{ air}}$$

Keterangan:

$R$  = viskositas kinematic

$\mu$  = viskositas dinamik

$\rho$  = massa jenis

12. Cek bilangan Froude ( $N_{fr}$ )

$$N_{fr} = \sqrt{\frac{vL}{g \times R}}$$

Keterangan:

R = viskositas kinematic

g = gravitasi

vL = kecepatan aliran lewat lubang

#### D. Zona Lumpur (*Sludge Zone*)

1. TSS yang teremoval

$$\text{TSS teremoval} = \% \text{removal} \times \text{kadar TSS}$$

2. Kekeruhan yang teremoval

$$\text{Kekeruhan teremoval} = \% \text{removal} \times \text{kadar Kekeruhan}$$

3. Fe yang teremoval

$$\text{Fe teremoval} = \% \text{removal} \times \text{kadar Fe}$$

4. Berat lumpur ( $W_s$ )

$$W_s = Q \times (\text{TSS} + \text{Kekeruhan} + \text{Fe}) \text{ teremoval}$$

5. Berat air

$$W_w = \frac{\text{kadar air dalam lumpur}}{\text{kadar padatan dalam lumpur}} \times W_s$$

Keterangan:

$W_s$  = berat sludge (lumpur)

6. Berat jenis lumpur ( $\rho_s$ )

$$\rho_s = (\text{berat jenis Ss} \times 5\%) + (\text{berat jenis air} \times 95\%)$$

7. Volume lumpur

$$V_{\text{sludge}} = \frac{\text{berat lumpur } (W_s) + \text{berat air } (W_w)}{\text{berat jenis lumpur } (\rho_s)} \times t_d$$

Keterangan:

$T_d$  = waktu detenso

8. Dimensi zona lumpur

- a. Luas permukaan atas zona lumpur

$$A = L_1 \times W_1$$

- b. Luas permukaan dasar zona lumpur

$$A' = L_2 \times W_2$$

$$V \text{ limas terpancung} = 1/3 \times H \times (A + (\sqrt{AA'}) + A')$$

Keterangan:

A = luas zona

L = Panjang zona

W = lebar zona

H = tinggi zona

### E. Zona Pelimpah (*Overflow Zone*)

1. Panjang total weir (Lw)

$$Lw = \frac{Q_{bak}}{WRL}$$

Keterangan:

WRL = weir loading

2. Panjang pelimpah (L)

$$L = \frac{Lw}{\text{jumlah pelimpah}}$$

Keterangan:

Lw = Panjang total weir

3. Debit tiap pelimpah

$$Q_{\text{weir}} = \frac{Q}{n}$$

Keterangan:

Q = debit air

n = jumlah saluran

4. Luas saluran gutter

$$A = \frac{Q_{\text{weir}}}{v}$$

Keterangan:

v = kecepatan aliran

5. Tinggi (H) dan Lebar (W) Pelimpah (gutter)

Direncanakan H : W = 1 : 2 maka:

$$H = \sqrt{2 \times A}$$

$$W = 2 \times H$$

6. Ketinggian air pada pelimpah (H air)

$$H_{\text{air}} = \left( \frac{Q_{\text{weir}}}{1.38 \times \text{lebar gutter}} \right)^{2/3}$$

7. Tinggi gutter (h gutter)

$$h_{\text{gutter}} = h_{\text{air}} + (h_{\text{air}} \times 20\%)$$

8. Jari – jari hidrolis gutter

$$R_{\text{gutter}} = \frac{h_{\text{air}} \times \text{lebar gutter}}{(2 \times h_{\text{air}}) + \text{lebar gutter}}$$

9. Luas basah gutter (A gutter)

$$A \text{ gutter} = \text{lebar gutter} \times h \text{ air}$$

10. Slope gutter (S)

$$S \text{ gutter} = \left( \frac{Q \text{ gutter} \times n}{A \text{ gutter} \times (R \text{ gutter})^{2/3}} \right)^2$$

11. Headloss pada gutter

$$H_f = L \text{ gutter} \times S \text{ gutter}$$

Keterangan:

$$L = \text{Panjang}$$

$$S = \text{slope}$$

12. Jumlah V notch

$$n = \frac{\text{panjang weir}}{\text{jarak antar v notch} + \text{lebar v notch}}$$

13. Debit mengalir tiap V notch

$$Q \text{ notch} = \frac{Q}{\text{jumlah v notch}}$$

14. Tinggi peluapan melalui V notch (H)

$$Q = \frac{8}{15} (Cd) \sqrt{2 \times g} \times \tan \frac{\alpha}{2} \times H^{5/2}$$

Keterangan:

$$g = \text{gravitasi}$$

$$H = \text{tinggi peluapan}$$

## F. Zona Outlet

1. Volume saluran pengumpul (V)

$$V = \text{Debit (Q)} \times \text{waktu detensi (td)}$$

2. Dimensi saluran

$$V = L \times W \times H$$

Keterangan:

$$L = 27 \text{rganic bak}$$

$$W = \text{lebar bak}$$

$$H = \text{tinggi bak}$$

3. Jari – jari hidrolis  $\text{\textcircled{R}}$

$$R = \frac{L \times H}{L \times (2 + H)}$$

Keterangan:

$$W = \text{lebar bak}$$

H = tinggi bak

4. Luas penampang pipa (A)

$$A = \frac{\text{debit air } (Q)}{\text{kecepatan aliran } (v)}$$

5. Diameter pipa (D)

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

Keterangan:

A = luas bak

6. Cek kecepatan (Vcek)

$$\begin{aligned} V_{cek} &= \frac{\text{Debit air } (Q)}{\text{luas penampang pipa } (A)} \\ &= \frac{Q}{1/4 \times \pi \times D^2} \end{aligned}$$

Keterangan:

D = diameter pipa

#### 2.2.4 Aerasi

Aerasi adalah suatu proses penambahan udara/oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat, dengan cara menyemprotkan air ke udara (air ke dalam udara) atau dengan memberikan gelembung-gelembung halus udara dan membiarkannya naik melalui air (udara ke dalam air).

Sumber lain menjelaskan bahwa aerasi adalah suatu proses atau usaha dalam menambahkan konsentrasi oksigen yang terkandung dalam air, agar proses oksidasi biologi oleh mikroba akan dapat berjalan dengan baik. Dalam melakukan proses Aerasi ini perlu menggunakan alat yang dinamakan aerator. Prinsip kerja alat ini adalah untuk menambahkan oksigen terlarut di dalam air tersebut. Kemudian yang menjadi tugas utama dari aerator ini adalah memperbesar permukaan kontak antara air dan udara. Adapun tujuan dari aerasi adalah

1. Penambahan jumlah oksigen
2. Penurunan jumlah *carbon dioxide* (CO<sub>2</sub>)
3. Menghilangkan hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S), methan (CH<sub>4</sub>) dan berbagai senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau.

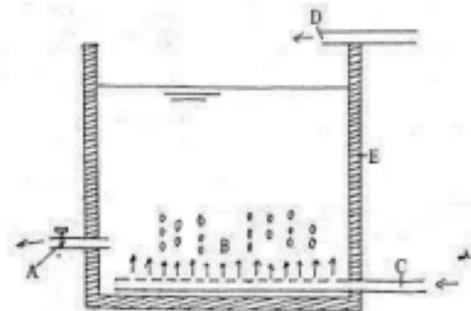
Hasil pengolahan air dengan metoda aerasi bermanfaat untuk menghasilkan air minum yang baik. Penurunan jumlah karbon dalam air sehingga bisa berbentuk dengan kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) yang dapat menimbulkan masalah. Aerasi secara luas telah digunakan

untuk pengolahan air yang mempunyai kandungan jumlah besi dan mangan terlalu tinggi zat tersebut memberikan rasa pahit pada air, menghitamkan pemasakan beras dan memberikan noda hitam kecoklat-coklatan pada pakaian yang dicuci.

Oksigen yang berada di udara, melalui proses aerasi ini akan selanjutnya akan bereaksi dengan senyawa ferus dan manganous terlarut merubah menjadi ferri (Fe) dan manganic oxide hydrate yang tidak bisa larut. Setelah itu dilanjutkan dengan pengendapan (sedimentasi) atau penyaringan (filtrasi). Proses kimia yang terjadi pada proses aerasi antara Fe dan oksigen adalah sebagai berikut:



Perlu dicatat bahwa oksidasi terhadap senyawa besi dan mangan di dalam air yang kecil (waterfall aerators/aerator air terjun) atau dengan mencampur air dengan gelembung gelembung udara (bubble aerator). Dengan kedua cara tersebut jumlah oxygen pada air bisa dinaikan 60 – 80% (dari jumlah oksigen yang tertinggi, yaitu air yang mengandung oksigen sampai jenuh) pada aerator air terjun (waterfall aerator) cukup besar bisa menghilangkan gas-gas yang terdapat dalam air.



**Gambar 2.6** Bubble Aerator

Sumber: Asmadi et al, 2011)

Keterangan :

A = Outlet

B = Gelembung udara

C = Pipa berlubang buat udara

D = Inlet air baku

E = Bak air

Penurunan carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) oleh waterfall aerators cukup berarti, tetapi tidak memadai apabila dari yang sangat *corrosive*. Pengolahan selanjutnya seperti pembubuhan kapur atau dengan saringan marmar atau *dolomite* yang dibakar masih dibutuhkan. Aerator Gelembung Udara (*Bubble Aerator*) jumlah udara yang diperlukan untuk aerasi *bubble* (aerasi gelembung udara) tidak banyak, tidak lebih dari 0,3 – 0,5 m<sup>3</sup> udara/m<sup>3</sup> air dan volume ini dengan mudah bisa dinaikan melalui suatu penyedotan udara. Udara disemprotkan melalui dasar dari bak air yang akan di aerasi. Berikut rumus-rumus yang diperlukan dalam perhitungan diffuser:

1. Debit tiap bak

$$Q = (\text{debit awal}) / (\text{jumlah bak})$$

2. Volume bak aerasi

$$V = Q \times t_d$$

Keterangan:

$$Q = \text{debit air}$$

$$T_d = \text{waktu detensi}$$

3. Dimensi bak aerasi

$$A = \text{volume} / (\text{tinggi} + \text{freeboard})$$

Mencari Panjang dan lebar bak

$$A = P \times L$$

$$P = 2 \times L$$

Keterangan:

$$A = \text{luas bak}$$

$$P = \text{Panjang bak}$$

$$L = \text{lebar bak}$$

4. Luas tiap plate disk

$$A_{\text{disk}} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

Keterangan:

$$D = \text{diameter pipa}$$

5. Jumlah plate yang dibutuhkan

$$N = (\text{luas bak}) / (\text{service area})$$

6. Jarak antar disk/plate

Jarak horizontal antar disk (Sh)

$$Sh = (\text{Panjang} - (\text{jumlah disk} \times \text{diameter})) / (\text{jumlah lubang} + 1)$$

Jarak vertikal antar disk (Sv)

$$Sv = (\text{lebar} - (\text{jumlah disk} \times \text{diameter})) / (\text{jumlah lubang} + 1)$$

7. Pipa inlet dan outlet

Inlet

$$Q = A \times v$$

Outlet

$$Q = A \times v$$

Keterangan:

Q = debit air

A = luas bak

v = kecepatan aliran pipa

8. Perhitungan kebutuhan oksigen (O<sub>2</sub>)

$$O_2 = Q \times \% \text{removal} \times \text{total kebutuhan oksigen}$$

9. Perhitungan blower

$$Pw = wRT1 / (550 ne) [(P2/P1)^{n-1}]$$

**Tabel 2.6** Desain dan Karakteristik Operasional Aerator

<b>Aerator</b>	<b>Penyisihan</b>	<b>Spesifikasi</b>
<i>Aerator Gravitasi Cascade</i>	20-45% CO <sub>2</sub>	Tinggi: 1-3 m Luas: 85-105 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> .det Kecepatan aliran: 0,3 m/det
<i>Packing Tower</i>	>95% VOC 90% CO <sub>2</sub>	Diameter kolom maksimum: 3 m Beban hidrolis: 2000 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari
<i>Tray</i>	>90% CO <sub>2</sub>	Kecepatan: 0,8-1,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .menit Kebutuhan udara: 7,5 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> air Jarak rak ( <i>tray</i> ): 30-75 cm Luas: 50-160 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> .det
<i>Spray Aerator</i>	79-90% CO <sub>2</sub> 25-40% H <sub>2</sub> S	Tinggi: 1,2-9 m Diameter nozzle: 2,5-4 cm Jarak nozzle: 0,6-3,6 m Debit nozzle: 5-10 L/det

<b>Aerator</b>	<b>Penyisihan</b>	<b>Spesifikasi</b>
<i>Aerator Berdifusi</i>	80% VOC <sub>s</sub>	Luas bak: 105-320 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> .det Tekanan semprotan: 70 kPa Waktu detensi: 10-30 menit Udara: 0,7-1,1 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> air Kedalaman: 2,7-4,5 Lebar: 3-9 m Lebar/kedalaman <2 Volume maksimum: 150 m <sup>3</sup> Diameter lubang diffuser: 2-5mm
<i>Aerator mekanik</i>	70-90% CO <sub>2</sub> 25-40% H <sub>2</sub> S	Waktu detensi: 10-30 menit Kedalaman tangki: 2-4 m

(Sumber: Qasim et al., 2000)

### 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).

**Tabel 2.7** Jenis – Jenis Koagulan

<b>Nama</b>	<b>Formula</b>	<b>Bentuk</b>	<b>Reaksi Dengan Air</b>	<b>pH Optimum</b>
<i>Aluminium Sulfat</i>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> .x H <sub>2</sub> O X = 14, 16, 18	Bongkah, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
<i>Sodium Aluminat</i>	Na <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Bubuk	Basa	6,0 – 7,8
<i>Poly Aluminium Chloride (PAC)</i>	Aln(OH)mCl <sub>3n-m</sub>	Cairan, Bubuk	Asam	6,0 – 7,8
<i>Ferri Sulfat</i>	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> .9H <sub>2</sub> O	Kristal halus	Asam	4 – 9

<b>Nama</b>	<b>Formula</b>	<b>Bentuk</b>	<b>Reaksi Dengan Air</b>	<b>pH Optimum</b>
<i>Ferri Klorida</i>	FeCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O	Bongkah, cairan	Asam	4 – 9
<i>Ferro Sulfat</i>	FeSO <sub>4</sub> .7 H <sub>2</sub> O	Kristal halus	Asam	>8,5

(Sumber: Sugiarto, 2007)

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. 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 mikroflokk 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*)

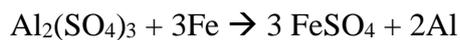
Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Distribusi dalam air cukup baik dan merata, serta masukan energi yang cukup untuk tumbukan antara partikel yang telah netral sehingga terbentuk mikroflokk. Pada

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

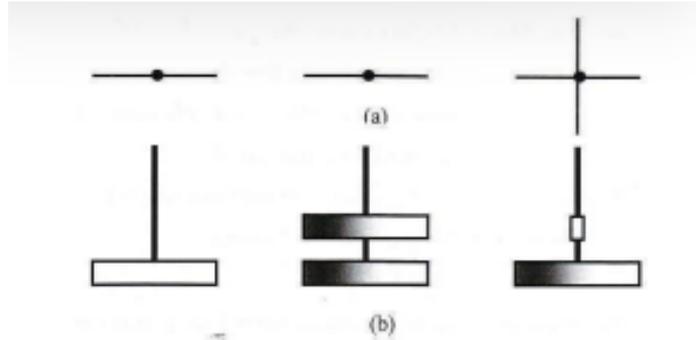
Garam dapat mempengaruhi proses penggumpalan. Pengaruh yang diberikan akan berbeda bergantung dengan macam garam (ion) dan konsentrasinya. Semakin besar valensi ion, semakin besar pengaruhnya terhadap koagulan. Penggumpalan dengan garam Fe dan Al akan banyak dipengaruhi oleh anion dibanding dengan kation.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

Koagulan aluminium sulfat atau  $Al(SO_4)_3$  digunakan pada perancangan pengolahan air minum dalam proses koagulasi. Koagulan alum bereaksi dengan penurunan kekeruhan dan logam berat seperti Fe. Menurut Said, 2009 koagulan alum efektif menurunkan logam besi (Fe) sebesar 85-100% dengan reaksi kimia yang terjadi adalah:



Hal ini menunjukkan terjadi reaksi pengikatan yang baik antara Alum Sulfat dengan logam Fe. Kandungan logam Fe dalam air bermuatan positif 3. Setara dengan Alum Sulfat sehingga terjadi pertukaran ion yang baik antara Fe dan Al.

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 (baling- baling). Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu G dan td. Sedangkan untuk menghitung besarnya tenaga (power) yang dibutuhkan, perlu memperhatikan jenis impeller yang digunakan dan nilai konstanta KL dan KT.



**Gambar 2.7** Tipe Paddle (a) Tampak Atas (b) Tampak Samping

(Sumber: Ali Masduqi, 2016)



**Gambar 2.8** Tipe Turbin

(Sumber: Ali Masduqi, 2016)



**Gambar 2.9** Tipe Propeller (a) 2 blade (b) 3 blade

(Sumber: Ali Masduqi, 2016)

**Tabel 2.8** Kriteria *Impeller*

<b>Tipe <i>Impeller</i></b>	<b>Kecepatan Putaran</b>	<b>Dimensi</b>	<b>Keterangan</b>
<i>Paddle</i>	20 – 150 rpm	Diameter: 50% - 80% lebar bak Lebar: 1/6 – 1/10 diameter <i>paddle</i>	

<b>Tipe Impeller</b>	<b>Kecepatan Putaran</b>	<b>Dimensi</b>	<b>Keterangan</b>
<i>Turbine</i>	10 – 150 rpm	Diameter: 30% - 50% lebar bak	
<i>Propeller</i>	400 – 1750 rpm	Diameter: maks. 45 cm	Jumlah <i>pitch</i> 1-2 buah

(Sumber: Reynolds & Richards, 1996 Hal. 185)

**Tabel 2.9** Nilai Waktu Pengadukan Mekanik dan Gradien Kecepatan

<b>Waktu Pengadukan, td (detik)</b>	<b>Gradien Kecepatan (detik<sup>-1</sup>)</b>
20	1000
30	900
40	790
50 $\geq$	700

(Sumber: Reynolds & Richards, 1996 Hal. 184)

**Tabel 2.10** Konstanta  $K_L$  dan  $K_T$  untuk Tangki Berserat

<b>Jenis Impeller</b>	<b><math>K_L</math></b>	<b><math>K_T</math></b>
<i>Propeller, pitch of 1, 3 blades</i>	41	0,32
<i>Propeller, pitch of 2, 3 blades</i>	43,5	1
<i>Turbine, 4 flat blades, vaned disc</i>	60	5,31
<i>Turbine, 6 flat blades, vaned disc</i>	65	5,75
<i>Turbine, 6 curved blades</i>	70	4,8
<i>Fan turbine, 6 blades at 45°</i>	70	1,65
<i>Shrouded turbine, 6 curved blades</i>	97,5	1,08
<i>Shrouded turbin, with stator, No. baffles</i>	172,5	1,12
<i>Flat paddles, 2 blades (single paddles), <math>D_1/W_1 = 4</math></i>	43	2,25
<i>Flat paddles, 2 blades, <math>D_1/W_1 = 6</math></i>	36,5	1,7
<i>Flat paddles, 2 blades, <math>D_1/W_1 = 8</math></i>	33	1,15
<i>Flat paddles, 4 blades, <math>D_1/W_1 = 6</math></i>	49	2,75
<i>Flat paddles, 6 blades, <math>D_1/W_1 = 8</math></i>	71	3,82

(Sumber: Reynolds & Richards, 1996 Hal. 188)

Adapun rumus-rumus yang digunakan untuk perhitungan dalam proses koagulasi beserta rumus perhitungannya:

- **Bak Koagulan**

1. Debit tiap bak

$$Q = \frac{Q \text{ awal}}{\text{jumlah bak}}$$

2. Kebutuhan alum harian

$$\text{Alum} = \text{dosis alum} \times Q$$

Keterangan:

$$Q = \text{debit tiap bak}$$

3. Kebutuhan koagulan sesungguhnya

$$\text{Koagulan} = \text{Kadar alum} \times \text{Kebutuhan alum}$$

4. Debit alum

$$Q_{\text{alum}} = \frac{\text{kebutuhan alum}}{p \text{ alum}} \times t_d$$

Keterangan:

$$T_d = \text{waktu detensi}$$

5. Debit air pelarut

$$Q_{\text{air pelarut}} = \frac{100\% - 20\%}{20\%} \times \text{debit alum}$$

6. Debit bak pembubuh

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{alum}} + Q_{\text{pelarut}}$$

7. Volume bak pembubuh

$$V = Q_{\text{total}} \times t_d$$

8. Dimensi bak (tabung)

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times H$$

Kedalaman

$$H = 1.25 \times D$$

Freeboard

$$F_b = 20\% \times H$$

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

Keterangan:

$$H = \text{tinggi bak}$$

$$D = \text{diameter bak}$$

$$F_b = \text{freeboard}$$

9. Daya pengadukan

$$P = G^2 \times u \times V$$

10. Jarak impeller dengan dasar (Hi)

$$H_i = 50\% \times D_i$$

Keterangan:

$$D_i = \text{diameter impeller}$$

11. Lebar impeller

$$W_i = \frac{D_i}{8}$$

12. Cek lebar impeller

$$\text{Cek}_{w_i} = \frac{W_i}{D_i}$$

Keterangan:

$$W_i = \text{lebar impeller}$$

$$D_i = \text{diameter impeller}$$

13. Cek Nre

$$N_{re} = \frac{D_i^2 \times n \times \rho}{\mu}$$

Keterangan:

$$D_i = \text{diameter impeller}$$

$$n = \text{kecepatan putaran propeller}$$

$$\rho = \text{massa jenis alum}$$

$$\mu = \text{viskositas absolut}$$

14. Diameter pipa outlet (menuju bak koagulasi)

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

Keterangan:

$$D = \text{diameter pipa}$$

$$Q = \text{debit air}$$

$$v = \text{kecepatan aliran pipa}$$

$$A = \text{luas bak}$$

• **Bak Koagulasi**

1. Debit tiap bak

$$Q = \frac{Q_{awal}}{\text{jumlah bak}}$$

2. Volume air baku

$$V = Q \text{ air baku} \times t_d$$

Keterangan:

$$t_d = \text{waktu detensi}$$

3. Volume koagulan

$$V = Q \text{ koagulan} \times t_d$$

4. Volume total

$$V_{\text{total}} = V \text{ air baku} + V \text{ koagulan}$$

5. Dimensi bak (tabung)

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times H$$

Kedalaman

$$H = 1.25 \times D$$

Freeboard

$$F_b = 20\% \times H$$

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

Keterangan:

$$H = \text{tinggi bak}$$

$$D = \text{diameter bak}$$

$$F_b = \text{freeboard}$$

6. Daya pengadukan

$$P = G^2 \times u \times V$$

7. Jarak impeller dengan dasar ( $H_i$ )

$$H_i = 50\% \times D_i$$

Keterangan:

$$D_i = \text{diameter impeller}$$

8. Lebar impeller

$$W_i = \frac{D_i}{8}$$

9. Cek lebar impeller

$$Cek_{w_i} = \frac{W_i}{D_i}$$

Keterangan:

$$W_i = \text{lebar impeller}$$

$$D_i = \text{diameter impeller}$$

10. Cek Nre

$$N_{re} = \frac{D_i^2 \times n \times \rho}{\mu}$$

Keterangan:

$D_i$  = diameter impeller

$n$  = kecepatan putaran propeller

$\rho$  = massa jenis alum

$\mu$  = viskositas absolut

#### 11. Cek kecepatan

$$V_{cek} = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{Q \text{ air baku} + \text{koagulan}}{0.25 \times \pi \times d^2}$$

#### 12. Diameter pipa outlet (menuju bak koagulasi)

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

Keterangan:

$D$  = diameter pipa

$Q$  = debit air

$v$  = kecepatan aliran pipa

$A$  = luas bak

### 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 50 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<sup>-1</sup>
  - GTd = 10.000 – 100.000 (Masduqi & Assomadi, 2012):11

Rumus yang berlaku pada perhitungan flokulator, diantaranya yaitu:

- Perhitungan flokulator

1. Volume bak

$$V = \frac{Q}{\text{jumlah bak}} \times \text{td}$$

2. Diameter pipa inlet

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

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

3. Dimensi bak

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H$$

4. Power

$$P = G^2 \times \mu \times V$$

Keterangan:

G = gradien kecepatan

$\mu$  = viskositas absolut

v = volume bak

5. Cek Di

$$\text{Cek Di} = \frac{Di}{D} \times 100\%$$

Keterangan:

Di = diameter impeller

D = diameter bak

6. Jarak impeller dengan dasar (Hi)

$$Hi = 50\% \times Di$$

7. Lebar impeller (Wi)

$$Wi = \frac{Di}{8}$$

8. Cek lebar impeller (Cek Wi)

$$\text{Cek Wi} = \frac{Wi}{Di}$$

Keterangan:

Di = diameter impeller

Wi = lebar impeller

9. Cek Nre

$$Nre = \frac{Di^2 \times n \times \rho}{\mu}$$

10. Diameter pipa outlet

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

11. Cek kecepatan

$$V_{cek} = \frac{Q}{A}$$

Keterangan:

Q = debit air

A = luas bak

### 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:

- a. Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat.
- b. Pengendapan air yang telah melalui proses prasedimentasi sebelum memasuki unit saringan filter.
- c. Pengendapan air yang telah melalui proses prasedimentasi sebelum memasuki unit saringan cepat.
- d. Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan.

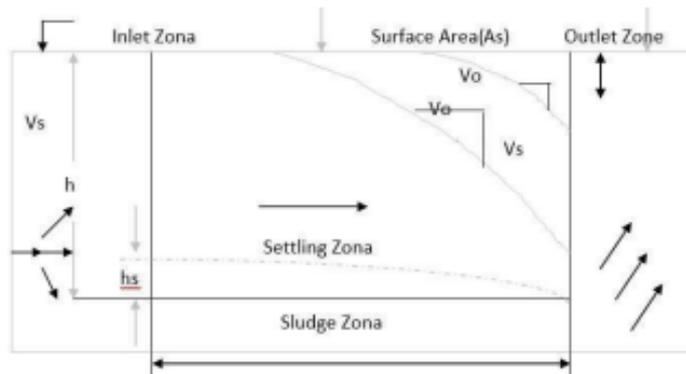
Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah:

- a. Pengendapan Tipe I (*Free Settling*)
- b. Pengendapan Tipe II (*Floculent Settling*)
- c. Pengendapan Tipe III (*Zone/Hindered Settling*)
- d. 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 dibawah ini:



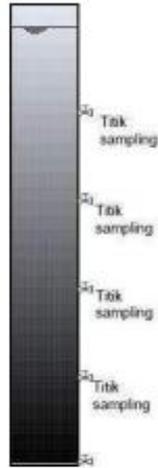
**Gambar 2.10** Zona Pada Bak Sedimentasi

(Sumber: Ali Masduqi, 2016)

Dimana pada setiap zona terjadi proses – proses sebagai berikut :

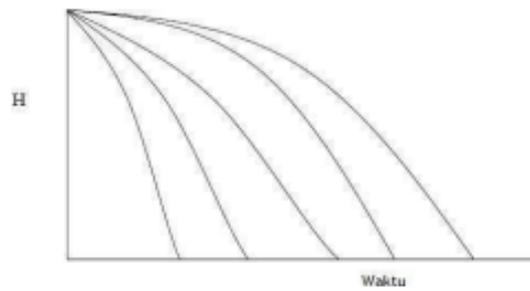
- Zona inlet = terjadi distribusi aliran yang menuju zona settling (25% panjang bak)
- Zona settling = terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya
- Zona sludge = sebagai ruang lumpur, dimana konfigurasi dan kedalamannya tergantung pada metode pengurasan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel 75% mengendap pada 1/5 volume bak.
- Zona outlet = pada zona ini dihasilkan air yang jernih tanpa suspense 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 settling test* dengan *multiple withdraw ports*. Dengan menggunakan kolom pengendapan tersebut, sampling dilakukan pada setiap *port* pada interval waktu tertentu, dan data *removal* diplot pada grafik.



**Gambar 2.11** Kolom Test Sedimentasi Tipe II

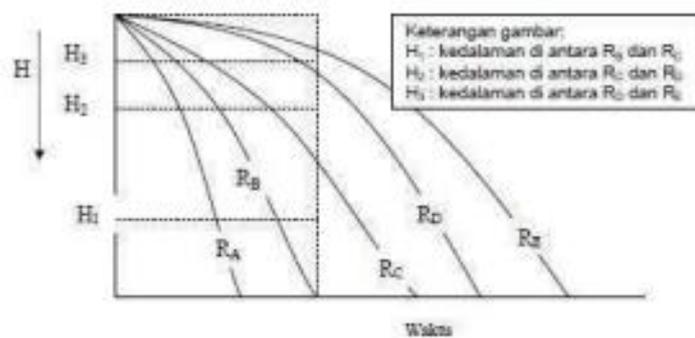
(Sumber: Ali Masduqi, 2016)



**Gambar 2.12** Grafik Iso-removal

(Sumber: Ali Masduqi, 2016)

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 2.13 Penentuan Kedalaman H dan Seterusnya

(Sumber: Ali Masduqi, 2016)

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 laminer. 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 tidak bisa 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 (Sugiarto, 2007). 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 (2007), adanya waktu tinggal, penambahan bahan kimia, serta pengadukan sebelum unit sedimentasi dapat meningkatkan efisiensi penyisihan BOD sekitar 50-80% (Metcalf & Eddy et al., 2007).

Efisiensi pengendapan partikel flokulan dipengaruhi oleh over flow rate, detention time dan kedalaman bak pengendap. Over flow rate ditentukan oleh surface area dimana semakin besar surface area, maka kecepatan pengendapan akan semakin cepat dan

efisiensi bak semakin baik. Apabila  $V_0 = V_s = \frac{h}{ts}$  maka semakin besar  $h$  akan menurunkan efisiensi. Sebaliknya semakin besar waktu detensi akan meningkatkan efisiensi sedimentasi.

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 Desinfeksi**

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

antara bahan tersebut dengan mikroorganisme yang berakibat matinya mikroorganisme tersebut (Said, 2007).

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 untuk sebagai berikut (Said, 2007):

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

Berikut adalah macam-macam faktor yang mempengaruhi efisiensi desinfeksi adalah (Said, 2007):

1. Waktu kontak
2. Konsentrasi desinfeksi
3. Jumlah mikroorganisme
4. Temperature air
5. pH
6. keberadaan senyawa lain dalam air

Dalam perancangan kali ini, kami menggunakan metode desinfeksi dengan klor. 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 klor ( $Cl_2$ ) yang dibutuhkan oleh air untk proses desinfeksi (membunuh bakteri). Daya Pengikat Chlor ditentukan dengan cara selisih antara chlor yang dibubuhkan dengan sisa chlor

setelah kontak selama 30 menit (Sawyer et al., 2003). Rumus-rumus yang akan digunakan dalam perhitungan unit pengolahan ini ialah:

**a) Kebutuhan Klor**

1. Kebutuhan Klor = Dosis klor x debit air baku (Q)
2. Kebutuhan. Kaporit =  $\frac{100\%}{60\%}$  x kebutuhan klor
3. Debit kaporit =  $\frac{\text{kebutuhan kaporit}}{\text{massa jenis kaporit}}$
4. Debit air =  $\frac{100\% - 5\%}{5\%}$  x Q kaporit
5. Debit larutan = Q kaporit + Q air
6. Volume bak = Q larutan x periode pelarutan

**b) Pengadukan**

1. Power =  $G^2 \times \mu \times \text{volume bak}$
2. Perhitungan Dosing Pump

**c) Pipa Outlet**

1. Luas permukaan (A)

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

2. Diameter pipa outlet (D)

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \times 0.05 \text{ m}^2}{3.14}}$$

$$= 0.25 \text{ m}$$

$$= 10 \text{ inch}$$

3. Cek kecepatan (v cek)

$$V \text{ cek} = \frac{Q}{A}$$

**2.2.9 Reservoar**

Reservoar adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. 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.

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 tangka beton.

### 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 bahan beton adalah biaya konstruksi yang relative lebih tinggi.

### 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.

Rumus – rumus yang akan digunakan dalam perhitungan unit pengolahan reservoir adalah:

#### A. Pipa inlet dan Outlet

##### 1) Luas penampang pipa (A)

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

##### 2) Diameter pipa (D)

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

##### 3) Cek kecepatan (V cek)

$$V \text{ cek} = \frac{Q}{1/4 \times \pi \times D^2}$$

#### B. Bak Reservoir

##### 1) Volume bak (V)

$$V = Q \times t_d$$

##### 2) Luas bak penampung (A)

$$A = \frac{V}{H}$$

### 3) Dimensi bak

$$\begin{aligned} A &= P \times L \\ &= 2L \times L \\ &= 2L^2 \\ L &= \sqrt{\frac{A}{2}} \\ P &= 2 \times L \\ H_{\text{tot}} &= H + \text{freeboard} \end{aligned}$$

#### 2.2.10 *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. 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. Sludge drying bed pada umumnya dilengkapi dengan saluran drainase lateral (pipa PVC berpori atau pipa yang diletakkan di dasar dengan open join) (Metcalf & Eddy et al., 2007).

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 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 et al., 2007).

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.

Padatan pada sludge drying bed hanya dapat dikuras dari bangunan sludge drying bed setelah sludge mengering. Lumpur yang mengering memiliki ciri yaitu permukaan terlihat retak, mudah hancur dan berwarna hitam atau coklat gelap. Kadar air yang terkandung dalam lumpur yang telah mengering berkisar pada 60% pada rentang antara 10-15 hari. Proses pengurasan dapat dikatakan selesai apabila lumpur telah dikeruk menggunakan scrapper atau secara manual dan diangkut menggunakan truk keluar dari lokasi pengolahan (Metcalf & Eddy et al., 2007).

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 et al., 2007).

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 lumpur yang dihasilkan akan ditunjukkan berikut ini:

**Tabel 2.10** Kriteria Kebutuhan Luas Lahan SDB Berdasarkan Tipe Tanah Solid

Tipe Biosolid	Luas Lahan		Sludge Loading Rate	
	ft <sup>2</sup> /person	km <sup>2</sup> /person	lb lumpur kering/ft <sup>2</sup> .tahun	kg lumpur kering/ft <sup>2</sup> .tahun
Primary Digester	1-1,5	0,1	25-30	120-150
Humus Trickling Filter	1,25-1,75	0,12-0,16	18-25	90-120
Lumpur Activated Sludge	1,75-2,5	0,16-0,23	12-20	60-100
Lumpur Presipitasi Kimia	2-2,5	0,19-0,23	20-33	100-160

Sumber: (Metcalf & Eddy et al., 2007)

\*Berdasarkan kebutuhan luas lahan untuk memenuhi variasi antara 70-75%

Rumus yang digunakan pada unit pengolahan *Sludge Drying Bed* adalah sebagai berikut:

1. Tebal media = tebal pasir + tebal kerikil + tebal *cake*
2. Volume lumpur tiap bed

$$V_b = \frac{\text{volume lumpur total}}{\text{jumlah bed}}$$

3. Volume sludge *cake*

$$V_i = \frac{V_b (1-P)}{1-P_i}$$

4. Volume *Sludge drying cake*

$$V = V_i \times t_d$$

5. Dimensi tiap bed

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

$$A = L \times W$$

6. Volume air

$$V_a = \frac{\text{volume lumpur total} - (V_i \times t_d)}{\text{jumlah bed}}$$

7. Kedalaman *underdrain*

$$H = \frac{V_a}{A}$$

8. Kedalaman total

$$H_{\text{total}} = H_{\text{total media}} + H_{\text{underdrain}}$$

9. Diameter pipa *underdrain*

$$Q = \frac{V_a}{t_d}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi}}$$