

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

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

Air baku merupakan bahan dasar dalam proses pengolahan air minum yang diambil dari sumber-sumber yang memenuhi standar baku mutu. Salah satu alternatif yang dapat dijadikan sumber air baku adalah air sungai. Sebagai penentuan pemilihan air sumber, ada 3 parameter yang harus terpenuhi suatu sumber air, yaitu kuantitas, kontinuitas, dan kualitas. Air baku yang akan digunakan untuk proses pengolahan harus diperhatikan pula klasifikasi kelas badan air yang akan digunakan, karena klasifikasi kelas yang berbeda juga mempengaruhi proses pengolahannya (Ariesmayana et al., 2022).

Air baku yang digunakan sebagai data perencanaan adalah air permukaan (air sungai Ciliwung, DKI Jakarta) dengan karakteristik sebagai berikut:

##### **2.1.1 pH**

pH adalah indikator yang menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan dari suatu larutan di mana derajat keasaman digambarkan sebagai kologaritma dari ion hidrogen yang terlarut. Koefisiennya ditentukan dengan pengukuran perhitungan teoritis dan tidak secara eksperimental. Dampak yang ditimbulkan dari kadar pH dalam air adalah adanya ketidakseimbangan asam dan alkali dalam tubuh, serta pertahanan akan tingkat elektrolit (Karangan et al., 2019). Rentang pH yang cocok untuk keberadaan kehidupan biologis yang paling sesuai adalah 6-9. Jika pH tidak diolah sebelum dialirkan, maka air akan mengubah pH secara alami. pH dapat diukur dengan alat pH meter dan kertas pH beserta indikator warna pH yang dijadikan patokan (Metcalf & Eddy, 2003).

##### **2.1.2 TSS**

*Total Suspended Solid* merupakan total padatan tersuspensi pada air limbah dengan kandungan bahan organik dan anorganik yang dapat melalui penyaringan kertas milipore berukuran pori-pori 0,45  $\mu\text{m}$ . TSS mengakibatkan kekeruhan air

terdiri dari pasir halus, lumpur, serta jasad-jasad renik yang berasal dari kikisan tanah atau erosi yang terbawa badan air (Effendi, 2003). Dampak buruk berupa penghalangan penetrasi matahari terhadap air dan peningkatan kekeruhan pada kualitas air dapat terjadi akibat dari tingginya kadar padatan tersuspensi (Samantha & Almalik, 2019).

### **2.1.3 Ammonia**

Ammonia yaitu salah satu nitrogen anorganik terlarut yang dapat mempengaruhi kualitas suatu perairan. Nitrogen anorganik terlarut di perairan dapat berbentuk gas nitrogen ( $N_2$ ), ammonia tidak terionisasi ( $NH_3$ ), Ammonium ( $NH_4^+$ ), Nitrit ( $NO_2^-$ ), Nitrat ( $NO_3^-$ ), dan senyawa bentuk lain yang berasal dari limbah pertanian, permukiman, dan limbah industri (Goldman and Horne, 1983). Ammonia yang tidak terionisasi ( $NH_3$ ) bersifat toksik terhadap organisme akuatik (Effendi, 2003). Toksisitas ammonia terhadap organisme akuatik meningkat dengan penurunan kadar oksigen terlarut, peningkatan pH, dan suhu air (Saputra, 2009).

Keberadaan amonia dalam air sungai yang melebihi ambang batas dapat mengganggu ekosistem perairan dan makhluk hidup lainnya. Amonia sangat beracun bagi hampir semua organisme. Amonia dapat bersifat racun pada manusia jika jumlah yang masuk tubuh melebihi jumlah yang dapat didetoksifikasi oleh tubuh. Pada manusia, resiko terbesar adalah dari penghirupan uap amonia yang berakibat beberapa efek diantaranya iritasi pada kulit, mata dan saluran pernafasan. Pada tingkat yang sangat tinggi, penghirupan uap amonia sangat bersifat fatal (Mia & Mira, 2015).

### **2.1.4 COD**

COD (*Chemical Oxygen Demand*) merupakan banyaknya oksigen dalam ppm yang diperlukan dalam kondisi khusus untuk menguraikan zat organik menggunakan bahan kimiawi atau oksidator kuat (potassium dikromat) (Qasim, 1985). Secara kimia, bahan organik diuraikan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi panas dan asam menggunakan katalisator 5 perak sulfat (Metcalf & Eddy, 1991). Hal ini mengakibatkan seluruh bahan organik, baik yang

mudah terurai maupun yang kompleks dan sulit terurai akan teroksidasi menjadi gas H<sub>2</sub>O dan gas CO<sub>2</sub> serta sejumlah ion krom. Dengan menggunakan oksidator kalium bikromat, diperkirakan bahan organik dapat dioksidasi sekitar 95%-100% (Effendi, 2003).

### **2.1.5 BOD**

BOD (*Biological Oxygen Demand*) merupakan kebutuhan oksigen biologis yang diperlukan mikroorganisme yang umumnya bakteri untuk pemecahan bahan organik dalam kondisi aerobik (Santoso, 2018). Proses dekomposisi bahan organik dimaknai sebagai perolehan energi mikroorganisme dari proses oksidasi yang berlangsung untuk memakan bahan organik di air (Daroini & Arisandi, 2020). Perhitungan kadar BOD dalam air berguna dalam perancangan sistem pengolahan biologis di perairan yang tercemar (Pour et al., 2014).

### **2.1.6 DO**

DO (*Dissolved Oxygen*) merupakan jumlah oksigen yang terlarut di dalam air di mana sumbernya merupakan fotosintesis dan absorpsi atmosfer dan udara. DO di perairan memiliki peran dalam proses metabolisme makhluk hidup organisme dalam air. Kualitas air dapat ditentukan dengan pengamatan parameter DO. Banyaknya jumlah DO mengindikasikan kualitas air yang semakin baik. Kadar DO dapat berkurang pada tingkat rendah sehingga menimbulkan bau yang disebabkan oleh degradasi anaerobik organisme (Salmin, 2005).

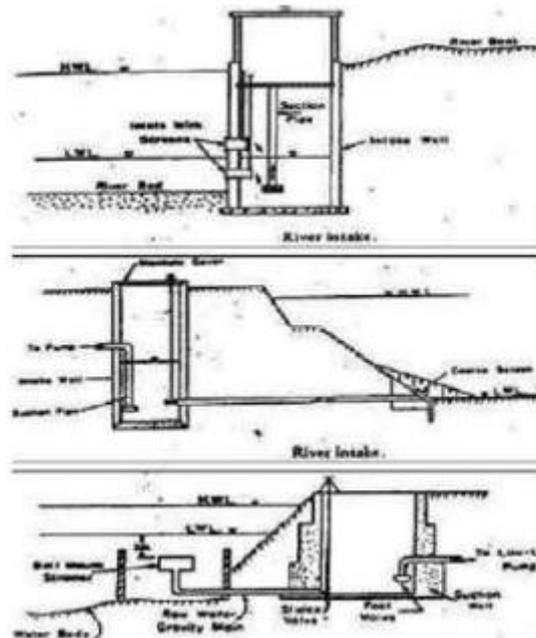
## **2.2 Bangunan Pengolahan Air Minum**

### **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*):

1. Penempatan bangunan penyadap (*intake*) harus aman terhadap polusi yang disebabkan pengaruh luar (pencemaran oleh manusia dan makhluk hidup lain);
2. Penempatan bangunan pengambilan pada lokasi yang memudahkan dalam pelaksanaan dan aman terhadap daya dukung alam (terhadap longsor dan lain- lain);
3. Konstruksi bangunan pengambilan harus aman terhadap banjir air sungai, terhadap gaya guling, gaya geser, rembesan, gempa dan gaya angkat air (*up- lift*);
4. Penempatan bangunan pengambilan diusahakan dapat menggunakan sistem gravitasi dalam pengoperasiannya;
5. Dimensi bangunan pengambilan harus mempertimbangkan kebutuhan maksimum harian;
6. Dimensi *inlet* dan *outlet* dan letaknya harus memperhitungkan fluktuasi ketinggian muka air;
7. Pemilihan lokasi bangunan pengambilan harus memperhatikan karakteristik sumber air baku;
8. Konstruksi bangunan pengambilan direncanakan dengan umur pakai (*lifetime*) minimal 25 tahun;
9. 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*

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:

1. Mencari debit tiap intake

$$Q = \frac{Q \text{ kapasitas produksi}}{\text{Jumlah pipa}}$$

Keterangan :

$$Q = \text{debit (m}^3/\text{s)}$$

$$\Sigma \text{ pipa} = \text{Jumlah Pipa Intake}$$

2. Mencari luas penampang pipa inlet

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

Keterangan:

$$A = \text{Luas penampang (m}^2\text{)}$$

$$Q = \text{debit (m}^3/\text{s)}$$

V = Kecepatan (m/s)

3. Mencari diameter pipa intake

$$D = \left[ \frac{4 \times A}{\pi} \right]^{0,5}$$

Keterangan:

D = Diameter pipa (m)

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

4. 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>)

5. Head losses mayor sepanjang pipa

$$D = \frac{10,7 \times L \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \times L$$

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 Hean-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

Jenis Pipa	Nilai kekasaran pipa (C)
<i>New Riveted Steel; vitrified</i>	110
<i>Old Cast Iron</i>	100
<i>Very Old and Corroded Cast Iron</i>	80

Sumber: (Jack B & Cheng, 1987)

6. *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) 81cm	0,004
90° elbow (24 in) 61 cm	0,3
Gate valve (24 in) 61 cm	0,19
Reducer (14 in) 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)

7. Mencari slope pipa

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

Keterangan:

S = Slope pipa  
(m/m)

L = Panjang  
pipa (m)

Hf = *Head losses* (m)

8. 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)

9. Mencari *Velocity Head* (hv)

$$H_v = \frac{V_c^2}{2g}$$

Keterangan:

hv = *velocity head* (m)

v = kecepatan  
(m/s)

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

10. Headloss melalui screen (Hf screen)

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

Keterangan:

β = Koefisien minor  
losses (m)

w = lebar bar (cm)

b = jarak antar bar (cm)

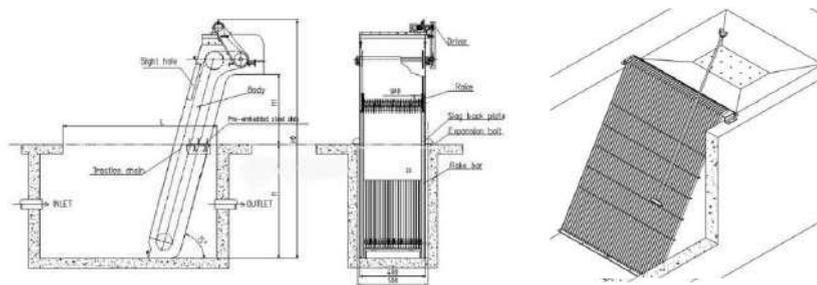
**Tabel 2.3** Faktor Minor Losses Bar

Bentuk Bar	Nilai <i>minor losses</i> (β)
<i>Shape edge rectangular</i>	2,42
<i>Rectangular with semicircular up stream face circular</i>	1,83

Bentuk Bar	Nilai <i>minor losses</i> ( $\beta$ )
<i>Circular</i>	1,79
<i>Rectangular with semicircular up stream 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 plastik, 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 bahan-bahan kasar dari aliran air yang mampu: merusak peralatan unit pengolahan berikutnya; mengurangi kinerja dan efektivitas unit dan proses pengolahan secara keseluruhan; dan mencemari saluran air.



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

(Sumber: Metcalf & Eddy et al, 2007)

Umumnya unit *bar screen* dibuat dari batangan besi/baja dengan lapisan antirarat yang dipasang pada kerangka yang melintang di saluran air dengan posisi miring ke arah 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 vertikal (derajat°)	30 – 45	0 – 30	30 – 45	0 – 30
Kecepatan	1,0-2,0 ft/s	2,0-3,25ft/s	0,3-0,6m/s	0,6-1,0m/s
Headloss	6 in	5-24in	150mm	150-600mm

*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 minum adalah sebagai berikut:

1. 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)

2. Lebar bukaan

screen (wc)

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

Keterangan:

wc = lebar bukaan

screen

n = jumlah batang

d = lebar kisi/bar (m)

3. Tinggi Kisi ( $\gamma$ )

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

Keterangan:

H = kedalaman/ketinggian kisi

4. Panjang Kisi (P)

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

Keterangan:

$\alpha$  = kemiringan kisi

$\gamma$  = tinggi kisi (m)

5. Jarak Kemiringan Kisi (x)

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

Keterangan:

$\alpha$  =

kemiringan

kisi

P = panjang

kisi (m)

6. 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

#### 7. Headloss pada *Bar Screen*

Saat *clogging*

$$H_f = \frac{1}{c} \left( \frac{vt^2v^2}{2g} \right)$$

Saat non *clogging*

$$H_f = \frac{1}{cc} \left( \frac{vt^2v^2}{2g} \right)$$

### 2.2.2 Sumur Pengumpul

Sumur 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:

$Q$  = debit air

$T_d$  = 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<sub>b</sub> = freeboard

5. Luas penampang sumur (A)

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

6. Dimensi sumur pengumpul

$$A = L \times W$$

Keterangan: A = luas bak

L = panjang bak

W = lebar bak

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

1. Debit lumpur (Q<sub>L</sub>)

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

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

$$- \text{Hf mayor} = \frac{10,7 \times L \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}}$$

Keterangan:

L = panjang suction

Q = debit air

D = diameter pipa

$$- \text{Hf minor} = n \times k \times \left( \frac{v^2}{2 \times g} \right)$$

Keterangan:

n = jumlah aksesoris

k = konstanta

v = kecepatan

g = gravitasi

- Jumlah Hf suction

$$\text{Hfs} = \text{Hf mayor} + \text{Hf minor}$$

## 2. Pipa Discharge

$$- \text{Hf mayor} = \frac{10,7 \times L \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}}$$

Keterangan:

L = panjang suction

Q = debit air

D = diameter pipa

$$- \text{Hf elbow} = n \times k \times \left( \frac{v^2}{2 \times g} \right)$$

Keterangan:

n = jumlah aksesoris

k = konstanta

v = kecepatan

g = gravitasi

- Jumlah Hf discharge

$$\text{Hfs} = \text{Hf mayor} + \text{Hf minor}$$

## 3. Perhitungan headloss total

$$\text{Head total} = \text{Hs} + \sum \text{Hf pipa suction} + \sum \text{Hf pipa discharge}$$

4. Perhitungan head pompa =  $H_s + L_{\text{suction}} + L_{\text{discharge}}$

### C. Rumus Strainer

1. Luas efektif ( $A$ ) =  $\frac{Q}{v}$

Keterangan:

$Q$  = debit air

$v$  = kecepatan aliran

2. Luas tiap sisi =  $\frac{A}{5}$

Keterangan:

$A$  = luas efektif

3. Luas total ( $A_{\text{total}}$ ) =  $2 \times A_{\text{sisi}}$

4. Dimensi strainer =  $L \times W$

Keterangan:

$L$  = panjang pipa

$W$  = lebar pipa

5. Luas lubang =  $\frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2$

6. Jumlah lubang

$$n = \frac{A_{\text{tot}}}{\text{luas lubang}}$$

7. Jumlah lubang tiap sisi

$$D_{\text{sisi}} = \frac{\text{jumlah lubang}}{5}$$

### 2.2.3 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).

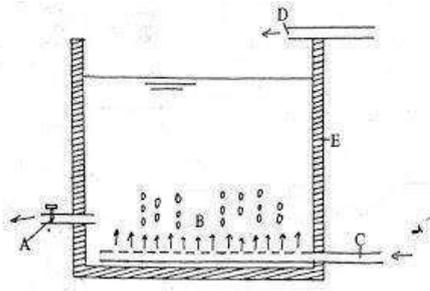
Sumber lain menjelaskan bahwa aerasi adalah suatu proses atau usaha dalam menambahkan konsentrasi oksigen yang terkandung dalam air, agar proses oksidasi

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 ( $\text{CO}_2$ ).
3. Menghilangkan hydrogen sulfide ( $\text{H}_2\text{S}$ ), methan ( $\text{CH}_4$ ) dan berbagai senyawa 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 ( $\text{CaCO}_3$ ) 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). 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 2.3** 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 = debit air

T<sub>d</sub> = 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 = luas bak

P = Panjang bak

L = lebar bak

4. Luas tiap plate disk

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

Keterangan:

D = 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 vertical antar disk (Sv)

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

7. Pipa inlet dan outlet

$$\text{Inlet } Q = A \times v$$

$$\text{Outlet } Q = A \times v$$

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

$$P_w = wRT_1 / (550 \text{ ne}) [(P_2/P_1)^{n-1}]$$

**Tabel 2.5** Desain dan Karakteristik Operasional Aerator

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
<p>Aerator</p> <p>Gravitasi:</p> <p><i>Cascade</i></p> <p><i>Packing Tower</i></p> <p><i>Tray</i></p>	<p>20-45% CO<sub>2</sub></p> <p>&gt; 95% VOC</p> <p>&gt; 90% CO<sub>2</sub></p> <p>&gt; 90% CO<sub>2</sub></p>	<p>Tinggi 1-3 m</p> <p>Luas: 85-105 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>.det</p> <p>Kecepatan aliran: 0,3 m/det</p> <p>Diameter kolom maksimum: 3 m</p> <p>Beban Hidrolik:2000 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari</p> <p>Kecepatan 0,8-1,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.menit</p> <p>Kebutuhan udara: 7,5 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> air</p>
<p>Spray Aerator</p>	<p>70-90% CO<sub>2</sub></p> <p>25-40 H<sub>2</sub>S</p>	<p>Jarak rak (tray): 30-75 cm</p> <p>Luas: 50-160 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>.det</p> <p>Tinggi 1,2-9 m</p> <p>Diameter nozzle: 2,5-4 cm jarak nozzle: 0,6-3,6 m Debit nozzle: 5-10 l/det</p>

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
Aerator Berdifusi	80% VOCs	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 tangki kedalaman: 2,7-4,5 Lebar: 3-9 m Lebar/kedalaman < 2 Volume maksimum: 150 m <sup>3</sup> Diameter lubang diffuser: 2-5 mm
Aerator Mekanik	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)

## 2.2.4 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 2.6** 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 x = 14,16,18	Bongkah, bubuk	Asam	6,0 – 7,8

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan Air	pH Optimum
Sodium aluminate	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$	Bubuk	Basa	6,0 – 7,8
Polyaluminium Chloride, PAC	$\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3-n-m}$	Cairan, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
Ferric sulfate	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	Kristal halus	Asam	4 – 9
Ferri klorida	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Bongkah, cairan	Asam	4 – 9
Ferro Sulfat	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	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

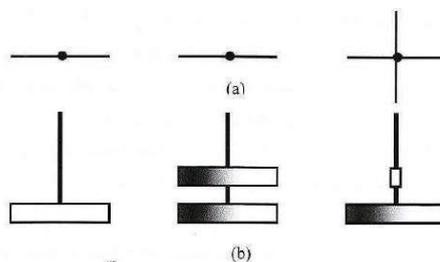
Pada temperatur yang rendah reaksi lebih lambat dan viskositas air menjadi lebih besar sehingga flok lebih sukar mengendap.

3. Dosis Koagulan

4. 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 mikroflok yang terbentuk hanya sedikit, akibatnya kekeruhan akan naik. Dosis koagulan yang berlebihan akan menimbulkan efek samping pada partikel sehingga kekeruhan akan meningkat.
5. 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 mikroflok. 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.

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  $KT$ .



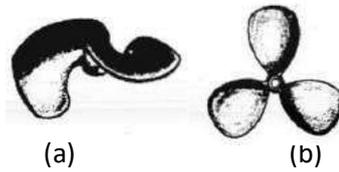
**Gambar 2.4** Tipe Paddle (a) Tampak Atas (b) Tampak Samping

(Sumber: Ali Masduqi, 2016)



**Gambar 2.5** Tipe Turbin

(Sumber: Ali Masduqi, 2016)



**Gambar 2.6** Tipe Propeller (a) 2 blade (b) 3 blade

(Sumber: Ali Masduqi, 2016)

**Tabel 2.7** Kriteria Impeller

<b>Type Impeller</b>	<b>Kecepatan Putaran</b>	<b>Dimensi</b>	<b>Ket</b>
Paddle	20-150 rpm	diameter: 50-80% lebar bak lebar: 1/6 – 1/10 diameter paddle	
Turbine	10-150 rpm	diameter: 30-50% lebar bak	
Propeller	400-1750 rpm	diameter: maks. 45 cm	Jumlah pitch 1-2 buah

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

**Tabel 2.8** Nilai Waktu Pengadukan Mekanis dan Gradien Kecepatan

<b>Waktu Pengadukan, td (detik)</b>	<b>Gradien Kecepatan (detik<sup>-1</sup>)</b>
20	1000

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

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

**Tabel 2.9** 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), $D_i/W_i=4$	43,0	2,25
Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i=6$	36,5	1,70
Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i=8$	33,0	1,15
Flat paddles, 4 blades, $D_i/W_i=6$	49,0	2,75
Flat paddles, 6 blades, $D_i/W_i=8$	71,0	3,82

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

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

## A. Bak Pembubuh 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 = debit tiap bak

3. Kebutuhan koagulan sesungguhnya

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

4. Debit alum

$$Q \text{ alum} = \frac{\text{kebutuhan alum}}{\text{massa jenis alum}} \times \text{td}$$

5. Debit air pelarut

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

6. Debit bak pembubuh

$$Q \text{ total} = Q \text{ alum} + Q \text{ air pelarut}$$

7. Volume bak pembubuh

$$V = Q \text{ total} \times \text{td}$$

8. Dimensi bak (tabung) menggunakan katalog satake

9. Daya pengadukan

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

10. Jarak impeller dengan dasar

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

Keterangan:

$D_i$  = diameter impeller

11. Lebar impeller

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

12. Cek lebar impeller

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

Keterangan:

Wi = lebar impeller

Di = diameter impeller

$$13. \text{ Cek } Nre = \frac{Di^2 \times n \times p}{u}$$

Keterangan:

Di = diameter impeller

n = kecepatan putaran propeller

p = massa jenis alum

$\mu$  = viskositas absolut

## B. Bak Koagulasi

1. Debit tiap bak

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

2. Volume air baku

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

3. Volume koagulan

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

4. Volume total koagulan

$$V \text{ total} = \text{Volume air} + \text{Volume koagulan}$$

5. Dimensi bak koagulasi menggunakan katalog Satake

6. Daya pengadukan

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

7. Jarak impeller dengan dasar (Hi)

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

8. Lebar impeller (Wi)

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

9. Cek lebar impeller (Cek Wi)

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

$$10. \text{ Cek Nre} = \frac{Di^2 \times n \times p}{u}$$

### C. Pipa Outlet

1. Debit tiap pipa =  $\frac{Q_{awal}}{\text{Jumlah unit}}$

2. Luas permukaan (A)

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

3. Diameter pipa (D)

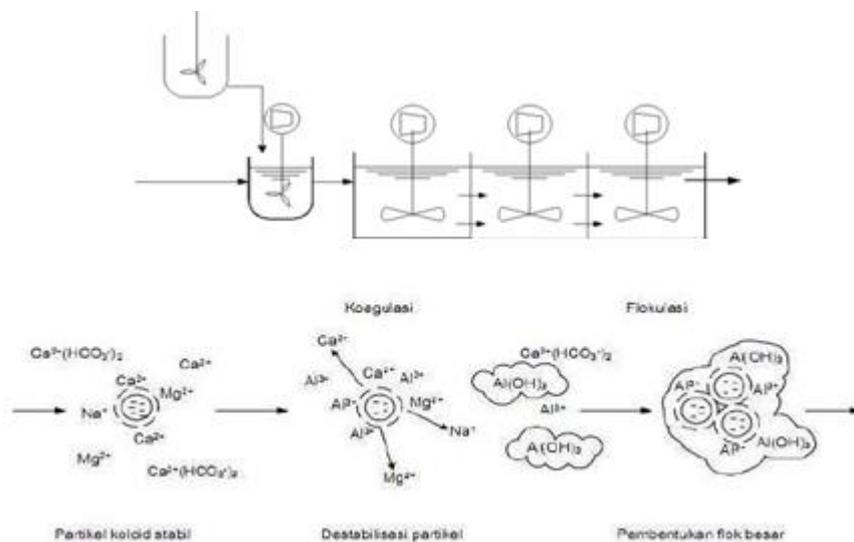
$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

4. Cek kecepatan (V)

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

### 2.2.5 Flokulasi

Flokulasi yaitu penggabungan inti flok menjadi flok berukuran lebih besar yang memungkinkan partikel dapat mengendap. Penggabungan flok kecil menjadi flok besar terjadi karena adanya tumbukan antar flok. Tumbukan ini terjadi akibat adanya pengadukan lambat. Proses koagulasi-flokulasi dapat digambarkan secara skematik pada Gambar 2.7



**Gambar 2.7** Gambaran Proses Koagulasi-Flokulasi

Sumber : Masduqi & Assomadi (2012)

### 2.2.5.1 Jenis-Jenis Flokulasi

Pengadukan lambat dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain:

#### 1. Pengadukan mekanis

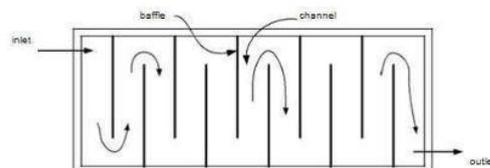
Pengadukan mekanis adalah metode pengadukan menggunakan peralatan mekanis yang terdiri atas motor, poros pengaduk (*shaft*), dan alat pengaduk (*impeller*). Peralatan tersebut digerakkan dengan motor bertenaga Listrik. Berdasarkan bentuknya, ada tiga macam *impeller*, yaitu *paddle* (pedal), *turbine*, dan *propeller* (balong-balong). Bentuk ketiga *impeller* tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.4-2.6.

#### 2. Pengadukan hidrolis

Tenaga pengadukan ini dihasilkan dari energi hidrolis yang dihasilkan dari suatu aliran hidrolis. Energi hidrolis dapat berupa energi gesek, energi potensial (jatuhan) atau adanya lompatan hidrolis dalam suatu aliran.

Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan cepat haruslah aliran yang menghasilkan energi hidrolis yang besar. Dalam hal ini, dapat dilihat dari besarnya kehilangan energi (*headloss*) atau perbedaan muka air. Dengan tujuan menghasilkan turbulensi yang besar tersebut, maka jenis aliran yang sering digunakan sebagai pengadukan cepat adalah terjunan, loncatan hidrolis, dan *parshall flume*.

Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan lambat adalah aliran air yang menghasilkan energi hidrolis yang lebih kecil. Aliran air dibuat relative lebih tenang dan dihindari terjadinya turbulensi agar flok yang terbentuk tidak pecah lagi. Beberapa contoh pengadukan hidrolis untuk pengadukan lambat adalah kanal bersekat (*baffled channel*, *perforated wall*, *gravel bed*, dan sebagainya) (Masduqi dan Assomadi, 2012).



**Gambar 2.8** *Baffle Channel*

Tujuan pengadukan lambat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan gerakan air secara perlahan sehingga terjadi kontak antar partikel untuk membentuk gabungan partikel hingga berukuran besar. Pengadukan lambat dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik<sup>-1</sup>) selama 10 hingga 60 menit atau nilai GTd (bilangan Champ) berkisar 48.000 hingga 210.000. 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 sebagai berikut (Masduqi dan Assomadi, 2012).

1. Untuk air sungai  
G = 10 – 50 detik<sup>-1</sup>
2. Untuk air waduk
  - Waktu = 30 menit
  - G = 10 - 75 detik<sup>-1</sup>
3. Untuk air keruh
  - Waktu dan G lebih rendah
4. Bila menggunakan gram besi sebagai koagulan
  - G tidak lebih dari 50 detik<sup>-1</sup>
5. Untuk flokulator 3 kompartemen
  - G kompartemen 1 : nilai terbesar
  - G kompartemen 2 : 40% dari G kompartemen 1
  - G kompartemen 3 : nilai terkecil
6. Untuk penurunan kesadahan (pelarutan kapur atau soda)
  - Waktu detensi = minimal 30 menit
  - G = 10 – 50 detik<sup>-1</sup>
7. Untuk 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

### 2.2.6 Sedimentasi

Bak sedimentasi adalah bak yang digunakan untuk proses pengendapan (sedimentasi) partikel flokulen dalam suspensi, dengan pengendapan yang terjadi akibat interaksi antar partikel. Selama operasi pengendapan, ukuran partikel flokulen bertambah besar, sehingga kecepatannya juga meningkat. Sebagai contoh ialah pengendapan koagulasi-flokulasi (Masduqi dan Assomadi, 2012). Bak pengendap pertama pada umumnya mampu menyisihkan 50-70% dari suspended solid tanpa bantuan bahan kimia, 80-90% penyisihan TSS dengan bantuan bahan kimia dari 25-40% BOD. Adapun efisiensi kemampuan penyisihan TSS dan BOD pada bak sedimentasi 1 dipengaruhi oleh :

1. Aliran angin
2. Suhu udara permukaan
3. Dingin atau hangatnya air yang menyebabkan perubahan kekentalan air
4. Suhu terstratifikasi dari iklim
5. Bilangan eddy.

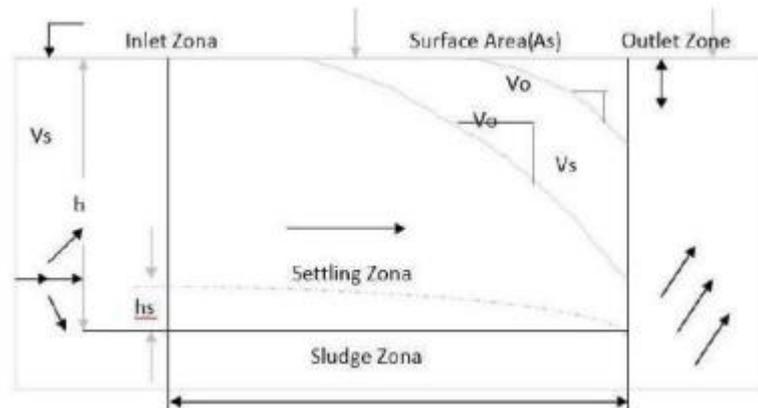
Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah:

1. Pengendapan Tipe I (Free Settling)
2. Pengendapan Tipe II (Flocculent Settling)
3. Pengendapan Tipe III (Zone/Hindered Settling)
4. 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

(Sumber: Ali Masduqi, 2019)

Dimana pada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut :

1. Zona Inlet = Terjadi distribusi aliran yang menuju zona settling ( $\pm 25\%$  panjang bak)
2. Zona Settling = Terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya
3. 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
4. Zona Outlet = Pada zona ini dihasilkan air yang jernih tanpa suspensi yang ikut terbawa

Adapun rumus perhitungan yang digunakan dalam menghitung bak sedimentasi antara lain :

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

1. Debit tiap bak

$$Q = \frac{Q_{awal}}{Jumlah\ unit}$$

2. Volume bak pengendap (V)

$$V = Q \times t_d$$

Keterangan:

Td = waktu detensi

Q = debit air

3. Luas permukaan (A)

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

Keterangan:

V = volume bak

H = tinggi bak

4. Dimensi bak pengendap

$$A = P \times L$$

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

$$P = 2 \times L$$

Keterangan:

A = luas bak

P = panjang bak

L = lebar bak

H = tinggi bak

5. Cek volume max (V max)

$$V \text{ maks} = P \times L \times H \text{ total}$$

Keterangan:

P = panjang bak

L = lebar bak

6. Cek waktu detensi

$$\text{Cek td} = \frac{V \text{ max}}{Q}$$

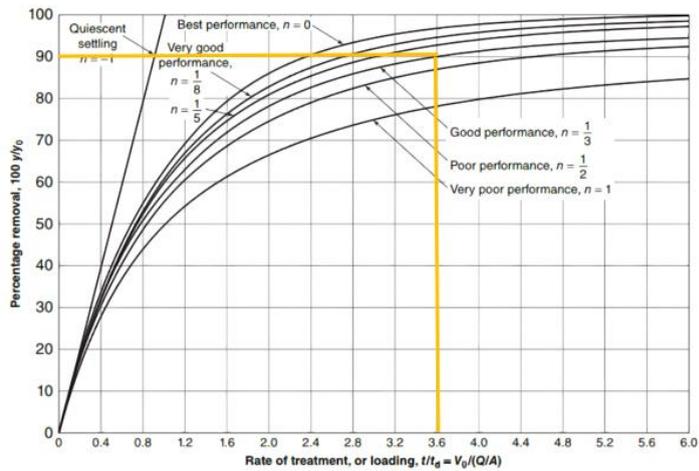
Keterangan:

Vmax = volume max

Q = debit air

7. Kecepatan pengendapan partikel (Vs)

% removal yang diinginkan = 80%



**Gambar 2.10** Grafik Kecepatan Pengendapan Partikel Sedimentasi  
(Grafik Shammam, 2016. Halaman 448)

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

$$\frac{vs}{\left(\frac{Q}{A}\right)} = 3,6$$

Keterangan:

Q = debit air

A = luas bak

8. Diameter partikel ( $D_p$ )

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

9. Jari – jari hidrolis (R)

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

Keterangan:

L = lebar bak

H = tinggi bak

10. Massa jenis solid ( $p_s$ )

$$S_g = \frac{p_s}{p}$$

11. Kecepatan horizontal ( $V_h$ )

$$V_h = \frac{Q}{L \times H}$$

Keterangan:

L = lebar bak

H = tinggi bak

Q = debit air

12. Cek Nre

$$N_{re} = \frac{V_h \times R}{\nu}$$

Keterangan:

V<sub>h</sub> = kecepatan horizontal

R = viskositas kinematik

ν = kecepatan aliran

13. Cek Nfr

$$N_{fr} = \frac{V_h}{g \times R}$$

14. Kecepatan penggerusan (V<sub>cs</sub>)

$$V_{cs} = \sqrt{\frac{8 \times \beta \times (Sg-1) \times g \times dp}{f}}$$

15. Kemiringan dasar bak (S)

$$S = 2\% \times P$$

Keterangan:

P = panjang bak

16. Panjang miring *plate settler* (L<sub>p</sub>)

$$L_p = \frac{\text{tinggi plate settler}}{\sin 60^\circ}$$

17. Panjang area *plate settler* (L<sub>ps</sub>)

$$L_{ps} = 2/3 \times P$$

Keterangan:

P = panjang bak

18. Jumlah *plate settler* (np)

$$n_p = \frac{L_{ps} - S_{ps}}{S_{ps} + W_{ps}}$$

## B. Zona Inlet

1. Debit tiap bak

$$Q = \frac{Q \text{ awal}}{\text{Jumlah unit}}$$

2. Volume bak pengendap (V)

$$V = Q \times t_d$$

3. Luas permukaan (A)

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

Keterangan:

Q = debit air

v = kecepatan aliran

4. Dimensi saluran

$$A = H \times L$$

$$L = \sqrt{A}$$

$$H = W$$

$$H \text{ total} = H + (F_b \times h)$$

5. Cek kecepatan (Vcek)

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

Keterangan:

Q = debit air

A = luas bak

6. Jari-jari hidrolis (R)

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

Keterangan:

L = lebar bak

H = tinggi bak

7. Kemiringan dasar saluran (S)

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

8. Headloss saluran (Hf)

$$H_f = n \times L$$

Keterangan:

n = jumlah saluran

L = panjang saluran

### C. Zona Transisi

1. Luas perforated baffle ( $A_b$ )

$A_b = \text{Lebar baffle } (L_b) \times \text{tinggi baffle } (H_b)$

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:

$A_b = \text{luas perforated baffle}$

4. Jumlah lubang total (n total)

$$n \text{ total} = \frac{A_{bb}}{A_L}$$

Keterangan:

$A_L = \text{luas per lubang}$

$A_{bb} = \text{luas bersih baffle}$

5. Cek jumlah lubang = lubang horizontal x lubang vertical

6. Jarak antar lubang horizontal ( $S_h$ )

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

Keterangan:

nh = lubang horizontal

H = tinggi bak

7. Jarak antar lubang vertical ( $S_v$ )

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

Keterangan:

nv = lubang vertikal

H = tinggi bak

8. Debit tiap unit

$$Q = \frac{Q \text{ awal}}{\text{Jumlah unit}}$$

9. Debit per lubang ( $Q_L$ )

$$Q_L = \frac{Q \text{ bak}}{\text{Jumlah lubang (n)}}$$

10. Kecepatan aliran lewat lubang ( $V_L$ )

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

11. Jari-jari lubang ( $R$ )

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

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

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

Keterangan:

$R$  = viskositas kinematik

$\mu$  = viskositas dinamik

$\rho$  = massa jenis

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

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

Keterangan:

$R$  = viskositas kinematik

$g$  = gravitasi

$vL$  = kecepatan aliran lewat lubang

#### **D. Zona Sludge**

1. TSS yang teremoval = %removal x kadar TSS

2. COD yang teremoval = %removal x kadar COD

3. BOD yang teremoval = %removal x kadar BOD

4. Berat lumpur ( $W_s$ )

$$W_s = Q \times (\text{TSS} + \text{COD} + \text{BOD})$$

5. Berat air ( $W_w$ )

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

Keterangan:

$W_s$  = berat sludge (lumpur)

6. Berat jenis lumpur ( $\rho_s$ )

$$\rho_s = (S_s \times 5\%) + (W_w \times 95\%)$$

7. Volume lumpur

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

8. Dimensi zona lumpur

a. Luas permukaan atas zona lumpur

$$A = P_1 \times L_1$$

b. Luas permukaan dasar zona lumpur

$$A' = P_2 \times L_2$$

c.  $V$  limas terpancung =  $\frac{1}{3} \times H \times (A + \sqrt{A \times A'} + A')$

9. Dimensi pipa penguras

a. Debit tiap pengurasan ( $Q_p$ ) =  $\frac{\text{Volume sludge}}{\text{Waktu pengurasan}}$

b. Luas permukaan ( $A$ ) =  $\frac{Q_{\text{pengurasan}}}{V_{\text{pengurasan}}}$

c. Diameter pipa penguras ( $D_p$ ) =  $\sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$

d. Cek kecepatan ( $V_{\text{cek}}$ ) =  $\frac{Q_{\text{pengurasan}}}{A}$

## E. Zona Pelimpah

1. Panjang total weir ( $L_w$ )

$$L_w = \frac{Q_{\text{bak}}}{WRL}$$

Keterangan:

WRL = weir loading

2. Panjang weir ( $P$ )

$$P = \frac{L_w}{\text{Jumlah weir}}$$

Keterangan:

$L_w$  = Panjang total weir

3. Debit tiap pelimpah (weir)

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

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 (L) pelimpah (gutter)

Direncanakan H:L = 1:2, maka :

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

$$L = 2 \times H$$

6. Ketinggian air pada gutter (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 air + (h air x 20%)

8. Jari-jari hidrolis gutter (R)

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

9. Luas basah gutter (A gutter) = lebar gutter x h air

10. Slope gutter (S)

$$S = \left( \frac{Q_{\text{gutter}} \times n}{A_{\text{gutter}} \times (R_{\text{gutter}})^{2/3}} \right)^2$$

11. Headloss pada gutter (Hf)

$$H_f = P_{\text{weir}} \times S_{\text{gutter}}$$

Keterangan:

P = panjang

S = 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

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

Keterangan:

Q = debit air

14. Tinggi peluapan melalui V notch (H)

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

Keterangan:

g = gravitasi

H= tinggi peluapan

#### F. Zona Outlet

1. Debit tiap pipa

$$Q = \frac{Q \text{ awal}}{\text{Jumlah unit}}$$

2. Volume saluran pengumpul (V)

$$V = \text{Debit} \times t_d$$

3. Dimensi saluran

$$V = P \times L \times H$$

$$H \text{ total} = H + \text{Freeboard}$$

Keterangan:

P = Panjang bak

L = lebar bak

H = tinggi bak

4. Jari- jari hidrolis (R)

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

Keterangan:

P = lebar bak

H = tinggi bak

5. Luas penampang pipa (A)

$$A = \frac{\text{Debit air (Q)}}{\text{Kecepatan aliran (v)}}$$

6. Diameter pipa (D)

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

7. Cek kecepatan (V cek)

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

Keterangan:

Q = debit air

A = luas bak

### 2.2.7 Filtrasi

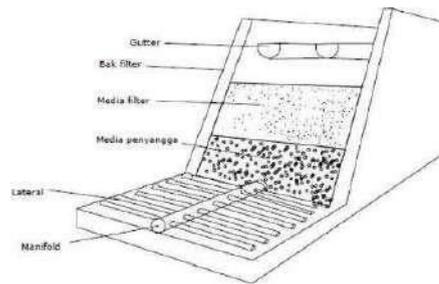
Menurut Al-Layla pada tahun 1978, partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air tidak bisa mengendap secara sempurna hanya dengan menggunakan proses sedimentasi. Untuk lebih menyempurnakan proses penyisihan partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air, dapat dilakukan dengan menggunakan 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 (Al-Layla, 1978).

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 (Al-Layla, 1978):

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 2.14 dapat dilihat bagian-bagian filter.



**Gambar 2.11** Bagian-Bagian Filter

(Sumber: Ali Masduqi, 2019)

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  $0,450,55 \text{ mm}$ . Lapisan filter ini bila dilihat dari bawah terdiri dari gravel dengan tebal berkisar antara  $38-60 \text{ cm}$ , sedangkan di atasnya terdapat pasir yang tebalnya kurang lebih  $80 \text{ cm}$ . Proses *backwash* pada *rapid sand filter* berbeda dengan *slow sand filter*. Pada *rapid sand filters* waktu *backwash* ditentukan dari head loss filter saat itu (AlLayla, 1978).

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 (Al-Layla, 1978).

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:  $UC = 1,3 - 1,7$

$$ES = 0,45 - 0,7 \text{ mm}$$

Untuk dual media:  $UC = 1,4 - 1,9$

$$ES = 0,5 - 0,7 \text{ mm}$$

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 koagulasiflokulasi 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, 2019).

**Tabel 2.10** Kriteria Perencanaan Filter Pasir Cepat

No	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6 – 11	6 – 11
2	Pencucian: Sistem pencucian	Tanpa/dengan blower & atau	Tanpa/dengan blower & atau
	Kecepatan (m/jam)	<i>surface wash</i>	<i>surface wash</i>
	Lama pencucian (menit)	36 – 50	36 – 50
	Periode antara dua pencucian (jam)	10 – 15	10 – 15
	Ekspansi (%)	18 – 24	18 – 24
		30 – 50	30 – 50
3	Dasar filter Lapisan penyangga dari atas ke Bawah Kedalaman (mm) ukuran butir (mm)	80 – 100 2 – 5	80 – 100 2 – 5
	Kedalaman (mm) ukuran butir (mm)	80 – 100 5 – 10	80 – 100 5 – 10
	Kedalaman (mm) ukuran butir (mm)	80 – 100	80 – 100
	(mm)	10 – 15	10 – 15
	Kedalaman (mm) ukuran butir (mm)	80 – 150	80 – 150

No	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan
	Filter Nozzle Lebar slot nozzle (mm)	15 – 30	15 – 30
	Prosentase luas slot nozzle terhadap luas filter (%)	< 0,5	< 0,5
		> 4%	> 4%

(Sumber: SNI 6774-2008)

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

#### A. Bak Filtrasi

1. Debit tiap bak

$$Q = \frac{q}{n}$$

2. Luas permukaan (A)

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

3. Dimensi bak

$$\text{Lebar} = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

$$\text{Panjang} = 2 \times \text{Lebar}$$

#### B. Kehilangan Tekanan Media Filter

1. Nilai Nre

$$Nre = \frac{\emptyset \times \rho \times d \times v_a}{\mu}$$

2. Koefisien drag (Cd)

$$Cd = \frac{24}{Nre} + \frac{3}{\sqrt{Nre}} + 0,34$$

3. Kehilangan tekanan =  $\frac{1,067}{\emptyset} \times \frac{d}{g} \times \frac{(Va^2)}{(\epsilon^4)} \times \frac{Cd}{d}$

### C. Backwash

1. Nilai Nre

$$Nre = \frac{\emptyset \times \rho \times d \times v_a}{\mu}$$

2. Koefisien drag (Cd)

$$Cd = \frac{24}{Nre} + \frac{3}{\sqrt{Nre}} + 0,34$$

3. Kecepatan pengendapan partikel (Vs)

$$Vs = \left[ \frac{4 \times g}{3 \times Cd} \times (Sg - 1) \times d \right]^{1/2}$$

4. Kecepatan backwash (Vb)

$$Vb = Vs \times \varepsilon^{4,5}$$

5. Debit backwash (Qb)

$$Qb = Vb \times 1000 \text{ L/m}^3$$

6. Kehilangan tekanan backwash =  $(Sg - 1) \times (1 - \varepsilon) \times D$

7. Tinggi ekspansi media =  $D \times \frac{(1-d)}{\left[1 - \frac{Va^{0,22}}{Vs}\right]}$

### D. Sistem Manifold

#### a. Pipa Manifold

1. Debit tiap unit

$$Q = \frac{Q}{\text{Jumlah unit}}$$

2. Luas penampang pipa (A) =  $\frac{Q}{v}$

3. Diameter pipa manifold (Dm)

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

4. Cek kecepatan aliran pipa

$$Vcek = \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times (D)^2}$$

5. Panjang pipa manifold (Lm) = Panjang bak filtrasi

#### b. Pipa Lateral

1. Diameter pipa lateral (DL) =  $\frac{1}{3} \times Dm$

2. Luas penampang pipa (A)
 
$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D_L^2$$
3. Debit tiap pipa lateral
 
$$Q_L = V \times A$$
4. Jumlah pipa lateral (n) =  $\frac{Q}{Q_L}$
5. Jumlah lateral tiap sisi (n) =  $\frac{\text{Jumlah pipa lateral}}{2}$
6. Cek debit lateral (Qcek) =  $\frac{Q}{\text{jumlah pipa lateral}}$
7. Panjang pipa lateral =  $\frac{\text{Lebar bak} - Dm \times (2 \times DL)}{2}$

**c. Orifice**

1. Luas lubang orifice (A) =  $\frac{1}{4} \times \pi \times D_o^2$
2. Jumlah lubang orifice tiap bak filter
 
$$n = \frac{0,0025 \times \text{luas penampang bak filtrasi}}{\text{luas lubang orifice}}$$
3. Jumlah orifice tiap pipa lateral
 
$$n = \frac{\text{Jumlah lubang orifice}}{\text{jumlah pipa lateral}}$$

**d. Pipa Outlet**

1. Luas penampang pipa (A) =  $\frac{1}{4} \times \pi \times Dm^2$
2. Kecepatan aliran pipa outlet
 
$$V = \frac{\text{debit tiap bak filtrasi (Q)}}{\text{luas penampang pipa (A)}}$$
3. Headloss mayor pipa outlet
 
$$H_f \text{ mayor} = \frac{10,7 \times Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D^{4,87}} \times L$$
4. Head kecepatan pipa outlet (Hv)
 
$$H_v = \frac{v^2}{2 \times g}$$
5. Headloss minor pipa outlet (Hf minor)
 
$$H_f \text{ elbow } 90^\circ = K \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$H_f \text{ gate valve} = K \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$H_f \text{ tee} = K \times \frac{v^2}{2 \times \phi}$$

$$H_f \text{ minor} = H_f \text{ elbow} + H_f \text{ gate valve} + H_f \text{ tee}$$

$$\text{Headloss total} = H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor}$$

**e. Volume Air Pencucian**

1. Luas bak filtrasi (A) = P x L
2. Volume air untuk backwash = A x V x tbw
3. Debit backwash =  $\frac{V_{bw}}{tbw}$

**f. Saluran Pelimpah (Gutter)**

1. Kedalaman air di gutter ( $H_o$ ) =  $1,73 \times \left(\frac{Q^2}{\phi \times L}\right)^{1/3}$
2. Lebar gutter =  $1,5 \times H_o$
3. Tinggi gutter =  $H_o + (F_b \times H_o)$

**g. Tinggi Bak Filtrasi**

1. Tinggi bak filtrasi  
 $H = \text{Tinggi ekspansi media (antrasit+pasir+kerikil)} + \text{tinggi total gutter} + \text{diameter pipa manifold}$
2. Tinggi total bak filtrasi  
 $H_{\text{total}} = H + (F_b \times H)$

**h. Ruang Penampung Backwash**

1. Lebar bak penampung (L) = (jumlah bak x lebar bak filtrasi) + tinggi media
2. Panjang bak penampung (P)  
 $V_{\text{total}} = L \times H_{\text{total}} \times P$

**i. Pipa Drain Backwash**

1. Luas penampang (A) =  $\frac{Q}{v}$
2. Diameter pipa drain =  $\sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$
3. Cek kecepatan aliran pipa =  $\frac{Q}{\frac{1}{3} \times \pi \times (D)^2}$

### 2.2.8 Desinfeksi

Salah satu persyaratan kualitas air minum adalah persyaratan mikrobiologis, (harus bebas mikroorganisme patogen). Desinfeksi ialah proses membebaskan air minum dari mikroorganisme patogen. Metode disinfeksi 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 disinfeksi secara kimiawi adalah memberikan bahan kimia ke dalam air sehingga terjadi kontak antara bahan tersebut dengan mikroorganisme yang berakibat matinya mikroorganisme tersebut.

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 amin
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 (Park et al., 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). Rumus-rumus yang akan digunakan dalam perhitungan unit pengolahan ini ialah:

#### **A. Kebutuhan Klor**

1. Kebutuhan klor

$$\text{Keb. Klor} = \text{Dosis klor} \times \text{debit air baku (Q)}$$

2. Kebutuhan kaporit

$$\text{Keb. Kaporit} = \frac{100\%}{60\%} \times 45 \text{ mg/s}$$

3. Debit kaporit

$$Q \text{ kaporit} = \frac{\text{Kebutuhan kaporit}}{\text{Densitas}}$$

4. Debit larutan = Q kaporit + Q air

5. Volume bak = Q larutan x periode pelarutan

6. Dimensi bak desinfeksi

$$H \text{ total} = H \text{ air} + (\text{Fb} \times H \text{ air})$$

$$\text{Volume} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times h$$

Fb = freeboard

D = diameter bak

H = tinggi bak

## B. Pengadukan

1. Power (P)

$$P = G^2 \times \mu \times \text{volume bak}$$

Keterangan :

G = gradien kecepatan

$\mu$  = viskositas absolut

2. Diameter paddle (Di)

$$D_i = \left[ \frac{P \times g}{K T \times n^3 \times \rho} \right]^{1/5}$$

3. Cek Nre =  $\frac{D_i^2 \times n \times \rho}{\mu}$

Keterangan:

Di = diameter impeller

n = kecepatan putaran propeller

p = massa jenis klor

$\mu$  = viskositas absolut

4. Tinggi impeller dari dasar = 1 x Di

Keterangan:

Di = diameter impeller

5. Debit penetesan =  $\frac{\text{Volume}}{\text{Waktu}}$

6. Diameter injeksi

$$D \text{ pipa injeksi} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}}$$

Keterangan:

Q = debit air

v = kecepatan aliran pipa

7. Cek kecepatan

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

Keterangan:

Q = debit air

A = luas bak

$$8. \text{ Dosing pump} = \frac{\text{debit klor} \times \rho}{60}$$

### C. Pipa Outlet

$$1. \text{ Luas pipa outlet (A)} = \frac{Q}{v}$$

Keterangan :

Q = debit air

v = kecepatan aliran pipa

$$2. \text{ Diameter pipa} = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

Keterangan:

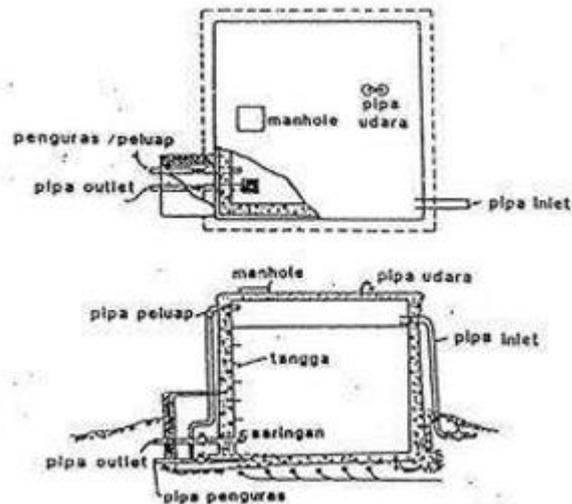
A = luas

### 2.2.9 Reservoir

Reservoir adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya reservoir ini diperlukan pada suatu system 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. Berdasarkan tinggi relative reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi 2 yaitu :

#### 1. Reservoir Permukaan (Ground Reservoir)

Reservoir permukaan adalah reservoir yang sebagian besar atau seluruh reservoir tersebut terletak di bawah permukaan tanah



**Gambar 2.12** Reservoir Permukaan

(Sumber : BPSDM PU)

2. Reservoir Menara (Elevated Reservoir)

Reservoir menara adalah reservoir yang seluruh bagian penampungan dari reservoir tersebut terletak lebih tinggi dari permukaan tanah sekitarnya.



**Gambar 2.13** Reservoir Menara

(Sumber : BPSDM PU)

Sedangkan berdasarkan bahan konstruksinya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi 4 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 2.14** Reservoir Tangki Baja

(Sumber: <http://ibb.jatimprov.go.id/product/detail/919>)

## 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 relatif lebih tinggi.



**Gambar 2.15** Reservoir Beton Cor

(Sumber: <https://readymix.co.id/aplikasi-dan-fungsi-ground-tank-beton-berikut-pemeliharaan>)

## 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 2.16** Reservoir Fiberglass

(Sumber: <http://www.pancawira.com/reservoir.html>)

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

#### **A. Pipa Inlet dan Outlet**

1. Luas penampang pipa (A)

$$A = \frac{\text{Debit gas klorin } (Q_c)}{\text{Kecepatan aliran } (V)}$$

2. Diameter pipa (D)

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

Keterangan:

A = luas penampang pipa

3. Cek kecepatan

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

Keterangan:

Q = debit air

A = luas bak

#### **B. Bak Reservoir**

1. Volume bak (V)

$$V = Q \times t_d$$

Keterangan:

Q = debit air

Td = waktu detensi

2. Luas bak penampung =  $\frac{V}{H}$

Keterangan:

V = volume bak

3. Dimensi bak

$$A = P \times L$$

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

$$P = 2 \times L$$

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

Keterangan:

A = luas bak

H = tinggi bak

L = lebar bak

P = Panjang bak

Fb = freeboard