

## **BAB 2**

### **TINAJUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Baku**

Air baku merupakan salah satu bahan dasar dalam proses pengolahan air minum yang diambil dari sumber-sumber yang memenuhi standar baku mutu. Sumber air baku harus tersedia dalam jumlah besar agar dapat memenuhi kebutuhan air minum daerah perencanaan. Penentuan sumber air baku untuk pengolahan harus mempertimbangkan data yang didapat melalui penelitian secara periodik antara 5 – 10 tahun (Kawamura, 1991).

Air baku merupakan salah satu bahan dasar dalam proses pengolahan air minum. Sumber air baku harus tersedia dalam jumlah besar agar dapat memenuhi kebutuhan air minum daerah perencanaan. Sumber air baku yang digunakan dalam perencanaan instalasi pengolahan air minum ini adalah air permukaan. Air permukaan merupakan air yang berada pada permukaan, contohnya sungai, rawa, danau, dan mata air. Kualitas air permukaan pada umumnya belum memenuhi standar air baku dikarenakan kekeruhan, zat organik, kadar logam berat, warna, dan lain lain yang menyebabkan air permukaan tidak dapat langsung dikonsumsi.

Agar dapat dijadikan sumber air baku untuk air minum, maka air permukaan harus memenuhi kualitas oksigen yang terlarut, pH yang sesuai, kandungan zat padat yang minim, tidak mengandung bakteri, temperatur, dan parameter lain yang sesuai dengan syarat air baku untuk air minum. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010, pH yang diinginkan pada air permukaan diantara 6,5 dan 8,5. Air permukaan yang banyak digunakan untuk sumber air baku pengolahan air minum adalah air sungai dan air danau.

#### **2.2 Karakteristik Air Baku**

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.

Dalam perencanaan pengolahan air minum, berikut: Air sungai yang digunakan sebagai air baku mempunyai beberapa karakteristik diantaranya sebagai berikut:

#### **A. TDS**

TDS (Total Dissolved Solids) adalah ukuran kandungan zat terlarut yang ada dalam air, baik zat organik maupun zat anorganik. TDS bisa berasal dari berbagai sumber, seperti pelapukan dan pelarutan batuan dan tanah, limpasan pertanian dan perkotaan, limbah industri dan domestik, garam jalan, pupuk dan pestisida, dan sebagainya. Tingkat TDS mempengaruhi kesehatan dan kualitas air.

#### **B. Kekeruhan**

Kekeruhan merupakan standar yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur kondisi suatu air baku dalam satuan skala NTU (*nephelometrix turbidy unit*) atau FTU (*formazin turbidy unit*). Kekeruhan

ini diakibatkan oleh adanya benda yang tercampur atau benda koloid di dalam air. Hal ini membuat perbedaan nyata dari segi estetika maupun dari segi kualitas air baku itu sendiri. Kekeruhan juga dapat disebabkan karena adanya kandungan TSS (total suspended solid) baik yang bersifat organik maupun anorganik. Zat organik dapat berasal dari lapukan tanaman dan hewan, sedangkan zat anorganik biasanya dapat menjadi makanan bakteri sehingga mendukung perkembangannya. Kekeruhan dalam air tidak boleh melebihi 5 NTU. Penurunan dalam kekeruhan ini diperlukan karena selain ditinjau dari segi estetika yang kurang baik juga sebagai proses untuk desinfeksi air keruh sangat susah. Hal ini disebabkan penyerapan beberapa koloid dapat melindungi organisme dari adanya desinfektan yang diberikan (Abdullah,2018).

#### **C. Total coliform**

Sumber air di alam pada umumnya mengandung bakteri. Jumlah dan jenis bakteri berbeda sesuai dengan tempat dan kondisi yang mempengaruhinya. Air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari harus bebas dari bakteri patogen. Bakteri golongan koliform tidak termasuk bakteri patogen (Cut Khairunnisa, 2012). Koliform termasuk golongan mikroorganisme yang sering digunakan sebagai indikator air. Bakteri ini mampu menentukan apakah suatu sumber air telah terkontaminasi oleh patogen atau tidak (Adrianto, 2018).

#### **D. Besi**

Besi adalah salah satu elemen kimiawi yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat di bumi, pada semua lapisan geologis dan semua badan air. Pada umumnya, besi yang ada di dalam air dapat bersifat terlarut sebagai  $Fe^{2+}$  (fero) atau  $Fe^{3+}$  (feri); tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter  $<1\mu m$ ) atau lebih besar, seperti  $Fe_2O_3$ ,  $FeO$ ,  $Fe(OH)_2$ ,  $Fe(OH)_3$  dan sebagainya; bergabung dengan zat organik atau zat padat yang inorganik (seperti tanah liat). Pada air permukaan jarang ditemui kadar Fe lebih besar dari 1 mg/L, tetapi dalam air tanah kadar Fe mampu lebih tinggi. Hal ini

dibuktikan dengan kain yang ternodai dan perkakas dapur (Febrina & Astrid, 2014).

#### **E. Mangan**

Mangan merupakan unsur logam golongan VII. Dalam jumlah yang kecil (<0,5 mg/L), mangan (Mn) dalam air tidak menimbulkan gangguan kesehatan, melainkan bermanfaat dalam menjaga kesehatan otak dan tulang, berperan dalam pertumbuhan rambut dan kuku, serta membantu menghasilkan enzim untuk metabolisme tubuh untuk mengubah karbohidrat dan protein membentuk energy yang akan digunakan. Air yang mengandung mangan (Mn) berlebih menimbulkan rasa, warna (coklat/ungu/hitam), dan kekeruhan (Fauziah, 2010). Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023 kadar mangan maksimum yang diperbolehkan bagi standard air minum adalah 2 mg/L.

#### **F. Total Suspended Solid**

Total padatan tersuspensi merupakan material endapan yang melayang pada kolom perairan yang bergerak tanpa menyentuh dasar perairan yang dipengaruhi oleh adanya masukan dari daratan, aliran sungai dan juga faktor oseanografi perairan (Paramitha et al., 2016). Total Suspended Solid (TSS) juga merupakan residu padatan total dari reaksi heterogen, yang berfungsi sebagai bahan pembentuk endapan yang paling awal dan dapat menghalangi kemampuan produksi zat organik di suatu perairan (Tarigan dan Edward, 2003).

### **2.3 Standar Kualitas Air Minum**

Di Indonesia Standar Kualitas Air Minum dapat dilihat pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah No. 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan. Parameter wajib air minum dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 2. 1** Parameter Wajib Air Minum

No.	Jenis Parameter	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
Mikrobiologi				
1.	<i>Escherihia coli</i>	0	CFU/100 ml	SNI / APHA
2.	<i>Total Coliform</i>	0	CFU/100 ml	SNI / APHA
	Fisik			
3.	Suhu	Suhu udara $\pm$ 3	$^{\circ}$ C	SNI / APHA
4.	<i>Total Dissolve Solid</i>	< 300	mg/L	SNI / APHA
5.	Kekeruhan	< 3	NTU	SNI atau yang setara
6.	Warna	10	TCU	SNI / APHA
7.	Bau	Tidak berbau	-	APHA
	Kimia			
8.	pH	6,5 – 8,5	-	SNI / APHA
9.	Nitrat (sebagai NO <sup>3</sup> ) (terlarut)	20	mg/L	SNI / APHA
10.	Nitrit (sebagai NO <sup>2</sup> ) (terlarut)	3	mg/L	SNI / APHA
11.	Kromium valensi 6 (Cr <sup>6+</sup> ) (terlarut)	0,01	mg/L	SNI / APHA
12.	Besi (Fe) (terlarut)	0,2	mg/L	SNI / APHA
13.	Mangan (Mn)	0,1	mg/L	SNI / APHA

No.	Jenis Parameter	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
	(terlarut)			
14.	Sisa khlor (terlarut)	0,2 – 0,5 dengan waktu kontak 30 menit	mg/L	SNI / APHA
15.	Arsen (As) (terlarut)	0,01	mg/L	SNI / APHA
16.	Kadmium (Cd) (terlarut)	0,003	mg/L	SNI / APHA
17.	Timbal (Pb) (terlarut)	0,01	mg/L	SNI / APHA
18.	Flouride (F) (terlarut)	1,5	mg/L	SNI / APHA
19.	Aluminium (Al) (terlarut)	0,2	mg/L	SNI / APHA

(Sumber: Permenkes RI No. 2 Tahun 2023)

## 2.4 Bangunan Pengolahan Air Minum

Rancangan proses pengolahan air permukaan menjadi air minum disesuaikan dengan karakteristik umum air permukaan. Air permukaan yang diolah menjadi air minum yaitu air sungai. Karakteristik umum air sungai adalah terdapat kandungan partikel tersuspensi atau koloid. Unit pengolahan air sungai terdiri dari:

1. Intake
2. Prasedimentasi
3. Aerasi
4. Koagulasi

5. flokulasi
6. Sedimentasi
7. Filtrasi
8. Desinfeksi
9. Reservoir
10. Screw Press

### **2.3.1 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, atau sumber lainnya. Kapasitas bangunan *intake* yang digunakan harus disesuaikan dengan kebutuhan air harian maksimum. Persyaratan lokasi penempatan bangunan pengambilan (*intake*):

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

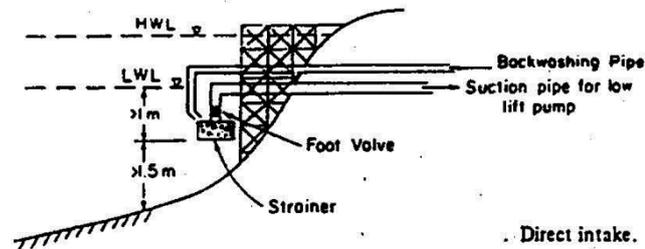
(lifetime) minimal 25 tahun.

- Bahan/material konstruksi yang digunakan diusahakan menggunakan material local atau disesuaikan dengan kondisi daerah sekitar (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007).

Menurut Kawamura (2000), bangunan intake memiliki tipe yang beragam antara lain:

1. Bangunan Penyadap Langsung (*Direct Intake*)

Digunakan untuk sumber air seperti sungai atau danau dengan kedalaman yang cukup tinggi. *Intake* jenis ini dapat memungkinkan terjadinya erosi pada dinding dan pengendapan di bagian dasarnya.



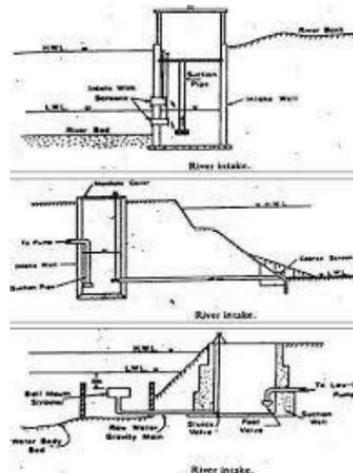
Gambar 2. 1 *Direct Intake*

(Sumber: Kawamura, 2000)

2. Bangunan Penyadap Tidak Langsung (*Indirect Intake*)

- *River Intake*

Menggunakan pipa penyadap dalam bentuk sumur pengumpul. Intake ini lebih ekonomis untuk air sungai yang mempunyai perbedaan level muka air pada musim hujan dan musim kemarau yang cukup tinggi.

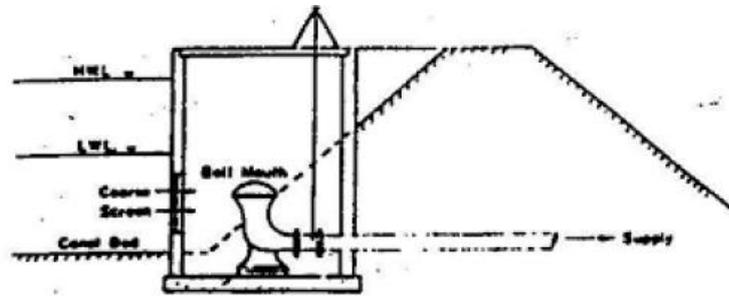


**Gambar 2. 2 River Intake**

(Sumber: Metcalf & Eddy et al, 2007)

- *Canal Intake*

Digunakan untuk air yang berasal dari kanal. Dinding chamber sebagian terbuka ke arah kanal dan dilengkapi dengan pipa pengolahan selanjutnya.

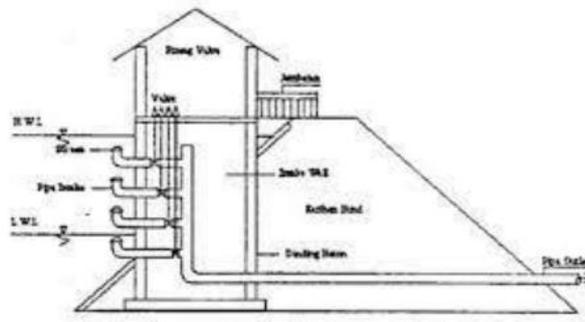


**Gambar 2. 3 Canal Intake**

(Sumber: Kawamura, 2000)

- *Reservoir Intake*

Digunakan untuk air yang berasal dari bendungan dan mudah menggunakan menara intake. Menara intake dengan bendungan dibuat terpisah dan diletakkan di bagian hulu. Untuk mengatasi fluktuasi level muka air, maka inlet dengan beberapa level diletakkan pada menara.



**Gambar 2. 4 Reservoir Intake**

(Sumber: BPPSPAM. 2009)

Pada perancangan bangunan pengolahan air minum kali ini menggunakan *indirect intake* (bangunan penyadap tidak langsung) dengan tipe yang digunakan adalah *river intake*. Tipe ini mempunyai nilai yang lebih ekonomis untuk peruntukkan air baku dari air sungai dibandingkan dengan tipe – tipe *intake* lainnya.

Dapat dinilai lebih ekonomis karena air sungai mempunyai level muka air pada musim hujan dan musim kemarau yang berbeda cukup tinggi. Sedangkan untuk *screen*, pada perancangan ini akan menggunakan *coarse screen*. *Screen* bertujuan untuk menghilangkan sampah padat seperti kertas, plastik, atau kain yang dapat merusak dan menyumbat aliran air, pipa, dan pompa. Pemilihan *coarse screen* merupakan pilihan tepat dikarenakan dapat menghilangkan benda – benda berukuran besar yang memiliki ukuran 6 – 150 mm.

**Tabel 2. 2** Koefisien Kekasaran Pipa *Hazen-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>	100
<i>Very Old and Corroded Cast Iron</i>	80

(Sumber: Evett & Liu, 1987)

**Tabel 2. 3** Nilai *k* untuk Kehilangan Energi

Valve, Fittings, and Specials	K value
<i>Entrance, suction bell (32 in) 81 cm</i>	0,004
<i>90° elbow (24 in) 61 cm</i>	0,3
<i>Gate valve (24 in) 61 cm</i>	0,19
<i>Reduce (14 in) 35,5 cm</i>	0,25
<i>Check valve (20 in) 51 cm</i>	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, 2000)

**Tabel 2. 4** Faktor *Minor Losses Bar*

Bentuk Bar	Nilai Minor Losses ( $\beta$ )
Shaped edge rectangular	2,42
Rectangular with semicircular up stream face circular	2,83
Circular	1,79
Rectangular with semicircular upstream and downstream face	1,67
Tear Shape	0,76

(Sumber: Qasim, 2000)

Selanjutnya pada screening 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. Umumnya unit screen dibuat dari batangan besi/baja dengan lapisan anti karat 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). Saringan kasar digunakan untuk melindungi pompa, katup, saluran pipa, dan perlengkapan lainnya dari kerusakan atau penyumbatan oleh kain dan benda besar (Metcalf & Eddy, 2003).

Pada perancangan bangunan kali ini menggunakan Indirect Intake (bangunan penyadap tidak langsung) dengan tipe river intake. Intake ini dinilai lebih ekonomis untuk peruntukan air baku dari air sungai dari tipe-tipe intake lainnya. Dinilai lebih ekonomis dikarenakan air sungai memiliki level muka airnya pada musim hujan dan musim kemarau yang berbeda cukup tinggi. Pemilihan coarse screen merupakan pilihan tepat dikarenakan dapat

menghilangkan benda-benda berukuran besar yang memiliki ukuran 6-150 mm. Rumus-rumus yang digunakan untuk mencari besaran intake dapat dilakukan menggunakan rumusan seperti di bawah ini:

1. Mencari debit tiap intake

$$Q = \frac{Q}{\text{jumlah bangunan}}$$

Keterangan :

Q : Debit (m<sup>3</sup>/s)

2. Menacari debit pipa sadap

$$Q = \frac{Q}{\text{jumlah pipa}}$$

3. Luas penampang pipa inlet

$$A_{HWL} = \frac{Q \text{ pipa intake}}{v_{HWL}}$$

$$A_{LWL} = \frac{Q \text{ pipa intake}}{v_{LWL}}$$

Keterangan :

v : Kecepatan (m/s)

Q : Debit (m<sup>3</sup>/s)

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

4. Diameter pipa inlet

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A_{HWL}}{\pi}}$$

5. Cek kecepatan aliran di dalam pipa

$$v = \frac{Q \text{ pipa intake}}{A_{HWL}}$$

6. Headloss mayor

$$H_f = \left( \frac{Q \text{ pipa intake}}{0,2785 \times C \times D^{2,62}} \right)^{1,85} \times L$$

7. Headloss minor

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

8. Total headloss

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

9. Slope pipa inlet

Slope

$$H = \frac{\frac{1}{2} x v^2}{g}$$

$$S = H_{\text{statis}} + H_f$$

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 - 1cm 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: (1) merusak peralatan unit pengolahan 15 berikutnya; (2) mengurangi kinerja dan efektivitas unit dan proses pengolahan secara keseluruhan; dan (3) mencemari saluran air.

Umumnya unit bar screen dibuat dari batangan besi/baja dengan lapisan anti karat yang dipasang pada kerangka yang melintang di saluran air dengan posisi miring ke arah masuknya air (inlet) dengan kemiringan 30° – 45° 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. 5** 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	23 – 38
Jarak antar	1,0 – 2,0	0,6 – 3,0	25 – 50	15 - 75

Parameter	U.S Customary Units		Satuan Internasional	
	Metode Pembersihan		Metode Pembersihan	
	Manual	Mekanik	Manual	Mekanik
batang				
<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 - 3,25 ft/s	0,3 – 0,6 m/s	0,6 – 1,0 m/s
<i>Headloss</i>	6 m	5 – 24 m	150 mm	150 – 600 mm

(Sumber: Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004

Halaman 315-316)

Adapun rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung screen pada bangunan pengolahan air limbah 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 non-clogging

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

Saat clogging

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

### 2.3.2 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). 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<sub>d</sub> = waktu detensi

2. H efektif sumur (H<sub>ef</sub>)

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

3. Freeboard (F<sub>b</sub>)

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

4. H total

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

Keterangan:

F<sub>b</sub> = freeboard

5. Luas penampang sumur (A)

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

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>)

$$Q_L = 1/4 \times Q_{\text{sumur}}$$

2. Luas Permukaan (A)

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

Keterangan:

v = kecepatan aliran

3. Diameter pipa penguras (D)

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{3,14}}$$

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

- $\sum H_f$  discharge

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

2. Perhitungan Discharge

- Headloss mayor

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

Keterangan:

L = panjang discharge

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

- $\sum H_f$  discharge

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

3. Perhitungan head total

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

4. Perhitungan head pompa

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

### 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

$$A_{\text{total}} = 2 \times A_{\text{sisi}}$$

4. Dimensi

$$A = L \times W$$

Keterangan:

L = Panjang pipa

W = Lebar pipa

5. Luas lubang strainer

$$A_{LS} = 1/4 \times \pi \times d^2$$

6. Jumlah lubang strainer

$$n = \frac{A_{\text{total}}}{A_{\text{lubang strainer}}}$$

7. Jumlah lubang strainer tiap sisi

$$D_{\text{sisi}} = \frac{A_{\text{total}}}{5}$$

### 2.3.2 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,  $v_{\text{horizontal}}$  ( $v_h$ ), bilangan Reynold partikel, serta karakteristik aliran (Reynolds & Richards, 1996). Bak pengendap pertama terdiri dari empat ruangan fungsional yaitu:

- Zona Inlet: tempat memperhalus aliran transisi dari aliran influen ke aliran *steady uniform* di zona settling.
- Zona Pengendapan: tempat berlangsung nya proses pengendapan atau pemisahan partikel-partikel diskrit di dalam air buangan.
- Zona Lumpur: tempat menampung material yang diendapkan bersama lumpur endapan.

- Zona Outlet: tempat memperhalus aliran transisi dari zona settling ke aliran efluen serta mengatur debit efluen (Qasim et al., 2000).

Menurut Metcalf & Eddy (2003) terdapat beberapa kriteria yang perlu diperhatikan untuk mendesain unit prasedimentasi, antarlain: detention time, overflow rate, average flow, peak hourly flow, dan weir loading. Kriteria desain unit prasedimentasi dapat dilihat pada **Tabel 2.6**

**Tabel 2. 6** Desain Tipikal Prasedimentasi

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

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

2. Volume bak pengendapan

$$V = Q \times t_d$$

3. Luas permukaan

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

1. Dimensi bak pengendap

$$L = 2W$$

$$A = L \times W$$

$$= 2W \times W$$

$$= 2W^2$$

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

$$H_{\text{tot}} = H + \text{Freeboard}$$

2. Cek volume max

$$V_{\text{max}} = L \times W \times H_{\text{tot}}$$

3. Cek waktu detensi (td)

$$T_d \text{ cek} = \frac{V_{\text{max}}}{Q}$$

4. Kecepatan pengendapan partikel

$$\frac{V_s}{Q/A} = \text{nilai grafik}$$

5. Diameter partikel

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

6. Jari jari hidrolis

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

7. Massa jenis solid ( $\rho_s$ )

$$S_g = \frac{\rho_s}{\rho}$$

8. Kecepatan horizontal

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

9. Cek bilangan Reynold

$$N_{RE} = \frac{\rho \times v s \times L}{\mu}$$

10. Cek bilangan Froude

$$N_{FR} = \frac{vh}{\sqrt{g \times H}}$$

11. Kecepatan penggerusan

$$V_{sc} = \sqrt{\frac{8 \times \beta \times g \times (sg-1) \times NFR}{f}}$$

12. Kemiringan dasar bak

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

## B. Zona Inlet

1. Debit tiap unit

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

2. Luas permukaan

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

3. Dimensi saluran

$$A = W \times H$$

$$= W^2$$

$$W = \sqrt{A}$$

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

4. Cek kecepatan

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

5. Cek bilangan Reynold

$$N_{RE} = \frac{\rho \times v \times L}{\mu}$$

6. Jari jari hidrolis

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

7. Kemiringan dasar saluran

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

8. Headloss saluran

$$H_f = n \times L$$

9. Cek bilangan Reynold

$$N_{RE} = \frac{\rho \times v \times L}{\mu}$$

**C. Zona Transisi**

1. Luas perforated baffle ( $A_b$ )

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

2. Luas per lubang ( $A_L$ )

$$A_L = 1/4 \times \pi \times D^2$$

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 ( $cek_n$ )

$$Cek_n = \text{lubang horizontal } (n_h) \times \text{lubang vertical } (n_v)$$

6. Jarak antar lubang horizontal ( $S_h$ )

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

Keterangan:

$n_h$  = lubang horizontal

H = tinggi bak

7. Jarak antar lubang vertikal ( $S_v$ )

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

Keterangan:

$n_v$  = lubang vertikal

H = tinggi bak

8. Debit per lubang ( $Q_L$ )

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

9. Kecepatan aliran lewat lubang ( $V_L$ )

$$V_L = \frac{Q \text{ lubang}}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2}$$

10. Jari-jari lubang ( $R$ )

$$R = \frac{D \text{ lubang}}{2}$$

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 ( $N_{FR}$ )

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

$R$  = viskositas kinematic

$g$  = gravitasi

$vL$  = kecepatan aliran lewat lubang

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

1. Kekерuhan yang teremoval

Kekeruhan teremoval = %removal x kadar kekерuhan

2. Berat lumpur ( $W_s$ )

$W_s = Q \times \text{TSS teremoval}$

3. Berat air

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

Keterangan:

$W_s$  = berat sludge (lumpur)

4. Berat jenis lumpur

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

5. Volume Lumpur

$$V \text{ lumpur} = \frac{\text{berat lumpur} + \text{berat air}}{\text{berat jenis lumpur}} \times T_d$$

Keterangan:

$T_d$  = waktu detensi

6. Dimensi zona lumpur

- a. Luas permukaan atas zona lumpur

$$A = L_1 \times W_1$$

- b. Luas permukaan dasar zona lumpur

$$A = L_2 \times W_2$$

Keterangan:

A = luas zona

L = Panjang zona

W = lebar zona

H = tinggi zona

7. Cek volume zona lumpur

$$V = (A_1 + A_2) / 2 \times H$$

8. Debit lumpur pada pipa

$$Q_s = \frac{\text{volume lumpur}}{\text{periode pengurasan}}$$

9. Debit tiap pengurasan

$$Q_p = \frac{\text{volume lumpur}}{\text{waktu pengurasan}}$$

10. Luas permukaan pipa penguras

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

11. Diameter pipa penguras

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

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

1. Panjang rotal weir ( $L_w$ )

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

Keterangan:

WRL= weir loading

2. Panjang pelimpah

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

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 dan lebar pelimpah

$$H : W = 1 : 2$$

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

$$W = 2 \times H$$

6. Ketinggian air pada pelimpah

$$H \text{ air} = \left( \frac{Q \text{ weir}}{1,38 \times \text{lebar gutter}} \right)^{2/3}$$

7. Tinggi gutter

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

8. Jari jari hidrolis

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

9. Luas basah gutter

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

10. Slope gutter

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

11. Headloss gutter

$$H_f = L_{\text{ gutter}} \times S_{\text{ gutter}}$$

Keterangan:

L = panjang

S = slope

12. Jumlah v notch

$$N = \frac{L_{\text{ weir}}}{\text{jarak antar v notch} + \text{lebar v notch}}$$

13. Debit mengalir tiap v notch

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

Keterangan:

Q = debit air

14. Tinggi peluapan melalui v notch (H)

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

Keterangan:

g = gravitasi

H = tinggi peluapan

15. Cek bilangan Reynold

$$N_{RE} = \frac{\rho \times v \times L}{\mu}$$

**F. Zona Outlet**

1. Volume saluran pengumpul

$$V = Q \times T_d$$

2. Dimensi saluran

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

$$H_{\text{ tot}} = H + \text{Freeboard}$$

Keterangan:

L = Panjang bak

W = lebar bak

H = tinggi bak

3. Jari jari hidrolis

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

Keterangan:

W = lebar bak

H = tinggi bak

4. Luas penampang pipa

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

5. Diameter pipa

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{3,14}}$$

Keterangan:

A = Luas bak

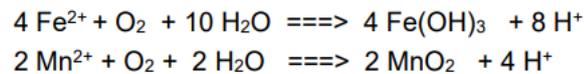
6. Cek kecepatan ( $V_{cek}$ )

$$V_{cek} = \frac{Debitair(Q)}{Luaspampangpipa(A)}$$

#### 2.2.4 Aerasi

Aerasi adalah suatu proses penambahan udara ataupun 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). Perpindahan gas dari atmosfer ke air (penambahan oksigen terlarut) akan meningkatkan oksidasi besi, mangan, dan logam lain ke tingkat oksidasi yang lebih tinggi dan lebih tidak larut. Endapan ini akan menjadi dibuang di bak sedimentasi dan unit filtrasi (Droste, 1997).

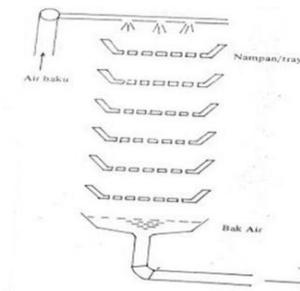
Tujuan dari proses aerasi adalah meningkatkan konsentrasi oksigen yang berada didalam air yang berguna dalam pengolahan air. Terjadi kontak antara air dan oksigen dikarenakan adanya penambahan udara dalam air pada proses aerasi sehingga dapat membentuk endapan  $(OH)_3$ , hal tersebut juga berlaku pada logam lain. Selain itu aerasi juga meningkatkan produksi oksigen ditandai dengan penurunan parameter organik dan chemical oxygen demand (COD). Berikut reaksi kimia yang terjadi pada besi saat aerasi berlangsung (Izzati Istihara, 2019):



Jenis-jenis metode aerasi, antara lain:

### 1. Waterfall aerator (aerator air terjun)

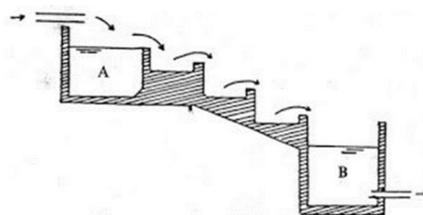
Pengolahan aerasi dengan metode waterfall/multiple aerator seperti pada gambar, susunannya sangat sederhana dan tidak mahal serta memerlukan ruang yang kecil. Jenis aerator terdiri atas 4-8 tray dengan dasarnya penuh lubang- lubang pada jarak 30-50 cm. Melalui pipa berlobang air dibagi rata melalui atas tray, dari sini percikan-percikan kecil turun ke bawah dengan kecepatan kira-kira 0,02 m/detik per m<sup>2</sup> permukaan tray. Tetesan yang kecil menyebar dan dikumpulkan kembali pada setiap tray berikutnya. Tray-tray ini bisa dibuat dengan bahan yang cocok seperti lempengan-lempengan absetos cement berlobang-lobang, pipa plastik yang berdiameter kecil atau lempengan yang terbuat dari kayu secara parallel.



**Gambar 2. 5** Waterfall Aerator

Sumber: ([Aerasi : Pengertian, Tujuan, dan Berbagai Macam Metoda Aerasi | Informasi Kesling](#))

### 2. Cascade Aerator



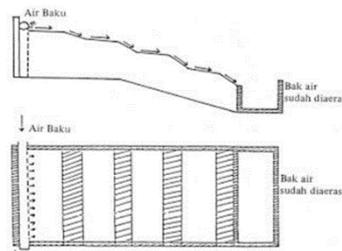
**Gambar 2. 6** Cascade Aerator

Sumber: ([Aerasi : Pengertian, Tujuan, dan Berbagai Macam Metoda Aerasi | Informasi Kesling](#))

Pada dasarnya *aerator* ini terdiri dari 4-6 step/tangga, setiap step kira-kira ketinggian 30 cm dengan kapasitas kira-kira ketebalan  $0,01 \text{ m}^3/\text{det}$  per meter. Untuk menghilangkan gerak putaran (turbulence) guna menaikkan efisiensi aerasi, hambatan sering di tepi peraltan pada setiap step. Dibanding dengan *tray aerator*, ruang (tempat) yang diperlukan bagi *cascade aerators* agak lebih besar tetapi total kehilangan tekanan lebih rendah. Keuntungan lain adalah tidak diperlukan pemeliharaan.

### 3. Submerged Cascade Aerator

Aerasi tangga seperti pada gambar di bawah ini penangkapan udaranya terjadi pada saat air terjun dari lempengan-lempengan trap yang membawanya. Oksigen kemudian dipindahkan dari gelembung-gelembung udara kedalam air. Total ketinggian jatuh kira-kira 1,5 m dibagi dalam 3-5 step. Kapasitas bervariasi antara  $0,005$  dan  $0,5 \text{ m}^3/\text{det}$  per meter luas.

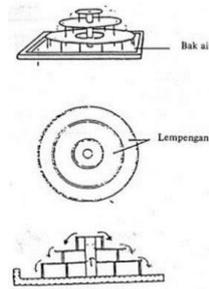


**Gambar 2. 7** Submerged Cascade Aerator

Sumber: ([Aerasi : Pengertian, Tujuan, dan Berbagai Macam Metoda Aerasi | Informasi Kesling](#))

### 4. Multiple Plat Form Aerator

Multiple Plat Form Aerator memakai prinsip yang sama, yaitu memiliki lempengan-lempengan untuk menjatuhkan air guna mendapatkan kontak secara penuh terhadap air.



**Gambar 2. 8** Multiple Plat Form Aerator

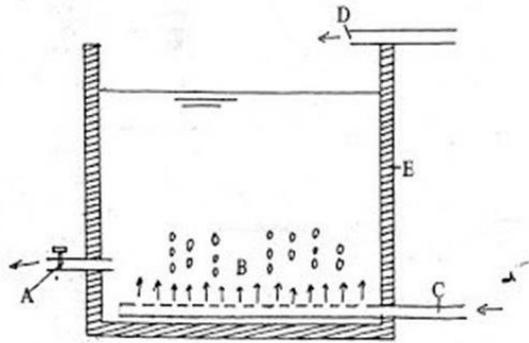
Sumber: ([Aerasi : Pengertian, Tujuan, dan Berbagai Macam Metoda Aerasi | Informasi Kesling](#))

#### 5. Spray Aerator

Spray Aerator terdiri atas nozzle penyemprot yang tidak bergerak (stationary nozzles) dihubungkan dengan kisi lempengan yang mana air disemprotkan ke udara di sekeliling pada kecepatan 5-7 m/detik. Spray aerator sederhana diperlihatkan pada gambar, dengan pengeluaran air ke arah bawah melalui batang-batang pendek dari pipa yang panjangnya 25 cm dan diameter 15- 20 mm. Piringan melingkar ditempatkan beberapa sentimeter di bawah setiap ujung pipa, sehingga bisa berbentuk selaput air tipis melingkar yang selanjutnya menyebar menjadi tetesan-tetesan yang halus. Nozzle untuk spray aerator bentuknya bermacam-macam, ada juga nozzle yang dapat berputar-putar.

#### 6. Bubble Aerator (Aerator Gelembung Udara)

Jumlah udara yang diperlukan untuk aerasi bubble (aerasi gelembung udara) tidak banyak, tidak lebih dari 0,3 – 0,5 m<sup>3</sup> udara atau m<sup>3</sup> air dan volume ini dengan mudah bisa dinaikkan melalui suatu penyedotan udara. Udara disemprotkan melalui dasar dari bak air yang akan diaerasi.



**Gambar 2. 9** Bubble Aerator

Sumber: ([Aerasi : Pengertian, Tujuan, dan Berbagai Macam Metoda Aerasi | Informasi Kesling](#))

### 7. Multiple Tray Aerator

Multiple Tray Aerator terdiri dari suatu rangkaian bak yang disusun seperti rak (*tray*) dan dilubangi pada bagian dasarnya. Air dialirkan dari puncak berupa air terjun kecil yang kemudian didistribusikan secara merata pada masing-masing rak (*tray*) dan kemudian dikumpulkan pada suatu bak di bagian dasarnya (*collecting pons*). Pemerataan distribusi air diatas *tray* sangat penting untuk memperoleh efisiensi perpindahan gas secara maksimum. Media kasar seperti arang, batu atau bola keramik yang ukurannya berkisar antara 26 inch (5-15 cm) adalah sangat penting untuk digunakan, karena dapat meningkatkan efisiensi pertukaran gas, sebagai efek katalis dari mangan oksida.

*Multiple tray* aerator harus dilengkapi dengan sistem ventilasi yang cukup. Jika unit ini ditempatkan dalam suatu bangunan yang terdapat pencemaran udara, maka efektivitas dan efisiensi dari unit akan berkurang, karena terjadi kontaminasi dari udara yang masuk dengan kandungan atau unsur-unsur tertentu yang ingin dihilangkan. Secara garis besar, desain dan karakteristik operasional *aerator* dapat digolongkan menjadi beberapa macam (Qasim, 2000), sebagai berikut:

### 8. Surface Aerator/Turbo Jet Aerator

Turbo jet Aerator merupakan sebuah mesin pengolahan air limbah. Mesin Aerasi Kolam Ipal ini berfungsi untuk menyalurkan oksigen di dalam sistem

Instalasi Pengolahan air limbah. Proses dan cara kerja mesin aerator ini yaitu dengan menyemburkan gelembung udara Micro Bubble yang banyak mengandung oksigen. Semburan Udara yang sangat halus dari mesin Pompa aerator ini akan memberikan efek tingkat oksiden terlarut. atau DO (Disolved Oksigen) di dalam air limbah.

Air yang baik adalah air yang memiliki kandungan oksigen yang cukup Sehingga air tersebut dapat dijadikan sebagai tempat tinggal berbagai jenis makhluk hidup dan juga air tersebut aman bagi lingkungan. Namun tidak semua air memiliki kandungan oksigen yang cukup. Air pada tambak atau air bekas limbah misalnya biasanya memiliki kadar oksigen yang cukup rendah. Sehingga jika air tersebut ingin dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, fungsinya kurang maksimal. Cahaya, suhu air, respirasi, dan yang lainnya menjadi salah satu faktor yang memengaruhi jumlah oksigen dalam air. Agar kadar oksigen tetap terpenuhi di dalam air. Maka dibutuhkan sebuah mesin yang mampu menanggulangi tersebut. Mesin penghasil oksigen terbaik saat ini adalah Turbo Jet Aerator.



**Gambar 2. 10** Turbo Jet aerator

Sumber: (<https://www.toyaarta.com/turbo-jet-aerator/>)

Cara Kerja Turbo Jet Aerator:

1. Propeler Sebagai Penggerak utama Mesin Aerator Pensuplay OksigenMesin Turbo Jet ini bekerja dengan cara memanfaatkan putaran baling baling agar udara yang ada di atas permukaan air mampu diserap dan disalurkan ke dalam air. Pada mesin Turbo Jet Aerator ini terdapat komponen penting yang disebut propeler.Walaupun cara kerjanya terlihat

sangat sederhana namun sangat efektif untuk menambah kadar oksigen di dalam permukaan air.

2. Memanfaatkan kevakuman Udara Hasil Putaran baling baling Turbo jet Propeler atau sering juga disebut sebagai baling-baling, merupakan komponen yang menghasilkan oksigen ke dalam air. Propeler ini terhubung ke motor atau mesin penggerak, melalui pipa berongga. Propeler tersebut akan berputar dengan kecepatan tinggi dan maksimal sehingga terjadi kondisi vakum pada area propeler tersebut. Proses kevakuman ini membuat udara jadi tertarik secara otomatis ke dalam air
3. Putaran RPM Tinggi Membuat Supplay Oksigen Lebih Besar dan DO Meningkatkan Hal tersebut lah yang membuat oksigen dapat disalurkan ke dalam air melalui lubang pipa tersebut. Turbo Jet aerator memiliki propeler yang kemampuan putarannya sangat cepat dan jauh unggul dibanding mesin lain. Sehingga kemampuannya menghasilkan oksigen juga jauh lebih efektif dibanding mesin aerator lain.

Rumus-rumus yang biasanya dipergunakan dalam menentukan tipe Turbo Jet Aerator yaitu:

1. Kebutuhan udara untuk meremoval Fe

$$\text{Kebutuhan oksigen} = 1 \text{ mg/1Fe} = 0,14$$

Reaksi:



$$\text{Kebutuhan O}_2 \text{ oksidasi Fe} = \text{Konsentrasi Fe} \times \text{kebutuhan oksigen 1 mg/1Fe}$$

2. Kebutuhan oksigen air

$$\text{O}_2 = \text{Q} \times \text{kebutuhan oksigen Fe}$$

3. Actual oxygen Requirment(AOR)

$$\text{AOR} = \text{Safety factor} \times \text{jumlah kebutuhan oksigen}$$

4. Standard Oxygen Transfer Rate

$$\text{SOTR} = \text{AOR/SOTR}$$

5. Kebutuhan udara aerasi  
= SOTR : 22%
6. Kebutuhan udara untuk meremoval Mn  
Reaksi  
 $2\text{Mn}^{3+} + 2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{MnO}_3 + 4\text{H}^+$   
Ratio antara  $\text{O}_2$  dan  $\text{Mn}^{3+}$  adalah 2:2 atau 1:1  
Kebutuhan  $\text{O}_2$  oksidasi Mn = Konsentrasi Mn x kebutuhan oksigen 1 mg/1Fe
7. Kebutuhan udara aerasi  
Udara Mn = Q x kebutuhan oksigen Mn
8. Actual oxygen Requirment(AOR)  
AOR = Safety factor x jumlah kebutuhan oksigen
9. Standard Oxygen Transfer Rate  
SOTR = AOR/SOTR
10. Kebutuhan udara aerasi  
= SOTR : 22%
- Kebutuhan oksigen total = Konsentrasi Fe x kebutuhan oksigen 1 mg/1Fe
- $\text{O}_2$  total = Keb.  $\text{O}_2$  Fe + Keb.  $\text{O}_2$  Mn

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
Aerator Gravitasi: Cascade	20-45% CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tinggi: 1-3 m</li> <li>○ Luas: 85-105 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>. det</li> <li>○ Kecepatan aliran: 0,3 m/det</li> </ul>

Packing tower	>95% VOC >90% CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Diamer kolom maksimum: 3 m</li> <li>○ Beban hidrolis: 2000 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. hari</li> <li>○ Kecepatan aliran: 0,3 m/det</li> </ul>
Tray	>90% CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Kecepatan: 0,8-1,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. menit</li> <li>○ Kebutuhan udara: 7,5 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. air</li> <li>○ Jarak rak (tray): 30-75 cm</li> <li>○ Luas: 50-160 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Det</li> </ul>
Spray Aerator	70-90% CO <sub>2</sub> 25-40 H <sub>2</sub> S	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tinggi: 1-2,9 m</li> <li>○ Diameter nozzle: 2,5-4 cm</li> <li>○ Jarak nozzle: 0,6-3,6 m</li> <li>○ Debit nozzle: 5-10 l/det</li> </ul>
Aerator Bedifusi	80% VOC	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Luas bak: 105-320 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. det</li> <li>○ Tekanan semprotan: 70 kPa</li> <li>○ Waktu detensi: 10-30 menit</li> <li>○ Udara: 0,7-1,1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Air</li> <li>○ Tinggi kedalaman: 2,7-4,5 m</li> <li>○ Lebar: 3-9 m</li> <li>○ Lebar/kedalaman: &lt; 2 volume</li> <li>○ Maksimum: 150 m<sup>3</sup></li> <li>○ Diameter lubang diffuser: 2-5 mm</li> </ul>
Aerator Mekanis	70-90% CO <sub>2</sub> 25-40 H <sub>2</sub> S	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Waktu detensi: 10-30 menit</li> <li>○ Kedalaman tangki: 2-4 m</li> </ul>

**Tabel 2. 5** Desain Karakteristik Operasional Aerator

Sumber: (*Qasim et al., 2000*)

### 2.2.5 Koagulasi-Flokulasi

Koagulasi-Flokulasi bertujuan untuk menyatukan partikel koloid sehingga membentuk partikel ukuran lebih besar yang selanjutnya dapat dipisahkan dengan cara yang lebih efisien melalui sedimentasi, flotasi, atau penyaringan dengan

menambahkan bahan koagulan (Dalimunthe, 2007; Shammas & Wang, 2016). 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 mendestabilisasi muatan negatif partikel (Pulungan, 2012). Pada tabel 2.9 dapat dilihat koagulan yang umum digunakan pada pengolahan air.

**Tabel 2. 7** Jenis-Jenis Koagulan

<b>Nama</b>	<b>Formula</b>	<b>Bentuk</b>	<b>Reaksi dengan Air</b>	<b>pH Optimum</b>
Aluminium sulfat	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot X \text{H}_2\text{O}$ $x = 14,16,18$	Bongkah, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
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	FeSO <sub>4</sub> .7H <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 koagulasi 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)

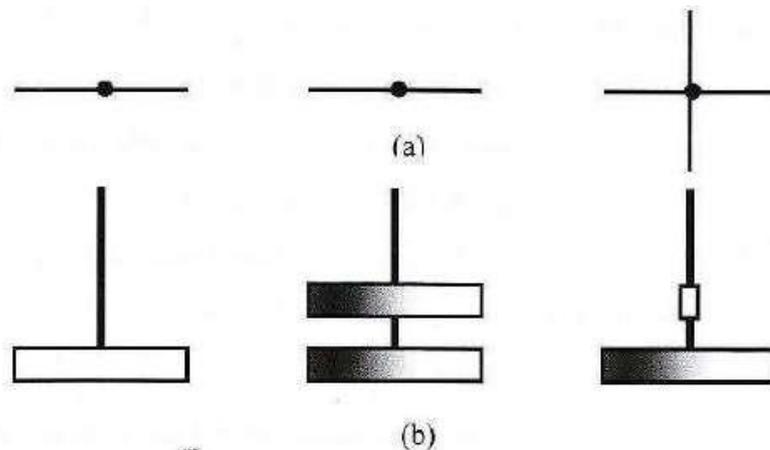
Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Distribusi dalam air cukup baik dan merata, serta masukan energi yang cukup untuk tumbukan antara partikel yang telah

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.

#### 6. Pengaruh Garam

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

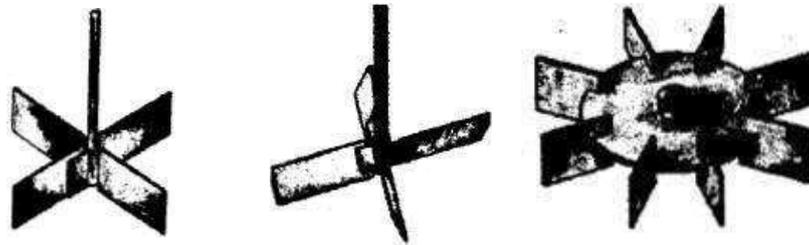
Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatik. Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor bertenaga listrik, poros pengaduk (shaft), dan alat pengaduk (impeller). Berdasarkan bentuknya terdapat tiga macam alat pengaduk, yaitu paddle (pedal), turbine, dan propeller (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  $KT$ .

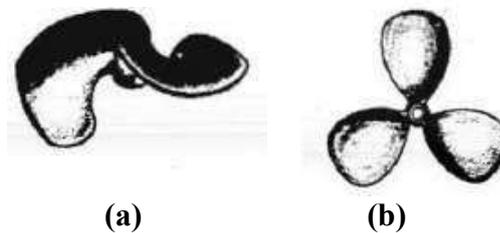
**Gambar 2. 11** Tipe Paddle (a) Tampak Atas (b) Tampak Samping

(Sumber: Ali Masduqi, 2016)



**Gambar 2. 12** Tipe Turbin

(Sumber : Ali Masduqi,2016)



**Gambar 2. 13** Tipe Propeller (a) 2 blade (B) 3 blade

(Sumber: Ali Masduqi, 2016)

**Tabel 2. 8** Kriteria Impeller

Tipe Impeller	Kecepatan Putaran	Dimensi	Ket
Paddle	20-150 rpm	diameter: 50-80% lebarbak lebar: 1/6 – 1/10 diameter paddle	
Turbine	10-150 rpm	diameter: 30-50% lebarbak	
Propeller	400-1750 rpm	diameter: maks. 45 cm	Jumlahpitch 1-2 buah

(Sumber: Reynolds & Richards, 1996:185)

**Tabel 2. 9** Nilai Waktu Pengadukan Mekanis dan Gradien Kecepatan

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

(Sumber: Reynolds & Richards, 1996:184)

**Tabel 2. 10** Konstanta KL dan KT untuk Tangki Berserat

<b>Jenis Impeller</b>	<b>KL</b>	<b>KT</b>
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, 1996:184)

Flokulasi adalah proses penggabungan inti flok sehingga menjadi flok yang

berukuran lebih besar. Pada flokulasi, kontak antar partikel melalui tiga mekanisme, yaitu:

1. *Thermal motion*, yang dikenal dengan Brownian Motion atau difusi atau disebut sebagai Flocculation Perikinetic.
2. Gerakan cairan oleh pengadukan
3. Kontak selama pengendapan (Marsono, 2002)

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.

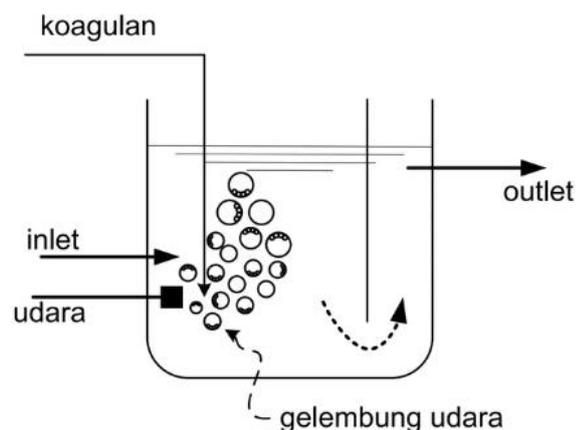
Pengadukan lambat dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik<sup>-1</sup>) selama 10 hingga 60 menit atau nilai GTd (bilangan Camp) berkisar 48000 hingga 210000. Gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak pecah dan berkesempatan bergabung dengan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

1. Air Sungai
  - Waktu detensi = minimum 20 menit
  - $G = 10-50 \text{ detik}^{-1}$
2. Air waduk
  - Waktu detensi = 30 menit
  - $G = 10-75 \text{ detik}^{-1}$
3. Air keruh
  - Waktu detensi dan G lebih rendah
4. Jika menggunakan garam besi sebagai koagulan
  - G tidak lebih dari  $50 \text{ detik}^{-1}$
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
    - $G = 10-50 \text{ detik}^{-1}$
  7. Presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)
    - Waktu detensi = 15-30 menit
    - $G = 20-75 \text{ detik}^{-1}$
    - $GTd = 10.000-100.000$  (Masduqi & Assomadi, 2012:110)

#### I. Pengadukan Pneumatis

Pengadukan pneumatis adalah pengadukan yang menggunakan udara (gas) berbentuk gelembung sebagai tenaga pengadukan. Gelembung tersebut dimasukkan ke dalam air dan akan menimbulkan Gerakan pada air. Injeksi udara bertekanan ke dalam air akan menimbulkan turbulensi, akibat lepasnya gelembung udara ke permukaan air. Aliran udara yang digunakan untuk pengadukan cepat harus mempunyai tekanan yang cukup besar sehingga mampu menekan dan menggerakkan air. Makin besar tekanan udara, kecepatan gelembung udara yang dihasilkan makin besar dan diperoleh turbulensi yang makin besar pula.



**Gambar 2. 14** Pengadukan Cepat Secara Pneumatis

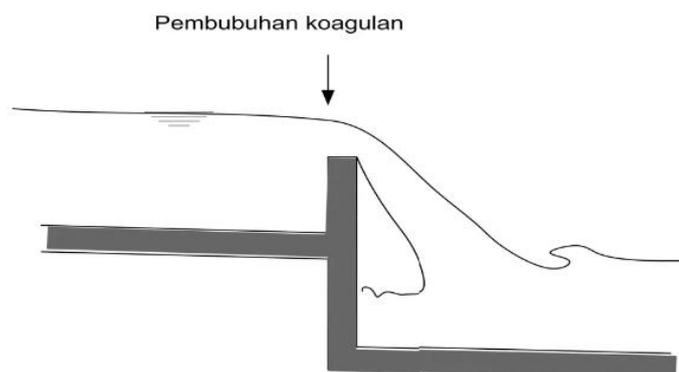
(Sumber : Zuliana, 2012)

#### II. Pengadukan Hidrolis

Pengadukan hidrolis adalah pengadukan yang memanfaatkan aliran air sebagai tenaga pengadukan. Tenaga pengadukan ini dihasilkan dari energi hidrolik yang dihasilkan dari suatu aliran hidrolik. Energi hidrolik dapat berupa energi gesek, energi potensial (jatuhan) atau adanya lompatan hidrolik dalam suatu aliran.

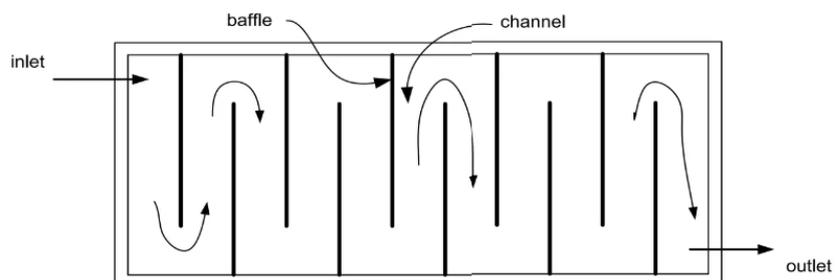
Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan cepat haruslah aliran air yang menghasilkan energi hidrolik yang besar. Dalam hal ini dapat dilihat dari besarnya kehilangan energi (headloss) atau perbedaan muka air. Dengan tujuan menghasilkan turbulensi yang besar tersebut, maka jenis aliran yang sering digunakan sebagai pengadukan cepat adalah terjunan (Gambar 5.9), loncatan hidrolik, dan *parshall flume*.

Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan ada pengadukan lambat adalah aliran air yang menghasilkan energi hidrolik yang lebih kecil. Aliran air dibuat relatif 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, Gambar 5.10), perforated wall, gravel bed dan sebagainya.



**Gambar 2. 15** Pengadukan Cepat dengan Terjunan

(Sumber : Zuliana, 2012)



## Gambar 2. 16 Pengadukan Lambat dengan Baffled Channel

(Sumber : Zuliana, 2012)

Adapun kriteria dan rumus perhitungan yang digunakan dalam unit koagulasi dan flokulasi hidrolis:

### 1. Koagulasi

#### Kriteria Perencanaan :

1. Gradien kecepatan (G) = 700 – 1000/s  
(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 182. Boston: PWS Publishing Company*)
2. Kedalaman Bak (H) = 1 – 1,25 Lebar Bak
3. Waktu Tinggal (Td) = 20-60 detik
4. Bilangan Reynold (Nre) = >10.000 (turbulen)
5. Dosis Koagulan (Alum) = 75 – 250 mg/L  
(Sumber: Eckenfelder, W., W. 2000. *Industrial Water Pollution Control 3rd edition, hal 132. Singapore: McGraw-Hill Companies, Inc*)
6. Koefisien pipa jenis Cast Iron Pipe (C) = 130  
(Sumber: Soufyan dan Morimura, *Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing, halaman 71*)
7. Koefisien Headloss untuk aksesoris pipa (K):
  - Elbow 90° = 0,75
  - Gate valve = 0,19
  - Check valve = 2,50

➤ Tee = 0,50

(Sumber: Kawamura, *Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities*, Jilid 2, hlm. 638)

8. Kadar Alum = 15-22%

(Sumber: *Qasim Hal 236 pdf*)

9. pH Alum = 4,5 – 7

10. Massa jenis Alum ( $\rho$  Alum ) = 960 – 1010 kg/m<sup>3</sup>

11. Massa Jenis Air ( $\rho$ ), T (28°C) = 0.9926 g/cm<sup>3</sup> = 996.26 kg/m<sup>3</sup>

12. Viskositas Absolut ( $\mu$ ) T (28°C) = 0,8363 x 10<sup>-3</sup> N.s/m<sup>2</sup>

(Sumber: *Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 175-762. Boston: PWS Publishing Company*)

13. Waktu Detensi = 20 – 60 s

14. Gradien Kecepatan (G) = 700 – 1000/s

15. G x Td = 14.000-60.000/s

(Sumber: *Masduqi dan Assomadi*)

16. Bilangan Reynold (NRe) = >10.000 (Turbulen)

### **Perhitungan Bak Pembubuh Koagulan:**

1. Kebutuhan Alum harian

$$\text{Kebutuhan Alum} = \text{Dosis Alum} \times Q$$

2. Kebutuhan Koagulan Sesungguhnya

$$\text{Kebutuhan Alum} = \text{Kadar Alum} \times \text{Kebutuhan Alum}$$

4. Debit Koagulan

$$Q \text{ Alum} = \frac{\text{Kebutuhan Alum}}{\rho \text{ Alum}} \times t_d$$

5. Debit Air Pelarut

$$Q \text{ air pelarut} = \frac{\text{Kadar air dalam larutan}}{\text{Kadar alum}} \times Q \text{ Alum}$$

6. Debit Bak Pembubuh

$$Q \text{ Total} = Q \text{ Alum} + Q \text{ air pelarut}$$

7. Volume Bak Pembubuh

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

8. Daya pengadukan

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

9. Diameter pipa outlet (Menuju Bak Koagulasi)

➤ Luas Penampang Pipa Outlet

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

➤ Diameter Pipa Outlet

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

**Rumus Perhitungan Bak Koagulasi Tipe Hidrolis:**

1. Volume Air Baku

$$V_{\text{air}} = Q_{\text{air baku}} \times t_d$$

2. Volume Koagulan

$$V_{\text{Alum}} = Q_{\text{Koagulan}} \times T_d$$

3. Volume Total

$$V_{\text{Total}} = V_{\text{air}} + V_{\text{koagulan}}$$

4. Volume Pipa Injeksi

$$V_i = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times L$$

5. Waktu detensi Pipa Injeksi

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

6. Dimensi Bak Koagulasi

$$H_{\text{Bak Total}} = H + 20\% \text{ freeboard}$$

Luas Bak

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

$$A = P \times L$$

7. Ketinggian Jatuhan

$$H_{\text{terjunan}} = \frac{G^2 \times \mu \times t_d}{g}$$

8. Waktu Terjun ke Bak Koagulasi

$$t_{\text{terjunan}} = \sqrt{\frac{2H_{\text{terjunan}}}{g}}$$

9. Kecepatan Terjun ke Bak Koagulasi

$$v_{\text{terjunan}} = \frac{H_{\text{terjunan}}}{t_{\text{terjunan}}}$$

10. Cek Nilai Gradient Kecepatan

$$G = \left( \frac{\rho \times g \times Q \times H_{\text{terjunan}}}{\mu \times V_{\text{bak}}} \right)^{0,5}$$

11. Nilai G.Td

$$G_{td} = G \times T_d$$

12. Tinggi Peluapan V-Notch (Hp)

$$Q = \frac{8}{15} \times (cd) \sqrt{2 \times g} \times \tan \frac{\theta}{2} \times H_p^{5/2}$$

13. Pipa Inlet dan Outlet

- Luas Penampang Pipa Inlet dan Outlet

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

- Diameter Pipa

$$D = \left( \frac{4A}{\pi} \right)^{0,5}$$

- Cek

Kecepatan

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

$$v = \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$$

#### 14. Cek Bilangan Reynold

$$\begin{aligned} R &= \frac{A}{WP} \\ &= \frac{\frac{\pi}{4} D^2}{\pi D} \\ Nre &= \frac{v_{terjunan} \times R}{u} \end{aligned}$$

## 2. Flokulasi

### Kriteria Perencanaan :

1. Kecepatan aliran pipa ( $v$ ) = 0,6 – 1,5 m/s  
*Sumber: Reynolds. 1996*
2. Waktu detensi ( $t_d$ ) = 15 – 30 menit  
(Sumber : Masduqi dan Assomadi, (2016), Operasi & Proses Pengolahan Air hal 110)
3. Gradien kecepatan ( $G$ ) = 10 – 100 /detik  
*Sumber: Al-Layla. 1980. Water Supply Engineering Design*
4. Jarak baffle dengan dinding = >60 cm
5. Kedalaman air ( $H$ ) = >1 meter
6.  $GT$  = 20.000 – 150.000
7. Koef kekasaran dinding ( $f$ ) = 0,3 m  
*Sumber: Wahyono, 2012*
8.  $Nre$  laminar = <2000  
(Sumber: Reynolds, Tom D. & Paul A. Richards, (1996), Unit Operations and Process in Environmental Engineering Second Edition hal 224)
9.  $Nfr$  =  $>10^{-5}$   
*Sumber: Reynold dan Richards, 1996*
10. Massa jenis air 28°C = 996,26 kg/m<sup>3</sup>
9. Viskositas Absolut ( $\mu$ ), T = 0,8363 x 10<sup>-3</sup> N.s/m<sup>2</sup>  
(30°C)
10. Viskositas Kinetis ( $u$ ), T = 0,8394 x 10<sup>-2</sup> cm<sup>2</sup>/s

(30°C)

Sumber: Reynolds. 1996

**Perhitungan :**

1. Waktu detensi total

$$T_d \text{ total} = \sum T_d \text{ kompartmen}$$

2. Volume bak total

$$V_{\text{tot}} = Q \times T_d \text{ total}$$

3. Dimensi

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

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

4. Jari-jari hidrolis

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

5. Lebar tiap kompartmen

$$L = \frac{L}{3}$$

6. Kompartmen X

Headloss

$$H_f = \frac{\mu \times t_d}{\rho \times g} \times G^2$$

Jumlah baffle

$$n = \left[ \left( \frac{2 \times \mu \times t_d}{\rho (1,44 + f)} \right) \left( \frac{h \times P \times G}{Q} \right)^2 \right]^{1/3}$$

Jarak antar baffle

$$s = \frac{\text{Panjang}}{n+1}$$

Jari-jari hidrolis

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

Kecepatan Kompartemen

$$v_1 = \frac{Q}{H \times s}$$

Cek Nre

$$N_{re} = \frac{(v \times R)}{\mu}$$

$$\begin{aligned}
7. \quad \text{Headloss total} \\
\text{Hf} &= \text{Hf I} + \text{Hf II} + \text{Hf III} \\
&= 0,04 \text{ m} + 0,02 \text{ m} + 0,01 \text{ m} \\
&= 0,07 \text{ m} \\
8. \quad \text{Kemiringan dasar bak} \\
s &= \frac{\text{Hf total}}{P} \\
9. \quad \text{Cek Nre} \\
\text{Nre} &= \frac{(v \times R)}{\mu} \\
10. \quad \text{Cek Nfr} \\
\text{Nfr} &= \frac{vh^2}{g \times R} \\
11. \quad \text{Pipa inlet dan outlet} \\
D &= \left( \frac{Q}{v \times 1/4 \times \pi} \right)^{1/2}
\end{aligned}$$

## 2.2.6 Sedimentasi

### A. Gambaran Umum Unit Sedimentasi

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

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

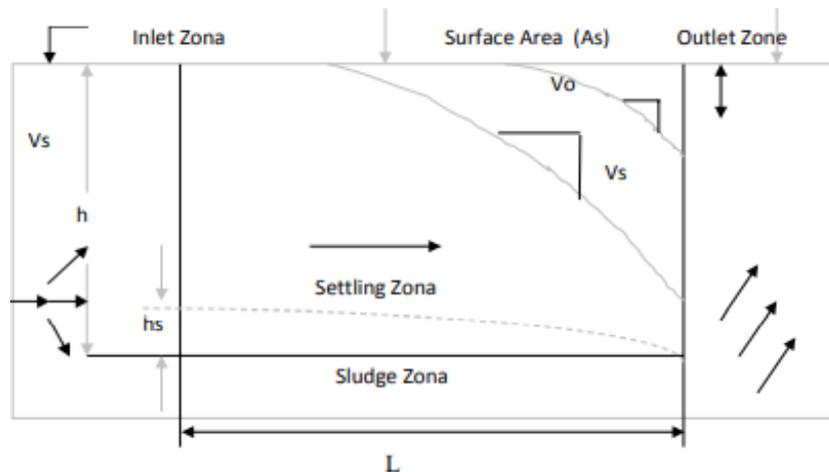
Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah:

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

Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat empat zona :

- Zona Inlet
- Zona Outlet
- Zona Settling
- Zona Sludge

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



**Gambar 2. 17** Zona Pada Bak Sedimentasi

(Sumber : Al Layla, *Water Supplay Engineering Design*)

## B. Rumus Perhitungan Unit Sedimentasi

Adapun kriteria perencanaan dan rumus perhitungan yang digunakan dalam menghitung bak pengendap 1 setelah proses koagulasi dan flokulasi antara lain:

### a. Zona Pengendapan (Settling Zone)

#### Kriteria Perencanaan :

1. Kedalaman Bak (H) = 3 – 4,9 m
2. Lebar Bak (W) = 3 – 24 m
3. Panjang (L) = 15 – 90 meter
4. Slope dasar = 1/16 – 1/6 m/m
5. Flight speed = 0,6 – 1,2 m/menit
5. Waktu tinggal (td) = 1,5 – 3 jam
6. Overflow rate
  - Rata-rata = 30-50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari
  - Weir loading = 125 – 500 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari

(Sumber: *Metcalf & Eddy, Waste Water Engineering Treatment & Reuse, 4th Edition, halaman 398*)

7. Massa jenis air ( $\rho$ ), T (28°C) = 996,26 kg/m<sup>3</sup>
8. Viskositas kinematik ( $\nu$ ) = 0,8394 x 10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s
9. Viskositas dinamik ( $\mu$ ) = 0,8363 x 10<sup>-3</sup> N s/m<sup>2</sup>

(Sumber: *Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 762 (Appendix C). Boston: PWS Publishing Company*)

10. Spesific gravity solid (Ss) = 1,4
11. Spesific gravity sludge (Sg) = 1,02

(Sumber: *Metcalf & Eddy, Waste Water Engineering Treatment & Reuse, 4th Edition, halaman 1456*)

12. Konsentrasi solid = 4% - 12%

(Sumber: *Metcalf & Eddy, Waste Water Engineering Treatment &*

Reuse,

4th Edition, halaman 398)

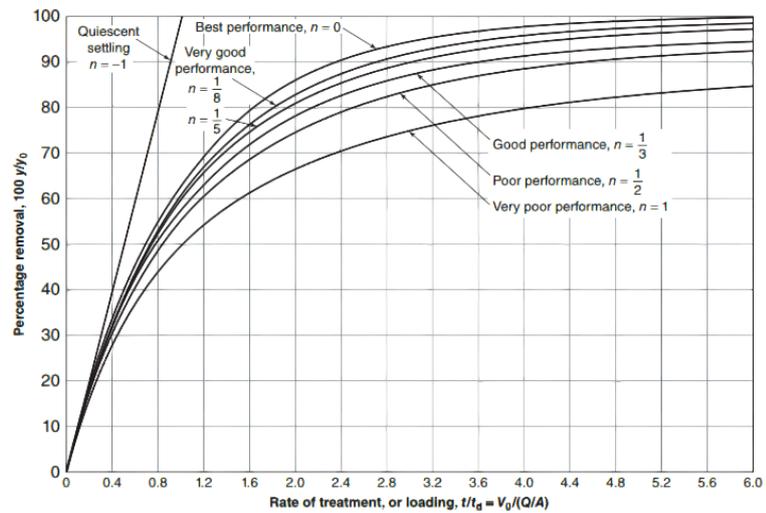
13. Bilangan Reynold (NRe) untuk  $V_s < 1$  (laminar)
14. NRe untuk  $V_h = < 2000$  (laminar)
15.  $N_{fr} = > 10^5$
16. Koefisien kekasaran aksesoris pipa untuk headloss (k)
  - Elbow = 1,1
  - Tee aliran lurus = 0,35
  - Gate valve = 0,2

(Sumber: Kawamura, *Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities*, Jilid 2, hal. 638)

**Rumus Perhitungan Zona Pengendapan :**

1. Volume bak pengendap (V)  
$$V = Q \times t_d$$
2. Luas permukaan (A)  
$$A = \frac{V}{H}$$
3. Dimensi bak pengendap (L:W = 2:1)  
Luas Permukaan = Panjang x Lebar  
$$A = L \times W$$
$$W = \sqrt{\frac{A}{2}}$$
4. Cek volume max (V max)  
$$V_{max} = L \times W \times H_{tot}$$
5. Cek waktu detensi (td cek)  
$$T_d \text{ cek} = \frac{V_{max}}{Q}$$

6.



**Gambar 2. 18** Performance curves for settling basins of varying effectiveness

Kecepatan pengendapan partikel ( $V_s$ )

(Sumber: Fair et al., 1971)

$$\frac{v_s}{\left[\frac{Q}{A}\right]} = t/td$$

7. Diameter partikel ( $D_p$ )

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

8. Massa Jenis Solid ( $\rho_s$ )

$$S_g = \frac{\rho_s}{\rho}$$

9. Kecepatan partikel ( $v_0$ )

$$v_0 = 1,5 \times v_s$$

10. Kecepatan horizontal partikel

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

11. Jari-jari hidrolis

$$R = \frac{\text{Luas keliling basah}}{\text{Keliling penampang basah}}$$

$$= \frac{W \times H}{W + 2H}$$

12. Kemiringan dasar bak (Slope)

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

13. Cek bilangan Reynold

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

14. Cek bilangan Froud

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

15. Cek kecepatan penggerusan ( $v_{sc}$ )

$$v_{sc} = \sqrt{\frac{8 \times \beta \times g (\rho_{sludge} - \rho_{air}) \times D_p}{f}}$$

Direncanakan  $v_{sc} > v_h$  agar tidak terjadi resuspensi

**b. Zona Inlet**

Zona inlet berfungsi untuk mengalirkan air baku ke bangunan prasedimentasi. Zona inlet harus didesain sedemikian rupa agar proses pengaliran ke bak prasedimentasi dapat berjalan dengan baik.

**Kriteria Perencanaan :**

1. Kecepatan aliran ( $v$ ) = 0,3 – 0,6 m/s
2. Slope maksimal = <0,001 m/m (1%)
3. Freeboard = 10 – 20%
4. Koefisien manning (beton) = 0,011 – 0,020

(Sumber: Bambang Triadmodjo, 2008, Hidraulika II, Tabel 4.2

*Harga*

*koefisien manning)*

**Rumus Perhitungan Zona Inlet :**

1. Luas penampang

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

2. Dimensi Saluran

$$\text{Luas Penampang} = \text{Lebar} \times \text{Tinggi}$$

$$A = B \times H$$

3. Jari-jari hidrolis

$$R = \frac{\text{Luas keliling basah}}{\text{Keliling penampang basah}}$$

$$= \frac{B \times H}{B + 2H}$$

4. Slope saluran

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

5. Cek kecepatan

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

$$= \frac{Q}{B \times H_{tot}}$$

6. Headloss Saluran Inlet

$$H_f = S \times L$$

### c. Zona Transisi (*Transition Zone*)

#### Kriteria Perencanaan :

1. Massa jenis air ( $\rho$ ), T (28°C) = 996,26 kg/m<sup>3</sup>
2. Viskositas dinamik ( $\mu$ ) = 0,8063 × 10<sup>-3</sup> N s/m<sup>2</sup>  
(*Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 762 (Appendix C). Boston: PWS Publishing Company*)
3. Koefisien Manning (n) = 0,013

#### Rumus Perhitungan Zona Transisi :

1. Luas *perforated baffle*  

$$A_b = B \times H$$
2. Luas tiap lubang  

$$A_L = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$
3. Luas lubang total  

$$A_{bb} = 40\% \times A_b$$
4. Jumlah lubang  

$$n \text{ lubang} = \frac{A_{bb}}{A_L}$$
5. Jumlah Lubang Horizontal

- $n_h = x \text{ Lubang}$
6. Jumlah Lubang Vertikal
- $n_v = y \text{ Lubang}$
7. Cek jumlah lubang
- Cek  $n = 1. \text{ horizontal} \times 1. \text{ vertikal}$   
**(memenuhi syarat  $> n \text{ lubang}$ )**
8. Jarak antar lubang horizontal
- $sh = \frac{B}{\text{Jumlah lubang horizontal} + 1}$
7. Jarak antar lubang vertikal
- $sv = \frac{H}{\text{Jumlah lubang vertikal} + 1}$
8. Debit per lubang
- $Q_L = \frac{Q}{\text{Jumlah lubang}}$
9. Kecepatan aliran lewat lubang
- $v_L = \frac{Q_L}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}$
10. Jari-Jari Lubang
- $R = \frac{\text{Diameter lubang}}{2}$
11. Cek bilangan Reynold
- $N_{re} (\text{laminar}) = \frac{\rho_{\text{air}} \times v_L \times R}{\mu_{\text{air}}}$
12. Cek bilangan Froud
- $N_{fr} = \sqrt{\frac{v_L}{g \times R}}$

**d. Zona Lumpur (*Sludge Zone*)**

Pada zona ini merupakan area yang digunakan untuk menyimpan lumpur hasil dari pengendapan. Desain dari zona lumpur didasarkan dari besaran lumpur yang akan dihasilkan dan periode pengurasannya.

**Kriteria Perencanaan :**

1. Berat jenis sludge ( $\rho_s$ ) = 2650 kg/m<sup>3</sup>
2. Berat jenis air ( $\rho_a$ ) = 996,26 kg/m<sup>3</sup>  
*Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996*
3. Specific Solid (Ss) = 1,4
4. Laju aliran rata-rata = 30 – 50 m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup> hari
5. Weir Loading = 125 – 500 m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup> hari
6. Waktu Pengurasan = 0,5 – 1 Hari

**Rumus Perhitungan Zona Sludge :**

1. Parameter yang terendapkan

TSS yang Terendapkan di Zona Sludge

$$\text{TSS yang Teremoval} = \% \text{Removal} \times \text{Kadar TSS}$$

$$\text{TSS Effluent} = \text{TSS influent} - \text{TSS teremoval}$$

COD yang Terendapkan di Zona Sludge

$$\text{COD yang Teremoval} = 40\% \times \text{Kadar COD}$$

$$\text{COD Effluent} = \text{COD influent} - \text{COD teremoval}$$

2. Berat Lumpur ( $W_s$ )

$$W_s = Q \times (\text{TSS} + \text{COD} + \text{garam})_{\text{teremoval}}$$

3. Berat Air

$$W_w = \frac{\text{kadar air dalam lumpur}}{\text{kadar SS kering dalam lumpur}} \times \text{berat solid teremoval}$$

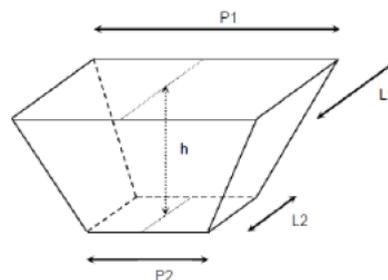
4. Berat jenis lumpur

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

5. Volume Lumpur (Sludge)

$$V \text{ Sludge} = \frac{\text{berat lumpur}(W_s) + \text{beratair}(W_w)}{\text{berat jenis lumpur}(\rho_s)}$$

6. Dimensi ruang lumpur



## Gambar 2. 19 Sketsa Dimensi Ruang Lumpur

(Sumber: Ali Masduqi, 2016)

- Luas permukaan atas Zona Lumpur (A1)  
$$A1 = P1 \times L1$$
  - Luas permukaan Bawah Zona Lumpur (A2)  
$$A2 = P2 \times L2$$
7. Volume Grit Storage (Limas Terpancung)
- $$V_{LT} = \frac{1}{3} \times H \times (A1 + A2 + \sqrt{(A1 + A2)})$$
8. Dimensi Penguras
- Debit tiap pengurasan  
$$Qp = \frac{\text{Volume sludge}}{\text{waktu pengurasan}}$$
  - Luas permukaan pipa penguras  
$$A = \frac{Qp}{\text{Kecepatan aliran penguras}}$$
  - Diameter pipa penguras  
$$Dp = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$
  - Cek kecepatan  
$$v \text{ cek} = \frac{Qp}{A}$$
9. Pompa Sludge ke Sludge Drying Bed
- Pengurasan lumpur dari bak pengendap awal menuju ke sludge drying bed menggunakan bantuan pompa centrifugal slurry pump.
- a. Luas Penampang Pipa Lumpur
- $$\begin{aligned} A &= \text{Luas Penampang Pipa} \\ &= 0,25 \times \pi \times d^2 \end{aligned}$$
- b. Kecepatan Aliran dalam Pipa Lumpur
- $$v = \frac{Q}{A}$$
10. Headloss Suction dan Discharge
- $$Hf \text{ Total} = Hf \text{ Mayor} + Hf \text{ Minor}$$

**e. Zona Pelimpah (Overflow Zone)**

**Kriteria Perencanaan :**

1. Koefisien Drag (Cd) = 0,584
2. Sudut v notch = 60°

(Sumber: Qasim, dkk., 2000, *Water Works Engineering Planning, Design, and Operation*)

3. Weir loading rate = 125 – 500 m<sup>3</sup>/m.hari

(Sumber: Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering Treatment & Reuse 4th Edition, hlm 398*)

**Rumus Perhitungan Zona Pelimpah:**

**a) Gutter dan Weir**

1. Panjang total weir (Lw)

$$Lw = \frac{Q \text{ bak}}{WLR}$$

2. Panjang pelimpah (L)

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

3. Debit tiap pelimpah (weir)

$$Q \text{ weir} = \frac{\text{Debit Gutter}}{\text{Jumlah Weir}}$$

4. Luas saluran weir

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

5. Tinggi (h) dan lebar (w) gutter

Direncanakan H : W = 1 : 2, maka

$$A = H \times W$$

6. Ketinggian air pada gutter

$$H \text{ air} = \left( \frac{Q \text{ weir}}{1,38 \times \text{lebar gutter}} \right)^{2/3}$$

7. Tinggi Total Air pada gutter

$$H \text{ total} = H \text{ air} + (H \text{ air} \times 20\%)$$

8. Jari-jari hidrolis Gutter

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

11. Luas basah gutter

$$A \text{ gutter} = \text{Lebar gutter} \times H \text{ air}$$

$$12. \text{ Slope gutter} = \left( \frac{Q \text{ gutter} \times n}{A \text{ gutter} \times (R \text{ gutter})^{2/3}} \right)^2$$

13. Headloss pada gutter = Panjang gutter  $\times$  slope gutter

#### b) V notch

1. Jumlah v notch (n)

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

2. Debit tiap v notch

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

3. Tinggi peluapan melalui v notch (Hp)

$$Q = \frac{8}{15} \times (cd) \sqrt{2 \times g} \times \tan \frac{\theta}{2} \times H_p^{5/2}$$

#### f. Zona Outlet

##### Kriteria Perencanaan :

1. Koefisien Drag (Cd) = 0,584

2. Sudut v notch = 45°

(Sumber: Qasim, dkk., 2000, *Water Works Engineering Planning, Design, and Operation*)

##### Rumus Perhitungan Zona Outlet:

1. Volume saluran pengumpul

$$V = Q \times td$$

2. Dimensi saluran pengumpul

$$\text{Volume (V)} = L \times W \times H$$

$$H \text{ Total} = H + \text{freeboard}$$

3. Jari-jari hidrolis

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

4. Luas penampang

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

5. Diameter Pipa Outlet

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

6. Slope saluran =  $\left(\frac{v \times n}{R^{2/3}}\right)^2$

7. Headloss saluran pengumpul

$$H_f = S \times L$$

8. Cek kecepatan

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

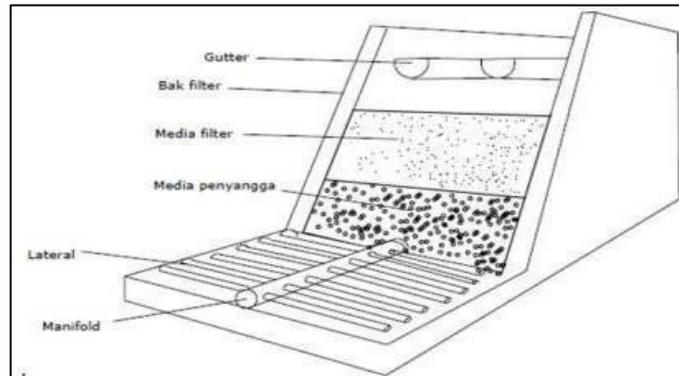
### 2.2.7 Filtrasi

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

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

- a. Proses penyaringan yang terjadi di setiap lapisan permukaan filter
- b. Proses sedimentasi di dalam filter
- c. Kontak antara partikel flok dengan lapisan kerikil atau dengan flok yang sudah terkumpul di atas lapisan filter.
- d. Proses adsorpsi atau proses elektrokinetik.

- e. Proses koagulasi di dalam filter.
- f. Proses biologis di dalam filter
- g. Penggabungan zat-zat koloid di dalam filter.



**Gambar 2. 20** Bagian-Bagian Filtrasi  
 (Sumber : Reynold& Richards, 1996)

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 2.16 dapat dilihat bagian-bagian filter.

Terdapat beberapa macam jenis filter modifikasi yang telah digunakan dimanajemen, 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 pada tahun 1978, pada proses purifikasi air, rapid sand filter 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 m<sup>3</sup> /m<sup>2</sup> .hr (namun terkadang laju filtrasi nya dapat lebih dari 6 m<sup>3</sup> /m<sup>2</sup>.hr). Ukuran pasir efektif yang digunakan pada filter ini berkisar antara 0,45- 0,55 mm. Lapisan filter ini bila dilihat dari bawah

terdiri dari gravel dengan tebal berkisar antara 38-60 cm, sedangkan di atasnya terdapat pasir yang tebalnya kurang lebih 80cm. Proses *backwash* pada *rapid sand filter* berbeda dengan *slow sand filter*. Pada *rapid sand filters* waktu *backwash* ditentukan dari *headloss filter* saat itu.

Keuntungan menggunakan *rapid sand filters* adalah area yang digunakan tidak begitu luas, pasir yang dibutuhkan lebih sedikit, kurang sensitif terhadap perubahan kualitas air baku, dan waktu yang dibutuhkan relatif lebih cepat jika dibandingkan dengan *slow sand filters*. Sedangkan kekurangan dari *rapid sand filters* adalah tidak dapat mengurangi kadar bakteri di dalam air, membutuhkan biaya yang mahal, membutuhkan keahlian khusus dan menghasilkan lumpur yang banyak. Media filter dapat tersusun dari pasir silika alami, anthrasit, 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 ratio ukuran rata – rata dan standar deviasinya. *Uniformity Coefficient* (UC) atau koefisien keragaman adalah angka keseragaman media filter yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60 % fraksi berat terhadap ukuran (size). Kriteria untuk keperluan *rapid sand filter* adalah sebagai berikut.

a. *Single Media*

- UC = 1,3 – 1,7
- ES = 0,45 – 0,7 mm

b. *Dual Media*

- UC = 1,4 – 1,9
- ES = 0,5 – 0,7 mm

Pada perancangan bangunan air minum kali ini, kami menggunakan filter pasir cepat atau rapid sand filter adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 6 hingga 11 m/jam. Filter ini selalu didahului dengan proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan pada influen filter pasir cepat berkisar 5-10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90-98% (Masduqi & Assomadi, 2019).

**Tabel 2. 11** Kriteria Perencanaan Filter Pasir Cepat

No	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian AntarSaringan
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6 – 11	6 – 11
2	Pencucian:		
	Sistem pencucian	Tanpa/dengan blower & atau <i>surface wash</i>	Tanpa/denganblower & atau <i>surface wash</i>
	Kecepatan (m/jam)		
	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	80 – 100 5 – 10	80 – 100 5 – 10

No	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian AntarSaringan
	(mm)		
	Kedalaman (mm) ukuran butir	80 – 100	80 – 100
	(mm)	10 – 15	10 – 15
	Kedalaman (mm) ukuran butir		
	(mm)	80 – 150	80 – 150
	Filter Nozzle		15 – 30
	Lebar slot nozzle (mm)	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. Zona Inlet

1. Debit Saluran pembawa ( $Q_s$ )

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

2. Luas Permukaan ( $A$ )

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

3. Dimensi saluran

Asumsi perbandingan L:H = 1:2

$$A = B \times H$$

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

$$B = 2H$$

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

4. Volume

$$V = Q \times t_d$$

5. Diameter

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

6. Cek Kecepatan (Vcek)

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

7. Jari-jari Hidrolis

$$R = \frac{\text{Luas Keliling Basah}}{\text{Keliling Penampang Basah}}$$

$$R = \frac{B \times H}{B + 2H}$$

8. Sloope

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

9. Headloss Saluran

$$H_f = S \times L$$

10. Kehilangan tekanan pada pintu air

$$H = \sqrt[3]{\frac{Q \times 3}{2 \times C_d \times B \times H^{3/2} \times \sqrt{2} \times 9,81}}$$

$$H_{\text{bukaan pintu}} = H_{\text{dinding}} - H$$

## B. Bak Filtrasi

1. Debit saluran pembawa (Qs)

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

2. Luas Permukaan (A)

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

3. Dimensi saluran (W : L = 1 : 2)

$$A = W \times L$$

$$L = 2 \times W$$

## C. Kehilangan Tekanan Media Filtrasi

a. Antrasit, Pasir, dan Garnet

1. Nilai bilangan Reynold (Nre)

$$N_{re} = \frac{\text{Shapefactor}(\phi) \times \text{massajenis}(\rho) \times \text{diameter}(d) \times \text{Kec.filtrasi}(Va)}{\text{Viskositasdinamik}(\mu)}$$

2. Koefisien drag (Cd)

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

3. Kehilangan tekanan (H<sub>l</sub>)

$$H_l = \frac{1.067}{\phi} + \frac{d}{g} + \frac{(Va^2)}{(g^4)} + \frac{Cd}{d}$$

#### D. Backwash

a. Antrasit, Pasir, dan Garnet

1. Nilai bilangan Reynold (N<sub>re</sub>)

$$N_{re} = \frac{\text{Shapefactor}(\phi) \times \text{massajenis}(\rho) \times \text{diameter}(d) \times \text{Kec.filtrasi}(Va)}{\text{Viskositasdinamik}(\mu)}$$

2. Koefisien drag (Cd)

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

3. Kecepatan pengendapan partikel (V<sub>s</sub>)

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

4. Kecepatan backwash (V<sub>b</sub>)

$$V_b = V_s \times \varepsilon^{4,5}$$

5. Debit backwash (Q<sub>b</sub>)

$$Q_b = V_b \times 1000 \text{ L/m}^3$$

6. Kehilangan tekanan awal backwash (H<sub>L</sub>)

$$H_L = (Sg - 1) \times (1 - \varepsilon) \times D$$

7. Tinggi ekspansi media (L<sub>e</sub>)

$$L_e = D \times \frac{(1-d)}{\left(1 - \frac{Va^{0,22}}{V_s}\right)}$$

#### E. Sistem Manifold

a. Pipa Manifold

1. Luas Penampang pipa

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

2. Diameter pipa manifold

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

3. Cek kecepatan aliran pipa

$$V_{cek} = \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}$$

4. Panjang pipa manifold

$$L_m = \text{Panjang bak filtrasi}$$

#### **b. Pipa Lateral**

1. Diameter pipa lateral

$$D_L = \frac{1}{3} \times D_m$$

2. Luas penampang pipa

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D_L^2$$

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

$$Q_{cek} = \frac{Q}{\text{jumlah pipa lateral}}$$

7. Panjang pipa lateral

$$L_L = \frac{\text{Lebarbak} - D_m \times (2 \times D_L)}{2}$$

#### **c. Orifice**

1. Luas lubang orifice

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D_o^2$$

2. Jumlah lubang orifice tiap bak filter

$$v = \frac{0,0025 \times \text{Luas penampang bak filtrasi}}{\text{luas lubang orifice}}$$

3. Jumlah orifice tiap pipa lateral

$$n = \frac{\text{Jumlah lubang orifice}}{\text{jumlah pipa lateral}}$$

## F. Pipa Outlet

1. Luas penampang pipa

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D_m^2$$

2. Kecepatan aliran pipa outlet

$$v = \frac{\text{debittiapbakfiltrasi}(Q)}{\text{luaspenampangpipa}(A)}$$

3. Headloss mayor pipa outlet (Hf mayor)

$$Hf \text{ mayor} = \frac{10,7 \times (Q)^{1,852}}{(C)^{1,852} \times (D)^{4,87}}$$

4. Head kecepatan pipa outlet (Hv)

$$Hv = \frac{v^2}{2 \times g}$$

5. Headloss minor pipa outlet (Hf minor)

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

$$Hf \text{ minor} = Hf \text{ elbow } 90^\circ + Hf \text{ gate valve} + Hf \text{ tee}$$

6. Headloss total pipa outlet (Hf total)

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

## G. Volume Air untuk Pencucian

1. Luas bak filtrasi

$$A = \text{Panjang bak (L)} \times \text{Lebar bak (W)}$$

2. Volume air untuk backwash

$$V_{bw} = A \times v \times t_{bw}$$

3. Debit backwash

$$Q_{bw} = \frac{V_{bw}}{t_{bw}}$$

## H. Saluran Pelimpah (Gutter)

1. Kedalaman air pada gutter (H<sub>o</sub>)

$$H_o = 1,73 \times \left( \frac{Q^2}{g \times W} \right)^{1/3}$$

2. Lebar gutter

$$W_w = 1,5 \times H_o$$

3. Tinggi gutter

$$H_w = H_o + (F_b \times H_o)$$

#### **I. Tinggi Bak Filtrasi**

1. Tinggi bak filtrasi

$H$  = tinggi ekspansi media + tinggi total gutter + diameter pipa manifold

2. Tinggi total bak filtrasi

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

#### **J. Ruang Penampung Backwash**

1. Lebar bak penampung

$$W = (2 \times H_{total}) + \text{diameter pipa manifold}$$

2. Panjang bak penampung

$$V_{total} = \text{Lebar } (W) \times H_{total} \times L$$

#### **K. Pipa Drain Backwash**

1. Luas penampang pipa

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

2. Diameter pipa drain

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

3. Cek kecepatan aliran pipa

$$V_{cek} = \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}$$

### **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.

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

1. Menghilangkan bau.
2. Mematikan alga.
3. Mengoksidasi nitrit menjadi nitrat.
4. Mengoksidasi ammonia menjadi senyawa 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 sisaklor 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

$$\text{Keb. Kaporit} = \frac{100\%}{60\%} \times \text{kebutuhan klor}$$

3. Debit kaporit

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

4. Debit air

$$Q \text{ air} = \frac{100\% - 5\%}{50\%} \times Q \text{ kaporit}$$

5. Debit larutan

$$Q \text{ larutan} = Q \text{ kaporit} + Q \text{ air}$$

6. Volume bak

$$\text{Volume bak} = Q \text{ larutan} \times \text{periode pelarutan}$$

7. Dimensi

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

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

Keterangan:

Fb = Freeboard

D = diameter bak

h = tinggi bak

#### B. Pengadukan

1. Power

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

Keterangan:

G = gradien kecepatan

$\mu$  = viskositas absolut

2. Diameter paddle

$$D_i = \left( \frac{P \times g}{K T \times n^3 \times p} \right)^{1/5}$$

3. Cek Nre

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

Keterangan:

$D_i$  = diameter impeller

$n$  = kecepatan putaran propeller

$p$  = massa jenis klor

$\mu$  = viskositas absolut

4. Tinggi impeller dari dasar

Tinggi impeller = 1 x  $D_i$

Keterangan:

$D_i$  = diameter impeller

5. Debit penetesan

$$Q \text{ penetesan} = \frac{\text{Volume}}{\text{Waktu}}$$

6. Diameter pipa injeksi

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

Keterangan:

$Q$  = debit air

$v$  = kecepatan aliran pipa

7. Cek kecepatan

$$V_{cek} = \frac{Q}{A}$$
$$= \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}$$

Keterangan:

$Q$  = debit air

D = diameter pipa

8. Dosing pump

$$\text{Dosing pump} = \frac{\text{Debit kaporit} \times \rho}{60}$$

### C. Pipa Outlet

2.2.1. Luas pipa outlet

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

Keterangan:

Q = debit air

v = kecepatan aliran pipa

2.2.2. Diameter pipa

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

Keterangan:

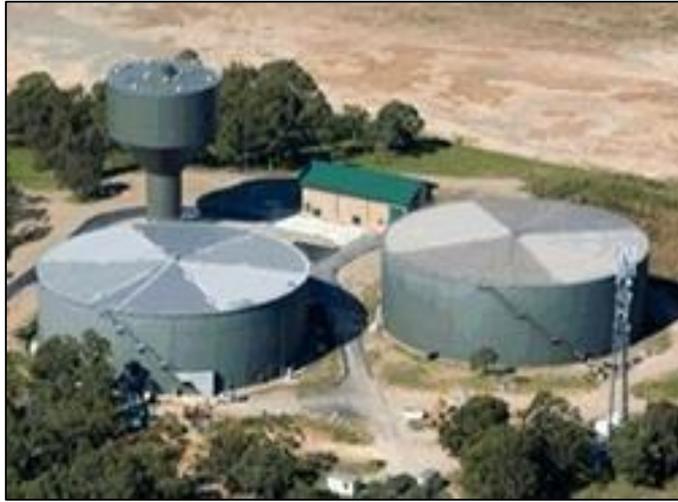
A = luas

### 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. Sering kali 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 reservoir permukaan dan reservoir menara.

#### A. Reservoir Permukaan (*Ground Reservoir*)





**Gambar 2. 23** Reservoir Tangki Baja

### **1. Reservoir Tangki Baja**

*(Sumber: BPSDM PU, 2018)*

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

### **2. Reservoir Beton Cor**

Tangki 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 mahal.



### **Gambar 2. 24** Reservoir Beton Cor

(Sumber: <http://aladintirta.blogspot.com>)

### **3. Reservoir *Fiberglass***

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



**Gambar 2. 25** Reservoir Fiberglass

(Sumber: <https://shopee.co.id/Jual-Tangki-Air-Panel-Fiberglass-Tangki-Air-Kotak-Toren-Air-FRP-i.251940108.5437370986>)

#### 4. Reservoir Pasangan Bata

Penggunaan bata merah sebagai bahan dinding reservoir sudah cukup lumrah digunakan karena material yang didapatkan sangat mudah. Selain itu, penggunaan batu bata memiliki kelebihan yaitu kuat, tahan lama, dan jarang terjadi keretakan. Namun, pasangan batu bata juga memiliki kekurangan yaitu sulitnya membuat pasangan batu bata yang rapi. Agar rapi, plesteran yang digunakan juga harus tebal agar menghasilkan dinding yang cukup rata dan kuat, selain itu biasanya juga terjadi kecenderungan pemborosan material.

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

##### A. Pipa Inlet dan Outlet

1. Luas penampang pipa

$$A = \frac{\text{Debit gasklorin}(Qc)}{\text{Kecepatanaliran}(v)}$$

2. Diameter pipa

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

Keterangan:

A = luas penampang pipa

3. Cek kecepatan

$$\begin{aligned} V_{cek} &= \frac{\text{Debit gasklorin}(Qc)}{\text{Luas penampang}(A)} \\ &= \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \end{aligned}$$

Keterangan:

Q = debit air

D = diameter pipa

##### B. Bak Reservoir

1. Volume bak

$$V = Q \times t_d$$

Keterangan:

$Q$  = debit air

$T_d$  = waktu detensi

2. Luas bak penampung

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

Keterangan:

$V$  = Volume bak

$H$  = tinggi bak

3. Dimensi bak

$$A = L \times W$$

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

$$L = 2 \times W$$

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

Keterangan:

$A$  = luas bak

$H$  = tinggi bak

$W$  = lebar bak

$L$  = Panjang bak

$F_b$  = Freeboard

### 2.1.10 Screw Press

Mesin Dewatering Screw Press (DSP) merupakan teknologi mesin yang dirancang untuk pengentalan dan pengeringan lumpur cair lebih efisien yang berasal dari proses pengolahan air limbah kota dan industri (IPAL). Aplikasinya untuk instalasi pengolahan air limbah termasuk pengeringan lumpur aktif limbah (WS) yang kental atau tidak kental, lumpur yang dicerna dari proses Prasedimentasi dan Sedimentasi. Sistem Screw Press terdiri dari tangki reaksi flokulasi, pencampuran polimer, sistem pencucian eksternal, dan panel kontrol. Drum dibuat dari baja tahan karat menggunakan wedge-wire screen profile khusus dengan permukaan besar untuk mendapatkan karakteristik drainase cairan yang optimal. Adapun manfaat yang dapat dihasilkan dari penggunaan mesin screw press untuk pengolahan lumpur:

- Mesin screw press ini berkecepatan lambat dan bekerja pada tekanan yang relatif rendah sehingga biaya pengoperasian rendah karena konsumsi energi yang rendah.
- Unit silinder yang tertutup dan kecepatan lari yang rendah dapat mengurangi kebisingan.
- Pengoperasian dan perawatan yang mudah dengan operasi mekanis sederhana dan sistem kontrol otomatis yang dapat diprogram sesuai dengan kebutuhan pengguna dan memungkinkan untuk beroperasi selama 24 jam.
- Biaya investasi rendah; pemerasan lumpur cocok untuk air kecil hingga menengah dan instalasi pengolahan air limbah dari lumpur biologis tanpa pengaturan pengental lumpur (Sludge Thickening).
- Dengan bahan yang andal dan kuat, ini memastikan ketahanan korosi terhadap lumpur agresif, abrasi, dan ideal untuk mengeringkan lumpur berminyak.

### **Rumus yang digunakan**

- Menghitung volume sludge yang akan diolah  

$$\text{Debit air} \times 10\% = \text{Debit slurry}$$

$$\text{Debit slurry} \times \text{TSS slurry} = \text{Total dry solid}$$

$$\text{Total dry solid} : \text{Operasional Mesin}$$
- Penentuan kapasitas mesin screw press
- Menghitung kebutuhan polimer  
Dosis: Standar Trchase 3 – 6 gr polymer/kg-DS (ambil 6 gr polymer/kgDS)
  - Kebutuhan polymer  $\text{Kebutuhan Polymer} = \text{Dosis} \times \text{total sludge}$
  - Pelarutan flokulant  $\text{Konsentrasi pelarutan floklant} = 1\%$
  - Penentuan dosing pump
  - Penentuan besar tangki pembubuh poliemer

### 2.3 Persen Removal

Berdasarkan studi literatur yang telah kami kumpulkan, diperoleh rangkuman %penyisihan untuk unit pengolahan beserta keseluruhan parameter dalam air sehingga dapat diolah dalam bangunan pengolahan air minum yang telah direncanakan. Berikut rangkuman %penyisihan air beserta sumber yang tertera:

**Tabel 2. 12** Jenis Pengolahan Berdasarkan Parameter

No	Parameter	Unit Pengolahan	Sumber
1	Kekeruhan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prasedimentasi</li> <li>- Sedimentasi</li> <li>- Filtrasi (<i>rapid sand filter</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reynolds/Richards 2<sup>nd</sup>, <i>Unit Operations and Processes in Environmental Engineering</i>, page 130</li> <li>- Droste, Ronald L. 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment</i>. hal 224</li> <li>- Reynolds/Richards 2<sup>nd</sup>, <i>Unit Operations and Processes in Environmental Engineering</i>, page 316</li> </ul>
2	TSS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prasedimentasi</li> <li>- Sedimentasi</li> <li>Filtrasi (<i>rapidsand filter</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Syed R. Qasim 1985, <i>WWTP Planning Design and Operation</i>. Page 52</li> <li>- Metcalf and Eddy, <i>Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th</i>, Hal 497</li> <li>- Droste, 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment</i>.</li> <li>- Halaman 224</li> </ul>
3	TDS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sedimentasi</li> <li>Filtrasi (<i>rapidsand filter</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reynolds/Richards 2<sup>nd</sup>, <i>Unit Operations and Processes in Environmental Engineering</i>, page 233</li> <li>- Droste, Ronald L, 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment</i>. Hal 224</li> </ul>

No	Parameter	Unit Pengolahan	Sumber
4	BOD	- Prasedimentasi - Sedimentasi Filtrasi ( <i>rapidsand filter</i> )	- Syed R. Qasim, <i>Wastewater Treatment Plants Design and Operation</i> hal. 263 - Metcalf and Eddy, <i>Wastewater Engineering Treatment and Reuse</i> 4 <sup>th</sup> , Hal 497 - Syed R. Qasim, <i>Wastewater Treatment - Plants Design and Operation</i>
5	Fe	- Aerasi Filtrasi ( <i>rapidsand filter</i> )	- Droste, 1997, <i>Theory and Practice of water and wastewater Treatment Chapter 9</i> , Hal 224 - Reynolds/Richards 2 <sup>nd</sup> , <i>Unit Operations and Processes in Environmental Engineering</i> , page 316
6	Mn	- Aerasi Filtrasi ( <i>rapidsand filter</i> )	- Droste, 1997, <i>Theory and Practice of water and wastewater Treatment Chapter 9</i> , Hal 224 - Ali Masduqi. <i>Operasi dan proses pengolahan air</i> . hal 171
7	Amonia	- Aerasi Filtrasi ( <i>rapidsand filter</i> )	- Ririn Arifah . <i>Amonia Stripping</i> 2016 - Metcalf and eddy hal 196; Fair and Geyer, 1954
8	Fecal Coliform	Desinfeksi	- Droste, 1997, <i>Theory and Practice of water and wastewater Treatment Chapter 9</i> , Hal 224
9	Total Coliform	Desinfeksi	- Droste, 1997, <i>Theory and Practice of water and wastewater Treatment Chapter 9</i> , Hal 224
10	pH	Netralisasi	- Reynolds/Richards 2 <sup>nd</sup> , <i>Unit Operations and Processes in Environmental Engineering</i> , page 130
11	Nitrat	Aerasi Filtrasi	- (Sumber : Asadiya Afiya, and Karnaningroem Nieke. 2018. "Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Proses Aerasi, Pengendapan, dan Filtrasi Media Zeolit-Arang Aktif." <i>Jurnal Teknik ITS</i>

No	Parameter	Unit Pengolahan	Sumber
			7(1):18-22) - (Sumber : Ain, 2019, Kemampuan Media Filter Ion Exchange dalam Menurunkan Kadar Nitrat Air Sumur Gali di Daerah Kawasan Pesisir.)

#### 2.4 Metode Proyeksi Penduduk

Dalam rangka perencanaan pembangunan di segala bidang, diperlukan informasi mengenai keadaan penduduk seperti jumlah penduduk, persebaran penduduk, dan susunan penduduk menurut umur. Informasi yang harus tersedia tidak hanya menyangkut keadaan pada saat perencanaan disusun, tetapi juga informasi masa lalu dan masa kini sudah tersedia dari hasil sensus dan survei-survei, sedangkan untuk masa yang akan datang, informasi tersebut perlu dibuat suatu proyeksi yaitu perkiraan jumlah penduduk dan komposisinya di masa mendatang. Proyeksi penduduk adalah perhitungan jumlah penduduk (menurut komposisi umur dan jenis kelamin) di masa yang akan datang berdasarkan asumsi arah perkembangan fertilitas, mortalitas dan migrasi. Dalam memproyeksikan jumlah penduduk di masa yang akan datang dapat diprediksikan dengan menggunakan beberapa metode – metode. Diantaranya:

Metode Selisih Kuadrat Minimum (Least Square) Digunakan untuk garis regresi linear yang berarti bahwa data perkembangan penduduk masa lampau menggambarkan kecenderungan garis linear, meskipun perkembangan penduduk tidak selalu bertambah. Metoda ini dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara sumbu Y (jumlah penduduk) dengan sumbu X (tahun) dengan cara menarik garis linear antara data-data tersebut, dan meminimkan jumlah pangkat dua dari masing-masing penyimpangan jarak data-data dengan garis yang dibuat. Rumus yang digunakan:  $P_n = a + b N$

$$\text{Dengan: } a = \frac{\sum y \cdot \sum x^2 - (\sum x \cdot \sum xy)}{n \cdot \sum x^2 - \sum x^2}$$

$$b = \frac{n \cdot \sum xy - (\sum x \cdot \sum y)}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Dimana:

P<sub>n</sub>: data penduduk pada tahun ke-n

n: Jumlah tahun proyeksi

x: Urutan tahun

y: Jumlah penduduk

(Sumber: Smith, Stanley, Jeff, Tayman, and David, Swanson. 2001. *State and Local Population Projections: Methodology and Analysis*. New York. Kluwer Academic/ Plenum Publishers.)

## 2.5 Proyeksi Fasilitas

Dalam menentukan kebutuhan air bersih yang berpengaruh terhadap perencanaan instalasi juga harus memperhitungkan keberadaan fasilitas umum yang ada sekarang serta pengembangannya pada daerah rencana. Yang termasuk fasilitas umum dalam kaitannya dengan perencanaan distribusi air antara lain adalah : tempat ibadah, perkantoran, pendidikan/sekolah, sarana kesehatan, komersial, industri serta fasilitas umum lainnya. Selain pertumbuhan penduduk, penambahan fasilitas juga dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut:

1. Jenis Fasilitas Jenis fasilitas ini dapat berupa seperti tempat peribadatan, kesehatan, komersil, industri, dan kantor.

2. Perluasan fasilitas yang ada Fasilitas yang ada pada saat ini tidak menutup kemungkinan akan bertambah jumlah maupun laham yang ada pada tahun ke-n

3. Perkembangan ekonomi

Dari sudut ekonomi sangat mempengaruhi jumlah penambahan fasilitas yang ada, contoh pada wilayah perkotaan yang tingkat ekonominya tinggi menyebabkan jumlah fasilitas bertambah pesat. Perkiraan jumlah fasilitas dapat dilakukan dengan pendekatan perbandingan jumlah penduduk dengan rumus:

$$\frac{\sum P_n}{\sum P_0} = \frac{\sum F_n}{\sum F_0}$$

Keterangan:

P<sub>n</sub> = jumlah penduduk 10 tahun kedepan (orang)

P<sub>0</sub> = jumlah penduduk tahun 2022 (orang)

$F_n$  = jumlah fasilitas pada 10 tahun kedepan

$F_0$  = jumlah fasilitas pada tahun 2022

Dalam menentukan kebutuhan air non domestik, selain melalui cara diatas ada juga cara yang langsung diasumsikan sebesar 25% dari kebutuhan domestik yang telah diketahui dari proyeksi penduduk. Namun cara ini kurang representatif karena tidak memperhatikan jenis fasilitas yang ada pada daerah pelayanan tersebut, meskipun penambahan penduduk dianggap sebanding dengan penambahan fasilitas.

## **2.6 Profil Hidrolis**

Profil hidrolis merupakan faktor penting demi terjadinya proses pengaliran air. Profil hidrolis digambarkan untuk mendapat tinggi muka air pada masing masing unit. Profil hidrolis menunjukkan adanya kehilangan tekanan (headloss) yang terjadi akibat pengaliran pada bangunan. Beda tinggi tiap unit dapat ditentukan sesuai dengan sistem yang digunakan serta perhitungan kehilangan tekanan baik pada perhitungan yang telah dilakukan pada bab masing-masing bangunan sebelumnya maupun yang langsung dihitung pada bab ini.

Profil Hidrolis IPAM adalah merupakan upaya penyajian secara grafis "*hydraulic grade line*" dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (influent-effluent) dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, mengetahui kebutuhan pompa, memastikan tidak terjadi banjir atau luapan air akibat aliran balik.

Profil hidrolis adalah faktor yang penting demi terjadinya proses pengaliran air. Profil ini tergantung dari energi tekan/ head tekan (dalam tinggi kolom air) yang tersedia bagi pengaliran. Head ini dapat disediakan oleh beda elevasi (tinggi ke rendah) sehingga air pun akan mengalir secara gravitasi. Jika tidak terdapat beda elevasi yang memadai, maka perlu diberikan head tambahan dari luar, yaitu dengan menggunakan pompa.

Profil hidrolis adalah upaya penyajian secara grafis "*hidrolik grade line*" dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (influen-effluen) dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, untuk mengetahui kebutuhan pompa, dan untuk memastikan tingkat terjadinya banjir atau

luapan air akibat aliran balik. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam membuat profil hidrolis adalah sebagai berikut:

#### 1. Kehilangan Tekanan pada Bangunan Pengolahan

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

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

#### 2. Kehilangan Tekanan pada Perpipaan dan Aksesoris

a) Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris yang berhubungan dengan bangunan pengolahan adalah sebagai berikut:

- b) Kehilangan tekanan pada perpipaan

Cara yang mudah dengan monogram "Hazen William"  $Q$  atau  $V$  diketahui maka  $S$  didapat dari monogram.

- c) Kehilangan tekanan pada aksesoris

Cara yang mudah adalah dengan mengekivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekivalen sekaligus

- d) Kehilangan tekanan pada pompa

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

d) Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok Cara

perhitungannya juga dengan bantuan monogram.

#### 3. Tinggi Muka Air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan, sehingga akan dapat mempengaruhi pada proses pengolahan.

Kehilangan tekanan bangunan (saluran terbuka dan tertutup) tinggi terjunan yang direncanakan (jika ada) akan berpengaruh pada perhitungan tinggi muka air.

Perhitungan dapat dilakukan dengan cara:

- a) Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir.
- b) Menambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di clear well.
- c) Didapat tinggi muka air bangunan sebelum clear well demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama sesudah intake.
- d) Jika tinggi muka air bangunan sesudah intake ini lebih tinggi dari tinggi muka air sumber, maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air.

## **2.7 BOQ dan RAB**

### **2.7.1 BOQ (Bill Of Quantity)**

BOQ (daftar kuantitas), adalah perincian seluruh item pekerjaan yang ada pada sebuah pekerjaan konstruksi. Yang terdiri dari pekerjaan persiapan, pekerjaan struktur, pekerjaan arsitektur, pekerjaan MEP (Mekanikal, Elektrikal dan Plumbing), pekerjaan utilitas, lanskap dan sebagainya. Karakteristik BOQ:

1. Dalam BoQ masing-masing item pekerjaan telah tercantum besertavolume,
2. Tidak menutup kemungkinan item dan volume pekerjaan tersebut dapat bertambah atau berkurang kemudian hari, yaitu pada saat klarifikasi dan negosiasi harga,
3. Dalam BoQ tidak tercantum harga satuan pekerjaan,
4. Menghitung volume BOQ berdasarkan gambar rencana,
5. Pihak yang menyusun BOQ adalah konsultan perencanaan.

Tujuan membuat BOQ adalah:

1. Sebagai perhitungan awal, untuk mengetahui jumlah biaya yang harus disiapkan oleh Owner untuk pelaksanaan proyek.
2. Untuk keperluan pelaksanaan proses tender (lelang) proyek,
3. Berguna sebagai acuan/dasar bagi peserta lelang (kontraktor) untuk mengajukan penawaran harga.

### 2.7.2 RAB (Rincian Anggaran Biaya)

RAB Adalah daftar harga atau perhitungan rincian biaya yang kita anggarkan untuk pelaksanaan sebuah proyek konstruksi. Mencakup keseluruhan biaya yang kita perlukan untuk pengadaan bahan, biaya alat maupun biaya/upah tenaga kerja. RAB dapat meliputi seluruh item pekerjaan yang ada pada sebuah proyek, atau hanya meliputi 1 sub pekerjaan saja. Misalnya RAB sub pekerjaan konstruksi baja, RAB sub pekerjaan instalasi listrik dan seterusnya. Karakteristik RAB:

1. Dalam RAB telah tercantum seluruh item pekerjaan, volume serta harga satuan pekerjaan,
2. Item pekerjaan, volume dan harga satuan yang ada dalam RAB sifatnya mengikat. Artinya tidak dapat berubah (bertambah atau berkurang) kemudian hari,
3. RAB oleh masing-masing peserta lelang (kontraktor), sehingga volume dan harga satuan pekerjaan pasti berbeda.

Tujuan membuat RAB adalah:

1. Pada proyek berskala kecil yang tidak menggunakan jasa konsultan perencana, misalnya pembangunan rumah tinggal. Kontraktor selalu melakukan perhitungan RAB untuk diajukan kepada owner. Sementara kasus yang sedikit berbeda, jika kontraktor ingin nge-sub salah satu pekerjaan dari maincont. Walaupun sebenarnya maincont memiliki BoQ, namun tak jarang kontraktor harus melakukan perhitungan RAB.
2. Ketika maincont menyatakan agar subcont melakukan perhitungan RAB, maka secara otomatis BoQ yang disusun oleh konsultan perencana tidak berlaku. Dengan kata lain BoQ tersebut menjadi rahasia oleh maincont, yang tidak perlu diketahui oleh subcont