

## **BAB 2**

### **TINJAUAN 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 yang biasa dipakai sebagai air baku yang nantinya akan digunakan untuk keperluan minum adalah air hujan, air tanah, air permukaan dan air laut. Di antara sumber-sumber tersebut yang paling banyak digunakan adalah air tanah dan air permukaan, sedangkan air laut jarang digunakan karena membutuhkan teknologi tinggi dan biaya yang mahal untuk mengolahnya. Air baku yang akan digunakan untuk proses pengolahan harus diperhatikan pula klasifikasi kelas badan air yang akan digunakan karena klasifikasi kelas yang berbeda juga mempengaruhi proses pengolahannya.

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

Sumber air baku yang dapat diolah untuk digunakan sebagai air minum adalah air tanah dan air permukaan, berikut mengenai penjelasannya yaitu:

###### **1. Air Tanah**

Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air). Kecepatan aliran air tanah ini secara alami sangatlah kecil yaitu berkisar antara 1,5 m/hari - 2 m/hari (Kashef, 1987 dan Verruijt, 1970).

Karakteristik geologi seperti morfologi dan jenis batuan berikut luas pelamparan serta ketebalan lapisan, berakibat pada terbentuknya struktur lapisan kedap air dan lulus air. Berdasarkan sifat fisik air tanah dengan simpanan rendah dan mutu air yang asin atau payau sehingga tidak memenuhi persyaratan air minum (Astono, 2011).

###### **2. Air Permukaan**

Air permukaan merupakan air yang berada di permukaan, contohnya sungai, rawa, danau dan mata air. Sebagai sumber air baku untuk air minum,

maka air permukaan harus memenuhi kualitas oksigen yang terlarut, pH yang sesuai, kandungan zat padat, kandungan bakteri, kehadiran zat beracun, temperatur dan parameter lainnya. Air permukaan yang banyak digunakan untuk sumber air baku pengolahan air minum adalah air sungai dan air danau (Astono, 2011)

### **2.1.2. Persyaratan dalam Penyediaan Air Baku**

Dalam penyediaannya, terdapat persyaratan yang harus diperhatikan, diantaranya persyaratan kualitas, kuantitas, dan kontinuitas.

#### **1. Persyaratan kualitas**

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

##### **a. Persyaratan fisik**

Secara fisik, air bersih harus jernih, tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, dan memiliki suhu hampir sama dengan suhu udara atau kurang lebih 25°C.

##### **b. Persyaratan kimia**

Air bersih tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas. Beberapa persyaratannya antara lain adalah pH, total solid, zat organik, CO<sub>2</sub> agresif, kesadahan, kalsium (Ca), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), klorida (Cl), nitrit, fluorida (F), dan logam berat.

##### **c. Persyaratan biologis**

Air bersih tidak boleh mengandung kuman patogen dan parasit yang mengganggu kesehatan. Persyaratan biologis ditandai dengan tidak adanya bakteri *E. coli* dalam air. Selain itu, parameter biologi yang biasa digunakan adalah analisis coliform.

##### **d. Persyaratan radioaktif**

Air bersih tidak boleh mengandung zat yang menghasilkan bahan-bahan radioaktif, misalnya sinar alfa, beta, dan gamma.

#### **2. Persyaratan kuantitas (debit)**

Persyaratan kuantitas dalam penyediaan air bersih adalah ditinjau dari

banyaknya air baku yang tersedia. Artinya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan kebutuhan daerah dan jumlah penduduk yang akan dilayani.

Persyaratan kuantitas juga dapat ditinjau dari standar debit air bersih yang dialirkan ke konsumen sesuai dengan jumlah kebutuhan air bersih. Kebutuhan air bersih masyarakat bervariasi, tergantung pada letak geografis, kebudayaan, tingkat ekonomi, dan skala perkotaan tempat tinggalnya (Agustina, 2007).

### 3. Persyaratan kontinuitas

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

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

## **2.2. Klasifikasi Kelas Mutu Air**

Menurut Peraturan Pemerintah No 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air pada bagian ketiga (klasifikasi dan kriteria mutu air) dikatakan bahwa klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 kelas.

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

## **2.3. Parameter Kualitas Air**

Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan sehingga memenuhi syarat atau baku mutu air minum. Air minum yang disuplai kepada pelanggan harus menyediakan keamanan dan estetika menarik air minum dan terlepas dari gangguan dan biaya yang masuk akal (Kawamura, 1991). Standar air minum bergantung dari kebijakan pemerintah pusat. Kebijakan standar layak air minum melihat kondisi suatu negara yang bersangkutan.

Secara umum, standar air minum dengan melihat batas maksimum kontaminan yang diperbolehkan yang dimuat dalam Lampiran VI Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dapat dilihat pada Tabel 2.1. Tabel tersebut berisikan baku mutu air sungai dan sejenisnya pada air sungai kelas 1. Standar kualitas



tersebut nantinya akan menjadi acuan dasar dalam penentuan proses pengolahan yang akan digunakan.

**Tabel 2. 1. Baku Mutu Kualitas Air Minum**

No.	Parameter	Unit	Kelas 1	Keterangan
1.	Temperatur	°C	Dev 3	Perbedaan dengan suhu udara di atas permukaan air
2.	Padatan terlarut total (TDS)	mg/L	1.000	Tidak berlaku untuk muara
3.	Padatan tersuspensi total (TSS)	mg/L	40	
4.	Warna	Pt-Co Unit	15	Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alaminya)
5.	Derajat keasaman (pH)		6-9	Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alaminya)
6.	Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD)	mg/L	2	
7.	Kebutuhan oksigen kimiawi (COD)	mg/L	10	
8.	Oksigen terlarut (DO)	mg/L	6	Batas minimal
9.	Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	300	
10.	Klorida (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	300	
11.	Nitrat (sebagai N)	mg/L	10	
12.	Nitrit (sebagai N)	mg/L	0,06	
13.	Amoniak (sebagai N)	mg/L	0,1	
14.	Total Nitrogen	mg/L	15	
15.	Total Fosfat (sebagai P)	mg/L	0,2	
16.	Fluorida (F <sup>-</sup> )	mg/L	1	
17.	Belerang sebagai H <sub>2</sub> S	mg/L	0,002	
18.	Sianida (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0,02	
19.	Klorin bebas	mg/L	0,02	Bagi air baku air minum tidak dipersyaratkan
20.	Barium (Ba) terlarut	mg/L	1,0	
21.	Boron (B) terlarut	mg/L	1,0	
22.	Merkuri (Hg) terlarut	mg/L	0,001	
23.	Arsen (As) terlarut	mg/L	0,05	
24.	Selenium (Se) terlarut	mg/L	0,01	

No.	Parameter	Unit	Kelas 1	Keterangan
25.	Besi (Fe) terlarut	mg/L	0,3	
26.	Kadmium (Cd) terlarut	mg/L	0,01	
27.	Kobalt (Co) terlarut	mg/L	0,2	
28.	Mangan (Mn) terlarut	mg/L	0,1	
29.	Nikel (Ni) terlarut	mg/L	0,05	
30.	Seng (Zn) terlarut	mg/L	0,05	
31.	Tembaga (Cu) terlarut	mg/L	0,02	
32.	Timbal (Pb) terlarut	mg/L	0,03	
33.	Kromium heksavalen (Cr(VI))	mg/L	0,05	
34.	Minyak dan lemak	mg/L	1	
35.	Deterjen total	mg/L	0,2	
36.	Fenol	mg/L	0,002	
37.	Aldrin/Dieldrin	µg/L	17	
38.	BHC	µg/L	210	
39.	Chlordane	µg/L	3	
40.	DDT	µg/L	2	
41.	Endrin	µg/L	1	
42.	Heptachlor	µg/L	18	
43.	Lindane	µg/L	56	
44.	Methoxychlor	µg/L	35	
45.	Toxapan	µg/L	5	
46.	Fecal Coliform	MPN/ 100 mL	100	
47.	Total Coliform	MPN/ 100 mL	1.000	
48.	Sampah		nihil	
49.	Radioaktivitas			
	Gross-A	Bq/L	0,1	
	Gross-B	Bq/L	1	

Sumber: Lampiran VI PP Nomor 22 tahun 2021

#### 2.4. Pemilihan Lokasi Bangunan Air Minum

Lokasi bangunan pengolahan air minum didasarkan pada jaraknya dari intake, *layout* bangunan yang diperoleh, pengaruh terhadap lingkungan sekitar, dan metode dari distribusi yang akan direncanakan. Menentukan lokasi bangunan pengolahan

merupakan salah satu hal yang penting dalam perencanaan bangunan pengolahan. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam memilih lokasi, seperti:

- a) lokasi geografis;
- b) biaya konstruksi;
- c) ketersediaan dari sumber tenaga dan fasilitas penunjang lainnya;
- d) diusahakan cukup dekat dengan sumber air dan konsumen sehingga dapat menghemat biaya distribusi, perpipaan transmisi, dsb;
- e) keamanan operasi dan instalasi sebagai bangunan vital terhadap kemungkinan gangguan dari luar;
- f) transport menuju instalasi, demi lancarnya pengangkutan bahan-bahan kimia dan tenaga operator;
- g) jika distribusi air secara gravitasi dan tanpa menggunakan menara air, maka ketinggian lokasi instalasi harus cukup;
- h) kondisi geologis (kondisi tanah). perlu diperhatikan bagaimana membangun pondasi yang kokoh dan sesuai dengan karakteristik tanah yang ada; dan
- i) kemungkinan perluasan di masa yang akan datang. tanah yang tersedia harus cukup luas sehingga masih mungkin untuk dilakukan pengembangan atau perluasan di kemudian hari.

### **2.5. Tata Letak Bangunan Pengolahan**

Dalam instalasi pengolahan air minum, tata letak bangunan pengolahan perlu direncanakan sebaik mungkin. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan bangunan pengolahan air minum adalah sebagai berikut.

1. Disesuaikan dengan urutan proses pengolahan atau sesuai dengan diagram alir
2. Disesuaikan dengan tipe desain, misalnya dengan memperhatikan besar nilai debit dan keuntungan dan kerugian dalam tata letak bangunan.
3. Harus memudahkan dalam pengoperasian, misalnya:
  - Letak bangunan yang memerlukan bahan kimia harus berdekatan dengan tempat menyiapkan larutan atau bahan kimia tersebut.
  - Letak bagian-bagian yang perlu mendapatkan pengawasan jaraknya sekecil mungkin, agar mudah dalam pengawasan operator.
  - Perlu disediakan laboratorium untuk pengujian kualitas air setelah

melewati bangunan pengolahan, dimana jarak laboratorium cukup dekat dengan tempat pengambilan contoh yang diperiksa secara berkala.

- Adanya tempat untuk mengontrol peralatan (ruang perpipaan, ruang kontrol, rumah pompa, dan lain-lain).
- Ada jarak yang cukup antara bangunan, sehingga memudahkan lalu lalang petugas atau cukup lapang apabila diperlukan perbaikan, dan sebagainya

## **2.6. Unit Instalasi Pengolahan Air Minum**

### **2.6.1. Intake**

#### **2.6.1.1. Gambaran Umum**

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

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

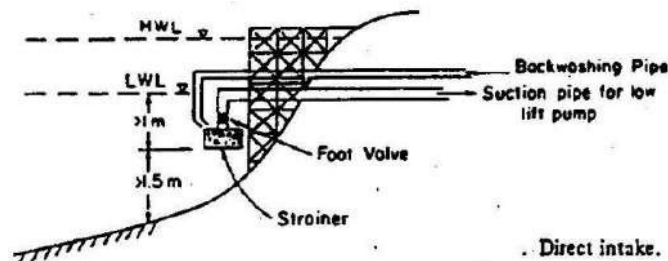
7. Pemilihan lokasi bangunan pengambilan harus memperhatikan karakteristik sumber air baku;
8. Konstruksi bangunan pengambilan direncanakan dengan umur pakai (*lifetime*) minimal 25 tahun;
9. Bahan/material konstruksi yang digunakan diusahakan menggunakan material lokal atau disesuaikan dengan kondisi daerah sekitar

#### 2.6.1.2. Jenis-Jenis Bangunan Intake

Menurut Kawamura (2000), bangunan intake memiliki tipe yang bermacam-macam, antara lain:

##### 1. Bangunan Penyadap Langsung (*Direct Intake*)

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



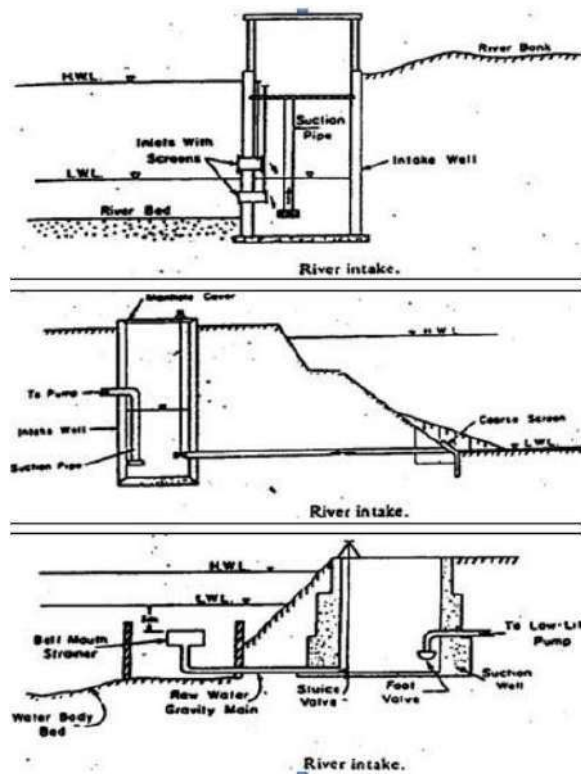
**Gambar 2. 1.** *Direct intake*

Sumber: Kawamura (2000)

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

###### a. *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.

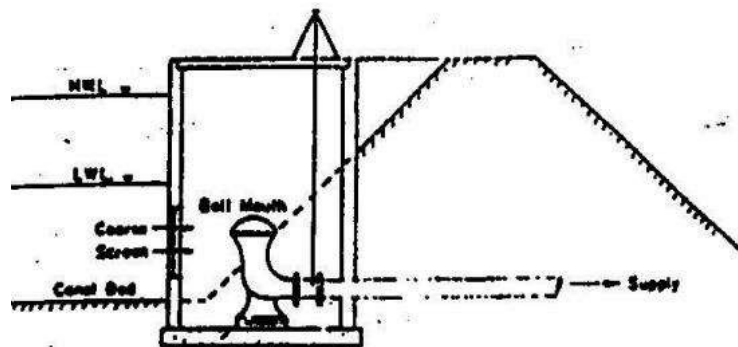


**Gambar 2. 2.** *River intake*

Sumber: Kawamura (2000)

b. *Canal intake*

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



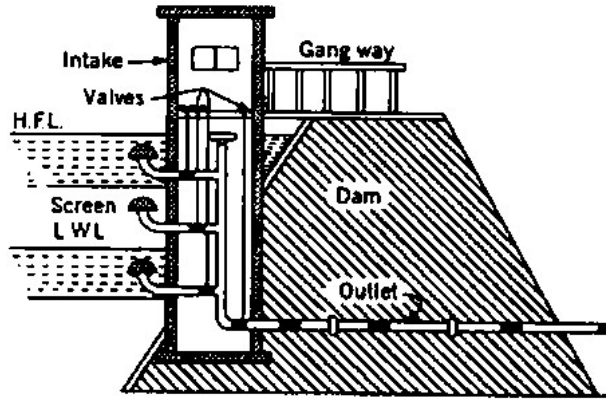
**Gambar 2. 3.** *Canal intake*

Sumber: Kawamura (2000)

c. *Reservoir intake*

Digunakan untuk air yang berasal dari dam (bendungan) dan dengan mudah menggunakan menara intake. Menara intake dengan

dam dibuat terpisah dan diletakkan di bagian hulu. Untuk mengatasi fluktuasi level muka air, maka inlet dengan beberapa level diletakkan pada menara.

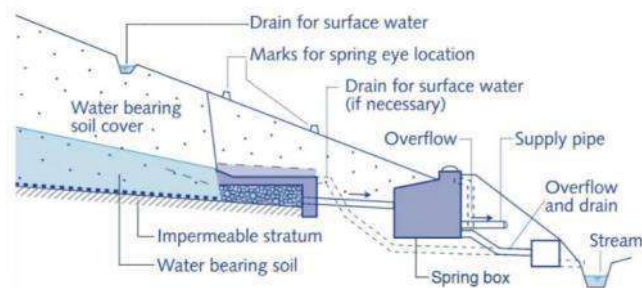


**Gambar 2. 4.** *Reservoir intake*

Sumber: Anonim (2021)

d. *Spring intake*

Digunakan untuk air baku dari mata air/air tanah.

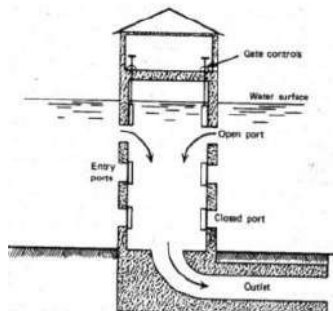


Sumber: SSWM (sustainable sanitation and water management))

**Gambar 2. 5.** *Spring intake*

e. *Intake tower*

Digunakan untuk air permukaan di mana kedalaman air berada di atas level tertentu.

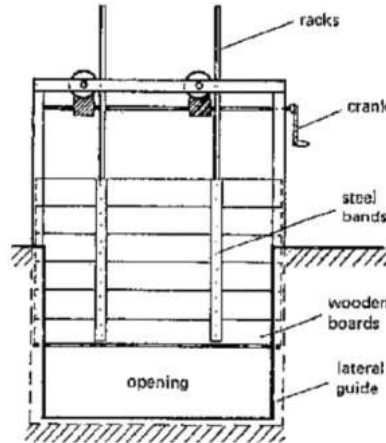


**Gambar 2. 6.** *Intake tower*

Sumber: *Collection and Distribution of water by Zerihun Alemayehu*

f. *Gate intake/penstock gates*

Berfungsi sebagai screen dan merupakan pintu air pada prasedimentasi.



**Gambar 2. 7.** *Gate intake/penstock gates*  
Sumber: *Planning of The Intake Structure*

**2.6.1.3. Rumus Perhitungan**

Rumus-rumus yang dipergunakan dalam perhitungan intake dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut.

**Tabel 2. 2.** Rumus dalam perhitungan *intake*

No.	Deskripsi	Rumus	Keterangan
1.	Rumus umum kecepatan (V)	$V = \frac{Q \text{ pipa intake}}{A}$	V = kecepatan (m/dt) Q = debit (m <sup>3</sup> /dt) A = luas penampang (m <sup>2</sup> )
2.	Jumlah jarak bar pada screen (N)	$N = \frac{L_{screen}}{W_{bar screen}}$	L <sub>screen</sub> = lebar screen (m) W <sub>bar screen</sub> = jarak antarbar (cm)
3.	Jumlah bar (n)	n = N - 1	N = jumlah jarak bar pada screen
4.	Area terbuka	A = L - (n × w)	L = luas area total (m <sup>2</sup> ) W = jarak antarbar (cm) n = jumlah bar
5.	Headloss akibat kecepatan (H <sub>v</sub> )	$H_v = \frac{v^2}{2g}$	H <sub>v</sub> = headloss (m) V = kecepatan (m/dt) g = percepatan gravitasi (m <sup>2</sup> /dt)



No.	Deskripsi	Rumus	Keterangan
6.	<i>Headloss</i> melalui <i>screen</i> ( $H_{f_{screen}}$ )	$H_{f_{screen}} = \beta \left( \frac{v_{air}^2 - v_{screen}^2}{2g} \right)$	$\beta$ = faktor bentuk kisi V air = kecepatan sebelum melalui <i>screen</i> V screen = kecepatan setelah melalui <i>screen</i> g = percepatan gravitasi ( $m^2/dt$ )
7.	<i>Mayor losses</i> dalam pipa menurut Hazen-William ( $H_f$ )	$H_f = \left( \frac{L \times Q}{0,2785 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85}$	$H_f$ = <i>major losses</i> (m) L = panjang pipa (m) Q = debit (L/dt) D = diameter pipa (cm) C = koefisien kekasaran pipa (C = 130 untuk pipa baru)
8.	Luas penampang pipa (A)	$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$	D = diameter pipa (m)
9.	Diameter pipa inlet	$D = \left( \frac{4 \times A}{\pi} \right)^{0,5}$	D = diameter pipa (m) A = luas penampang ( $m^2$ )
10.	Jumlah kisi pada <i>bar screen</i>	$D = n \times d \times (n+1) \times r$	n = jumlah kisi d = lebar batang kisi (m) r = jarak antarkisi (m) D = lebar <i>screen</i> (m)
11.	<i>Headlosses minor</i> ( $H_m$ )	$H_m = K \times \frac{v^2}{2g}$	$H_m$ = <i>minor losses</i> (m) k = koefisien kehilangan energi v = kecepatan (m/s) g = percepatan gravitasi ( $m^2/s$ )

**Tabel 2. 3.** Faktor *minor losses bar*

Bentuk Bar	Nilai
<i>Shape edge rectangular</i>	2,42
<i>Rectangular with semi circular up</i>	1,83
<i>Circular</i>	1,79
<i>Rectangular with ssemi circular up stream and down stream face</i>	1,67
<i>Tear shape</i>	0,76

Sumber: Syed R. Qasim (2000)

**Tabel 2. 4.** Nilai koefisien kekasaran pipa *Hazen Williams*

Jenis pipa	Nilai
<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. 5.** Nilai K untuk kehilangan energi

<i>Valve, Fittings, and Specials</i>	<b>K value</b>
<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>Reducer (14 in) 35,5 cm</i>	0,25
<i>Check valve (20 in) 51 cm</i>	2,5
<i>90° elbow (20 in) 51 cm</i>	0,3
<i>Gate valve (20 in) 51 cm</i>	0,19
<i>Tee (20 in x 20 in) 50 cm x 50 cm</i>	1,8

Sumber: Qasim (2000) dalam *Water Works Engineering Planning, Design, and Operation* hal. 203

## 2.6.2. Screening

### 2.6.6.1. Gambaran Umum

*Screening* atau biasa disebut dengan *bar screen* digunakan dalam pengolahan air baik air bersih maupun air limbah untuk menghilangkan padatan kasar berupa potongan-potongan kayu, bahan-bahan dari plastik, kain, dan lain sebagainya yang berukuran  $> 0,5 - 1$  cm agar tidak mengganggu proses pengolahan pada bangunan pengolahan air selanjutnya (Metcalf & Eddy, 2003). 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 berikutnya; (2) mengurangi kinerja dan efektivitas unit dan proses pengolahan secara keseluruhan; dan (3) mencemari saluran air.

### 2.6.6.2. Jenis-Jenis Bangunan *Screening*

Adapun jenis dari *bar screen* adalah *fine screen* (saringan halus) dan *coarse screen* (saringan kasar). Sedangkan menurut mekanisme operasinya terdapat 2 jenis *bar screen* yaitu dengan pembersihan manual dan mekanik (Reynolds & Richards, 1995).

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  $30^{\circ} - 45^{\circ}$  dari horizontal (Metcalf & Eddy, 2003). Tebal batang biasanya 5-15 mm dengan jarak antar batang 25 hingga 50 mm yang diatur sedemikian rupa sehingga lolos untuk parameter/limbah yang diinginkan. *Bar screen* dirancang dan dihitung menggunakan debit pada aliran puncak (Qasim, 1985).

### 2.6.6.3. Rumus Perhitungan

Adapun rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung *screen* pada bangunan pengolahan air adalah sebagai berikut.

- Jumlah Batang Kisi ( $n$ )

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

Keterangan:

$ws$  = lebar saluran (m)

$n$  = jumlah batang

$r$  = jarak antar kisi (m)

$d$  = lebar kisi/bar (m)

- lebar bukaan screen ( $wc$ )

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

Keterangan:

$wc$  = lebar bukaan screen

$n$  = jumlah batang

$d$  = lebar kisi/bar (m)

- Tinggi Kisi ( $\gamma$ )

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

Keterangan:

H = kedalaman/ketinggian kisi

- Panjang Kisi (P)

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

Keterangan:

$\alpha$  = kemiringan kisi

$\gamma$  = tinggi kisi (m)

- Jarak Kemiringan Kisi (x)

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

Keterangan:

$\alpha$  = kemiringan kisi

P = panjang kisi (m)

- Kecepatan Melalui Kisi ( $V_i$ )

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

Q = debit inlet air limbah

wc = lebar bukaan screen

h = tinggi muka air

- Headloss pada *Bar Screen*

- Saat *non-clogging*

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

- Saat *clogging*

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

Adapun kriteria perencanaan untuk mendesain *screen* dengan pembersihan secara manual maupun mekanik baik *coarse screen* maupun *fine screen* terlihat pada tabel 2.6, 2.7, dan 2.8.

**Tabel 2. 6.** Kriteria perencanaan saringan kasar

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

Sumber: Metcalf & Eddy WWET, and Reuse 4<sup>th</sup> edition, 2003

**Tabel 2. 7.** Persen removal saringan halus

Jenis screen	Luas permukaan		Persen removal	
	inch	mm	BOD (%)	TSS (%)
<i>Fixed parabolic</i>	0,0625	1,6	5 – 20	5 – 30
<i>Rotary drum</i>	0,01	0,25	25 – 50	25 – 45

**Tabel 2. 8.** Klasifikasi *fine screen*

Jenis	Permukaan <i>screen</i>			Bahan <i>screen</i>	Penggunaan
	Klasifikasi Ukuran	Range Ukuran			
		inch	mm		
Miring (Diam)	Sedang	0,01 - 0,1	0,25-2,5	Ayakan kawat yang terbuatdari stainless-steel	Pengolahan Primer
Drum (berputar)	Kasar	0,1 - 0,2	2,5 – 5	Ayakan kawat yang terbuatdari stainless-steel.	Pengolahan Pendahuluan
	Sedang	0,01 - 0,1	0,25-2,5	Ayakan kawat yang terbuatdari stainless-steel.	Pengolahan Primer

	Halus		6 -35 $\mu$ m	Stainless-steel dan kainpolyester	Meremoval residual dari suspended solid sekunder
<i>Horizontal Reciprocating</i>	Sedang	0,06-0,17	1,6-4	Batangan Stainless-steel	Gabungan dengan saluran air hujan
Tangensial	Halus	0,0475	1200 $\mu$ m	Jala-jala yang terbuat dari stainless steel	Gabungan dengan saluran pembawa

Sumber: Metcalf & Eddy WWET, and Reuse 4<sup>th</sup> edition, 2003

### 2.6.3. Sumur Pengumpul

#### 2.6.3.1. Gambaran Umum

Sumur pengumpul bertujuan untuk menampung air sementara dan padatan kasar yang mudah mengendap dan terdapat pada aliran air seperti pasir (Metcalf & Eddy et al., 2007). Selain bertujuan untuk menampung air, bak pengumpul juga berfungsi untuk mengontrol fluktuasi dari aliran air yang akan diolah agar memberikan kondisi aliran yang stabil pada proses pengolahan selanjutnya. Cara kerja bak pengumpul ini adalah ketika air yang keluar dari proses produksi, maka selanjutnya air dialirkan menuju bak pengumpul. Pada bak pengumpul debit air diatur agar dapat memenuhi kriteria perencanaan pada unit bangunan selanjutnya.

#### 2.6.3.2. Rumus Perhitungan

Rumus yang digunakan pada unit ini adalah sebagai berikut:

1. Volume sumur (V)

$$V = Q \times t_d$$

Keterangan:

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

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

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

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

3. Freeboard (Fb)

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

4. H total

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

Keterangan:

Fb = freeboard

5. Luas penampang sumur (A)

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

6. Dimensi sumur pengumpul

Bak berbentuk persegi maka,  $L = W$

$$A = L \times W$$

Keterangan:

A = luas bak

L = panjang bak

W = lebar bak

#### 2.6.4. Aerasi

##### 2.6.4.1. Gambaran Umum

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

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

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

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

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

Oksigen yang berada di udara, melalui proses aerasi ini akan selanjutnya akan bereaksi dengan senyawa ferus dan manganous terlarut merubah menjadi ferri (Fe) dan manganic oxide hydrate yang tidak bisa larut. Setelah itu dilanjutkan dengan pengendapan (sedimentasi) atau penyaringan (filtrasi). Perlu dicatat bahwa oksidasi terhadap senyawa besi dan mangan di dalam air yang kecil (waterfall) aerators/aerator air terjun). Atau dengan mencampur air dengan gelembung gelembung udara (bubble aerator). Dengan kedua cara tersebut jumlah oxygen pada air bisa dinaikan 60 – 80% (dari jumlah oksigen yang tertinggi, yaitu air yang mengandung oksigen sampai jenuh) pada aerator air terjun (*waterfall aerator*) cukup besar bisa menghilangkan gas-gas yang terdapat dalam air.

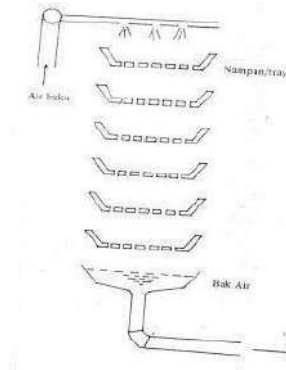
#### **2.6.4.2. Jenis-Jenis Aerasi**

Penurunan carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) oleh waterfall aerators cukup berarti, tetapi tidak memadai apabila dari yang sangat corrosive. Pengolahan selanjutnya seperti pembubuhan kapur atau dengan saringan marmar atau dolomite yang dibakar masih dibutuhkan. Jenis-Jenis Metode Aerasi, antara lain:

- a. *Waterfall aerator* (aerator air terjun).



Pengolahan air aerasi dengan metoda Waterfall/Multiple aerator seperti pada gambar, susunannya sangat sederhana dan tidak mahal serta memerlukan ruang yang kecil.

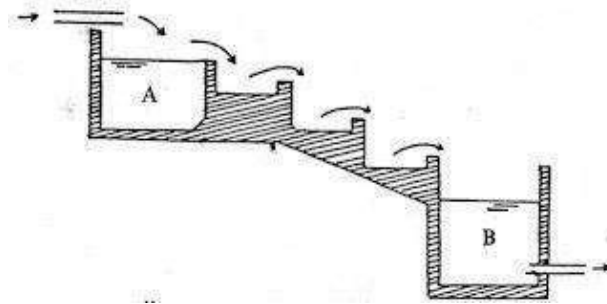


**Gambar 2. 9** *Multiple Tray Aerator*

Jenis aerator terdiri atas 4-8 tray dengan dasarnya penuh lobanglobang 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 paralel.

b. *Cascade Aerator*

Pada dasarnya aerator ini terdiri atas 4-6 step/tangga, setiap step kira- kira ketinggian 30 cm dengan kapasitas kira-kira ketebalan 0,01 m<sup>3</sup>/det per meter<sup>2</sup>. Untuk menghilangkan gerak putaran (*turbulence*) guna menaikkan efisiensi aerasi, hambatan sering di tepi peralatan pada setiap step. Dibanding dengan *tray aerators*, ruang yang diperlukan bagi cascade aerators agak lebih besar tetapi total kehilangan tekanan lebih rendah. Keuntungan lain adalah tidak diperlukan pemeliharaan.



**Gambar 2. 11** *Cascade Aerator*

Keterangan:

A = Air baku

B = Air sudah diaerasi

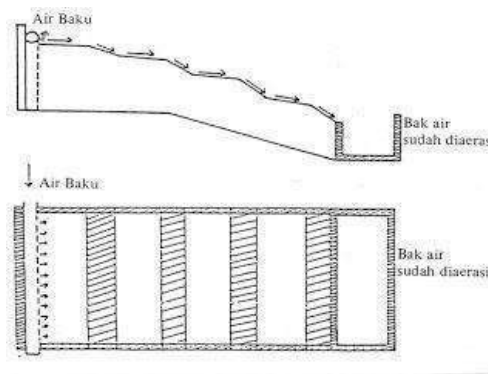
C = Inlet

D = Lubang pembersih

E = Outlet

c. *Submerged Cascade Aerator*

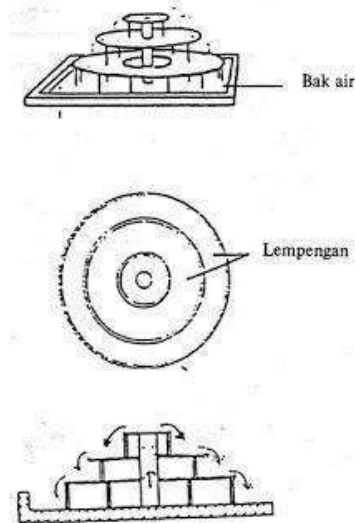
Aerasi tangga aerator seperti pada gambar di bawah ini penangkapan udaranya terjadi pada saat air terjun dari lempengan lempengan trap yang membawanya. Oksigen kemudian dipindahkan dari gelembung- gelembung udara kedalam air . Total ketinggian jatuh kira-kira 1,5 m dibagi dalam 3-5 step. Kapasitas bervariasi antara 0,005 dan 05 m<sup>3</sup> /det per meter luas.



**Gambar 2. 12** Aerasi Tangga Aerator

d. *Multiple Platform Aerator*

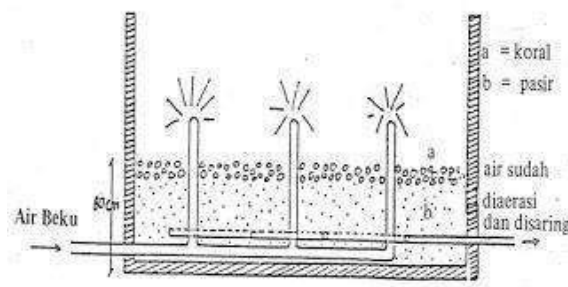
Memakai prinsip yang sama, lempengan-lempengan untuk menjatuhkan air guna mendapatkan kontak secara penuh udara terhadap air.



**Gambar 2. 13** *Multiple Platform Aerator*

e. *Spray Aerator*

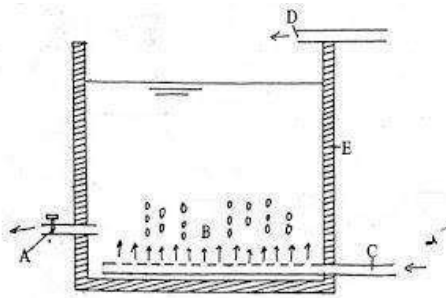
Terdiri atas nosel penyemprot yang tidak bergerak (Stationary nozzles) dihubungkan dengan kisi lempengan yang mana air disemprotkan ke udara di sekeliling pada kecepatan 5-7 m /detik. Spray aerator sederhana diperlihatkan pada gambar, dengan pengeluaran air ke arah bawah melalui batang-batang pendek 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 nosel yang dapat berputar-putar



**Gambar 2. 14** *Spray Aerator*

f. Aerator Gelembung Udara (Bubble aerator)

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



**Gambar 2.11** Bubble Aerator

Keterangan :

A = Outlet

B = Gelembung udara

C = Pipa berlubang buat udara

D = Inlet air baku

E = Bak air

g. *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 di atas *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 dimana 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:

**Tabel 2. 9** Desain dan Karakteristik Operasional Aerator

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
Aerator Gravitasi:		
<i>Cascade</i>	20-45% CO <sub>2</sub>	Tinggi 1-3 m Luas: 85-105 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> .det Kecepatan aliran: 0,3 m/det
<i>Packing Tower</i>	> 95% VOC > 90% CO <sub>2</sub>	Diameter kolom maksimum: 3 m Beban Hidrolik: 2000 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari
<i>Tray</i>	> 90% CO <sub>2</sub>	Kecepatan 0,8-1,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .menit Kebutuhan udara: 7,5 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> air

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
Spray Aerator	70-90% CO <sub>2</sub> 25-40 H <sub>2</sub> S	Jarak rak (tray): 30-75 cm Luas: 50-160 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> .det Tinggi 1,2-9 m Diameter nozzle: 2,5-4 cm jarak nozzle: 0,6-3,6 m Debit nozzle: 5-10 l/det
<i>Aerator Berdifusi</i>	80% VOCs	Luas Bak: 105-320 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> .det tekanan semprotan: 70 kPa waktu detensi: 10-30 menit Udara: 0,7-1,1 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> air tangka kedalaman: 2,7-4,5 Lebar: 3-9 m Lebar/kedalaman < 2 Volume maksimum: 150 m <sup>3</sup> Diameter lubang diffuser: 2-5 mm
<i>Aerator Mekanik</i>	70-90% CO <sub>2</sub> 25-40 H <sub>2</sub> S	waktu detensi: 10-30 menit kedalaman tangki: 2-4 m

### 2.6.4.3. Rumus Perhitungan

Berikut rumus-rumus yang diperlukan dalam perhitungan diffuser:

1. Debit tiap bak

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

2. Volume bak aerasi

$$V = Q \times t_d$$

Keterangan:

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

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

3. Dimensi bak aerasi

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

Mencari panjang dan lebar bak

$$A = P \times L$$

$$P = 2 \times L$$

Keterangan:

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

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

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

4. Luas tiap plate disk

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

Keterangan:

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

5. Jumlah plate yang dibutuhkan

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

6. Jarak antar disk/plate

Jarak horizontal antar disk (Sh)

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

Jarak vertical antar disk (Sv)

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

7. Pipa inlet dan outlet

Inlet

$$Q = A \times v$$

Outlet

$$Q = A \times v$$

Keterangan:

Q = debit air

A = luas bak

v = kecepatan aliran pipa

8. Perhitungan kebutuhan oksigen ( $O_2$ )

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

9. Perhitungan blower

$$P_w = wRT1/(550 ne) [(P_2/P_1)^{n-1}]$$

## 2.6.5. Koagulasi

### 2.6.5.1. Gambaran Umum

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

Pada proses koagulasi terjadi destabilisasi koloid dan partikel dalam air sebagai akibat dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia (disebut koagulan). Akibat pengadukan cepat, koloid dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan melalui proses penguraian koagulan. Proses ini dilanjutkan dengan pembentukan ikatan antara ion positif dari koagulan (misal  $Al^{3+}$ ) dengan ion negatif dari partikel (misal  $OH^-$ ) dan antara ion positif dari partikel (misal  $Ca^{2+}$ ) dengan ion negatif dari



koagulan (misal  $\text{SO}_4^{2-}$ ) yang menyebabkan pembentukan inti flok (presipitat) (Ali Masduqi dan Abdu F. Assomadi, 2012)

Pemilihan koagulan dan konsentrasinya dapat ditentukan berdasarkan studi laboratorium menggunakan *jar test apparatus* untuk mendapatkan kondisi optimum (Ali Masduqi dan Abdu F. Assomadi, 2012).



**Gambar 2. 15** Peralatan Jar Test

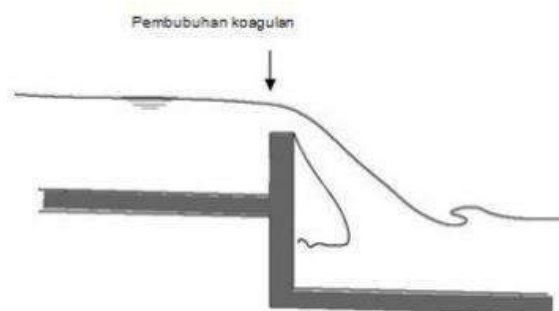
#### 2.6.5.2. Jenis-Jenis Koagulan dan Pengadukan Cepat

Pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu:

##### 1. Pengadukan mekanis

Pengadukan mekanis dengan tujuan pengadukan cepat umumnya dilakukan dalam waktu singkat dalam satu bak. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan, yaitu G dan td.

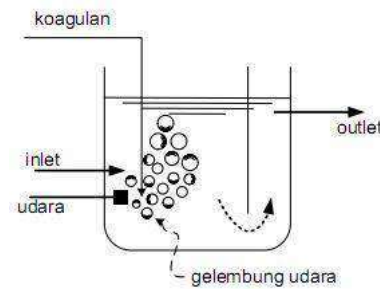
##### 2. Pengadukan hidrolis



**Gambar 2. 16** Pengadukan Cepat dengan Terjunan

##### 3. 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 (Gambar 2.16). 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. 17** Pengadukan Cepat Secara Pneumatis

Sumber: Masduqi & Assomadi (2012)

Koagulan yang banyak digunakan dalam pengolahan air minum adalah aluminium sulfat atau garam-garam besi. Terkadang koagulan-pembantu, seperti polielektrolit dibutuhkan untuk memproduksi flok yang lebih besar agar padatan tersuspensi lebih cepat mengendap. Faktor utama yang mempengaruhi proses koagulasi-flokulasi air adalah kekeruhan, padatan tersuspensi, temperatur, pH, komposisi dan konsentrasi kation dan anion, durasi dan tingkat agitasi selama koagulasi dan flokulasi, dosis koagulan, dan jika diperlukan, koagulan-pembantu. Beberapa jenis koagulan beserta sifatnya dapat dilihat pada Tabel 2.10.

**Tabel 2. 10** Jenis Koagulan dalam Proses Pengolahan Air

Nama Kimia	Nama Lain	Rumus Kimia	Berat Molekul	Wujud	Densitas Bulk (kg/m <sup>3</sup> )	Spesific Gravity	Keluturan dalam air	Kadar Kimia (%w/w)	Kadar Air (% w/w)	pH Larutan
Aluminium Sulfat	Alum	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> · 14, 3 H <sub>2</sub> O	599,77	Putih ter-ang Padat	1000-1096	1,25-1,36	Sekitar 872	Al :9,0-9,3	-	Sekitar 3,5

Nama Kimia	Nama Lain	Rumus Kimia	Berat Molekul	Wujud	Densitas Bulk (kg/m <sup>3</sup> )	Specific Gravity	Kelarutan dalam air	Kadar Kimia (%w/w)	Kadar Air (% w/w)	pH Larutan
	Alum Cair	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> . 49, 6 H <sub>2</sub> O	1235,71	Putih atau terang abu – abu Kekuningan Cair	-	1,30-1,34	Sangat larut	Al :4,0-4,5	71,2-74,5	
Ferri Klorida	Besi (III) klorida Besi Triklorida	FeCl <sub>3</sub>	162,21	Hijau-hitam Bubuk	721-962	-	Sekitar 719	Fe :Kira-kira 34	-	
	Ferri klorin cair	FeCl <sub>3</sub> . 6 H <sub>2</sub> O FeCl <sub>3</sub> . 13,1 H <sub>2</sub> O	270,30 398,21	Kuning-coklat Bongkahan	962-1026 -	- 1,20-1,48	Sekitar 814 Sangat larut	Fe :20,3-21,0 Fe : 12,7-14,5	- 56,5-62,0	0,1-1,5
Ferri Sulfat	Besi (III) sulfat Besi Persulfat	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> . 9H <sub>2</sub> O	562,02	Coklat-kemerahan Cair	1122-1154	-	-	Fe : 17,9-18,7	56,5-64,0	
	Ferri sulfat cair	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> . 36,9H <sub>2</sub> O	1064,64	Merah-Coklat Bubuk	-	1,40-1,57	Sangat larut	Fe : 10,1-12,0		0,1-1,5
Ferro Sulfat	Cop-peras	FeSO <sub>4</sub> .7 H <sub>2</sub> O	278,02	Hijau Bongkahan Kristal	1010-1058	-	-	Fe :Sekitar 20	-	

Sumber: Qasim (1985)

### 2.6.5.3. Rumus Perhitungan

Tujuan pengadukan cepat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan turbulensi air sehingga dapat mendispersikan bahan kimia yang akan dilarutkan dalam air. Secara umum, pengadukan cepat adalah pengadukan yang dilakukan pada gradien kecepatan besar (300 sampai 1000 detik<sup>-1</sup>) selama 5 hingga 60 detik atau nilai *Gtd* (bilangan Champ) berkisar 300 hingga 1700. Secara spesifik, nilai *G* dan *td* bergantung pada maksud atau sasaran pengadukan cepat (Ali Masduqi dan Abdu F. Assomadi, 2012)

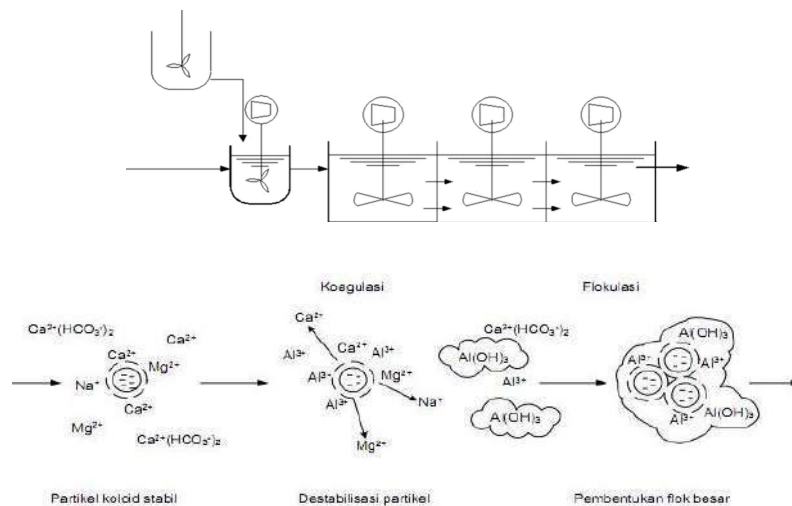
1. Untuk proses koagulasi-flokulasi :
  - Waktu detensi = 20 - 60 detik
  - $G = 1000 - 700 \text{ detik}^{-1}$
2. Untuk penurunan kesadahan (pelarutan kapur/soda) :

- Waktu detensi = 20 - 60 detik
  - $G = 1000 - 700 \text{ detik}^{-1}$
3. Untuk presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain):
- Waktu detensi = 0,5 - 6 menit
  - $G = 1000 - 700 \text{ detik}^{-1}$

## 2.6.6. Flokulasi

### 2.6.6.1. Gambaran Umum

Sejara inti flokter bentuk, proses selanjutnya adalah proses flokulasi, yaitu penggabungan inti flok menjadi flok berukuran lebih besar yang memungkinkan partikel dapat mengendap. Penggabungan flok kecil menjadi flok besar terjadi karena adanya tumbukan antar flok. Tumbukan ini terjadi akibat adanya pengadukan lambat. Proses koagulasi-flokulasi dapat digambarkan secara skematik pada Gambar 2.17.



**Gambar 2. 18** Gambaran Proses Koagulasi-Flokulasi  
Sumber: Masduqi & Assomadi (2012)

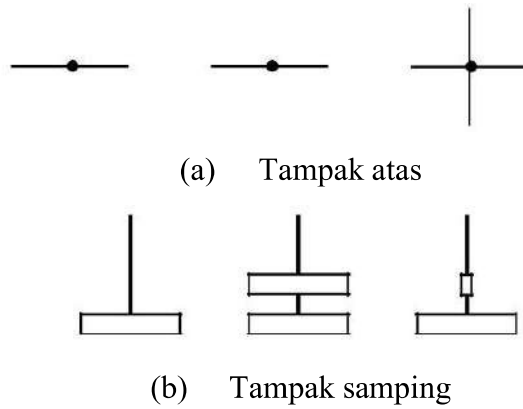
### 2.6.6.2. Jenis-Jenis Flokulasi

Pengadukan lambat dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain:

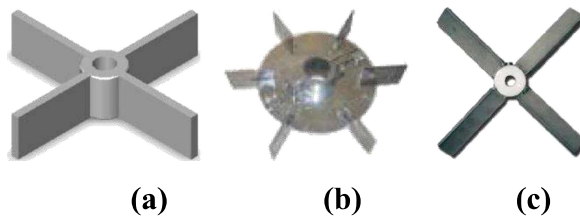
#### 1. Pengadukan mekanis

Pengadukan mekanis adalah metode pengadukan menggunakan peralatan mekanis yang terdiri atas motor, poros pengaduk (*shaft*), dan alat pengaduk (*impeller*). Peralatan tersebut digerakkan dengan motor

bertenaga listrik. Berdasarkan bentuknya, ada tiga macam *impeller*, yaitu *paddle* (pedal), *turbine*, dan *propeller* (balong-balong). Bentuk ketiga *impeller* tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



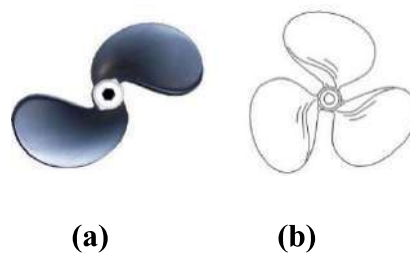
**Gambar 2. 19** Tipe *Paddle*  
Sumber: Qasim (1985)



**Gambar 2. 20** Tipe *Turbine*

(a) *turbine blade* lurus, (b) *turbine blade* dengan piringan, (c) turbin dengan *blade* menyerong

Sumber: Qasim (1985)



(a) *propeller 2 blade*, (b) *propeller 3 blade*

Sumber: Qasim (1985)

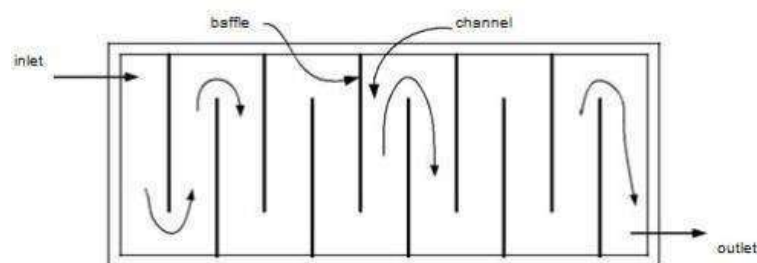
Pengadukan mekanis dengan tujuan pengadukan lambat umumnya memerlukan tiga kompartemen dengan ketentuan  $G$  di kompartemen I lebih besar daripada  $G$  di kompartemen II dan  $G$  di kompartemen III adalah yang paling kecil. Pengadukan mekanis yang umum digunakan untuk pengadukan lambat adalah tipe *paddle* yang dimodifikasi hingga membentuk roda (*paddle wheel*), baik dengan posisi horizontal maupun vertikal.

## 2. Pengadukan hidrolis

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, loncatan hidrolik, dan *parshall flume*.

Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada 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 2.9), *perforated wall*, *gravel bed*, dan sebagainya (Masduqi dan Assomadi, 2012).



**Gambar 2. 22** *Baffle Channel*

### 2.6.6.3. Rumus Perhitungan

Tujuan pengadukan lambat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan gerakan air secara perlahan sehingga terjadi kontak antar partikel untuk membentuk gabungan partikel hingga berukuran besar. Pengadukan lambat adalah pengadukan yang dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik<sup>-1</sup>) selama 10 hingga 60 menit atau nilai *Gt*<sub>d</sub> (bilangan Champ) berkisar 48000 hingga 210000. Untuk menghasilkan flok yang baik, gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak pecah lagi dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar. Secara spesifik, nilai G dan waktu detensi untuk proses flokulasi adalah sebagai berikut (Masduqi dan Assomadi, 2012).

1. Untuk air sungai
  - G = 10 - 50 detik<sup>-1</sup>
2. Untuk air waduk
  - Waktu = 30 menit
  - G = 10<sup>-7</sup>
  - 5 detik<sup>-1</sup>
3. Untuk air keruh
  - Waktu dan G lebih rendah
4. Bila menggunakan gram besi sebagai kaogulan
  - G tidak lebih dari 50 detik<sup>-1</sup>
5. Untuk flokulator 3 kompartemen
  - G kompartemen 1 : nilai terbesar
  - G kompartemen 2 : 40 % dari G kompartemen 1
  - G kompartemen 3 : nilai terkecil
6. Untuk penurunan kesadahan (pelarutan kapur dan soda)
  - Waktu detensi = minimum 30 menit
  - G = 10 - 50 detik<sup>-1</sup>
7. Untuk presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)
  - Waktu detensi = 15 - 30 menit

- G = 20 - 75 detik-1
- GTd = 10.000 - 100.000

## 2.6.7. Sedimentasi

### 2.6.7.1. Gambaran Umum

Bak sedimentasi adalah bak yang digunakan untuk proses pengendapan (sedimentasi) partikel flokulen dalam suspensi, dengan pengendapan yang terjadi akibat interaksi antar partikel. Selama operasi pengendapan, ukuran partikel flokulen bertambah besar, sehingga kecepatannya juga meningkat. Sebagai contoh ialah pengendapan koagulasi-flokulasi (Masduqi dan Assomadi, 2012). Bak pengendap pertama pada umumnya mampu menyisihkan 50-70% dari *suspended solid* tanpa bantuan bahan kimia, 80-90% penyisihan TSS dengan bantuan bahan kimia dan 25-40% BOD. Adapun efisiensi kemampuan penyisihan TSS dan BOD pada bak sedimentasi I dipengaruhi oleh: 1. Aliran angin. 2. Suhu udara permukaan. 3. Dingin atau hangatnya air yang menyebabkan perubahan kekentalan air. 4. Suhu terstratifikasi dari iklim. 5. Bilangan *eddy*.

### 2.6.7.2. Jenis-Jenis Bangunan Sedimentasi

Jenis-jenis bak sedimentasi ada beberapa jenis yaitu sebagai berikut.

#### 1) Bentuk persegi (*Rectangular*)

Distribusi aliran pada bak persegi ini sangat kritis, salah satu inlet didesain untuk (Metcalf & Eddy, 2004): a. Lebar saluran *inlet* dengan *inlet* limpahan, b. Saluran *inlet* dengan *port* dan *orifice*, c. Saluran *inlet* dengan lebar bukaan dan *slotted baffles*.

#### 2) Bentuk lingkaran (*Circular*)

Pada tangki *circular* pola aliran adalah berbentuk aliran radial. Pada tengah-tengah tangki, air limbah masuk dari sebuah sumur lingkaran yang didesain untuk mendistribusikan aliran ke semua bangunan ini. Diameter dari tengah-tengah sumur biasanya antara 15-20% dari diameter total tangki dan range dari 1-2,5 meter dan harus mempunyai energi tangensial (Metcalf & Eddy, 2004).



### 2.6.7.3. Rumus Perhitungan

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

- Luas permukaan (A)

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

Keterangan:

Q = Debit air limbah (m<sup>3</sup>/hari)

OR = Overflow rate/hari (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari)

- Kecepatan pengendapan (v<sub>p</sub> dan d<sub>p</sub>)

$$V_p = \frac{g (sg_p - 1) d_p^2}{18\nu}$$

$$d_p = \sqrt{\frac{V_s \times 18 \times \nu}{g (sg - 1)}}$$

- Bilangan Reynold (NRe)

$$NRe = \frac{\rho s \times d_p \times v_s}{\mu} = \frac{V_s d}{\nu} = \frac{V_s d_p}{\mu}$$

Keterangan:

r = viskositas kinematic

μ = viskositas dinamik

ρ = massa jenis

- *Flowrate* Sedimentasi (V<sub>h</sub>)

$$V_h = \frac{Q}{\pi \times D \times H} \text{ (Untuk sirkular)}$$

Keterangan:

Q = debit air yang masuk/hari

D = diameter bak pengendap

H = ketinggian bak pengendap

- Kecepatan pengendapan (V<sub>s</sub>)

$$V_s = \frac{H}{t_d}$$

Keterangan:

H = kedalaman (m)

T<sub>d</sub> = waktu tinggal/detensi (detik)

Kriteria - kriteria yang diperlukan untuk menentukan ukuran bak sedimentasi adalah: *surface loading rate* (beban permukaan), kedalaman bak, dan waktu tinggal. Nilai waktu tinggal merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi bak dengan kecepatan seragam yang sama dengan aliran rata-rata per hari (Metcalf & Eddy, 2003). Adapun kriteria perencanaan untuk bangunan bak pengendap awal terlihat pada tabel 2.11.

**Tabel 2. 11.** Kriteria Perencanaan Unit Sedimentasi

No.	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Sumber
1	Kedalaman air minimal	H	3 – 4,9	m	Metcalf & Eddy 4 <sup>th</sup> Edition, 2003 Hal 398
2	Diameter	D	3 – 60	m	
3	Slope Dasar	Slope	1/16 – 1/6	mm/m diameter	
4	<i>Flight Speed</i>	-	0,02 – 0,05	m/menit	
5.	Waktu Tinggal	Td	3-5	jam	
6.	<i>Overflow Rate</i> Rata-rata Puncak	-	30-50 80-120	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	
7.	<i>Weir Loading</i>	-	125-500	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	
8.	Diameter <i>inlet well</i>	D	15-20	% (Diameter Bak)	Metcalf & Eddy 4 <sup>th</sup> Edition, 2003
9.	Kecepatan Aliran Menuju <i>inlet well</i>	V	0,3-0,75	m/s	Hal 401
10.	Konsentrasi Solid	-	4-12	%	Metcalf & Eddy 4 <sup>th</sup> Edition, 2003 Hal 398
11.	Suhu	T	30	°C	Metcalf & Eddy 4 <sup>th</sup> Edition, 2003 Hal 1742
12.	Viskositas Kinematis	V	0,8x10 <sup>6</sup>	m <sup>2</sup> /s	
13.	Viskositas Absolut	μ	0,798x10 <sup>-3</sup>	m <sup>2</sup> /s	
14.	Massa Jenis Air (T=30°C)	ρ <sub>air</sub>	0,99568	g/cm <sup>3</sup>	

No.	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Sumber
15.	Bilangan Reynold (NRE)	NRE	<1 (Laminer)	-	Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996.  Hal 224
16.	<i>Spesific Gravity Solid (S<sub>i</sub>)</i>	S <sub>i</sub>	1,4	-	Metcalf & Eddy 4 <sup>th</sup> Edition., 2003  Hal 1456
17.	<i>Spesific Gravity Sludge (S<sub>g</sub>)</i>	S <sub>g</sub>	1,02	-	
18.	NRE untuk V <sub>h</sub>	NRE	<2000 (Laminer)	-	Razif, M. 1985.
19.	Nfr		10 <sup>5</sup>	-	Pengolahan Air Minum. Surabaya: Diktat TP-FTSP-ITS
20.	Koef. Kekasaran Aksesoris Pipa	K	Elbow = 1,1 Tee Lurus = 0,35 Tee Cabang = 1 <i>Gate Valve</i> = 0,2	-	

## 2.6.8. Filtrasi

### 2.6.8.1. Gambaran Umum

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

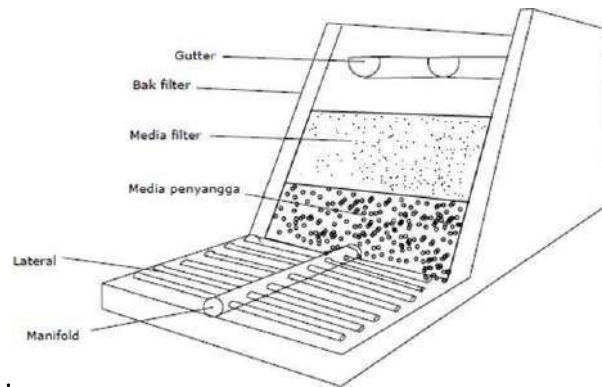
suatu proses di mana air dilewatkan pada pasir dan kombinasi kerikil-kerikil untuk mendapatkan hasil air yang lebih baik.

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

Beberapa faktor yang berkontribusi di dalam proses removal filter adalah:

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

Pada prosesnya, partikel tersuspensi yang ukurannya terlalu besar akan tetap tertahan di atas lapisan pasir. Namun jika ukuran partikel terlalu kecil (contohnya: partikel koloid dan bakteri) akan lebih sulit untuk dihilangkan karena akan lebih mudah lolos pada lapisan pasir ini. Pada lapisan kerikil, jarak di antara lapisan kerikil berfungsi sebagai area sedimentasi partikel tersuspensi. Namun dapat juga digunakan oleh partikel-partikel flok yang belum seratus persen terendapkan pada bak sedimentasi untuk mengendap pada lapisan kerikil ini. Pada gambar 2.21 dapat dilihat bagian-bagian filter



**Gambar 2. 24** Bagian-Bagian Filter  
 Sumber: Reynold and Richards (1996)

### 2.6.8.2. Jenis-Jenis Filtrasi

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

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

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

Media filter dapat tersusun dari pasir silika alami, anthrazit, atau pasir garnet. Media ini umumnya memiliki variasi dalam ukuran, bentuk dan komposisi kimia. Pemilihan media filter yang digunakan dilakukan dengan analisis ayakan. Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif dan keseragaman media yang diinginkan

*Effective Size (ES)* atau ukuran efektif media filter adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10% dari total kedalaman lapisan media filter atau 10 % dari fraksi berat, ini sering dinyatakan sebagai  $P_{10}$  (persentil 10).  $P_{10}$  yang dapat dihitung dari rasio ukuran rata – rata dan standar deviasi nya.

*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:

Singel media pasir:

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

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

Untuk dual media:

$$UC = 1,4 - 1,9$$

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

#### 1. Filter Pasir Cepat

Filter pasir cepat atau *rapid sand filter* adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 6 hingga 11 m/jam. Filter ini selalu didahului dengan proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan pada influen filter pasir cepat berkisar 5- 10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90-98% (Masduqi & Assomadi, 2012:171). Kriteria desain pasir cepat dapat dilihat pada tabel 2.7

**Tabel 2. 12** Kriteria Perencanaan Filter Pasir Cepat

No	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6 – 11	6 – 11
2	Pencucian: Sistem pencucian Kecepatan (m/jam) Lama pencucian (menit) Periode antara dua pencucian (jam) Ekspansi (%)	Tanpa/dengan blower & atau <i>surface wash</i> 36 – 50 10 – 15 18 – 24 30 – 50	Tanpa/dengan blower & atau <i>surface wash</i> 36 – 50 10 – 15 18 – 24 30 – 50
3	Dasar filter Lapisan penyangga dari atas ke bawah Kedalaman (mm) ukuran butir (mm) Kedalaman (mm) ukuran butir (mm) Kedalaman (mm) ukuran butir (mm) Kedalaman (mm) ukuran butir (mm) Filter Nozzle Lebar slot nozzle (mm) Prosentase luas slot nozzle terhadap luas filter (%)	80 – 100 2 – 5 80 – 100 5 – 10 80 – 100 10 – 15 80 – 150 15 – 30 < 0,5 > 4%	80 – 100 2 – 5 80 – 100 5 – 10 80 – 100 10 – 15 80 – 150 15 – 30 < 0,5 > 4%

(Sumber : SNI 6774-2008)

## 2. Filter Pasir Lambat

Filter pasir lambat atau slow sand filter adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi lambat yaitu sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Filter pasir lambat bekerja dengan cara pembentukan lapisan biofilm di beberapa milimeter bagian atas lapisan pasir halus yang disebut lapisan hypogeal atau *schmutzdecke*. Lapisan ini mengandung bakteri, fungi, protozoa, rotifera, dan larva serangga air. *Schmutzdecke* adalah lapisan yang

melakukan pemurnian efektif dalam pengolahan air. Selama air melewati schmutzdecke, partikel akan terperangkap dan organik terlarut akan teradsorpsi, diserap, dan dicerna oleh bakteri, fungi, dan protozoa (Masduqi & Assomadi, 2012:176). Kriteria perencanaan filter pasir lambat dapat dilihat pada tabel 2.8.

**Tabel 2. 13** Kriteria Perencanaan Pasir Lambat

<b>Kriteria</b>	<b>Nilai / Keterangan</b>
Kecepatan filtrasi	0,1 – 0,4 m/jam
Ukuran bed	Besar, 2000 m <sup>2</sup>
Kedalaman bed	30 cm kerikil, 90-110 cm pasir, berkurang 50-80 cm saat pencucian
Ukuran pasir	<i>Effective size</i> 0,25-0,3 mm, <i>uniformity coefficient</i> 2-3
Distribusi ukuran media	Tidak terstratifikasi
Sistem underdrain	Sama dengan filter cepat atau batu kasar dan beton berlubang sebagai saluran utama
Kehilangan energi	6 cm saat awal, hingga 120 cm saat akhir
Filter run	20 – 60 hari
Metode pembersihan	Mengambil lapisan pasir di permukaan dan mencucinya
Air untuk pembersihan	0,2 – 0,6% dari air tersaring
Pengolahan pendahuluan	Biasanya tidak ada bila kekeruhan kurang dari 50 NTU
Biaya konstruksi	Relatif rendah
Biaya operasi	Relatif rendah
Biaya depresiasi	Relatif rendah

(Sumber: Schulz & Okun (1984))

### 3. Filter Bertekanan



Filter bertekanan (*pressure filter*) pada dasarnya mempunyai prinsip yang sama dengan filter gravitasi (filter cepat dan filter lambat), yaitu air akan melewati media berbutir dan terjadi penyaringan secara fisik. Pada filter cepat dan filter lambat, aliran air melewati media berbutir hanya didorong oleh tekanan atmosfer atau sistem aliran terbuka. Pada filter bertekanan, diperlukan pendorong tekanan yang lebih besar. Oleh karena itu tangki dirancang dengan sistem tertutup dan menggunakan pompa untuk menambah tekanan dalam tangki.

Filter bertekanan terdiri atas tangki tertutup, media filter, media penyangga, dan sistem underdrain. Kriteria filter bertekanan terdapat pada tabel 2.9

**Tabel 2. 14** Kriteria Perencanaan Filter Betekanan

No	Unit	Nilai / Keterangan
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	12 – 33
2	Pencucian: Sistem pencucian	Tanpa atau dengan blower & atau <i>surface wash</i>
	Kecepatan (m/jam)	72 – 198
	Lama pencucian (menit)	-
	Periode antara dua pencucian (jam)	-
	Ekspansi (%)	30 – 50
3	Media pasir	
	Tebal (mm)	300 – 700
	Single media	600 – 700
	Media ganda	300 – 600
	Ukuran efektif, ES (mm)	-
	Koefisien keseragaman, UC	1,2 – 1,4
	Berat jenis (kg/L)	2,5 – 2,65
	Porositas	0,4
	Kadar SiO <sub>2</sub>	> 95%

No	Unit	Nilai / Keterangan
4	Media antransit	
	Tebal (mm)	400 – 500
	ES (mm)	1,2 – 1,8
	UC	1,5
	Berat jenis (kg/L)	1,35
	Porositas	0,5
5	Dasar filter	
	Filter Nozel	
	Lebar slot nozzle (mm)	< 0,5
	Prosentase luas slot nozzle terhadap luas filter (%)	> 4%

(Sumber: SNI 6774-2008)

#### 4. Hidrolika Pencucian (*Backwash*)

Setelah digunakan dalam kurun waktu tertentu, filter akan mengalami penyumbatan akibat tertahannya partikel halus dan koloid oleh media filter. Tersumbatnya media filter ditandai oleh:

- Penurunan kapasitas produksi
- Peningkatan kehilangan energi (*head loss*) yang diikuti oleh kenaikan muka air di atas media filter
- Penurunan kualitas produksi

Tujuan pencucian filter adalah melepaskan kotoran yang menempel pada media filter dengan aliran ke atas (*upflow*) hingga media terekspansi. Umumnya tinggi sebesar 15 sampai 35% (Droste, 1997). Lama pencucian sekitar 3 hingga 15 menit.

#### 2.6.8.3. Rumus Perhitungan

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

##### A. Bak Filtrasi

1. Debit saluran pembawa ( $Q_s$ )

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

2. Luas permukaan ( $A$ )

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

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

$$A = W \times L$$

$$L = 2 \times W$$

## B. Kehilangan Tekanan Media Filtrasi

### a. Antrasit, Pasir, dan Garnet

1. Nilai bilangan Reynold (Nre)

$$Nre = \frac{\text{shape factor}(\phi) \times \text{massa jenis}(\rho) \times \text{diameter}(d) \times \text{kec.filtrasi}(Va)}{\text{viskositas dinamik}(\mu)}$$

2. Koefisien drag (Cd)

$$Cd = \frac{24}{Nre} + \frac{3}{\sqrt{Nre}} + 0.34$$

3. Kehilangan tekanan (H<sub>1</sub>)

$$H_1 = \frac{1.067}{\phi} + \frac{d}{g} + \frac{(Va^2)}{(\epsilon^4)} + \frac{Cd}{d}$$

## C. Backwash

### a. Antrasit, Pasir, dan Garnet

1. Nilai bilangan Reynold (Nre)

$$Nre = \frac{\text{shape factor}(\phi) \times \text{massa jenis}(\rho) \times \text{diameter}(d) \times \text{kec.filtrasi}(Va)}{\text{viskositas dinamik}(\mu)}$$

2. Koefisien drag (Cd)

$$Cd = \frac{24}{Nre} + \frac{3}{\sqrt{Nre}} + 0.34$$

3. Kecepatan pengendapan partikel (Vs)

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

4. Kecepatan *backwash* (Vb)

$$Vb = Vs \times \epsilon^{4.5}$$

5. Debit *backwash* (Qb)

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

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

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

7. Tinggi ekspansi media (Le)

$$L_e = D \times \frac{(1-d)}{\left[1 - \frac{va^{0.22}}{Vs}\right]}$$

#### D. 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

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

### c. Orifice

1. Luas lubang orifice

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

2. Jumlah lubang orifice tiap bak filter

$$n = \frac{0.0025 \times \text{luas penampang bak filtrasi}}{\text{luas lubang orifice}}$$

3. Jumlah orifice tiap pipa lateral

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

## 2.6.9. Desinfeksi

### 2.6.9.1. Gambaran Umum

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

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

1. Menghilangkan bau
2. Mematikan alga
3. Mengoksidasi nitrit menjadi nitrat
4. Mengoksidasi ammonia menjadi senyawa 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. Temperature air
5. pH
6. Adanya senyawa lain dalam air

#### **2.6.9.2. Jenis-Jenis Desinfeksi**

Berikut adalah berbagai macam desinfeksi dengan metode yang berbeda-beda beserta penjelasannya.

##### **1. Desinfeksi dengan Ozon**

Ozon adalah zat pengoksidasi kuat sehingga dapat melakukan perusakan bakteri antara 600 – 3000 lebih kuat dari klorin. Penggunaannya tidak dipengaruhi oleh pH air, sedangkan klorin sangat bergantung pada pH air. Mekanisme produksi ozon adalah eksitasi dan percepatan electron yang tidak beraturan dalam medan listrik tinggi.  $O_2$  berarus bolak-balik melewati media arus listrik yang tinggi akan menghasilkan lompatan electron yang bergerak pada elektroda satu dan yang lain. Jika elektroda mencapai kecepatan cukup, maka akan menyebabkan molekul oksigen splitting ke bentuk atom oksigen radikal bebas. Atom-atom ini akan bergabung membentuk  $O_3$  (ozon).

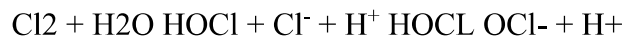
##### **2. Desinfeksi dengan UV**

Dapat terjadi dengan interaksi langsung menggunakan sinar UV dan tidak langsung menggunakan zat pengoksidasi. Biasanya sinar UV yang digunakan mampu mematikan semua mikroorganisme. Daerah yang berperan dalam efek garmicial adalah UV-AC, dengan panjang gelombang 280-220 nm.

##### **3. Desinfeksi dengan pembubuhan kimia**

Metode ini menggunakan bahan kimia yang dicampurkan daam air kemudia diberikan waktu yang cukup agar memberi kesempatan kepada zat untuk berkontak dengan bakteri. Desinfeksi air minum yang sering

dilakukan yaitu dengan memanfaatkan klorin. Reaksi yang terjadi pada pembubuhan klorin yaitu:



#### 4. 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.

Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih besar dari aerasi, dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik pada 8-8,3 oksidasi besi membutuhkan waktu 15-30 menit. Pada umumnya proses standar penurunan Fe dan Mn menggunakan koagulasi dengan alum, flokulasi, pengendapan, dan filtrasi dengan didahului proses preklorinasi. Dosis sisa klor yang dianjurkan 0,2-0,5 mg/l (Fatimah, et al., 2007).

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., 1978).

#### 2.6.9.3. Rumus Perhitungan

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

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

2. Debit air

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

3. Debit larutan

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

4. Volume bak

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

5. 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

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

### 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

$$\text{Tinggi impeller} = 1 \times D_i$$

Keterangan:

$D_i$  = diameter impeller

5. Debit penetasan

$$Q \text{ penetasan} = \frac{\text{volume}}{\text{waktu}}$$

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

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

Keterangan:

$Q$  = debit air

$D$  = diameter pipa

8. Dosing pump

$$\text{Dosing Pump} = \frac{\text{debit kaporit} \times \rho}{60}$$

## 2.6.10. Reservoir

### 2.6.10.1. Gambaran Umum

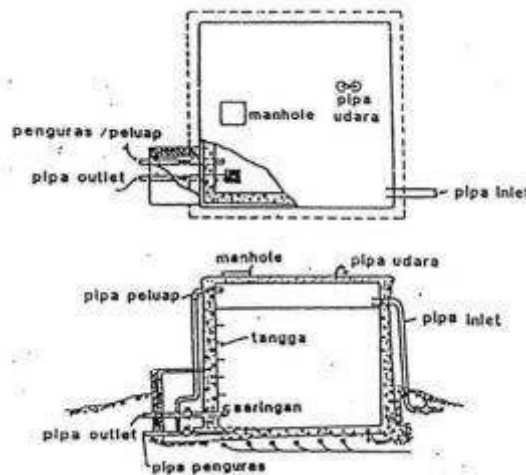
Reservoir adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya Reservoir ini diperlukan pada suatu system penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Reservoir mempunyai fungsi dan peranan tertentu yang diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan dengan baik. Fungsi utama dari Reservoir adalah untuk menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air. Seringkali untuk waktu yang bersamaan, debit produksi air bersih tidak dapat selalu sama

besarnya dengan debit pemakaian air. Pada saat jumlah produksi air bersih lebih besar daripada jumlah pemakaian air, maka kelebihan air tersebut untuk sementara disimpan dalam Reservoir, dan digunakan kembali untuk memenuhi kekurangan air pada saat jumlah produksi air bersih lebih kecil daripada jumlah pemakaian air.

### 2.6.10.2. Jenis-Jenis Reservoir

Berdasarkan tinggi relative Reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis Reservoir dapat dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Reservoir Permukaan (*Ground Reservoir*)



**Gambar 2. 25** Reservoir Permukaan

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

2. Reservoir Menara (*Elevated Reservoir*)

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



**Gambar 2. 26** Reservoir Menara

Sedangkan, berdasarkan bahan konstruksinya, maka jenis Reservoir dapat dibagi menjadi 4 yaitu :

1. Reservoir Tangki Baja

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



**Gambar 2. 27** Reservoir Tangki Baja

2. Reservoir Beton Cor

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



**Gambar 2. 28** Reservoir Beton Cor

### 3. Reservoar *Fiberglass*

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



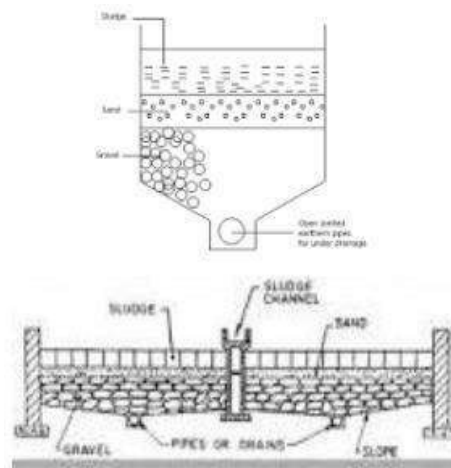
**Gambar 2. 29** Reservoar *Fiberglass*

#### 2.6.11. *Sludge Drying Bed (SDB)*

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

Saluran drainase memiliki persyaratan minimal kemiringan yaitu sekitar 1% (0,01 m/m) dengan jarak antar saluran drainase pada masing-masing partisi sekitar 2,5-6 m. Saluran drainase juga harus terlindung dari lumpur secara

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



(Sumber : Metcalf & Eddy, 2003)

**Gambar 2. 30** *Sludge Drying Bed*

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

Padatan pada sludge drying bed hanya dapat dikuras dari bangunan

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

## 2.7. 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. 15** Unit 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>rapid sand 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>. Halaman 224</li> </ul>
3	TDS	<ul style="list-style-type: none"> <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 233</li> </ul>

			- Droste, Ronald L, 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment</i> . Hal 224
4	BOD	- Prasedimentasi - Sedimentasi - Filtrasi ( <i>rapid sand filter</i> )	- Syed R. Qasim, <i>Wastewater Treatment Plants Design and Operation</i> hal. 263 - Metcalf and Eddy, <i>Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4<sup>th</sup></i> , Hal 497 - Syed R. Qasim, <i>Wastewater Treatment Plants Design and Operation</i>
<b>No</b>	<b>Parameter</b>	<b>Unit Pengolahan</b>	<b>Sumber</b>
5	Fe	- Aerasi - Filtrasi ( <i>rapid sand 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>rapid sand 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>rapid sand 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

## 2.8. Profil Hidrolis

Profil hidrolis digambarkan untuk mendapatkan tinggi muka air pada masing-masing unit instalasi. Profil ini menunjukkan adanya kehilangan tekanan (head loss) yang terjadi akibat pengaliran pada bangunan. Beda tinggi setiap unit instalasi 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. Hal yang perlu diperhatikan sebelum membuat profil hidrolis adalah memperhitungkan:

1. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan

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

- a. Kehilangan tekanan pada pintu
- b. Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang dan sebagainya harus dihitung secara khusus.

- c. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris

- d. Kehilangan tekanan pada perpipaan

Rumus yang digunakan :  $L \times S$

- e. Kehilangan tekanan pada aksesoris

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

- f. Kehilangan tekanan pada pompa



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

g. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok

Cara perhitungannya juga dengan bantuan monogram

2. Tinggi muka air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat terjadi kesalahan dalam menentukan elevasi (ketinggian) bangunan pengolahan, dalam pelaksanaan pembangunan sehingga akan dapat mempengaruhi pada proses pengolahan. Kehilangan tekanan bangunan (saluran terbuka dan tertutup) tinggi terjunan yang direncanakan (jika ada) akan berpengaruh pada perhitungan tinggi muka air. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara :

- a. Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir.
- b. Tambahkan kehilangan tekanan antara *clear well* dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di *clear well*.
- c. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum *clear well* demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama sesudah intake.

Jika tinggi muka air bangunan sesudah intake ini lebih tinggi dari tinggi muka air sumber maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air.