

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Baku

Air baku merupakan bahan dasar dalam proses pengolahan air minum yang diambil dari sumber-sumber yang memenuhi standart baku mutu. Sumber air yang bisa dipakai sebagai air baku 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 (Novita, 2013).

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

Adapun sumber air baku yang dapat di olah menjadi air minum sebagai berikut :

1. Air Tanah

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, 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, kahadiran zat beracun, temperature dan parameter lainnya. Air permukaan yang banyak digunakan untuk sumber air baku pengolahan

air minum yaitu air Sungai dan danai (Astono, 2011).

2.1.2 Pemilihan Sumber Air Baku

Menurut Droste (1997), dalam memilih sumber air baku harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

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

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

2.1.3 Persyaratan dalam Penyediaan Air Baku

1. Persyaratan Kualitas

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

- **Persyaratan fisik**

Secara fisik, air bersih harus jernih, tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, dan memiliki suhu sama dengan suhu udara atau kurang lebih $\pm 25^{\circ}\text{C}$.

- Persyaratan kimia

Air bersih tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas. Beberapa persyaratan antara lain adalah pH, total solid, zat organik, CO₂ agresif, kesadahan, kalsium (Ca), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), chlorida (Cl), nitrit, flourida (F), dan logam berat.

- Persyaratan biologis

Air bersih tidak boleh mengandung kuman patogen dan parasitik yang mengganggu kesehatan. Persyaratan biologis ditandai dengan tidak adanya bakteri *E. coli* dalam air.

- 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 Standar Kualitas Air Minum

Standar kualitas air minum di Indonesia diatur pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 2 Tahun 2023 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 12 diklasifikasikan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

1. 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.
2. 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.

3. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

4. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

2.3 Bangunan Pengolahan Air Minum

2.3.1 Intake dan Bar Screen

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

Persyaratan lokasi penempatan bangunan pengambilan (intake):

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

7. Pemilihan lokasi bangunan pengambilan harus memperhatikan karakteristik sumber air baku;
8. Konstruksi bangunan pengambilan direncanakan dengan umur pakai (lifetime) minimal 25 tahun;
9. Bahan/material konstruksi yang digunakan diusahakan menggunakan material lokal atau disesuaikan dengan kondisi daerah sekitar (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007).

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.

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.

- b. Canal Intake

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

- 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.

Selanjutnya pada bagian screen, kami menggunakan coarse screen. Screen sendiri bertujuan untuk menghilangkan sampah padat seperti kertas, plastik, atau kain yang dapat merusak dan menyumbat aliran air, pipa dan pompa. Pemilihan coarse screen dirasa sangat tepat karena dapat menghilangkan benda-benda berukuran besar dan mempunyai ukuran celah 6–150 mm mengingat berbagai ukuran sampah yang umumnya terdapat di sungai (Wahyudi & Abd. Wahid, 2016).

Rumus-rumus yang dipergunakan dalam perhitungan intake dapat dilakukan dengan rumusan sebagai berikut:

1. Mencari debit tiap intake

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

Keterangan :

Q = Debit (m³/s)

Σ pipa = jumlah pipa intake

2. Mencari luas penampang pipa intake

$$A = \frac{Q \text{ Pipa Intake}}{v}$$

Keterangan :

A = Luas penampang (m²)

Q = Debit (m³/s)

V = kecepatan (m/s)

3. Mencari diameter pipa inlet

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

Keterangan :

D = diameter pipa (m)

A luas penampang (m²)

4. Rumus umum kecepatan

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

Keterangan :

Q = debit (m³/s)

A = luas penampang (m²)

5. Head losess mayor sepanjang pipa

$$D = \left[\frac{Q}{0,2785 \times C \times D^{2,62}} \right]^{1,85} \times L$$

Keterangan :

Hf = Headloss mayor (m)

Q = debit (m³/s)

L = Panjang pipa (m)

C = Koefisien kekasaran pipa

D = diameter pipa (m)

Tabel 2. 1 Koefisien kekasaran pipa HDPE

PIPE DESCRIPTION	"C" VALUE
PolyPipe® HDPE	150
Very smooth and straight steel, glass	130-140
New cement-lined ductile iron	130
Smooth wood and wood stave	120
New riveted steel, cast iron	110
Old cast iron	95
Old pipes in bad condition	60-80
Small pipes, badly corroded	40-50

(Sumber : Tabel Koefesien kekerasan HDPE Institute, 2005)

6. Mencari head losses minor (Hm)

$$Hm = \frac{K \times V^2}{A}$$

Keterangan :

Hm = minor losses (m)

K = koefisien kehilangan energi

V = kecepatan (m/s)

g = percepatan gravitasi (m²/s)

Tabel 2. 2 Nilai K untuk kehilangan energi

Valve, Fittings, and Specials	K Value
Entrance, suction bell (32 in) 81 cm	0,004
90° elbow (24 in) 61 cm	0,3
Gate valve (24 in) 61 cm	0,19
Reducer (14 in) 35,5 cm	0,25
Check valve (20 in) 51 cm	2,5
90° elbow (20 in) 51 cm	0,3
Gate valve (20 in) 51 cm	0,19
Tee (20 in x 20 in) 50 cm x 50 cm	1,8

7. Mencari slope pipa

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

Keterangan :

S = slope pipa (m/m)

L = Panjang pipa (m)

Hf = Headloss pipa (m)

8. Jumlah kisi pada screen (n)

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

Keterangan :

n = jumlah kisi

d = lebar batang kisi (m)

r = jarak antar kisi (m)

D = lebar screen (m)

9. Mencari Velocity head (hv)

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

keterangan :

hv = velocity head (m)

v = kecepatan (m/s)

g = percepatan gravitasi (m²/s)

10. Headloss melalui screen (Hfscreen)

$$H_f = \left[\beta \left(\frac{w}{b} \right)^{\frac{4}{3}} \times V h \times \sin a \right]$$

Keterangan :

β = Koefisien minor losses (m)

w = lebar bar (cm)

b = jarak antar bar (cm)

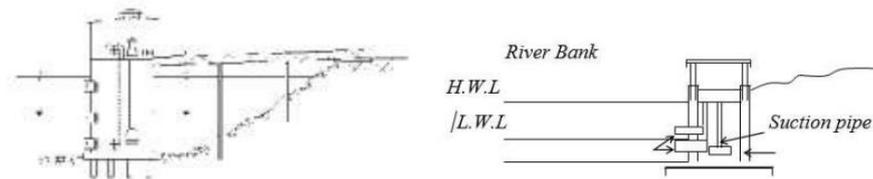
Tabel 2. 3 faktor minor losses bar

Bentuk Bar	Nilai <i>minor losses</i> (β)
<i>Shape edge rectangular</i>	2,42
<i>Rectangular with semicircular up stream face circular</i>	1,83
<i>Circular</i>	1,79
<i>Rectangular with semicircular up stream and down stream face</i>	1,67
<i>Tear shape</i>	0,76

Selanjutnya pada screening atau biasa disebut dengan bar screen digunakan dalam pengolahan air baik air bersih maupun air limbah untuk menghilangkan padatan kasar berupa potongan-potongan kayu, bahan-bahan dari plastik, kain, dan lain sebagainya yang berukuran $>0,5 - 1\text{ cm}$ sehingga tidak mengganggu proses pengolahan pada bangunan pengolahan air buangan selanjutnya (Metcalf & Eddy, 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.

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 5-15mm 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 (Deni Perdana, 2018).



Gambar 2. 1 Share Intake dan River Intake

Adapun rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung screen pada bangunan pengolahan air limbah (Renata Muliawati, 2018) sebagai berikut :

11. Jumlah batang kisi (m)

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

Keterangan:

w_s = lebar saluran (m)

n = jumlah batang

r = jarak antar kisi (m)

d = lebar kisi/bar (m)

12. Lebar bukaan screen (wc)

$$w_c = w_s - (n \times d)$$

Keterangan:

w_c = lebar bukaan screen

n = jumlah batang

d = lebar kisi/bar (m)

13. Tinggi kisi

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

14. Panjang kisi (P)

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

Keterangan:

α = kemiringan kisi

y = tinggi kisi (m)

15. Jarak kemiringan kisi

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

Keterangan:

α = kemiringan kisi

P = panjang kisi (m)

16. 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

17. Headloss bar screen

Saat non-clogging

$$H_f = \frac{1}{2} \times \frac{V_i^2 - v^2}{2 \times g}$$

Saat clogging

$$H_f = \frac{1}{C_c} \times \frac{V_i^2 - v^2}{2 \times g}$$

2.2.3 Bak Pengumpul

Pada umumnya screen dilakukan pada tahap awal dalam pengolahan. Saringan sebagai penggunaan umum dapat dipakai untuk memisahkan berbagai macam benda padat dengan ukuran besar yang terdapat pada air baku, misalnya seperti kertas, plastik, kayu dan lainnya. Screen atau saringan dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu saringan kasar (coarse screen) dan saringan halus (fine screen). Saringan kasar diletakkan pada awal proses. Tipe yang umumnya digunakan antara lain bar rack atau bar screen, coarse woven-wire screen dan communitor. Saringan halus memiliki bukaan 2,3 6 mm, halus pembersihannya dilakukan secara mekanis. Beberapa tipe screen yang sangat halus juga telah dikembangkan untuk dipakai pada pengolahan sekunder (Said, 2017). Bar screen terdiri dari batang baja yang dilas pada kedua ujungnya terhadap dua batang baja horizontal. Penggolongan bar screen yaitu saringan kasar, saringan halus dan saringan sedang yang tergantung berdasarkan jarak antar batang (bar). Saringan halus memiliki rentang jarak antar batang 1,5-13 mm, saringan sedang memiliki rentang jarak antar batang 13-25 mm, dan saringan kasar jarak antar batang 32-100 mm. Saringan halus terdiri atas fixed screen dan movable screen. Fixed atau static screen dipasang permanen dengan posisi vertikal, miring atau horizontal. Movable screen harus dibersihkan secara berkala. Beberapa kriteria yang harus diperhatikan dalam merencanakan bar screen antara lain adalah : (Said, 2017).

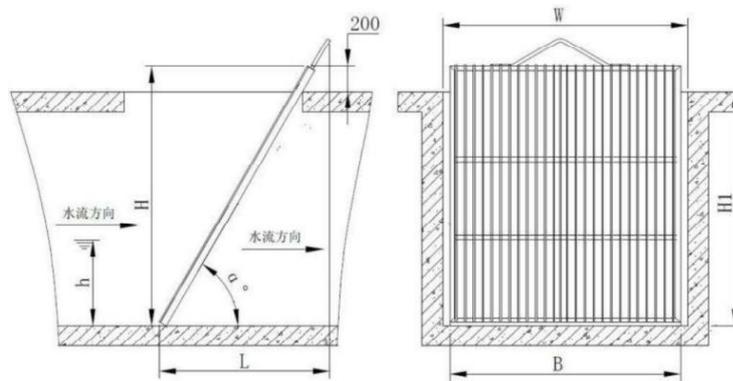
a) Kecepatan atau kapasitas rencana

b) Jarak antar bar

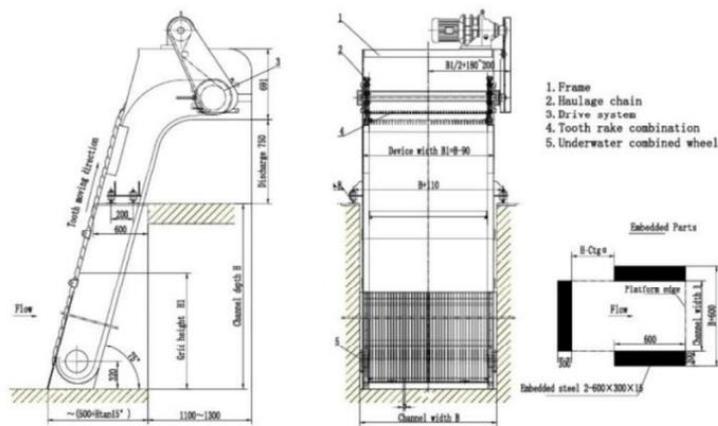
c) Ukuran bar (batang)

d) Sudut inklinasi

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



Gambar 2. 2 Manual Bar Screen



Gambar 2. 3 Mechanical Bar Screen

Sumber : google.com

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 (Fathul Mubhin; Alex B; Fuad Halim, 2016) adalah sebagai berikut:

1. Volume bak penampung

$$V = Q \times t_d$$

Keterangan:

$V = \text{Volume bak penampung (m}^3 \text{)}$

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

$t_d = \text{Waktu detensi (s)}$

2. Ketinggian total bak penampung

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

Keterangan :

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

$H = \text{Kedalaman bak penampung (m)}$

$F_b = 10\% - 30\% H$

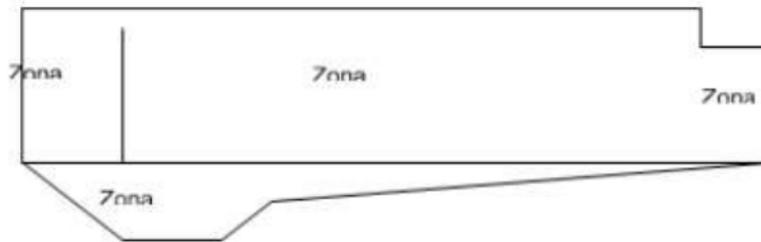
2.2.4 Prasedimentasi

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

Bak pengendap pertama terdiri dari empat ruangan fungsional yaitu:

1. Zona Inlet Tempat memperhalus aliran transisi dari aliran influen ke aliran steady uniform di zona settling (aliran laminar).
2. Zona Pengendapan Tempat berlangsungnya proses pengendapan/pemisahan partikel - partikel diskrit di dalam air buangan.
3. Zona Lumpur Tempat menampung material yang diendapkan bersama lumpur endapan.

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



Gambar 2. 4 Tampak samping unit prasedimentasi

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.

Tabel 2. 4 Desain Tipikal Prasedimentasi

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

(Sumber: Metcalf & Eddy. 2003. Hal 398)

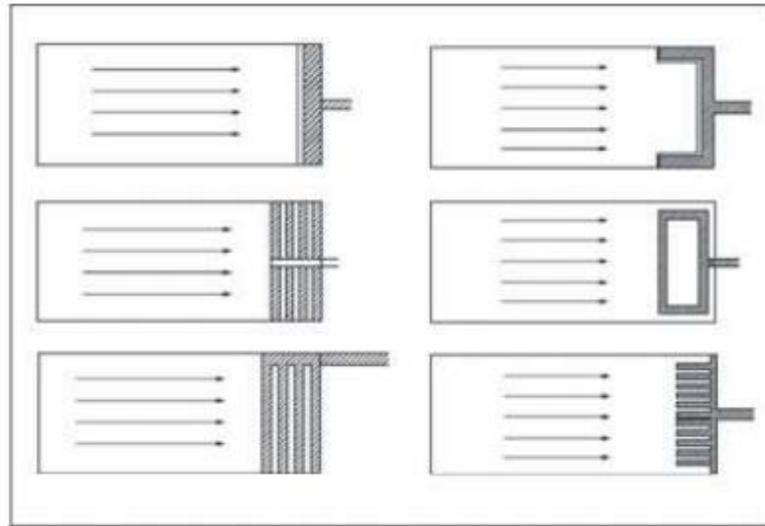
Desain outlet biasanya terdiri dari pelimpah yang dirancang sedemikian rupa untuk mengurangi terjadinya aliran pendek. Weir loading rate adalah beban pelimpah (dalam hal ini debit air) yang harus ditanggung per satuan waktu dan

panjangnya. Berikut ini adalah beberapa kriteria desain untuk weir loading rate dari berbagai sumber.

Tabel 2. 5 Beragam Weir Loading Rate dari Beragam Sumber

<i>Weir Loading Rate</i> (m ³ /hari.m)	Sumber	Keterangan
186	Katz & Foulkes, 1962	
249,6	Katz & Foulkes, 1962	Pada daerah yang terpengaruh <i>density current</i>
264	Kawamura, 2000	
125 – 250	Droste, 1997	
172,8 – 259,2	Huisman, 1977	

Berdasarkan sejumlah kriteria desain pada beragam sumber mengenai weir loading rate di atas, dapat dilihat bahwa jika pada bak terjadi density current, weir loading rate diharapkan tidak terlalu besar karena dapat menyebabkan terjadinya penggerusan pada partikel yang mengendap di sekitar outlet, sehingga diharapkan weir loading rate dapat sekecil mungkin. Pada dasarnya satu pelimpah sudah cukup, namun jika hanya ada satu pelimpah, maka weir loading rate akan menjadi besar. Hal tersebut dapat mengganggu proses pengendapan, sebab terjadi aliran ke atas menuju pelimpah dengan kecepatan cukup besar yang menyebabkan partikel yang bergerak ke bawah untuk mengendap terganggu. Terdapat beberapa alternatif untuk mendesain pelimpah agar luas yang dibutuhkan untuk zona outlet tidak terlalu besar dan beban pelimpah juga tidak terlalu besar.

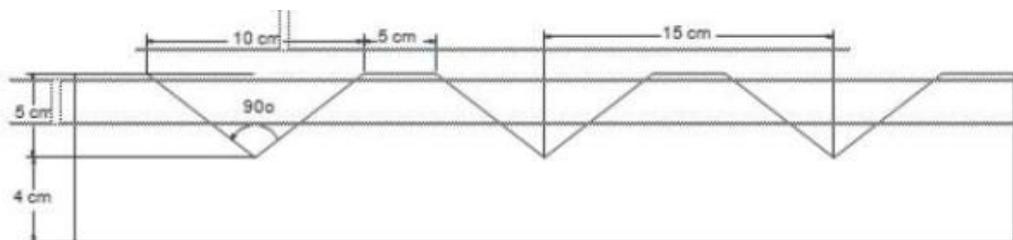


Gambar 2. 5 Beragam Susunan Pelimpah Pada Outlet

(Sumber : Qasim et al., 2000)

A. Bak prasedimentasi Berbentuk Rectangular

Pemilihan desain outlet sangat tergantung pada lebar bak, debit air yang dialirkan serta weir loading rate, sehingga pada saat menetapkan bentuk outlet, ketiga hal tersebut harus dipertimbangkan. Jenis pelimpah yang umumnya digunakan adalah bentuk rectangular dan v-notch, namun v-notch lebih banyak digunakan karena memiliki kemampuan self cleansing dan dapat meminimalisasi pengaruh angin. Contoh gambar v-notch dapat dilihat pada Gambar 2.6.

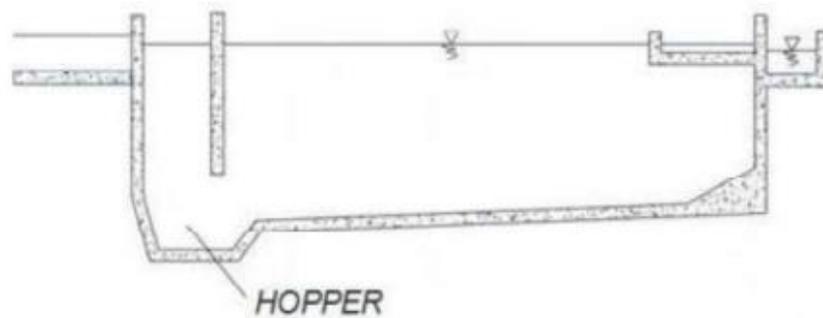


Gambar 2. 6 Contoh v-notch

(Sumber : Fair dkk., 1981)

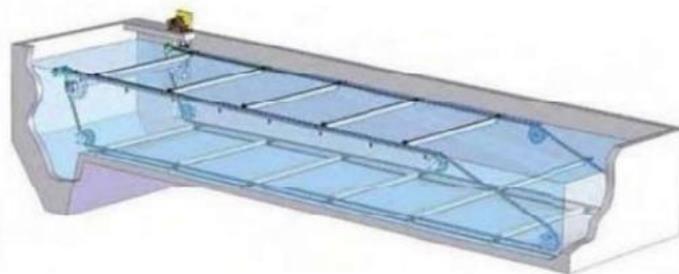
Selain menggunakan pelimpah, outlet unit prasedimentasi dapat

menggunakan perforated baffle karena pada dasarnya outlet berfungsi untuk mengalirkan air yang telah terpisah dari suspended solid tanpa mengganggu partikel yang telah terendapkan di zona lumpur, sehingga perforated baffle dapat digunakan, hanya saja bukaan diletakkan 30-90 cm dari permukaan, dan tidak 29 diletakkan terlalu di bawah, sebab apabila bukaan diletakkan terlalu bawah, partikel yang telah terndapakan dapat ikut terbawa ke outlet.

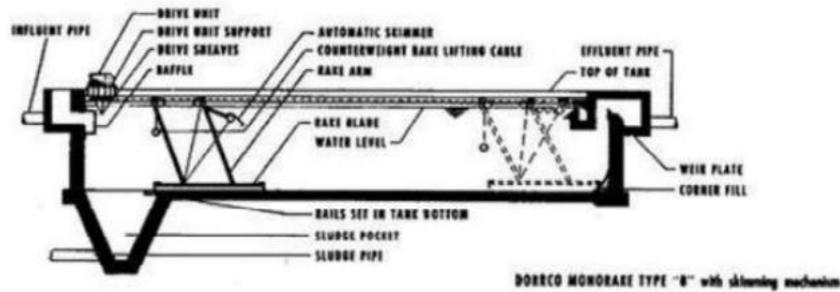


Gambar 2. 7 Hopper pada Bak Prasedimentasi Bentuk Rectangular

Selain diletakkan dekat dengan inlet, hopper juga dapat diletakkan secara dan juga dapat diletakkan di tengah bak seperti pembersihan lumpur juga dapat dilakukan dengan cara otomatis dengan beberapa macam scraper. Pada dasarnya, untuk bak rectangular terdapat dua jenis peralatan pembersih lumpur, yaitu tipe chain-and-flight dan travelling bridge dan memiliki scraper untuk mendorong lumpur masuk ke hopper, seperti pada Gambar 2.8 dibawah ini:

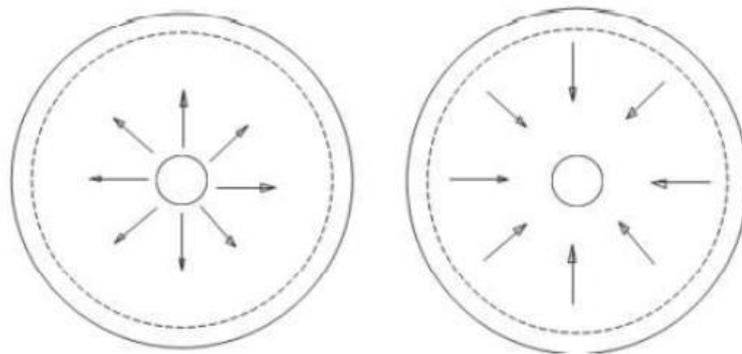


Gambar 2. 8 (a) Sketsa Peralatan Pembersih Lumpur Tipe Chain and Flight, (b) Peralatan Pembersih Lumpur Tipe Chain and Flight 3 Dimensi (Sumber: (a) Huisman, 1977 dan (b) Finnchain Oy)



Gambar 2. 9 Sketsa Peralatan Pembersih Lumpur Tipe Travelling Bridge
(Sumber: Huisman, 1977)

B. Bak Prasedimentasi Berbentuk Circular



Gambar 2. 10 Bak Prasedimentasi Bentuk Circular (a) Tipe Center Feed (b) Tipe Peripheral Feed

Bak prasedimentasi bentuk circular terbagi menjadi empat zona, yaitu zona inlet, zona pengendapan, zona outlet, serta zona lumpur. Berikut ini adalah pembahasan untuk masing- masing zona tersebut.

1) Zona Pengendapan (Settling Zone)

Pemilihan inlet maupun outlet untuk bak circular sangat tergantung pada kondisi zona pengendapan, sehingga zona pengendapan yang menentukan penempatan zona inlet maupun zona outlet. Oleh karena itu, perlu ditentukan lebih dahulu kondisi zona pengendapan yang efisien.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengendapan pada bak circular sama dengan pada bak rectangular, hanya saja nilai Bilangan Reynolds dan Froude berubah sepanjang perubahan diameter. Hasil simulasi menunjukkan bahwa N_{re} dan N_{fr} akan cukup tinggi di tengah bak, dan akan semakin mengecil saat mendekati pinggir bak, sehingga kedua bilangan tersebut tidak akan dapat dipenuhi secara bersamaan. Penentuan acuan akan berpengaruh pada letak inlet dan outlet.

Jika unit prasedimentasi berupa center feed, maka pada saat air masuk, keadaan aliran akan cukup turbulen, mendekati outlet bak, aliran akan menjadi semakin laminar, sebaliknya jika unit prasedimentasi berupa peripheral feed, maka pada saat air masuk, keadaan air akan laminar, semakin mendekati outlet akan semakin turbulen. Letak outlet akan sangat mempengaruhi pemilihan acuan, seperti diketahui bahwa di dekat pelimpah, akan terjadi pergerakan air ke atas yang dapat menghambat partikel untuk mengendap, sehingga keadaan air yang turbulen juga akan menghambat partikel untuk mengendap. Apabila kondisi turbulen terjadi pada saat air masuk, partikel-partikel besar yang dapat mengendap dengan cepat akan mengalami hambatan untuk mengendap, tapi seiring dengan perubahan kondisi aliran, partikel-partikel tersebut dapat mengendap.

Sebaliknya, jika kondisi turbulen terletak di dekat outlet, partikel - partikel yang sudah mengendap dapat tergerus kembali akibat kondisi aliran tersebut dan juga terdapat aliran air ke atas menuju pelimpah. Oleh karena itu, bak prasedimentasi tipe center feed merupakan tipe yang paling baik untuk bak prasedimentasi bentuk circular

2) Zona Inlet

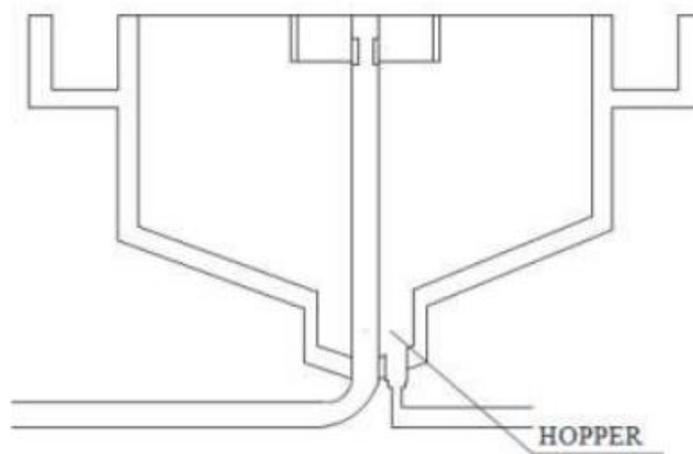
Berdasarkan hasil pembahasan zona pengendapan, maka inlet yang paling tepat adalah terletak di tengah atau tipe center feed. Inlet bak tersebut dapat beragam, misalnya air dibiarkan melimpah melalui inlet di tengah bak atau dinding inlet dirancang berlubang- lubang, sehingga

air akan mengalir melewati lubang-lubang tersebut. Selain itu, pada inlet juga dapat dipasang baffle. Baffle tersebut berfungsi untuk mereduksi energi kinetik air yang keluar melalui inlet.

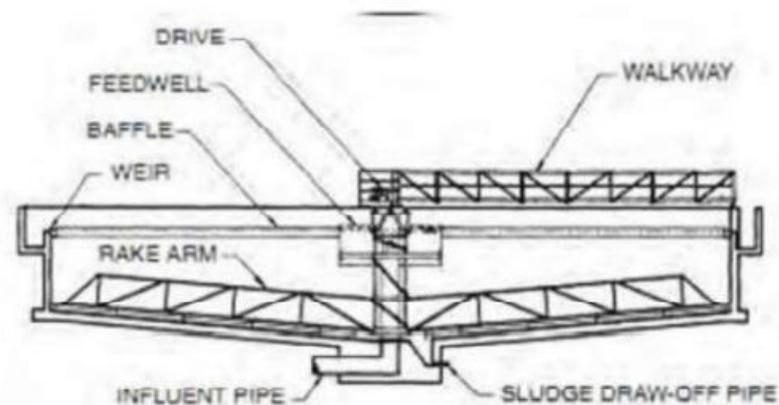
3) Zona Outlet

Berdasarkan hasil pembahasan zona pengendapan, maka outlet yang paling tepat bagi bak presedimentasi bentuk circular terletak di sekeliling bak. Di sekeliling bak dipasang pelimpah, sehingga air yang telah melalui bak prasedimentasi akan melimpah melalui pelimpah tersebut. Pelimpah dapat berupa v-notch atau rectangular weir. prasedimentasi akan melimpah melalui pelimpah tersebut. Pelimpah dapat berupa v-notch atau rectangular weir.

4) Zona Lumpur (*Sludge Zone*)



Gambar 2. 11 Hopper pada Bak Prasedimentasi Bentuk Circular



Gambar 2. 12 Mekanisme Pembersihan Lumpur dengan Scraper pada Bak Circular

Scraper yang digunakan untuk bentuk circular adalah tipe radial atau tipe diametral. Scraper tersebut bergerak pada sekeliling bak untuk mendorong lumpur agar masuk ke hopper yang terletak di tengah bak. Berbeda dengan prasedimentasi bentuk rectangular, bentuk circular memiliki hopper yang terletak di tengah bak, sebab pengendapan partikel yang terjadi pada bak circular ini terjadi di segala arah, sehingga untuk mempermudah pembersihan lumpur, hopper diletakkan di tengah bak.

2.2.5 Aerasi

Aerasi merupakan suatu proses penambahan udara atau 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 :

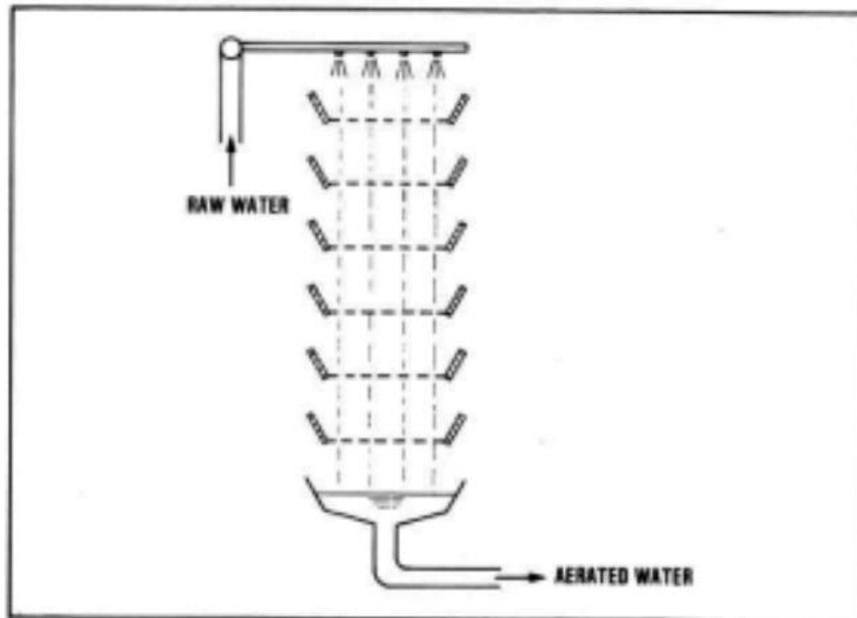
1. Penambahan jumlah oksigen
2. Penurunan jumlah karbon dioxide (CO₂)
3. Menghilangkan hydrogen sulfide (H₂S),methan (CH₄) dan berbagai senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau.

Hasil pengolahan air dengan metoda aerasi bermanfaat untuk menghasilkan air minum yang baik. 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 hitamkecoklat-coklatan pada pakaian yang dicuci.

Jenis - Jenis Metode Aerasi :

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. 13 Multiple-Tray Aerator

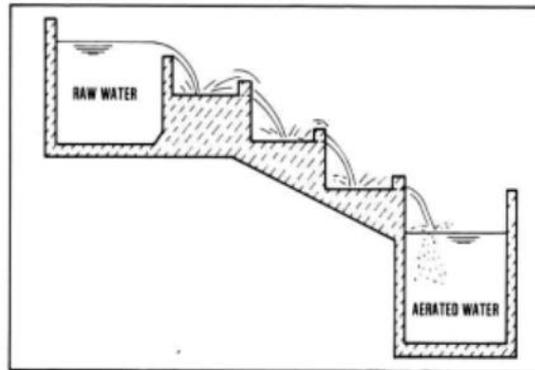
(Sumber : Agus Herdiana, 2016)

Jenis aerator ini 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 kebawah dengan kecepatan kira-kira 0,02 m /detik per m² 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, pipaplastik yang berdiamter kecil atau lempengan yang terbuat dari kayu secara parallel.

b. Cascade Aerator

Aerator ini terdiri atas 4-6 step atau tangga, setiap step kira-kira ketinggiannya 30 cm dengan kapasitas kira-kira ketebalan 0,01 m³/det permeter² . Untuk menghilangkan gerak putaran (turbulence) guna menaikkan effesien aerasi, hambatan sering ditepi peralatan pada setiap step. Dibanding dengan tray aerators, ruang (tempat) yang diperlukan bagi

casade aerators agak lebih besar tetapi total kehilangantekanan lebu
rendah. Keuntungan lain adalah tidak diperlukan pemeliharaan.

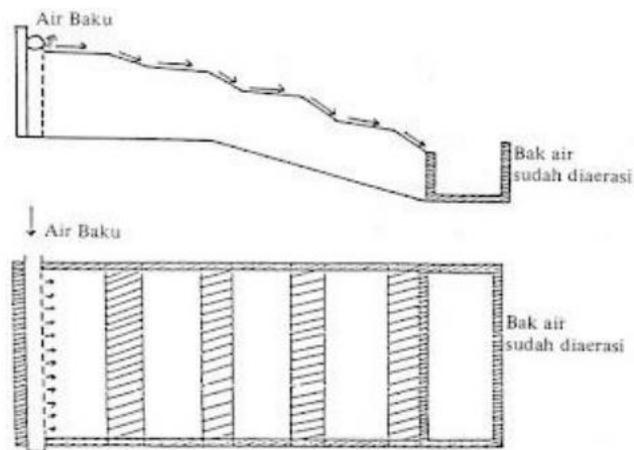


Gambar 2. 14 Cascade Aerator

(Sumber: Agus Herdiana, 2016)

c. Sumberged 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 jatuhkira-kira 1,5 mdibagi dalam 3-5 step. Kapasitas bervariasi antara 0,005dan 05 m³ /det per meter luas

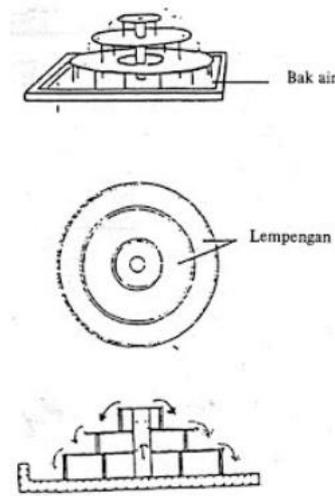


Gambar 2. 15 Aerasi Tangga Aerator

(Sumber: Agus Herdiana, 2016)

d. Multiple Plat Form Aerator

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

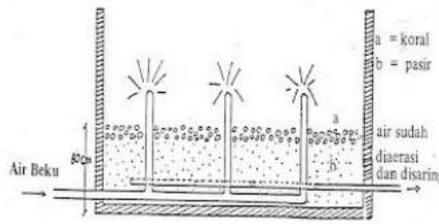


Gambar 2. 16 Multiple Plat Aerator

(Sumber: Agus Herdiana, 2016)

e. Spray Aerator

Terdiri atas nosel penyemprot yang tidak bergerak (Stationary nozzles) dihubungkan dengan kisi lempengan yang mana air disemprotkan ke udara disekeliling pada kecepatan 5-7 m /detik. Sprayaerator sederhana dierlihatkan pada gambar, dengan pengeluaran air kearah bawah melalui batang-batang pendek dari pipa yang panjangnya 25 cm dan diameter 15 - 20 mm. piringan melingkar ditempatkan beberapa centimeter di bawahsetiap ujung pipa, sehingga bisa berbentuk selaput air tipis melingkar yang selanjutnya menyebar menjadi tetesan-tetesan yang halus. Nosel untuk spray aerator bentuknya bermacam-macam, ada juga nosel yang dapat berputar-putar.

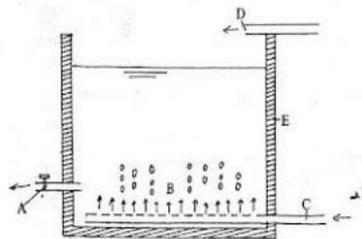


Gambar 2. 17 Spray Aerator

Sumber: Agus Herdiana, 2016

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 m³ udara/m³air dan volume ini dengan mudah bisa dinaikan melalui suatu penyedotan udara. Udara disemprotkan melalui dasar dari bak air yang akan diaerasi.



Gambar 2. 18 Bubble Aerator

Sumber: Agus Herdiana, 2016

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 ponds). Pemerataan distribusi air diatas tray sangat penting untuk memperoleh efisiensi perpindahan gas secara

maksimum. Media kasarseperti arang, batu atau bola keramik yang ukurannya berkisar antara 2-6 inch (5-15 cm) adalah sangat penting untuk digunakan, karena dapatmeningkatkan efisiensi pertukaran gas, sebagai efek katalisa 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 akanberkurang, 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. 6 Desain dan Karakteristik Operational Aerator

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

		Jarak rak (Tray): 30 - 75 cm
		Luas: 50 - 160 m ² /m ³ .det
	70 - 90% CO ₂	Tinggi 1,2 - 9 m
Spray Aerator	25 - 40 H ₂ S	Diameter nozzle: 2,5 - 4 cm
		Jarak Nozzle: 0,6 - 3,6 m
		Debit nozzle: 5 - 10 l/det
		Luas Bak: 105 - 320 m ² /m ³ .det
		Tekanan semprotan: 70 kPa
	80% VOCs	Waktu Detensi: 10 - 30 menit
Aerator Terdifusi		Udara: 0,7 - 1,1 m ³ /m ² air tangka
		<ul style="list-style-type: none"> - Kedalaman: 2,7 - 4,5 - Lebar 3 - 9 m - Lebar/Kedalaman < 2 Volume maksimum: 150 m ³ Diameter lubang diffuser: 2 - 5 mm
	70 - 90% CO ₂	

	25 - 40 H2S	Waktu detensi: 10 - 30 menit
Aerator Mekanik		Kedalaman tangki: 2 - 4

(Sumber : Qasim,2000)

2.2.6 Koagulasi - Flokulasi

Air baku dari air permukaan biasanya mengandung partikel tersuspensi. Partikel yang tersuspensi dalam air dapat berupa partikel koloid bebas dengan ukuran sangat kecil, mulai dari 0,001 mikron (10⁻⁶ mm) hingga 1 mikron (10⁻³ mm). Partikel yang ditemukan dalam kisaran ini termasuk Partikel anorganik, seperti serat asbes, tanah liat dan lanau atau lanau, Sedimen koagulan dan partikel organik, seperti humus, virus, bakteri dan plankton. Umumnya, dispersi koloid memiliki pemendaran cahaya. Karakteristik luminesensi ini diukur dalam satuan kekeruhan.

Umumnya, karena stabilitas suspensi koloid, partikel tersuspensi sulit untuk mengendap secara alami (Tabel 2.3). Alasan kestabilan koloid adalah (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012) :

1. Gaya Van der Waals Gaya ini adalah gaya tarik antara dua massa, dan besarnya bergantung pada jarak di antara keduanya
2. Gaya elektrostatis adalah gaya utama yang menjaga suspensi koloid dalam keadaan stabil. Kebanyakan koloid diisi oleh oksida logam yang umumnya bermuatan positif, sedangkan oksida non-logam dan sulfida logam umumnya bermuatan negatif. Stabilitas koloid disebabkan oleh tolakan antar koloid dengan muatan yang sama. Gaya ini disebut zeta potensial.
3. Gerak Brown adalah gerak acak partikel koloid yang disebabkan oleh partikel bermassa kecil. Biasanya, gaya van der Waals dan gaya elektrostatis saling meniadakan, dan saat jarak antar koloid meningkat, kedua gaya ini

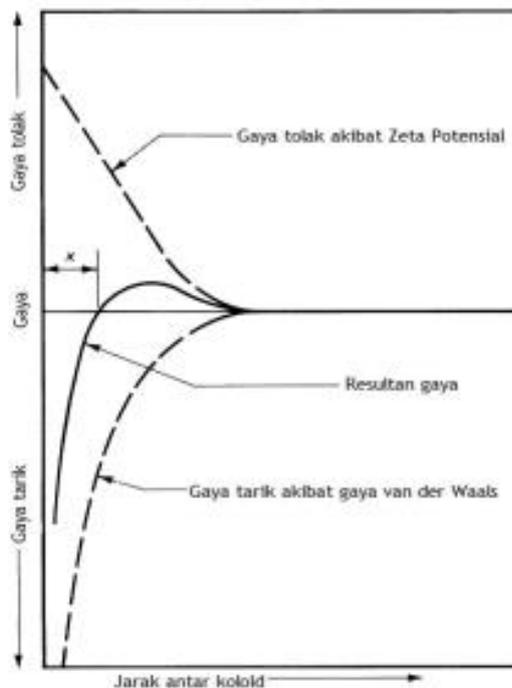
mendekati nol. Akibat dari kedua gaya ini biasanya menghasilkan gaya tolak yang lebih besar (Gambar 2.8). Ini membuat partikel dan koloid stabil.

Tabel 2. 7 Kriteria Weir Loading Rate

Ukuran Partikel (mm)	Tipe Partikel	Waktu Pengendapan (h = 1 m)
10	Kerikil	1 s
1	Pasir	10 s
10^{-1}	Pasir Halus	2 menit
10^{-2}	Lempung	2 jam
10^{-3}	Bakteri	8 hari
10^{-4}	Koloid	2 tahun
10^{-5}	Koloid	20 tahun
10^{-6}	Koloid	200 tahun

(Sumber: Water Treatment Handbook: 6th edition, Volume 1, 1991)

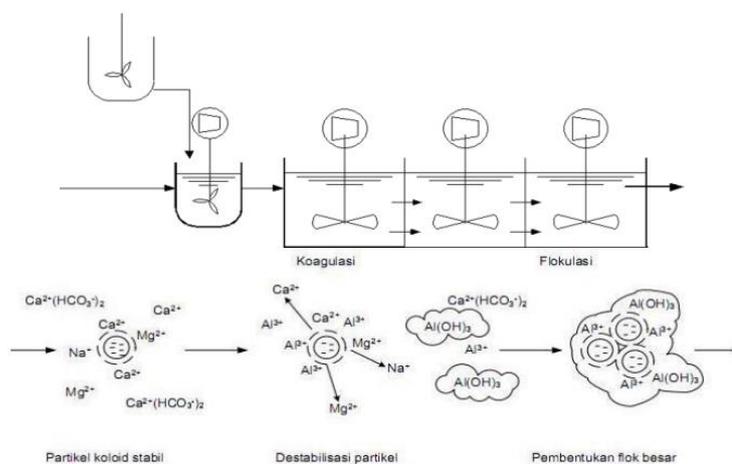
Tabel 2. 8 Gaya – gaya pada koloid



(Sumber: Ali Masduqi, Abdul F. Assomadi, 2012)

Koagulasi dan flokulasi merupakan dua proses yang tidak dapat dipisahkan. Selama proses koagulasi, koloid dan partikel dalam air tidak stabil akibat 28 pengadukan yang cepat dan penambahan bahan kimia (disebut koagulan). Akibat pengadukan yang cepat, koloid dan partikel stabil menjadi tidak stabil setelah terurai menjadi partikel bermuatan positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan oleh dekomposisi koagulan. Setelah proses ini, ikatan terbentuk antara ion positif koagulan (seperti Al^{3+}) dan ion negatif partikel (seperti OH^-), dan antara ion positif partikel (seperti Ca^{2+}) dan ion negatif koagulan (seperti SO_4^{2-}) membentuk ikatan, yang mengarah pada pembentukan inti flokulasi. (pengendapan). (Ali Masduqi F. Asomadi, 2012)

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).



Gambar 2. 19 Gambar Proses Koagulasi – Flokulasi

(Sumber: Ali Masduqi, Abdul F. Assomadi, 2012)

Proses koagulasi-flokulasi terjadi pada agitator cepat dan agitator lambat, membentuk flok-flok besar yang mudah diendapkan di dalam bak pengendapan (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012).

Koagulan yang banyak digunakan dalam pengolahan air minum adalah aluminium sulfat atau garam besi. Kadang-kadang koagulan (seperti polielektrolit) diperlukan untuk menghasilkan flok yang lebih besar sehingga padatan tersuspensi dapat mengendap lebih cepat. Faktor utama yang mempengaruhi proses koagulasiflokulasi air adalah kekeruhan, padatan tersuspensi, suhu, pH, komposisi dan konsentrasi kation dan anion, durasi dan derajat agitasi selama koagulasi dan flokulasi, dosis koagulan dan (jika perlu) koagulasi. Agen-koagulan. Pemilihan koagulan dan konsentrasinya dapat ditentukan berdasarkan penelitian laboratorium menggunakan jar tester untuk mendapatkan kondisi terbaik (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012).



Gambar 2. 20 penelitian laboratorium menggunakan jar tester

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan Air	pH Optimum
Aluminium sulfat	$Al_2(SO_4)_3 \cdot xH_2O$ X = 14, 16, 18	Bongkah, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
Sodium aluminat	$Na_2Al_2O_4$	Bubuk	Basa	6,0 – 7,8
Polyaluminium Chloride, PAC	$Al_n(OH)_mCl_{3-n}$	Cairan, Bubuk	Asam	6,0 -7,8
Ferri sulfat	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	Kristal halus	Asam	4-9
Ferri klorida	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	Bongkah, cairan	Asam	4-9
Ferro sulfat	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	Kristal halus	Asam	>8,5

Sumber: Sugiarto, 2006

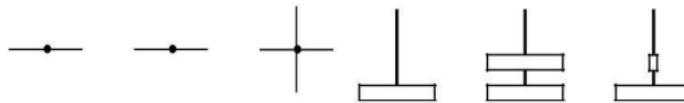
Penambahan dosis koagulan yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan kekeruhan yang lebih rendah. Dosis koagulan yang dibutuhkan untuk pengolahan air tidak dapat diperkirakan berdasarkan kekeruhan, tetapi harus ditentukan melalui percobaan pengolahan. Tidak setiap kekeruhan yang tinggi membutuhkan dosis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

1. Pengaruh pH Pada koagulan terdapat range pH optimum. Luasnya range pH koagulan ini dipengaruhi oleh jenis-jenis konsentrasi koagulan yang dipakai. Hal ini penting untuk menghindari adanya kelarutan koagulan. Proses koagulan pH yang terbaik adalah 7 (netral).

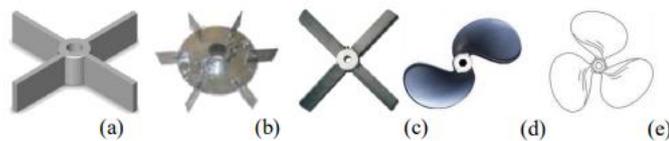
2. Pengaruh Temperatur Pada temperatur yang rendah reaksi lebih lambat dan viskositas air menjadi lebih besar sehingga flok lebih sukar mengendap.
3. Dosis Koagulan Air dengan kekeruhan yang tinggi memerlukan dosis koagulan yang lebih banyak. Dosis koagulan persatuan unit kekeruhan rendah, akan 38 lebih kecil dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan yang tinggi, kemungkinan terjadinya tumbukan antara partikel akan berkurang dan netralisasi muatan tidak sempurna, sehingga mikroflokk yang terbentuk hanya sedikit, akibatnya kekeruhan akan naik. Dosis koagulan yang berlebihan akan menimbulkan efek samping pada partikel sehingga kekeruhan akan meningkat.
4. Pengadukan (Mixing) Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Distribusi dalam air cukup baik dan merata, serta masukan energi yang cukup untuk tumbukan antara partikel yang telah netral sehingga terbentuk mikroflokk. Pada proses koagulasi ini pengadukan dilakukan dengan cepat. Air yang memiliki kekeruhan rendah memerlukan pengadukan yang lebih banyak dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan tinggi.
5. Pengaruh Garam Garam-garam ini dapat mempengaruhi proses suatu penggumpalan. Pengaruh yang diberikan akan berbeda-beda bergantung dengan macam garam (ion) dan konsentrasinya. Semakin besar valensi ion akan semakin besar pengaruhnya terhadap koagulan. Penggumpalan dengan garam Fe dan Al akan banyak dipengaruhi oleh anion dibandingkan dengan kation. Jadi natrium, kalsium, dan magnesium relatif tidak mempengaruhi (Sutrisno, 1992).

Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatis. 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). Bentuk ketiga impeller dapat dilihat pada gambar 2.16. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu G dan td . Tabel 2.9 dapat dijadikan patokan untuk menentukan 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. 21 Tipe Paddle (a) Tampak atas, (b) tampak samping (Sumber: Qasim, 1985)



Gambar 2. 22 Tipe turbine dan propeller: (a) Turbine blade lurus, (b) turbine blade dengan piringan, (c) turbine dengan blade menyerong, (d) propeller 2 blade, (e) propeller 3 blade

(Sumber: Qasim, 1985)

Tabel 2. 9 Kriteria Impeller

Tipe Impeller	Kecepatan Putaran	Dimensi	Keterangan
Paddle	20 – 150 rpm	Diameter: 50-80% lebar bak Lebar: 1/6 – 1/10 diameter paddle	
Turbine	10-150 rpm	Diameter: 30-50% lebar bak	
Propeller	400 – 1750 rpm	Diameter: maksimal 45 cm	Jumlah pitch 1-2 buah

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996:185)

Tabel 2. 10 Nilai Gradien Kecepatan dan Waktu pengaduk Mekanis

Waktu Pengadukan, td (detik)	Gradien Kecepatan (detik ⁻¹)
20	1000
30	900
40	790
50 ≥	700

Flokulasi merupakan 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 Perikinetik.
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⁻¹) 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 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

- $G = 20-75 \text{ detik}^{-1}$

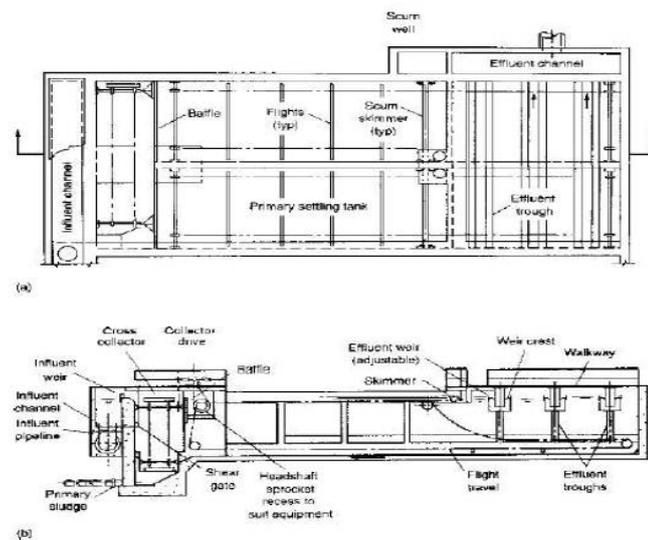
- $GTd = 10.000-100.000$ (Masduqi & Assomadi, 2012:110)

2.2.7 Sedimentasi

Sedimentasi merupakan pemisahan solid dari liquid menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk menyisahkan suspended solid. Proses ini sangat

umum digunakan pada instalasi pengolahan air minum. Aplikasi utama dari sedimentasi pada instalasi pengolahan air minum adalah:

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



Gambar 2. 23 Denah dan Potongan Sedimentasi Rectangular

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:

Sedangkan menurut tipenya, sedimentasi dibagi menjadi :

1. Sedimentasi tipe 1 yang ditujukan untuk mengendapkan partikel diskrit

2. Sedimentasi tipe 2 yang ditujukan untuk mengendapkan partikel flokulen
3. Sedimentasi tipe 3 yang ditujukan untuk mengendapkan lumpur biologis
4. Sedimentasi tipe 4 yang ditujukan untuk memampatkan partikel yang telah mengendap akibat dari berat partikel

Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat empat zona :

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

Bak sedimentasi memiliki 4 bagian utama, yaitu bagian inlet, zona pengendapan, ruang lumpur dan zona outlet. Zona inlet merupakan tempat air masuk kedalam bak. Zona pengendapan merupakan tempat flok atau partikel mengalami proses pengendapan, ruang lumpur merupakan tempat lumpur mengumpul sebelum keluar bak. Zona outlet merupakan tempat dimana air akan meninggalkan bak yang biasanya berbentuk pelimpah (weir) (Masduqi, 2016).

Untuk pengolahan air minum, sedimentasi yang umum digunakan yaitu sedimentasi tipe 2. Sedimentasi tipe 2 merupakan pengendapan partikel flokulan dalam air, dimana selama pengendapan terjadi saling interaksi antar partikel sehingga ukuran flok akan semakin besar dan pada akhirnya akan mengendap

(Masduqi, 2016).

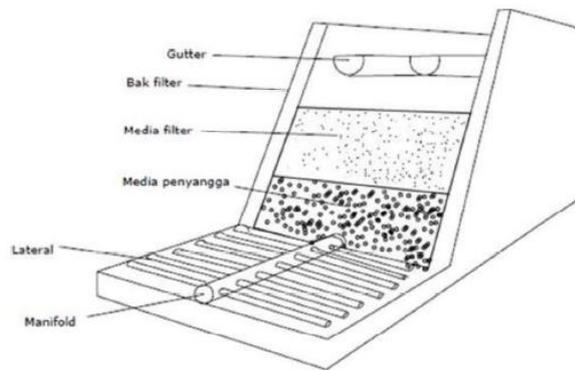
2.2.8 Filtrasi

Filtrasi merupakan proses pemisahan zat padat dari suatu cairan yang membawanya dengan memakai medium berpori atau bahan berpori lain untuk menyisahkan zat padat halus yang tersuspensi dan koloid. Pada proses pengolahan air minum, filtrasi digunakan untuk menyaring hasil dari proses koagulasi – flokulasi dan sedimentasi sehingga menghasilkan air dengan baku mutu yang baik (Masduqi, 2016).

Berdasarkan tipenya, filtrasi dibagi menjadi filtrasi pasir cepat dan filtrasi pasir lambat. Filtrasi pasir lambat merupakan filter yang memiliki kecepatan filter yang lambat, yaitu sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Filter ini cukup efektif digunakan untuk mereduksi kandungan bahan organik dan organisme patogen. Namun, kelemahan filter ini yaitu membutuhkan ukuran bed filter yang besar, kecepatan filter yang sangat lambat dan hanya efektif digunakan untuk mengolah air baku dengan kadar kekeruhan 50 NTU (Masduqi, 2016).

Sedangkan filter pasir cepat merupakan filter dengan kecepatan filtrasi yang cepat, yaitu sekitar 6-11 m/jam. Filter ini memiliki bagian-bagian sebagai berikut ; (Masduqi, 2016).

1. Bak filter yang berfungsi sebagai tempat proses filtrasi berlangsung.
2. Media filter yang berupa media dengan bahan berbutir tempat berlangsungnya penyaringan.
3. Sistem underdrain yang berfungsi sebagai system pengaliran air yang telah melewati proses filtrasi. Sistem underdrain terdiri atas orifice, lateral, dan manifold.



Gambar 2. 24 Struktur Filter Pasir Cepat

(Sumber : Reynold & Richards. 1996)

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.

Dalam perencanaan bangunan pengolahan air minum ini menggunakan Rapid Sand Filter (Filter Pasir Cepat) karena 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).

2.2.9 Desinfeksi

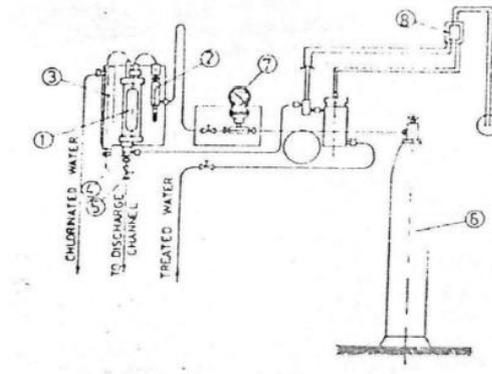
Desinfeksi diartikan sebagai destruksi mikroba patogen. Desinfeksi pada pengolahan air memiliki beberapa metode, yaitu secara fisik, kimia dan radiasi. Pada metode fisik, perlakuan yang diberikan yaitu berupa cahaya dan panas, contohnya seperti memanaskan air yang akan diolah hingga titik didih dimana sel mikroba akan hancur. Pada metode secara radiasi, perlakuan yang diberikan yaitu dengan mengontakkan air yang akan diolah dengan sinar ultraviolet hingga sel mikroba menjadi hancur.

Sedangkan pada metode kimia, perlakuan yang diberikan yaitu dengan membubuhkan zat kimia kedalam air yang akan diolah. Pada desinfeksi dengan metode kimia, yaitu dengan membubuhkan bahan kimia untuk proses desinfeksi, yaitu desinfektan. Bahan kimia yang umumnya digunakan yaitu klor dan senyawanya, bro, iodine, ozone, dan lain sebagainya. Faktor - faktor yang mempengaruhi proses desinfeksi antara lain (Masduqi, 2016) :

- a) Waktu kontak
- b) Jenis desinfektan
- c) Konsentrasi desinfektan
- d) Suhu
- e) Jumlah mikroba
- f) Jenis mikroba

Dalam perencanaan ini digunakan bahan kimia klor sebagai desinfektan. Bak ini sebagai tempat kontak antara chlor dengan air hasil pengolahan sehingga persyaratan bakteriologis dapat terpenuhi. Senyawa chlor yang sering digunakan adalah $\text{Ca}(\text{OCl}_2)_2$ yang ada dipasaran dikenal dengan kaporit. Senyawa ini mengandung kurang lebih 60% chlor. Untuk dapat merencanakan bak chlorinasi maka terlebih dahulu harus ditentukan dosis chlor yang dibutuhkan. Bak ini sebagai tempat pembubuhan desinfektan sehingga terjadi kontak antara air yang telah

diolah dengan desinfektan. Chlorin $\text{Ca}(\text{OCl}_2)_2$ merupakan salah satu desinfektan kimia yang umum digunakan dalam pengolahan air bersih maupun air buangan.



Gambar 2. 25 Bak Klorinasi

2.2.10 Reservoir

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

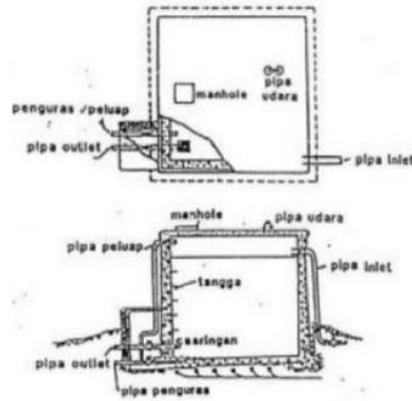
Fungsi utama dari reservoir adalah untuk menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air. Seringkali untuk waktu yang bersamaan, debit produksi air bersih tidak dapat selalu sama besarnya dengan debit pemakaian air. Pada saat jumlah produksi air bersih lebih besar daripada jumlah pemakaian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

Berdasarkan tinggi relative reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Reservoir Permukaan (*Ground Reservoir*)

Reservoir permukaan adalah reservoir yang sebagian besar atau seluruh

bagian reservoir tersebut terletak dibawah permukaan tanah.



Gambar 2. 26 Reservoir Permukaan

Sumber: (BPSDM PU)

2. Reservoir Menara (Elevated Reservoir)

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



Gambar 2. 27 Reservoir Menara

(Sumber: (BPSDM PU))

Sedangkan berdasarkan bahan konstruksinya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi empat, yaitu:

1. Reservoir Tanki Baja

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

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.

3. Reservoir Fiberglass

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

2.2.11 Pengolahan Lumpur (Sludge Treatment)

Dari pengolahan air limbah maka didapatkan hasil berupa lumpur yang perlu diadakan pengolahan secara khusus agar lumpur tersebut tidak mencemari lingkungan dan dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan kehidupan. Sludge dalam disposal sludge memiliki masalah yang lebih kompleks. Hal ini disebabkan karena:

1. Sludge sebagian besar dikomposisi dari bahan-bahan yang responsibel untuk menimbulkan bau.
2. Bagian sludge yang dihasilkan dari pengolahan biologis dikomposisi dari

bahan organik.

3. Hanya sebagian kecil dari sludge yang mengandung solid (0.25% - 12% solid).

Tujuan utama dari pengolahan lumpur adalah:

1. Mereduksi kadar lumpur
2. Memanfaatkan lumpur sebagai bahan yang berguna seperti pupuk dan sebagai penguruk lahan yang sudah aman.

Terdapat berbagai macam jenis pengolahan lumpur yang digunakan dalam industri-industri saat ini. Banyak hal yang perlu dipertimbangkan dalam memilih pengolahan lumpur yang sesuai dengan kuantitas lumpur yang dibuang, salah satu pertimbangan yang paling penting yaitu efektifitas pengolahan lumpur dan waktu yang tidak terlalu lama dalam proses pengolahan lumpur. Berdasarkan hal tersebut, salah satu jenis pengolahan yang dapat digunakan yaitu belt-filter press, yang selengkapnya akan dijelaskan dibawah ini:

2.3.1 Belt Filter Press

Sebagian besar dari jenis Belt-Filter Press, lumpur dikondisikan di bagian saluran gravitasi untuk dapat menebalkan lumpur. Pada bagian ini banyak air yang tersisihkan dari lumpur secara gravitasi. Dibeberapa unit, bagian ini diberikan dengan bantuan vacuum, yang menambah saluran dan membantu untuk mengurangi bau. Mengikuti saluran gravitasi, tekanan yang digunakan dalam bagian tekanan rendah, dimana lumpur diremas diantara pori kain sabuk. Di beberapa unit, bagian tekanan rendah diikuti bagian tekanan tinggi dimana lumpur mengalami pergeseran melewati penggulung.

Peremasan dan pergeseran ini menginduksi dari penambahan air dari lumpur. Akhir pengeringan cake lumpur adalah penyisihan dari sabuk dengan Scrapper blade Sistem operasi jenis belt-filter press dari pompa penyedot lumpur, peralatan polimer, tangki lumpur (flokulator), belt-filter press, conveyor cake lumpur, dan sistem pendukung (compressor, pompa pencuci).

Namun, ada beberapa unit yang tidak menggunakan tangki lumpur. Banyak variabel yang mempengaruhi cara kerja dari belt-filter press, antara lain karakteristik lumpur, metode dan kondisi bahan kimia, tekanan, konfigurasi mesin (saluran gravitasi), porositas sabuk, kecepatan sabuk, dan lebar sabuk. Belt filter press ini sensitif terhadap variasi karakteristik lumpur dan efisiensi mengurangi pengeringan lumpur. Fasilitas memadukan lumpur harus termasuk dalam desain sistem dimana karakteristik lumpur beraneka ragam. Namun, pada kenyataannya operasi yang mahal mengakibatkan beban padat yang lebih besar dan pengering cake ditingkatkan dengan meninggikan konsentrasi padatan lumpur.



Gambar 2. 28 Belt Filter Press

Sumber: (Mesin Belt Press – PaluGada Engineering (palugada-engineering.com))