

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Baku

Air adalah kebutuhan utama dari seluruh proses kehidupan yang ada di bumi. Tidak adanya air di bumi maka tidak terdapat pula kehidupan. Air baku merupakan salah satu bahan dasar yang dibutuhkan dalam proses pengolahan air minum. Air baku diambil dari sumber-sumber yang telah memenuhi standar baku mutu. Penentuan sumber air baku dalam pengolahan mempertimbangkan data yang didapatkan melalui penelitian secara periodik dengan rentang 5 hingga 10 tahun (Kawamura, 1991).

Standar kualitas air minum di Indonesia diatur pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Dimana air yang tersalur harus memiliki mutu baik, bersih atau jernih dan dapat dinilai dari penglihatan bahwa air seharusnya bersih tanpa berbau, berwarna dan keruh dan layak untuk didistribusikan kepada pelanggan. Kualitas mutu air minum dapat diklasifikasikan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

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

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

2.2 Karakteristik Air Baku

Untuk dapat menentukan kualitas air dapat dilihat dari kandungan yang ada dalam air. Adapun parameter yang dapat digunakan untuk menentukan kualitas air baku yaitu parameter fisik, kimia dan biologi. Untuk air baku yang digunakan pada kesempatan ini adalah Air Sungai Cibanten yang berada di Serang, Banten. Air Sungai Cibanten mempunyai beberapa karakteristik sebagai berikut :

2.2.1 Bau dan Rasa

Air yang normal tampak jernih, tidak berwarna dan tidak berbau. Bau air dapat disebabkan oleh bahan-bahan kimia terlarut, ganggang, plankton, tumbuhan air dan hewan air, baik yang masih hidup maupun yang sudah mati. Bau air sering dikaitkan dengan rasa air. (Alapján-, 2016)

2.2.2 Suhu

Suhu suatu badan air dipengaruhi oleh musim, lintang (latitude), ketinggian dari permukaan latitude, waktu dalam hari, sirkulasi udara, penutupan awan, dan aliran serta kedalaman badan air. Perubahan suhu akan berpengaruh terhadap proses fisik, kimia dan biologi suatu badan air. Jika terjadi peningkatan suhu maka akan mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi, dan volatilisasi. (Alapján-, 2016)

2.2.3 Kekeruhan

Kekeruhan disebabkan adanya kandungan partikel terlarut dalam air baik yang bersifat organik maupun anorganik. Zat organik berasal dari lapukan tanaman dan hewan, sedangkan zat anorganik berasal dari lapukan batuan dan logam. Dengan adanya zat organik pada air dapat menjadi makanan bakteri sehingga mendukung

perkembangannya. Kekeruhan dalam air minum tidak boleh melebihi 5 NTU (Nephelometric Turbidity Unit) (Permenkes RI, 2010)

2.2.4 Derajat Keasaman (pH)

pH (Power of Hydrogen) menunjukkan adanya konsentrasi ion hydrogen dalam air yang dapat menjelaskan derajat keasaman suatu perairan (Effendi, 2003). Rentang pH yang cocok untuk keberadaan kehidupan biologis yang paling sesuai adalah 6-9. Air dengan pH ekstrim sulit diolah secara biologi. Jika pH tidak diolah sebelum dialirkan, maka air akan mengubah pH secara alami. pH dapat diukur dengan alat pH meter dan kertas pH beserta indikator warna pH yang dijadikan patokan (Metcalf & Eddy, 2003).

2.2.5 TSS (Total Suspended Solid)

Total Suspended Solid (TSS) merupakan materi atau bahan tersuspensi yang menyebabkan kekeruhan air terdiri dari lumpur, pasir halus serta jasad-jasad renik yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi yang terbawa badan air. Zat padat tersuspensi merupakan bahan pembentuk endapan yang paling awal dan dapat menghalangi kemampuan produksi zat organik di suatu perairan. Penetrasi cahaya matahari ke permukaan dan bagian yang lebih dalam tidak berlangsung efektif akibat terhalang oleh zat padat tersuspensi, sehingga fotosintesa tidak berlangsung sempurna (Tarumingkeng & Patty, 2019).

Total padatan tersuspensi suatu perairan merupakan material yang halus dalam air yang mengandung lanau, bahan organik, mikroorganisme, limbah industri dan rumah tangga yang dapat diketahui beratnya setelah disaring dengan kertas saring berukuran 0,042 mm (Mustofa, 2017).

2.2.6 TDS (Total Dissolved Solid)

TDS merupakan jumlah padatan yang berasal dari materi-material terlarut yang dapat melewati filter yang lebih kecil daripada 2 μm . Kandungan TDS dalam air juga dapat memberi rasa pada air yaitu air menjadi seperti garam, sehingga jika air

yang mengandung TDS terminum, maka akan terjadi akumulasi garam di dalam ginjal manusia, sehingga lama-kelamaan akan mempengaruhi fungsi fisiologis ginjal. Perubahan salinitas, perubahan komposisi ion-ion, dan toksisitas masing-masing ion merupakan bahaya dari perubahan dalam konsentrasi TDS. Perubahan yang terjadi dalam salinitas dapat mengganggu keseimbangan biota air, biodiversitas, menimbulkan spesies yang kurang toleran, dan menyebabkan toksisitas yang tinggi pada tahapan hidup suatu organisme (Weber-Scannell, 2007).

2.2.7 COD (Chemical Oxygen Demand)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah bahan organik yang ada pada air sungai/limbah yang dapat dioksidasi secara kimia menggunakan dikromat dalam keadaan/larutan asam. Nilai COD selalu lebih tinggi daripada BOD ultimate meskipun nilai keduanya bisa saja sama tetapi hal tersebut sangat jarang. Hal tersebut dapat terjadi karena banyak zat organik yang sulit teroksidasi secara biologis, contohnya lignin yang hanya dapat teroksidasi secara kimia, zat anorganik yang dioksidasi dikromat meningkatkan kandungan organik pada sampel, zat organik tertentu dapat meracuni mikroorganisme yang dibutuhkan untuk pengujian BOD, nilai COD yang tinggi dapat terjadi karena adanya zat anorganik yang bereaksi dengan dikromat (Metcalf & Eddy, 2003).

2.2.8 BOD (Biological Oxygen Demand)

Biological Oxygen Demand (BOD) atau kebutuhan oksigen biologis adalah suatu analisa empiris yang mencoba mendekati secara global proses-proses biologis yang benar-benar terjadi dalam air. BOD sebagai ukuran jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh populasi mikroba di perairan sebagai tanggapan terhadap masuknya bahan organik yang terdekomposisi. Dari istilah ini dapat disimpulkan bahwa meskipun nilai BOD menunjukkan jumlah oksigen, demi kesederhanaan itu juga dapat diartikan sebagai gambaran dari jumlah bahan organik yang dapat terurai secara hayati di perairan (Mays, 1996). BOD menunjukkan jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh proses respirasi mikroba aerob yang terdapat dalam botol besar daripada kadar bahan

organik. Sebaliknya, perairan rawa memiliki kadar bahan organik yang lebih besar daripada kadar bahan anorganik terlarut.

2.2.9 Coliform

Koliform termasuk golongan mikroorganisme yang sering digunakan sebagai indikator air. Bakteri ini mampu menentukan apakah suatu sumber air telah terkontaminasi oleh patogen atau tidak (Adrianto, 2018). Total coliform adalah kelompok bakteri yang termasuk di dalamnya bakteri jenis aerobik dan fakultatif anaerobik, dimana merupakan bakteri gram negative. Sebagian besar bakteri total coliform adalah heterotropik dan dapat bertambah jumlahnya di air dan tanah. Total coliform juga dapat bertahan dan bertambah banyak jumlahnya di sistem distribusi air, terutama jika kondisinya memungkinkan. Keberadaan total coliform dapat berasal dari tinja manusia atau hewan dan dapat pula berada secara alamiah di dalam air. Total coliform hanyalah sebagai indikator yang digunakan untuk mengindikasikan bahwa bisa saja terdapat mikroba lain dalam air tersebut, misalnya mikroba patogen seperti *Giardia*, *Cryptosporidium*, *E.coli*, dan lain-lain (Asyina dkk, 2019).

2.3 Bangunan Pengolahan Air Minum

2.3.1 Intake dan screen

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

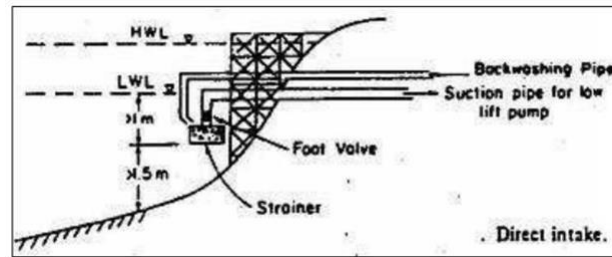
1. Penempatan bangunan penyadap (*intake*) harus aman terhadap polusi yang disebabkan pengaruh luar (pencemaran oleh manusia dan makhluk hidup lain);

2. Penempatan bangunan pengambilan pada lokasi yang memudahkan dalam pelaksanaan dan aman terhadap daya dukung alam (terhadap longsor dan lain-lain);
3. Konstruksi bangunan pengambilan harus aman terhadap banjir air sungai, terhadap gaya guling, gaya geser, rembesan, gempa dan gaya angkat air (*up-lift*);
4. Penempatan bangunan pengambilan diusahakan dapat menggunakan sistem gravitasi dalam pengoperasiannya;
5. Dimensi bangunan pengambilan harus mempertimbangkan kebutuhan maksimum harian;
6. Dimensi inlet dan outlet dan letaknya harus memperhitungkan fluktuasi ketinggian muka air;
7. Pemilihan lokasi bangunan pengambilan harus memperhatikan karakteristik sumber air baku;
8. Konstruksi bangunan pengambilan direncanakan dengan umur pakai (lifetime) minimal 25 tahun;
9. Bahan / material konstruksi yang digunakan diusahakan menggunakan material lokal atau disesuaikan dengan kondisi daerah sekitar (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007).

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

1. Bangunan Penyadap Langsung (*Direct Intake*)

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



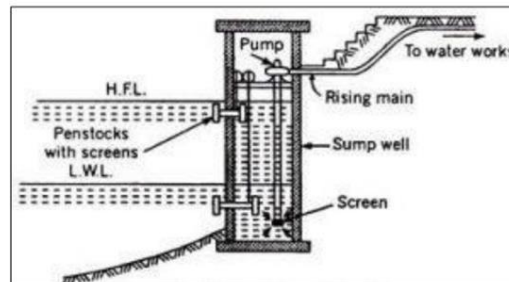
Gambar 2. 1 Direct Intake

Sumber: ([Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minu \(123dok.com\)](http://Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minu (123dok.com)))

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

a. River Intake

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

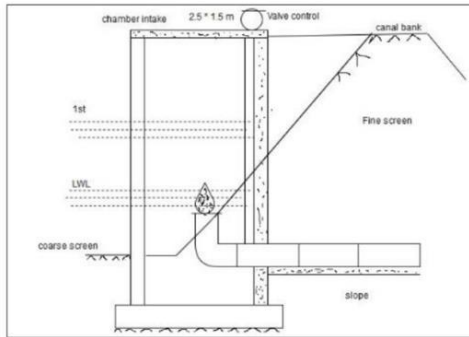


Gambar 2. 2 River Intake

Sumber: ([Intake Structure | Types Of Intake | Design And Construction Important Factors \(dreamcivil.com\)](http://Intake Structure | Types Of Intake | Design And Construction Important Factors (dreamcivil.com)))

b. Canal Intake

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: ([Explain various types of intake structures. \(ques10.com\)](https://www.quora.com/Explain-various-types-of-intake-structures))

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 bar screen. Screen sendiri bertujuan untuk menghilangkan sampah padat seperti kertas, plastik, atau kain yang dapat merusak dan menyumbat aliran air, pipa dan pompa. Pemilihan bar screen dirasa sangat merusak dan menyumbat aliran air, pipa dan pompa. Pemilihan bar 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)

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

Gambar 2. 4 Koefisien kekasaran pipa HDPE

(Sumber : Tabel Koefisien kekerasan HDPE Institute, 2005)

6. Mencari head losses minor (Hm)

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

Keterangan :

Hm = minor losses (m)

K = koefisien kehilangan energi

V = kecepatan (m/s)

g = percepatan gravitasi (m²/s)

Tabel 2. 1 Nilai K untuk kehilangan energi

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

Check valve (20 in) 51 cm	2,5
90° elbow (20 in) 51 cm	0,3
Gate valve (20 in) 51 cm	0,19
Tee (20 in x 20 in) 50 cm x 50 cm	1,8

7. Mencari slope pipa

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

Keterangan :

S = slope pipa (m/m)

L = Panjang pipa (m)

H_f = 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 (h_v)

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

keterangan :

h_v = velocity head (m)

v = kecepatan (m/s)

g = percepatan gravitasi (m²/s)

10. Headloss melalui screen (H_{fscreen})

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

Keterangan :

β = Koefisien minor losses (m)

w = lebar bar (cm)

b = jarak antar bar (cm)

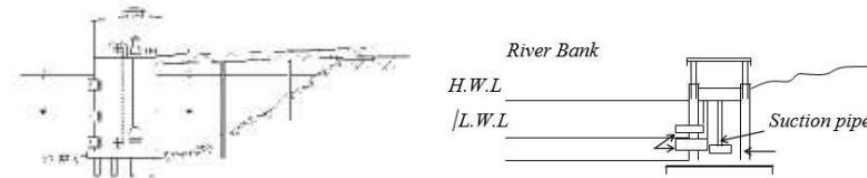
Tabel 2. 2 Faktor minor losses bar

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 - 1cm 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. 5 Share Intake dan River Intake

Adapun rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung screem 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 + 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

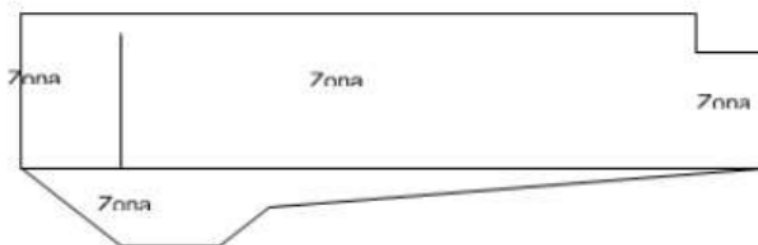
$$H_f = \frac{1}{C_c} \times \frac{V_i^2 - v^2}{2 \times g}$$

2.3.2 Prasedimentasi

Prasedimentasi biasa digunakan untuk menghilangkan partikel padat seperti kerikil dan pasir yang berasal dari air sungai sebelum dipompa ke unit pengolahan. Prasedimentasi merupakan salah satu unit pada bangunan pengolahan air minum yang umumnya digunakan sebagai pengolahan pendahuluan. Bentuk unit prasedimentasi yang umum digunakan adalah rectangular dan circular serta terdiri dari empat zona, yaitu zona inlet, zona pengendapan, outlet, dan zona lumpur. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengendapan adalah overflow rate, $v_{horizontal}$ (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 Tempat memperhalus aliran transisi dari zona settling ke aliran efluen serta mengatur debit efluen (Qasim et al., 2000).



Gambar 2. 6 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. 3 Desain Tipikal Prasedimentasi

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

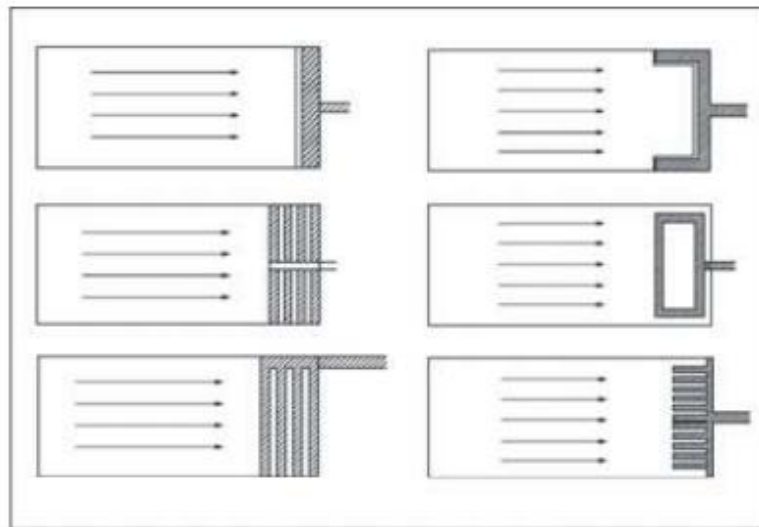
(Sumber: Metcalf & Eddy. 2003. Hal 398)

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. 4 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.

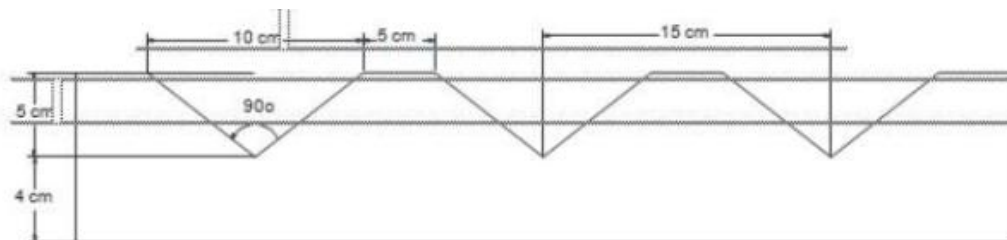


Gambar 2. 7 Beragam Susunan Pelimpah Pada Outlet

(Sumber : Qasim et al., 2000)

A. Bak prasedimentasi Berbentuk Rectangular

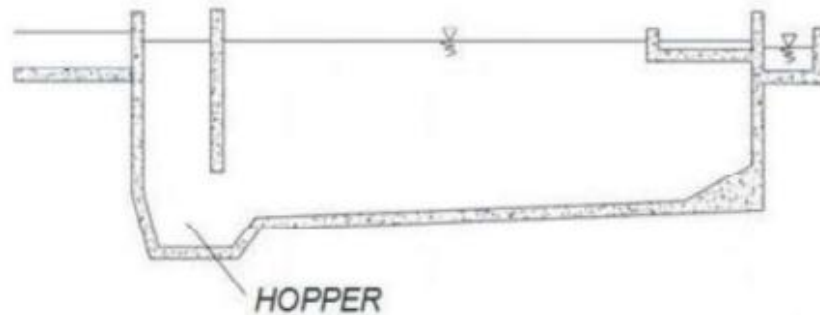
Pemilihan desain outlet sangat tergantung pada lebar bak, debit air yang dialirkan serta weir loading rate, sehingga pada saat menetapkan bentuk outlet, ketiga hal tersebut harus dipertimbangkan. Jenis pelimpah yang umumnya digunakan adalah bentuk rectangular dan v-notch, namun v-notch lebih banyak digunakan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



Gambar 2. 8 Contoh v-notch

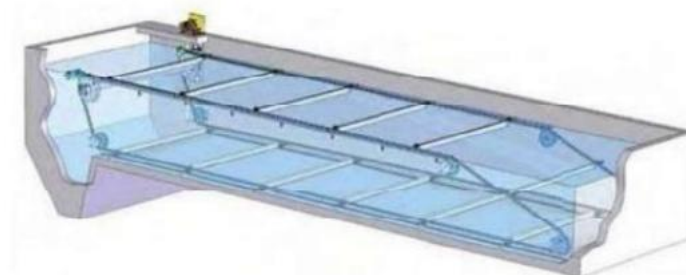
(Sumber : Fair dkk., 1981)

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.

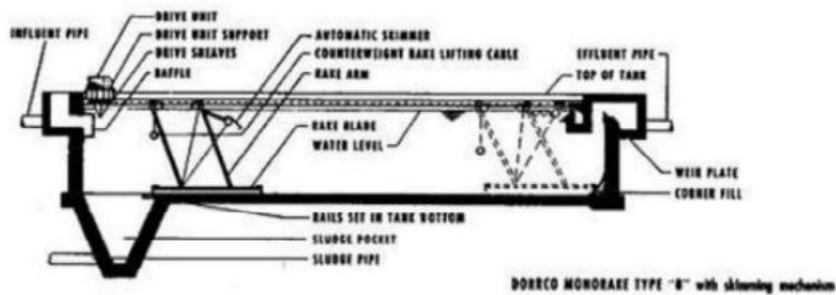


Gambar 2. 9 Hopper pada Bak Prasedimentasi Bentuk Rectangular

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:

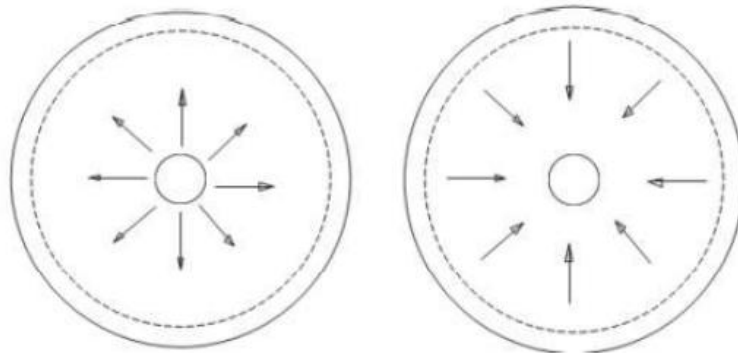


Gambar 2. 10 (a) Sketsa Peralatan Pembersih Lumpur Tipe Chain and Flight, (b) Peralatan Pembersih Lumpur Tipe Chain and Flight 3 Dimensi (Sumber: (a) Huisman, 1977 dan (b) Finnchain Oy)



Gambar 2. 11 Sketsa Peralatan Pembersih Lumpur Tipe Travelling Bridge (Sumber: Huisman, 1977)

B. Bak Prasedimentasi Berbentuk Circular



Gambar 2. 12 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

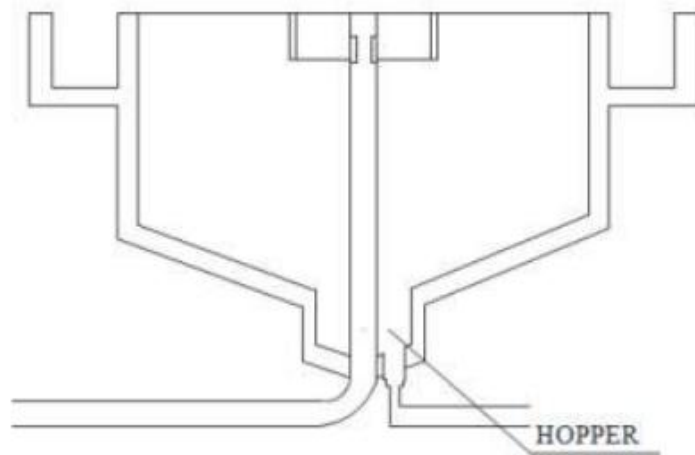
Berdasarkan hasil pembahasan zona pengendapan, maka inlet yang paling tepat adalah terletak di tengah atau tipe center feed. Inlet bak tersebut dapat beragam, misalnya air dibiarkan melimpah melalui inlet di tengah bak

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.

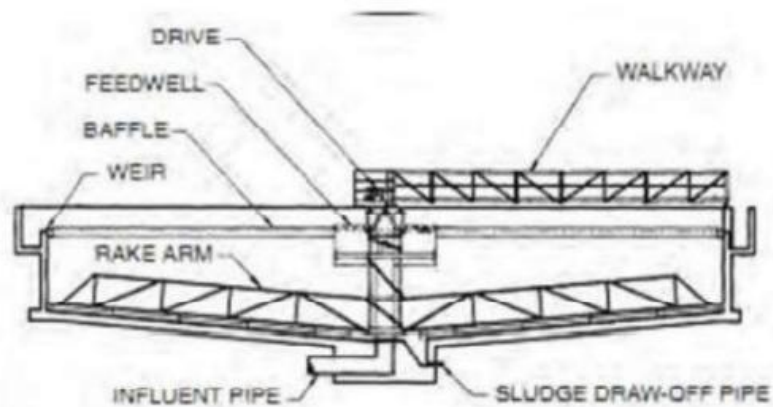
3) Zona Outlet

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. 13 Hopper pada Bak Prasedimentasi Bentuk Circular



Gambar 2. 14 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.

2.3.3 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) :

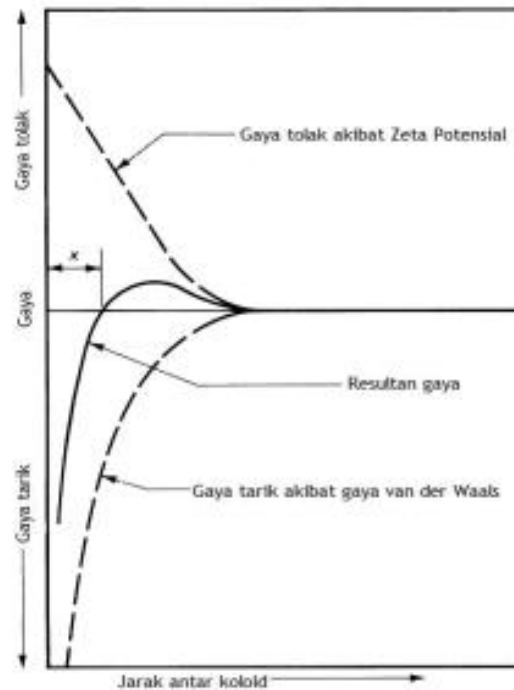
1. Gaya Van der Waals Gaya ini adalah gaya tarik antara dua massa, dan besarnya bergantung pada jarak di antara keduanya
2. Gaya elektrostatis adalah gaya utama yang menjaga suspensi koloid dalam keadaan stabil. Kebanyakan koloid diisi oleh oksida logam yang umumnya bermuatan positif, sedangkan oksida 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. 5 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. 6 Gaya – gaya pada koloid

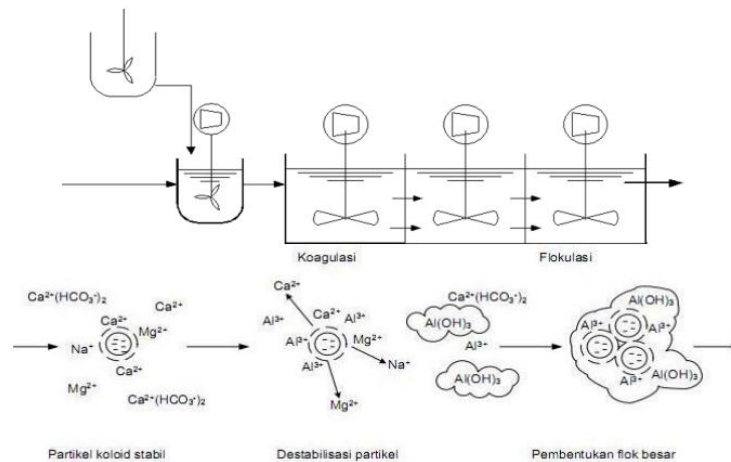


(Sumber: Ali Masduqi, Abdul F. Assomadi, 2012)

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. 15 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. 16 penelitian laboratorium menggunakan jar tester

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan Air	pH Optimum
Aluminium sulfat	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ $x = 14, 16, 18$	Bongkah, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
Sodium aluminat	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$	Bubuk	Basa	6,0 – 7,8
Polyaluminium Chloride, PAC	$\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$	Cairan, Bubuk	Asam	6,0 -7,8
Ferri sulfat	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	Kristal halus	Asam	4-9
Ferri klorida	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Bongkah, cairan	Asam	4-9
Ferro sulfat	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Kristal halus	Asam	>8,5

Sumber: Sugiarto, 2006

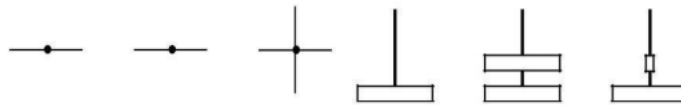
Penambahan dosis koagulan yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan kekeruhan yang lebih rendah. Dosis koagulan yang dibutuhkan untuk pengolahan air tidak dapat diperkirakan berdasarkan kekeruhan, tetapi harus ditentukan melalui percobaan pengolahan. Tidak setiap kekeruhan yang tinggi membutuhkan dosis 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:

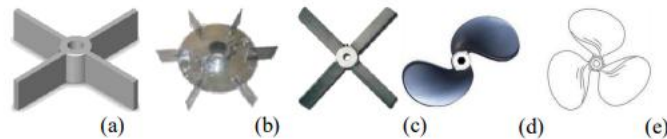
1. Pengaruh pH Pada koagulan terdapat range pH optimum. Luasnya range pH koagulan ini dipengaruhi oleh jenis-jenis konsentrasi koagulan yang dipakai. Hal ini penting untuk menghindari adanya kelarutan koagulan. Proses koagulan pH yang terbaik adalah 7 (netral).
2. Pengaruh Temperatur Pada temperatur 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 mikroflok 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 mikroflok. Pada proses koagulasi ini pengadukan dilakukan dengan cepat. Air yang memiliki kekeruhan rendah memerlukan pengadukan yang lebih banyak dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan tinggi.
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. 17 Tipe Paddle (a) Tampak atas, (b) tampak samping (Sumber: Qasim, 1985)



Gambar 2. 18 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. 7 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. 8 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
- $G = 10-50 \text{ detik}^{-1}$

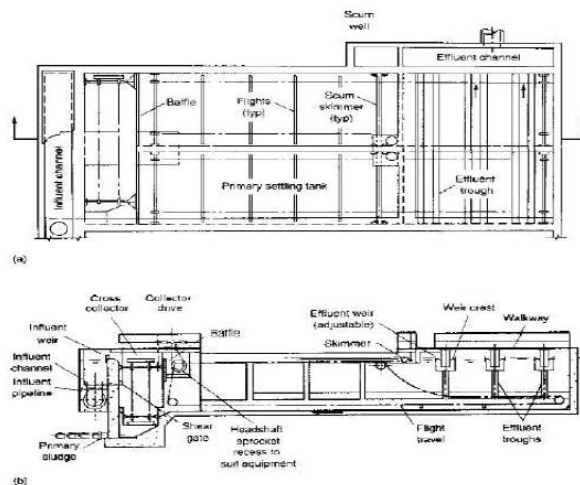
7. Presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)

- Waktu detensi = 15-30 menit
- $G = 20-75 \text{ detik}^{-1}$
- GTd = 10.000-100.000 (Masduqi & Assomadi, 2012:110)

2.3.4 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 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. 19 Denah dan Potongan Sedimentasi Rectangular

Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan 45 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).

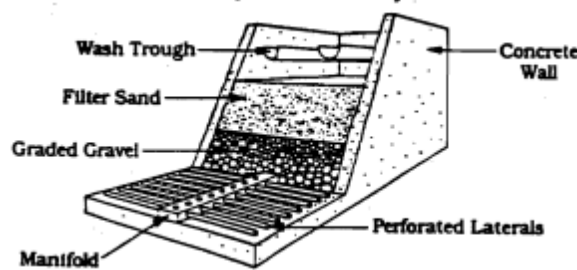
2.3.5 Filtrasi

Menurut Al-Layla pada tahun 1980, 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 :

- a. Proses penyaringan yang terjadi di setiap lapisan permukaan filter.
- b. Proses sedimentasi di dalam filter
- c. Kontak antara partikel flok dengan lapisan kerikil atau dengan flok yang sudah terkumpul di atas lapisan filter
- d. Proses adsorpsi atau proses elektrokinetik
- e. Proses koagulasi di dalam filter
- f. Proses biologis di dalam filter
- g. Penggabungan zat-zat koloid di dalam filter

Pada prosesnya, partikel tersuspensi yang ukuran nya 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.



Gambar 2. 20 Bagian – bagian filter

Sumber : Reynolds & Richard, 1996

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 pada tahun 1980, pada proses purifikasi air, *rapid sand filters* memiliki hasil effluent yang lebih baik jika dibandingkan dengan *slow sand filters*. Kecepatan pada *rapid sand filters* ini cukup tinggi dan laju filtrasi nya berkisar antara $4-5 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hr}$ (namun terkadang laju filtrasi nya dapat lebih dari $6 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hr}$). Ukuran pasir efektif yang digunakan pada filter ini berkisar antara 0,450,55 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 (Al-Layla, 1978).

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

Media filter dapat tersusun dari pasir silika alami, anthrazit, atau pasir garnet. Media ini umumnya memiliki variasi dalam ukuran, bentuk dan komposisi kimia. Pemilihan media filter yang digunakan dilakukan dengan analisis ayakan. Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif dan keseragaman media yang diinginkan. *Effective Size* (ES) atau ukuran efektif media filter adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10% dari total kedalaman lapisan media filter atau 10% dari fraksi berat, ini sering dinyatakan sebagai P10 (persentil 10). P10 yang dapat dihitung dari rasio ukuran rata-rata dan standar deviasinya (Al-Layla, 1978).

Uniformity Coefficient (UC) atau koefisien keragaman adalah angka keseragaman media filter yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60 % fraksi berat terhadap ukuran (size). Kriteria untuk keperluan rapid sand filter adalah :

Single media pasir :

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

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

Untuk dual media :

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

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

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

Tabel 2. 9 Kriteria Perencanaan Filter Pasir Cepat

No.	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antarsaringan
1.	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6 – 11	6 – 11
2.	Pencucian : Sistem pencucian Kecepatan (m/jam) Lama pencucian (menit) Periode antar dua pencucian (jam) Ekspansi (%)	Tanpa/dengan blower & atau surface wash 36 – 50 10 – 15 18 – 24 30 – 50	Tanpa/dengan blower & atau surface wash 36 – 50 10 – 15 18 – 24 30 – 50
3.	Dasar filter a. 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) b. Filter nozel - Lebar slot nozel (mm) - Persentase luas slot nozel 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

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 energy (headloss) 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 – 35% (Droste, 1997). Lama pencucian sekitar 3 – 15 menit. Ada beberapa sistem pencucian filter yaitu :

- Menggunakan menara air
- Interfilter

2.3.6 Desinfeksi

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 disinfeksi secara umum ada dua, yaitu cara fisik dan cara kimiawi. Desinfeksi secara fisik adalah perlakuan fisik terhadap mikroorganisme, yaitu panas dan cahaya yang mengakibatkan matinya mikroorganisme. Sedangkan metode disinfeksi secara kimiawi adalah memberikan bahan kimia ke dalam air sehingga terjadi kontak antara bahan tersebut dengan mikroorganisme yang berakibat matinya mikroorganisme tersebut.

Desinfeksi secara kimia menggunakan larutan kaporit, gas klor, dan gas ozon. Sedangkan disinfeksi 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 amina
5. Mengoksidasi fenol menjadi fenol yang tidak berbahaya

Macam-macam faktor yang mempengaruhi efisiensi desinfeksi adalah :

1. Waktu kontak
2. Konsentrasi desinfeksi
3. Jumlah mikroorganisme
4. Temperatur air
5. pH

Calcium Hypochlorite ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) umum disebut pula kaporit. Di Indonesia untuk mendesinfeksi air minum banyak digunakan kaporit sebagai desinfektan, terutama oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). bila kaporit dilarutkan ke dalam air maka akan menghasilkan atom-atom zat asam. Atom-atom zat asam inilah yang sebenarnya aktif membunuh bakteri-bakteri, karena bakteri-bakteri dioksidir (di “ bakar “). Bakteri-bakteri juga mempunyai enzim dan oleh atom-atom zat asam enzim dioksidir sehingga bukan saja enzim tapi seluruh sel bakteri rusak. Karena rusak bakteri-bakteri pun mati. Menurut Mursid, 1991, kaporit lebih sering dipergunakan dari pada CaOCl_2 (*Chloride of Lime*), karena sifatnya yang lebih stabil dan lebih melarut dalam air. Kaporit berupa bubuk dan bersifat higroskopis, karena itu menyimpan kaporit harus ditutup rapat (Ali, 2010). Kalsium Hipoklorit atau yang sering dikenal dengan kaporit merupakan senyawa klor berbentuk bubuk atau tablet.

Kaporit bila ditambahkan ke dalam air akan terhidrolisis menghasilkan ion klor dan asam hipoklorit (Komala & Agustina, 2014).

2.3.7 Reservoir

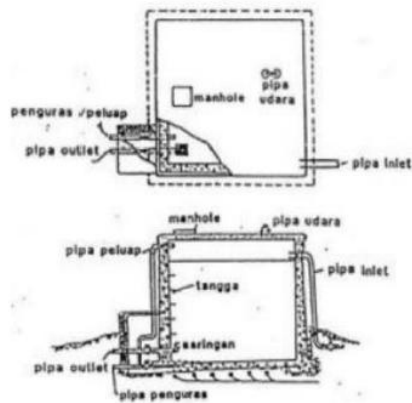
Reservoir adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya reservoir ini diperlukan pada suatu system penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Reservoir mempunyai fungsi dan peranan tertentu yang diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan 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. 21 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. 22 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.

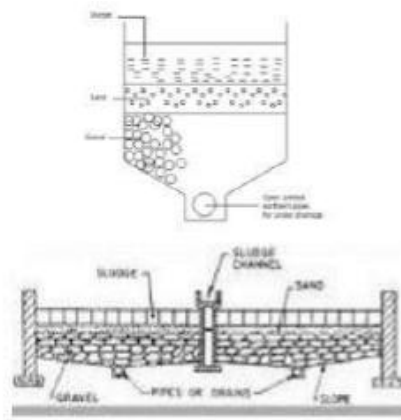
3. Reservoir Fiberglass

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

2.3.8 Sludge Drying Bed

Sludge Drying Bed pada umumnya digunakan untuk pengumpulan padatan lumpur / *sludge* dengan ukuran padatan yang relatif kecil hingga sedang. Dalam prosesnya, lumpur / *sludge* diletakkan pada kolam memiliki kedalaman lapisan. Lumpur yang berkisar antara 200-300 mm. Pengurangan kadar air dalam *sludge drying bed* terjadi karena adanya saluran drainase yang terletak di dasar kolam dan akibat proses penguapan. Kebanyakan hilangnya kadar air dari *sludge drying bed* diakibatkan oleh pengurasan pada saluran drainase. *Sludge drying bed* pada umumnya dilengkapi dengan saluran drainase lateral (pipa PVC berpori atau pipa yang diletakkan di dasar dengan *open joint*) (Metcalf & Eddy et al., 2007).

Saluran drainase memiliki persyaratan minimal kemiringan yaitu sekitar 1% (0,01 m/m) dengan jarak antar saluran drainase pada masing-masing partisi sekitar 2,5-6 m. Saluran drainase juga harus terlindung dari lumpur secara langsung sehingga diperlukan media yang mampu menutupi saluran drainase pada *sludge drying bed*. Media tersebut pada umumnya berupa kerikil dan juga pecahan batu yang disusun dengan ketebalan antara 230-300 mm. Ketebalan yang diatur sedemikian rupa memiliki fungsi guna menghambat laju air dan meminimasi masuknya lumpur ke dalam saluran drainase. Pasir yang digunakan pada media penyangga juga memiliki batasan koefisien keseragaman yang tidak lebih dari 4 dan memiliki *effective size* antara 0,3-0,75. Area pengeringan memiliki dimensi lebar yang dibatasi pada 6 m dengan panjang yang berkisar antara 6-30 m dan kedalaman yang berkisar antara 380-460 mm. Bahan beton disarankan digunakan sebagai bahan penyusun bangunan *sludge drying bed* (Metcalf & Eddy et al., 2007).



Gambar 2. 23 Sludge Drying Bed

Sumber : Metcalf and Eddy, 2007

Pipa inlet pada bangunan *sludge drying bed* harus dirancang dengan kecepatan minimal 0,75 m/s dan memungkinkan untuk terjadinya proses pengurasan pada saluran drainase. Pipa besi dan PVC merupakan jenis pipa yang paling sering digunakan. Sistem penyaluran *sludge* dilakukan dengan mengalirkan air tegak lurus dengan posisi

sludge drying bed guna mengurangi kecepatan alir saat *sludge* memasuki bangunan pengering.

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

Sludge drying bed yang sedang digunakan untuk proses pengeringan lumpur hendaknya ditutup guna mengisolasi dan mengantisipasi tersebarnya bau yang mungkin ditimbulkan. Akan tetapi, apabila reaktor dirancang untuk dibiarkan terbuka, hendaknya reaktor *sludge drying bed* dibangun pada jarak minimal 100 m dari lokasi hunian penduduk guna mengantisipasi pencemaran udara yang diakibatkan oleh bau (Metcalf & Eddy et al., 2007).

2.4 Profil Hidrolis

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