

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Baku

Dalam merencanakan pengolahan air baku yang digunakan yaitu air permukaan dari air sungai Sedati, Sidoarjo, yang memiliki beberapa karakteristik sebagai berikut:

2.1.1 Suhu

Suhu air sebaiknya sejuk atau tidak panas terutama agar: Tidak terjadi pelarutan zat kimia yang ada pada saluran/ pipa, yang dapat membahayakan kesehatan. Menghambat reaksi reaksi biokimia di dalam saluran/ pipa. Mikroorganisme patogen tidak mudah berkembang biak, dan Bila diminum dapat menghilangkan dahaga (Effendi, 2003).

2.1.2 Total Suspended Solid (TSS)

TSS (*Total Suspended Solid*) merupakan senyawa berbentuk padat yang tersuspensi berada di dalam air. Padatan ini dapat berasal dari mineral-mineral misalnya silt, pasir yang sangat halus, lempung, atau dari zat hasil penguraian jasad makhluk hidup. TSS juga dapat berasal dari mikroorganisme seperti plankton, bakteri, alga, virus, dan lain-lainnya. TSS menyebabkan kekeruhan atau warna dalam air (Said, 2017).

TSS adalah bahan tersuspensi yang mengakibatkan kekeruhan air, terdiri dari pasir halus, lumpur, serta jasad-jasad renik yang berasal dari kikisan tanah atau erosi yang terbawa badan air (Effendi, 2003).

2.1.3 Total Dissolved Solid (TDS)

Total Dissolved Solid (TDS) atau padatan terlarut adalah padatan-padatan yang mempunyai ukuran lebih kecil dari padatan tersuspensi. Bahan-bahan terlarut pada perairan alami tidak bersifat toksik, akan tetapi jika berlebihan dapat meningkatkan nilai kekeruhan yang selanjutnya akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam air dan akhirnya berpengaruh terhadap proses fotosintesis di perairan. Tingginya kadar TDS apabila tidak dikelola dan

diolah dapat mencemari badan air. Selain itu juga dapat mematikan kehidupan akuatik, dan memiliki efek samping yang kurang baik pada kesehatan manusia karena mengandung bahan kimia dengan konsentrasi yang tinggi antara lain fosfat, surfaktan, ammonia, dan nitrogen serta kadar padatan tersuspensi maupun terlarut, kekeruhan, BOD5, dan COD yang tinggi (Ahmad, J. and El-Dessouky, 2008).

2.1.4 pH

pH (*Power of Hydrogen*) menunjukkan adanya konsentrasi ion hidrogen 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).

2.1.5 Dissolved Oxygen (DO)

Dissolved Oxygen (DO) adalah jumlah oksigen terlarut dalam air yang berasal dari fotosintesis dan absorpsi atmosfer atau udara. DO di suatu perairan sangat berperan dalam proses penyerapan makanan oleh makhluk hidup dalam air. Untuk mengetahui kualitas air dalam suatu perairan, dapat dilakukan dengan mengamati beberapa parameter kimia seperti DO. Semakin banyak jumlah DO, maka kualitas air semakin baik. Jika kadar oksigen terlarut yang terlalu rendah akan menimbulkan bau yang tidak sedap akibat degradasi anaerobik yang mungkin saja terjadi (Salmin, 2005).

2.1.6 Chemical Oxygen Demand (COD)

COD (*Chemical Oxygen Demand*) merupakan banyaknya oksigen dalam ppm yang diperlukan dalam kondisi khusus untuk menguraikan zat organik menggunakan bahan kimiawi atau oksidator kuat (potassium dikromat) (Qasim, 1985). Secara kimia bahan organik diuraikan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi panas dan asam menggunakan katalisator

perak sulfat (Metcalf & Eddy, 1991). Hal ini mengakibatkan seluruh bahan organik, baik yang mudah terurai maupun yang kompleks dan sulit terurai akan teroksidasi menjadi gas H₂O dan gas CO₂ serta sejumlah ion krom. Dengan menggunakan oksidator kalium bikromat, diperkirakan bahan organik dapat dioksidasi sekitar 95%-100% (Effendi, 2003).

Jika air limbah mempunyai rasio BOD/COD ≥ 0.5 , maka dapat diolah menggunakan proses biologi. Jika air limbah mempunyai rasio BOD/COD < 0.3 , maka air limbah tidak dapat diolah menggunakan proses biologi akibat kemungkinan adanya senyawa racun yang tidak sesuai dengan kondisi yang diperlukan oleh mikroorganisme pendegradasi. Uji nilai COD bertujuan untuk mengukur kebutuhan oksigen yang diakibatkan oleh oksidasi kimia dari bahan organik (Sperling, 2007).

2.2 Standar Kualitas Air Baku

Standar Kualitas Air Baku di Indonesia dapat dilihat pada PP No. 22 tahun 2021 dan juga Peraturan menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Air baku ini berasal dari air sungai atau sumber air baku lainnya yang harus memiliki mutu baik, bersih atau jernih, tidak berwarna dan berbau dan layak untuk didistribusikan kepada masyarakat luas. Kualitas air baku dapat diklasifikasikan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

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

tanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

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

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Sungai dan Sejenisnya

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
1	Temperatur	°C	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Perbedaan dengan suhu udara di atas permukaan air
2	Padatan terlarut total (TDS)	mg/L	1000	1000	1000	2000	Tidak berlaku untuk muara
3	Padatan terlarut tersuspensi (TSS)	mg/L	4-	50	100	400	
4	Warna	Pt-Co Unit	15	50	100	-	Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alaminya)
5	Derajat keasaman (pH)		6-9	6-9	6-9	6-9	Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alaminya)
6	Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD)	mg/L	2	3	6	12	
7	Kebutuhan oksigen kimiawi (COD)	mg /L	10	25	40	80	

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
8	Oksigen terlarut (DO)	mg /L	6	4	3	1	Batas minimal
9	Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg /L	300	300	300	400	
10	Klorida (Cl ⁻)	mg /L	300	300	300	600	
11	Nitrat (Sebagai N)	mg /L	10	10	20	20	
12	Nitrit (sebagai N)	mg /L	0.06	0.06	0.06	-	
13	Amoniak (sebagai N)	mg /L	0.1	0.2	0.5	-	
14	Total nitrogen	mg /L	15	15	25	-	
15	Total fosfat (sebagai P)	mg /L	0.2	0.2	1.0	-	
16	Fluorida (F)	mg /L	1	1.5	1.5	-	
17	Belerang sebagai H ₂ S	mg /L	0.002	0.002	0.002	-	
18	Sianida (CN)	mg /L	0.02	0.02	0.02	-	
19	Klorin bebas	mg /L	0.03	0.03	0.03	-	Bagi air baku air minum tidak dipersyaratkan
20	Barium (Ba) terlarut	mg /L	1.0	-	-	-	
21	Boron (B) terlarut	mg /L	1.0	1.0	1.0	1.0	
22	Merkuri (Hg) terlarut	mg /L	0.001	0.002	0.002	0.005	
23	Arsen (As) terlarut	mg /L	0.005	0.005	0.005	0.10	
24	Selenium (Se) terlarut	mg /L	0.01	0.05	0.05	0.05	
25	Besi (Fe) terlarut	mg /L	0.3	-	-	-	

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
26	Kadmium (Cd) terlarut	mg /L	0.01	0.01	0.01	0.01	
27	Kobalt (Co) terlarut	mg /L	0.2	0.2	0.2	0.2	
28	Mangan (Mn) terlarut	mg /L	0.1	-	-	-	
29	Nikel (Ni) terlarut	mg /L	0.05	0.05	0.05	0.1	
30	Seng (Zn) terlarut	mg /L	0.05	0.05	0.05	2	
31	Tembaga (Cu) terlarut	mg /L	0.02	0.02	0.02	0.2	
32	Timbal (Pb) terlarut	mg /L	0.03	0.03	0.03	0.5	
33	Kromium heksavalen (Cr-VII)	mg /L	0.05	0.05	0.05	1	
34	Minyak dan lemak	mg /L	1	1	1	10	
35	Deterjen total	mg /L	0.2	0.2	0.2	-	
36	Fenol	mg /L	0.002	0.005	0.01	0.02	
37	Aldrin/Dieldrin	g/L	17	-	-	-	
38	BHC	g/L	210	210	210	-	
39	Chlordance	g/L	3	-	-	-	
40	DDT	g/L	2	2	2	-	
41	Endrin	g/L	1	4	4	-	
42	Heptachlor	g/L	18	-	-		
43	Lindane	g/L	56	-	-		

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
44	Methoxychlor	g/L	35	-	-		
45	Toxapan	g/L	5	-	-	-	
46	Fecal Coliform	MPN/100 mL	100	1000	2000	2000	
47	Total Coliform	MPN/100 mL	1000	5000	10000	10000	
48	Sampah		nihil	nihil	nihil	nihil	
49	Radioaktivitas						
	Gross-A	Bq/L	0.1	0.1	0.1	01	
	Gross-B	Bq/L	1	1	1	1	

Sumber: Lampiran VI PP Nomor 22 Tahun 2021

Pada tugas perancangan bangunan pengolahan air ini digunakan standar kualitas air kelas 2, dikarenakan pada perancangan ini dilakukan hanya sampai pada tahap air menjadi bersih, dimana air tersebut bisa dimanfaatkan untuk sarana/prasarana rekreasi air, pembudidayaan ikan tawar, peternakan, dan air untuk mengairi taman.

2.3 Bangunan Pengolahan Air Baku

2.3.1 Bangunan Penyadap (*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, 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.
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 bendungan dan mudah menggunakan menara intake. Menara *intake* dengan bendungan dibuat terpisah dan diletakkan di bagian hulu. Untuk mengatasi fluktuasi level muka air, maka inlet dengan beberapa level diletakkan pada menara.

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

Untuk *screen* pada perancangan kali ini menggunakan *coarse screen*. *Screen* bertujuan untuk menghilangkan sampah padat seperti kertas, plastik, atau kain yang dapat merusak dan menyumbat aliran air, pipa, dan pompa. Pemilihan *coarse screen* merupakan pilihan tepat dikarenakan dapat menghilangkan benda-benda berukuran besar yang memiliki ukuran 6-150 mm. Rumus-rumus yang digunakan untuk mencari besaran *intake* dapat dilakukan menggunakan rumusan seperti di bawah ini:

1. Mencari debit tiap *intake*

$$Q = \frac{Q \text{ kapasitas produksi}}{\Sigma \text{ pipa}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

Q = debit (m³/s)

Σ pipa = jumlah pipa *intake*

2. Mencari luas penampang pipa *intake*

$$A = \frac{Q \text{ pipa intake}}{v} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

A = luas penampang (m²)

Q = debit (m³/s)

v = kecepatan (m/s)

3. Mencari diameter pipa *intake*

$$D = \left[\frac{4 \times A}{\pi} \right]^{0,5} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

D = diameter pipa (m)

A = luas penampang (m²)

4. Rumus umum kecepatan (v)

$$v = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

v = kecepatan (m/s)

Q = debit (m³/s)

A = luas penampang (m²)

5. Head losses mayor sepanjang pipa

$$H_f = \left[\frac{10,67 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \right] \times L \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

H_f = headloss mayor (m)

Q = debit (m³/s)

L = Panjang pipa (m)

C = koefisien kekasaran pipa

D = diameter pipa (m)

Tabel 2. 2 Koefisien Kekasaran Pipa Haen-Williams

Jenis Pipa	Nilai Kekasaran Pipa (C)
<i>Extremely smooth and straight pipes</i>	140
<i>New Steel or Cast Iron</i>	130
<i>Wood, Concrete</i>	120

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

Sumber: Evett & Liu, 1987

6. *Head losses minor* (H_m)

$$H_m = \frac{K \times v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

H_m = *minor losses* (m)

k = koefisien kehilangan energi

v = kecepatan (m/s)

g = percepatan gravitasi (m^2/s)

Tabel 2. 3 Nilai k untuk Kehilangan Energi

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

Sumber; Qasim, 2000

6. Mencari *slope* pipa

$$S = \frac{H_f}{L} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

S = *slope* pipa (m/m)

H_f = *head losses* (m)

L = Panjang pipa (m)

7. Jumlah kisi pada bar screen (n)

$$D = n \times d \times (n+1) \times r \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

- n = jumlah kisi
- d = lebar batang kisi (m)
- r = jarak antar kisi (m)
- D = lebar screen (m)

8. Mencari velocity head (hv)

$$hv = \frac{vc^2}{2g} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan:

- hv = velocity head (m)
- v = kecepatan (m/s)
- g = percepatan gravitasi (m²/s)

9. Headloss melalui screen (Hf_{screen})

$$Hf_{screen} = \beta \times \left(\frac{w}{b}\right)^{4/3} \times Hv \times \sin \alpha \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan:

- β = koefisien *minor losses* (m)
- w = lebar bar (cm)
- b = jarak antar *bar* (cm)

Tabel 2. 4 Faktor Minor Losses Bar

Bentuk Bar	Nilai Minor Losses (β)
<i>Shaped 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

Sumber: Qasim, 2000

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 prasedimentasi terdiri dari empat ruangan fungsional yaitu:

1. Zona Inlet

Tempat memperhalus aliran transisi dari aliran influen ke aliran steady uniform di zona settling (pengendap), dalam keadaan alirannya laminar.

2. Zona Pengendapan

Merupakan tempat berlangsungnya proses pengendapan atau pemisahan partikel-partikel diskrit di air.

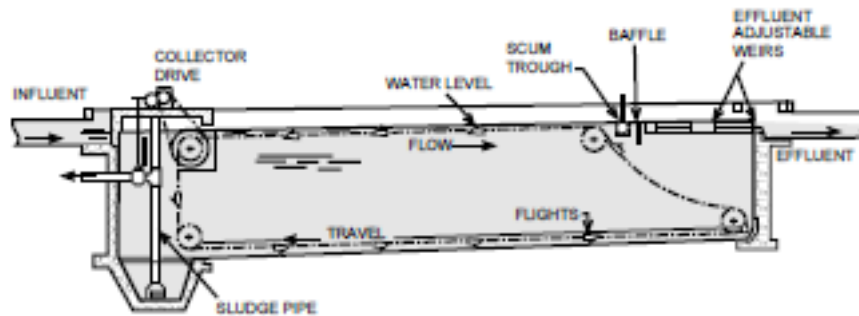
3. Zona Lumpur

Merupakan tempat menampung material yang diendapkan bersama lumpur endapan.

4. Zona Outlet

Merupakan tempat memperhalus aliran transisi dari zona settling ke aliran effluen serta mengatur debit effluen (Qasim el al., 2000).

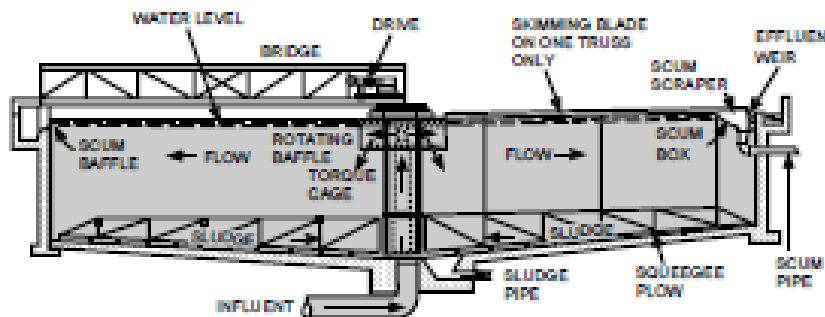
Bak sedimentasi bisa berbentuk *rectangular*, *square*, atau *circular*. Jenis bak yang sering digunakan yaitu bak berbentuk *rectangular* dan *circular*. Gambar 2.1 dan 2.2 menunjukkan tampak samping bak berbentuk *rectangular* dan *circular* (Adams et al., 1999).



Sumber: (Adams et al., 1999)

Gambar 2. 1 Tampak Samping Bak Prasedimentasi *Rectangular*

Sumber:(Adams et al., 1999)



Gambar 2. 2 Tampak Samping Bak Prasedimentasi *Circular*

Menurut Metcalf & Eddy (2003) terdapat beberapa kriteria yang perlu diperhatikan untuk mendesain unit prasedimentasi, yaitu *detention time*, *overflow rate*, *average flow*, *Peak hourly flow*, dan *weir loading*. Kriteria desain unit prasedimentasi dapat dilihat pada tabel 2.5 dan 2.6 berikut.

Tabel 2. 5 Kriteria Desain Bak Prasedimentasi

Parameter	Satuan	Range	Typical
<i>Primary sedimentation tanks followed by secondary treatment</i>			
<i>Detention time</i>	h	1.5 - 2.5	2.0

Parameter	Satuan	Range	Typical
<i>Overflow rate</i>			
-Average flow	$m^3/m^2 \cdot d$	30 - 50	40
-Peak hourly flow	$m^3/m^2 \cdot d$	80 - 120	100
Weir Loading	$m^3/m \cdot d$	125 - 500	250
<i>Primary settling with waste activated sludge return</i>			
Detention time	h	1.5 - 2.5	2.0
<i>Overflow rate</i>			
-Average flow	$m^3/m^2 \cdot d$	24 - 32	28
-Peak hourly flow	$m^3/m^2 \cdot d$	48 - 70	60
Weir Loading	$m^3/m \cdot d$	125 - 500	250

Sumber: Metcalf & Eddy 2003, Halaman 398

Tabel 2. 6 Dimensi Bak Prasedimentasi Rectangular dan Circular

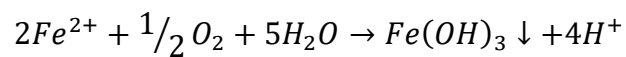
Parameter	Satuan	Range	Typical
<i>Rectangular</i>			
Depth	m	3 - 4.9	4.3
Length	m	15 - 90	24 - 40
Width	m	3 - 24	4.9 - 9.8
Flight speed	m/min	0.6 - 1.2	0.9
<i>Circular</i>			
Depth	m	3 - 4.9	4.3
Diameter	m	3 - 60	12 - 45
Bottom slope	m	1/16 - 1/6	1/12
Flight speed	m/min	0.02 - 0.05	0.03

Sumber: Metcalf & Eddy 2003, Halaman 398

2.3.3 Aerasi

Aerasi adalah suatu proses penambahan udara/oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat, dengan cara menyemprotkan air ke udara (air ke dalam udara) atau dengan memberikan gelembung-gelembung halus udara dan membiarkannya naik melalui air (udara ke dalam air). Perpindahan gas dari atmosfer ke air (penambahan oksigen terlarut) akan meningkatkan oksidasi besi, mangan, dan logam lain ke tingkat oksidasi yang lebih tinggi dan lebih tidak larut. Endapan ini akan menjadi dibuang di bak sedimentasi dan unit filtrasi (Droste, 1997).

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



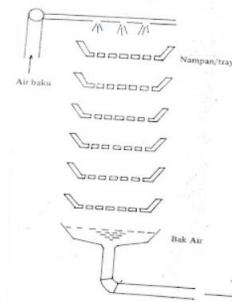
Pada jurnal Eko dkk, 2018, pengujian COD pada air wudhu setelah diaerasi menunjukkan penurunan kadar COD. Penurunan kadar COD terjadi karena terjadinya penambahan asupan oksigen ke dalam sampel limbah sehingga terjadi proses oksidasi oleh mikroorganisme yang menyebabkan penurunan senyawa organik pada sampel limbah (Eko, 2018). Sementara itu, sama seperti halnya pada pengujian BOD terjadi penurunan yang cukup besar. Hal ini disebabkan terjadinya asupan oksigen ke air limbah mengakibatkan meningkatnya laju penguraian yang diakibatkan oleh bertumbuhnya populasi organisme yang baik.

Jenis-jenis metode aerasi, antara lain:

a. *Waterfall aerator* (aerator air terjun)

Pengolahan aerasi dengan metode *waterfall/multiple* aerator seperti pada gambar, susunannya sangat sederhana dan tidak mahal serta memerlukan ruang yang kecil. Jenis aerator terdiri atas 4-8 tray dengan dasarnya penuh lubang-lubang pada jarak 30-50 cm. Melalui pipa berlobang air dibagi rata melalui atas tray, dari sini percikan-percikan kecil turun ke bawah dengan kecepatan kira-kira 0,02 m/detik per 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, pipa plastik yang berdiameter kecil atau lempengan yang terbuat dari kayu secara paralel.

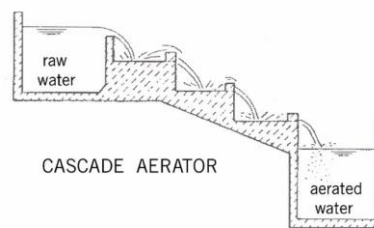


Gambar 2. 3 *Waterfall Aerator*

Sumber: <http://informasikesling.blogspot.com/2016/10/aerasi-pengertian-tujuan-dan-berbagai.html>

b. *Cascade aerator*

Pada dasarnya aerator ini terdiri dari 4-6 step/tangga, setiap step kira-kira ketinggian 30 cm dengan kapasitas kira-kira ketebalan 0,01 m³/det per meter. Untuk menghilangkan gerak putaran (turbulence) guna menaikkan efisiensi aerasi, hambatan sering di tepi peraltan pada setiap step. Dibanding dengan tray aerator, ruang (tempat) yang diperlukan bagi cascade aerators agak lebih besar tetapi total kehilangan tekanan lebih rendah. Keuntungan lain adalah tidak diperlukan pemeliharaan.



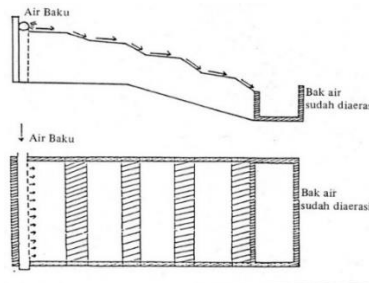
Gambar 2. 4 *Cascade Aerator*

Sumber: https://www.appropedia.org/Slow_sand_filtration_water_treatment_plant
S

c. *Submerged Cascade Aerator*

Aerasi tangga seperti pada gambar di bawah ini penangkapan udaranya terjadi pada saat air terjun dari lempengan-lempengan trap

yang membawanya. Oksigen kemudian dipindahkan dari gelembung-gelembung udara kedalam air. Total ketinggian jatuh kira-kira 1,5 m dibagi dalam 3-5 step. Kapasitas bervariasi antara 0,005 dan 0,5 m³/det per meter luas.

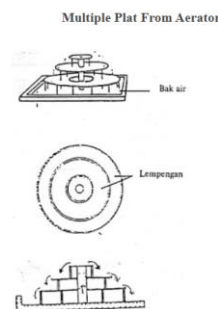


Gambar 2. 5 *Submerged Cascade Aerator*

Sumber: [aerasi tangga aerator - Bing images](#)

d. *Multiple Plat Form Aerator*

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



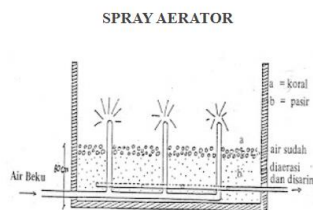
Gambar 2. 6 *Multiple Plat Form Aerator*

Sumber: <http://informasikesling.blogspot.com/2016/10/aerasi-pengertian-tujuan-berbagai.html>

e. *Spray Aerator*

Terdiri atas nozzle penyemprot yang tidak bergerak (*stationary nozzles*) dihubungkan dengan kisi lempengan yang mana air disemprotkan ke udara di sekeliling pada kecepatan 5-7 m/detik. Spray aerator sederhana diperlihatkan pada gambar, dengan

pengeluaran air ke arah bawah melalui batang-batang pendek dari pipa yang panjangnya 25 cm dan diameter 15-20 mm. Piringan melingkar ditempatkan beberapa sentimeter di bawah setiap ujung pipa, sehingga bisa berbentuk selaput air tipis melingkar yang selanjutnya menyebar menjadi tetesan-tetesan yang halus. Nozzle untuk spray aerator bentuknya bermacam-macam, ada juga nozzle yang dapat berputar-putar.

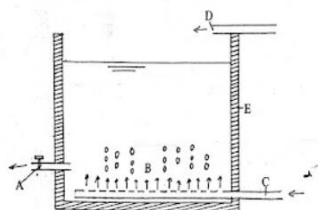


Gambar 2. 7 *Spray Aerator*

Sumber: <http://informasikesling.blogspot.com/2016/10/aerasi-pengertian-tujuan-berbagai.html>

f. *Bubble aerator* (Aerator Gelembung Udara)

Jumlah udara yang diperlukan untuk aerasi bubble (aerasi gelembung udara) tidak banyak, tidak lebih dari 0,3 – 0,5 m³ udara/m³ air dan volume ini dengan mudah bisa dinaikkan memlaui suatu penyedotan udara. Udara disemprotkan melalui dasar dari bak air yang akan diaerasi.



Gambar 2. 8 *Bubble Aerator*

Sumber: <http://informasikesling.blogspot.com/2016/10/aerasi-pengertian-tujuan-berbagai.html>

g. *Multiple-Tray Aerator*.

Multiple Tray Aerator terdiri dari suatu rangkaian bak yang disusun seperti rak (*tray*) dan dilubangi pada bagian dasarnya. Air dialirkan dari puncak berupa air terjun kecil yang kemudian didistribusikan secara merata pada masing-masing rak (*tray*) dan kemudian dikumpulkan pada suatu bak di bagian dasarnya (*collecting pons*). Pemerataan distribusi air diatas *tray* sangat penting untuk memperoleh efisiensi perpindahan gas secara maksimum. Media kasar seperti arang, batu atau bola keramik yang ukurannya berkisar antara 26 inch (5-15 cm) adalah sangat penting untuk digunakan, karena dapat meningkatkan efisiensi pertukaran gas, sebagai efek katalis dari mangan oksida. *Multiple tray* aerator harus dilengkapi dengan sistem ventilasi yang cukup. Jika unit ini ditempatkan dalam suatu bangunan yang terdapat pencemaran udara, maka efektivitas dan efisiensi dari unit akan berkurang, karena terjadi kontaminasi dari udara yang masuk dengan kandungan atau unsur-unsur tertentu yang ingin dihilangkan.

Secara garis besar, desain dan karakteristik operasional aerator dapat digolongkan menjadi beberapa macam (Qasim, 2000), sebagai berikut:

Tabel 2. 7 Desain Karakteristik Operasional 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
Packing tower	>95% VOC >90% CO ₂	-Diameter kolom maksimum: 3 m - Beban hidrolis: 2000 m ³ /m ² .hari

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
Tray	>90% CO ₂	-Kecepatan: 0,8-1,5 m ³ /m ² .menit -Kebutuhan udara: 7,5 m ³ /m ³ . Air -Jarak rak (tray): 30-75 cm -Luas: 50-160 m ² /m ³ . detik
Spray aerator	70-90% CO ₂ 25-40 H ₂ S	-Tinggi: 1-2,9 m -Diameter nozzle: 2,5-4 cm -Jarak nozzle: 0,6-3,6 m -Debit nozzle: 5-10 l/det
Aerator Bedifusi	80% VOC _s	-Luas bak: 105-320 m ³ /m ² .det -Tekanan semprotan: 70 kPa -Waktu detensi: 10-30 menit -Udara: 0,7-1,1 m ³ /m ² .air -Tangki kedalaman: 2,7-4,5 m -Lebar: 3-9 m -Lebar/kedalaman: < 2 Volume -Maksimum: 150 m ³ -Diameter lubang diffuser: 2-5 mm
Aerator mekanis	70-90% CO ₂ 25-40 H ₂ S	-Waktu detensi: 10-30 menit -Kedalaman tangki: 2-4 m

(Sumber: Qasim et al., 2000)

2.3.4 Koagulasi

Koagulasi didefinisikan sebagai proses destabilisasi muatan koloid padatan tersuspensi termasuk bakteri dan virus dengan suatu koagulan, sehingga terbentuk flok-flok halus yang dapat diendapkan. Koagulan atau flokulan sibubuhkan ke dalam air yang dikoagulasi yang bertujuan untuk memperbaiki pembentukan flok dan untuk mencapai sifat spesifik flok yang diinginkan. Koagulan adalah zat kimia yang meneeybakkan destabilisasi

muatan negatif partikel di dalam suspensi. Zat ini merupakan donor muatan positif yang digunakan untuk men-destabilisasi muatan negatif partikel (Pulungan, 2012). Pada tabel 2.8 dapat dilihat berbagai macam koagulan yang umum digunakan dalam pengolahan air.

Tabel 2. 8 Jenis-Jenis Koagulan

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan Air	pH Optimum
Aluminium sulfat	$Al_2(SO_4)_3 \cdot X H_2O$ x = 14,16,18	Bongkah, bubuk	Asam	6,0-7,8
Sodium aluminate	$Na_2Al_2O_4$	Bubuk	Basa	6,0-7,8
Polyaluminium Chloride, PAC	$Aln(OH)mCl_3 n-m$	Cairan, bubuk	Asam	6,0-7,8
Ferric 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 6-9.

2. Pengaruh Temperatur

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

3. Dosis Koagulan

4. Air dengan kekeruhan yang tinggi memerlukan dosis koagulan yang lebih banyak. Dosis koagulan persatuan unit kekeruhan rendah, akan lebih kecil dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan yang tinggi, kemungkinan terjadinya tumbukan antara partikel akan berkurang dan netralisasi muatan tidak sempurna, sehingga mikroflok yang terbentuk hanya sedikit, akibatnya kekeruhan akan naik. Dosis koagulan yang berlebihan akan menimbulkan efek samping pada partikel sehingga kekeruhan akan meningkat.

5. Pengadukan (*mixing*)

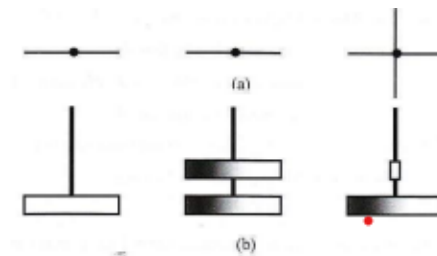
Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Distribusi dalam air cukup baik dan merata, serta masukan energi yang cukup untuk tumbukan antara partikel yang telah netral sehingga terbentuk mikroflok. Pada proses koagulasi ini pengadukan dilakukan dengan cepat. Air yang memiliki kekeruhan rendah memerlukan pengadukan yang lebih banyak dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan tinggi.

6. Pengaruh Garam

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

kation. Jadi natrium, kalsium, dan magnesium relatif tidak mempengaruhi (Patimah, 2009).

Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatic. Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor bertenaga listrik, poros pengaduk (shaft), dan alat pengaduk (impeller). Berdasarkan bentuknya terdapat tiga macam alat pengaduk, yaitu paddle (pedal), turbine, dan propeller (baling-baling). Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu G dan td . Sedangkan untuk menghitung besarnya tenaga (power) yang dibutuhkan, perlu memperhatikan jenis impeller yang digunakan dan nilai konstanta K_L dan K_T .



Gambar 2. 9 Tipe Paddle (a) Tampak Atas (b) Tampak Samping



Gambar 2. 10 Tipe Turbin



Gambar 2. 11 Tipe Propeller a) 2 blade b) 3 blade

Tabel 2. 9 Kriteria Impeller

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

(Sumber: Reynolds & Richard, 1996:185)

Tabel 2. 10 Nilai Waktu Pengadukan Mekanis dan Gradien Kecepatan

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

(Sumber: Reynolds & Richard, 1996:184)

Tabel 2. 11 Konstanta KL dan KT untuk Tangki Berserat

Jenis Impeller	KL	KT
Propeller, pitch of 1, 3 blades	41,0	0,32
Propeller, pitch of 2,3 blades	43,5	1,00
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	60,0	5,31
Turbine, 6 flat blades, vaned disc	65,0	5,75
Turbine, 6 curved blades	70,0	4,80
Fan turbine, 6 blades at 45°	70,0	1,65
Shrouded turbine, 6 curved blades	97,5	1,08
Shrouded turbine, with stator, no baffles	172,5	1,12
Flat paddles, 2 blades (single paddles), Di/Wi=4	43,0	2,25
Flat paddles, 2 blades, Di/Wi=6	36,5	1,70

Jenis Impeller	KL	KT
Flat paddles, 2 blades, Di/Wi=8	33,0	1,15
Flat paddles, 4 blades, Di/Wi=6	49,0	2,75
Flat padd;es, 6 blades, Di/Wi=8	71,0	3,82

(Sumber: Reynolds & Richard, 1996:188)

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi beserta rumus perhitungannya:

1. Gradien kecepatan (G)

Merupakan perbedaan kecepatan anatar dua titik atau volume terkecil fluida yang tegak lurus perpindahan. Gradien kecepatan berhubungan dengan waktu pengadukan. Nilai G yang terlalu besar dapat mengganggu titik akhir pembentukan flok.

$$G = \left(\frac{P}{\mu \times C} \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana:

- G = gradien kecepatan (det-1)
- P = power pengaduk
- μ = viskositas absolut
- C = volume bak (m³)

2. Waktu kontak (td)

Waktu kontak adalah nilai kontak antara partikel kimia dengan air baku yang dipengaruhi oleh volume bak dan debit air baku.

$$td = \frac{volume}{debit} = \frac{V}{Q} \dots\dots\dots (2.23)$$

3. Putaran rotasi pengaduk (n)

$$n^3 = \frac{P \times gc}{Dt^5 \times \gamma \times Kt} \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana:

- N = putaran rotasi pengaduk (rps)
- P = power pengaduk
- gc = kecepatan gravitasi

- Dt = diameter pengaduk
- γ = densitas air
- Kt = konstanta pengaduk untuk turbulensi

4. Bilangan Reynolds

Bilangan Reynolds adalah bilangan untuk menentukan apakah aliran itu laminar, turbulensi atau transisi

$$Nre = \frac{Dt^2 \times n \times \gamma}{\mu} \dots\dots\dots(2.25)$$

Dimana:

- Nre = bilangan Reynolds
- N = putaran rotasi pengaduk (rps)
- Dt = diameter pengaduk
- γ = densitas
- μ = viskositas absolut

2.3.5 Flokulasi

Flokulasi adalah proses penggabungan inti flok sehingga menjadi flok yang berukuran lebih besar. Flokulasi dibedakan menjadi:

1. Mikroflukasi (flokulasi perikinetik) terjadi ketika partikel teragregasi karena Gerakan termal acak dari molekul-molekul cairan yang disebut Brownian Motion.
2. Makroflokulasi (flokulasi ortokinetik) terjadi ketika partikel teragregasi karena adanya peningkatan gradien-gradien kecepatan dan pencampuran dalam media. Bentuk lain dari makroflokulasi disebabkan oleh pengendapan diferensial, yaitu ketika partikel-partikel besar menarik partikel-partikel kecil membentuk partikel-partikel yang lebih besar. Makroflokulasi belum efektif sampai partikel-partikel koloid mencapai ukuran 1-10 μ m melalui kontak yang didorong oleh Brownian Motion dan sedikit pencampuran. (Kristijarti et al., 2013)

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) berjisar 48000 hingga 21000. 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 antara lain:

1. Air sungai
 - Waktu detensi = minimum 20 menit
 - G = 10-50 detik⁻¹
2. Air waduk
 - Waktu detensi = 30 menit
 - G = 10-75 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 detik⁻¹
7. Presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)
 - Waktu detensi = 15-30 menit
 - G = 20-75 detik⁻¹

- $G_{td} = 10.000-100.000$ (Masduqi & Assomadi, 2012:110)

Faktor-faktor yang berpengaruh serta rumus perhitungan pada flokulator, diantaranya yaitu:

1. Gradien kecepatan (G)
2. Headloss saluran (Hf)
3. Jumlah sekat/baffle (n) untuk around the end

2.3.6 Sedimentasi

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

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

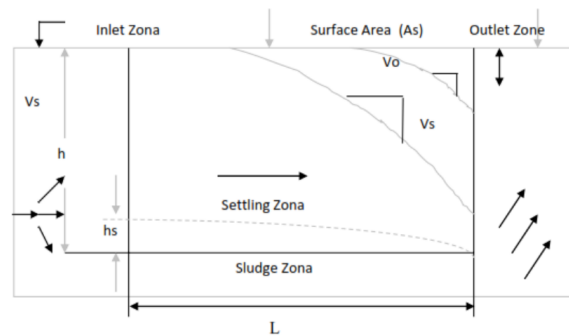
Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah:

- a. Pengendapan Tipe I (*Free Settling*).
- b. Pengendapan Tipe II (*Flocculent Settling*).
- c. Pengendapan Tipe III (*Zone/Hindered Settling*).
- d. Pengendapan Tipe IV (*Compression Settling*).

Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat empat zona:

1. Zona Inlet
2. Zona Outlet
3. Zona Settling
4. Zona Transisi
5. Zona Sludge

Adapun zona-zona tersebut dapat digambarkan sebagai berikut:



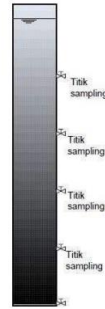
Gambar 2. 12 Zona Bak Sedimentasi

Dimana pada setiap zona inlet terjadi proses-proses sebagai berikut:

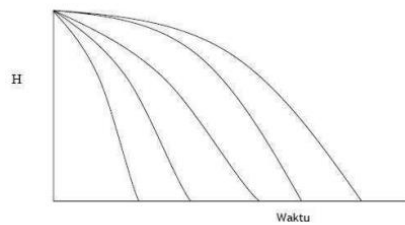
- Zona inlet = terjadi distribusi aliran yang menuju zona settling ($\pm 25\%$ panjang bak)
- Zona *settling* = terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya
- Zona *sludge* = sebagai ruang lumpur, dimana konfigurasi dan kedalamannya tergantung pada metode pengurasan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel 75% mengendap pada $1/5$ volume bak
- Zona outlet = pada zona ini dihasilkan air yang jernih tanpa suspensi yang ikut terbawa

Kecepatan pengendapan partikel tidak bisa ditentukan dengan persamaan Stoke's karena ukuran dan kecepatan pengendapan tidak tetap. Besarnya partikel yang mengendap di uji dengan *column settling test* dengan *multiple withdraw ports*. Dengan menggunakan kolom pengendapan tersebut,

sampling dilakukan pada setiap port pada interval waktu tertentu, dan data removal partikel di plot pada grafik.

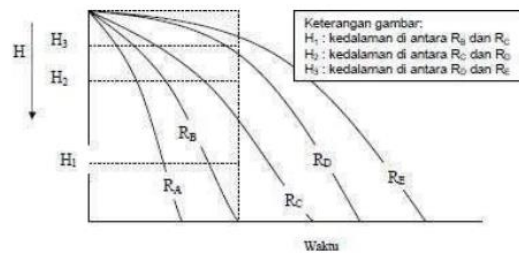


Gambar 2. 13 Kolom Test Sedimentasi Tipe II



Gambar 2. 14 Grafik Iso-removal

Grafik isoremoval dapat digunakan untuk mencari besarnya penyisihan total pada waktu tertentu. titik garis vertikal dari waktu yang ditentukan tersebut. Dapat menentukan kedalaman H_1 , H_2 , H_3 .



Gambar 2. 15 Grafik Iso-removal

Besarnya penyisihan total pada waktu tertentu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$R_T = R_B + \frac{H_1}{H} (R_C - R_B) + \frac{H_2}{H} (R_D - R_C) + \frac{H_3}{H} (R_E - R_D)$$

Grafik isoremoval juga dapat digunakan untuk menentukan lamanya waktu pengendapan dan *surface loading* dan *overflow rate* bila diinginkan efisiensi pengendapan tertentu. Langkah yang dilakukan adalah:

1. Menghitung penyisihan total pada waktu tertentu, minimal sebanyak tiga variasi waktu (mengulangi Langkah diatas minimal 2 kali).
2. Membuat grafik hubungan persen penyisihan total (sebagian sumbu y) dengan waktu pengendapan (sebagai sumbu x).
3. Membuat grafik hubungan persen penyisihan total (sebagai sumbu y) dengan *overflow rate* (sebagai sumbu x).

Kedua grafik ini digunakan untuk mennetukan waktu pengendapan atau waktu detensi (t_d) dan *overflow rate* (V_o) yang menghasilkan efisiensi pengendapan tertentu. Hasil yang diperoleh dari kedua grafik ini adalah nilai berdasarkan eksperimen di laboratorium (secara *batch*). Nilai ini dapat digunakan dalam mendesain bak pengendap (aliran kontinu) setelah dilakukan penyesuaian, yaitu dikalikan dengan faktor *scale up*. Untuk waktu detensi, faktor *scale up* yang digunakan pada umumnya adalah 1,75 dan untuk *overflow rate*, faktor *scale up* yang digunakan pada umumnya adalah 0,65 (Reynolds & Richards, 1982). Ada dua jenis bak sedimentasi yang biasa digunakan:

a. *Horizontal-flow Sedimentation*

Desain yang baik pada bangunan ini dapat mengurangi lebih dari 95% dari kekeruhan air. Bentuknya yang persegi Panjang yang tanpa menggunakan alat pengambil lumpur mekanij mempunyai beberapa keuntungan misalnya, mempunyai kemampuan untuk menyesuaikan kondisi air seperti perubahan kekeruhan, laju aliran yang meningkat ataupun debit air yang meningkat secara tiba-tiba. Sedangkan pada bentuk yang *circular* biasanya menggunakan pengambil lumpur mekanik.

Cara kerja bak sedimentasi bentuk *rectangular* (persegi Panjang) yaitu, air yang mengandung flok masuk ke zona *inlet*

kemudian masuk ke zona *settling* melalui *baffle*/sekat agar alirannya menjadi laminar. Di zona *settling* partikel mengendap, endapannya masuk ke zona lumpur, sedangkan *supernatant* (airnya) keluar melalui zona outlet. Beberapa keuntungan *horizontal-flow* dibandingkan dengan *up flow* adalah lebih bisa menyesuaikan dengan variasi kualitas dan hidrolis air:

- Prosesnya memberikan bentuk yang dapat direncanakan sesuai dengan operasional dan kondisi iklim
- Biaya konstruksi murah
- Operasional dan perawatannya mudah

Adapun kriteria desainnya jumlah air yang akan diolah (Q), waktu detensi, luas permukaan dan kecepatan pengendapan.

b. Upflow Sedimentation

Bangunan tipe ini biasanya digunakan bila debit air konstan dan kualitas kekeruhan tidak lebih dari 900 NTU. Kelemahan dari bangunan ini adalah tidak bisa digunakan bila kapasitasnya berlebih dan memerlukan tenaga ahli untuk mengoperasikannya. Bila dalam suatu bangunan pengolahan air lahannya terbatas bisa digunakan tipe ini untuk bak sedimentasinya karena lahan yang diperlukan untuk bangunan ini relatif kecil.

Semakin besar angka BOD menunjukkan bahwa derajat pengotoran air semakin besar (Sugiharto, 2008). Pengotoran air mengandung bahan-bahan organik, merusak kehidupan air serta menimbulkan bau. Salah satu cara untuk menurunkan polutan yaitu dengan teknologi pengolahan yang dapat dilakukan dengan cara penambahan bahan kimia untuk menetralkan keadaan dan meningkatkan pengurangan dari partikel kecil yang tercampur dilanjutkan dengan proses pengendapan untuk mengurangi bahan organik, proses ini dikenal dengan proses koagulasi yang bertujuan untuk memisahkan koloid yang sangat halus di dalam

air, menjadi gumpalan-gumpalan yang dapat diendapkan, disaring atau diapungkan.

Dengan berkurangnya bahan organik terlarut akan menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik tersebut sehingga nilai BOD akan menurun. Menurut Metcalf & Eddy (2003), adanya waktu tinggal, penambahan bahan kimia, serta pengadukan sebelum unit sedimentasi dapat meningkatkan efisiensi penyisihan BOD sekitar 50-80%.

Efisiensi pengendapan partikel flokulan dipengaruhi oleh overflow rate, detention time dan kedalaman bak pengendap. Pengaruh dari faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Detention time (t)
- b. *Over flow rate*

2.3.7 Filtrasi

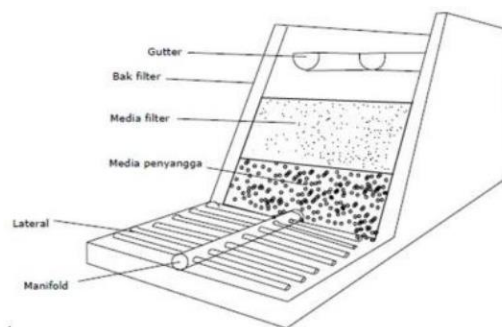
Menurut Al-Layla pada tahun 1980, partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air tidak bisa mengendap secara sempurna hanya dengan menggunakan proses sedimentasi. Untuk lebih menyempurnakan proses penyisihan partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air, dapat dilakukan dengan menggunakan 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 ukurannya terlalu besar akan tetap tertahan di atas lapisan pasir. Namun jika ukuran partikel terlalu kecil (contohnya: partikel koloid dan bakteri) akan lebih sulit untuk dihilangkan karena akan lebih mudah lolos pada lapisan pasir ini. Pada lapisan kerikil, jarak di antara lapisan kerikil berfungsi sebagai area sedimentasi partikel tersuspensi. Namun dapat juga digunakan oleh partikel-partikel flok yang belum seratus persen terendapkan pada bak sedimentasi untuk mengendap pada lapisan kerikil ini. Bagian-bagian filter dapat dilihat pada gambar 2.16:



Gambar 2. 16 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 m³ /m² .hr (namun terkadang laju filtrasi nya

dapat lebih dari 6 m³ /m² .hr). Ukuran pasir efektif yang digunakan pada filter ini berkisar antara 0,45- 0,55 mm. Lapisan filter ini bila dilihat dari bawah terdiri dari gravel dengan tebal berkisar antara 38-60 cm, sedangkan di atasnya terdapat pasir yang tebalnya kurang lebih 80cm. Proses *backwash* pada *rapid sand filter* berbeda dengan *slow sand filter*. Pada rapid sand filters waktu *backwash* ditentukan dari headloss filter saat itu.

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

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

Effective Size (ES) atau ukuran efektif media filter adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10% dari total kedalaman lapisan media filter atau 10 % dari fraksi berat, ini sering dinyatakan sebagai P10 (persentil 10). P10 yang dapat dihitung dari ratio ukuran rata – rata dan standar deviasinya.

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

Untuk single media pasir:

- UC = 1,3-1,7
- ES = 0,45-0,7 mm

Untuk dual media

- UC = 1,4 – 1,9
- ES = 0,5- 0,7 mm

- Filter Pasir Cepat

Filter pasir cepat atau rapid sand filter adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 6 hingga 11 m/jam. Filter ini selalu didahului dengan proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan pada influen filter pasir cepat berkisa 5- 10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90-98% (Masduqi & Assomadi, 2012:171). Pada perencanaan kali ini untuk pengolahan air minum menggunakan filter pasir cepat atau rapid sand 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 & Asomadi, 2012). Kriteria desain pasir cepat dapat dilihat pada tabel 2.12.

Tabel 2. 12 Kriteria Filter Pasir Cepat

No	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6-11	6-11
2	Pencucian: Sistem pencucian Kecepatan (m/jam) Lama pencucian (menit)	Tanpa/dengan <i>blower & atau surface wash</i> 36-50 10-15	Tanpa/dengan <i>blower & atau surface wash</i> 36-50 10-15

No	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan
	Periode antara dua pencucian (jam)	18-24	18-24
	Ekspansi (%)	30-50	30-50
3	Dasar filter a. Lapisan penyangga dari atas ke bawah		
	• Kedalaman (mm)	80-100	80-100
	• Ukuran butir (mm)	2-5	2-5
	• Kedalaman (mm)	80-100	80-100
	• Ukuran butir (mm)	5-10	5-10
	• Kedalaman (mm)	80-100	80-100
	• Ukuran butir (mm)	10-15	10-15
	• Kedalaman (mm)	80-150	80-150
	• Ukuran butir (mm)	15-30	15-30
	b. Filter Nozel		
	• Lebar slot nozel (mm)	<0,5	<0,5
	• Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)	>4%	>4%

Sumber: SNI 6774-2008

- Filter Pasir Lambat

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

Schmutzdecke adalah lapisan yang melakukan pemurnian efektif dalam pengolahan air. Selama air melewati schmutzdecke, partikel akan terperangkap dan organik terlarut akan teradsorpsi, diserap, dan dicerna oleh bakteri, fungi, dan protozoa (Masduqi & Assomadi, 2012:176). Kriteria perencanaan filter pasir lambat dapat dilihat pada tabel 2.13.

Tabel 2. 13 Kriteria Perencanaan Filter Pasir Lambat

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

Sumber: Schulz & Okun (1984)

- Filter Bertekanan

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

Filter bertekanan terdiri atas tangki tertutup, media filter, media penyangga, dan sistem underdrain. Kriteria filter bertekanan terdapat pada tabel 2.14.

Tabel 2. 14 Kriteria Perencanaan Filter Bertekanan

No	Unit	Nilai / Keterangan
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	12-33
2	Pencucian: <ul style="list-style-type: none"> • Sistem pencucian • Kecepatan (m/jam) • Lama pencucian (menit) • Periode antara dua pencucian (jam) • Ekspansi (%) 	Tanpa atau dengan <i>blower</i> & atau <i>surface wash</i> 72-198 - - 30-50
3	Media pasir <ul style="list-style-type: none"> • Tebal (mm) • Single media • Media ganda • Ukuran efektif (ES) mm • Koefisien keseragaman. UC • Berat jenis (kg/L) • Porositas • Kadar SiO₂ 	300-700 600-700 300-600 - 1,2-1,4 2,5-2,65 0,4 >95%

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

Sumber: SNI 6774-2008

- Hidrolika Pencucian (*Backwash*)

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

- Penurunan kapasitas produksi
- Peningkatan kehilangan energi (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 sampai 35% (Droste, 1997). Lama pencucian sekitar 3 hingga 15 menit. Ada beberapa sistem pencucian filter yaitu :

1. Menggunakan menara air
2. Interfilter

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

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

1. Menghilangkan bau.
2. Mematikan alga.
3. Mengoksidasi nitrit menjadi nitrat.
4. Mengoksidasi ammonia menjadi senyawa amin.
5. Mengoksidasi fenol menjadi fenol yang tidak berbahaya.

Macam-macam faktor yang mempengaruhi efisiensi desinfeksi adalah:

- 1) Waktu kontak.
- 2) Konsentrasi desinfeksi.
- 3) Jumlah mikroorganisme.
- 4) Temperatur air.
- 5) pH.
- 6) Adanya senyawa lain dalam air.

Dalam perancangan kali ini, kami menggunakan metode desinfeksi dengan gas klor. Metode ini bertujuan untuk mengoksidasi logam-logam, membunuh mikroorganisme seperti plankton dan juga membunuh spora dari lumut, jamur, dan alga. Konsentrasi yang diberikan adalah 2-3 gr/m³ air, tergantung pada turbiditas air (Benny, 2008).

Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih besar dari aerasi, dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik pada 8-8,3 oksidasi besi membutuhkan waktu 15-30 menit. Pada umumnya proses standar penurunan Fe dan Mn menggunakan koagulasi dengan alum, flokulasi, pengendapan, dan filtrasi dengan didahului proses preklorinasi. Dosis sisa klor yang dianjurkan 0,2-0,5 mg/l (Said, 2009).

Perlu dilakukan percobaan Daya Pengikat Chlor (DPC) untuk mengetahui dosis senyawa chlor (Cl₂) yang dibutuhkan oleh air untuk proses desinfeksi (membunuh bakteri). Daya Pengikat Chlor ditentukan cara selisih antara chlor yang dibubuhkan dengan sisa chlor setelah kontak setelah kontak selama 30 menit (Sawyer et al., 2003).

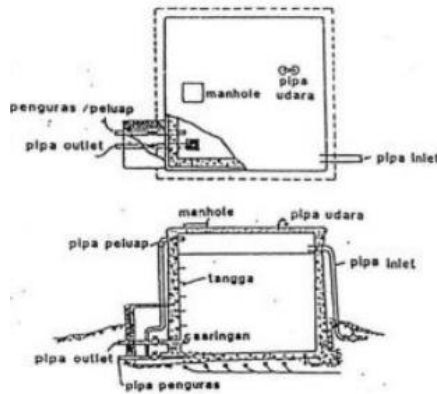
2.3.9. Reservoir

Reservoir adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya reservoir ini diperlukan pada suatu system penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Reservoir mempunyai fungsi dan peranan tertentu yang diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan dengan baik. Fungsi utama dari reservoir adalah untuk menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air. Seringkali untuk waktu yang bersamaan, debit produksi air bersih tidak dapat selalu sama besarnya dengan debit pemakaian air. Pada saat jumlah produksi air bersih lebih besar daripada jumlah pemakaian air, maka kelebihan air tersebut untuk sementara disimpan dalam reservoir, dan digunakan kembali untuk memenuhi kekurangan air pada saat jumlah produksi air bersih lebih kecil daripada jumlah pemakaian air. Berdasarkan tinggi relatif reservoir terhadap

permukaan tanah sekitarnya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi 2 yaitu :

1. Reservoir Permukaan (*Ground Reservoir*)

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



Gambar 2. 17 Reservoir Permukaan
Sumber: BPSDM PU

2. Reservoir Menara (*Elevated Reservoir*)

Reservoir Menara adalah reservoir yang seluruh bagian penampungan dari reservoir tersebut terletak lebih tinggi dari permukaan tangki sekitarnya.



Gambar 2. 18 Reservoir Menara
Sumber: BPSDM PU

Sedangkan berdasarkan bahan konstruksi, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi 3, yaitu:

1) Reservoir Tangki Baja

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



Gambar 2. 19 Reservoir Tangki Baja

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

2) Reservoir Beton Cor

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



Gambar 2. 20 Reservoir Beton Cair

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

3) Reservoir Fiberglass

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



Gambar 2. 21 Reservoir Fiberglass

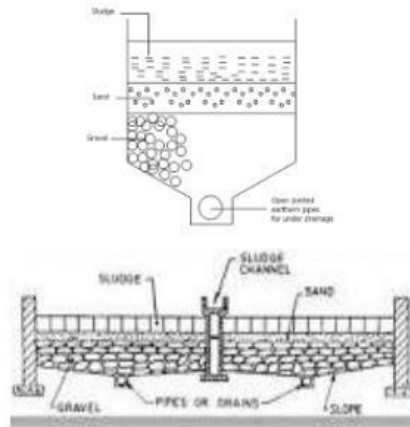
Sumber: <http://www.pancawira.com/reservoir.html>

2.3.10. 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. Selanjutnya

lumpur tersebut dibiarkan mengering. Pengurangan kadar air dalam *sludge drying bed* terjadi karena adanya saluran drainase yang terletak di dasar kolam dan akibat proses penguapan. Kebanyakan hilangnya kadar air dari *sludge drying bed* diakibatkan oleh pengurasan pada saluran drainase. Oleh karena itu, kecermatan dalam penentuan dimensi pipa drainase sangat dibutuhkan. *Sludge drying bed* pada umumnya dilengkapi dengan saluran drainase lateral (pipa PVC berpori atau pipa yang diletakkan di dasar dengan open join). (Metcalf & Eddy, 2003)

Saluran drainase memiliki persyaratan minimal kemiringan yaitu sekitar 1% (0,01 m/m) dengan jarak antar saluran drainase pada masing-masing partisi sekitar 2,5-6 m. Saluran drainase juga harus terlindung dari lumpur secara langsung sehingga diperlukan media yang mampu menutupi saluran drainase pada *sludge drying bed*. Media tersebut pada umumnya berupa kerikil dan juga pecahan batu yang disusun dengan ketebalan antara 230-300 mm. Ketebalan yang diatur sedemikian rupa memiliki fungsi guna menghambat laju air dan meminimasi masuknya lumpur / sludge ke dalam saluran drainase. Pasir yang digunakan pada media penyangga juga memiliki batasan koefisien keseragaman yang tidak lebih dari 4 dan memiliki *effective size* antara 0,3-0,75. Area pengeringan memiliki dimensi lebar yang dibatasi pada 6 m dengan panjang yang berkisar antara 6-30 m dan kedalaman yang berkisar antara 380-460 mm. Bahan beton disarankan digunakan sebagai bahan penyusun bangunan *sludge drying bed*. (Metcalf & Eddy, 2003).



Gambar 2. 22 Sludge Drying Bed
Sumber: Ahmed, 2020

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

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

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, 2003) Daya tampung *sludge drying bed* dihitung berdasarkan perbandingan area per kapita dengan satuan *sludge* / lumpur kering dalam kg per meter persegi per tahun (kg/m².tahun). Data tipikal untuk variasi *sludge* / lumpur yang dihasilkan akan ditunjukkan berikut ini.

Tabel 2. 15 Kebutuhan Luas Lahan Tipikal untuk Reaktor SDB

Tipe <i>Biosolid</i>	Luas Lahan*		Sludge Loading Rate	
	ft ² /person	km ² /person	lb lumpur kering/ft ² .tahun	kg lumpur kering/m ² .tahun
<i>Primary Digested</i>	1-1,5	0,1	25-30	120-150
Humus <i>Trickling Filter</i>	1,25-1,75	0,12-0,16	18-25	90-120
Lumpur <i>Activated Sludge</i>	1,75-2,5	0,16-0,23	12-20	60-100
Lumpur Presipitasi Kimia	2-2,5	0,19-0,23	20-33	100-160

Sumber: Metcalf & eddy, 2003

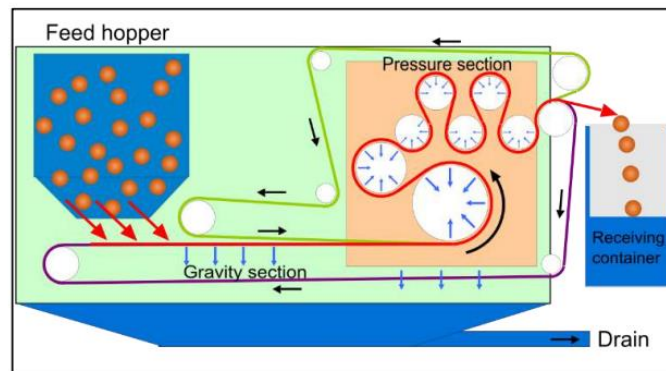
* Berdasarkan kebutuhan luas lahan untuk memenuhi variasi antara 70-75% *Sludge Drying Bed* terbuka.

2.3.11. 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. Di beberapa 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, tangka lumpur (flokulator), belt-filter press, conveyor cake lumpur, dan sistem pendukung (compressor, pompa pencuci). Namun, ada beberapa unit yang tidak menggunakan tangka 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 memudahkan 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 pada lumpur.



Gambar 2. 23 Belt Filter Press

Sumber : https://en.wikipedia.org/wiki/Belt_filter