

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Baku**

Air baku merupakan salah satu bahan dasar dalam proses pengolahan air minum yang diambil dari sumber-sumber yang memenuhi standar baku mutu. Sumber air baku harus tersedia dalam jumlah besar agar dapat memenuhi kebutuhan air minum daerah perencanaan. Penentuan sumber air baku untuk pengolahan harus mempertimbangkan data yang didapat melalui penelitian secara periodik antara 5 - 10 tahun (Kawamura, 1991). Air baku yang akan digunakan untuk proses pengolahan harus diperhatikan pula klasifikasi kelas badan air yang akan digunakan. Karena klasifikasi kelas yang berbeda juga mempengaruhi proses pengolahannya.

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

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

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

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

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

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

### **2.1.2 Pemilihan Sumber Air Baku**

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

1. Kualitas air baku
  2. Volume (kuantitas) air baku
  3. Kondisi iklim di daerah sumber air baku
  4. Lokasi sumber air baku harus tetap, tidak mengalami kemungkinan pindah atau tertutup
  5. Kontruksi intake yang memenuhi syarat dan kesulitan yang kecil
  6. Kemungkinan perluasan intake di masa yang akan datang
  7. Elevasi muka air sumber mencukupi
  8. Kemungkinan timbulnya pencemar di masa yang akan datang
  9. Fasilitas dan biaya operasi dan perawatan yang tersedia mencukupi
- Pendekatan yang paling efektif untuk menentukan apakah suatu sumber air memenuhi persyaratan sebagai sumber air baku air minum adalah memilih sumber dengan kualitas yang baik. Kualitas dari sumber air baku haruslah diperhatikan karena berpotensi mengandung berbagai macam polutan.

### **2.1.3 Persyaratan dalam Penyediaan Air Baku**

1. Persyaratan Kualitas

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

- a. Persyaratan Fisik

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

- b. Persyaratan kimia

Air bersih tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas. Beberapa persyaratan antara lain adalah pH, total solid, zat

organik, CO<sub>2</sub> agresif, kesadahan, kalsium (Ca), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), chlorida (Cl), nitrit, flourida (F), dan logam berat.

c. Persyaratan biologis

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

d. Persyaratan radioaktif

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

2. Persyaratan Kuantitas (Debit)

Persyaratan kuantitas dalam penyediaan air bersih adalah ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Artinya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan kebutuhan daerah dan jumlah penduduk yang akan dilayani. Persyaratan kuantitas juga dapat ditinjau dari standar debit air bersih yang dialirkan ke konsumen sesuai dengan jumlah kebutuhan air bersih. Kebutuhan air bersih masyarakat bervariasi, tergantung pada letak geografis, kebudayaan, tingkat ekonomi, dan skala perkotaan tempat tinggalnya (Agustina, 2007).

3. Persyaratan Kontinuitas

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

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

## **2.2 Parameter Kualitas Air**

Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan air sehingga memenuhi syarat atau baku mutu air. Air minum yang disuplai kepada pelanggan harus menyediakan keamanan dan estetika menarik air minum dan terlepas dari gangguan dan biaya yang masuk akal (Kawamura, 1991). Standar air minum bergantung dari kebijakan pemerintah pusat. Kebijakan standart layak air minum melihat kondisi suatu negara yang bersangkutan. Secara umum, Parameter standar air di bedakan menjadi dua yaitu standar kualitas air baku dan standar kualitas air minum yang dijelaskan sebagai berikut :

### **2.2.1 Standar Kualitas Air Baku**

Standar kualitas air baku di indonesia telah diatur dalam Peraturan Pemerintah nomor 82 tahun 2001, yaitu klasifikasi kualitas mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

- a. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang memper-syaratkan 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 pertanian, 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.

Standar kualitas air yang diterapkan di Pengolahan air minum mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang “Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup”, dapat dilihat pada tabel 2.1.

**Tabel 2. 1** Parameter Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

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 diatas permukaan air
2.	Padatan terlarut total (TDS)	mg/L	1000	1000	1000	2000	Tidak berlaku untuk muara
3.	Padatan tersuspensi total (TSS)	mg/L	40	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	
8.	Oksigen terlarut (DO)	mg/L	6	4	3	1	Batas minimal
9.	Sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	mg/L	300	300	300	400	
10.	Klorida ( $\text{Cl}^-$ )	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 <sub>0</sub> )	mg/L	0,2	0,2	1,0	-	
16.	Fluorida (F <sup>-</sup> )	mg/L	1	1,5	1,5	-	
17.	Belerang sebagai H <sub>2</sub> S	mg/L	0,002	0,002	0,002	-	
18.	Sianida (CN)	mg/L	0,02	0,02	0,02	-	
19.	Klorida 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	0,05	0,05	0,05	0,10	

24.	Selenium (Se) terlarut	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
25.	Besi (Fe) terlarut	mg/L	0,3	-	-	-	
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(VI))	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	µg/L	17	-	-	-	
38.	BHC	µg/L	210	210	210	-	
39.	Chlordane	µg/L	3	-	-	-	
40.	DDT	µg/L	2	2	2	2	
41.	Endrin	µg/L	1	4	4	-	
42.	Heptachlor	µg/L	18	-	-	-	
43.	Lindane	µg/L	56	-	-	-	
44.	Methoxychlor	µg/L	35	-	-	-	
45.	Toxapan	µg/L	5	-	-	-	
46.	Fecal Coliform	MPN/ 100 mL	100	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	0,1	
	Gross-B	Bq/L	1	1	1	1	

### 2.2.2 Standar Kualitas Air Minum

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 dapat dilihat pada tabel 2.2

**Tabel 2. 2** Parameter Wajib Persyaratan Kualitas Air Minum

No.	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan
1.	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E. Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b. Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg/L	0,01
	2) Fluorida	mg/L	1,5
	3) Total Kromium	mg/L	0,05
	4) Kadmium	mg/L	0,003
	5) Nitrit, (sebagai NO <sub>2</sub> )	mg/L	3
	6) Nitrat, (sebagai NO <sub>3</sub> )	mg/L	50
	7) Sianida	mg/L	0,07

	8) Selenium	mg/L	0,01
2.	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) Total zat padat terlarut (TDS)	mg/L	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak berasa
	6) Suhu	°C	Suhu udara ±3
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Alumunium	mg/L	0,2
	2) Besi	mg/L	0,3
	3) Kesadahan	mg/L	500
	4) Khlorida	mg/L	250
	5) Mangan	mg/L	0,4
	6) pH	mg/L	6,5 – 8,5
	7) Seng	mg/L	3
	8) Sulfat	mg/L	250
	9) Tembaga	mg/L	2
	10) Amonia	mg/L	1,5

Standar kualitas air minum tersebut nantinya akan menjadi acuan dasar dalam penentuan proses pengolahan yang akan digunakan. Selain melihat itu juga, dapat

menjadi pertimbangan acuan biaya yang digunakan untuk memenuhi agar kandungan air minum memenuhi syarat.

## **2.3 Aspek Teknis Bangunan Pengolahan Air Minum**

### **2.3.1 Pemilihan Lokasi Bangunan Pengolahan**

Evaluasi lokasi bangunan pengolahan didasarkan pada jaraknya dari intake, lay out bangunan yang diperoleh, akibat terhadap lingkungan sekitar dan metode dari distribusi yang akan direncanakan. Menentukan lokasi bangunan pengolahan merupakan salah satu hal yang penting dalam perencanaan bangunan pengolahan. Beberapa yang perlu diperhatikan adalah:

- Diusahakan cukup dekat dengan sumber air dan konsumen sehingga dapat menghemat biaya distribusi, perpipaan transmisi, dsb.
- Lokasi geografis.
- Kondisi Geologis (Kondisi Tanah). Perlu diperhatikan bagaimana membangun pondasi yang kokoh dan sesuai dengan karakteristik tanah yang ada.
- Ketersediaan dari sumber tenaga dan fasilitas penunjang lainnya.
- Biaya konstruksi.
- Keamanan operasi dan instalasi sebagai bangunan vital terhadap kemungkinan gangguan dari luar.
- Kemungkinan perluasan di masa yang akan datang. Tanah yang tersedia harus cukup luas sehingga masih mungkin untuk dilakukan pengembangan atau perluasan di kemudian hari.
- Transport menuju instalasi, demi lancarnya pengangkutan bahan-bahan kimia dan tenaga operator.
- Jika distribusi air secara gravitasi dan tanpa menggunakan menara air, maka ketinggian lokasi instalasi harus cukup.

### **2.3.2 Tata Letak Bangunan Pengolahan**

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

- a. Disesuaikan dengan urutan proses pengolahan atau sesuai dengan diagram alir
- b. Disesuaikan dengan tipe desain, misalnya dengan memperhatikan besar nilai debit dan keuntungan dan kerugian dalam tata letak bangunan.
- c. Harus memudahkan dalam pengoperasian, misalnya:
  - Letak bangunan yang memerlukan bahan kimia harus berdekatan dengan tempat menyiapkan larutan atau bahan kimia tersebut.
  - Letak bagian-bagian yang perlu mendapatkan pengawasan jaraknya sekecil mungkin, agar mudah dalam pengawasan operator.
  - Perlu disediakan laboratorium untuk pengujian kualitas air setelah melewati bangunan pengolahan, dimana jarak laboratorium cukup dekat dengan tempat pengambilan contoh yang diperiksa secara berkala.
  - Adanya tempat untuk mengontrol peralatan (ruang perpipaan, ruang kontrol, rumah pompa, dan lain-lain)
  - Ada jarak yang cukup antara bangunan, sehingga memudahkan lalu lalang petugas atau cukup lapang apabila diperlukan perbaikan, dan sebagainya.

#### **2.4 Bangunan Pengolahan Air Permukaan**

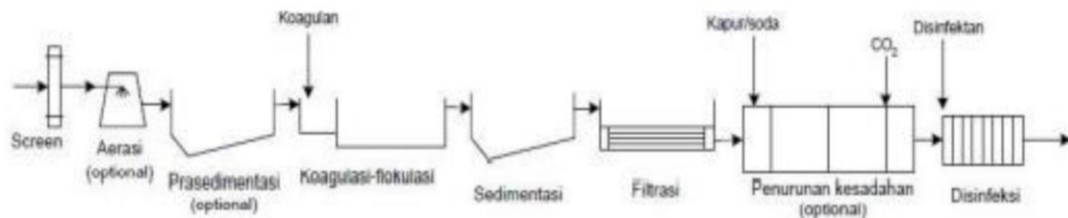
Rancangan proses pengolahan air permukaan menjadi air minum disesuaikan dengan karakteristik umum air permukaan. Parameter yang perlu diperhatikan adalah parameter yang kadarnya signifikan besar atau melebihi nilai baku mutu air minum. Air permukaan yang bisa diolah untuk air minum terdiri dari :

##### **a) Air Sungai**

Karakteristik umum air sungai adalah terdapat kandungan partikel tersuspensi atau koloid. Oleh karena itu, unit pengolahan air paling tidak terdiri atas:

- Koagulasi-flokulasi
- Sedimentasi
- Filtrasi
- Disinfeksi

Bila air sungai mempunyai kekeruhan atau kadar lumpur yang tinggi, maka diperlukan tambahan unit pretreatment meliputi screen dan prasedimentasi. Bila kadar oksigen sangat rendah, maka diperlukan tambahan unit aerasi. Bila terdapat kandungan kesadahan yang tinggi, maka diperlukan tambahan unit penurunan kesadahan (presipitasi dengan kapur/soda-sedimentasi-rekarbonasi). Berikut ini skema unit pengolahannya:



**Gambar 2. 1** Skema Unit Pengolahan Air Sungai

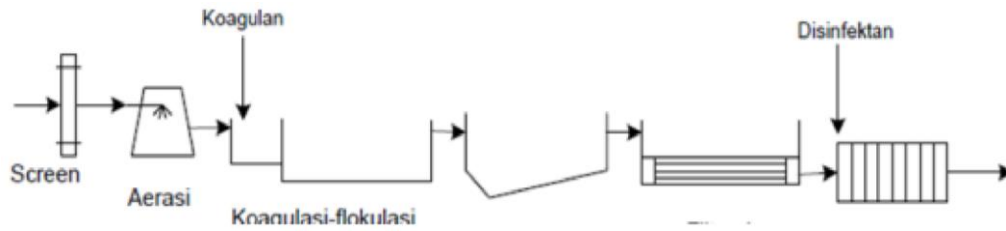
(Sumber : Masduqi dan Assomadi, (2016), Operasi & Proses Pengolahan Air)

b) Air Danau

Karakteristik Air danau umumnya menyerupai air sungai, yaitu terdapat kandungan koloid. Karakteristik yang spesifik adalah kandungan oksigen rendah karena umumnya air danau relatif tidak bergerak, sehingga kurang teraerasi. Dengan karakteristik umum demikian, maka diperlukan unit pengolahan sebagai berikut:

- Aerasi
- Koagulasi-flokulasi
- Sedimentasi
- Filtrasi
- Disinfeksi

Berikut ini gambar skema unit pengolahannya:

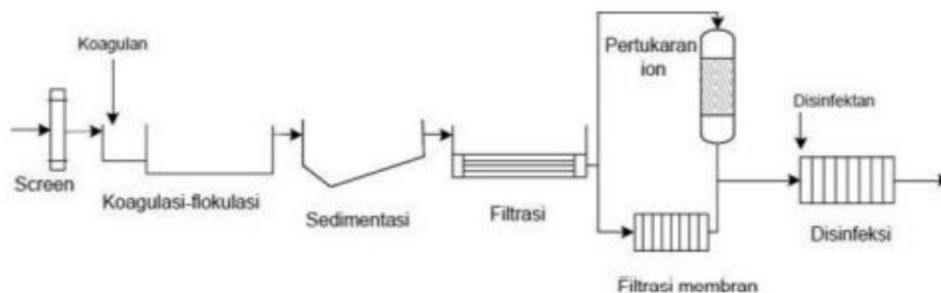


**Gambar 2. 2** Skema Unit Pengolahan Air Danau

(Sumber : Masduqi dan Assomadi, (2016), Operasi & Proses Pengolahan Air)

c) Air Payau

Air permukaan yang bersifat payau (kadar garam sekitar 5000 – 10000 mg/l) berada di daerah rawa di pesisir. Selain kadar garam, karakteristik air rawa ini hampir sama dengan air sungai, sehingga diperlukan proses pengolahan berupa koagulasi-flokulasi – sedimentasi – filtrasi ditambah dengan unit pengolahan untuk menurunkan kadar garam, misal pertukaran ion atau filtrasi membran (mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, dialisis, elektrodialisis, reverse osmosis). Skema unit pengolahannya dapat dilihat pada gambar 2.3



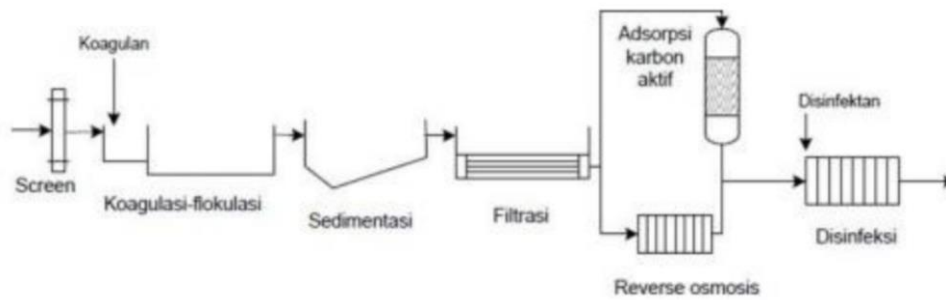
**Gambar 2. 3** Skema Unit Pengolahan Air Payau

(Sumber : Masduqi dan Assomadi, (2016), Operasi & Proses Pengolahan Air)

d) Air Gambut

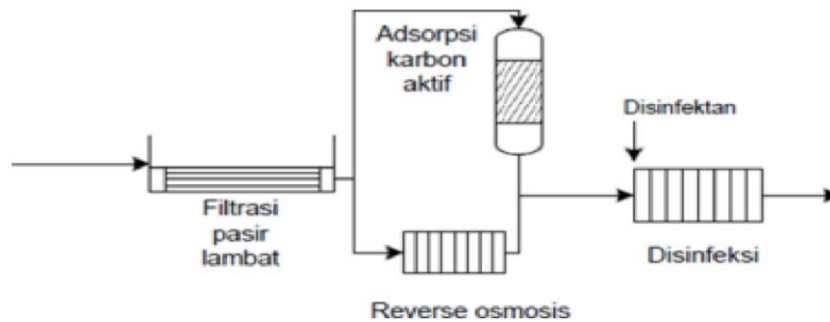
Air gambut adalah air yang kandungan bahan organik alamiahnya tinggi, terutama asam humat dan asam fulvat. Oleh karena itu diperlukan unit pengolahan

untuk menghilangkan bahan-bahan ini, misal slow sand filter (bila kandungan koloid rendah) atau adsorpsi karbon aktif atau reverse osmosis. Jika air gambut tersebut mengandung koloid tinggi, maka diperlukan unit pengolahan berupa koagulasi flokulasi – sedimentasi – filtrasi. Gambar 2.4 dan 2.5 menunjukkan skema unit pengolahan air gambut.



**Gambar 2. 4** Skema Unit Pengolahan Air Gambut

(Sumber : Masduqi dan Assomadi, (2016), Operasi & Proses Pengolahan Air)



**Gambar 2. 5** Skema Unit Pengolahan Air Gambut Dengan Partikel Koloid Rendah

(Sumber : Masduqi dan Assomadi, (2016), Operasi & Proses Pengolahan Air)

## 2.5 Bangunan Pengolahan Air Minum

### 2.5.1 Intake

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, intake adalah bangunan penangkap air atau tempat air masuk sungai, danau, situ, atau



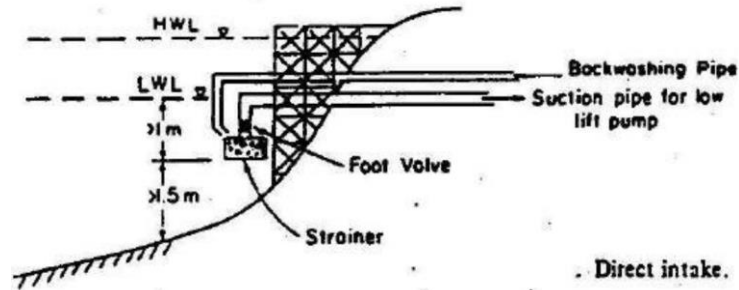
sumber air lainnya. Kapasitas bangunan intake yang digunakan harus disesuaikan dengan kebutuhan air harian maksimum. Persyaratan lokasi penempatan bangunan pengambilan (intake):

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

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

1. Bangunan Penyadap Langsung (Direct Intake)

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



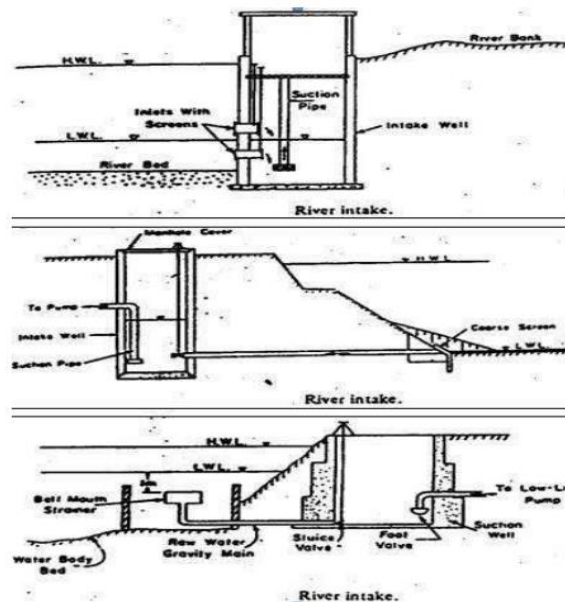
**Gambar 2. 6** *Direct Intake*

(Sumber : Kawamura, 2000)

2. Bangunan Penyadap Tidak Langsung (Indirect Intake)

a. River Intake

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

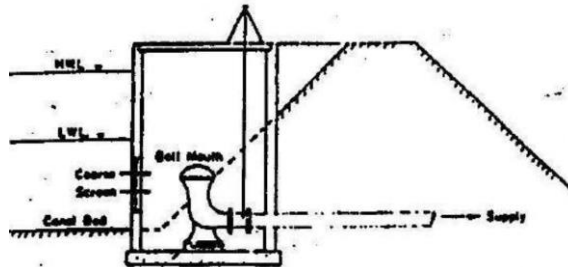


**Gambar 2. 7** *River Intake*

(Sumber : Kawamura, 2000)

b. Canal Intake

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

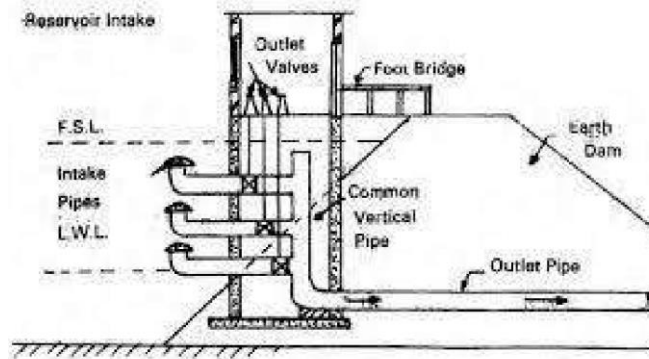


**Gambar 2. 8** *Canal Intake*

(Sumber : Kawamura, 2000)

c. Reservoir Intake

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



**Gambar 2. 9** *Reservoir Intake*

(Sumber : Kawamura, 2000)

## 2.5.2 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

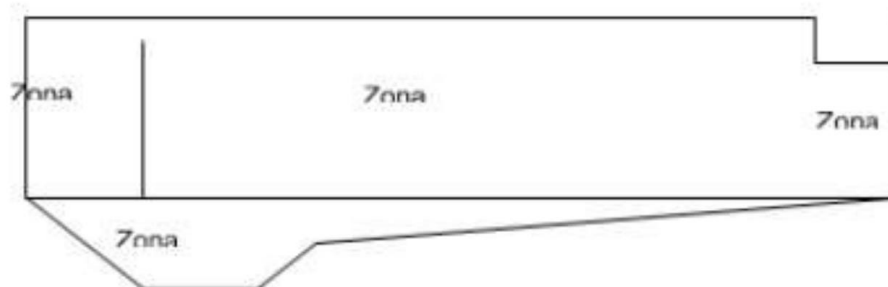
Tempat berlangsungnya proses pengendapan/pemisahan partikel - partikel diskrit di dalam air buangan.

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. 10** 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. Kriteria desain unit prasedimentasi dapat dilihat pada tabel 2.4.

**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>
<b><i>Primary sedimentation tanks followed by secondary treatment</i></b>						
<i>Detention time</i>	h	1,5 – 2,5	2	h	1,5 – 2,5	2
<i>Overflow rate</i>						
<i>Average flow</i>	gal/ft <sup>2</sup> .d	800-1200	1000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	30-50	40
<i>Peak hourly flow</i>	gal/ft <sup>2</sup> .d	2000-3000	2500	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	80-120	100
<i>Weir loading</i>	gal/ft.d	10000-40000	20000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	125-500	250
<b><i>Primary settling with waste activated sludge return</i></b>						
<i>Detention time</i>	h	1,5 – 2,5	2	h	1,5 – 2,5	2
<i>Overflow rate</i>						
<i>Average flow</i>	gal/ft <sup>2</sup> .d	600-800	700	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	24-32	28
<i>Peak hourly flow</i>	gal/ft <sup>2</sup> .d	1200-1700	1500	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	48-70	60
<i>Weir loading</i>	gal/ft.d	10000-40000	20000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	125-500	250

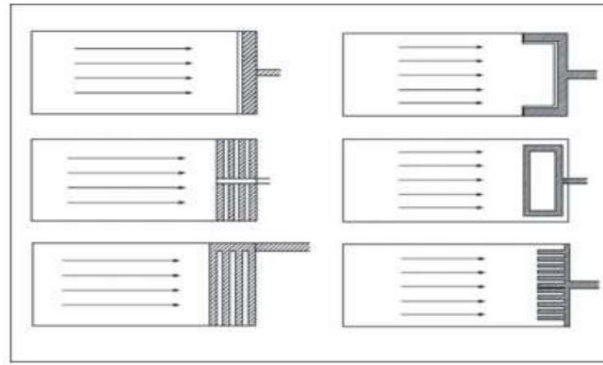
(Sumber: Metcalf & Eddy (2003 hal 398))

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

<b>Weir Loading Rate (m<sup>3</sup>/hari.m)</b>	<b>Sumber</b>	<b>Keterangan</b>
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, antara lain dapat dilihat pada gambar 2.17.

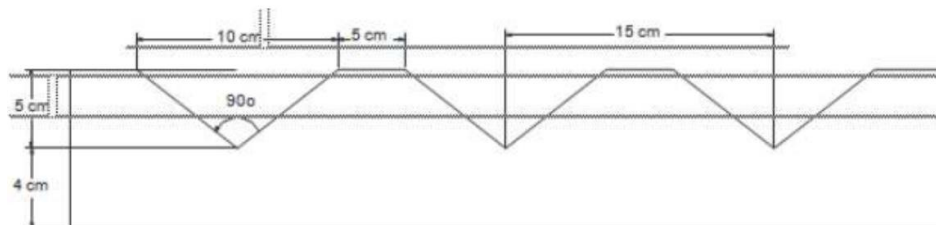


**Gambar 2. 11** Beragam Susunan Pelimpah Pada Unit Prasedimentasi

(Sumber: Qasim et al., 2000)

#### A. Bak Prasedimentasi Berbentuk Rectangular

Pemilihan desain outlet sangat tergantung pada lebar bak, debit air yang dialirkan serta weir loading rate, sehingga pada saat menetapkan bentuk outlet, ketiga hal tersebut harus dipertimbangkan. Jenis pelimpah yang umumnya digunakan adalah bentuk rectangular dan v-notch, namun v-notch lebih banyak digunakan karena memiliki kemampuan self cleansing dan dapat meminimalisasi pengaruh angin. Contoh gambar v-notch dapat dilihat pada Gambar 2.18.

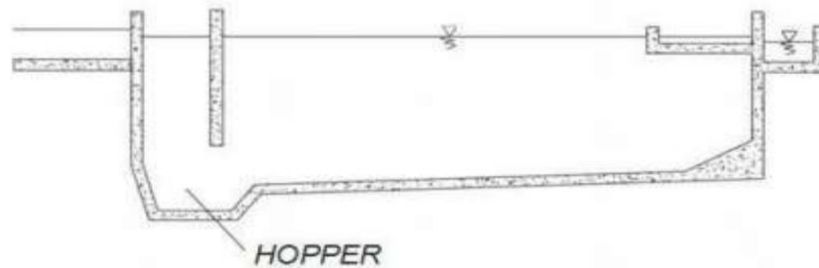


**Gambar 2. 12** Contoh *v-notch*

(Sumber: Fair dkk., 1981)

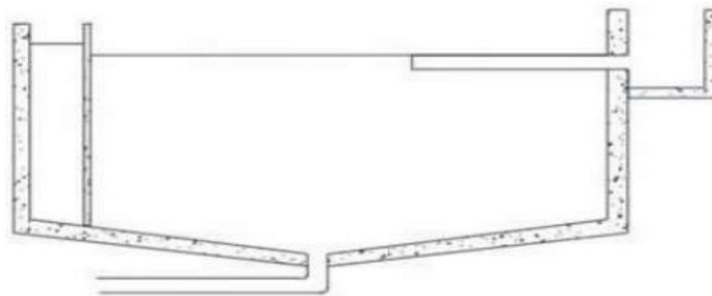
Selain menggunakan pelimpah, outlet unit prasedimentasi dapat menggunakan perforated baffle karena pada dasarnya outlet berfungsi untuk mengalirkan air yang telah terpisah dari suspended solid tanpa mengganggu partikel yang telah terendapkan di zona lumpur, sehingga perforated baffle dapat digunakan, 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 terndapatkan dapat ikut terbawa ke outlet.



**Gambar 2. 13** *Hopper* pada Bak Prasedimentasi

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 2.20 dibawah ini:

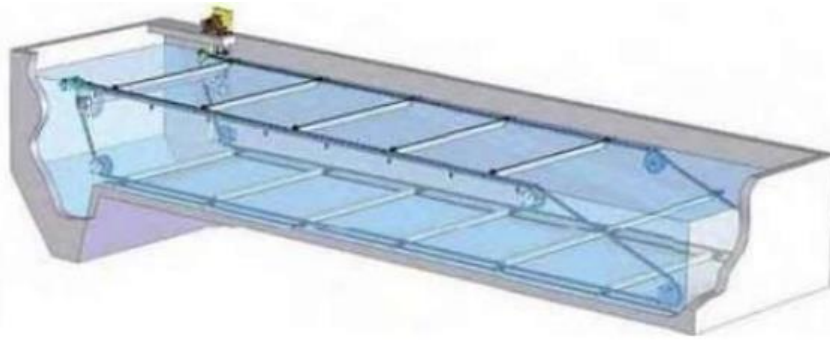


**Gambar 2. 14** Zona Lumpur pada Tengah Bak

(Sumber: Fair dkk., 1981)

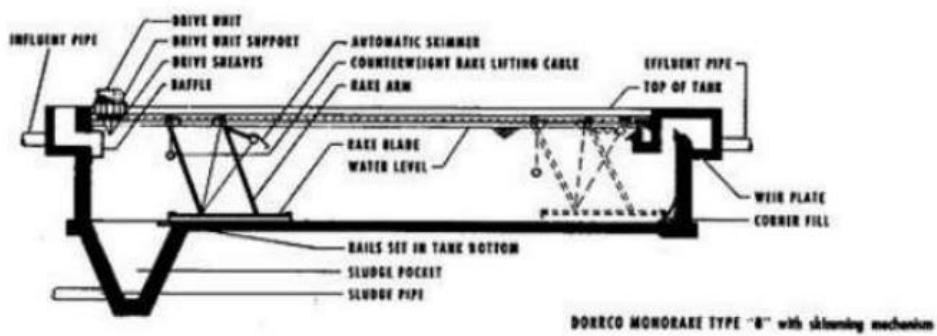
Pembersihan lumpur juga dapat dilakukan dengan cara otomatis dengan beberapa macam scraper. Pada dasarnya, untuk bak rectangular terdapat dua jenis peralatan pembersih lumpur, yaitu tipe chain-and-flight dan travelling bridge dan memiliki scraper untuk mendorong lumpur masuk ke hopper





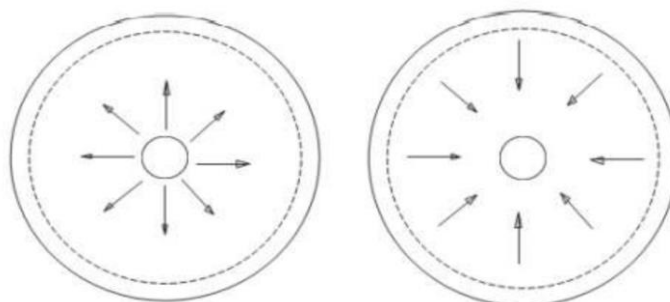
**Gambar 2. 15** (a) Sketsa Peralatan Pembersih Lumpur Tipe Chain and Flight, (b) Peralatan Pembersih Lumpur Tipe Chain and Flight 3 Dimensi

(Sumber: (a) Huisman, 1977 dan (b) Finnchain Oy)



**Gambar 2. 16** Sketsa Peralatan Pembersih Lumpur Tipe Travelling Bridge

B. Bak Prasedimentasi Berbentuk Circular



**Gambar 2. 17** 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

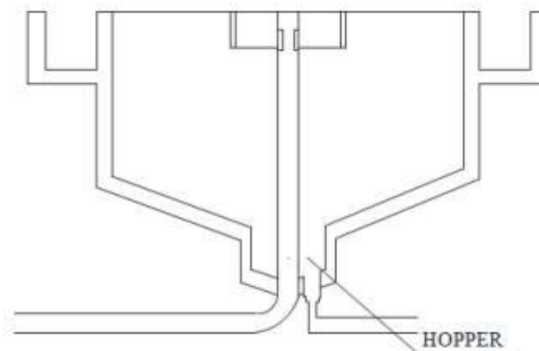
## 2) Zona Inlet

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.

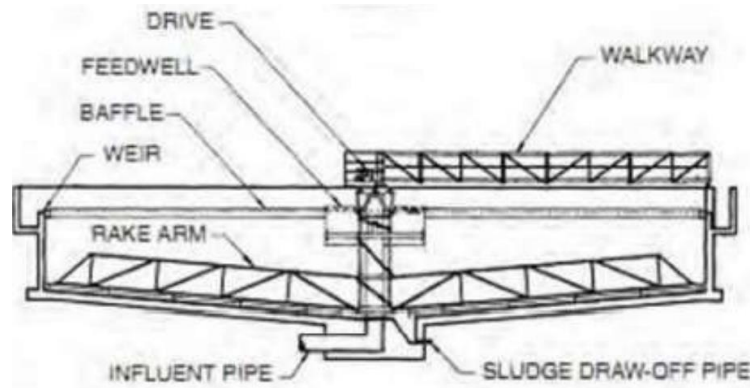
## 3) Zona Outlet

Berdasarkan hasil pembahasan zona pengendapan, maka outlet yang paling tepat bagi bak prasedimentasi 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. 18** Hopper pada Bak Prasedimentasi Bentuk Circular



**Gambar 2. 19** 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.

### 2.5.3 Koagulasi – Flokulasi

Koagulasi-Flokulasi bertujuan untuk menyatukan partikel koloid sehingga membentuk partikel ukuran lebih besar yang selanjutnya dapat dipisahkan dengan cara yang lebih efisien melalui sedimentasi, flotasi, atau penyaringan dengan menambahkan bahan koagulan (Dalimunthe, 2007; Shamma & Wang, 2016).

Koagulan atau Flokulan dibubuhkan ke dalam air yang dikoagulasi yang bertujuan untuk memperbaiki pembentukan flok dan untuk mencapai sifat spesifik flok yang diinginkan. Koagulan adalah zat kimia yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif partikel di dalam suspensi. Zat ini merupakan donor muatan positif yang digunakan untuk mendestabilisasi muatan negatif partikel (Pulungan, 2012) Pada tabel 2.5 dapat dilihat koagulan yang umum digunakan pada pengolahan air

**Tabel 2. 5** Beberapa Jenis Koagulan dalam Praktik Pengolahan Air

<b>Nama</b>	<b>Formula</b>	<b>Bentuk</b>	<b>Reaksi dengsn Air</b>	<b>pH optimum</b>
Aluminium sulfat	$Al_2(SO_4)_3 \cdot xH_2O_x$ = 14,16,18	Bongkah, bubuk	Asam	6,0-7,8
Sodium aluminate	$Na_2Al_2O_4$	Bubuk	Basa	6,0-7,8
Polyalumunium Chlorida, PAC	$Aln(OH)mCl_3n-m$	Cairan, bubuk	Asam	6,0-7,8
Ferrie sulfate	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	Kristal halus	Asam	4-9
Ferri klorida	$FeCl_3 \cdot 6 H_2O$	Bongkah, cairan	Asam	4-9
Ferro sulfat	$Fe SO_4 \cdot 7 H_2O$	Kristal halus	Asam	>8,5

Sumber: Sugiarto (2006)

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

1. Pengaruh pH

Pada koagulan terdapat range pH optimum. Luasnya range pH koagulan ini dipengaruhi oleh jenis-jenis konsentrasi koagulan yang dipakai. Hal ini

penting untuk menghindari adanya kelarutan koagulan. Proses koagulan pH yang terbaik adalah 7 (netral).

## 2. Pengaruh Temperatur

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

## 3. Dosis Koagulan

Air dengan kekeruhan yang tinggi memerlukan dosis koagulan yang lebih banyak. Dosis koagulan persatuan unit kekeruhan rendah, akan 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.

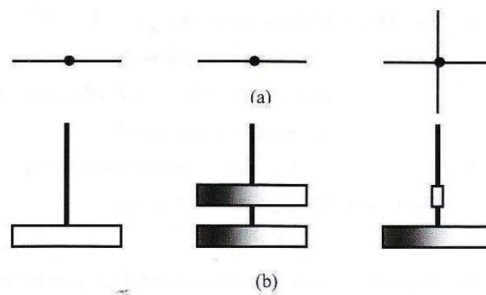
## 4. Pengadukan (mixing)

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.

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 (balong-balong). Bentuk ketiga impeller dapat dilihat pada gambar 2.26, gambar 2.27, dan gambar 2.28. Kriteria impeller dapat dilihat pada tabel 2.6. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu  $G$  dan  $td$ . Tabel 2.7 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  $KT$  yang dapat dilihat pada tabel 2.8.



**Gambar 2. 20** Tipe Paddle (a) Tampak Atas (b) Tampak Samping

(Sumber : Masduqi & Assomadi, 2012 hal 112)



**Gambar 2. 21** Tipe Turbin

(Sumber : Qasim, et al., 2000)



**Gambar 2. 22** Tipe Propeller (a) 2 blade (B) 3 blade

(Sumber: Qasim, et al., 2000)

**Tabel 2. 6** Kriteria Impeller

<b>Tipe Impeller</b>	<b>Kecepatan Putaran</b>	<b>Dimensi</b>	<b>Keterangan</b>
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

**Tabel 2. 7** Nilai Waktu Pengadukan Mekanis dan Gradien Kecepatan

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



$.50 \geq$	700
------------	-----

sumber: Reynolds & Richards (1996:184)

**Tabel 2. 8** Konstanta KL dan KT untuk Tangki Berserat

<b>Jenis Impeller</b>	<b>KL</b>	<b>KT</b>
Propeller, pitch of 1, 3 blades	41,0	0,32
Propeller, pitch of 2, 3 blades	43,5	1,00
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	60,0	5,31
Turbine, 6 flat blades, vaned disc	65,0	5,75
Turbine, 6 curved blades	70,0	4,80
Fan turbine, 6 blades at 45°	70,0	1,65
Shrouded turbine, 6 curved blades	97,5	1,08
Shrouded turbine, with stator, no baffles	172,5	1,12
Flat paddles, 2 blades (single paddles), $D_i/W_i=4$	43,0	2,25
Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i=6$	36,5	1,70
Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i=8$	33,0	1,15
Flat paddles, 4 blades, $D_i/W_i=6$	49,0	2,75
Flat paddles, 6 blades, $D_i/W_i=8$	71,0	3,82

Flokulasi adalah proses penggabungan inti flok sehingga menjadi flok yang berukuran lebih besar. Pada flokulasi, kontak antar partikel melalui tiga mekanisme, yaitu:

1. Thermal motion, yang dikenal dengan Brownian Motion atau difusi atau disebut sebagai Flocculation Perikinetik.
2. Gerakan cairan oleh pengadukan
3. Kontak selama pengendapan

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
- $G = 10-50$  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
- $G = 10-50 \text{ detik}^{-1}$

#### 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)

### **2.5.4 Sedimentasi**

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

- 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 oleh alum, soda, NaCl, dan chlorine.
- d. Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan.

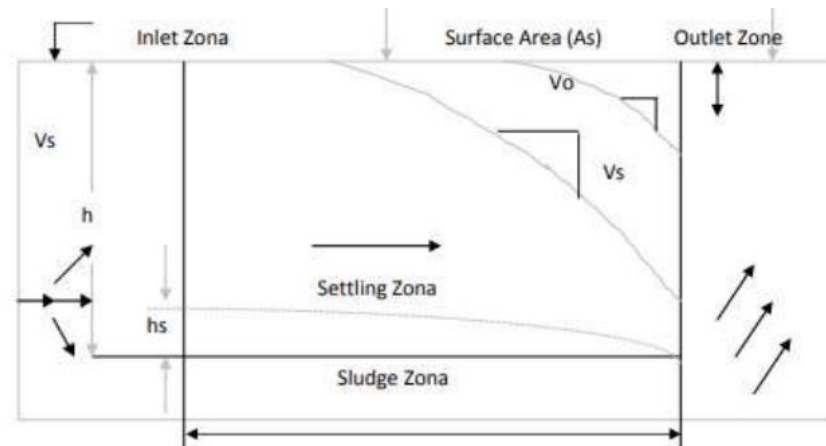
Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah:

- 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 Sludge

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



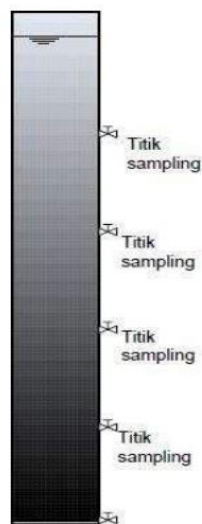
**Gambar 2. 23** Zona Pada Bak Sedimentasi

Dimana pada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut :

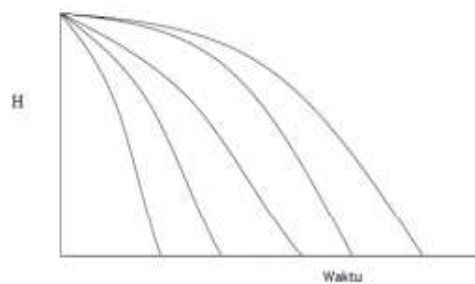
- Zona Inlet = Terjadi distribusi aliran yang menuju zona settling ( $\pm 25\%$  panjang bak)
- Zona Settling = Terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya
- Zona Sludge = Sebagai ruang lumpur, dimana konfigurasi dan kedalamannya tergantung pada metode pengurusan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel 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 setting test dengan multiple withdraw ports. Dengan menggunakan kolom pengendapan tersebut, sampling dilakukan pada setiap port pada interval waktu tertentu, dan data removal partikel diplot pada grafik

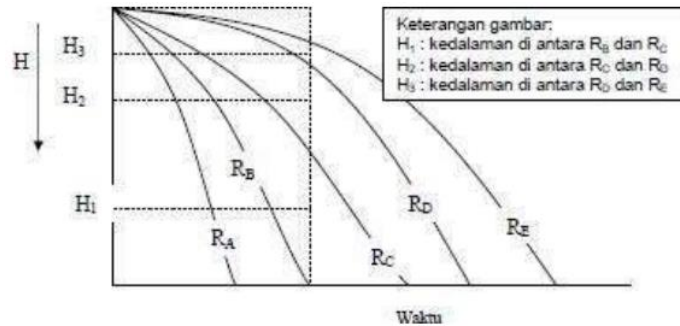


**Gambar 2. 24** Kolom Test Sedimentasi Tipe II



**Gambar 2. 25** Grafik Isoremoval

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. 26** Penentuan Kedalaman H dan Seterusnya

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 mekanik 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 laminer. 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.

### **2.5.5 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).

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

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

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

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

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

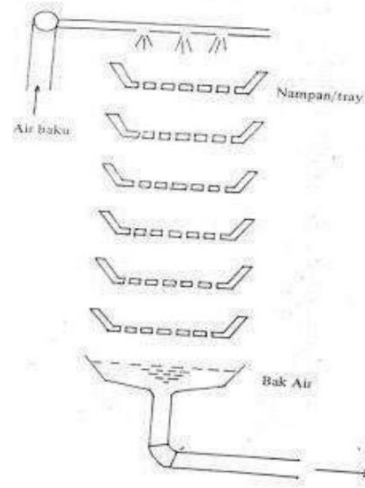
Penurunan carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) oleh waterfall aerators cukup berarti, tetapi tidak memadai apabila dari yang sangat corrosive. Pengolahan selanjutnya seperti pembubuhan kapur atau dengan saringan marmar atau dolomite yang dibakar masih dibutuhkan.

Jenis-Jenis Metode Aerasi, antara lain :

- a. Waterfall aerator ( aerator air terjun).



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

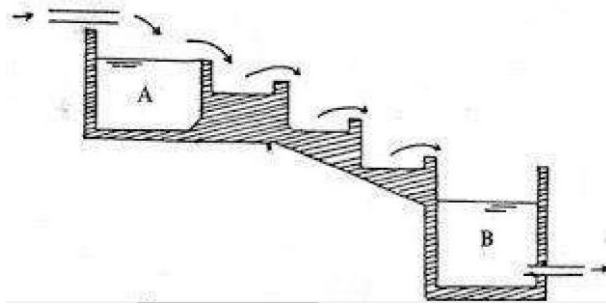


**Gambar 2. 27** *Multiple Tray Aerator*

Jenis aerator terdiri atas 4-8 tray dengan dasarnya penuh lobanglobang pada jarak 30-50 cm. Melalui pipa berlobang air dibagi rata melalui atas tray, dari sini percikan-percikan kecil turun ke bawah dengan kecepatan kira-kira 0,02 m /detik per m<sup>2</sup> permukaan tray. Tetesan yang kecil menyebar dan dikumpulkan kembali pada setiap tray berikutnya. Tray- tray ini bisa dibuat dengan bahan yang cocok seperti lempengan- lempengan absetos cement berlobang-lobang, pipa plastik yang berdiameter kecil atau lempengan yang terbuat dari kayu secara paralel.

b. Cascade Aerator

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



**Gambar 2. 28** *Cascade Aerator*

Keterangan : A = Air baku

B = Air sudah diaerasi

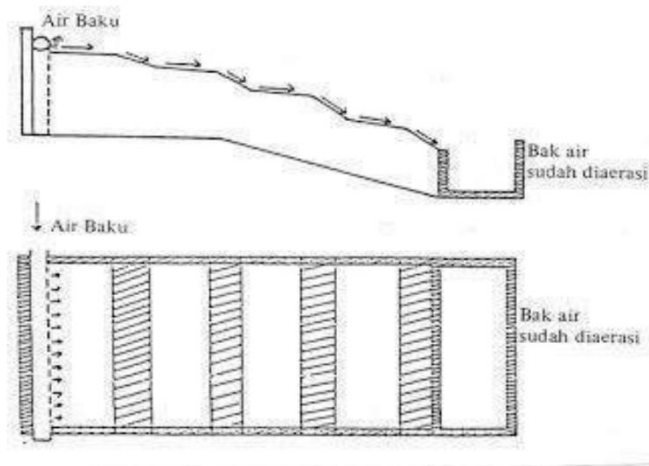
C = Inlet

D = Lubang pembersih

E = Outlet

c. Submerged Cascade Aerator

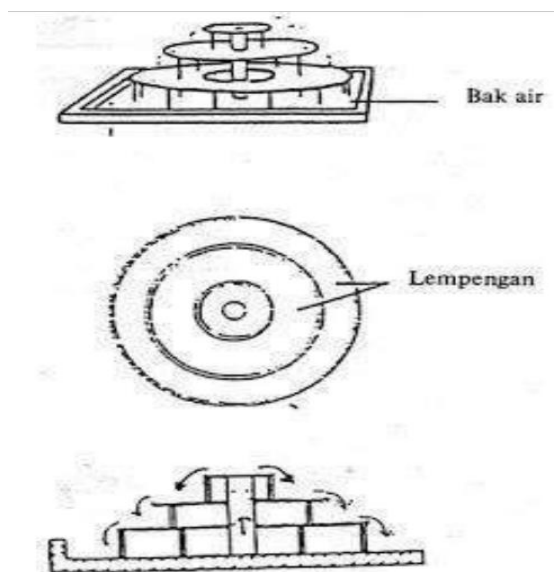
Aerasi tangga aerator seperti pada gambar di bawah ini penangkapan udaranya terjadi pada saat air terjun dari lempengan lempengan trap yang membawanya. Oksigen kemudian dipindahkan dari gelembung- gelembung udara kedalam air . Total ketinggian jatuh kira-kira 1,5 m dibagi dalam 3-5 step. Kapasitas bervariasi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



**Gambar 2. 29** Aerasi Tangga Aerator

d. *Multiple Platform Aerator*

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

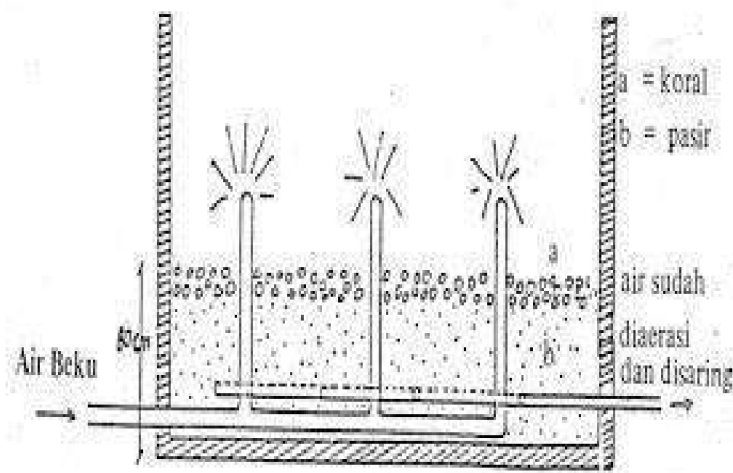


**Gambar 2. 30** *Multiple Platform Aerator*

e. *Spray Aerator*

Terdiri atas nosel penyemprot yang tidak bergerak (Stationary nozzles) dihubungkan dengan kisi lempengan yang mana air disemprotkan ke udara di

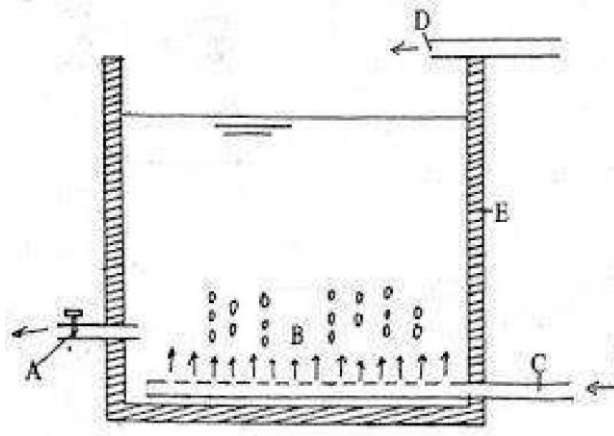
sekeliling pada kecepatan 5-7 m /detik. Spray aerator sederhana diperlihatkan pada gambar, dengan pengeluaran air ke arah bawah melalui batang-batang pendek dari pipa yang panjangnya 25 cm dan diameter 15 -20 mm. piringan melingkar ditempatkan beberapa sentimeter di bawah setiap ujung pipa, sehingga bisa berbentuk selaput air tipis melingkar yang selanjutnya menyebar menjadi tetes-tetesan yang halus. Nozzle untuk spray aerator bentuknya bermacam-macam, ada juga nosel yang dapat berputar-putar



**Gambar 2. 31** *Spray Aerator*

f. Aerator Gelembung Udara (Bubble aerator)

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



**Gambar 2. 32** *Bubble Aerator*

Keterangan : A = Outlet

B = Gelembung udara

C = Pipa berlubang buat udara

D = Inlet air baku

E = Bak air

g. Multiple-Tray Aerator

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

Multiple Tray Aerator harus dilengkapi dengan sistem ventilasi yang cukup. Jika unit ini ditempatkan dalam suatu bangunan dimana terdapat pencemaran

udara, maka efektivitas dan efisiensi dari unit akan berkurang, karena terjadi kontaminasi dari udara yang masuk dengan kandungan atau unsur-unsur tertentu yang ingin dihilangkan.

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

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

<b>Aerator</b>	<b>Penyisihan</b>	<b>Spesifikasi</b>
Aerator Gravitasi :		
<i>Cascade</i>	20-40% CO <sub>2</sub>	Tinggi: 1-3 m Luas: 85-105 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> .det Kecepatan aliran: 0,3 m/s
<i>Packing Tower</i>	.>95% VOC >90% CO <sub>2</sub>	Diameter kolom maks: 3 m Beban hidrolis: 2000 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari
<i>Tray</i>	>90% CO <sub>2</sub>	Kecepatan 0,8-1,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .menit Kebutuhan udara: 7,5 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> air Jarak rak (tray): 30-75 cm Luas: 50-160 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> .det

<i>Spray Aerator</i>	70-90% CO <sub>2</sub>  25-40 H <sub>2</sub> S	Tinggi 1,2 – 9 m  Diameter nozzle: 2,5-4 cm  Jarak nozzle: 0,6-3,6 m  Debit nozzle: 5-10 L/s
Aerator Berdifusi	80% VOC <sub>s</sub>	Luas bak: 105-320 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> .det  Tekanan semprotan: 70 KPs

### 2.5.6 Filtrasi

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

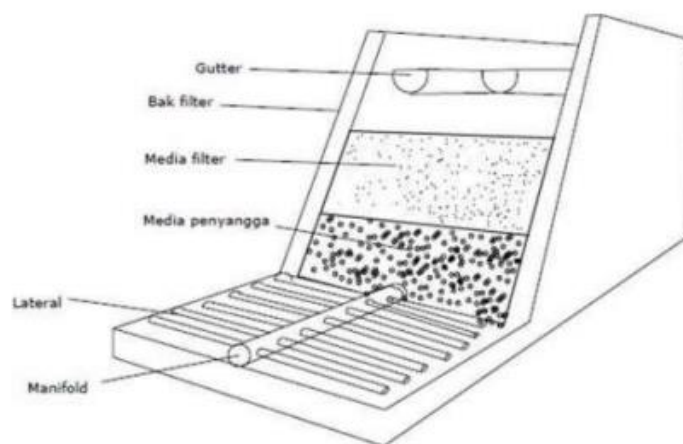
Bakteri dan sejenisnya dapat dengan efektif dihilangkan dengan menggunakan proses filtrasi. Selain itu filtrasi juga dapat mengurangi warna, rasa, bau, kadar besi juga kadar mangan yang terdapat di dalam air. Proses pengurangan kadarkadar tersebut tidak lepas dengan adanya proses fisika dan kimia yang 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. Pada gambar 2.30 dapat dilihat bagian-bagian filter



**Gambar 2. 33** Bagian-bagian filter

(Sumber : Reynold/Richards (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 1978, pada proses purifikasi air, rapid sand filters memiliki hasil effluent yang lebih baik jika dibandingkan dengan slow sand filters. Kecepatan pada rapid sand filters ini cukup tinggi dan laju filtrasi nya berkisar antara 4-5 m<sup>3</sup> /m<sup>2</sup> .hr (namun terkadang laju filtrasi nya dapat lebih dari



6 m<sup>3</sup> /m<sup>2</sup> .hr). Ukuran pasir efektif yang digunakan pada filter ini berkisar antara 0,45-0,55 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 80 cm. 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:

- 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

### 1. Filter Pasir Cepat

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

**Tabel 2. 10** Kriteria Perencanaan Filter Pasir Cepat

No.	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan
1.	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6-11	6-11
2.	Pencucian:  Sistem pencucian	Tanpa/dengan blower dan atau surface wash	Tanpa/dengan blower dan atau surface wash
	Kecepatan (m/jam)	36-50	36-50
	Lama pencucian (menit)	10-15	10-15
	Periode antara dua pencucian (jam)	18-24	18-24

	Ekspansi (%)	30-50	30-50
3.	Dasar filter:		
	Lapisan penyangga dari atas ke bawah	80-100 2-5	80-100 2-5
	Kedalaman (mm) ukuran butir (mm)	80-100 5-10	80-100 5-10
	Kedalaman (mm) ukuran butir (mm)	80-100 10-15	80-100 10-15
	Kedalaman (mm) ukuran butir (mm)	80-150 15-30	80-150 15-30
	Filter Nozel		
	Lebar slot nozel (mm)		
	Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)	<0,5 >4	<0,5 >4

(Sumber: SNI 6774-2008)

## 2. Filter Pasir Lambat

Filter pasir lambat atau slow sand filter adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi lambat yaitu sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Filter pasir lambat bekerja dengan cara pembentukan lapisan biofilm di beberapa milimeter bagian atas lapisan pasir halus yang disebut lapisan hypogeal atau schmutzdecke. Lapisan ini mengandung bakteri, fungi, protozoa, rotifera, dan larva serangga air. Schmutzdecke adalah lapisan yang melakukan pemurnian efektif dalam pengolahan air. Selama air melewati schmutzdecke, partikel akan terperangkap dan organik terlarut akan teradsorpsi, diserap, dan dicerna oleh bakteri, fungi, dan

protozoa (Masduqi & Assomadi, 2012:176). Kriteria perencanaan filter pasir lambat dapat dilihat pada tabel 2.11.

**Tabel 2. 11** Kriteria Filter Pasir Lambat

<b>Kriteria</b>	<b>Nilai/Keterangan</b>
Kecepatan filtrasi	0,1-04 m/jam
Ukuran bed	Besar,200 m <sup>2</sup>
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
------------------	----------------

**Tabel 2. 12** Kriteria Filter Bertekanan

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

	Kadar SiO <sub>2</sub>	>95%
4.	Media antrasit	
	Tebal (mm)	400-500
	Ukuran efektif, ES (mm)	1,2-1,8
	Koefisien keseragaman, UC	1,5
	Berat jenis (Kg/L)	1,35
	Porositas	0,5
5.	Dasar filter	
	Filter nozel	
	Lebar slot nozel (mm)	<0,5
	Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)	>4%

(Sumber: SNI 6774-2008)

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

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

Macam – macam faktor yang mempengaruhi efisiensi desinfeksi adalah :

1. Waktu kontak
2. Konsentrasi desinfeksi
3. Jumlah mikroorganisme
4. Temperature air
5. pH
6. adanya senyawa lain dalam air

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

#### 1. Desinfeksi dengan Ozon

Ozon adalah zat pengoksidasi kuat sehingga dapat melakukan perusakan bakteri antara 600 – 3000 lebih kuat dari klorin. Penggunaannya tidak dipengaruhi oleh pH air, sedangkan klorin sangat bergantung pada pH air. Mekanisme produksi ozon adalah eksitasi dan percepatan electron yang tidak beraturan dalam medan listrik tinggi. O<sub>2</sub> berarus bolak-balik melewati media arus listrik yang tinggi akan menghasilkan lompatan electron yang bergerak pada elektroda satu dan yang lain. Jika elektroda mencapai kecepatan cukup, maka akan menyebabkan molekul oksigen

splitting ke bentuk atom oksigen radikal bebas. Atom-atom ini akan bergabung membentuk O<sub>3</sub> (ozon).

## 2. Desinfeksi dengan UV

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

## 3. Desinfeksi dengan pembubuhan kimia

Metode ini menggunakan bahan kimia yang dicampurkan dalam air kemudian diberikan waktu yang cukup agar memberi kesempatan kepada zat untuk berkontak dengan bakteri. Desinfeksi air minum yang sering dilakukan yaitu dengan memanfaatkan klorin. Reaksi yang terjadi pada pembubuhan klorin yaitu :  $Cl_2 + H_2O \rightarrow HOCl + Cl^- + H^+$   $HOCl \rightleftharpoons OCl^- + H^+$

## 4. Desinfeksi dengan gas klor

Metode ini bertujuan untuk mengoksidasi logam-logam, membunuh mikroorganisme seperti plankton dan juga membunuh spora dari lumut, jamur, dan alga. Konsentrasi yang diberikan adalah 2-3 gr/m<sup>3</sup> air, tergantung pada turbiditas air (Aji, 2015). Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih besar dari aerasi, dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik pada 8 - 8,3 oksidasi besi membutuhkan waktu 15-30 menit. Pada umumnya proses standar penurunan Fe dan Mn menggunakan koagulasi dengan alum, flokulasi, pengendapan, dan filtrasi dengan didahului proses preklorinasi. Dosis sisa klor yang dianjurkan 0,2-0,5 mg/l (Fatimah, et al., 2007). Perlu dilakukan percobaan Daya Pengikat Chlor (DPC) untuk mengetahui dosis senyawa chlor (Cl<sub>2</sub>) yang dibutuhkan oleh air untuk proses desinfeksi (membunuh bakteri). Daya Pengikat Chlor ditentukan cara selisih antara chlor yang dibubuhkan dengan sisa chlor setelah kontak setelah kontak selama 30 menit (Sawyer et al., 1978).



### 2.5.8 Reservoir

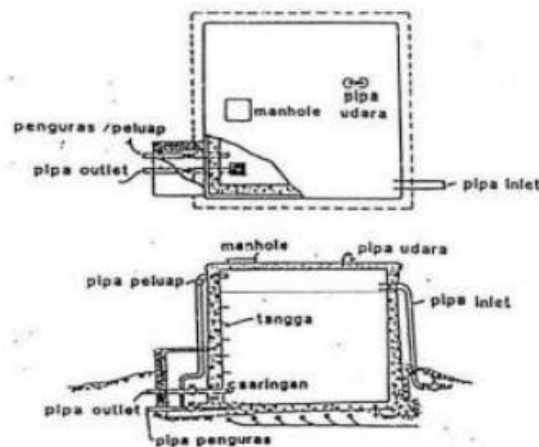
Reservoir adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya reservoir ini diperlukan pada suatu sistem penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Reservoir mempunyai fungsi dan peranan tertentu yang diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan 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 2 yaitu :

- Reservoir Permukaan (Ground Reservoir)

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



**Gambar 2. 34** Reservoir Permukaan

- Reservoir Menara (Elevated Reservoir)

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

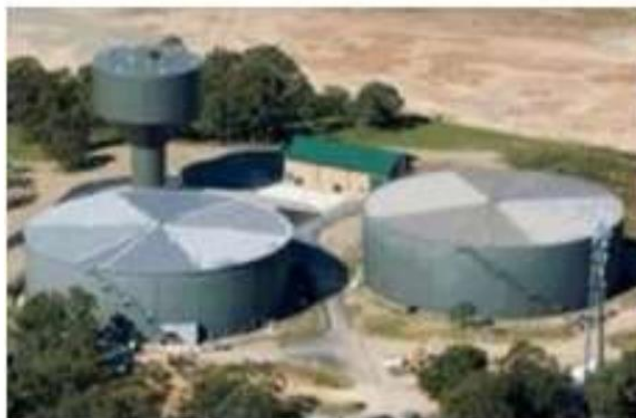


**Gambar 2. 35** Reservoir Menara

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

1. Reservoir Tanki Baja

Banyak reservoir menara dan “stand pipe” 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. 36** Reservoir Tanki Baja

## 2. Reservoir Beton Cor

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



**Gambar 2. 37** Reservoir Beton Cor

## 3. Reservoir Pasangan Bata

Penggunaan bata merah sebagai bahan pengisi dinding bangunan sudah umum kita lihat diberbagai bangunan dari dulu hingga kini. Selain sudah teruji kekuatannya, untuk mendapatkan material ini pun tidak susah. Kelebihan dari menggunakan material ini adalah kekuatan, kekokohan serta tahan lama sehingga jarang sekali terjadi keretakan dinding. Kekurangannya adalah dari sulitnya membuat pasagan bata yang rapi sehingga membutuhkan plesteran yang cukup tebal agar menghasilkan dinding yang cukup rata dan kecenderungan pemborosan dalam penggunaan material perekatnya.



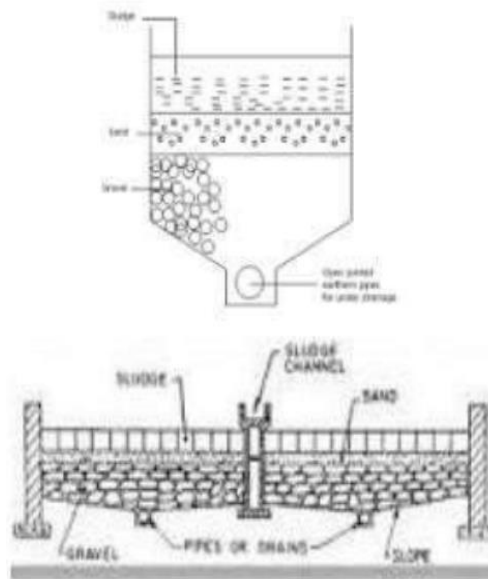
**Gambar 2. 38** Reservoir Pasangan Bata

### **2.5.9 Sludge Drying Bed (SDB)**

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

Saluran drainase memiliki persyaratan minimal kemiringan yaitu sekitar 1% (0,01 m/m) dengan jarak antar saluran drainase pada masing-masing partisi sekitar 2,5-6 m. Saluran drainase juga harus terlindung dari lumpur secara langsung sehingga diperlukan media yang mampu menutupi saluran drainase pada sludge drying bed. Media tersebut pada umumnya berupa kerikil dan juga pecahan batu yang disusun dengan ketebalan antara 230-300 mm. Ketebalan yang diatur sedemikian rupa memiliki fungsi guna menghambat laju air dan meminimasi

masuknya lumpur / sludge ke dalam saluran drainase. Pasir yang digunakan pada media penyangga juga memiliki batasan koefisien keseragaman yang tidak lebih dari 4 dan memiliki effective size antara 0,3-0,75. Area pengeringan memiliki dimensi lebar yang dibatasi pada 6 m dengan panjang yang berkisar antara 6-30 m dan kedalaman yang berkisar antara 380-460 mm. Bahan beton disarankan digunakan sebagai bahan penyusun bangunan sludge drying bed. (Metcalf & Eddy, 2003).



**Gambar 2. 39** *Sludge Drying Bed*

(Sumber : Metcalf & Eddy, 2003)

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

Padatan pada sludge drying bed hanya dapat dikuras dari bangunan sludge drying bed setelah sludge mengering. Sludge / lumpur yang telah mengering

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

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/m<sup>2</sup>.tahun). Data tipikal untuk variasi sludge / lumpur yang dihasilkan akan ditunjukkan berikut ini.

**Tabel 2. 13** Kriteria Kebutuhan Luas Lahan SDB Berdasarkan Tipe Tanah Solid

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

<i>Lumpur Presipitasi Kimia</i>	2-2,5	0,19-0,23	20-33	100-160
---	-------	-----------	-------	---------

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

## 2.6 Profil Hidrolis

Profil hidrolis digambarkan untuk mendapatkan tinggi muka air pada masing-masing unit instalasi. Profil ini menunjukkan adanya kehilangan tekanan (head loss) yang terjadi akibat pengaliran pada bangunan. Beda tinggi setiap unit instalasi dapat ditentukan sesuai dengan sistem yang digunakan serta perhitungan kehilangan tekanan baik pada perhitungan yang telah dilakukan pada bab masing-masing bangunan sebelumnya maupun yang langsung dihitung pada bab ini. Profil Hidrolis IPAL adalah merupakan upaya penyajian secara grafis “hydraulic grade line” dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (influent-effluent) dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, mengetahui kebutuhan pompa, memastikan tidak terjadi banjir atau luapan air akibat aliran balik.

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

### 1. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan

Untuk membuat profil hidrolis perlu perhitungan kehilangan tekanan pada bangunan. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air

di dalam bangunan pengolahan. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan ada beberapa macam, yaitu:

- a. Kehilangan tekanan pada pintu
- b. Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang dan sebagainya harus dihitung secara khusus.
- c. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris
- d. Kehilangan tekanan pada perpipaan  
Rumus yang digunakan :  $L \times S$
- e. Kehilangan tekanan pada aksesoris  
Cara yang mudah adalah dengan meng ekivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekivalen sekaligus  $S$ .
- f. Kehilangan tekanan pada pompa  
Bisa dihitung dengan rumus, grafik karakteristik pompa serta dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis pompa, cara pemasangan dan sebagainya.
- g. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok Cara perhitungannya juga dengan bantuan monogram

## 2. Tinggi muka air

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

- a. Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir.
- b. Tambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di clear well.



- c. Didapat tinggi muka air bangunan sebelum clear well demikian seterusnya sampai bangunan yang pertama sesudah intake.
- d. Jika tinggi muka air bangunan sesudah intake ini lebih tinggi dari tinggi muka air sumber maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air.