

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Baku

Air baku merupakan elemen mendasar dalam pengolahan air minum. Sumber air baku yang umum digunakan adalah air hujan, air tanah, air permukaan, dan air laut. Pada umumnya masyarakat lebih sering memanfaatkan air tanah dan air permukaan dibandingkan sumber air baku, namun air laut jarang dimanfaatkan karena memerlukan teknologi canggih dan biaya pengolahan yang mahal (Aston, 2011).

Untuk sistem pengolahan air minum, penting untuk mengetahui klasifikasi badan air yang digunakan. Karena ini mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap jenis pengolahan yang digunakan. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 mengklasifikasikan golongan air menurut peruntukannya sebagai berikut:

- Kelas A/I: Air yang dapat digunakan sebagai air minum tanpa pengolahan terlebih dahulu
- Kelas B/II: Air yang dapat digunakan sebagai air minum
- Kelas C/III: Air yang dapat digunakan untuk pertanian dan perikanan
- Kelas D/IV: Pertanian perkotaan, perekonomian air, industri dan produksi energi.

(Pemerintah Republik Indonesia, 2021)

2.2 Sumber Air Baku

Sumber air baku yang dapat diolah untuk dijadikan air minum seperti air tanah dan air permukaan.

1. Air Tanah

Sifat geologi seperti morfologi dan jenis batuan, serta luas dan ketebalan lapisan pembentuk struktur mengakibatkan lapisan tahan air dan permeabel. Hal ini didasarkan pada karakteristik fisik air tanah dengan daya tampung

rendah dan kualitas air asin atau air payau yang tidak memenuhi kebutuhan air minum (Astono, 2011).

2. Air Permukaan

Air permukaan adalah air yang terdapat di permukaan bumi, seperti sungai, rawa, danau, dan mata air. Sebagai sumber baku air minum, air permukaan harus memenuhi kualitas oksigen terlarut, pH yang memadai, kandungan padatan, kandungan bakteri, keberadaan zat beracun, suhu, dan parameter lainnya. Air permukaan yang biasa digunakan sebagai sumber air baku dan pengolahan air minum adalah air sungai dan air danau (Astono, 2011).

2.3 Persyaratan dalam Penyediaan Air Baku

1. Persyaratan Kualitas

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

a. Persyaratan Fisik

Dari segi fisik murni, air bersih adalah air yang jernih, tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, dan suhunya sama atau hampir sama dengan suhu air, suhu udara. kurang lebih sebesar 25°C.

b. Persyaratan Bahan Kimia

Air bersih tidak boleh mengandung bahan kimia dalam jumlah melebihi batas. Beberapa persyaratan antara lain pH, total padatan, zat organik, CO₂ agresif, kekerasan, kalsium (Ca), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), Klorida (Cl), nitrit, fluor (F) dan logam berat.

c. Persyaratan Biologis

Air bersih harus bebas dari bakteri patogen dan parasit yang berbahaya bagi kesehatan. Persyaratan biologis ditandai dengan tidak adanya bakteri E.coli di dalam air.

d. Persyaratan Radioaktivitas

Air bersih harus bebas dari zat-zat yang menghasilkan zat radioaktif seperti sinar alfa, beta, dan gamma.

2. Persyaratan Kuantitas (Debit)

Jumlah yang dibutuhkan untuk menyediakan air bersih ditentukan oleh jumlah air baku yang tersedia. Artinya, air baku dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan tergantung pada kebutuhan lokal dan jumlah penduduk yang dilayani. Jumlah yang dibutuhkan juga dapat ditentukan dengan menggunakan Standar Debit Air Bersih yang didistribusikan kepada konsumen sesuai dengan jumlah air murni yang dibutuhkan. Kebutuhan masyarakat akan air bersih berbeda-beda tergantung letak geografis, budaya, tingkat ekonomi, dan luas wilayah perkotaan tempat mereka tinggal (Agustina, 2007).

2.4 Parameter Kualitas Air

Air minum adalah air yang telah melalui proses pengolahan air untuk memenuhi persyaratan atau baku mutu air. Air minum yang disalurkan ke pelanggan harus menyediakan air minum yang aman, estetis, bebas gangguan, dan biaya yang wajar (Kawamura, 1991). Standar air minum bergantung pada kebijakan pemerintah pusat. Pedoman standar untuk air minum yang memadai mempertimbangkan keadaan nasional. Secara umum parameter baku mutu air dibagi menjadi dua parameter yaitu baku mutu air baku dan baku mutu air minum, yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Standar Kualitas Air Baku

Baku mutu air baku di Indonesia diatur melalui Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001. Klasifikasi kualitas air telah ditetapkan menjadi empat kelas, yaitu

- a. Kelas 1, air yang dimaksudkan untuk digunakan sebagai air minum mentah dan/atau untuk keperluan lain yang memerlukan mutu air yang sama dengan untuk penggunaan itu.
- b. Kelas 2, Prasarana/Fasilitas air yang diperuntukkan sebagai Air Rekreasi, Budidaya Ikan Air Tawar, Peternakan, Irigasi Air yang dapat dipergunakan untuk bercocok tanam dan/atau keperluan lain yang memerlukan mutu air yang sama dengan peruntukannya.
- c. Kelas 3, Air yang dapat digunakan untuk beternak ikan air tawar. Air yang dapat digunakan untuk peternakan, irigasi tanaman dan/atau keperluan lainnya.

- d. Kelas 4, air yang memerlukan kualitas air yang sama untuk irigasi tanaman dan/atau kegunaannya.

Baku mutu air yang berlaku untuk pengolahan air minum mengacu pada PP RI No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air Kelas I.

Tabel 2.1 Parameter Kriteria Mutu Air Baku Berdasarkan Kelas

Parameter	Satuan	Kelas				Keterangan
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi Temperatur dari keadaan alamiah
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspens	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi \leq 5000 mg/L
Kimia Anorganik						
pH		6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka Ditentukan berdasarkan kondisi alamiah

BOD	mg/L	2	3	5	12	
COD	mg/L	20	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Fosfat sebagai P	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO3 sebagai N	mg/L	10	10	20	20	
NH3-N	mg/L	0,5	-	-	-	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka $\leq 0,02$ mg/L sebagai NH3
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/L	1	-	-	-	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0,1	0,5	0,5	0,5	
Kadmium	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	
Khrom (IV)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $Cu \leq 1$ mg/L

Besi	mg/L	0,3	-	-	-	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe ≤ 5 mg/L
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb ≤ 0,1 mg/L
Mangan	mg/L	1	-	-	-	
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
Seng	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	
Khlorida	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Sianida	mg/L	0,02	0,02	0,02	(-)	
Fluorida	mg/L	0,5	1,5	1,5	(-)	
Nitrit sebagai N	mg/L	0,06	0,06	0,06	0,06	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, NO ₂ _N ≤ 1 mg/L
Sulfat	mg/L	400	(-)	(-)	(-)	
Khlorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	0,03	
Belerang sebagai H ₂ S	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	
MIKROBIOLOGI						
Fecal coliform	Jml/100 ml	1000	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fecal coliform
Total coliform	Jml/100 ml	1000	5000	10000	10000	

						≤ 2000 jml/100 ml dan Total coliform 10000 jml/100 ml
--	--	--	--	--	--	--

(Sumber : Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001)

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

Table 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 ₂)	Mg/l	3
	6) Nitrat, (Sebagai NO ₃)	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) Aluminium	Mg/l	0,2
	2) Besi	Mg/l	0,3
	3) Kesadahan	Mg/l	500
	4) Klorida	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

Sumber : Permenkes RI No. 492/MENKES/PER/TV/2010

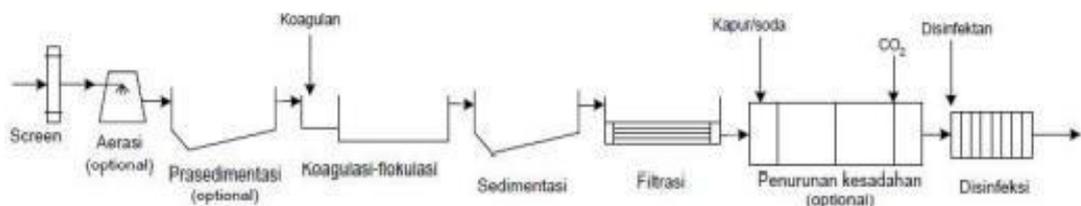
2.5 Proses Pengolahan Air Minum

Secara umum, pengolahan air minum secara lengkap dapat dibagi menjadi tiga tahap pengolahan, yaitu tahap pendahuluan/pertama (pretreatment/primary), tahap kedua (secondary treatment), dan lanjutan (advanced treatment). Pembagian tahapan pengolahan ini didasarkan pada konsep pengolahan berdasar pada dimensi polutan. Pengolahan tahap pendahuluan ditujukan untuk menghilangkan polutan berdimensi besar seperti sampah (plastic, kertas, kayu,

bangkai, dll), lumpur, kasar (grit), dan partikel diskret. Jenis pengolahan pada tahap pendahuluan ini didominasi oleh proses fisik, seperti penyaringan kasar (screening), pencacahan (comminution), penyisihan grit, prasedimentasi, dan sebagainya (Masduqi, 2016).

Pengolahan tahap lanjutan ditujukan untuk menghilangkan polutan berdimensi molekuler dan ionic. Polutan seperti bahan organik, mineral/logam, nutrient, gas terlarut, dan sebagainya. Jenis pengolahan yang diperlukan relative lebih kompleks dan melibatkan proses fisik, kimia, dan biologi (Masduqi, 2016).

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

2.6 Unit Instalasi Pengolahan Air Minum

2.6.1 Intake

Bangunan ini berfungsi sebagai penyadap air baku, Bangunan ini dilengkapi dengan Screen, agar dapat melindungi perpipaan dan pompa dari kerusakan atau penyumbatan – penyumbatan yang diakibatkan oleh adanya material melayang atau mengapung.

Jenis – Jenis Intake :

- a. River intake
- b. Direct intake
- c. Canal intake
- d. Dam intake (reservoir intake)
- e. Spring intake

Dalam tugas ini intake yang digunakan adalah River Intake, karena air yang digunakan adalah air baku permukaan yang berasal dari sungai.

Cara kerja River Intake :

- a. Screen : menyisihkan benda-benda besar misalnya ranting, daun dan sebagainya.
- b. Sumur pengumpul : Untuk menampung air dari badan air melalui pipa inlet sesuai dengan debit yang dibutuhkan.
- c. Strainer : Menyaring benda-benda kecil misalnya kerikil, dan biji-bijian
- d. *Suction pipe* : mengambil air dari sumur pengumpul setelah melalui strainer kemudian diolah.

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) :

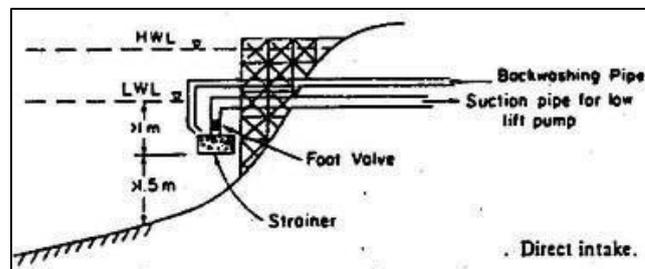
- a. Penempatan bangunan penyadap (intake) harus aman terhadap polusi yang disebabkan pengaruh luar (pencemaran oleh manusia dan makhluk hidup lain);
- b. Penempatan bangunan pengambilan pada lokasi yang memudahkan dalam pelaksanaan dan aman terhadap daya dukung alam (terhadap longsor dan lain-lain);
- c. Konstruksi bangunan pengambilan harus aman terhadap banjir air sungai, terhadap gaya guling, gaya geser, rembesan, gempa dan gaya angkat air

(up- lift);

- d. Penempatan bangunan pengambilan disusahakan dapat menggunakan sistem gravitasi dalam pengoperasiannya;
- e. Dimensi bangunan pengabilan harus mempertimbangkan kebutuhan maksimum harian;
- f. Dimensi inlet dan outlet dan letaknya harus memperhitungkan fluktuasi ketinggian muka air;
- g. Pemilihan lokasi bangunan pengambilan harus memperhatikan karakteristik sumber air baku;
- h. Konstruksi bangunan pengambilan direncanakan dengan umur pakai (*lifetime*) minimal 25 tahun;
- i. 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:

a. Bangunan Penyadap Langsung (*Direct Intake*)



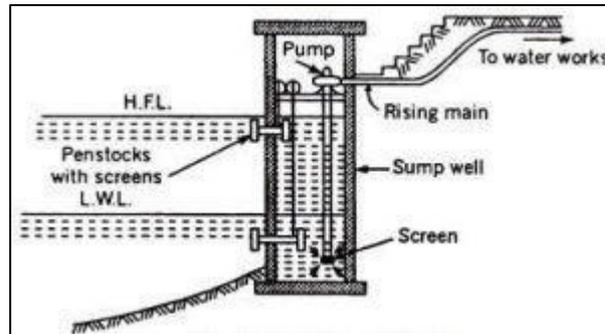
Gambar 2.2 Direct Intake

(*Sumber : Kawamura, 2000*)

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.

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

River Intake

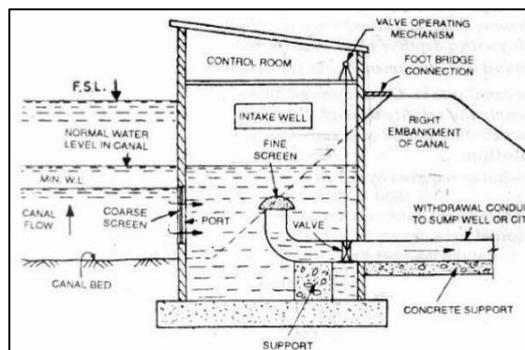


Gambar 2.3 River Intake

(Sumber : <https://dreamcivil.com/intake-structure/>)

River intake menggunakan pipa penyadap dalam bentuk sumur pengumpul. Intake ini cocok digunakan untuk air sungai yang memiliki perbedaan level muka air pada musim hujan dan musim kemarau yang cukup tinggi. Selain itu river intake dinilai lebih ekonomis.

- *Canal Intake*

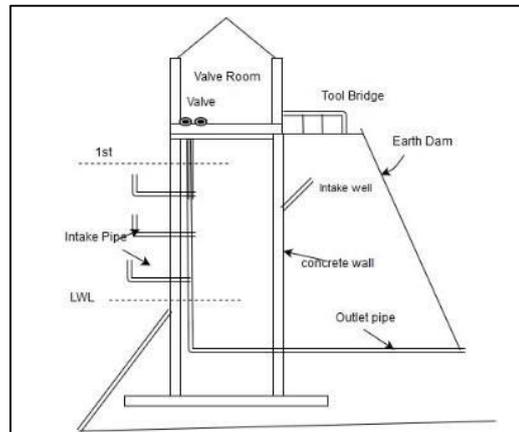


Gambar 2.4 Canal Intake

(Sumber : <https://www.slideshare.net/skpatil001/intake-structures>)

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

- *Reservoir Intake*

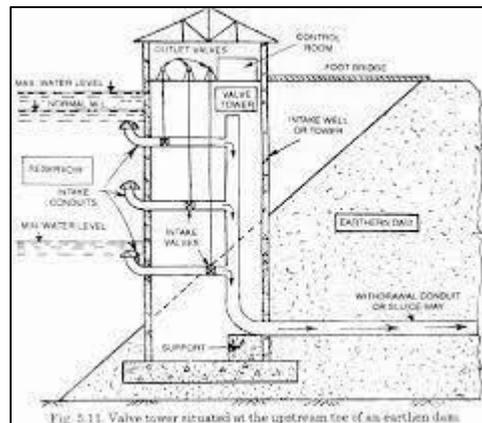


Gambar 2.5 Reservoir Intake

(Sumber : <https://www.ques10.com/p/34138/explain-various-types-of-intake-structures/>)

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.

- *Spring Intake*
Digunakan untuk air baku dari mata air atau air tanah.
- *Intake Tower*

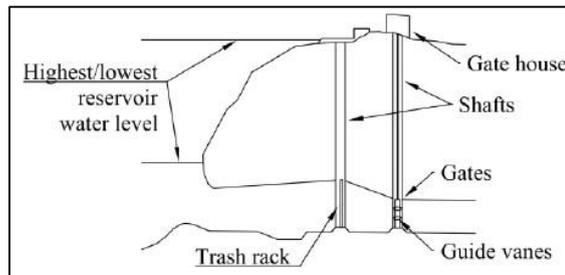


Gambar 2.6 Intake Tower

(Sumber : <https://www.gla.ac.in/pdf/intake-for-water-collection.pdf>)

Digunakan untuk air permukaan.

- Gate Intake



Gambar 2.7 Gate Intake

(Sumber : https://www.researchgate.net/figure/Schematic-side-view-of-the-intake-gates-at-Homstol-reservoir_fig3_284727515)

Gate Intake ditunjukkan pada Gambar 2.7 Gate Intake berfungsi sebagai screen dan sebagai pintu air pada prasedimentasi.

Dalam perencanaan ini digunakan tipe *River Intake* karena ekonomis dan sesuai dengan kondisi air sungai yang memiliki perbedaan level muka air saat musim hujan dan musim kemarau. Rumus yang digunakan dalam perencanaan *River Intake* adalah sebagai berikut:

1. Mencari debit tiap intake

$$Q = \frac{Q}{\text{jumlah bangunan}}$$

Keterangan :

Q : Debit (m³/s)

2. Mencari debit pipa sadap

$$Q = \frac{Q}{\text{jumlah pipa}}$$

3. Luas penampang pipa inlet

$$A_{HWL} = \frac{Q \text{ pipa intake}}{v_{HWL}}$$

$$A_{LWL} = \frac{Q \text{ pipa intake}}{v_{LWL}}$$

Keterangan :

v : Kecepatan (m/s)

Q : Debit (m³/s)

A : Luas Penampang (m²)

4. Diameter pipa inlet

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A \times HWL}{\pi}}$$

5. Cek kecepatan aliran di dalam pipa

$$v = \frac{Q \text{ pipa intake}}{A \times HWL}$$

6. Headloss mayor

$$H_f = \left(\frac{Q \text{ pipa intake}}{0,2785 \times C \times D^{2,62}} \right)^{1,85} \times L$$

7. Headloss minor

$$H_f = k \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

8. Total headloss

$$H_f = H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor}$$

9. Slope pipa inlet

Slope

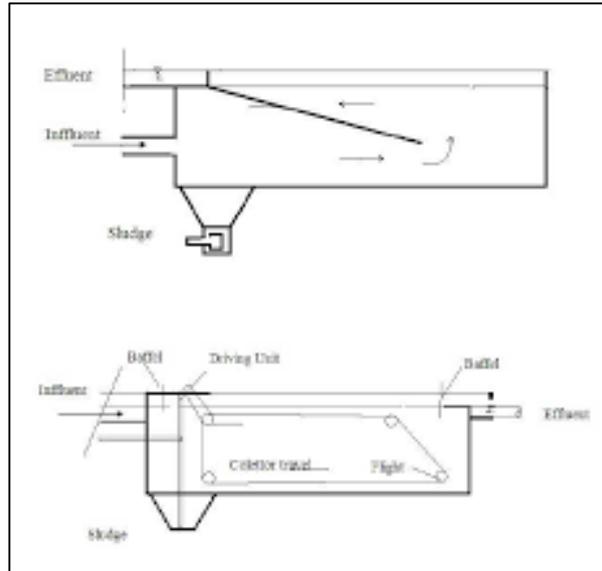
$$h = \frac{\frac{1}{2} \times v^2}{g}$$

$$S = H_{\text{statis}} + H_f$$

2.6.2 Prasedimentasi

Prasedimentasi dapat 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). Unit prasedimentasi dapat dilihat pada Gambar 2.8 berikut.



Gambar 2.8 Unit Prasedimentasi

(Sumber : <http://caracararaaa.blogspot.com/2015/09/makalah-pam-sedimentasi.html>)

Bak pengendap pertama terdiri dari empat ruangan fungsional yaitu:

- a. Zona Inlet : tempat memperhalus aliran transisi dari aliran influen ke aliran *steady uniform* di zona settling.
- b. Zona Pengendapan : tempat berlangsung nya proses pengendapan atau pemisahan partikel-partikel diskrit di dalam air buangan.
- c. Zona Lumpur : tempat menampung material yang diendapkan bersama lumpur endapan.
- d. Zona Outlet : tempat memperhalus aliran transisi dari zona settling ke aliran efluen serta mengatur debit efluen (Qasim et al., 2000)

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 2.3

Tabel 2.3 Desain Tipikal Prasedimentasi

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

Sumber : Metcalf & Eddy. 2003. page 398

Berikut adalah rumus-rumus yang dipakai pada perencanaan unit prasedimentasi.

A. Zona Settling

1. Debit tiap unit

$$Q = \frac{\text{Debit air baku}}{\text{jumalh unit}}$$

2. Volume bak pengendapan

$$V = Q \times t_d$$

3. Luas permukaan

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

4. Dimensi bak pengendap

$$L = 2W$$

$$A = L \times W$$

$$= 2W \times W$$

$$= 2W^2$$

$$W = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

$$H_{\text{tot}} = H + \text{Freeboard}$$

5. Cek volume max

$$V_{\text{max}} = L \times W \times H_{\text{tot}}$$

6. Cek waktu detensi (td)

$$T_{\text{d cek}} = \frac{V_{\text{max}}}{Q}$$

7. Kecepatan pengendapan partikel

$$\frac{V_s}{Q/A} = \text{nilai grafik}$$

8. Diameter partikel

$$D_p = \sqrt{\frac{V_s \times 18 \times v}{g (S_s - 1)}}$$

9. Jari jari hidrolis

$$R = \frac{W \times H}{W + (2 \times H)}$$

10. Massa jenis solid (ρ_s)

$$S_g = \frac{\rho_s}{\rho}$$

11. Kecepatan horizontal

$$V_h = \frac{Q}{W \times H}$$

12. Cek bilangan Reynold

$$N_{RE} = \frac{\rho \times v_s \times L}{\mu}$$

13. Cek bilangan Froude

$$N_{FR} = \frac{v_h}{\sqrt{g \times H}}$$

14. Kecepatan penggerusan

$$V_{sc} = \sqrt{\frac{8 \times \beta \times g \times (s_g - 1) \times N_{FR}}{f}}$$

15. Kemiringan dasar bak

$$S = 1\% \times L$$

B. Zona Inlet

1. Debit tiap unit

$$Q = \frac{\text{Debit air baku}}{\text{jumalh unit}}$$

2. Luas permukaan

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

3. Dimensi saluran

$$A = W \times H \\ = W^2$$

$$W = \sqrt{A}$$

$$H_{\text{tot}} = H + Fb$$

4. Cek kecepatan

$$V_{\text{cek}} = \frac{Q}{A}$$

5. Cek bilangan Reynold

$$N_{RE} = \frac{\rho \times v \times L}{\mu}$$

6. Jari jari hidrolis

$$R = \frac{W \times H}{W + (2 \times H)}$$

7. Kemiringan dasar saluran

$$S = \left(\frac{n \times v}{R^{2/3}} \right)^2$$

8. Headloss saluran

$$H_f = n \times L$$

9. Cek bilangan Reynold

$$N_{RE} = \frac{\rho \times v \times L}{\mu}$$

C. Zona Transisi

1. Luas perforated baffle

$$A_b = \text{Lebar baffle} \times \text{tinggi baffle}$$

2. Luas per lubang (A_L)

$$A_L = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

3. Luas bersih baffle (Abb)

$$Abb = 40\% \times Ab$$

4. Jumlah lubang total

$$N_{tot} = \frac{Abb}{AL}$$

5. Cek jumlah lubang

$$Cek\ n = nh \times nv$$

6. Jarak antar lubang horizontal

$$Sh = \frac{Wb}{nh+1}$$

7. Jarak antar lubang vertikal

$$Sv = \frac{Wb}{nv+1}$$

8. Debit per lubang

$$Q_L = \frac{Q\ bak}{Jumlah\ lubang}$$

9. Kecepatan aliran lewat lubang

$$V_L = \frac{Q\ lubang}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times d^2}$$

10. Jari jari lubang

$$R = \frac{D\ lubang}{2}$$

11. Cek bilangan Reynold

$$N_{RE} = \frac{\rho\ air \times v\ lubang \times R}{\mu\ air}$$

12. Cek bilangan Froude

$$N_{FR} = \sqrt{\frac{vL}{g \times R}}$$

D. Zona Lumpur

1. TSS teremoval = %removal x kadar TSS

2. Kekeruhan teremoval = %removal x kadar kekeruhan

3. BOD teremoval = %removal x kadar BOD

4. Berat lumpur

$$Ws = Q \times (TSS + kekeruhan + BOD) \text{ teremoval}$$

5. Berat air

$$W_w = \frac{\text{kadar air dalam lumpur}}{\text{kadar padatan dalam lumpur}} \times W_s$$

6. Berat jenis lumpur

$$\rho_s = (\text{berat jenis SS} \times 5\%) + (\text{berat jenis air} \times 95\%)$$

7. Volume lumpur

$$V_{\text{lumpur}} = \frac{\text{berat lumpur} + \text{berat air}}{\text{berat jenis lumpur}} \times T_d$$

8. Dimensi zona lumpur

a. Luas permukaan atas zona lumpur

$$A = L_1 \times W_1$$

b. Luas permukaan dasar zona lumpur

$$A = L_2 \times W_2$$

9. Cek volume zona lumpur

$$V = (A_1 + A_2) / 2 \times H$$

10. Debit lumpur pada pipa

$$Q_s = \frac{\text{volume lumpur}}{\text{periode pengurasan}}$$

11. Debit tiap pengurasan

$$Q_p = \frac{\text{volume lumpur}}{\text{waktu pengurasan}}$$

12. Luas permukaan pipa penguras

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

13. Diameter pipa penguras

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

E. Zona Pelimpah

1. Panjang rotal weir (Lw)

$$L_w = \frac{Q_{\text{bak}}}{WRL}$$

2. Panjang pelimpah

$$L = \frac{L_w}{\text{jumlah pelimpah}}$$

3. Debit tiap pelimpah

$$Q_{\text{weir}} = \frac{Q}{n}$$

4. Luas saluran gutter

$$A = \frac{Q_{\text{weir}}}{v}$$

5. Tinggi dan lebar pelimpah

$$H : W = 1 : 2$$

$$H = \sqrt{2 \times A}$$

$$W = 2 \times H$$

6. Ketinggian air pada pelimpah

$$H_{\text{air}} = \left(\frac{Q_{\text{weir}}}{1,38 \times \text{lebar gutter}} \right)^{2/3}$$

7. Tinggi gutter

$$H_{\text{gutter}} = h_{\text{air}} + (20\% \times h_{\text{air}})$$

8. Jari jari hidrolis

$$R_{\text{gutter}} = \frac{h_{\text{air}} \times \text{lebar gutter}}{(2 \times h_{\text{air}}) + \text{lebar gutter}}$$

9. Luas basah gutter

$$A_{\text{gutter}} = \text{lebar gutter} \times h_{\text{air}}$$

10. Slope gutter

$$S_{\text{gutter}} = \left(\frac{Q_{\text{gutter}} \times n}{A_{\text{gutter}} \times R_{\text{gutter}}^{2/3}} \right)^2$$

11. Headloss gutter

$$H_f = L_{\text{gutter}} \times S_{\text{gutter}}$$

12. Jumlah v notch

$$N = \frac{L_{\text{weir}}}{\text{jarak antar v notch} + \text{lebar v notch}}$$

13. Debit mengalir tiap v notch

$$Q_{\text{notch}} = \frac{Q}{\text{jumlah v notch}}$$

14. Tinggi peluapan melalui v notch (H)

$$Q = \frac{8}{15} (C_d) \sqrt{2 \times g} \times \tan \frac{\theta}{2} \times H^{5/2}$$

15. Cek bilangan Reynold

$$N_{RE} = \frac{\rho \times v \times L}{\mu}$$

F. Zona Outlet

1. Volume saluran pengumpul

$$V = Q \times T_d$$

2. Dimensi saluran

$$V = L \times W \times H$$

$$H_{\text{tot}} = H + \text{Freeboard}$$

3. Jari jari hidrolis

$$R = \frac{L \times H}{L + (2 \times H)}$$

4. Luas penampang pipa

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

5. Diameter pipa

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{3,14}}$$

2.6.3 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).

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 (O₂),
2. Penurunan jumlah *Carbon dioxide* (CO₂) dan
3. Menghilangkan *Hydrogen sulfide* (H₂S), *Methan* (CH₄) dan berbagai

senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan dengan 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 *Calcium carbonat* (CaCO_3) 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 hitamkecoklat-coklatan pada pakaian yang dicuci.

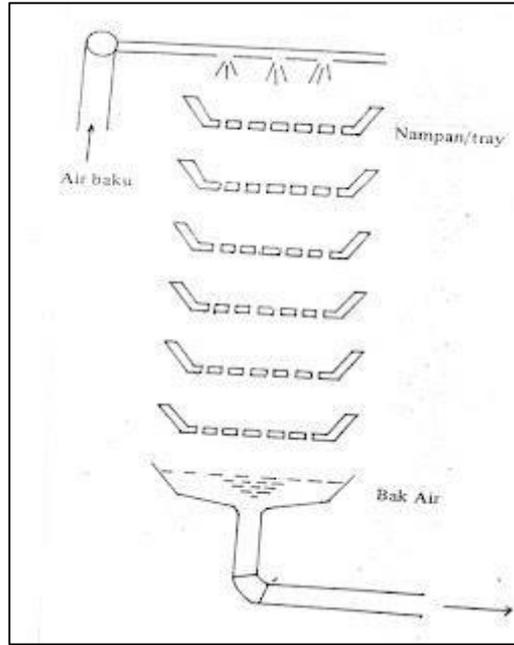
Oksigen yang berada di udara, melalui proses aerasi ini akan selanjutnya akan bereaksi dengan senyawa ferus dan manganous terlarut merubah menjadi *Ferric* (Fe) dan *Manganic oxide hydrates* yang tidak bisa larut. Setelah itu dilanjutkan dengan pengendapan (sedimentasi) atau penyaringan (filtrasi). Perlu 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 oksigen 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_2) oleh *waterfall aerators* cukup berarti, tetapi tidak memadai apabila dari yang sangat corrosive. Pengelolaan selanjutnya seperti pembubuhan kapur atau dengan sarigan marmar atau dolomite yang dibakar masih dibutuhkan.

Jenis-Jenis Metode Aerasi

a. *Waterfall aerator* (aerator air terjun)

Pengolahan air aerasi dengan metode *Waterfall/Multiple aerato* seperti pada gambar, susunannya sangat sederhana, ekonomis, dan tidak memerlukan banyak ruang. *Waterfall aerator* dapat dilihat pada Gambar 2.9

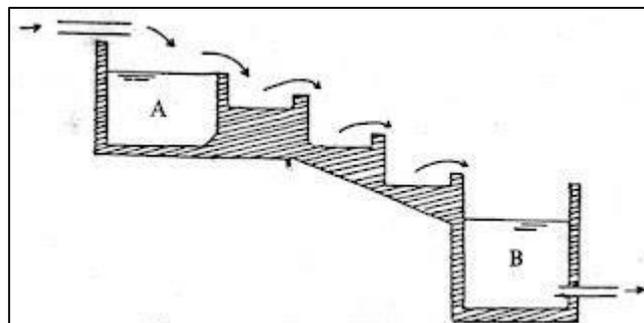


Gambar 2.9. Waterfall Aerator

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

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 m³/det per meter². Untuk menghilangkan gerak putaran (turbulence) guna menaikkan efisiensi aerasi, hambatan sering ditepi 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. Ilustrasi *Cascade Aerator* dapat dilihat pada Gambar 2.10

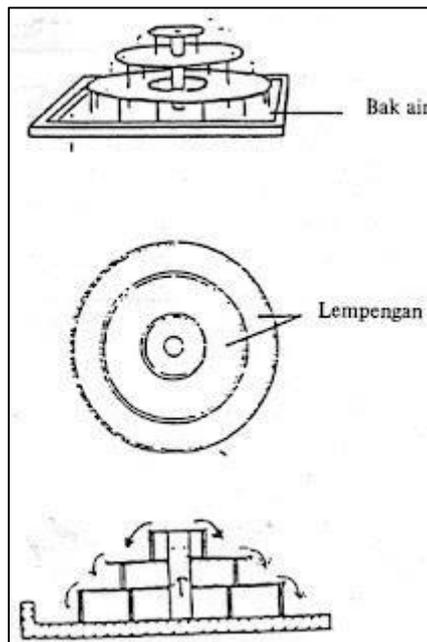


Gambar 2.10 Cascade Aerator

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

c. Multiple Plat Form Aerator

Multiple Plat form Aerator memakai prinsip yang sama, lempengan-lempengan untuk menjatuhkan air guna mendapatkan kontak secara penuh udara terhadap air. Ilustrasi *Multiple Plat form Aerator* dapat dilihat pada Gambar 2.11.



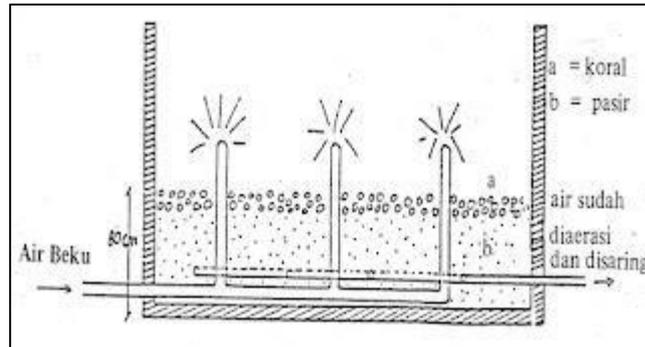
Gambar 2.11 Multiple Plat Form Aerator

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

d. Spray Aerator (Aerator Semprot)

Terdiri atas nosel penyemprot yang tidak bergerak (*Stationary nozzles*) dihubungkan dengan kisi lempengan yang mana air disemprotkan ke udara disekeliling pada kecepatan 5-7 m /detik. Spray aerator sederhana dierlihatkan pada gambar, dengan pengeluaran air kearah bawah melalui batang-batang pendek dari pipa yang panjangnya 25 cm dan diameter 15 -20 mm. piringan melingkar ditempatkan beberapa centimeter di bawah setiap ujung pipa, sehingga bisa

berbentuk selaput air tipis melingkar yang selanjutnya menyebar menjadi tetesan-tetesan yang halus. Nozel untuk *spray aerator* bentuknya bermacam-macam, ada juga nozel yang dapat berputar-putar. Ilustrasi *Spray Aerator* dapat dilihat pada Gambar 2.12.

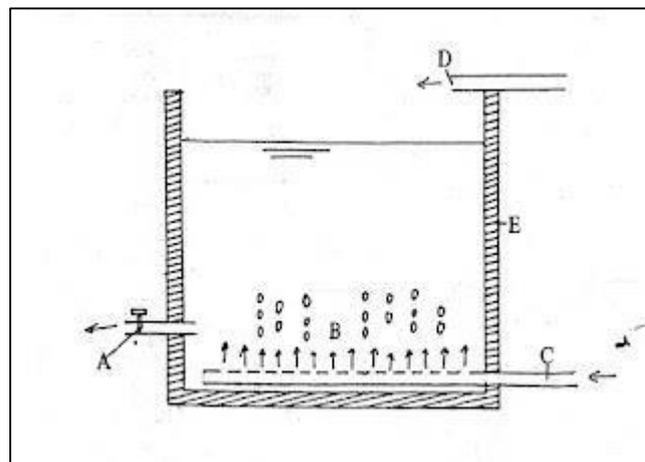


Gambar 2.12 Spray Aerator

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

e. *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 dinaikan melalui suatu penyedotan udara. Udara disemprotkan melalui dasar dari bak air yang akan diaerasi. Ilustrasi *Bubble Aerator* dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Bubble Aerator

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

i. Koagulasi - Flokulasi

Ketika memasuki proses koagulasi, terjadi destabilisasi koloid dan partikel dalam air sebagai akibat dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia (koagulan). Koloid dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan melalui proses penguraian koagulan. Proses ini dilanjutkan dengan pembentukan ikatan antara ion positif dari koagulan (misal Al^{3+}) dengan ion negatif dari partikel (misal OH^-) dan antara ion positif dari partikel (misal Ca^{2+}) dengan ion negatif dari koagulan (misal SO_4^{2-}) yang menyebabkan pembentukan inti flok (presipitat) (Masduqi & Assomadi, 2016).

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

Proses koagulasi-flokulasi terjadi pada unit pengaduk cepat dan pengaduk lambat. Pada bak pengaduk cepat, dibubuhkan koagulan. Pada bak pengaduk lambat, terjadi pembentukan flok yang berukuran besar hingga mudah diendapkan pada bak sedimentasi.

Pemilihan koagulan dan konsentrasinya dapat ditentukan berdasarkan studi laboratorium menggunakan *jar test apparatus* untuk mendapatkan kondisi optimum (Masduqi, Assomadi. 2016).

Apabila koagulan ditambahkan ke dalam air, reaksi yang terjadi antara lain :

- Pengurangan zeta potensial (potensial elektrostatis) hingga suatu titik dimana gaya Van Der Waals dan agitasi yang diberikan menyebabkan partikel yang tidak stabil bergabung serta membentuk flok

- Agregasi partikel melalui rangkaian inter partikulat antara grupgrup reaktif pada koloid
- Penangkapan partikel koloid negatif oleh flok-flok hidroksida yang mengendap

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi antara lain :

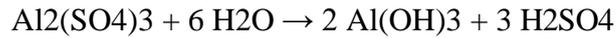
- Kualitas air meliputi gas-gas terlarut, warna, kekeruhan, rasa, bau, dan kesadahan
- Jumlah dan karakteristik koloid
- Derajat keasaman air (pH)
- Pengadukan cepat, dan kecepatan paddle
- Temperatur air
- Alkalinitas air, bila terlalu rendah ditambah dengan pembubuhan kapur
- Karakteristik ion-ion dalam air

Koagulan merupakan bahan kimia yang dibutuhkan untuk membantu proses pengendapan partikel-partikel kecil yang tidak dapat mengendap dengan sendirinya (gravitasi). Kekeruhan dan warna dapat dihilangkan melalui penambahan koagulan atau sejenis bahan-bahan kimia antara lain. Menurut Metcalf & Eddy, 2003, jenis- jenis koagulan yang sering digunakan adalah sebagai berikut :

1. Alumunium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$)

Alumunium sulfat dapat digunakan sebagai koagulan dalam pengolahan air buangan. Koagulan ini biasanya disebut tawas, bahan ini dipakai karena efektif untuk menurunkan kadar karbonat. Koagulan ini membutuhkan kehadiran alkalinitas dalam air untuk membentuk flok. Dalam reaksi koagulasi, flok alum dituliskan sebagai $\text{Al}(\text{OH})_3$. Mekanisme koagulasi ditentukan oleh pH, konsentrasi koagulan dan konsentrasi koloid. Koagulan dapat menurunkan pH dan alkalinitas karbonat. Rentang pH agar koagulasi dapat berjalan dengan baik antara 4,5 – 7 (Evelt & Liu, 1987).

Adapun reaksi dasarnya adalah sebagai berikut :



2. Koagulan Ferric Chloride ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
Dalam pengolahan air penggunaannya terbatas karena bersifat korosif dan tidak tahan untuk penyimpanan yang terlalu lama
3. Koagulan Ferrous Sulfate ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
Dikenal sebagai Copperas, bentuk umumnya adalah granular. Ferrous Sulfate dan lime sangat efektif untuk proses penjernihan air dengan pH tinggi ($\text{pH} > 10$)
4. Koagulan Chlorinated Copperas ($\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$), $\text{FeCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Dibuat dengan menambahkan klorin untuk mengoksidasi Ferrous Sulfate. Keuntungan penggunaan koagulan ini adalah dapat bekerja pada jangkauan pH 4,8 - 11
5. Koagulan Sodium Aluminate (NaAlO_2)
Digunakan dalam kondisi khusus karena harganya yang relatif mahal. Biasanya digunakan sebagai koagulan sekunder untuk menghilangkan warna dan dalam proses pelunakan air dengan lime soda ash
6. Koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC)
Polimer aluminium merupakan jenis baru sebagai hasil riset dan pengembangan teknologi air sebagai dasarnya adalah aluminium yang berhubungan dengan unsur lain membentuk unit berulang dalam suatu ikatan rantai molekul yang cukup panjang, pada PAC unit berulangnya adalah Al- OH.

PAC menggabungkan netralisasi dan kemampuan menjembatani partikel-partikel koloid sehingga koagulasi berlangsung efisien. Namun, terdapat kendala dalam menggunakan PAC sebagai koagulan yaitu perlu pengurangan dalam pemakaiannya karena bersifat higroskopis.

Pengadukan terdiri dari beberapa jenis dan tipe. Adapun jenis pengadukan dapat dikelompokkan berdasarkan kecepatan pengadukan dan metode pengadukannya. Berdasarkan kecepatan pengadukannya, dibedakan menjadi 2, yaitu :

1. Pengadukan Cepat

Tujuan pengadukan cepat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan turbulensi air sehingga dapat mendispersikan bahan kimia yang akan dilarutkan dalam air (Masduqi & Assomadi, 2016). Waktu pengadukan cepat dari 20-60 detik, dengan gradien kecepatan 700-1000/s. Pengadukan cepat dapat dilakukan dengan pengadukan mekanik, pengadukan pneumatis, dan baffle basins (Reynolds & Richards, 1996).

2. Pengadukan Lambat

Tujuan pengadukan cepat dalam pengolahan air adalah untuk menghasilkan turbulensi air sehingga dapat mendispersikan bahan kimia yang akan dilarutkan dalam air (Masduqi & Assomadi, 2016). Waktu pengadukan cepat dari 20-60 detik, dengan gradien kecepatan 700-1000/s. Pengadukan cepat dapat dilakukan dengan pengadukan mekanik, pengadukan pneumatis, dan baffle basins (Reynolds & Richards, 1996).

Sedangkan berdasarkan metode pengadukannya, pengadukan dibedakan menjadi 2, yaitu:

1. Pengadukan Mekanis

Pengadukan mekanis adalah metode pengadukan menggunakan peralatan mekanis yang terdiri atas motor, poros pengaduk (shaft), dan alat pengaduk (impeller). Peralatan tersebut digerakkan dengan motor bertenaga listrik. Berdasarkan bentuknya, ada tiga macam impeller, yaitu paddle (pedal), turbine, dan propeller (baling-baling).

- Paddle Impeller

Paddle impeller biasanya memiliki dua atau empat blades. Blades dapat berbentuk pitch atau vertikal. Tipe yang umum digunakan yaitu vertikal. Diameter paddle impeller biasanya 50-80% dari diameter atau lebar tangki. Dan lebar paddle biasanya 1/6 atau 1/10 dari diameter. Jarak paddle yaitu 50% dari diameter di atas dasar tangki. Kecepatan paddle berkisar antara 20- 150 rpm. Paddle impeller tidak seefisien turbin, karena tidak menghasilkan banyak turbulensi dan gaya geser (Reynolds & Richards, 1996).

- Turbine Impeller

- Propeller Impeller

Propeller impeller memiliki dua atau tiga blades. Pitch didefinisikan sebagai jarak cairan bergerak secara aksial selama satu revolusi. Biasanya pitch adalah 1,0 atau 2,0 dan diameter propeller maksimum 18 inch. Kecepatan propeller biasanya 400 – 1750 rpm. Agitator propeller sangat efektif dalam tangki besar, karena kecepatan tinggi (Reynolds & Richards, 1996).

Pengadukan mekanis dengan tujuan pengadukan cepat umumnya dilakukan dalam kurun waktu singkat dalam satu bak. Faktor penting dalam pengadukan mekanis, yaitu gradient kecepatan (G) dan td. Pengadukan mekanis dengan tujuan pengadukan lambat umumnya memerlukan tiga kompartemen dengan ketentuan G di kompartemen I lebih besar daripada G di kompartemen II, dan G di kompartemen III yang paling kecil. Pengadukan mekanis umumnya digunakan untuk pengadukan lambat adalah tipe paddle yang dimodifikasi.

2. Pengadukan Hidrolis

Pengadukan hidrolis adalah pengadukan yang memanfaatkan aliran air sebagai tenaga pengadukan. Tenaga pengadukan ini dihasilkan dari energi hidrolis yang dihasilkan dari suatu aliran hidrolis. Energi hidrolis dapat berupa energi gesek, energi potensial (jatuhan) atau adanya lompatan hidrolis dalam suatu aliran. Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan cepat haruslah aliran air yang menghasilkan energi hidrolis yang besar. Dalam hal ini dapat dilihat dari besarnya kehilangan energi (headloss) atau perbedaan muka air. Dengan tujuan menghasilkan turbulensi yang besar tersebut, maka jenis aliran yang sering digunakan sebagai pengadukan cepat adalah terjunan, loncatan hidrolis, dan parshall flume.

Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan lambat adalah aliran air yang menghasilkan energi hidrolis yang lebih kecil. Aliran air dibuat relatif lebih tenang dan dihindari terjadinya turbulensi agar flok yang terbentuk tidak pecah lagi. Beberapa contoh pengadukan hidrolis untuk pengadukan lambat adalah kanal bersekat/*baffle channel*, *perforated wall*,

gravel bed dan sebagainya (Reynolds & Richards, 1996).

Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

Bak Pembubuh Koagulan

- Kebutuhan koagulan harian

$$\text{Kebutuhan koagulan} = \text{dosis koagulan} \times Q$$

Keterangan :

Kebutuhan koagulan = jumlah koagulan yang dibutuhkan (kg/hari)
Dosis koagulan = dosis optimum koagulan (mg/L)

Q = debit air limbah (m³/s)

- Kebutuhan koagulan sesungguhnya

$$\text{Kebutuhan} = \frac{100 \%}{\text{Kadar Alum Pasaran}} \times \text{Kebutuhan Alum per Hari}$$

Keterangan :

Kebutuhan alum sesungguhnya = (kg/hari)

Kebutuhan alum per hari = jumlah koagulan yang dibutuhkan (kg/hari)

- Debit koagulan per hari

$$Q \text{ Koagulan} = \frac{\text{Kebutuhan Koagulan Sesungguhnya}}{\rho \text{ koagulan}} \times t d$$

Q koagulan = debit koagulan (L/hari)

Kebutuhan koagulan = jumlah koagulan yang dibutuhkan per hari (kg/hari)

ρ koagulan = massa jenis

koagulan (kg/L)

td = periode / lama

pelarutan (hari)

- Debit air pelarut

$$Q \text{ Pelarut} = \frac{100 - \text{pelarut}}{\% \text{ pelarut}} \times Q \text{ Koagulan}$$

Q air pelarut = air yang dibutuhkan untuk melarutkan koagulan (m³/hari)

Kadar air pelarut = persen kandungan air dalam larutan

Q koagulan = debit koagulan per hari (m³/hari)

- Total debit tangki pembubuh

$$Q \text{ total} = Q \text{ koagulan} + Q \text{ pelarut}$$

Keterangan :

Q koagulan = volume koagulan per hari (m³/hari)

Q pelarut = volume air pelarut per hari (m³/hari)

- Volume tangki pembubuh (pembubuhan dilakukan 1 hari)

$$V = Q \text{ total} \times t_d$$

Keterangan :

Q total = debit total tangki

pembubuh (m³/hari) t_d = periode / lama pelarutan (hari)

- Kedalaman air pada bak pembubuh

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H$$

Keterangan :

V = volume tangki pembubuh (m³)

D = diameter tangki pembubuh (m)

H air = kedalaman air dalam bak pembubuh (m)

- Supply tenaga air / daya pengaduk

$$P = G^2 \times \mu \times V$$

Keterangan :

P = Supply tenaga

ke air (Watt) G = Gradien

kecepatan (L/s)

μ = Viskositas absolut (N.s/m²)

V = Volume bak pembubuh (m³)

(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Richards, Paul A.. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 187. Boston: PWS Publishing Company)

Tabel 2.4 Nilai Gradien Kecepatan dan Waktu Pengadukan

Waktu pengadukan, td (detik)	Gradien kecepatan (1/detik)
20	1000
30	900
40	790
≥ 50	700

(Sumber : Reynolds, 1996, page 184)

- Diameter impeller

$$D_i = \left(\frac{P}{K_T \times n^3 \times \rho} \right)^{1/5}$$

Keterangan

D_i = diameter

impeller/pengaduk (m) P = supply

tenaga ke air (Watt)

K_T = konstanta pengaduk untuk aliran turbulen

η = kecepatan putaran (rps)

ρ = massa jenis air (kg/m³)

- Jarak Impeller dengan dasar (H_i)

$$H_i = \% \times D_i$$

Keterangan :

H_i = jarak impeller

dengan dasar (m) D_i = diameter impeller

% = persentase diameter (30-50% D_i)

(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 184. Boston: PWS Publishing Company)

- Lebar Impeller

$$W_i = \frac{1}{x} \times D \text{ tangki}$$

Keterangan :

W_i = lebar impeller (m)

D tangki =
diameter tangki (m) Lebar Impeller

$$= 1/6 -$$

1/10

- Cek bilangan Reynold

$$NRe = \frac{D_i^2 \times \eta \times \rho}{\mu}$$

Keterangan :

- NRe = bilangan Reynold
- D_i = diameter impeller/pengaduk (m)
- η = kecepatan putaran
(rps)
- ρ = massa jenis air (kg/m^3)
- μ = viskositas absolut (N.s/m^2)

Bilangan Reynold dalam pengadukan cepat = $Nre > 4.000$ (Turbulen)

Bilangan Reynold dalam pengadukan lambat = $Nre < 2.000$ (Laminer)

(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 187. Boston: PWS Publishing Company)

Bak Koagulasi

- Volume bak

$$V = \text{Volume limbah} + V \text{ Koagulan}$$

Keterangan

Volume limbah = volume air limbah yang diolah di bak koagulasi (m^3)

Volume koagulan = volume koagulan yang digunakan bak pembubuh
(m³)

- Dimensi bak koagulasi

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H$$

$$H = 1 - 1,25 D$$

Keterangan :

V total = volume air limbah + volume koagulan

- Supply tenaga air / daya pengaduk

$$P = G^2 \times \mu \times V$$

Keterangan :

P = Supply tenaga

ke air (Watt) G = Gradien

kecepatan (L/s)

μ = Viskositas absolut (N.s/m²)

V = Volume bak (m³)

- Diameter impeller

$$Di = \left(\frac{P}{KT \times n^3 \times \rho} \right)^{1/5}$$

Keterangan

Di = diameter

impeller/pengaduk (m) P =

supply tenaga ke air (Watt)

KT = konstanta pengaduk untuk

aliran turbulen n = kecepatan putaran (rps)

ρ = massa jenis air (kg/m³)

- Jarak Impeller dengan dasar (H i)

$$Hi = \% \times Di$$

Keterangan :

Hi = jarak impeller dengan dasar (m)

Di = diameter impeller

% = persentase diameter (30-50% Di)

- Lebar

Impeller

$$W_i = \frac{1}{x} \times D$$

Impeller

Keterangan :

Wi = lebar impeller (m)

Di = diameter impeller (m)

Lebar Impeller = 1/6 – 1/10 Di

- Cek

bilangan

Reynold

$$NRe = \frac{D_i^2 \times n \times \rho}{\mu}$$

Keterangan :

NRe = bilangan Reynord

Di = diameter

impeller/pengaduk (m) n =

kecepatan putaran (rps)

ρ = massa jenis air (kg/m³)

μ = viskositas absolut (N.s/m²)

- Q outlet

$$Q_{outlet} = Q_{limbah} + Q_{pembubuhan\ koagulan}$$

- Pipa Outlet menuju bak Flokulasi

v rencana = 0,3 – 0,6 m/s

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

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

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

- Headloss

$$H_f \text{ Mayor} = \frac{(Q^{1,85})}{(0,2784 \times C \times D^2)} \times L$$

- Headloss Minor

elbow $k = 0,75$

$$H_f =$$

$$\frac{n \times k \times v^2}{2 \times g}$$

tee $k = 0,35$

$$H_f = \frac{n \times k \times v^2}{2 \times g}$$

gate valve $k = 0,12$

$$H_f = \frac{n \times k \times v^2}{2 \times g}$$

- $H_f \text{ total} = H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor}$

Bak Flokulasi

- Volume bak

Keterangan:

$$V = Q \times td$$

Q = debit air limbah + debit koagulan
(m^3/s)

td = waktu tinggal (detik)

- Dimensi bak

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H$$

$$H = 1 - 1,25 D$$

$$H \text{ total} = H + 20\% H$$

- Supply tenaga air / daya pengaduk

$$P = G^2 \times \mu \times V$$

Keterangan :

P = Supply tenaga ke air

(Watt)

G = Gradien kecepatan (L/s)

μ = Viskositas absolut (N.s/m²)
 V = Volume bak pembubuh (m³)

- Diameter impeller

$$D_i = \% \times \text{Diameter bak}$$

% = (50-80% Diameter bak)

- Jarak Impeller dengan dasar (H_i)

$$H_i = \% \times D_i$$

Keterangan :

H_i = jarak impeller

dengan dasar (m) D_i

= diameter impeller

% = 30-50%

- Lebar Impeller

$$W_i = \frac{1}{x} \times D_i$$

Keterangan :

W_i = lebar impeller (m)

D_i = diameter impeller (m) Lebar Impeller

= 1/6 – 1/10

- Cek bilangan Reynold

$$NRe = \frac{D_i^2 \times n \times \rho}{\mu}$$

Keterangan :

NRe = bilangan Reynold

D_i = diameter impeller/pengaduk

(m) η = kecepatan putaran (rps)

ρ = massa jenis air (kg/m³)

μ = viskositas absolut (N.s/m²)

- Diameter Pipa Inlet

v rencana = 0,3 – 0, m/s

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

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

- Diameter Pipa Outlet

v rencana = v inlet

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

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

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

- Headloss Mayor

$$H_f = \frac{(Q^{1,85})}{(0,2784 \times C \times D^2)} \times L$$

- Headloss Minor

elbow k = 0,75

$$H_f = \frac{n \times k \times v^2}{2 \times g}$$

tee k = 0,35

$$H_f = \frac{n \times k \times v^2}{2 \times g}$$

- Hf total = Hf mayor + Hf minor

ii. Sedimentasi

1. Gambaran Umum Unit 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.

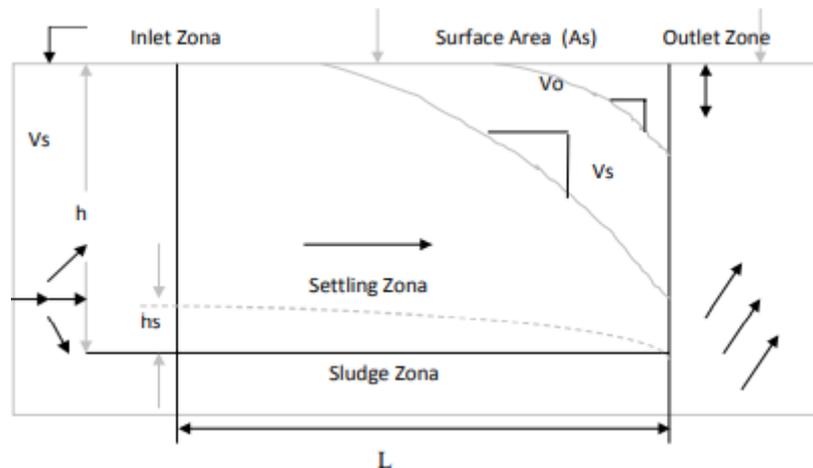
Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah:

- 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 :

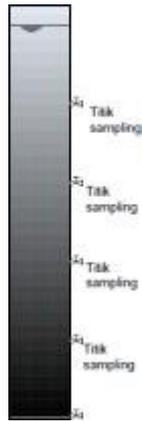


Gambar 2.14 Zona Pada Bak Sedimentasi
(Sumber : Al Layla, Water Supplay Engineering Design)

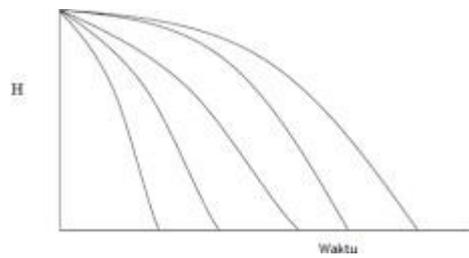
Dimana pada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut :

- 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 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 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.

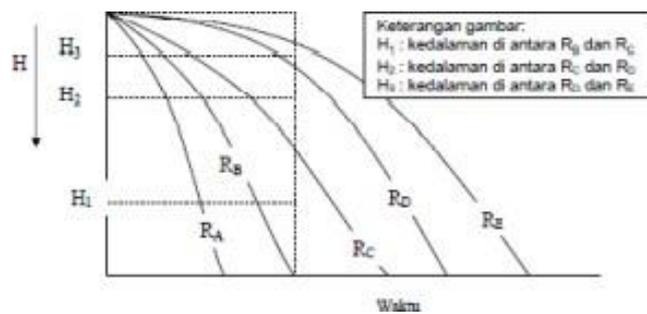


Gambar 2. 15 Kolom Test Sedimentasi Tipe II



Gambar 2. 16 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 H1, H2, H3.



Gambar 2.17 Penentuan Kedalaman H1, H2 dst.

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 atau 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 di atas minimal dua kali)
2. Membuat grafik hubungan persen penyisihan total (sebagai 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 menentukan 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 mendisain bak pengendap (aliran kontinyu) 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. (Reynold dan Richards, 1996).

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 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.

2. Rumus Perhitungan Unit Sedimentasi

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

Detention time (t) Membuat bak rectangular, aliran air memiliki kecepatan horisontal (V_o), sedangkan pengendapan partikel memiliki kecepatan pengendapan (V_s). Waktu detensi air secara teoritis adalah :

$$t = \frac{l}{v_o}$$

Keterangan:

l = panjang bak

Waktu detensi secara teoritis untuk pengendapan flok adalah:

$$t_s = \frac{h}{v_s}$$

Keterangan:

h = kedalaman bak

Sedangkan untuk removal partikel $t = t_s$, maka waktu detensi dapat ditentukan oleh faktor lebar dan kedalaman bak.

1. Over Flow Rate

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

Keterangan:

S_o = Over flow rate (m/jam)

Q = Debit (m³/jam)

A_s = Surface area (m²)

Over flow rate ditentukan oleh surface area dimana semakin besar surface area, maka kecepatan pengendapan akan semakin cepat dan efisiensi bak semakin

. Apabila o , maka semakin besar h akan menurunkan efisiensi.

Sebaliknya semakin besar waktu detensi akan meningkatkan efisiensi sedimentasi.

2. Batch settling test

Batch settling test digunakan untuk mengevaluasi karakteristik pengendapan suspensi flokulen. Diameter column untuk tes 5 – 8 inch (12,7 – 20,3 cm) dengan tinggi paling tidak sama dengan kedalaman bak pengendap. Sampel dikeluarkan melalui pori pada interval waktu periodik. Prosentase penghilangan dihitung untuk masing – masing sampel yang diketahui konsentrasi suspended solidnya dan konsentrasi sampel. Prosentase penghilangan diplotkan pada grafik sebagai nilai penghilangan pada grafik waktu vs kedalaman. Lalu dibuat interpolasi antara titik – titik yang diplot dan kurva penghilangan, R_a , R_b , dst.

Dalam bangunan sedimentasi ini terdapat kriteria desain yang dapat digunakan dalam mempermudah desain. Adapun kriteria desain tersebut adalah sebagai berikut :

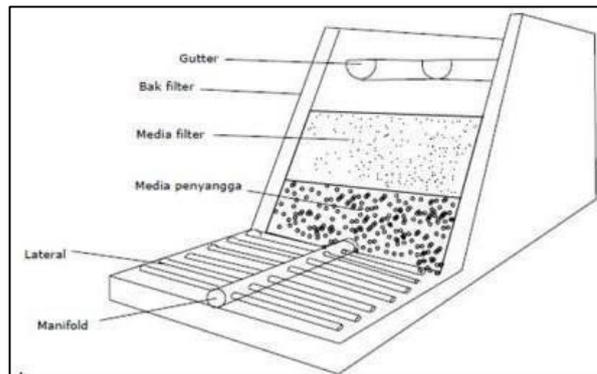
3.6.7 Filtrasi

Menurut Al-Layla (1978), partikel tersuspensi dan partikel koloid didalam 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. Pada gambar 2.17 dapat dilihat bagian-bagian filter.



Gambar 2.18 Bagian-bagian filter
(*Sumber : Reynold & Richards, 1996*)

Terdapat beberapa macam jenis filter modifikasi yang telah digunakan dimancanegara, antara lain rapid sand filter, slow sand filter, pressure sand filter, multiple media filters, diatomateous earth filters, upflow filters dan lainsebagaiannya.

Menurut Al-Layla pada tahun 1978, pada proses purifikasi air, rapid sand filtersmemiliki 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 tidakbegitu luas, pasir yang dibutuhkan lebih sedikit, kurang sensitif terhadap perubahankualitas air baku, dan waktu yang dibutuhkan relatif lebih cepat jika dibandingkandengan *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 sebagai berikut.

- a. *Single Media*
 - UC = 1,3 – 1,7
 - ES = 0,45 – 0,7 mm
- b. *Dual Media*
 - UC = 1,4 – 1,9
 - ES = 0,5 – 0,7 mm

1) **Filter Pasir Cepat (*Rapid Sand Filter*)**

Filter pasir cepat atau *rapid sand filter* adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 6 hingga 11 m/jam. Filter ini selalu didahului dengan proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan pada influen filter pasir cepat berkisar 5-10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90-98% (Masduqi & Assomadi, 2016:171). Kriteria desain pasir cepat dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Kriteria Perencanaan Filter Pasir Cepat

No	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian antarsaringan
1.	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6 – 11	6 - 11
2.	Pencucian : - Sistem pencucian - Kecepatan (m/jam) - Lama pencucian (menit) - Periode antara dua pencucian (jam) - Ekspansi (%)	Tanpa/dengan blower & atau <i>surface wash</i> 36 – 50 10 – 15 18 – 24 30 - 50	Tanpa/dengan blower & atau <i>surface wash</i> 36 – 50 10 – 15 18 – 24 30 - 50
3.	Dasar filter a. Lapisan penyangga dari atas ke bawah - Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm) - Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm) Kedalaman (mm) Ukuran	80 – 100 2 – 5 80 -100 5 – 10 80 – 100 10 – 15 80 – 150 15 – 30 < 0,5\	80 – 100 2 – 5 80 -100 5 – 10 80 – 100 10 – 15 80 – 150 15 – 30 < 0,5

No	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian antarsaringan
	butir (mm) - Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm) b. Filter Nozel - Lebar slot nozel (mm) - Presentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)	>4%	>4%

(Sumber : SNI 6774 – 2008)

2) Filter Pasir Lambat (*Slow Sand Filter*)

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 dengancara 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, 2016:176). Kriteria perencanaan filter pasir lambat dapat dilihat pada Tabel 2.6

Tabel 2.6 Kriteria Perencanaan Filter Pasir Lambat

Kriteria	Nilai/Keterangan
Kecepatan filtrasi	0,1 – 0,4 m/jam
Ukuran bed	Besar, 2000 m ²
Kedalaman bed	30 cm kerikil, 90 – 110 cm pasir, berkurangan 50 – 80 cm saat pencucian
Ukuran pasir	<i>Effective size</i> 0,25 – 0,3 mm, <i>uniformity coefficient</i> 2 – 3
Distribusi ukuran media	Tidak terstratifikasi
Sistem <i>underdrain</i>	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 operasional	Relatif rendah
Biaya depresiasi	Relatif rendah

(*Sumber : Schulz & Okun, 1984*)

3) Filter Bertekanan

Filter bertekanan (pressure filter) pada dasarnya mempunyai prinsip yang samadengan filter grafitasi (filter cepat dan filter lambat), yaitu air akan melewati mediaberbutir 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 dilter bertekanan, diperlukan pendorong tekanan yang lebih besar. Oleh karen itu tangki dirancang dengan sistem tertutup dan menggunakan pompa untuk menambah tekanan dalam tangki.

Filter bertekanan terdiri atas tangki tertutup, media filter, media penyangga, dansistem underdrain. Kriteria filter bertekanan terdapat pada **Tabel 2.7**

Tabel 2.7 Kriteria Perencanaan Filter Bertekanan

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

No	Unit	Nilai/Keterangan
	- Porositas - Kadar SiO ₂	> 95%
	Media antransit - Tebal (mm) - ES (mm) - UC - Berat Jenis - Porositas	400 – 500 1,2 – 1,8 1,5 1,35 0,5
	Dasar filter untuk Filter Nozel - Lebar slot nozel (mm) - Presentase luas slot nozel terhadap luasfilter (%)	< 0,5 > 4%

(*Sumber* : SNI 6774-2008)

4) Hidrolika Pencucian (*Backwash*)

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

- Penurunan kapasitas produksi
- Peningkatan kehilangan energi (headloss) yang diikuti oleh kenaikan muka air diatas media filter
- Penurunan kualitas produksi.

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

menit. Jenis pencucian filter antara lain dengan menggunakan menara air dan inter filter.

3.6.7 Desinfeksi

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

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

- a. Menghilangkan bau
- b. Mematikan alga
- c. Mengoksidasi nitrit menjadi nitrat
- d. Mengoksidasi ammonia menjadi senyawa amin
- e. Mengoksidasi fenol menjadi fenol yang tidak berbahaya

Macam – macam faktor yang mempengaruhi efisiensi disinfeksi adalah :

- a. Waktu kontak
- b. Konsentrasi disinfeksi
- c. Jumlah mikroorganisme
- d. Temperatur air
- e. pH
- f. Adanya senyawa lain dalam air

Berikut adalah berbagai macam disinfeksi dengan metode yang berbeda-beda.

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. O₂ 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 O₃ (ozon).

2) Desinfeksi dengan UV

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

3) Desinfeksi dengan Pembubuhan Bahan Kimia

Metode ini menggunakan bahan kimia yang dicampurkan daam air kemudia diberikan waktu yang cukup agar memberi kesempatan kepada zat untuk berkontakdengan bakteri. Desinfeksi air minum yang sering dilakukan yaitu dengan memanfaatkan klorin. Reaksi yang terjadi pada pembubuhan klorin yaitu :



4) Desinfeksi dengan Gas Klor

Metode ini bertujuan untuk mengoksidasi logam-logam, membunuh mikroorganisme seperti plankton dan juga membunuh spora dari lumut, jamur, danalga. Konsentrasi yang diberikan adalah 2-3 gr/m³ air, tergantung pada turbiditas air (Astono, 2011).

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 (Joleha & Suprayogi, 2019).

Perlu dilakukan percobaan Daya Pengikat Chlor (DPC) untuk mengetahui dosissenyawa chlor (Cl_2) yang dibutuhkan oleh air untuk proses desinfeksi (membunuh bakteri). Daya Pengikat Chlor ditentukan cara selisih antara chlor yang dibubuhkandengan sisa chlor setelah kontak setelah kontak selama 30 menit (Sawyer et al., 1978).

3.6.8 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 yangdiperlukan 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 dengna 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 lebihkecil daripada jumlah pemakaian air. Berdasarkan tinggi relative reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi 2 yaitu reservoir permukaan dan reservoir menara.

A. Reservoir Permukaan (*Ground Reservoir*)

B. Reservoir Tangki Baja



Gambar 2.21 Reservoir Tangki Baja

(*Sumber: Reynold& Richards, 1996*)

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

- **Reservoir Beton Cor**

Tangki 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 mahal.

- **Reservoir *Fiberglass***



Gambar 2.22 Reservoir *Fiberglass*

(*Sumber: <https://shopee.co.id/Jual-Tangki-Air-Panel-Fiberglass-Tangki-Air-Kotak-Toren-Air-FRP-i.251940108.5437370986>*)

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

- **Reservoir Pasangan Bata**

Penggunaan bata merah sebagai bahan dinding reservoir sudah cukup lumrah digunakan karena material yang didapatkan sangat mudah. Selain itu, penggunaan batu bata memiliki kelebihan yaitu kuat, tahan lama, dan jarang terjadi keretakan. Namun, pasangan batu bata juga memiliki kekurangan yaitu sulitnya membuat pasangan batu bata yang rapi. Agar rapi, plesteran yang digunakan juga harus tebal agar menghasilkan dinding yang cukup rata dan kuat, selain itu biasanya juga terjadi kecenderungan pemborosan material.