

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 minum yang ideal seharusnya jernih, tidak berbau, tidak berwarna, tidak berasa. Air minum pun seharusnya tidak mengandung kuman patogen dan segala makhluk yang membahayakan kesehatan manusia. Tidak mengandung zat kimia yang dapat mengubah fungsi tubuh, tidak dapat diterima secara estetis dan dapat merugikan secara ekonomis. Air itu seharusnya tidak korosif, tidak meninggalkan endapan pada seluruh jaringan distribusinya (Effendi, 2003).

2.2 Karakteristik Air Baku

Dalam perencanaan pengolahan air minum, air baku yang digunakan yaitu air permukaan yang memiliki karakteristik sebagai berikut:

2.2.1 Kekeruhan

Kekeruhan adalah ukuran yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur keadaan air baku dengan skala NTU (Nephelometrix Turbidity Unit). Kekeruhan ini disebabkan oleh adanya benda tercampur atau benda koloid di dalam air. Hal ini membuat perbedaan nyata dari segi estetika maupun dari segi kualitas air itu sendiri (Hefni, 2003). Batas kekeruhan maksimal air bersih menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 adalah 5 NTU. Kekeruhan air dapat ditimbulkan oleh adanya bahan-bahan anorganik dan organik yang terkandung dalam air seperti lumpur dan bahan yang dihasilkan oleh buangan industri. Dan akibatnya bagi budidaya perairan adalah dapat mengganggu masuknya sinar matahari, serta dapat membahayakan bagi ikan maupun bagi organisme lainnya.

2.2.2 Total Dissolved Solid (TDS)

Total Padatan Terlarut atau Total Dissolved Solids (TDS) adalah terlarutnya zat padat, baik berupa ion, berupa senyawa, koloid di dalam air. TDS biasanya disebabkan oleh bahan anorganik yang berupa ion-ion yang biasa ditemukan di perairan (Effendi, 2003). Menurut Slamet (1994), bila total zat padat terlarut bertambah maka kesadahan pada perairan akan naik

pula. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 492 tahun 2010 menyatakan standar TDS maksimum yang diperbolehkan adalah 500 mg/liter atau 500 ppm.

2.2.3 Ph (Derajat Keasaman)

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

2.2.4 Chemical Oxygen Demand (COD)

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

2.2.5 Amonia

Amonia merupakan hasil dari penguraian zat organik oleh bakteri pengurai. Amonia di perairan dapat dijumpai dalam bentuk amonia total yang terdiri dari amonia bebas (NH_3) dan ion amonium (NH_4^+). Pada suhu dan tekanan normal amonia berada dalam bentuk gas dan membentuk kesetimbangan dengan ion amonium. Selain terdapat dalam bentuk gas, ammonia membentuk kompleks dengan beberapa ion logam. Amonia juga dapat terserap kedalam bahan-bahan tersuspensi dan koloid sehingga mengendap di dasar perairan. Kesetimbangan antara kedua bentuk amonia di atas bergantung pada 6 kondisi pH dan suhu perairan (Midlen & Redding, 2000).

2.2.6 Besi (Fe)

Di dalam air, ada beberapa hal yang menyebabkan tingginya zat besi yaitu ada gas yang ikut terlarut. Jenis-jenis gas dimaksud adalah CO_2 dan H_2S . Beberapa gas terlarut dalam air tersebut akan bersifat korosif. Selain itu, terdapat bakteri di dalam air tersebut. Bakteri-bakteri zat besi (*crenotrik*, *leptotrik*, *callitonefla*, *siderocapsa* dan lain-lain) yang membutuhkan makanan dengan mengoksidasi besi sehingga larut dalam air, secara biologis

amat mempengaruhi tinggi-rendahnya kadar zat besi pada air (Joko,2010). Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 492 tahun 2010 menyatakan standar besi (Fe) maksimum yang diperbolehkan adalah 0,3 mg/l.

2.3 Penentuan Lokasi Bangunan Air Minum

Lokasi instalasi pengolahan air minum ditentukan berdasarkan jarak dari intake, rencana dasar bangunan yang akan dibangun, pengaruh terhadap lingkungan dan metode pendistribusian yang direncanakan. Penentuan lokasi bangunan yang akan diselesaikan merupakan salah satu hal terpenting dalam perancangan bangunan. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan lokasi, seperti:

- a. Lokasi geografis;
- b. Biaya konstruksi;
- c. Ketersediaan dari sumber tenaga dan fasilitas penunjang lainnya;
- d. Diusahakan cukup dekat dengan sumber air dan konsumen sehingga dapat menghemat biaya distribusi, perpipaan transmisi, dsb;
- e. Keamanan operasi dan instalasi sebagai bangunan vital terhadap kemungkinan gangguan dari luar;
- f. Transport menuju instalasi, demi lancarnya pengangkutan bahan-bahan kimia dan tenaga operator;
- g. Jika distribusi air secara gravitasi dan tanpa menggunakan menara air, maka keringgian lokasi instalasi harus cukup;
- h. Kondisi geologis (kondisi tanah) perlu diperhatikan bagaimana membangun pondasi yang kokoh dan sesuai dengan karakteristik tanah yang ada; dan
- i. Kemungkinan perluasan di masa yang akan datang, tanah yang tersedia harus cukup luas sehingga masih memungkinkan untuk dilakukan pengembangan atau perluasan dikemudian hari.

2.4 Bangunan 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 (plastik, kertas, kayu, bangkai, dll), lumpur, kasar (grit), dan partikel diskret. Pengolahan tahap kedua ditujukan untuk menghilangkan polutan berdimensi lebih kecil yang lebih sulit dihilangkan dengan cara fisik,

misal partikel yang membentuk koloid ini dapat diendapkan setelah mengalami proses penggabungan partikel. (Ali Masduqi, 2012)

Pengolahan tahap lanjutan ditujukan untuk menghilangkan polutan berdimensi molekuler dan ionik. Polutan seperti bahan organik, mineral/logam, nutrient, gas terlarut, dan sebagainya. Pengolahan lengkap dilakukan bila air baku tidak memenuhi persyaratan fisika, kimia, dan biologis. Untuk air minum, air baku berasal dari air permukaan (misalnya air sungai). Proses pengolahan akan menggunakan bangunan yang sesuai dengan peruntukannya antara lain :

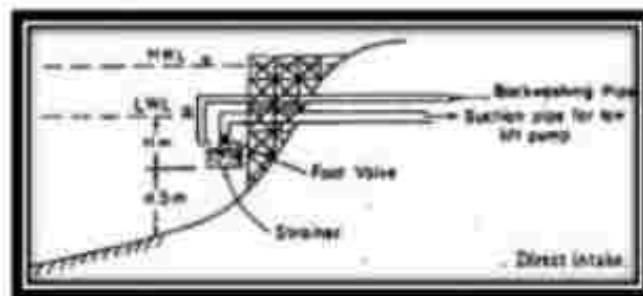
2.4.1 Bangunan Penyadap (*Intake*)

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, atau sumber air lainnya. Kapasitas bangunan intake yang digunakan harus disesuaikan dengan kebutuhan air harian maksimum.

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

1. Bangunan Penyadap Langsung (*Direct Intake*)

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



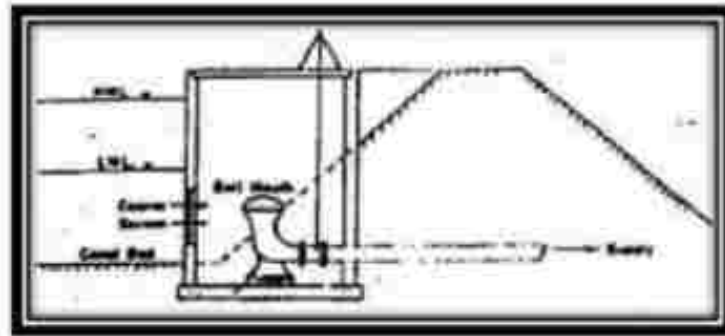
Gambar 2. 1 *Direct Intake*

(Sumber: Kawamura, 2000)

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

a. *Canal Intake*

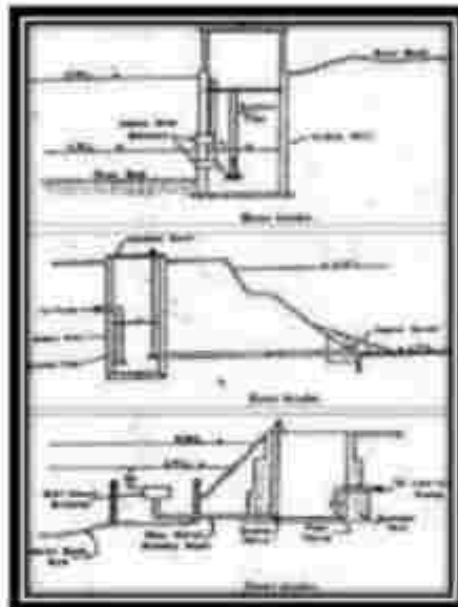
Digunakan untuk air yang berasal dari kanal. Dinding chamber sebagian terbuka ke arah kanal dan dilengkapi dengan pipa pengolahan selanjutnya.



Gambar 2. 2 Canal Intake

b. *River Intake*

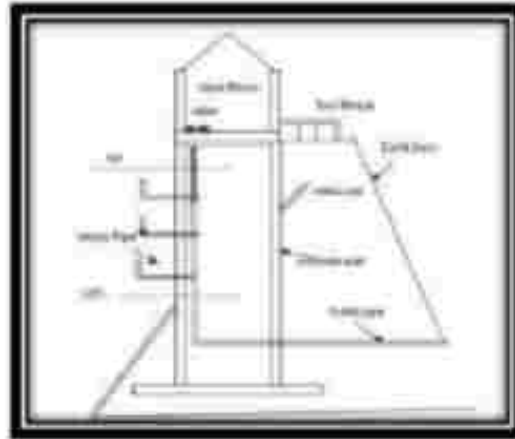
Menggunakan pipa penyadap dalam bentuk sumur pengumpul. Intake ini lebih ekonomis untuk air sungai yang mempunyai perbedaan level muka air pada musim hujan dan musim kemarau yang cukup tinggi.



Gambar 2. 3 River Intake

c. *Reservoir Intake*

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



Gambar 2. 4 *Reservoir Intake*.

2.4.1.1 Rumus- Rumus perhitungan Unit *Intake*

Rumus-rumus yang dipergunakan menurut Qasim, (2000) dalam perhitungan intake dapat dilakukan dengan rumusan sebagai berikut :

1. Mencari Luas Penampang (A)

$$A = \frac{Q}{V} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan : Q = debit (m³ /s)

V = kecepatan (m/s)

2. Diameter Pipa Inlet

$$D = \left(\frac{4A}{\pi}\right)^{0.5} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan : D= debit (m³ /s)

A = kecepatan (m/s)

3. Luas Penampang Pipa Baru (A_{cek})

$$A_{cek} = \frac{\pi x D^2}{4} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan : D = debit (m³ /s)

4. Headloss Sepanjang Pipa

$$Hf = \left(\frac{L x Q}{0.2785 C C D^{5.493}}\right)^{1.85} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan : L = panjang saluran (m)

Q = debit pipa (m³ /s)

C = koefisien kekasaran pipa

D = diameter (m)

Tabel 2. 1 Koefisien Kekasaran Pipa Haen-Williams

Jenis Pipa	Nilai Kekasaran Pipa (C)
<i>Extremely smooth and straight pipes</i>	140
<i>New Steel or Cast Iron</i>	130
<i>Wood, Concrete</i>	120
<i>New Riveted Steel; vitrified</i>	110
<i>Old Cast Iron</i>	100
<i>Very Old and Corroded Cast Iron</i>	80

(Sumber : Evett, & Liu, 1987)

5. Menghitung Slope

$$\text{Slope} = \frac{H_f}{L} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan : Hf = Headloss (m)

L = Panjang Saluran

6. Headloss saat air keluar dari pintu air

$$H_f = \frac{K \times V^3}{2g} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan : K = k gate valve

V = Kecepatan (m/s)

G = Percepatan gravitasi (m²/s)

7. Headloss bar screen (Hf)

$$H_f = \beta \frac{v_{air}^2 - v_{screen}^2}{2g} \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan : β = koefisien minor losses (m)

Vair = Kecepatan setelah melalui kisi (m/s)

Vscreen = Kecepatan aliran (m/s)

Tabel 2. 2 Faktor Minor Losses Bar

Bentuk Bar	Nilai Minor Losses (β)
<i>Shape edge rectangular</i>	2,42
<i>Rectangular with semicircular up stream face circular</i>	1,83
<i>Circular</i>	1,79
<i>Rectangular with semicircular up stream and down stream face</i>	1,67

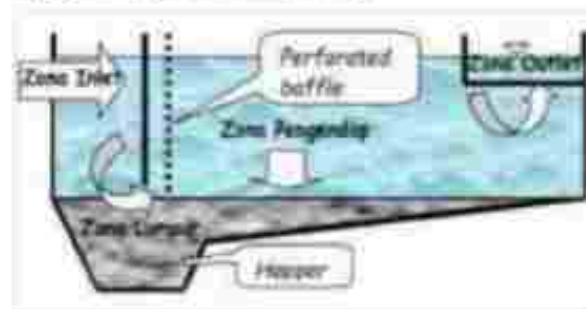
<i>Tear Shape</i>	0,76
-------------------	------

(Sumber : Qasim (2000) *Water Works Engineering Planning, Design, and Operation*)

2.4.2 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 (prasedimentasi) terdiri dari empat ruangan yang memiliki fungsinya masing-masing yaitu (Qasim dkk, 2000):



Gambar 2. 5 Unit Prasedimentasi

1. Zona Inlet

Zona inlet mendistribusikan aliran air secara merata pada bak sedimentasi dan menyebarkan kecepatan aliran yang baru masuk. Zona influen didesain secara berbeda untuk kolam rectangular dan circular. Khusus dalam pengolahan air, bak sedimentasi rectangular dibangun menjadi satu dengan bak flokulasi. Sebuah baffle atau dinding memisahkan dua kolam dan sekaligus sebagai inlet bak sedimentasi. Desain dinding pemisah sangat penting, karena kemampuan bak sedimentasi tergantung pada kualitas flok.

2. Zona Pengendapan

Dalam zona ini terjadi proses pengendapan/pemisahan partikel-partikel diskrit dalam air buangan. Lintasan partikel tergantung pada besarnya kecepatan pengendapan.

3. Zona Lumpur

Dalam zona ini, lumpur terakumulasi. Sekali lumpur masuk area ini, ia akan tetap

disana. Kadang dilengkapi dengan sludge collector/scapper.

4. Zona Outlet

Dalam zona ini menghaluskan aliran transisi dari zona settling ke aliran effluen, serta mengatur debit effluent.

Menurut Metcalf & Eddy (2003), terdapat kriteria yang perlu diperhatikan untuk mendesain unit prasedimentasi, antara lain: detention time, overflow rate, average flow, peak hourly flow, dan weir loading.

Tabel 2. 3 Kriteria Desain Prasedimentasi

Item	U.S customary units			SI units		
	Unit	range	typical	Unit	Range	typical
<i>Primary sedimentation tank flowed by secondary treatment</i>						
Detention time	H	1,5 – 2,5	2	H	1,5 – 2,5	2
Overflow rate						
Average flow	gal/ft ² .d	800 – 1200	1000	m ³ /m ² .d	30 – 50	40
Peak hourly flow	gal/ft ² .d	2000 – 3000	2500	m ³ /m ² .d	80 – 120	100
Weir loading	gal/ft ² .d	10000 – 40000	20000	m ³ /m ² .d	125 – 500	250
<i>Primary settling with waste activated-sludge return</i>						
Detention time	H	1,5 – 2,5	2	H	1,5 – 2,5	2
Overflow rate						
Average flow	gal/ft ² .d	600 - 800	700	m ³ /m ² .d	24 – 32	28
Peak hourly flow	gal/ft ² .d	1200 - 1700	1500	m ³ /m ² .d	48-70	60
Weir Loading	gal/ft ² .d	10000 – 40000	20000	m ³ /m ² .d	125 – 500	250

(Sumber: Metcalf & Eddy, 2003, page 398)

2.4.3 Aerasi

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

Sumber lain menjelaskan bahwa aerasi sebagai 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 tugas utama dari aerator ini adalah memperbesar permukaan kontak antara air dan udara. Tujuan aerasi adalah sebagai berikut:

1. Penambahan jumlah oksigen
2. Penurunan jumlah karbon dioksida (CO_2)
3. Menghilangkan *hydrogen sulfide* (H_2S), *methan* (CH_4) dan berbagai/senyawa organik lain yang bersifat *volatile* (menguap)

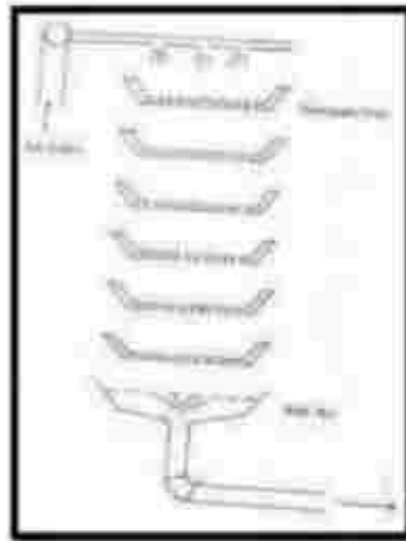
Tujuan dari proses aerasi adalah meningkatkan konsentrasi oksigen yang berada di dalam air yang berguna dalam pengolahan air. Terjadi kontak antara air dan oksigen dikarenakan adanya penambahan udara dalam air pada proses aerasi sehingga dapat membentuk endapan $\text{Fe}(\text{OH})_3$, hal tersebut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



Pada Jurnal Eko dkk (2018), pengujian COD dengan air pencuci setelah diaerasi menunjukkan penurunan kadar COD. Penurunan kadar COD terjadi karena terjadinya penambahan asupan oksigen ke dalam sampel limbah sehingga terjadi proses oksidasi oleh mikroorganisme yang menyebabkan penurunan senyawa organik pada sampel limbah. Sementara itu, sama seperti halnya pada proses pengujian BOD terjadi penurunan yang cukup signifikan. Hal ini disebabkan akibat asupan oksigen ke air limbah yang mengakibatkan meningkatnya laju penguraian yang disebabkan oleh bertumbuhnya populasi organisme yang baik. Berikut merupakan jenis-jenis metode aerasi :

1. *Waterfall Aerator* (Aerasi Air Terjun)

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



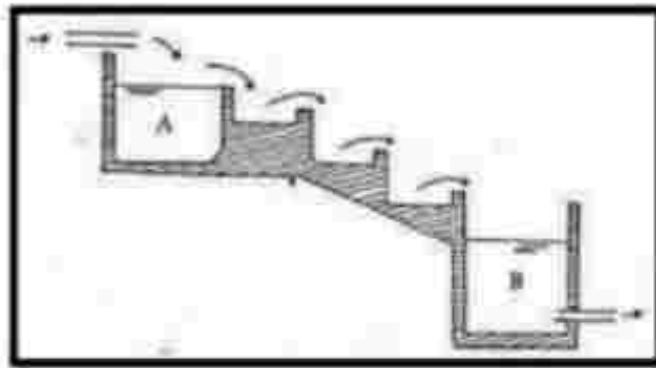
Gambar 2. 6 *Waterfall Aerator.*

(Sumber: diction.id)

Jenis aerator ini terdiri dari atas 4-8 tray dengan dasarnya penuh lubang-lubang pada jarak 30-50 cm. Melalui pipa berlubang air dibagi rata melalui atas tray, dari sini percikan-percikan kecil turun ke bawah dengan kecepatan kira-kira $0,02 \text{ m/detik per m}^2$ permukaan tray. Tetesan yang kecil menyebar dan dikumpulkan kembali pada setiap tray berikutnya. Tray-tray ini bisa dibuat dengan bahan yang cocok seperti lempengan absesot cement berlubang-lubang pipa plastik yang berdiameter kecil atau lempenga yang terbuat dari kayu secara paralel.

2. *Cascade Aerator*

Pada dasarnya aerator ini terdiri atas 4-6 langkah/tangga, setiap Langkah memiliki ketinggian sekitar 30 cm dengan kapasitas kira-kira ketebalan $0,01 \text{ m}^3 / \text{det per m}^2$. Untuk menghilangkan gerak putaran (turbulence) guna menaikkan efisiensi aerasi, hambatan sering di tepi peralatan pada setiap stop. Dibanding dengan *tray aerators*, ruang yang diperlukan bagi cascade aerators lebih besar tetapi total kehilangan tekanan lebih rendah. Keuntungan lain adalah tidak diperlukan pemeliharaan.



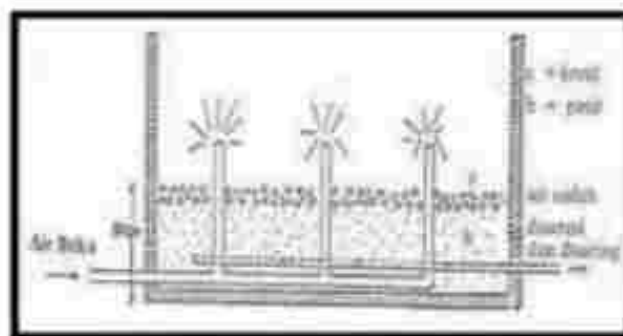
Gambar 2. 7 Cascade Aerator

(Sumber: Qasim, 2000)

Keterangan: A = Air baku
B = Air setelah diaerasi

3. *Spray Aerator*

Terdiri atas nosel penyemprot yang tidak bergerak (*stationary nozzles*) dihubungkan dengan kisi lempengan yang mana air disemprotkan ke udara disekeliling pada kecepatan 5-7 m/detik. Spray aerator sederhana diperlihatkan 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. Nosel untuk spray aerator bentuknya bermacam-macam, ada juga nosel yang dapat berputar-putar.



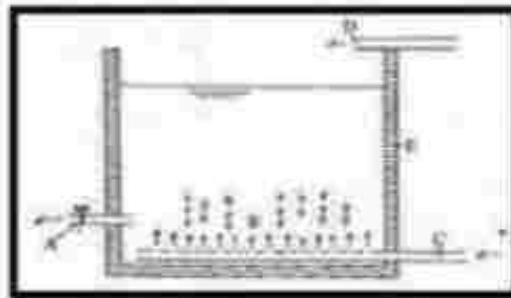
Gambar 2. 8 Spray Aerator

(Sumber: Qasim, 2000)

4. *Bubble Aerator (Aerasi Gelembung Udara)*

Pada system aerasi ini, udara disemprotkan melalui dasar dari bak air yang akan diaerasi. Jumlah udara yang diperlukan untuk bubble aerator (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.



Gambar 2. 9 *Bubble Aerator*
(Sumber: Qasim, 2000)

5. *Multiple-Tray Aerator*

Multiple Tray Aerator terdiri dari beberapa tray yang disusun sebagai grid (tray) dengan lubang di bagian bawahnya. Air mengalir dari atas berupa air terjun kecil, yang kemudian didistribusikan secara merata pada setiap beting (platform) dan kemudian ditampung dalam bak yang berada di bawah (collection basin). Pemerataan air di atas bejana sangat penting untuk efisiensi transfer gas yang maksimal. Penggunaan bahan baku seperti arang, batu, atau bola keramik dengan ukuran mulai dari 2 hingga 6 inci (5 hingga 15 cm) sangat penting karena dapat meningkatkan efisiensi pertukaran gas sebagai katalis oksida mangan.

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 tertentu yang ingin dihilangkan.



Gambar 2. 10 *Multiple-Tray Aerator*
(Sumber: Qasim, 2000)

2.4.4 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 (Shammas & 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 2.4 terdapat beberapa jenis koagulan yang umum digunakan pada proses pengolahan air.

Tabel 2. 4 Jenis Koagulan Dalam Pengolahan Air

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

Koagulan memiliki 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

Temperatur rendah akan terjadi reaksi yang lebih lambat dan viskositas air menjadi lebih besar sehingga flok lebih sukar mengendap.

3. Dosis Koagulan

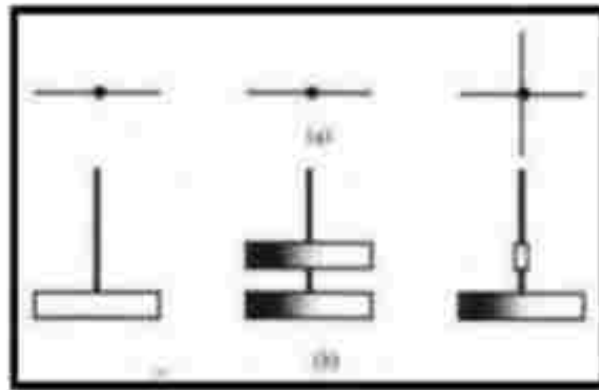
4. Pengaruh Garam

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.

5. Pengadukan (mixing)

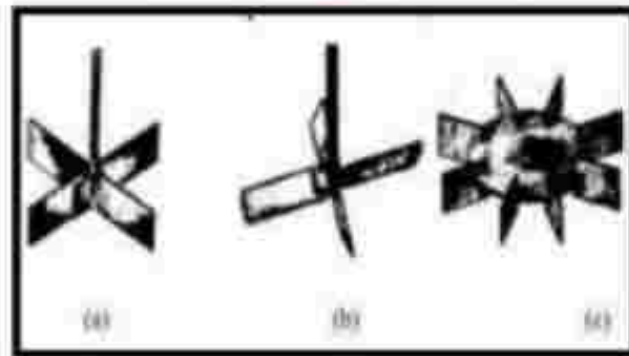
Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Distribusi dalam air cukup baik dan merata, serta masukan energi yang cukup untuk tumbukan antara partikel yang telah netral sehingga terbentuk mikroflok. Pada proses koagulasi ini pengadukan dilakukan dengan cepat. Air yang memiliki kekeruhan rendah memerlukan pengadukan yang lebih banyak dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan tinggi (Sutrisno, 1992).

Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatis. Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor berenergi listrik, proses pengaduk (*shaft*), dan alat pengaduk (*impeller*). Berdasarkan bentuknya terdapat tiga macam alat pengaduk, yaitu *puddle* (pedal), *turbine*, dan *propeller* (baling-baling). Bentuk ketiga *impeller* dapat dilihat pada gambar 2.11, gambar 2.12, dan gambar 2.13. Kriteria *impeller* dapat dilihat pada tabel 2.5. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu G dan t_d . Tabel 2.6 dapat dijadikan acuan untuk menentukan G dan t_d . Sedangkan untuk menghitung besarnya tenaga (*power*) yang dibutuhkan, perlu memperlihatkan jenis *impeller* yang digunakan dan nilai konstanta K_L dan K_T yang dapat dilihat pada tabel 2.7.



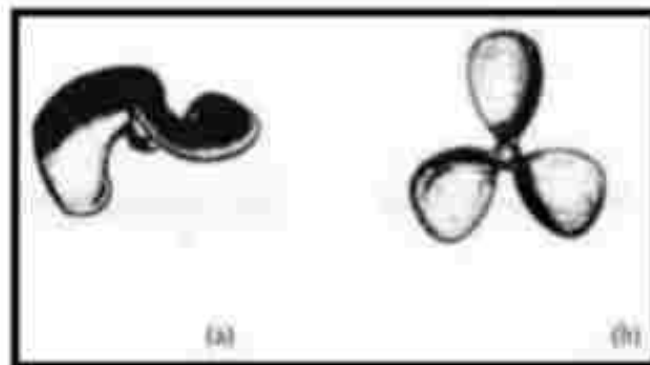
Gambar 2. 11 Tipe *Paddle*: (a) Tampak Atas; (b) Tampak Samping

(Sumber: <https://slidetodoc.com/umit-pengadukan-gali-masduqi-masduqits-ac-id-umit/>)



Gambar 2. 12 Tipe *Impeller*: (a) Paddle; (b) Propeller; (c) Turbin

(Sumber: Qasim, 2000)



Gambar 2. 13 Tipe *Propeller*: (a) 2 blade; (b) 3 blade

(Sumber: Qasim, 2000)

Tabel 2. 5 Kriteria *Impeller*

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

(Sumber: Reynolds & Richards, 1996 Hal.185)

Tabel 2. 6 Nilai Waktu Pengadukan Mekanis dan Gradien Kecepatan

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

(Sumber: Reynolds & Richards, 1996 Hal.184)

Tabel 2. 7 Konstanta K_L dan K_T untuk Tangki Berserat

Jenis <i>Impeller</i>	K_L	K_T
<i>Propeller, pitch of 1, 3 blades</i>	41	0,32
<i>Propeller, pitch of 2, 3 blades</i>	43,5	1
<i>Turbine, 4 flat blades, vaned disc</i>	60	5,31
<i>Turbine, 6 flat blades, vaned disc</i>	65	5,75
<i>Turbine, 6 curved blades</i>	70	4,8
<i>Fan turbine, 6 blades at 45°</i>	70	1,65
<i>Shrouded turbine, 6 curved blades</i>	97,5	1,08
<i>Shrouded turbin, with stator, No. baffles</i>	172,5	1,12
<i>Flat paddles, 2 blades (single paddles), $D_1/W_1 = 4$</i>	43	2,25
<i>Flat paddles, 2 blades, $D_1/W_1 = 6$</i>	36,5	1,7
<i>Flat paddles, 2 blades, $D_1/W_1 = 8$</i>	33	1,15
<i>Flat paddles, 4 blades, $D_1/W_1 = 6$</i>	49	2,75
<i>Flat paddles, 6 blades, $D_1/W_1 = 8$</i>	71	3,82

(Sumber: Reynolds & Richards, 1996 Hal.188)

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

1. *Thermal motion*, yang dikenal dengan Brownian Motion atau difusi atau disebut sebagai *Flocculation Perikinetik*
2. Gerakan cairan oleh pengadukan
3. Kontak selama pengendapan (Marsono, 2002)

Pengadukan lambat (agitasi dan stirring) digunakan dalam proses flokulasi, untuk memberi waktu kepada partikel flok yang sudah terkoagulasi untuk bergabung membentuk flok yang ukurannya semakin membesar. Selain itu, pengadukan lambat akan 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 = minimal 20 menit
 - $G = 10 - 50 \text{ detik}^{-1}$
2. Air waduk
 - Waktu detensi = minimal 30 detik
 - $G = 10 - 75 \text{ detik}^{-1}$
3. Air keruh
 - Waktu detensi dan G lebih rendah
4. Jika menggunakan garam besi sebagai koagulan
 - G tidak lebih dari 50 detik^{-1}
5. Flokulator terdiri dari 3 kompartemen
 - G kompartemen 1 : nilai terbesar
 - G kompartemen 2 : 40% dari G kompartemen 1
 - G kompartemen 3 : nilai terkecil
6. Penurunan kesadahan
 - Waktu detensi = minimal 30 menit
 - $G = 10 - 50 \text{ detik}^{-1}$
7. Presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)

- Waktu detensi = 15 – 30 menit
- $G = 20 - 75 \text{ detik}^{-1}$
- $GTd = 10.000 - 100.000$

(Sumber: Masduqi & Assomadi, 2012, Hal. 110)

Berikut merupakan rumus perhitungan unit koagulasi – flokulasi:

1. Kebutuhan Koagulan

$$Koagulan = Dosis \times Q \text{(2.8)}$$

Keterangan :

Koagulan = Kebutuhan koagulan (kg/hari)

Dosis = Dosis koagulan (mg/L)

Q = Debit limbah (m^3/s)

2. Kadar Kebutuhan Koagulan

$$Kadar Koagulan = C Koagulan \times Koagulan \text{(2.9)}$$

Keterangan :

Kadar kebutuhan koagulan = kadar koagulan yang dibutuhkan (kg/hari)

C koagulan = kadar koagulan (%)

Koagulan = kebutuhan koagulan (kg/hari) (m^3/s)

3. Volume Koagulan

$$V Koagulan = \frac{\text{kadar kebutuhan koagulan}}{\rho koagulan} \text{(2.10)}$$

Keterangan:

V koagulan = Volume koagulan yang dibutuhkan (L/hari)

Kadar Kebutuhan koagulan = kadar koagulan yang dibutuhkan (kg/hari)

ρ koagulan = Densitas koagulan (kg/L)

2.4.5 Sedimentasi

Sedimentasi adalah pemisahan padatan dan cairan dengan menggunakan pemisahan gravitasi untuk memisahkan partikel udara yang terkandung dalam cairan. Proses ini sangat umum digunakan di instalasi pengolahan air minum. Aplikasi utama Sedimentasi di instalasi pengolahan air minum adalah:

1. Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat.
2. Pengendapan air yang telah melalui proses prasedimentasi sebelum memasuki unit saringan cepat.
3. Pengendapan air yang telah melalui proses penyemprotan desinfektan pada

instalasi yang menggunakan pipa dosing oleh alum, soda, NaCl, dan chlorine.

4. Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan.

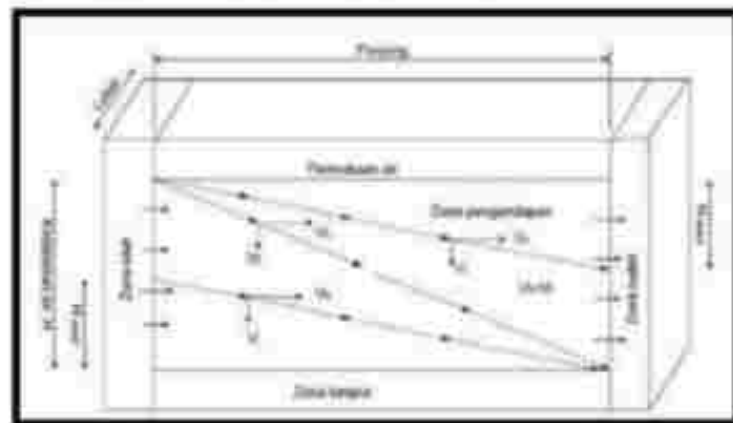
Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah:

1. Pengendapan Tipe I (Free Settling)
2. Pengendapan Tipe II (Flocculent Settling)
3. Pengendapan Tipe III (Zone/Hindered Settling)
4. 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 Bak Sedimentasi

(Sumber: Sarah Az-Zahra, 2013)

Dimana pada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut:

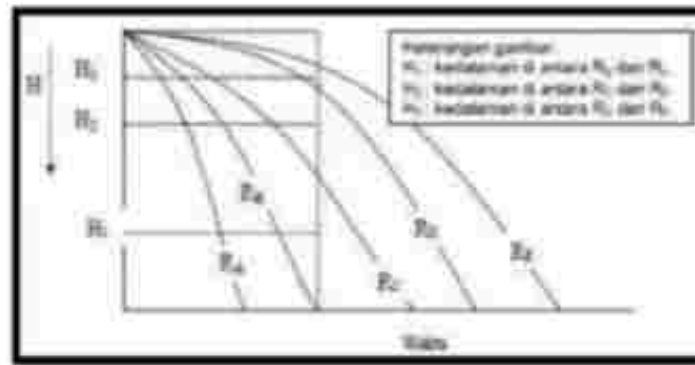
1. *Zona Inlet* : terjadi distribusi aliran yang menuju *zona settling* ($\pm 25\%$ panjang bak)
2. *Zona Settling* : terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya
3. *Zona Sludge* : sebagai ruang lumpur, dimana konfigurasi dan kedalamannya tergantung pada metode pengurasan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel 75% mengendap pada $1/5$ volume bak
4. *Zona Outlet* : menghasilkan 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

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. 16 Penentuan Kedalaman H dan Seterusnya

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

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

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 dilaboratorium (secara *batch*). Nilai ini dapat digunakan dalam mendesain 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 and Richards, 1996).

Ada dua jenis bak sedimentasi yang biasa digunakan yaitu:

a. *Horizontal - flow Sedimentation*

Desain yang baik pada bangunan ini dapat mengurangi lebih dari 95% dari kekeruhan air. Bentuknya yang persegi panjang 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:

1. Lebih bisa menyesuaikan dengan variasi kualitas dan hidrolis air
2. Prosesnya memberikan bentuk yang dapat direncanakan sesuai dengan operasional dan kondisi iklim
3. Biaya konstruksi murah
4. Operasional dan perawatannya mudah

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.

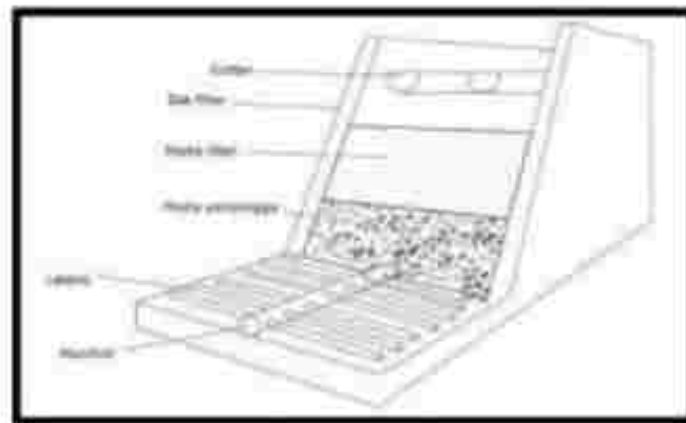
2.4.6 Filtrasi

Menurut Al-Layla pada tahun 1978, partikel tersuspensi dan koloid dalam air tidak dapat sepenuhnya terendapkan oleh proses sedimentasi saja. Proses filtrasi dapat digunakan untuk lebih menyempurnakan proses untuk menghilangkan partikel tersuspensi dan koloid dalam air. Proses penyaringan itu sendiri adalah proses melewatkan air di atas kombinasi pasir dan kerikil untuk menghasilkan air yang lebih baik.

Bakteri dan sejenisnya dapat dihilangkan secara efektif dengan menggunakan metode filtrasi. Selain itu, penyaringan juga dapat mengurangi warna, rasa, bau, kandungan besi, dan kandungan mangan dalam air. Proses penurunan nilai tersebut tidak terlepas dari proses fisika dan kimia yang terjadi pada proses filtrasi itu sendiri. Beberapa faktor yang berkontribusi pada proses pelepasan filter adalah:

1. Proses penyaringan yang terjadi di setiap lapisan permukaan filter
2. Proses sedimentasi di dalam filter
3. Kontak antara partikel flok dengan lapisan kerikil atau dengan flok yang sudah terkumpul di atas lapisan filter
4. Proses adsorpsi atau proses elektrokinetik
5. Proses koagulasi di dalam filter
6. Proses biologis di dalam filter
7. 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 yang terlalu kecil (seperti partikel koloid atau bakteri) akan lebih sulit dihilangkan karena akan lebih mudah lepas di lapisan pasir ini. Di lapisan kerikil, jarak di lapisan kerikil bertindak sebagai area pengendapan padatan tersuspensi. Namun, partikel serpihan yang tidak mengendap sepenuhnya di tungki pengendapan juga dapat mengendap di lapisan kerikil ini.



Gambar 2. 17 Bagian-Bagian Filter

(Sumber: Reynolds/Richards, 1996)

Terdapat beberapa macam jenis filter modifikasi yang telah digunakan di seluruh dunia, antara lain *rapid sand filter*, *slow sand filter*, *pressure sand filter*, *multiple media filters*, *diatomaceous earth filters*, *upflow filters* dan lain sebagainya. Penyaringan SS terjadi pada lapisan paling atas sehingga dianggap kurang efektif karena sering dilakukan pencucian. Filter dual media menggunakan media pasir kuarsa di lapisan bawah dan antrasit di lapisan atas. Hal ini memberikan keuntungan yakni kecepatan filtrasi lebih tinggi (10 – 15 m/jam), periode pencucian lebih lama, dan hemat biaya. Multi media filter biasanya terdiri dari media antrasit, pasir dan garnet atau dolomit (Reynolds, 1992).

Menurut Al-Layla (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 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 0,450,55 mm. Lapisan filter ini bila dilihat dari bawah terdiri dari gravel dengan tebal berkisar antara 38-60 cm, sedangkan di atasnya terdapat pasir yang tebalnya kurang lebih 80 cm. Proses *backwash* pada *rapid sand filter* berbeda dengan *slow sand filter*. Pada *rapid sand filters* waktu *backwash* ditentukan dari head loss filter saat itu.

Keuntungan dari penyaringan pasir cepat adalah membutuhkan area yang lebih kecil, membutuhkan lebih sedikit pasir, kurang rentan terhadap perubahan kualitas air baku, dan membutuhkan waktu lebih sedikit daripada penyaringan pasir lambat. Di sisi lain, quick sand filter memiliki kelemahan seperti tidak mampu mereduksi bakteri dalam air, mahal, membutuhkan teknologi khusus, dan menghasilkan lumpur yang banyak. 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).

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:

- a. Single media pasir:

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

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

- b. Dual media:

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

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

I. Filter Pasir Cepat

Filter pasir cepat atau *rapid sand filter* adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 6 hingga 11 m/jam. Filter ini selalu didahului dengan proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan pada influen filter pasir cepat berkisar 5-10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90-98% (Masduqi & Assomadi, 2012:171). Kriteria desain pasir cepat dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2. 8 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: <ul style="list-style-type: none"> • Sistem pencucian • Kecepatan (m/jam) • Lama pencucian (menit) • Periode antara dua pencucian (jam) • Ekspansi (%) 	Tanpa/dengan blower & atau surface wash 36 – 50 10 – 15 18 – 24 30 – 50	Tanpa/dengan blower & atau surface wash 36 – 50 10 – 15 18 – 24 30 – 50

No.	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan
3	Dasar filter		
	a. Lapisan penyangga dari atas ke bawah <ul style="list-style-type: none"> • Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm) 80 – 100 • Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm) 2 – 5 • Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm) 80 – 100 • Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm) 5 – 10 • Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm) 80 – 100 • Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm) 10 – 15 • Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm) 80 – 150 • Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm) 15 – 30 • Kedalaman (mm) Ukuran butir (mm) < 0,5 b. Filter nozel <ul style="list-style-type: none"> • Lebar slot nozel (mm) • Presentase luas slot nozel terhadap luas filter (%) 	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
		> 4%	< 4%

(Sumber: SNI 6774-2008)

2. Filter Pasir Lambat

Saringan pasir lambat atau *slow sand filter* adalah alat filtrasi lambat yang memiliki kecepatan filtrasi sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Saringan pasir lambat bekerja dengan membentuk lapisan biofilm di atas beberapa milimeter lapisan pasir halus yang disebut lapisan hypogile atau selimut kotoran. Lapisan ini mengandung bakteri, jamur, protozoa, rotifera dan larva serangga air. Penutup kotoran dilapisi untuk pembersihan efektif dengan pengolahan air. Saat air mengalir melalui selimut kotoran, partikel terperangkap dan bahan organik terlarut diserap, diserap dan dicerna oleh bakteri, jamur dan protozoa (Masduqi dan Assomadi, 2012:176). Kriteria desain filter lambat tercantum pada Tabel 2.9.

Tabel 2. 9 Kriteria Filter Pasir Lambat

Kriteria	Nilai/Keterangan
Kecepatan filtrasi	0,1 – 0,4 m/jam
Ukuran bed	Besar, 2000 m
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 dipermukaan dan mencucinya
Air untuk pembersihan	0,2 – 0,6% dari air tersaring
Pengolahan pendahuluan	Biasanya tidak ada bila kekeruhan kurang dari 50 NTU
Biaya konstruksi	Relatif rendah
Biaya operasi	Relatif rendah
Biaya depresiasi	Relatif rendah

(Sumber: Schulz & Okun, 1984)

3. Filter Bertekanan

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

Tabel 2. 10 Kriteria Filter Bertekanan

No.	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	12 – 33
2	Pencucian	

No.	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)
	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem pencucian • Kecepatan (m/jam) • Lama pencucian (menit) • Periode antara dua pencucian (jam) • Ekspansi (%) 	Tanpa/dengan blower & atau surface wash 72 – 198 - - 30 – 50
3	Media pasir <ul style="list-style-type: none"> • Tebal (mm) • Single media • Ganda media • Ukuran efektif, ES (mm) • Koefisien keseragaman, UC • Berat Jenis (kg/L) • Porositas • Kadar SiO₂ 	300 – 700 600 – 700 300 – 600 - 1,2 – 1,4 2,5 – 2,65 0,4 > 95%
4	Media antrasit: <ul style="list-style-type: none"> • Tebal (mm) • Ukuran efektif, ES (mm) • Koefisien keseragaman, UC • Berat jenis (kg/L) • Porositas 	400 – 500 1,2 – 1,8 1,5 1,35 0,5
5	Dasar filter nozel: <ul style="list-style-type: none"> • Lebar slot nozal (mm) • Persentase luas slot nozel terhadap luas filter (%) 	< 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 di atas media filter
- Penurunan kualitas produksi

Tujuan pencucian filter adalah melepaskan kotoran yang menempel pada media filter

dengan aliran ke atas (*upflow*) hingga media tereskpansi. Umumnya tinggi sebesar 15 – 35% (Droste, 1997). Lama pencucian sekitar 3 – 15 menit. Ada beberapasistem pencucian filter yaitu menggunakan menara air dan interfilter.

2.4.7 Desinfeksi

Salah satu syarat kualitas air minum air harus bebas dari mikroorganisme patogen. Desinfeksi adalah proses menghilangkan mikroorganisme patogen dari air minum. Secara umum, ada dua metode desinfeksi yaitu metode fisik dan metode kimia. Desinfeksi fisik adalah perlakuan fisik mikroorganisme yaitu panas dan cahaya menyebabkan kematian mikroorganisme. Metode disinfeksi kimiawi adalah dengan menambahkan bahan kimia ke dalam air, agar zat tersebut bersentuhan dengan mikroorganisme, sehingga mikroorganisme tersebut mati. Desinfeksi kimia menggunakan larutan klorin, klorin dan gas ozon. Sedangkan desinfeksi fisik menggunakan gelombang mikro dan sinar ultraviolet. Untuk membunuh mikroorganisme patogen dalam air, desinfektan/dekontaminan yang digunakan adalah klorin, brom klorida, klor, yodium, ozon, dan kalium permanganat. Kemampuan desinfeksi dalam pengolahan air minum adalah untuk sebagai berikut:

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

Berikut adalah macam-macam faktor yang mempengaruhi efisiensi desinfeksi adalah:

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

Berikut adalah berbagai macam desenfeksi dengan metode yang berbeda-beda beserta penjelasannya:

1. Desinfeksi dengan ozon

Ozon merupakan oksidator kuat sehingga menghantarkan listrik. Kemampuan menghancurkan bakteri 600 – 3000 lebih kuat dari klorin. Penggunaannya tidak dipengaruhi oleh pH air, sedangkan kaporit sangat tergantung pH airnya. Mekanisme

produksi ozon adalah eksitasi dan akselerasi tidak teratur elektron dalam medan listrik tinggi. Oksigen arus bolak-balik melalui media arus tinggi menyebabkan elektron melompat untuk bergerak melintasi satu dan elektroda lainnya. Jika elektroda mencapai kecepatan yang cukup, itu akan menyebabkan molekul oksigen terpecah menjadi atom radikal bebas oksigen bebas. Atom-atom ini akan bergabung membentuk O_3 (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 garmical adalah UC-AC, dengan gelombang 220 – 280 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 dapat memanfaatkan klorin. Reaksi yang terjadi pada pembubuhan klorin, yaitu:



4. Desinfeksi dengan Gas Klor

Metode tersebut dirancang untuk mengoksidasi logam, membunuh mikroorganisme seperti plankton, dan membunuh spora lumut, jamur, dan alga. Konsentrasi yang diberikan adalah 2 – 3 g/m³ air, tergantung kekeruhan air. Klorin digunakan karena memiliki laju oksidasi yang lebih tinggi daripada aerasi dan mampu mengoksidasi besi yang terikat pada bahan organik. PH yang baik adalah 8 - 8,3 Oksidasi besi membutuhkan waktu 15 - 30 menit.

Secara umum standar proses reduksi Fe dan Mn menggunakan koagulasi alum, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi yang dilanjutkan dengan proses pra klorinasi. Dosis residu klorin yang dianjurkan adalah 0,2 – 0,5 mg/l (Fatimah et al., 2007). Tes kapasitas pengikat klorin (DPC) diperlukan untuk menentukan jumlah senyawa klorin (Cl_2) yang diperlukan untuk membersihkan air (membunuh bakteri). Kapasitas pengikatan klorin ditentukan oleh perbedaan antara klorin yang ditambahkan dan sisa klorin setelah 30 menit pemaparan (Sawyer et al., 1978).

Rumus Perhitungan:**A. Kebutuhan Klor**

1. Kebutuhan Klor

$$\text{Keb. Klor} = \text{Dosis klor} \times \text{debit air baku (Q)}$$
2. Kebutuhan Kaporit

$$\text{Keb. Kaporit} = \frac{100}{60} \times \text{kebutuhan klor}$$
3. Debit Kaporit

$$Q_{\text{kaporit}} = \frac{\text{kebutuhan kaporit}}{\text{densitas}}$$
4. Debit Air

$$Q_{\text{air}} = \frac{100\% - 5\%}{5\%} \times Q_{\text{kaporit}}$$
5. Debit Larutan

$$Q_{\text{larutan}} = Q_{\text{kaporit}} + Q_{\text{air}}$$
6. Volume Bak

$$V_{\text{bak}} = Q_{\text{larutan}} \times \text{periode pelarutan}$$
7. Dimensi

$$H_{\text{total}} = H_{\text{air}} + (\text{fb} \times H_{\text{air}})$$

$$\text{Volume} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times h$$

Keterangan :

 - Fb = Freeboard
 - D = Diameter bak
 - h = Tinggi bak

B. Pengadukan

1. Power

$$P = G^2 \times \mu \times \text{volume bak}$$

Keterangan :

 - G = Gradien Kecepatan
 - μ = Viskositas Absolut
2. Diameter Paddle

$$D_i = \left[\frac{P \times D}{K \tau \times n^2 \times \rho} \right]^{1/5}$$
3. Cek Nre

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

Keterangan :

D_i = Diameter Impeller

n = Kecepatan Putaran Impeller

ρ = Massa Jenis Klor

μ = Viskositas Absolut

4. Tinggi Impeller dari dasar

$$\text{Tinggi Impeller} = 1 \times D_i$$

Keterangan :

D_i = Diameter Impeller

5. Debit Penetasan

$$Q_{\text{penetasan}} = \frac{\text{Volume}}{\text{waktu}}$$

6. Diameter Pipa Injeksi

$$D_{\text{pipa injeksi}} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}}$$

Keterangan:

Q = debit air

v = kecepatan aliran pipa

7. Cek Kecepatan

$$\begin{aligned} V_{\text{cek}} &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \end{aligned}$$

Keterangan:

Q = debit air

D = diameter pipa

8. Dosing Pump

$$\text{Dosing Pump} = \frac{\text{diameter kaporit} \times \rho}{60}$$

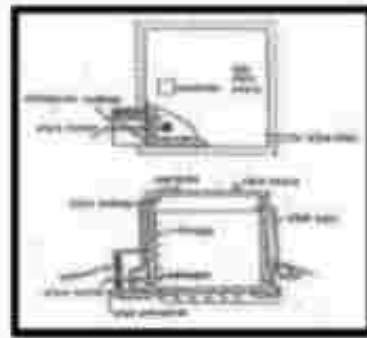
2.4.8 Reservoir

Reservoir adalah tempat penyimpanan air bersih dalam sistem penyediaan air bersih. Secara umum Reservoir ini diperlukan untuk sistem penyediaan air bersih yang mensuplai kota. Reservoir memiliki fungsi dan peran khusus yang diperlukan untuk berfungsinya sistem penyediaan air bersih dengan baik. Fungsi utama reservoir adalah untuk menyeimbangkan

produksi dan penggunaan air limbah. Pada saat yang sama, tekanan pada produksi air bersih tidak selalu sesuai dengan tekanan pada konsumsi air. Ketika produksi air bersih lebih besar dari total penggunaan airnya, kelebihan air disimpan sementara di reservoir. Berdasarkan tinggi relatif reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, terdapat dua jenis Reservoir, diantaranya:

1. Reservoir Permukaan (*Ground Reservoir*)

Reservoir permukaan adalah reservoir yang sebagian besar atau seluruh bagian reservoir tersebut terletak dibawah permukaan tanah. Reservoir permukaan biasanya berbentuk bak atau tangki air yang ditanam di bawah tanah.



Gambar 2. 18 Reservoir Permukaan
(Sumber: BPSDM PU, 2018)

2. Reservoir Menara (*Elevated Reservoir*)



Gambar 2. 19 Reservoir Menara

Reservoir menara adalah reservoir yang seluruh bagian penampungannya terletak lebih tinggi dari permukaan tanah sekitarnya. Sedangkan berdasarkan bahan konstruksinya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi empat, yaitu:

a. Reservoir Tank Baja

Banyak reservoir menara dan "standpipe" atau reservoir tanah yang dikonstruksi dari bahan baja yang dibaut atau di las. Baja beresiko terhadap karat dan mudah menyerap panas sehingga perlu di cat dan dilindungi dengan "Cathodic Protection". Biasanya tangki baja jauh lebih murah dari tangki beton.



Gambar 2. 20 Reservoir Tangki Baja

b. 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 sinitasi 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. 21 Reservoir Beton Cor

c. Reservoir *Fiberglass*

Penggunaan fiberglass sebagai bahan untuk membuat reservoir memiliki beberapa kelebihan seperti ringan, tekstur dinding tanki kaku dan terlihat kuat. Namun dari kelebihan yang dimiliki, adapun kekurangan yang dimiliki yaitu

rentan terhadap benturan dan dinding tanki mudah retak, tidak tahan terhadap UV dan oksidasi bila terjemur sinar matahari.



Gambar 2. 22 Reservoir Fiberglass

d. Reservoir Pasangan Bata

Bata merah banyak digunakan sebagai bahan dinding reservoir, karena bahan yang didapat sangat sederhana. Selain itu, penggunaan batu bata memiliki keunggulan yaitu kuat, tahan lama dan kecil kemungkinannya untuk retak. Namun, pasangan bata juga memiliki kekurangan. Ini berarti sulit untuk membuat batu bata yang bersih. Untuk membersihkannya, plester yang Anda gunakan juga harus tebal agar dinding cukup rata dan kuat.