

BAB 2

TINAJUAN 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 pengolah harus mempertimbangkan data yang didapat melalui penelitian secara periodik antara 5 – 10 tahun (Kawamura, 1991).

Air baku merupakan salah satu bahan dasar dalam proses pengolahan air minum. Sumber air baku harus tersedia dalam jumlah besar agar dapat memenuhi kebutuhan air minum daerah perencanaan. Sumber air baku yang digunakan dalam perencanaan instalasi pengolahan air minum ini adalah air permukaan. Air permukaan merupakan air yang berada pada permukaan, contohnya sungai, rawa, danau, dan mata air. Kualitas air permukaan pada umumnya belum memenuhi standar air baku dikarenakan kekeruhan, zat organik, kadar logam berat, warna, dan lain lain yang menyebabkan air permukaan tidak dapat langsung dikonsumsi.

Agar dapat dijadikan sumber air baku untuk air minum, maka air permukaan harus memenuhi kualitas oksigen yang terlarut, pH yang sesuai, kandungan zat padat yang minim, tidak mengandung bakteri, temperatur, dan parameter lain yang sesuai dengan syarat air baku untuk air minum. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2023, pH yang diinginkan pada air permukaan diantara 6,5 dan 8,5. Air permukaan yang banyak digunakan untuk sumber air baku pengolahan air minum adalah air sungai dan air danau.

2.2 Karakteristik 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 pengolah harus mempertimbangkan data yang didapat melalui penelitian secara

periodik antara 5 – 10 tahun (Kawamura, 1991). Kualitas mutu air minum dapat diklasifikasikan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

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

Air sungai yang digunakan sebagai air baku mempunyai beberapa karakteristik diantaranya sebagai berikut:

1. Kekeruhan

Kekeruhan merupakan standar yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur kondisi suatu air baku dalam satuan skala NTU (*nephelometrix turbidy unit*) atau FTU (*formazin turbidy unit*). Kekeruhan ini diakibatkan oleh adanya benda yang tercampur atau benda koloid di dalam air. Hal ini membuat perbedaan nyata dari segi estetika maupun dari segi kualitas air baku itu sendiri. Kekeruhan juga dapat disebabkan karena adanya kandungan TSS (*Total Suspended Solid*) baik yang bersifat organik maupun anorganik. Zat organik dapat berasal dari lapukan tanaman dan hewan, sedangkan zat anorganik biasanya dapat menjadi makanan bakteri sehingga mendukung perkembangannya. Kekeruhan dalam air tidak boleh melebihi 5 NTU. Penurunan dalam kekeruhan ini diperlukan karena selain ditinjau dari segi estetika yang kurang baik juga sebagai proses untuk

desinfeksi air keruh sangat susah. Hal ini disebabkan penyerapan beberapa koloid dapat melindungi organisme dari adanya desinfektan yang diberikan (Abdullah,2018).

2. Total coliform

Sumber air di alam pada umumnya mengandung bakteri. Jumlah dan jenis bakteri berbeda sesuai dengan tempat dan kondisi yang mempengaruhinya. Air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari harus bebas dari bakteri patogen. Bakteri golongan koliform tidak termasuk bakteri patogen (Cut Khairunnisa, 2012). Koliform termasuk golongan mikroorganisme yang sering digunakan sebagai indikator air. Bakteri ini mampu menentukan apakah suatu sumber air telah terkontaminasi oleh patogen atau tidak (Adrianto, 2018).

3. Besi (Fe)

Besi adalah salah satu elemen kimiawi yang dapat ditemui pada hampir setiap tempat di bumi, pada semua lapisan geologis dan semua badan air. Pada umumnya, besi yang ada di dalam air dapat bersifat terlarut sebagai Fe^{2+} (fero) atau Fe^{3+} (feri); tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter $<1\mu m$) atau lebih besar, seperti Fe_2O_3 , FeO , $Fe(OH)_2$, $Fe(OH)_3$ dan sebagainya; tergabung dengan zat organik atau zat padat yang inorganik (seperti tanah liat). Pada air permukaan jarang ditemui kadar Fe lebih besar dari 1 mg/L, tetapi dalam air tanah kadar Fe mampu lebih tinggi. Hal ini dibuktikan dengan kain yang ternodai dan perkakas dapur (Febrina & Astrid, 2014). Kadar maksimum besi yang diperbolehkan pada air minum sebesar 0,2 mg/L, sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 tahun 2023.

4. TSS (*Total Suspended Solid*)

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

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

5. TDS (*Total Dissolved Solid*)

TDS adalah jumlah material yang terlarut di dalam air. Material ini dapat berupa karbonat, bikarbonat, klorida, sulfat, fosfat, nitrat, kalsium, magnesium, natrium, ion-ion organik, senyawa koloid dan lain-lain (Howard Guy & Bartram Jamie, 2003). TDS dapat digunakan untuk memperkirakan kualitas air minum, karena mewakili jumlah ion di dalam air.

2.3 Standar Kualitas Air Minum

Di Indonesia Standar Kualitas Air Minum dapat dilihat pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah No. 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan. Parameter wajib air minum dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. 1 Parameter Wajib Air Minum

No.	Jenis Parameter	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
Mikrobiologi				
1.	<i>Escherihia coli</i>	0	CFU/100 ml	SNI / APHA
2.	<i>Total Coliform</i>	0	CFU/100 ml	SNI / APHA
Fisik				
3.	Suhu	Suhu udara \pm 3	$^{\circ}$ C	SNI / APHA
4.	<i>Total Dissolve Solid</i>	< 300	mg/L	SNI / APHA
5.	Kekeruhan	< 3	NTU	SNI atau yang setara
6.	Warna	10	TCU	SNI / APHA

No.	Jenis Parameter	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
7.	Bau	Tidak berbau	-	APHA
Kimia				
8.	pH	6,5 – 8,5	-	SNI / APHA
9.	Nitrat (sebagai NO ³) (terlarut)	20	mg/L	SNI / APHA
10.	Nitrit (sebagai NO ²) (terlarut)	3	mg/L	SNI / APHA
11.	Kromium valensi 6 (Cr ⁶⁺) (terlarut)	0,01	mg/L	SNI / APHA
12.	Besi (Fe) (terlarut)	0,2	mg/L	SNI / APHA
13.	Mangan (Mn) (terlarut)	0,1	mg/L	SNI / APHA
14.	Sisa khlor (terlarut)	0,2 – 0,5 dengan waktu kontak 30 menit	mg/L	SNI / APHA
15.	Arsen (As) (terlarut)	0,01	mg/L	SNI / APHA
16.	Kadmium (Cd) (terlarut)	0,003	mg/L	SNI / APHA
17.	Timbal (Pb) (terlarut)	0,01	mg/L	SNI / APHA
18.	Flouride (F) (terlarut)	1,5	mg/L	SNI / APHA

No.	Jenis Parameter	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
19.	Aluminium (Al) (terlarut)	0,2	mg/L	SNI / APHA

(Sumber: Permenkes RI No. 2 Tahun 2023)

2.3 Bangunan Pengolahan Air Minum

Rancangan proses pengolahan air permukaan menjadi air minum disesuaikan dengan karakteristik umum air permukaan. Air permukaan yang diolah menjadi air minum yaitu air sungai. Karakteristik umum air sungai adalah terdapat kandungan partikel tersuspensi atau koloid. Unit pengolahan air sungai terdiri dari:

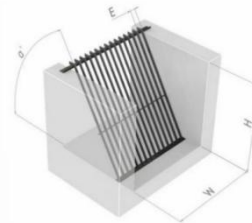
2.3.1 Intake dan Screen

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

- Penempatan bangunan penyadap (*intake*) harus aman terhadap polusi yang disebabkan pengaruh luar (pencemaran oleh manusia dan makhluk hidup lain).
- Penempatan bangunan pengambilan pada lokasi yang memudahkan dalam pelaksanaan dan aman terhadap daya dukung alam (terhadap longsor dan lain – lain).
- Konstruksi bangunan pengambilan harus aman terhadap banjir air sungai, terhadap gaya guling, gaya geser, rembesan, gempa dan gaya angkat air (*up-lift*).
- Penempatan bangunan pengambilan diusahakan dapat menggunakan sistem gravitasi dalam pengoperasiannya.
- Dimensi bangunan pengambilan harus mempertimbangkan kebutuhan

maksimum harian.

- Dimensi inlet dan outlet dan letaknya harus memperhitungkan fluktuasi ketinggian muka air.
- Pemilihan lokasi bangunan pengambilan harus memperhatikan karakteristik sumber air baku.
- Konstruksi bangunan pengambilan direncanakan dengan umur pakai (*lifetime*) minimal 25 tahun.
- Bahan/material konstruksi yang digunakan diusahakan menggunakan material local atau disesuaikan dengan kondisi daerah sekitar (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007).

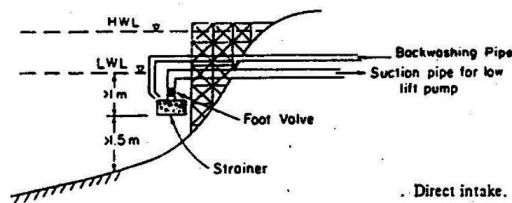


Gambar 2. 1 Screen

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

1. Bangunan Penyadap Langsung (*Direct Intake*)

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



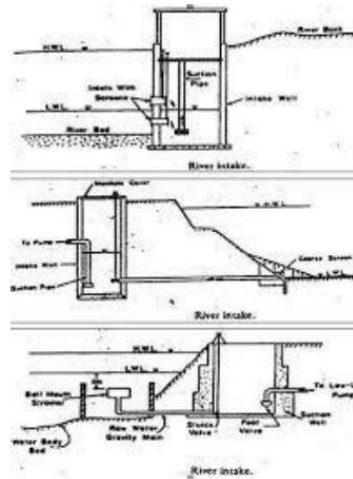
Gambar 2. 2 *Direct Intake*

(Sumber: Kawamura, 2000)

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

- *River Intake*

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

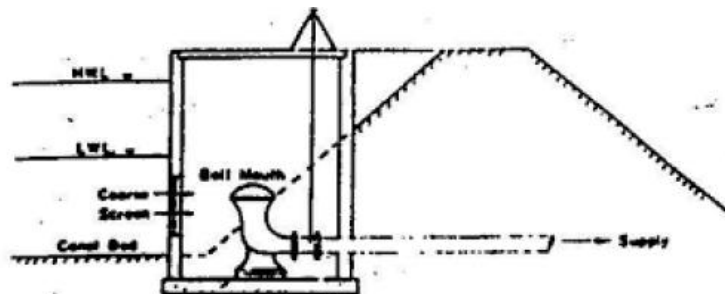


Gambar 2. 3 *River Intake*

(Sumber: Metcalf & Eddy et al, 2007)

- *Canal Intake*

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

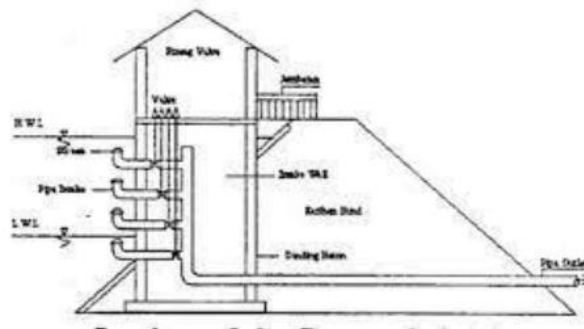


Gambar 2. 4 *Canal Intake*

(Sumber: Kawamura, 2000)

- *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. 5 *Reservoir Intake*

(Sumber: BPPSPAM. 2009)

Pada perancangan bangunan pengolahan air minum kali ini menggunakan *indirect intake* (bangunan penyadap tidak langsung) dengan tipe yang digunakan adalah *river intake*. Tipe ini mempunyai nilai yang lebih ekonomis untuk peruntukkan air baku dari air sungai dibandingkan dengan tipe – tipe *intake* lainnya. Dapat dinilai lebih ekonomis karena air sungai mempunyai level muka air pada musim hujan dan musim kemarau yang berbeda cukup tinggi. Sedangkan untuk *screen*, pada perancangan ini akan menggunakan *coarse screen*. *Screen* bertujuan untuk menghilangkan sampah padat seperti kertas, plastik, atau kain yang dapat merusak dan menyumbat aliran air, pipa, dan pompa. Pemilihan *coarse screen* merupakan pilihan tepat dikarenakan dapat menghilangkan benda – benda berukuran besar yang memiliki ukuran 6 – 150 mm.

Tabel 2. 2 Koefisien Kekasaran Pipa Hazen-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)

Tabel 2. 3 Nilai k untuk Kehilangan Energi

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

(Sumber: Qasim, 2000)

Tabel 2. 4 Faktor Minor Losses Bar

Bentuk Bar	Nilai Minor Losses (β)
<i>Shaped edge rectangular</i>	2,42
<i>Rectangular with semicircular up stream face circular</i>	2,83
<i>Circular</i>	1,79
<i>Rectangular with semicircular upstream and downstream face</i>	1,67
<i>Tear Shape</i>	0,76

(Sumber: Qasim, 2000)

Selanjutnya pada screening digunakan dalam pengolahan air baik air bersih maupun air limbah untuk menghilangkan padatan kasar berupa potongan-potongan kayu, bahan-bahan dari plastik, kain, dan lain sebagainya yang berukuran $>0,5 - 1\text{cm}$ sehingga tidak mengganggu proses pengolahan pada bangunan pengolahan air buangan selanjutnya. Umumnya unit screen dibuat dari batangan besi/baja dengan lapisan anti karat yang dipasang pada kerangka yang melintang di saluran air dengan posisi miring ke arah masuknya air (inlet) dengan kemiringan $30^\circ - 45^\circ$ dari horizontal (Metcalf & Eddy et al., 2007). Saringan kasar digunakan untuk melindungi pompa, katup, saluran pipa, dan perlengkapan lainnya dari kerusakan atau penyumbatan oleh kain dan benda besar (Metcalf & Eddy, 2003).

Pada perancangan bangunan kali ini menggunakan *Indirect Intake* (bangunan penyadap tidak langsung) dengan tipe *river intake*. Intake ini dinilai lebih ekonomis untuk peruntukan air baku dari air sungai dari tipe-tipe *intake* lainnya. Dinilai lebih ekonomis dikarenakan air sungai memiliki level muka airnya pada musim hujan dan musim kemarau yang berbeda cukup tinggi. Pemilihan coarse screen merupakan pilihan tepat dikarenakan dapat menghilangkan benda-benda berukuran besar yang memiliki ukuran 6-150 mm.

Selanjutnya pada *screening* atau biasa disebut dengan *bar screen* digunakan dalam pengolahan air baik air bersih maupun air limbah untuk menghilangkan padatan kasar berupa potongan-potongan kayu, bahan-bahan dari plastik, kain, dan lain sebagainya yang berukuran $>0,5 - 1\text{cm}$ sehingga tidak mengganggu proses pengolahan pada bangunan pengolahan air buangan selanjutnya (Metcalf & Eddy et al., 2007). Padatan yang disaring kemudian dibuang ke wadah yang terletak di belakang screen untuk disimpan, dikeringkan, dan diakumulasi/dipadatkan sebelum akhirnya dibuang. Peran utama screening adalah untuk menghilangkan bahan-bahan kasar dari aliran air yang mampu: (1) merusak peralatan unit pengolahan 15 berikutnya; (2) mengurangi kinerja dan efektivitas unit dan proses pengolahan secara keseluruhan; dan (3) mencemari saluran air.

Umumnya unit bar screen dibuat dari batangan besi/baja dengan lapisan anti karat yang dipasang pada kerangka yang melintang di saluran air dengan posisi

miring ke arah masuknya air (inlet) dengan kemiringan $30^\circ - 45^\circ$ dari horizontal (Metcalf & Eddy et al., 2007). Tebal batang biasanya 5-15mm dengan jarak antar batang 25 hingga 50mm yang diatur sedemikian rupa sehingga lolos untuk parameter/limbah yang diinginkan. *Bar screen* dirancang dan dihitung menggunakan debit pada aliran puncak (Qasim et al., 2000).

Tabel 2. 5 Kriteria Perencanaan Saringan Kasar

Parameter	U.S Customary Units		Satuan Internasional	
	Metode Pembersihan		Metode Pembersihan	
	Manual	Mekanik	Manual	Mekanik
Ukuran batang				
Lebar	0,2 – 0,6	0,2 – 0,6	5 – 15	5 – 15
Kedalaman	1,0 – 1,5	1,0 – 1,5	23 – 38	23 – 38
Jarak antar batang	1,0 – 2,0	0,6 – 3,0	25 – 50	15 - 75
Parameter lain				
Kemiringan thd vertikal (derajat)	30 – 45	0 – 30	30 – 45	0 – 30
Kecepatan	1,0 – 2,0 ft/s	2,0 - 3,25 ft/s	0,3 – 0,6 m/s	0,6 – 1,0 m/s
<i>Headloss</i>	6 m	5 – 24 m	150 mm	150 – 600 mm

(Sumber: Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004

Halaman 315-316)

2.3.2 Sumur Pengumpul

Sumur pengumpul bertujuan untuk menampung air sementara dan padatan kasar yang mudah mengendap dan terdapat pada aliran air seperti pasir (Metcalf & Eddy et al., 2007). Sumur pengumpul juga berfungsi untuk mengontrol fluktuasi dari aliran air yang akan diolah agar memberikan kondisi aliran yang stabil pada proses pengolahan selanjutnya. Cara kerja sumur pengumpul ini adalah ketika air

yang keluar dari proses produksi, maka selanjutnya air dialirkan menuju sumur pengumpul. Pada sumur pengumpul debit air diatur agar dapat memenuhi kriteria perencanaan pada unit bangunan selanjutnya.

2.3.3 Prasedimentasi

Prasedimentasi biasa digunakan untuk menghilangkan partikel padat seperti kerikil dan pasir yang berasal dari air sungai sebelum dipompa ke unit pengolahan. Prasedimentasi merupakan salah satu unit pada bangunan pengolahan air minum yang umumnya digunakan sebagai pengolahan pendahuluan. Bentuk unit prasedimentasi yang umum digunakan adalah rectangular dan circular serta terdiri dari empat zona, yaitu zona inlet, zona pengendapan, outlet, dan zona lumpur. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengendapan adalah *overflow rate*, $v_{horizontal}$ (v_h), bilangan Reynold partikel, serta karakteristik aliran (Reynolds & Richards, 1996). Bak pengendap pertama terdiri dari empat ruangan fungsional yaitu:

- Zona Inlet: tempat memperhalus aliran transisi dari aliran influen ke aliran *steady uniform* di zona settling.
- Zona Pengendapan: tempat berlangsung nya proses pengendapan atau pemisahan partikel-partikel diskrit di dalam air buangan.
- Zona Lumpur: tempat menampung material yang diendapkan bersama lumpur endapan.
- 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 2.6**

Tabel 2. 6 Desain Tipikal Prasedimentasi

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

Sumber: (Metcalf & Eddy et al., 2007)(Hal 398)

2.3.4 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 (Dalimunthe, 2007; Shamma & Wang, 2016). Koagulan atau Flokulan dibubuhkan ke dalam air yang dikoagulasi yang bertujuan untuk memperbaiki pembentukan flok dan untuk mencapai sifat spesifik flok yang diinginkan. Koagulan adalah zat kimia yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif partikel di dalam suspensi. Zat ini merupakan donor muatan positif yang digunakan untuk mendestabilisasi muatan negatif partikel (Pulungan, 2012). Pada tabel 2.7 dapat dilihat koagulan yang umum digunakan pada pengolahan air.

Tabel 2. 7 Jenis-Jenis Koagulan

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan Air	pH Optimum
<i>Aluminiumsulfat</i>	$Al_2(SO_4)_3 \cdot X H_2O$ x = 14,16,18	Bongkah, bubuk	Asam	6,0–7,8
<i>Sodium aluminate</i>	$Na_2Al_2O_4$	Bubuk	Basa	6,0–7,8
<i>Polyaluminium Chloride, PAC</i>	$Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$	Cairan, bubuk	Asam	6,0–7,8
<i>Ferric sulfate</i>	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	Kristal halus	Asam	4 – 9
<i>Ferri klorida</i>	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	Bongkah, cairan	Asam	4 – 9
<i>Ferro Sulfat</i>	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	Kristal halus	Asam	> 8,5

(Sumber: Sugiarto, 2007)

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. 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 koagulasi yaitu:

1. Pengaruh pH

Pada koagulan terdapat range pH optimum. Luasnya range pH koagulan ini dipengaruhi oleh jenis-jenis konsentrasi koagulan yang dipakai. Hal ini penting untuk menghindari adanya kelarutan koagulan. Proses koagulan pH yang terbaik adalah 6-9.

2. Pengaruh Temperatur

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

3. Dosis koagulan

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

5. Pengadukan (*mixing*)

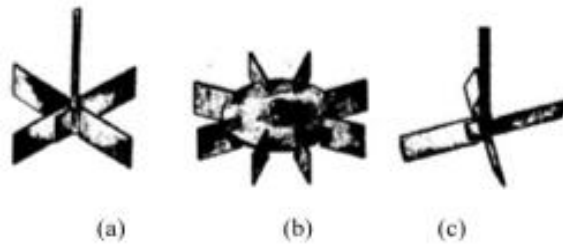
Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Distribusi dalam air cukup baik dan merata, serta masukan energi yang cukup untuk tumbukan antara partikel yang telah netral sehingga terbentuk mikroflok. Pada proses koagulasi ini pengadukan dilakukan dengan cepat.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

6. Pengaruh Garam

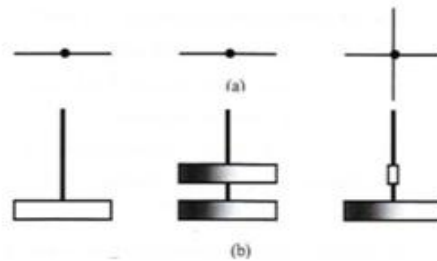
Garam dapat mempengaruhi proses penggumpalan. Pengaruh yang diberikan akan berbeda bergantung dengan macam garam (ion) dan konsentrasinya. Semakin besar valensi ion, semakin besar pengaruhnya terhadap koagulan. Penggumpalan dengan garam Fe dan Al akan banyak dipengaruhi oleh anion dibanding dengan kation. Jadi natrium, kalsium, dan magnesium relatif tidak mempengaruhi (Patimah, 2009).

Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatik. Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor bertenaga listrik, poros pengaduk (*shaft*), dan alat pengaduk (*impeller*). Berdasarkan bentuknya terdapat tiga macam alat

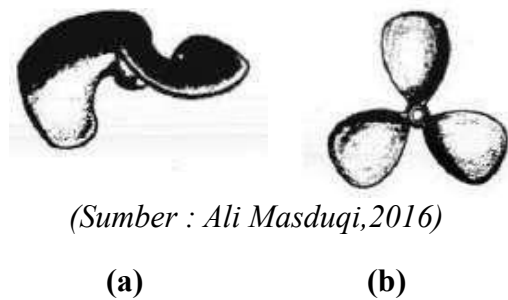
pengaduk, yaitu *paddle* (pedal), *turbine*, dan *propeller* (baling- baling). Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu G dan td . Sedangkan untuk menghitung besarnya tenaga (*power*) yang dibutuhkan, perlu memperhatikan jenis impeller yang digunakan dan nilai konstanta KL dan KT .



Gambar 2. 6 Tipe Turbin (a) *turbine blade* lurus, (b) *turbine blade* dengan piringan, (c) *turbine* dengan *blade* menyerong
(Sumber : S.R, Qasim, 2000)



Gambar 2. 7 Tipe Paddle (a) tampak atas, (b) tampak samping



Gambar 2. 8 Tipe Propeller (a) 2 blade (B) 3 blade
(Sumber: Ali Masduqi, 2016)

Tabel 2. 8 Kriteria Impeller

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

(Sumber: Reynolds & Richards, 1996:185)

Tabel 2. 9 Nilai Waktu Pengadukan Mekanis dan Gradien Kecepatan

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

(Sumber: Reynolds & Richards, 1996:184)

Tabel 2. 10 Konstanta KL dan KT untuk Tangki Berserat

Jenis Impeller	KL	KT
<i>Propeller, pitch of 1, 3 blades</i>	41,0	0,32
<i>Propeller, pitch of 2, 3 blades</i>	43,5	1,00
<i>Turbine, 4 flat blades, vaned disc</i>	60,0	5,31
<i>Turbine, 6 flat blades, vaned disc</i>	65,0	5,75
<i>Turbine, 6 curved blades</i>	70,0	4,80
<i>Fan turbine, 6 blades at 45°</i>	70,0	1,65

Jenis Impeller	KL	KT
<i>Shrouded turbine, 6 curved blades</i>	97,5	1,08
<i>Shrouded turbine, with stator, no baffles</i>	172,5	1,12
<i>Flat paddles, 2 blades (single paddles), $D_i/W_i=4$</i>	43,0	2,25
<i>Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i=6$</i>	36,5	1,70
<i>Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i=8$</i>	33,0	1,15
<i>Flat paddles, 4 blades, $D_i/W_i=6$</i>	49,0	2,75
<i>Flat paddles, 6 blades, $D_i/W_i=8$</i>	71,0	3,82

(Sumber: Reynolds & Richards, 1996:184)

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

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

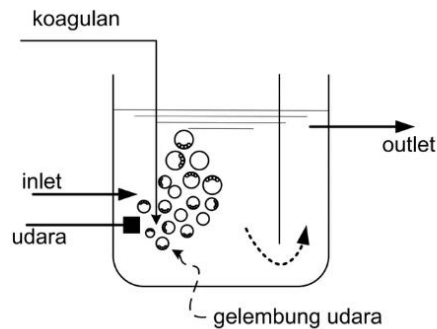
Pengadukan lambat (*agitasi dan stirring*) digunakan dalam proses flokulasi, untuk memberi kesempatan kepada partikel flok yang sudah terkoagulasi untuk bergabung membentuk flok yang ukurannya semakin membesar. Selain itu, untuk memudahkan flokulan untuk mengikat flok-flok kecil dan mencegah pecahnya flok yang sudah terbentuk.

Pengadukan lambat dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik⁻¹) selama 10 hingga 60 menit atau nilai GTd (bilangan Camp) berkisar 48000 hingga 210000. Gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak pecah dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar. Nilai G dan waktu detensi untuk proses flokulasi adalah:

1. Air Sungai
 - Waktu detensi = minimum 20 menit

- $G = 10-50 \text{ detik}^{-1}$
2. Air waduk
 - Waktu detensi = 30 menit
 - $G = 10-75 \text{ detik}^{-1}$
 3. Air keruh
 - Waktu detensi dan G lebih rendah
 4. Jika menggunakan garam besi sebagai koagulan
 - G tidak lebih dari 50 detik^{-1}
 5. Flokulator terdiri dari 3 kompartemen
 - G kompartemen 1: nilai terbesar
 - G kompartemen 2: 40% dari G kompartemen 1
 - G kompartemen 3: nilai terkecil
 6. Penurunan kesadahan
 - Waktu detensi = 30 menit
 - $G = 10-50 \text{ detik}^{-1}$
 7. Presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)
 - Waktu detensi = 15-30 menit
 - $G = 20-75 \text{ detik}^{-1}$
 - $GTd = 10.000-100.000$ (Masduqi & Assomadi, 2012:110)
- I. Pengadukan Pneumatis

Pengadukan pneumatis adalah pengadukan yang menggunakan udara (gas) berbentuk gelembung sebagai tenaga pengadukan. Gelembung tersebut dimasukkan ke dalam air dan akan menimbulkan Gerakan pada air. Injeksi udara bertekanan ke dalam air akan menimbulkan turbulensi, akibat lepasnya gelembung udara ke permukaan air. Aliran udara yang digunakan untuk pengadukan cepat harus mempunyai tekanan yang cukup besar sehingga mampu menekan dan menggerakkan air. Makin besar tekanan udara, kecepatan gelembung udara yang dihasilkan makin besar dan diperoleh turbulensi yang makin besar pula.



Gambar 2. 9 Pengadukan Cepat Secara Pneumatis

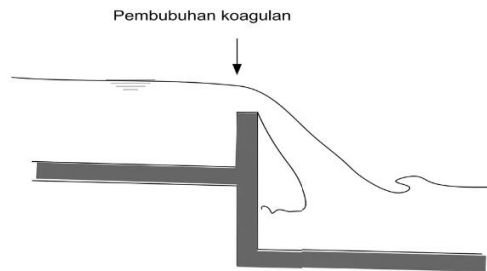
(Sumber : Zuliana, 2012)

II. Pengadukan Hidrolis

Pengadukan hidrolis adalah pengadukan yang memanfaatkan aliran air sebagai tenaga pengadukan. Tenaga pengadukan ini dihasilkan dari energi hidrolik yang dihasilkan dari suatu aliran hidrolik. Energi hidrolik dapat berupa energi gesek, energi potensial (jatuhan) atau adanya lompatan hidrolik dalam suatu aliran.

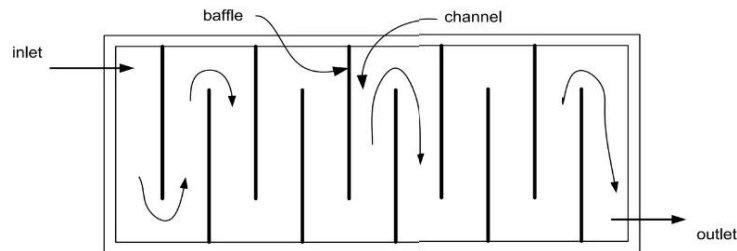
Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan cepat haruslah aliran air yang menghasilkan energi hidrolik yang besar. Dalam hal ini dapat dilihat dari besarnya kehilangan energi (*headloss*) atau perbedaan muka air. Dengan tujuan menghasilkan turbulensi yang besar tersebut, maka jenis aliran yang sering digunakan sebagai pengadukan cepat adalah terjunan (Gambar 5.9), loncatan hidrolik, dan *parshall flume*.

Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan ada pengadukan lambat adalah aliran air yang menghasilkan energi hidrolik 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 (*baffled channel*, Gambar 5.10), *perforated wall*, *gravel bed* dan sebagainya.



Gambar 2. 10 Pengadukan Cepat dengan Terjunan

(Sumber : Zuliana, 2012)



Gambar 2. 11 Pengadukan Lambat dengan Baffled Channel

(Sumber : Zuliana, 2012)

Adapun kriteria yang digunakan dalam unit koagulasi dan flokulasi hidrolis:

1. Koagulasi

Kriteria Perencanaan :

1. Gradien kecepatan (G) = 700 – 1000/s
(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 182. Boston: PWS Publishing Company)
2. Kedalaman Bak (H) = 1 – 1,25 Lebar Bak
3. Waktu Tinggal (Td) = 20-60 detik
4. Bilangan Reynold (Nre) = >10.000 (turbulen)

5. Dosis Koagulan (Alum) = 75 – 250 mg/l
(Sumber: Eckenfelder, W., W. 2000. *Industrial Water Pollution Control 3rd edition, hal 132. Singapore: McGraw-Hill Companies, Inc*)
6. Koefisien pipa jenis Cast Iron Pipe (C) = 130
(Sumber: Soufyan dan Morimura, *Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing, halaman 71*)
7. Koefisien Headloss untuk aksesoris pipa (K):
 - Elbow 90 = 0,75
 - Gate valve = 0,19
 - Check valve = 2,50
 - Tee = 0,50
 (Sumber: Kawamura, *Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities, Jilid 2, hlm. 638*)
8. Kadar Alum = 15-22%
(Sumber: *Qasim Hal 236 pdf*)
9. pH Alum = 4,5 – 7
10. Massa jenis Alum (ρ Alum) = 960 – 1010 kg/m³
11. Massa Jenis Air (ρ), T (28°C) = 0.9926 g/cm³ = 996.26 kg/m³
12. Viskositas Absolut (μ) T (28°C) = 0,8363 x 10⁻³ N.s/m²
(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 175-762. Boston: PWS Publishing Company*)
13. Waktu Detensi = 20 – 60 s
14. Gradien Kecepatan (G) = 700 – 1000/s
15. G x Td = 14.000-60.000/s
(Sumber: Masduqi dan Assomadi)
16. Bilangan Reynold (NRe) = >10.000 (Turbulen)

2. Flokulasi

Kriteria Perencanaan :

1. Kecepatan aliran pipa (v) = 0,6 – 1,5 m/s
Sumber: Reynolds. 1996
2. Waktu detensi (t_d) = 15 – 30 menit
(Sumber : Masduqi dan Assomadi, (2016), Operasi & Proses Pengolahan Air hal 110)
3. Gradien kecepatan (G) = 10 – 100 /detik
Sumber: Al-Layla. 1980. Water Supply Engineering Design
4. Jarak baffle dengan dinding = >60 cm
5. Kedalaman air (H) = >1 meter
6. GT = 20.000 – 150.000
7. Koef kekasaran dinding (f) = 0,3 m
Sumber: Wahyono, 2012
8. Nre laminar = <2000
(Sumber: Reynolds, Tom D. & Paul A. Richards, (1996), Unit Operations and Process in Environmental Engineering Second Edition hal 224)
9. N_{fr} = $>10^{-5}$
Sumber: Reynold dan Richards, 1996
10. Massa jenis air 28°C = 996,26 kg/m³
9. Viskositas Absolut (μ), T = 0,8363 x 10⁻³ N.s/m²
(30°C)
10. Viskositas Kinetis (u), T = 0,8394 x 10⁻² cm²/s
(30°C)
Sumber: Reynolds. 1996

2.3.5 Sedimentasi

A. 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:

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

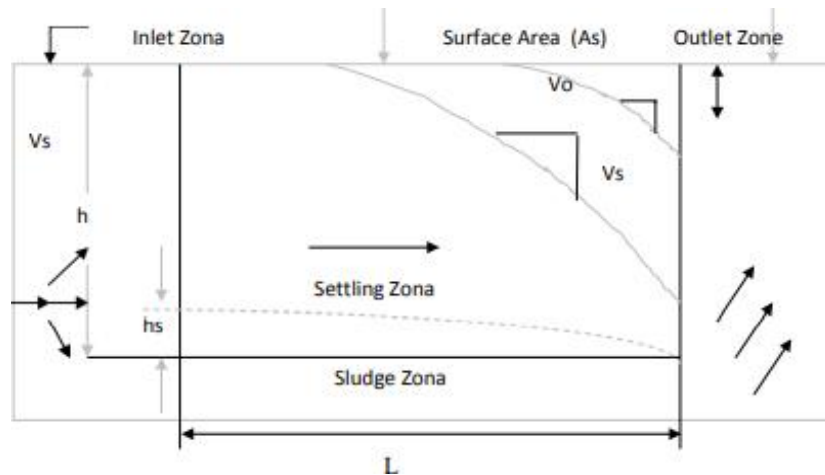
Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah:

- Pengendapan Tipe I (*Free Settling*)
- Pengendapan Tipe II (*Flocculent Settling*)
- Pengendapan Tipe III (*Zone/Hindered Settling*)
- Pengendapan Tipe IV (*Compression Settling*)

Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat empat zona :

- Zona Inlet
- Zona Outlet
- Zona Settling
- Zona Sludge

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



Gambar 2. 12 Zona pada Bak Sedimentasi

(Sumber : Al Layla, *Water Supplay Engineering Design*)

B. Rumus Perhitungan Unit Sedimentasi

Adapun kriteria perencanaan dan rumus perhitungan yang digunakan dalam menghitung bak pengendap 1 setelah proses koagulasi dan flokulasi antara lain:

a. Zona Pengendapan (Settling Zone)

Kriteria Perencanaan :

1. Kedalaman Bak (H) = 3 – 4,9 m
2. Lebar Bak (W) = 3 – 24 m
3. Panjang (L) = 15 – 90 meter
4. Slope dasar = 1/16 – 1/6 m/m
5. Flight speed = 0,6 – 1,2 m/menit
5. Waktu tinggal (td) = 1,5 – 3 jam
6. Overflow rate
 - Rata-rata = 30-50 m³/m².hari
 - Weir loading = 125 – 500 m³/m².hari

(Sumber: Metcalf & Eddy, *Waste Water Engineering Treatment & Reuse, 4th Edition, halaman 398*)

7. Massa jenis air (ρ), T (28°C) = 996,26 kg/m³
8. Viskositas kinematik (ν) = 0,8394 x 10⁻⁶ m²/s
9. Viskositas dinamik (μ) = 0,8363 x 10⁻³ N s/m²
(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition*, hal 762 (Appendix C). Boston: PWS Publishing Company)
10. Specific gravity solid (Ss) = 1,4
11. Specific gravity sludge (Sg) = 1,02
(Sumber: Metcalf & Eddy, *Waste Water Engineering Treatment & Reuse*, 4th Edition, halaman 1456)
12. Konsentrasi solid = 4% - 12%
(Sumber: Metcalf & Eddy, *Waste Water Engineering Treatment & Reuse*, 4th Edition, halaman 398)
13. Bilangan Reynold (NRe) untuk Vs<1 (laminar)
14. NRe untuk Vh = <2000 (laminar)
15. Nfr = >10⁵
16. Koefisien kekasaran aksesoris pipa untuk headloss (k)
 - Elbow = 1,1
 - Tee aliran lurus = 0,35
 - Gate valve = 0,2
 (Sumber: Kawamura, *Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities*, Jilid 2, hal. 638)

b. Zona Inlet

Zona inlet berfungsi untuk mengalirkan air baku ke bangunan prasedimentasi. Zona inlet harus didesain sedemikian rupa agar proses pengaliran ke bak prasedimentasi dapat berjalan dengan baik.

Kriteria Perencanaan :

1. Kecepatan aliran (v) = 0,3 – 0,6 m/s
2. Slope maksimal = <0,001 m/m (1%)
3. Freeboard = 10 – 20%
4. Koefisien manning (beton) = 0,011 – 0,020

(Sumber: Bambang Triadmodjo, 2008, *Hidraulika II*, Tabel 4.2 Harga koefisien manning)

c. Zona Transisi (*Transition Zone*)

Kriteria Perencanaan :

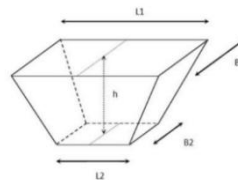
1. Massa jenis air (ρ), T (28°C) = 996,26 kg/m³
2. Viskositas dinamik (μ) = 0,8063 × 10⁻³ N s/m²

(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition*, hal 762 (Appendix C). Boston: PWS Publishing Company)

3. Koefisien Manning (n) = 0,013

d. Zona Lumpur (*Sludge Zone*)

Pada zona ini merupakan area yang digunakan untuk menyimpan lumpur hasil dari pengendapan. Desain dari zona lumpur didasarkan dari besaran lumpur yang akan dihasilkan dan periode pengurasannya.



Gambar 2. 13 Sketsa Dimensi Ruang Lumpur

Kriteria Perencanaan :

1. Berat jenis sludge (ρ_s) = 2650 kg/m³
2. Berat jenis air (ρ_a) = 996,26 kg/m³

Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996

3. Specific Solid (Ss) = 1,4
4. Laju aliran rata-rata = 30 – 50 m³/ m² hari
5. Weir Loading = 125 – 500 m³/ m² hari
6. Waktu Pengurasan = 0,5 – 1 Hari

e. Zona Pelimpah (*Overflow Zone*)

Kriteria Perencanaan :

1. Koefisien Drag (Cd) = 0,584
2. Sudut v notch = 60°

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

3. Weir loading rate = 125 – 500 m³/m.hari

(Sumber: Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment & Reuse 4th Edition, hlm 398)

f. Zona Outlet

Kriteria Perencanaan :

1. Koefisien Drag (Cd) = 0,584
2. Sudut v notch = 45°

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

2.3.6 Aerasi

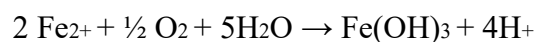
Aerasi adalah suatu proses penambahan udara/oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat, dengan cara menyemprotkan air ke udara (air ke dalam udara) atau dengan memberikan gelembung-gelembung halus udara dan membiarkannya naik melalui air (udara ke dalam air).

Sumber lain menjelaskan bahwa aerasi adalah suatu proses atau usaha dalam menambahkan konsentrasi oksigen yang terkandung dalam air, agar proses oksidasi biologi oleh mikroba akan dapat berjalan dengan baik. Dalam melakukan

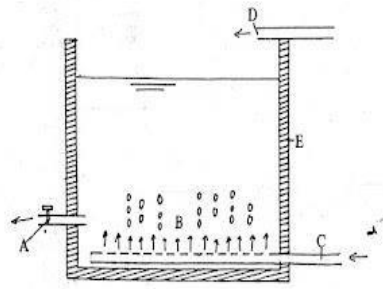
proses Aerasi ini perlu menggunakan alat yang dinamakan aerator. Prinsip kerja alat ini adalah untuk menambahkan oksigen terlarut di dalam air tersebut. Kemudian yang menjadi tugas utama dari aerator ini adalah memperbesar permukaan kontak antara air dan udara. Adapun tujuan dari aerasi adalah

1. Penambahan jumlah oksigen.
2. Penurunan jumlah *carbon dioxide* (CO₂).
3. Menghilangkan *hydrogen sulfide* (H₂S), *methane* (CH₄) dan berbagai senyawa-senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau.

Hasil pengolahan air dengan metoda aerasi bermanfaat untuk menghasilkan air minum yang baik. Penurunan jumlah karbon dalam air sehingga bisa berbentuk dengan kalsium karbonat (CaCO₃) yang dapat menimbulkan masalah. 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 Fe(OH)₃, hal tersebut juga berlaku pada logam lain. Selain itu, aerasi juga meningkatkan produksi oksigen ditandai dengan penurunan parameter organik dan Chemical Oxygen Demand (COD). Berikut reaksi kimia yang terjadi pada besi saat aerasi berlangsung (Istihara, 2019):



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.



Gambar 2. 14 *Bubble Aerator*

(Sumber: Asmadi et al,2011)

Keterangan :

A = Outlet

B = Gelembung udara

C = Pipa berlubang buat udara

D = Inlet air baku

E = Bak air

Penurunan *carbon dioxide* (CO_2) oleh *waterfall aerators* cukup berarti, tetapi tidak memadai apabila dari yang sangat *corrosive*. Pengolahan selanjutnya seperti pembubuhan kapur atau dengan saringan marmar atau dolomite yang dibakar masih dibutuhkan. Aerator Gelembung Udara (*Bubble Aerator*) jumlah udara yang diperlukan untuk aerasi *bubble* (aerasi gelembung udara) tidak banyak, tidak lebih dari $0,3 - 0,5 \text{ m}^3 \text{ udara/m}^3 \text{ air}$ dan volume ini dengan mudah bisa dinaikan melalui suatu penyedotan udara. Udara disemprotkan melalui dasar dari bak air yang akan di aerasi.

Tabel 2. 11 Desain dan karakteristik Operasional Aerator

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
Aerator Gravitasi: <i>Cascade</i>	20-45% CO_2	Tinggi 1-3 m Luas: $85-105 \text{ m}^2/\text{m}^2.\text{det}$

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
<i>Packing Tower Tray</i>	> 95% VOC > 90% CO ₂ > 90% CO ₂	Kecepatan aliran: 0,3 m/det Diameter kolom maksimum: 3 m Beban Hidrolik: 2000 m ³ /m ² .hari Kecepatan 0,8-1,5 m ³ /m ² .menit Kebutuhan udara: 7,5 m ³ /m ³ air
Spray Aerator	70-90% CO ₂ 25-40 H ₂ S	Jarak rak (tray): 30-75 cm Luas: 50-160 m ² /m ³ .det Tinggi 1,2-9 m Diameter nozzle: 2,5-4 cm jarak nozzle: 0,6-3,6 m Debit nozzle: 5-10 l/det
Aerator Berdifusi	80% VOCs	Luas Bak: 105-320 m ² /m ³ .det tekanan semprotan: 70 kPa waktu detensi: 10-30 menit Udara: 0,7-1,1 m ³ /m ² air tangka kedalaman: 2,7-4,5 Lebar: 3-9 m Lebar/kedalaman < 2 Volume maksimum: 150 m ³ Diameter lubang diffuser: 2-5 mm
Aerator Mekanik	70-90% CO ₂ 25-40 H ₂ S	waktu detensi: 10-30 menit kedalaman tangki: 2-4 m

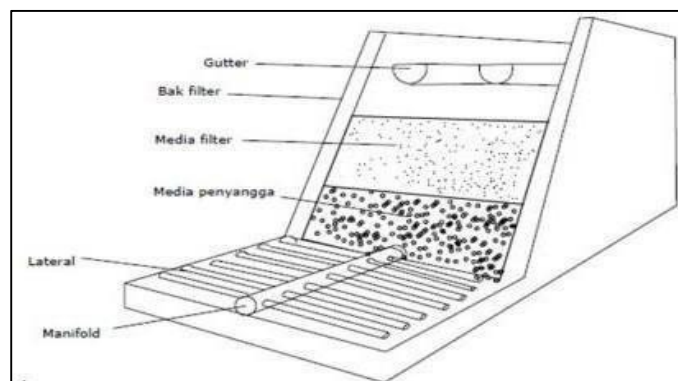
(Sumber: Qasim et al, 2000)

2.3.7 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, 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.



Gambar 2. 15 Bagian-Bagian Filtrasi
(*Sumber : Reynold& Richards, 1996*)

Pada prosesnya, partikel tersuspensi yang ukurannya terlalu besar akan tetap tertahan di atas lapisan pasir. Namun jika ukurannya 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 2.16 dapat dilihat bagian-bagian filter.

Terdapat beberapa macam jenis filter modifikasi yang telah digunakan dimancanegara, antara lain *rapid sand filter*, *slow sand filter*, *pressure sand filter*, *multiple media filters*, *diatomaceous earth filters*, *upflow filters* dan lain sebagainya. Menurut Al-Layla pada tahun 1978, pada proses purifikasi air, *rapid sand filters* memiliki hasil *effluent* yang lebih baik jika dibandingkan dengan *slow sand filters*. Kecepatan pada *rapid sand filters* ini cukup tinggi dan laju filtrasi nya berkisar antara 4-5 m³ /m² .hr (namun terkadang laju filtrasi nya dapat lebih dari 6 m³ /m².hr). Ukuran pasir efektif yang digunakan pada filter ini berkisar antara 0,45- 0,55 mm. Lapisan filter ini bila dilihat dari bawah terdiri dari gravel dengan tebal berkisar antara 38-60 cm, sedangkan di atasnya terdapat pasir yang tebalnya kurang lebih 80cm. Proses *backwash* pada *rapid sand filter* berbeda dengan *slow sand filter*. Pada *rapid sand filters* waktu *backwash* ditentukan dari *headloss filter* saat itu.

Keuntungan menggunakan *rapid sand filters* adalah area yang digunakan tidak begitu luas, pasir yang dibutuhkan lebih sedikit, kurang sensitif terhadap perubahan kualitas air baku, dan waktu yang dibutuhkan relatif lebih cepat jika dibandingkan dengan *slow sand filters*. Sedangkan kekurangan dari *rapid sand filters* adalah tidak dapat mengurangi kadar bakteri di dalam air, membutuhkan biaya yang mahal, membutuhkan keahlian khusus dan menghasilkan lumpur yang banyak. Media filter dapat tersusun dari pasir silika alami, anthrasit, atau pasir garnet. Media ini umumnya memiliki variasi dalam ukuran, bentuk dan komposisi kimia. Pemilihan media filter yang digunakan dilakukan dengan analisis ayakan. Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif dan keseragaman media yang diinginkan. *Effective Size (ES)* atau ukuran efektif media filter adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10% dari total kedalaman lapisan media filter atau 10% dari fraksi berat, ini sering dinyatakan sebagai P10 (persentil 10). P10 yang dapat dihitung dari ratio ukuran rata – rata dan standar deviasinya. *Uniformity Coefficient (UC)* atau koefisien keragaman adalah angka keseragaman media filter yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran

diameter pada 60 % fraksi berat terhadap ukuran (size). Kriteria untuk keperluan *rapid sand filter* adalah 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

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

Tabel 2. 12 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	Tanpa/dengan blower & atau <i>surface wash</i>	Tanpa/denganblower & atau <i>surface wash</i>
	Kecepatan (m/jam)		
	Lama pencucian (menit)	36 – 50	36 – 50
	Periode antara dua pencucian (jam)	10 – 15	10 – 15
	Ekspansi (%)	18 – 24	18 – 24
		30 – 50	30 – 50
3	Dasar filter		80 – 100 2 – 5

No	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian AntarSaringan
	Lapisan penyangga dari atas ke Bawah Kedalaman (mm) ukuran butir (mm) Kedalaman (mm) ukuran butir (mm)	80 – 100 2 – 5 80 – 100 5 – 10	80 – 100 5 – 10
	Kedalaman (mm) ukuran butir (mm)	80 – 100	80 – 100
	Kedalaman (mm) ukuran butir (mm) Filter Nozzle Lebar slot nozzle (mm) Prosentase luas slot nozzle terhadap luas filter (%)	10 – 15 80 – 150 15 – 30	10 – 15 80 – 150 15 – 30
	luas filter (%)	< 0,5	< 0,5
		> 4%	> 4%

(Sumber: SNI 6774-2008)

2.3.8 Adsorpsi

Adsorpsi atau penerapan adalah proses pemisahan di mana komponen tertentu di dalam fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang mempunyai sifat dapat menyerap (*adsorbent*). Sebagian besar zat pengadsorpsi atau adsorben merupakan bahan-bahan yang sangat porous dengan luas permukaan yang besar, sehingga proses adsorpsi dapat berlangsung pada permukaan atau dinding-dinding pori atau pada bagian tertentu di dalam partikel adsorben. Karena ukuran pori-pori tersebut sangat kecil, maka luas permukaan dalam menjadi sangat besar dibandingkan dengan luas permukaan luar (Said, 2017).

Proses adsorpsi dapat terjadi karena perbedaan berat molekul atau perbedaan polaritas yang dapat menyebabkan sebagian seluruh molekul polutan melekat di permukaan partikel adsorben. Di dalam proses pengolahan air, proses adsorpsi umumnya digunakan untuk menyerap atau menghilangkan senyawa polutan dengan konsentrasi yang sangat kecil (polutan mikro), penghilangan warna, penghilangan bau dan lainnya. Bahan adsorben yang banyak digunakan antara lain adalah karbon aktif (*activated carbon*), silika aktif (*activated alumina*), zeolit dan lainnya (Said, 2017).

Di dalam proses pengolahan air, karbon aktif banyak digunakan untuk menghilangkan kandungan zat-zat yang tidak dapat dibersihkan atau dihilangkan dengan teknik pengolahan biasa seperti koagulasi, flokulasi, dan pengendapan. Polutan di dalam air yang tidak dapat dihilangkan dengan cara pengolahan biasa antara lain adalah bau, detergen, senyawa fenol, zat warna organik, amonia dan zat-zat organik lainnya. Perencanaan fasilitas pengolahan air dengan karbon aktif sangat dipengaruhi oleh kualitas air yang akan diolah serta jenis maupun sifat dari karbon aktifnya. Ada 2 (dua) tipe karbon aktif yang sering dipakai untuk pengolahan air yaitu karbon aktif bubuk atau *Powder Activated Carbon* (PAC) dan karbon aktif butiran atau *Granular Activated Carbon* (GAC) yang mana keduanya mempunyai kelebihan dan kekurangan dalam segi proses maupun segi ekonominya (Said, 2017).

Pada umumnya pengolahan air dengan karbon aktif bubuk dipilih atau dilakukan dengan pertimbangan untuk pengolahan dalam keadaan darurat atau untuk jangka pendek. Sedangkan untuk proses yang kontinu atau untuk jangka waktu yang lama penggunaan karbon aktif butiran (granular) mempunyai keuntungan yang lebih besar dibandingkan dengan karbon aktif bubuk. Namun demikian, pada kondisi tertentu kombinasi antara keduanya sering juga dilakukan (Said, 2017).

Sifat dan Jenis Karbon Aktif :

Karbon aktif merupakan zat karbon yang berwarna hitam dan mempunyai porositas yang tinggi. Diameter partikel molekul karbon aktif antara 10-105 [Å] dan luas permukaan spesifiknya antara 500-1500 m² per gram, mempunyai daya adsorpsi yang besar terhadap zat-zat misalnya detergen, senyawa fenol, warna organik, gas H₂S, metana dan zat-zat organik lainnya dalam bentuk gas maupun cairan (Maron, 1965 dalam Said, 2017).

Karbon aktif biasanya dibuat dari bahan baku yang mengandung karbon (C), misalnya, batok kelapa, limbah kayu, arang, batu bara atau senyawa karbon lainnya, dengan cara memanaskan tanpa oksigen pada suhu tinggi (distilasi kering) serta diaktifkan dengan proses tertentu sehingga mempunyai sifat adsorpsi yang lebih spesifik. Daya adsorpsi karbon aktif tergantung dari ukuran partikel atau luas permukaan spesifiknya dan juga cara pengaktifannya. Dilihat dari bentuk ukuran partikelnya dapat digabungkan dalam dua jenis yaitu karbon aktif bubuk (*Powder Activated Carbon*, disingkat PAC) dan karbon aktif butiran (*Granular Activated Carbon*, disingkat GAC) (Said, 2017).

- Karbon Aktif Bubuk (*Powdered Active Carbon*)

Karbon aktif bubuk mempunyai ukuran partikel yang sangat halus yaitu sekitar 50-75 μ (mikron). Karena ukurannya sangat halus dan ringan maka pengerjaannya sangat sulit (mudah terbang), sehingga biasanya dicampur dengan air dengan kandungan sekitar 30-50%.

- Karbon Aktif Butiran (*Granular Active Carbon*)

GAC adalah karbon aktif dalam bentuk butiran atau kepingan (leak) dengan ukuran partikel 0,16-1,5 mm.

Proses pengolahan air dengan karbon aktif merupakan proses adsorpsi secara fisik (*physical adsorption*) yaitu proses terkonsentrasinya molekul-molekul adsorbate (zat yang akan di adsorpsi dalam air (misalnya zat organik dll) ke permukaan karbon aktif karena adanya gaya tarik-menarik antara molekul karbon aktif dengan

molekul-molekul adsorbate yang ada dalam air (gaya *Van der Waals*). Karbon aktif adalah salah satu zat yang mempunyai daya menyerap zat-zat polutan yang ada dalam air sehingga zat tersebut akan menempel atau terkonsentrasi pada permukaan karbon aktif, sehingga konsentrasi zat polutan yang ada dalam air tersebut menjadi hilang atau berkurang. Proses ini disebut adsorpsi (Said, 2017)

2.3.9 Desinfeksi

Salah satu persyaratan kualitas air minum adalah persyaratan mikrobiologis, (harus bebas mikroorganisme patogen). Desinfeksi ialah proses membebaskan air minum dari mikroorganisme patogen. Metode disinfeksi secara umum ada dua, yaitu cara fisik dan cara kimiawi. Desinfeksi secara fisik adalah perlakuan fisik terhadap mikroorganisme, yaitu panas dan cahaya yang mengakibatkan matinya mikroorganisme. Sedangkan metode disinfeksi secara kimiawi adalah memberikan bahan kimia ke dalam air sehingga terjadi kontak antara bahan tersebut dengan mikroorganisme yang berakibat matinya mikroorganisme tersebut. Desinfeksi secara kimia menggunakan larutan kaporit, gas klor dan gas ozon. Sedangkan disinfeksi secara fisik menggunakan gelombang mikro dan sinar ultraviolet. Untuk membunuh mikroorganisme bersifat patogen terkandung dalam air, desinfektan/bahan disinfeksi yang digunakan adalah kaporit, bromin klorida, gas klor, gas iod, ozon dan Kalium Permanganat. Kemampuan disinfeksi dalam pengolahan air minum adalah :

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

Macam-macam faktor yang mempengaruhi efisiensi disinfeksi adalah:

1. Waktu kontak.
2. Konsentrasi disinfeksi.
3. Jumlah mikroorganisme.
4. Temperatur air.

5. pH.
6. Adanya senyawa lain dalam air.

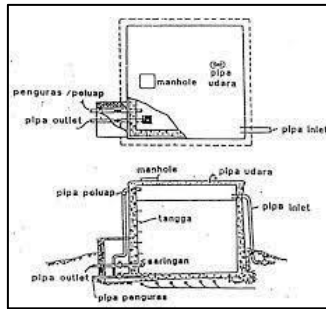
Dalam perancangan kali ini, kami menggunakan metode desinfeksi dengan gas klor. Metode ini bertujuan untuk mengoksidasi logam-logam, membunuh mikroorganisme seperti plankton dan juga membunuh spora dari lumut, jamur, dan alga. Konsentrasi yang diberikan adalah 2-3 gr/m³ air, tergantung pada turbiditas air (Park et al., 2008). Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih besar dari aerasi, dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik pada 8-8,3 oksidasi besi membutuhkan waktu 15-30 menit. Pada umumnya proses standar penurunan Fe dan Mn menggunakan koagulasi dengan alum, flokulasi, pengendapan, dan filtrasi dengan didahului proses preklorinasi. Dosis sisa klor yang dianjurkan 0,2-0,5 mg/l (Said, 2009). Perlu dilakukan percobaan Daya Pengikat Chlor (DPC) untuk mengetahui dosis senyawa chlor (Cl₂) yang dibutuhkan oleh air untuk proses desinfeksi (membunuh bakteri). Daya Pengikat Chlor ditentukan cara selisih antara chlor yang dibubuhkan dengan sisa chlor setelah kontak setelah kontak selama 30 menit (Sawyer et al., 2003).

2.3.10 Reservoir

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

bersih lebih kecil daripada jumlah pemakaian air. Berdasarkan tinggi relative reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi 2 yaitu reservoir permukaan dan reservoir menara.

A. Reservoir Permukaan (*Ground Reservoir*)

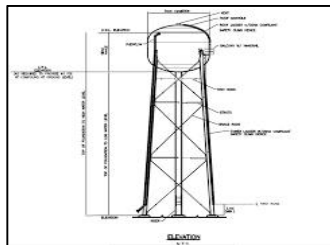


Gambar 2. 16 Reservoir Permukaan

(Sumber: BPSDM PU, 2018)

Reservoir permukaan adalah penampung air yang sebagian besar atau seluruhnya berada di bawah permukaan tanah. Reservoir permukaan biasanya berbentuk bak atau tangki air yang ditanam di bawah tanah.

B. Reservoir Menara (*Elevated Reservoir*)



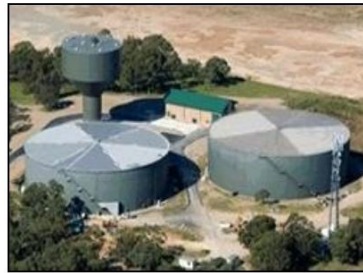
Gambar 2. 17 Reservoir Menara

(Sumber : AED Design Requirements: Water Tanks & System Distribution, 2009)

Reservoir menara adalah reservoir yang seluruh bagian penampungan dari reservoir terletak lebih tinggi dari permukaan tanah sekitarnya. Berdasarkan bahan konstruksinya, reservoir menara dibagi menjadi empat yaitu reservoir bahan baja, beton cor, *fiber glass*, dan pasangan bata.

1. Reservoir Tangki Baja

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.



Gambar 2. 18 Reservoir Tanki Baja

(Sumber: BPSDM PU, 2018)

2. 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.



Gambar 2. 19 Reservoir Beton Cor

(Sumber: <http://aladintirta.blogspot.com>)

3. Reservoir *Fiberglass*

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.



Gambar 2. 20 Reservoir Fiberglass

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

4. Reservoir Pasangan Bata

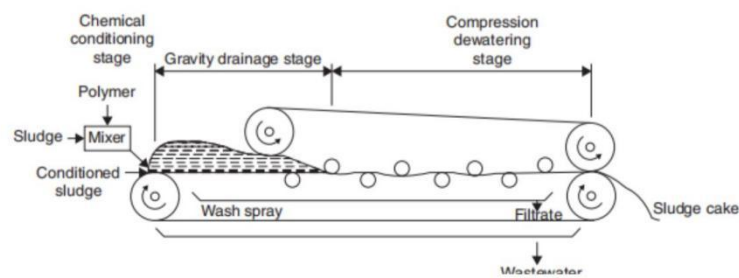
Penggunaan bata merah sebagai bahan dinding reservoir sudah cukup lumrah digunakan karena material yang didapatkan sangat mudah. Selain itu, penggunaan batu bata memiliki kelebihan yaitu kuat, tahan lama, dan jarang terjadi keretakan. Namun, pasangan batu bata juga memiliki kekurangan yaitu sulitnya 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.

2.3.11 Belt Filter Press

Belt Filter Press (BFP) menyediakan dewatering lumpur dengan menekan lumpur untuk memaksa air melalui media permeabel. Proses menghasilkan cake (produk yang dikeringkan) yang memiliki kandungan padatan kering (DS) 30% atau lebih. Sebagian besar dari jenis *belt filter press*, lumpur dikondisikan di bagian saluran gravitasi untuk dapat menebalkan lumpur. Pada bagian ini banyak air yang tersisihkan dari lumpur secara gravitasi.

Sebagian besar dari jenis *Belt-Filter Press*, lumpur dikondisikan di bagian saluran gravitasi untuk dapat menebalkan lumpur. Pada bagian ini banyak air yang

tersisihkan dari lumpur secara gravitasi. Di beberapa unit, bagian ini diberikan dengan bantuan vacuum, yang menambah saluran dan membantu untuk mengurangi bau. Mengikuti saluran gravitasi, tekanan yang digunakan dalam bagian tekanan rendah, dimana lumpur diremas diantara pori kain sabuk. Di beberapa unit, bagian tekanan rendah diikuti bagian tekanan tinggi dimana lumpur mengalami pergeseran melewati penggulung. Peremasan dan penggeseran ini menginduksi dari penambahan air dari lumpur. Akhir pengeringan cake lumpur adalah penyisihan dari sabuk dengan scrapper blade. Sistem operasi jenis belt-filter press dari pompa penyedot lumpur, peralatan polimer, tangka lumpur (flokulator), *belt-filter press*, conveyor cake lumpur, dan sistem pendukung (compressor, pompa pencuci). Namun, ada beberapa unit yang tidak menggunakan tangki lumpur.



Gambar 2. 21 Belt Filter Press

(Sumber: Innocenti, 1988)

Di beberapa unit, bagian ini diberikan dengan bantuan vacuum, yang menambah saluran dan membantu untuk mengurangi bau. Mengikuti saluran gravitasi, tekanan yang digunakan dalam bagian tekanan rendah, dimana lumpur diremas diantara pori kain sabuk. Di beberapa unit, bagian tekanan rendah diikuti bagian tekanan tinggi dimana lumpur mengalami pergeseran melewati penggulung. Peremasan dan penggeseran ini menginduksi dari penambahan air dari lumpur.

Akhir pengeringan cake lumpur adalah penyisihan dari sabuk dengan *scraper blade*. Sistem operasi jenis belt-filter press dari pompa penyedot lumpur, peralatan polimer, tangki lumpur (flokulator), *belt-filter press*, conveyor cake lumpur, dan sistem pendukung (compressor, pompa pencuci). Namun, ada beberapa unit yang tidak menggunakan tangki lumpur.

2.4 Persen Removal

Berdasarkan studi literatur yang telah kami kumpulkan, diperoleh rangkuman %penyisihan untuk unit pengolahan beserta keseluruhan parameter dalam air sehingga dapat diolah dalam bangunan pengolahan air minum yang telah direncanakan. Berikut rangkuman %penyisihan air beserta sumber yang tertera:

Tabel 2. 13 Jenis Pengolahan Berdasarkan Parameter

No	Parameter	Unit Pengolahan	Sumber
2	TSS	<ul style="list-style-type: none"> - Prasedimentasi - Sedimentasi - Filtrasi (<i>rapid sand filter</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> - Syed R. Qasim 1985, <i>WWTP Planning Design and Operation. Page 52</i> - Metcalf and Eddy, <i>Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th, Hal 497</i> - Droste, 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment.</i> - Halaman 224
3	TDS	<ul style="list-style-type: none"> - Sedimentasi - Filtrasi (<i>rapid sand filter</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> - Reynolds/Richards 2nd, <i>Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, page 233</i> - Droste, Ronald L, 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment.</i> Hal 224
5	Fe	<ul style="list-style-type: none"> - Aerasi - Filtrasi (<i>rapid sand filter</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> - Droste, 1997, <i>Theory and Practice of water and wastewater Treatment Chapter 9, Hal 224</i> - Reynolds/Richards 2nd, <i>Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, page 316</i>
6	Mn	<ul style="list-style-type: none"> - Aerasi - Filtrasi (<i>rapid sand filter</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> - Droste, 1997, <i>Theory and Practice of water and wastewater Treatment Chapter 9, Hal 224</i> - Ali Masduqi. <i>Operasi dan proses pengolahan air.</i> hal 171
8	Total Coliform	Desinfeksi	<ul style="list-style-type: none"> - Droste, 1997, <i>Theory and Practice of water and wastewater Treatment Chapter 9, Hal 224</i>

2.5 Profil Hidrolis

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