

BAB 2

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 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 492 Tahun 2010, 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

Standar kualitas air minum di Indonesia diatur pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Dimana air yang tersalur harus memiliki mutu baik, bersih atau jernih dan dapat dinilai dari penglihatan bahwa air seharusnya bersih tanpa berbau, berwarna dan keruh dan layak untuk didistribusikan kepada

pelanggan. 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.

Dalam perencanaan pengolahan air minum, berikut: air baku yang digunakan sebagai air permukaan Ds. Sungai rengas, Kec. Sungai Kakap mempunyai beberapa karakteristik diantaranya sebagai berikut :

2.2.1 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 $<1\mu\text{m}$) atau lebih besar, seperti Fe_2O_3 , FeO , $\text{Fe}(\text{OH})_2$, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ dan sebagainya, bergabung 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.

2.2.2 Fosfat

Fosfat dalam air dapat ditemukan di berbagai lokasi, baik di lingkungan alami maupun akibat aktivitas manusia. Fosfat anorganik umumnya berasal dari limbah domestik, sebagai hasil akhir metabolisme protein dan lemak dalam tubuh manusia. Sementara itu, senyawa polifosfat banyak dijumpai dalam limbah industri, terutama dari produk detergen dan proses pencucian. Di sisi lain, ortofosfat sering kali berasal dari pupuk pertanian yang digunakan di lahan pertanian. Dalam kondisi tertentu, polifosfat dapat diubah menjadi ortofosfat melalui proses hidrolisis yang dilakukan oleh bakteri.

Kandungan polifosfat dalam air dapat dihitung dengan mengurangi jumlah total fosfat anorganik dengan kadar ortofosfat. Dalam praktik analisis kualitas air, fosfat umumnya diukur dalam bentuk ortofosfat karena bentuk inilah yang paling mudah terdeteksi dan memiliki peran langsung dalam aktivitas biologis. Kandungan fosfat juga digunakan sebagai indikator adanya aktivitas mikroorganisme dalam badan air seperti sungai, danau, atau waduk. Oleh karena itu, pemantauan kadar fosfat secara berkala menjadi penting, baik dalam sistem pengolahan air limbah maupun di badan air permukaan, mengingat fosfat merupakan unsur hara makro esensial yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan organisme biologis (Listantia, 2020)

2.2.3 TSS

Materi yang tersuspensi adalah bahan yang memiliki ukuran lebih kecil dibandingkan dengan molekul atau ion yang larut. Materi ini dibagi menjadi dua kategori, yaitu zat padat dan koloid. Zat padat yang tersuspensi bisa mengendap jika air berada dalam kondisi tenang, atau bisa mengapung jika sangat ringan material ini juga bisa disaring. Di sisi lain, koloid sulit untuk mengendap dan tidak dapat disaring menggunakan filter air biasa. Ketika kadar bahan tersuspensi meningkat, air akan semakin keruh (Effendi, 2003).

TSS merupakan parameter gabungan (lumped parameter) karena mencakup berbagai jenis partikel organik maupun anorganik, dengan ukuran partikel yang sangat mempengaruhi efektivitas proses pengolahan seperti sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi. Selain itu, partikel yang tersuspensi juga dapat berasal dari

mikroorganisme seperti plankton, bakteri, alga, virus, dan sebagainya. Semua komponen ini biasanya berkontribusi terhadap keruh atau warna air (Said, 2017). Oleh karena itu, analisis ukuran partikel TSS dilakukan dengan berbagai metode, mulai dari mikroskopik, penghitungan partikel, hingga pemisahan menggunakan teknik sentrifugasi, sedimentasi, maupun filtrasi membran, guna memastikan efisiensi pengolahan air (Metcalf & Eddy, 2014).

2.2.4 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).

2.2.5 Mangan (Mn)

Mangan merupakan unsur logam golongan VII. Dalam jumlah yang kecil ($<0,5$ mg/l), mangan (Mn) dalam air tidak menimbulkan gangguan kesehatan, melainkan bermanfaat dalam menjaga kesehatan otak dan tulang, berperan dalam pertumbuhan rambut dan kuku, serta membantu menghasilkan enzim untuk metabolisme tubuh untuk mengubah karbohidrat dan protein membentuk energi yang akan digunakan. Air yang mengandung mangan (Mn) berlebih menimbulkan rasa, warna (coklat/ungu/hitam), dan kekeruhan (Fauziah, 2010). Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 2 Tahun 2023 kadar mangan maksimum yang diperbolehkan bagi standard air minum adalah 2 mg/l

2.3 Standar Kualitas Air Minum

Berdasarkan Permenkes Nomor 2 Tahun 2023, air minum adalah air yang melalui pengolahan atau tanpa pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Standar baku mutu Kesehatan lingkungan media Air Minum dituangkan dalam parameter yang menjadi acuan. Parameter yang dimaksud meliputi parameter fisik, mikrobiologi, kimia, serta radioaktif. Parameter wajib air minum adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Parameter Wajib Air

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

(Sumber : PERMENKES RI No. 2 Tahun 2023)

2.4 Bangunan Pengolahan Air Minum

Dalam pengolahan air minum memerlukan berbagai proses dengan bangunan – bangunan pengolahan sebagai berikut :

2.4.1 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

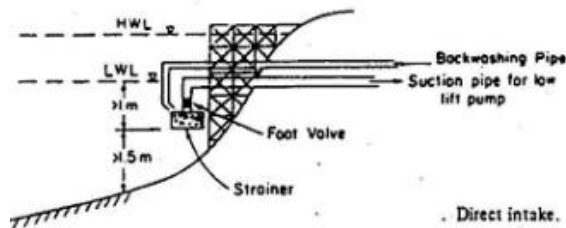
kebutuhan air harian maksimum. Persyaratan lokasi penempatan bangunan pengambilan (*intake*):

- Penempatan bangunan pengambilan pada lokasi yang memudahkan dalam 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 (*uplift*).
- 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).

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

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.



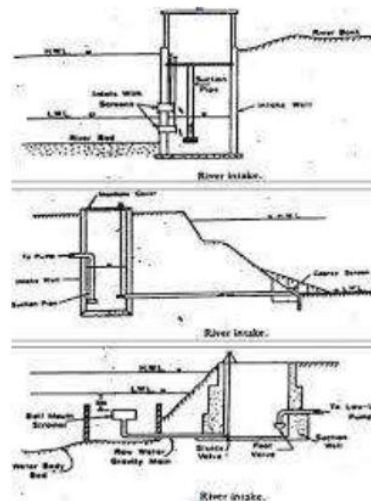
Gambar 2. 1 *Direct Intake*

Sumber : (Kawamura, 2000)

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

a) River Intake

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

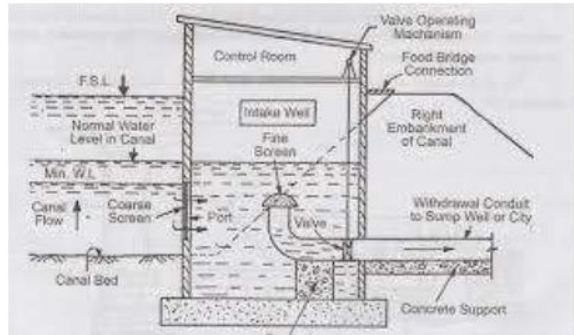


Gambar 2. 2 *River Intake*

Sumber : (Kawamura, 2000)

b) Canal Intake

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

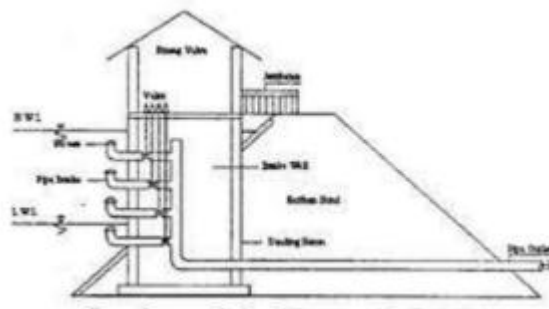


Gambar 2. 3 *Canal Intake*

Sumber: (Kawamura, 2000)

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*

(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 Kofisien Kekasaran Pipa Hzen_ 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: Even & Liu, 1987)

Tabel 2. 3 Nilai Koef 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 <i>Minor Losses</i> (β)
<i>Shaped edge rectangular</i>	2,42
<i>Rectangular with semicircular up stream face circular</i>	2,83
<i>Circular</i>	1,79

Bentuk Bar	Nilai <i>Minor Losses</i> (β)
<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 $>0,5 - 1$ 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).

2.4.2 Bar Screen

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 $> 0,5 - 1$ cm agar tidak mengganggu proses pengolahan pada bangunan pengolahan air selanjutnya (Metcalf & Eddy, 2003). 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 merusak peralatan unit pengolahan berikutnya, mengurangi kinerja dan efektivitas unit dan proses pengolahan secara keseluruhan, dan mencemari saluran air.

Pada umumnya *screen* dilakukan pada tahap awal dalam pengolahan. Saringan sebagai penggunaan umum dapat dipakai untuk memisahkan berbagai macam benda padat dengan ukuran besar yang terdapat pada air baku, misalnya seperti kertas, plastik, kayu dan lainnya. *Screen* atau saringan dapat dikelompokkan

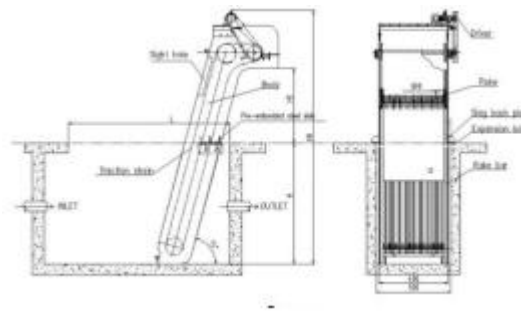
menjadi 2 yaitu saringan kasar dan saringan halus. Saringan kasar diletakkan pada awal proses. Tipe yang umumnya digunakan antara lain *bar rack* atau *bar screen*, *coarse woven-wire screen* dan *communitor*. Saringan halus memiliki bukaan 2,3–6 mm, halus pembersihannya dilakukan secara mekanis. Beberapa tipe *screen* yang sangat halus juga telah dikembangkan untuk dipakai pada pengolahan sekunder (Said, 2007). Beberapa kriteria yang harus diperhatikan dalam merencanakan *bar screen* antara lain adalah:

- a. Kecepatan atau kapasitas rencana
- b. Jarak antar Bar
- c. Ukuran bar (batang)
- d. Sudut inklinasi
- e. Headloss yang diperbolehkan

Adapun jenis dari bar screen adalah *fine screen* (saringan halus) dan *coarse screen* (saringan kasar). Sedangkan menurut mekanisme operasinya terdapat 2 jenis bar screen yaitu dengan pembersihan manual dan mekanik (Reynolds & Richards, 1995). 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° - 45° dari horizontal (Metcalf & Eddy, 2003). Tebal batang biasanya 5-15 mm dengan jarak antar batang 25-50 mm yang diatur sedemikian rupa sehingga lolos untuk parameter/limbah yang diinginkan. *Bar screen* dirancang dan dihitung menggunakan debit pada aliran puncak (S. R. Qasim, 1985).



Gambar 2. 5 *Bar screen* Pembersihan Manual
(Sumber: id.made-in-china.com)



Gambar 2. 6 *Mechanical Bar Screen*

(Sumber: <https://www.hollyep.com>)

Tabel 2. 5 Kriteria Perencanaan Saringan Kasar

Kriteria Desain	Manual	Mechanical
Kecepatan aliran melalui <i>screen</i>	0,3 – 0,6	0,6 -1,0
Ukuran bar (batang) • Lebar (mm) • Tebal (mm)	4 -8 25 - 50	8 – 10 50 - 75
Jarak antar batang (batang) (mm)	25 - 75	75 – 85
Slope dengan horizontal (derajat)	45 - 60	75 - 85
Headloss yang diperbolehkan (mm)	150	150
Maksimum Headloss (mm)	800	800

(Sumber: Nusa Idaman Said,2007)

2.4.3 Bak Pengumpul

Bak pengumpul bertujuan untuk menampung air sementara dan padatan kasar yang mudah mengendap dan terdapat pada aliran air seperti pasir (*Metcalf & Eddy et al.*, 2007). Bak pengumpul juga berfungsi untuk mengontrol fluktuasi dari aliran air yang akan diolah agar memberikan kondisi aliran yang stabil pada proses pengolahan selanjutnya. Cara kerja bak pengumpul ini adalah ketika air yang keluar dari proses produksi, maka selanjutnya air dialirkan menuju bak pengumpul. Pada bak pengumpul debit air diatur agar dapat memenuhi kriteria perencanaan pada unit bangunan selanjutnya.

2.4.4 Prasedimentasi

Dalam rangkaian bangunan pengolahan air minum, prasedimentasi ditempatkan sebagai unit pendahuluan untuk mengeliminasi material kasar dan padatan diskrit seperti pasir dan kerikil yang terbawa dari badan air sungai.

Keberhasilan mekanisme penyisihan partikel pada unit ini ditentukan oleh sejumlah faktor desain, antara lain *overflow rate*, kecepatan aliran horizontal (vh), dan karakteristik aliran yang ditunjukkan oleh bilangan Reynolds (Reynolds & Richards, 1996). Bentuk unit prasedimentasi yang umum digunakan adalah *rectangular* dan *circular* yang beroperasi melalui empat kompartemen fungsional (Qasim et al., 2000). Aliran air mula-mula didistribusikan secara merata di zona *inlet* untuk mencapai kondisi laminar sebelum memasuki zona pengendapan, tempat terjadinya pemisahan partikel secara gravitasi. Material yang terpisah akan terkonsentrasi di zona lumpur, sementara air bersih akan dialirkan keluar melalui zona *outlet* yang didesain untuk mencegah tergerusnya kembali endapan. Sebagai acuan dalam menentukan dimensi dan kapasitas unit tersebut, dapat digunakan basis data desain tipikal sebagaimana disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 2. 6 Kriteria Perencanaan Prasedimentasi

<i>Item</i>	<i>U.S. customary units</i>			<i>SI Units</i>		
	<i>Unit</i>	<i>Range</i>	<i>Typical</i>	<i>Unit</i>	<i>Range</i>	<i>Typical</i>
<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- 1.200	1.000	m ³ /m ² .d	30-50	40
<i>Peak hourly flow</i>	gal/ft ² .d	2.000- 3.000	2.500	m ³ /m ² .d	80-120	100
<i>Weir Loading</i>	gal/ft ² .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>Item</i>	<i>U.S. customary units</i>			<i>SI Units</i>		
	<i>Unit</i>	<i>Range</i>	<i>Typical</i>	<i>Unit</i>	<i>Range</i>	<i>Typical</i>
<i>Peak hourly flow</i>	gal/ft ² .d	1.200- 1.700	1.500	m ³ /m ² .d	48-70	60
<i>Weir Loading</i>	gal/ft ² .d	10.000-40.000	20.000	m ³ /m ² .d	125-500	250

(Sumber: Metcalf & Eddy et al., 2003, Hal 398)

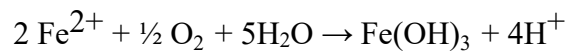
2.4.5 Aerasi

Aerasi adalah suatu proses penambahan udara/oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat, dengan cara menyemprotkan air ke udara (air ke dalam udara) atau dengan memberikan gelembung-gelembung halus udara dan membiarkannya naik melalui air (udara ke dalam air). 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 yang terbentuk akan mengendap di bak sedimentasi dan unit filtrasi (Droste, 1997).

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 sebagai berikut (Findo DP & Hartini Eko, 2013).

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

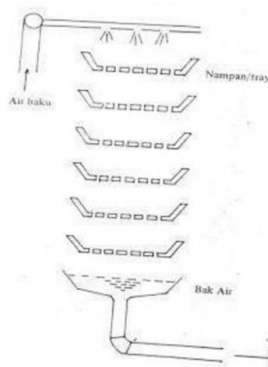
Tujuan dari proses aerasi adalah meningkatkan konsentrasi oksigen yang berada di dalam air yang berguna dalam pengolahan air. Terjadi kontak antara air dan oksigen dikarenakan adanya penambahan udara dalam air pada proses aerasi sehingga dapat membentuk endapan $\text{Fe}(\text{OH})_3$, hal tersebut 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, 2018), pengujian COD pada air wudhu setelah diaerasi menunjukkan penurunan kadar COD. Penurunan kadar COD terjadi karena terjadinya penambahan asupan oksigen ke dalam sampel limbah sehingga terjadi proses oksidasi oleh mikroorganisme yang menyebabkan penurunan senyawa organik pada sampel limbah. Sementara itu, sama seperti halnya pada pengujian BOD terjadi penurunan yang cukup besar. Hal ini disebabkan terjadinya asupan oksigen ke air limbah mengakibatkan meningkatnya laju penguraian yang diakibatkan oleh bertumbuhnya populasi organisme yang baik. Berikut merupakan jenis-jenis metode aerasi (Rahmawati, 2010):

a. *Multiple Tray Aerator*

Pengolahan air aerasi dengan metoda *waterfall/multiple aerator* susunannya sangat sederhana dan tidak mahal serta memerlukan ruang yang kecil.

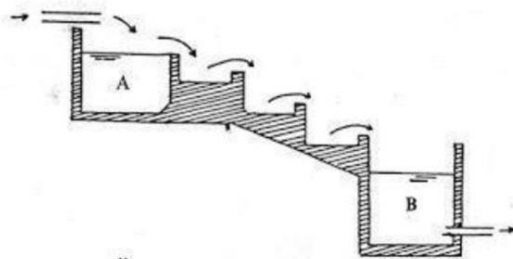


Gambar 2. 7 *Multiple tray Aerator*
(Sumber: Rahmawati, 2010)

Jenis aerator ini terdiri atas 4 – 8 tray dengan dasarnya penuh lubang lubang pada jarak 30 – 50 cm. Pada bagian atas *tray* pipa diberikan lubang supaya air dapat turun secara merata, dari sini percikan-percikan kecil turun ke bawah dengan kecepatan kira-kira 0,02 m/detik per m² permukaan *tray*. Tetesan yang kecil menyebar dan dikumpulkan kembali pada setiap *tray* berikutnya. *Tray-tray* ini bisa dibuat dengan bahan yang cocok seperti lempengan absetos cement berlubang-lubang pipa plastik yang berdiameter kecil atau lempenganyang terbuat dari kayu secara paralel.

b. *Cascade Aerator*

Jenis ini pada dasarnya aerator terdiri atas 4 – 6 step/tangga, setiap step kira-kira ketinggiannya 30 cm dengan kapasitas kira-kira ketebalan 0,01 m³/detik per m². Untuk menghilangkan gerak putaran (*turbulence*) guna menaikkan efisiensi aerasi, hambatan sering terjadi di tepi peralatan pada setiap step. Dibanding dengan *tray aerators*, ruang yang diperlukan bagi *cascade aerators* lebih besar daripada total kehilangan tekanan lebih rendah. Keuntungan lain adalah tidak diperlukan pemeliharaan.



Gambar 2. 8 *Cascade Aerator*

(Sumber: Rahmawati, 2010)

Keterangan:

A = Air Baku

B = Air sudah di aerasi

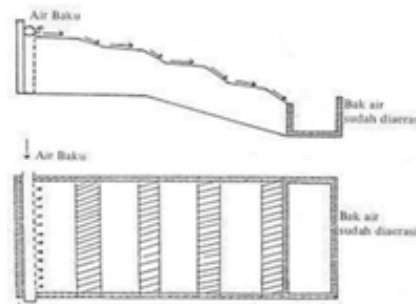
C = Inlet

D = Lubang Pembersih

E = Outlet

c. *Submerged Cascade Aerator*

Aerasi tangga aerator seperti pada gambar di bawah ini penangkapan udaranya terjadi pada saat air terjun dari lempengan-lempengan trap yang membawanya. Oksigen kemudian dipindahkan dari gelembung-gelembung udara ke dalam air. Total ketinggian jatuh kira-kira 1,5 m dibagi dalam 3 – 5 step. Kapasitas bervariasi antara 0,005 dan 0,5 m³/detik per m².

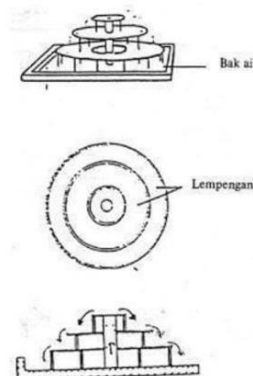


Gambar 2. 9 *Submerged Cascade Aerator*

(Sumber: Rahmawati, 2010)

d. *Multiple Platform Aerator*

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



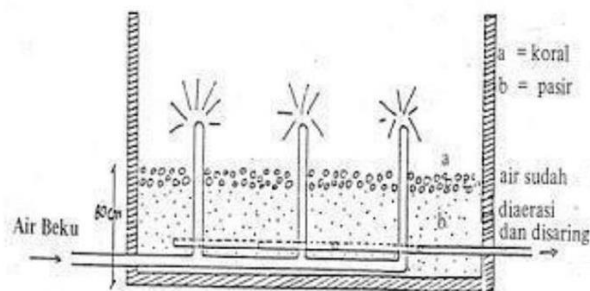
Gambar 2. 10 *Multiple Platform Aerator*

(Sumber: Rahmawati, 2010)

e. *Spray Aerator*

Spray Aerator terdiri atas nozel penyemprot yang tidak bergerak (*stationary nozzles*) dihubungkan dengan kisi lempengan yang mana air

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

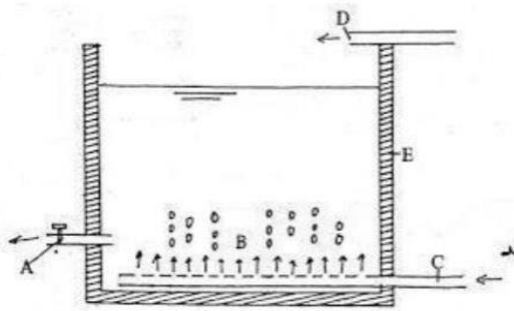


Gambar 2. 11 *Spray Aerator*

(Sumber: Rahmawati,2010)

f. *Bubble Aerator* (Aerasi Gelembung Udara)

Jenis ini mempunyai 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. Udara disemprotkan melalui dasar dari bak air yang akan diaerasi.



Gambar 2. 12 *Bubble Aerator*

(Sumber: Rahmawati, 2010)

Keterangan:

A = Outlet

B = Gelembung udara

C = Pipa berlubang untuk udara

E = bak air

Tabel 2. 7 Desain dan Karakteristik Operasional Aerator

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
<i>Cascade</i>	20 – 45% CO ₂	Tinggi: 1-3 m Luas: 85-105 m ² /m ² .det
<i>Packing Tower</i> <i>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
<i>Spray Aerator</i>	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 Tangki kedalaman: 2,7-4,5 Lebar: 3-9 m Lebar/kedalaman < 2 Volume maksimum: 150 m ³ Diameter lubang diffuser: 2-5 mm

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
Aerator	70-90% CO ₂	Waktu detensi: 10-30 menit
Mekanik	25-40% H ₂ S	Kedalaman tangki: 2-4 m

(Sumber: Qasim, 2000)

2.4.6 Koagulasi

Koagulasi didefinisikan sebagai proses destabilisasi muatan koloid padatan tersuspensi termasuk bakteri dan virus dengan suatu koagulan, sehingga terbentuk flok-flok halus yang dapat diendapkan. Koagulan atau Flokulan 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).

Tabel 2. 8 Jenis-jenis Koagulan

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan Air	pH Optimum
Aluminium sulfat	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ x = 14, 16, 18	Bongkahan, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
Sodium aluminate	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$	Bubuk	Basa	6,0 – 7,8
Polyaluminium Chloride, PAC	$\text{Aln}(\text{OH})\text{mCl}_3(\text{n}-\text{m})$	Cairan, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
Ferric sulfate	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	Kristal halus	Asam	4 – 9
Ferri klorida	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Bongkah, cairan	Asam	4 – 9
Ferro Sulfat	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	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

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

4. Pengadukan (*mixing*)

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

5. Pengaruh Garam

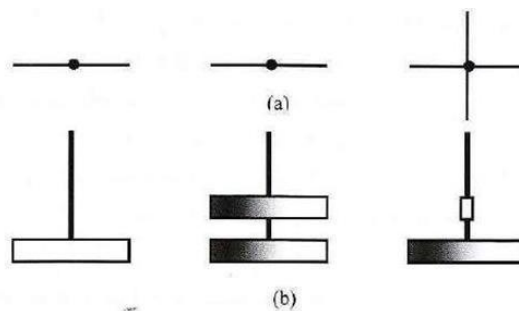
Garam dapat mempengaruhi proses penggumpalan. Pengaruh yang diberikan akan berbeda bergantung dengan macam garam (ion) dan

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 .

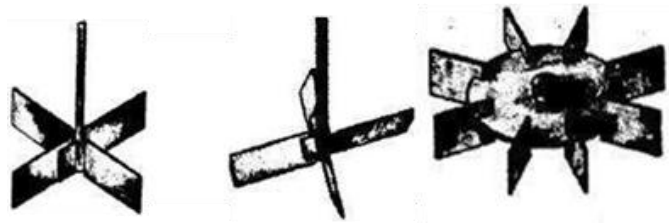
1. Pengadukan Mekanis

Pengadukan mekanis dengan tujuan pengadukan cepat umumnya dilakukan dalam waktu singkat dalam satu bak. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan, yaitu G dan td . Pengadukan mekanis biasanya menggunakan 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).



Gambar 2. 13 Tipe *Paddle* (a) Tampak Atas (b) tampak Samping

(Sumber: Ali Masduqi, 2012)



Gambar 2. 14 Tipe Turbin

(Sumber: Ali Masduqi, 2012)



Gambar 2. 15 Tipe Propeller (a) 2 blade (B) 3 blade

(Sumber: Ali Masduqi, 2012)

Tabel 2. 9 Kriteria Impeller

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

(Sumber: Reynold & Richard, 1996:185)

Tabel 2. 10 Nilai Waktu Pengadukan Mekanis dan Gradien Kecepatan

Waktu Pengadukan t_d (detik)	Gradien Kecepatan (detik-1)
20	1000
30	900
40	790
$50 \geq$	700

(Sumber: Reynold & Richards, 1996:185)

Tabel 2. 11 Konstanta KL dan KT untuk Tangki Berserat

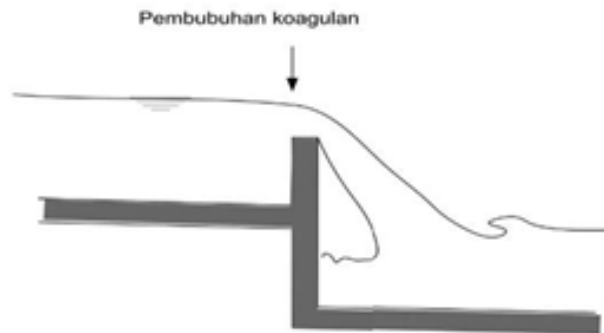
Jenis Impeller	KL	KT
<i>Propeller, pitch of 1, 3 blades</i>	41,0	0,32
<i>Propeller, pitch of 2, 3 blades</i>	43,5	1,00
<i>Turbine, 4 flat blades, vaned disc</i>	60,0	5,31
<i>Turbine, 6 flat blades, vaned disc</i>	65,0	5,75
<i>Turbine, 6 curved blades</i>	70,0	4,80
<i>Fan turbine, 6 blades at 45°</i>	70,0	1,65
<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), $Di/Wi=4$</i>	43,0	2,25
<i>Flat paddles, 2 blades, $Di/Wi=6$</i>	36,5	1,70
<i>Flat paddles, 2 blades, $Di/Wi=8$</i>	33,0	1,15
<i>Flat paddles, 4 blades, $Di/Wi=6$</i>	49,0	2,75
<i>Flat paddles, 6 blades, $Di/Wi=8$</i>	71,0	3,82

(Sumber: Reynolds & Richards, 1996:184)

2. 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, 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, perforated wall, gravel bed dan sebagainya.

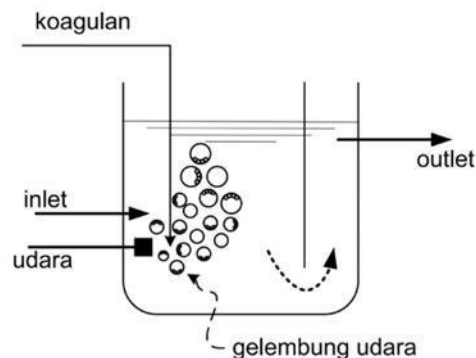


Gambar 2. 16 Pengadukan Cepat dengan Terjunan

(Sumber: Zulliana, 2012)

3. Pengadukan Pneumatik

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. 17 Pengadukan Cepat Secara Pneumatis

(Sumber: Zuliana, 2012)

2.4.7 Flokulasi

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

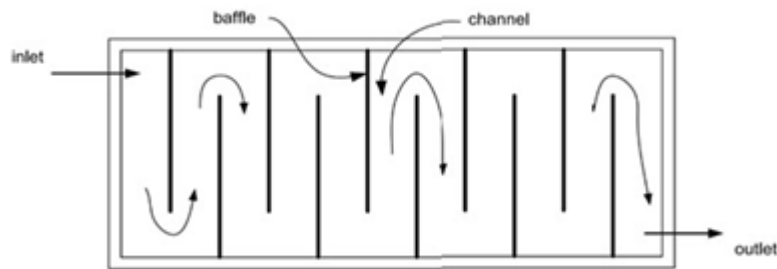
1. *Thermal motion*, yang dikenal dengan *Brownian Motion* atau difusi atau disebut sebagai *Flocculation Perikinetik*.
2. Gerakan cairan oleh pengadukan
3. Kontak selama pengendapan (Marsono, 2002)

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)



Gambar 2. 18 Pengadukan Lambat dengan *Baffled Channel*
(Sumber: Zuliana, 2012)

2.4.8 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.

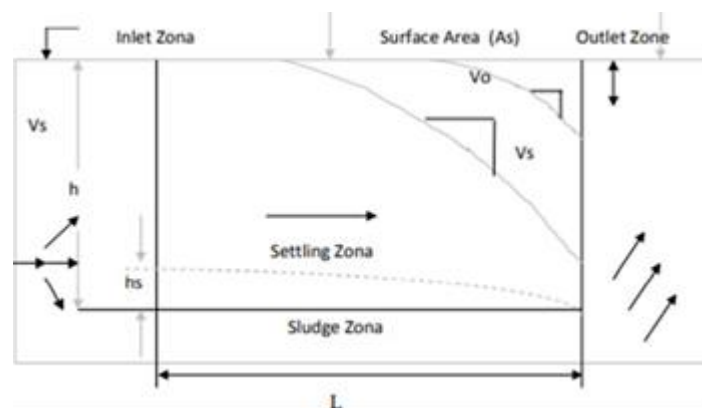
Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Ke-empat kelas itu adalah:

- 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*

Zona-zona tersebut dapat digambarkan seperti di bawah ini:



Gambar 2. 19 Zona Pada bak Sedimentasi

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

Adapun jenis-jenis bak sedimentasi ada beberapa jenis yaitu sebagai berikut.

1. Bentuk Persegi (Rectangular)

Distribusi aliran pada bak persegi ini sangat kritis, salah satu inlet didesain untuk (Metcalf & Eddy, 2004):

- a. Lebar saluran *inlet* dengan inlet limpahan
 - b. Saluran inlet dengan *port* dan *orifice*
 - c. Saluran inlet dengan lebar bukaan dan *slotted baffles*.
2. Bentuk lingkaran (Circular)

Pada tangki *circular* pola aliran adalah berbentuk aliran radial. Pada tengah tengah tangki, air limbah masuk dari sebuah sumur lingkaran yang didesain untuk mendistribusikan aliran ke semua bangunan ini. Diameter dari Tengah-tengah sumur biasanya antara 15-20% dari diameter total tangki dan *range* dari 1 – 2,5 meter dan harus mempunyai energi tangensial (Metcalf & Eddy, 2004).

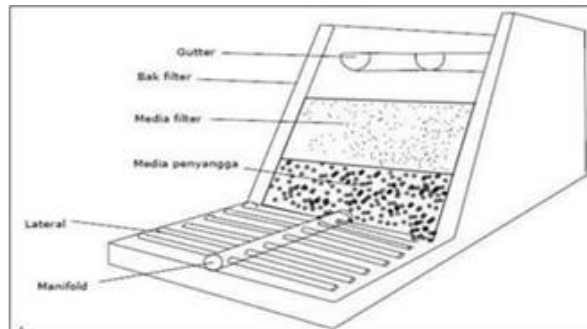
Kriteria-kriteria yang diperlukan untuk menentukan ukuran bak sedimentasi adalah: *surface loading rate* (beban permukaan), kedalaman bak, dan waktu tinggal. Nilai waktu tinggal merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi bak dengan kecepatan seragam yang sama dengan aliran rata-rata per hari (Metcalf & Eddy, 2003).

2.4.9 Filtrasi

Menurut Al-Layla (1978), partikel tersuspensi dan partikel koloid didalam air tidak bisa mengendap secara sempurna hanya dengan menggunakan proses sedimentasi. Untuk lebih menyempurnakan proses penyisihan partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air, dapat dilakukan dengan menggunakan proses filtrasi. Proses filtrasi sendiri adalah suatu proses di mana air dilewatkan pada pasir dan kombinasi kerikil- kerikil untuk mendapatkan hasil air yang lebih baik. Bakteri dan sejenisnya dapat dengan efektif dihilangkan dengan menggunakan proses filtrasi. Selain itu filtrasi juga dapat mengurangi warna, rasa, bau, kadar besi juga kadar mangan yang terdapat di dalam air. Proses pengurangan kadar-kadar tersebut tidak lepas dengan adanya proses fisika dan kimia yang terjadi di dalam proses filtrasi itu sendiri. Beberapa faktor yang berkontribusi di dalam proses removal filter adalah :

- a. Proses penyaringan yang terjadi di setiap lapisan permukaan filter
- b. Proses sedimentasi di dalam filter

- c. Kontak antara partikel flok dengan lapisan kerikil atau dengan flok yang sudah terkumpul di atas lapisan filter.
- d. Proses adsorpsi atau proses elektrokinetik
- e. Proses koagulasi di dalam filter.
- f. Proses biologis di dalam filter
- g. Penggabungan zat-zat koloid di dalam filter.



Gambar 2. 20 Bagian-bagian Filtrasi

(Sumber: Reynolds & Richards, 1996)

Pada prosesnya, partikel tersuspensi yang ukuran nya terlalu besar akan tetap tertahan di atas lapisan pasir. Namun jika ukuran partikel terlalu kecil (contohnya: partikel koloid dan bakteri) akan lebih sulit untuk dihilangkan karena akan lebih mudah lolos pada lapisan pasir ini. Pada lapisan kerikil, jarak di antara lapisan kerikil berfungsi sebagai area sedimentasi partikel tersuspensi. Namun dapat juga digunakan oleh partikel-partikel flok yang belum seratus persen terendapkan pada bak sedimentasi untuk mengendap pada lapisan kerikil ini. Pada gambar 2.20 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 filter* 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 0,4

5- 0,55 mm. Lapisan filter ini bila dilihat dari bawah terdiri dari *gravel* dengan tebal berkisar antara 38-60 cm, sedangkan di atasnya terdapat pasir yang tebalnya kurang lebih 80 cm. Proses *backwash* pada *rapid sand filter* berbeda dengan *slow sand filter*. Pada *rapid sand filters* waktu *backwash* ditentukan dari *headloss filter* saat itu.

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

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

Effective Size (ES) atau ukuran efektif media filter adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10% dari total kedalaman lapisan media filter atau 10% dari fraksi berat, ini sering dinyatakan sebagai P10 (persentil 10). P10 yang dapat dihitung dari ratio ukuran rata – rata dan standar deviasinya. *Uniformity Coefficient (UC)* atau koefisien keragaman adalah angka keseragaman media filter yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60 % fraksi berat terhadap ukuran (*size*). Kriteria untuk keperluan *rapid sand filter* adalah sebagai berikut.

a. Single Media

- $UC = 1,3 - 1,7$
- $ES = 0,45 - 0,7 \text{ mm}$

b. Dual Media

- $UC = 1,4 - 1,9$
- $ES = 0,5 - 0,7 \text{ mm}$

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 Pencucian Antar Saringan
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6 - 11	6 - 11
2	Pencucian : Sistem pencucian	Tanpa / dengan blower & atau surface area	Tanpa / dengan blower & atau surface wash
	Kecepatan (m/jam)	36 - 50	36 - 50
	Lama pencucian (menit)	10 - 15	10 - 15
	Periode antara dua pencucian (jam)	18 - 24	18 - 24
	Ekspansi (%)	30 – 50	30 - 50
3	Dasar filter Lapisan penyangga dari atas ke bawah	80 – 100, 2 - 5	80 – 100, 2 - 5
	Kedalaman (mm) ukuran butir (mm)	80 – 100	80 – 100
	Kedalaman (mm) ukuran butir (mm)	10 – 15	10 – 15
	Kedalaman (mm) ukuran butir (mm)	80 – 150	80 – 150
	Filter nozzle	15 – 30	15 – 30
	Lebar slot nozzle (mm)	< 0,5	< 0,5
	Persentase luas slot nozzle terhadap luas filter	> 4%	> 4%

(Sumber : SNI 6774-2008)

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

mengandung bakteri, fungi, protozoa, rotifera, dan larva serangga air. *Schmutzdecke* adalah lapisan yang melakukan pemurnian efektif dalam pengolahan air. Selama air melewati *schmutzdecke*, partikel akan terperangkap dan organik terlarut akan teradsorpsi, diserap, dan dicerna oleh bakteri, fungi, dan protozoa (Masduqi & A.F. Assomadi, 2012).

Tabel 2. 13 Kriteria Perencanaan Filter Pasir Lambat

Kriteria	Nilai/keterangan
Kecepatan filtrasi	0,1-0,4 m/jam
Ukuran bed	Besar, 2000 m ²
Kedalaman bed	30 cm kerikil, 90-110 cm pasir, berkurang 50-80 cm saat pencucian
Ukuran pasir	Ukuran efektifitas 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	Menggambil lapisan pasir di permukaan dan mencucinya
Air untuk pembersihan	0,2-0,6 % dari air tersaring
Pengelolaan pendahuluan	Biasanya tidak ada bila kekeruhan kurang dari 50 NTU
Biaya konstruksi	Relatif rendah
Biaya operasi	Relatif rendah
Biaya depresiasi	Relatif rendah

(Sumber: Schulz & D.A. Okun, 1984)

2.4.10 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 amina.
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 dalam air.

Adapun jenis-jenis disinfeksi yaitu sebagai berikut. Berikut adalah berbagai macam disinfeksi dengan metode yang berbeda-beda beserta penjelasannya:

1. Desinfeksi dengan Ozon

Ozon adalah zat pengoksidasi kuat sehingga dapat melakukan kerusakan bakteri antara 600–3000 lebih kuat dari klorin. Penggunaannya tidak dipengaruhi oleh pH air, sedangkan klorin sangat bergantung pada pH air. Mekanisme produksi ozon adalah eksitasi dan percepatan elektron yang

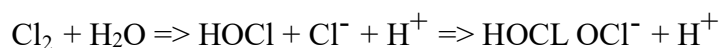
tidak beraturan dalam medan listrik tinggi. O₂ berarus bolak-balik melewati media arus listrik yang tinggi akan menghasilkan lompatan electron yang bergerak pada elektroda satu dan yang lain. Jika elektroda mencapai kecepatan cukup, maka akan menyebabkan molekul oksigen splitting ke bentuk atom oksigen radikal bebas. Atom-atom ini akan bergabung membentuk O₃ (ozon).

2. Desinfeksi dengan UV

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

3. Desinfeksi dengan pembubuhan kimia

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



4. Desinfeksi dengan gas klor

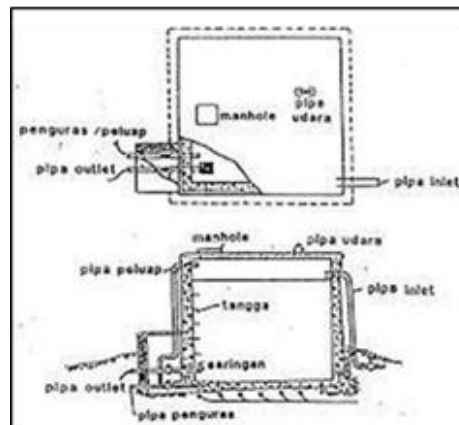
Metode ini bertujuan untuk mengoksidasi logam-logam, membunuh mikroorganisme seperti plankton dan juga membunuh spora dari lumut, jamur, dan alga. Konsentrasi yang diberikan adalah 2-3 gr/m³air, tergantung pada turbiditas air. Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih besar dari aerasi, dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik pada 8-8,3 oksidasi besi membutuhkan waktu 15-30 menit. Pada umumnya proses standar penurunan Fe dan Mn menggunakan koagulasi dengan alum, flokulasi, pengendapan, dan filtrasi dengan didahului proses preklorinasi. Dosis sisa klor yang dianjurkan 0,2-0,5 mg/l (Fatimah, et al., 2007). Perlu dilakukan percobaan Daya Pengikat Chlor (DPC) untuk mengetahui dosis senyawa

chlor (Cl_2) yang dibutuhkan oleh air untuk proses desinfeksi (membunuh bakteri). Daya Pengikat Chlor ditentukan cara selisih antara chlor yang dibubuhkan dengan sisa chlor setelah kontak setelah kontak selama 30 menit (Sawyer et al., 1978).

2.4.11 Reservoir

Reservoir adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya reservoir ini diperlukan pada suatu sistem penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Reservoir mempunyai fungsi dan peranan tertentu yang diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan dengan baik. Fungsi utama dari reservoir adalah untuk menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air. 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.

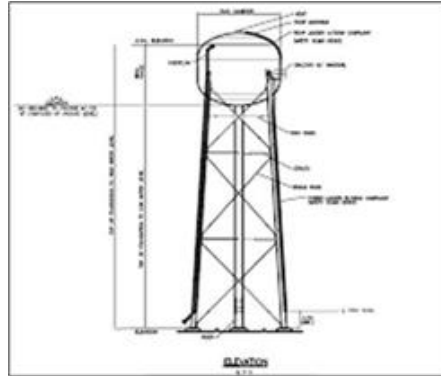
1. Reservoir Permukaan (*Ground Reservoir*)



Gambar 2. 21 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.

2. Reservoir Menara (*Elevated Reservoir*)



Gambar 2. 22 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.

3. Reservoir Tangki Baja



Gambar 2. 23 Reservoir Tangki Baja

(Sumber: *BPSDM PU*, 2018)

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.

4. 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. 24 Reservoir Beton Cor

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

5. 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. 25 Reservoir *Fiberglass*

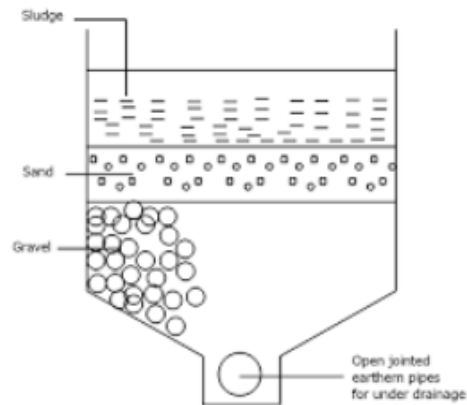
(Sumber: <https://shopee.co.id/Jual-Tangki-Air-Panel-Fiberglass-Tangki-Air-Kotak-Toren-Air-FRP-i.251940108.5437370986>)

2.4.12 *Sludge Drying Bed* (SDB)

Sludge Drying Bed pada umumnya digunakan untuk pengumpulan padatan lumpur/sludge dengan ukuran padatan yang relatif kecil hingga sedang. Dalam prosesnya, lumpur/sludge diletakkan pada kolam memiliki kedalaman lapisan lumpur yang berkisar antara 200-300 mm. Selanjutnya lumpur tersebut dibiarkan mengering. Pengurangan kadar air dalam *sludge drying bed* terjadi karena adanya saluran drainase yang terletak di dasar kolam dan akibat proses penguapan. Kebanyakan hilangnya kadar air dari *sludge drying bed* diakibatkan oleh pengurasan pada saluran drainase. Oleh karena itu, kecermatan dalam penentuan dimensi pipa drainase sangat dibutuhkan. *Sludge drying bed* pada umumnya dilengkapi dengan saluran drainase lateral (pipa PVC berpori atau pipa yang diletakkan di dasar dengan open join) (Metcalf & Eddy, 2003) Saluran drainase memiliki persyaratan minimal kemiringan yaitu sekitar 1% (0,01 m/m) dengan jarak antar saluran drainase pada masing-masing partisi sekitar 2,5 – 6 m.

Saluran drainase juga harus terlindung dari lumpur secara langsung sehingga diperlukan media yang mampu menutupi saluran drainase pada *sludge drying bed*. Media tersebut pada umumnya berupa kerikil dan juga pecahan batu yang disusun dengan ketebalan antara 230 – 300 mm. Ketebalan yang diatur sedemikian rupa memiliki fungsi guna menghambat laju air dan meminimasi masuknya lumpur/sludge ke dalam saluran drainase. Pasir yang digunakan pada media penyangga juga memiliki batasan koefisien keseragaman yang tidak lebih

dari 4 dan memiliki *effective size* antara 0,3 – 0,75. Area pengeringan memiliki dimensi lebar yang dibatasi pada 6 m dengan panjang yang berkisar antara 6 – 30 m dan kedalaman yang berkisar antara 380 – 460 mm. Bahan beton disarankan digunakan sebagai bahan penyusun bangunan *sludge drying bed* (Metcalf & Eddy, 2003).



Gambar 2. 26 *Sludge Drying Bed*
(Sumber : Metcalf & Eddy, 2003)

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

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

2.5 Persen Removal

Tujuan dari proses pengolahan air minum adalah menurunkan beban pencemar pada sumber air sungai tersebut. Banyaknya penurunan beban pencemar dinyatakan dalam bentuk persentase yang digunakan untuk menilai seberapa efektifnya suatu bangunan dalam menurunkan beban pencemar. Berikut merupakan persentase penurunan beban pencemar berdasarkan beberapa literatur yang ada pada tabel berikut.

Tabel 2. 14 Persen Removal

Unit Pengolahan	Beban Pencemar	%Removal	Sumber
Intake	-	-	-
Prasedimentasi	TSS	80%	Syed R. Qasim 2002, Water Works Engineering Planning, Design and Operation. Page 323
Aerasi	Fe	60% - 90%	Droste, 1997. Theory and Practice of waterand Waste Water), Chapter 9 page 224.
	Mn	60%	Droste, 1997. Theory and Practice of waterand Waste Water), Chapter 9 page 224.
Koagulasi	-	-	-
Flokulasi	-	-	-
Sedimentasi	Phospat	90%	Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4 th, Hal 506
	TSS	90%	Syed R. Qasim 2002, Water Works Engineering Planning, Design and Operation. Page 323
Filtrasi	Mn	20% - 100%	Droste, 1997. Theory and Practice of waterand Waste Water), Chapter 9 page 224.
	TSS	95%	Syed R. Qasim 1985, WWTP Planning Design and Operation Vol-1. page 279

Desinfeksi	Total Coliform	100%	Droste, 1997. Theory and Practice of waterand Waste Water), Chapter 9 page. 224
------------	----------------	------	---

(Sumber: Data Perencanaan, 2025)

2.6 Metode Proyeksi Penduduk

Dalam rangka perencanaan pembangunan di segala bidang, diperlukan informasi mengenai keadaan penduduk seperti jumlah penduduk, persebaran penduduk, dan susunan penduduk menurut umur. Informasi yang harus tersedia tidak hanya menyangkut keadaan pada saat perencanaan disusun, tetapi juga informasi masa lalu dan masa kini sudah tersedia dari hasil sensus dan survei-survei, sedangkan untuk masa yang akan datang, informasi tersebut perlu dibuat suatu proyeksi yaitu perkiraan jumlah penduduk dan komposisinya di masa mendatang. Proyeksi penduduk adalah perhitungan jumlah penduduk (menurut komposisi umur dan jenis kelamin) di masa yang akan datang berdasarkan asumsi arah perkembangan fertilitas, moralitas dan migrasi. Dalam memproyeksikan jumlah penduduk di masa yang akan datang dapat diprediksikan dengan menggunakan beberapa metode – metode. Diantaranya:

Metode Selisih Kuadrat Minimum (*Least Square*) Digunakan untuk garis regresi linear yang berarti bahwa data perkembangan penduduk masa lampau menggambarkan kecenderungan garis linear, meskipun perkembangan penduduk tidak selalu bertambah. Metoda ini dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara sumbu Y (jumlah penduduk) dengan sumbu X (tahun) dengan cara menarik garis linear antara data-data tersebut, dan meminimkan jumlah pangkat dua dari masingmasing penyimpangan jarak data-data dengan garis yang dibuat. Rumus yang digunakan (Smith et al., 2001):

$$P_n = a + bX$$

Dengan:

Dimana:

P_n = Data penduduk pada tahun ke-n

X = Pertambahan tahun

Y = Jumlah penduduk

n = Jumlah data

a, b = Konstanta

2.7 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.

Profil Hidrolis IPAM adalah merupakan upaya penyajian secara grafis "*hydraulic grade line*" dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (influent-effluent) dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, mengetahui kebutuhan pompa, memastikan tidak terjadi banjir atau luapan air akibat aliran balik.

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

Profil hidrolis adalah upaya penyajian secara grafis "*hidrolik grade line*" dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (influen-effluen) dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, untuk mengetahui kebutuhan pompa, dan untuk memastikan tingkat terjadinya banjir atau luapan air akibat aliran balik. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam membuat profil hidrolis adalah sebagai berikut:

1. Kehilangan Tekanan pada Bangunan Pengolahan

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

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

- a. Kehilangan tekanan pada saluran terbuka
- b. Kehilangan tekanan pada bak
- c. Kehilangan tekanan pada pintu
- d. Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang dan sebagainya harus di hitung secara khusus.

2. Kehilangan Tekanan pada Perpipaan dan Aksesoris

Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris yang berhubungan dengan bangunan pengolahan adalah sebagai berikut:

- a. Kehilangan tekanan pada perpipaan D

Dengan monogram "*Hazen William*" Q atau V , diketahui maka S didapat dari monogram.

- b. Kehilangan tekanan pada aksesoris

Dengan mengekivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekivalen sekaligus.

- c. Kehilangan tekanan pada pompa

Dengan mengekivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekivalen sekaligus.

- d. Kehilangan pada alat pengukur flok

Cara perhitungannya juga dengan bantuan monogram

3. Tinggi Muka Air

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

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

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

2.8 BOQ & RAB

2.8.1 BOQ (*Bill of Quantity*)

BOQ (daftar kuantitas), adalah perincian seluruh item pekerjaan yang ada pada sebuah pekerjaan konstruksi. Yang terdiri dari pekerjaan persiapan, pekerjaan struktur, pekerjaan arsitektur, pekerjaan MEP (Mekanikal, Elektrikal dan Plumbing), pekerjaan utilitas, lanskap dan sebagainya. Karakteristik BOQ:

1. Dalam BOQ masing-masing item pekerjaan telah tercantum beserta volume
2. Tidak menutup kemungkinan item dan volume pekerjaan tersebut dapat bertambah atau berkurang kemudian hari, yaitu pada saat klarifikasi dan negosiasi harga.
3. Dalam BOQ tidak tercantum harga satuan pekerjaan.
4. Menghitung volume BOQ berdasarkan gambar rencana,
5. Pihak yang menyusun BOQ adalah konsultan perencanaan.

Tujuan membuat BOQ adalah:

1. Sebagai perhitungan awal, untuk mengetahui jumlah biaya yang harus disiapkan oleh Owner untuk pelaksanaan proyek.
2. Untuk keperluan pelaksanaan proses tender (lelang) proyek,
3. Berguna sebagai acuan/dasar bagi peserta lelang (kontraktor) untuk mengajukan penawaran harga.

2.8.2 RAB (Rincian Anggaran Biaya)

RAB adalah daftar harga atau perhitungan rincian biaya yang kita anggarkan untuk pelaksanaan sebuah proyek konstruksi. Mencakup keseluruhan biaya yang kita perlukan untuk pengadaan bahan, biaya alat maupun biaya/upah tenaga kerja. RAB dapat meliputi seluruh item pekerjaan yang ada pada sebuah proyek, atau hanya meliputi 1 sub pekerjaan saja. Misalnya RAB sub pekerjaan

konstruksi baja, RAB sub pekerjaan instalasi listrik dan seterusnya. Karakteristik RAB:

1. Dalam RAB telah tercantum seluruh item pekerjaan, volume serta harga satuan pekerjaan.
2. Item pekerjaan, volume dan harga satuan yang ada dalam RAB sifatnya mengikat. Artinya tidak dapat berubah (bertambah atau berkurang) kemudian hari.
3. RAB oleh masing-masing peserta lelang (kontraktor), sehingga volume dan harga satuan pekerjaan pasti berbeda.

Tujuan membuat RAB adalah:

1. Pada proyek berskala kecil yang tidak menggunakan jasa konsultan perencanaan, misalnya pembangunan rumah tinggal. Kontraktor selalu melakukan perhitungan RAB untuk diajukan kepada owner. Sementara kasus yang sedikit berbeda, jika kontraktor ingin nge-sub salah satu pekerjaan dari maincont. Walaupun sebenarnya maincont memiliki BOQ, namun tak jarang kontraktor harus melakukan perhitungan RAB.
2. Ketika maincont menyatakan agar subcont melakukan perhitungan RAB, maka secara otomatis BOQ yang disusun oleh konsultan perencanaan tidak berlaku. Dengan kata lain BOQ tersebut menjadi rahasia oleh maincont, yang tidak perlu diketahui oleh subcont.