

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Bersih**

Air bersih merupakan air digunakan untuk kebutuhan sehari-hari dan dapat menjadi air minum setelah dimasak terlebih dahulu. Sebagai batasannya, air bersih sebagai sistem penyediaan air minum yaitu harus memenuhi persyaratan. Adapun persyaratan yang dimaksud telah diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Persyaratan dari segi kualitas air yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologi, dan radiologis sehingga apabila dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping.

Penyediaan air bersih harus memenuhi kuantitas dan kualitas standar yang berlaku. Perusahaan air minum selalu memeriksa air bersih sebelum didistribusikan. Air minum yang sesuai standar seharusnya tidak berbau, jernih, tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak mengandung zat kimia yang dapat merusak fungsi tubuh dan dapat merugikan secara ekonomis. Selain itu, air seharusnya tidak korosif dan tidak meninggalkan endapan pada seluruh jaringan pada saat pendistribusiannya (Effendi, 2003).

#### **2.2 Air Baku**

Air baku merupakan salah satu bahan dasar yang digunakan dalam proses pengolahan air minum yang diambil dari berbagai sumber yang sesuai dan memenuhi standar baku mutu. Air baku berasal dari sumber air permukaan, air hujan, cekungan air tanah, dan air laut yang nantinya akan digunakan sebagai air minum. Kuantitas air baku harus tersedia dalam jumlah banyak agar kebutuhan masyarakat dapat terpenuhi. Berdasarkan proses pengolahannya air baku memiliki berbagai klasifikasi kelas yang harus diperhatikan karena klasifikasi kelas yang berbeda dapat mempengaruhi proses pengolahannya.

### **2.2.1 Sumber Air Baku**

Sumber air baku yang dapat dilakukan pengolahan untuk air minum adalah air tanah dan air permukaan, penjelasannya sebagai berikut:

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

Berdasarkan Undang-undang RI Nomor 7 Tahun 2004, air tanah merupakan air yang terdapat dalam lapisan tanah atau bebatuan yang terletak di bawah permukaan tanah. Air tanah berasal dari air hujan yang meresap ke dalam tanah dimana proses peresapannya air tanah mengalami penyaringan oleh lapisan tanah. Kandungan mineral tinggi dimiliki oleh air tanah dipengaruhi oleh lapisan tanah yang dilaluinya (Hendrik, 2008). Pemenuhan kebutuhan air bersih dapat memanfaatkan air tanah sebagai sumber air bersih menggunakan sumur, baik sumur gali maupun dengan bantuan pompa (Rasman & Saleh, 2016).

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

Air permukaan adalah air yang berada di atas tanah dan merupakan bagian dari air hujan yang tidak mengalami peresapan. Air permukaan meliputi air sungai, rawa, waduk, danau, dan genangan air lainnya yang tidak mengalami infiltrasi ke tanah (Effendi, 2003). Air permukaan banyak digunakan untuk berbagai keperluan manusia seperti untuk air minum, kebutuhan rumah tangga, industri, irigasi, pembangkit listrik, serta mendukung semua bentuk kehidupan dan kesejahteraan ekonomi manusia (P.U. et al., 2017).

### **2.2.2 Persyaratan Penyediaan Air Baku**

Sistem penyediaan air bersih dari air baku harus memenuhi beberapa persyaratan utama meliputi persyaratan kualitatif, kuantitatif, dan kontinuitas.

#### **1. Persyaratan Kualitatif**

Persyaratan kualitatif menunjukkan mutu atau kualitas dari air baku dan air bersih. Persyaratan ini meliputi persyaratan fisika, kimia, mikrobiologi, dan persyaratan radioaktivitas. Secara fisika, air bersih harus

jernih, tidak berasa, dan tidak berbau. Tidak mengandung bahan kimia dalam jumlah melebihi batas yang ditentukan. Air bersih tidak mengandung bakteri patogen dan parasit yang mengganggu kesehatan. Secara radioaktif, air bersih tidak boleh mengandung bahan yang menghasilkan radioaktif seperti sinar alfa, gamma, dan beta (Agustina, 2007).

## 2. Persyaratan Kuantitatif

Persyaratan kuantitatif dalam dalam penyediaan air bersih dilihat dari banyaknya air baku yang tersedia dan dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai jumlah penduduk dan kebutuhan daerah (Gunawan et al., 2018).

## 3. Persyaratan Kontinuitas

Kontinuitas dapat diartikan bahwa air bersih harus tersedia selama 24 jam per hari setiap dibutuhkan dan diperlukan. Kontinuitas aliran dapat ditinjau dari dua aspek yaitu kebutuhan konsumen dan sistem jaringan perpipaan (Gunawan et al., 2018).

### **2.3 Karakteristik Air Baku**

Air baku yang digunakan dalam pengolahan air minum ini yaitu air sungai yang umumnya mempunyai beberapa karakteristik sebagai berikut:

#### **2.3.1 Suhu**

Suhu di dalam air dapat mempengaruhi reaksi kimia, terutama jika suhu tersebut sangat tinggi. Suhu secara langsung mempengaruhi toksisitas bahan kimia pencemar, virus, dan mikroorganisme. Secara umum, meningkatnya suhu dapat meningkatkan kelarutan bahan padat dalam air. Suhu normal pada perairan yaitu berkisar 25°C (Goldman & A. J, 1983)

#### **2.3.2 Kekeruhan**

Kekeruhan pada air disebabkan oleh adanya zat padat yang tersuspensi, baik yang bersifat organik maupun anorganik sehingga memberikan warna yang berlumpur dan kotor. Zat organik dapat berasal dari lapukan tanaman atau hewan, sedangkan zat anorganik berasal dari lapukan batuan dan logam. Bakteri memakan

zat organik sehingga mendukung pertumbuhannya. Bakteri merupakan zat tersuspensi sehingga pertambahannya akan menambah kekeruhan air. Demikian pula dengan algae yang berkembangbiak karena adanya unsur hara N, P, dan K yang akan menambah kekeruhan air (Effendi, 2003).

### **2.3.3 pH**

pH (*Power of Hydrogen*) atau derajat keasaman adalah suatu parameter yang menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan dan menunjukkan adanya konsentrasi ion hidrogen dalam air (Effendi, 2003). Rentang pH yang paling sesuai untuk keberadaan kehidupan biologis adalah 6 – 9. Jika pH tidak diolah sebelum dialirkan, maka air akan mengubah pH secara alami. pH dapat diukur dengan alat pH meter atau kertas pH beserta indikator warna pH yang dijadikan patokan (Metcalf & Eddy, 2003).

### **2.3.4 Total Suspended Solid (TSS)**

TSS atau padatan tersuspensi merupakan salah satu penyebab dari kekeruhan pada air yang bersifat tidak larut dan tidak dapat langsung mengendap. TSS dalam air dapat disebabkan oleh pasir, tanah liat, bahan organik tertentu, sel sel mikroorganisme, dan sebagainya. Padatan tersuspensi apabila dibuang ke perairan dapat meningkatkan kekeruhan air dan bila mengendap di dasar dapat merusak tempat bertelur hewan air. Nilai TSS berbanding lurus dengan kekeruhan, apabila nilai TSS tinggi maka nilai kekeruhannya juga tinggi (Syed.R Qasim, 1999).

### **2.3.5 Total Dissolved Solid (TDS)**

TDS adalah terlarutnya zat padat berupa koloid maupun ion dalam air. Klasifikasi padatan di dalam perairan berdasarkan ukuran diameter partikelnya dibagi menjadi tiga yaitu, padatan terlarut, koloid, dan padatan tersuspensi. Total padatan terlarut merupakan konsentrasi jumlah ion kation dan ion anion dalam air. TDS dapat digunakan sebagai pengukuran kualitatif terhadap jumlah ion terlarut, namun tidak dapat digunakan untuk menjelaskan hubungan dan sifat ion dan

pengujian kualitas air spesifik. Analisa TDS dapat digunakan sebagai indikator untuk menentukan kualitas umum dari suatu perairan (Effendi, 2003).

### **2.3.6 Biological Oxygen Demand (BOD)**

BOD adalah karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik. Bahan organik yang terdekomposisi dalam BOD merupakan bahan organik yang siap untuk terdekomposisi (*readily decomposable organic matter*) (Metcalf & Eddy, 2003). Prinsip dari pengukuran BOD yaitu adanya oksidasi zat organik oleh oksigen yang terdapat dalam air menggunakan bantuan bakteri. Bahan organik umumnya dapat berasal dari hewan dan tanaman yang telah mati, selain itu adanya limbah juga dapat mempengaruhi nilai BOD (Effendi, 2003). Oksigen dalam air secara kimiawi digunakan untuk mengoksidasi bahan organik.

### **2.3.7 Chemical Oxygen Demand (COD)**

COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menstabilkan bahan organik agar bahan buangan yang terkandung dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Prinsip dari pengujian COD yaitu dengan mengoksidasi bahan organik dalam air menggunakan kalium bikromat yang digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*) menjadi karbon dioksida, air, dan sejumlah ion krom (Effendi, 2003).

### **2.3.8 Dissolved Oxygen (DO)**

DO merupakan oksigen terlarut dalam air dimana banyak mikroorganisme membutuhkan oksigen terlarut untuk mendegradasi senyawa organik dalam air. Secara biologis maupun kimiawi, tinggi rendahnya nilai DO sangat berpengaruh dalam kualitas suatu perairan. Apabila nilai DO rendah, maka tingkat pencemaran dalam suatu perairan tersebut cukup tinggi dilihat secara biologis maupun kimiawi. Organisme akuatik yang hidup di suatu perairan dipengaruhi oleh kadar oksigen terlarut. Adanya logam pencemar berlebihan dalam perairan dapat mempengaruhi sistem pernapasan organisme air, maka dapat dikatakan bahwa rendahnya kadar

oksigen terlarut akan berbanding terbalik dengan konsentrasi logam pencemar dalam air (Effendi, 2003).

### **2.3.9 Besi**

Besi (Fe) adalah salah satu elemen penting dalam air permukaan dan air tanah. Air yang mengandung zat besi sangat tidak diinginkan untuk keperluan rumah tangga, karena dapat meninggalkan bekas karat pada pakaian, porselen, peralatan lainnya dan menimbulkan rasa tidak enak serta menimbulkan warna kekuningan atau kecoklatan pada air minum pada konsentrasi di atas kurang lebih 0,031 mg/l (Juniar & Sari, 2019).

### **2.3.10 Mangan**

Mangan merupakan unsur berlimpah di kerak bumi (sekitar 0,1%) yang terjadi secara alamiah. Mangan merupakan logam keras dan sangat rapuh. Sulit untuk meleleh, tetapi mudah teroksidasi. Mangan bersifat reaktif ketika murni, sebagai bubuk akan terbakar dalam oksigen, bereaksi dengan air dan larut dalam asam encer (Fisika et al., 2013).

### **2.3.11 Total Coliform**

*Coliform* adalah sekelompok bakteri termasuk sekitar 18 spesies bakteri, yang menunjukkan kualitas sanitasi air minum. Secara umum, *coliform* adalah bakteri non-patogen yang tidak menyebabkan penyakit. Namun, keberadaannya dalam air minum menunjukkan bahwa bakteri patogen juga dapat memasuki sumber air minum tertentu bersama dengan kontaminasi limbah. Karena itu, *coliform* dalam air minum dianggap sebagai bahaya kesehatan yang potensial untuk dikonsumsi manusia.

### **2.3.12 E.coli**

Bakteri e. coli merupakan golongan mikro organisme yang lazim digunakan sebagai indikator, dimana bakteri ini dapat menjadi sinyal untuk menentukan suatu sumber air telah terkontaminasi oleh patogen atau tidak. Berdasarkan penelitian, bakteri *coliform* ini menghasilkan zat etionin yang dapat menyebabkan kanker.

Selain itu, bakteri pembusuk ini juga memproduksi bermacam-macam racun seperti indol dan skatol yang dapat menimbulkan penyakit bila jumlahnya berlebih di dalam tubuh. Bakteri *coliform* dalam air minum dikategorikan menjadi tiga golongan, yaitu *coliform total*, *fecal coliform*, dan *E. coli*. Masing-masing memiliki tingkat risiko yang berbeda. *E. coli* terindikasi kuat diakibatkan oleh pencemaran tinja yang memiliki risiko lebih besar menjadi patogen di dalam air. Bakteri *fecal coliform* atau *E. coli* yang mencemari air memiliki risiko yang langsung dapat dirasakan oleh manusia yang mengonsumsinya (Pracoyo, 2006)

## **2.4 Bangunan Pengolahan Air Minum**

### **2.4.1 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

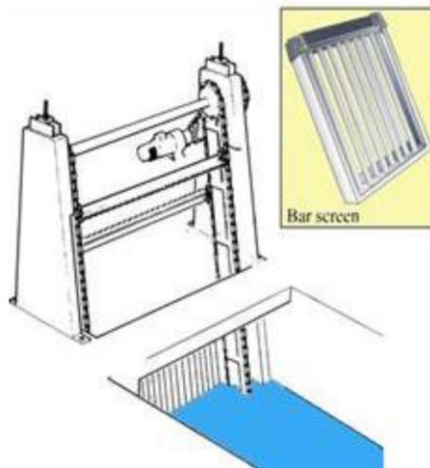
Jenis- Jenis screen yaitu sebagai berikut.

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  $30^{\circ}$ - $45^{\circ}$  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 (Syed.R Qasim, 1985).



**Gambar 2.1** Bar Screen Pembersihan Manual





**Gambar 2.2** Bar Screen Pembersihan Mekanis

Adapun kriteria perencanaan untuk mendesain screen dengan pembersihan secara manual maupun mekanik baik *coarse screen* maupun *fine screen*.

**Tabel 2.1** Kriteria Desain untuk Bar Screen

<b>Kriteria Desain</b>	<b>Pembersihan Manual</b>	<b>Pembersihan Mekanis</b>
Kecepatan aliran melalui screen (m/det)	0,3 – 0,6	0,6 – 1,0
Ukuran Bar (batang)		
a) Lebar (mm)	4 – 8	8 – 10
b) Tebal (mm)	25 – 50	50 – 75
Jarak antar bar (batang) (mm)	25 – 75	75 – 85
Slope dengan horizontal (derajat)	45 – 60	75 – 85
Headloss yang diperbolehkan, clogged screen (mm)	150	150
Maksimum headloss, clogged screen (mm)	800	800

(Sumber: Nusa Idaman Said, 2007)

### 2.4.2 Intake

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

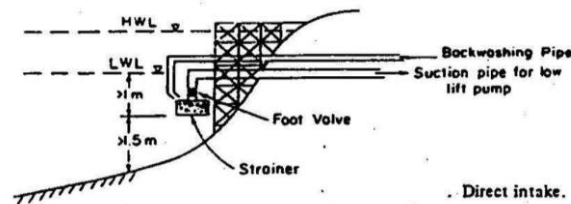
1. Penempatan bangunan penyadap (intake) harus aman terhadap polusi yang disebabkan pengaruh luar (pencemaran oleh manusia dan makhluk hidup lain);
2. Penempatan bangunan pengambilan pada lokasi yang memudahkan dalam pelaksanaan dan aman terhadap daya dukung alam (terhadap longsor dan lain lain);
3.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

Jenis-Jenis Bangunan Intake yaitu sebagai berikut.

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

1. Bangunan Penyadap Langsung (*Direct Intake*)

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



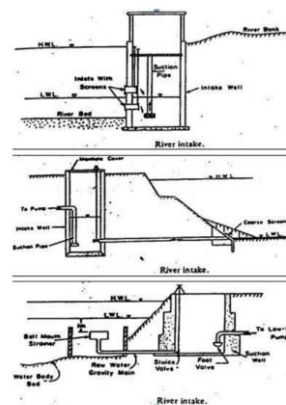
**Gambar 2.3** Direct Intake

(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.

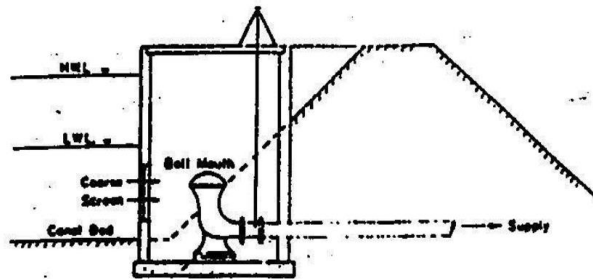


**Gambar 2.4** River Intake

(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.

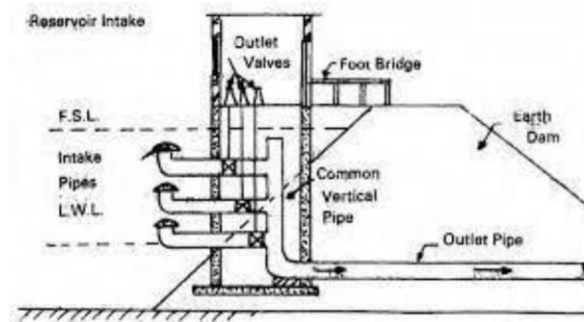


**Gambar 2.5** Canal Intake

(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 2.6** Reservoir Intake

(Sumber: Kawamura, 2000)

Adapun kriteria perencanaan yang digunakan dalam mendesain dan menghitung unit intake.

**Tabel 2.2** Koefisien Kekasaran Pipa Berdasarkan Haen-Williams

<b>Jenis Pipa</b>	<b>Nilai Kekasaran Pipa (C)</b>
<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

<b>Valve, Fittings, and Specials</b>	<b>k value</b>
<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>Reducer (14 in) 35,5 cm</i>	0,25
<i>Check vale (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

<b>Bentuk</b>	<b>Nilai Minor Losses (<math>\beta</math>)</b>
<i>Shape edge rectangular</i>	2,42
<i>Rectangular with semicircular up stream face circular</i>	1,83
<i>Circular</i>	1,79
<i>Rectangular with semicircular up stream and down stream face</i>	1,67
<i>Tear shape</i>	0,76

(Sumber: Qasim, 2000)

### 2.4.3 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.

Bak pengendap pertama (prasedimentasi) terdiri dari empat ruangan yaitu (Qasim et al., 2000):

1. Zona Inlet

Tempat memperhalus aliran transisi dari aliran influen ke aliran steady uniform di zona settling (aliran laminar).

2. Zona Pengendapan

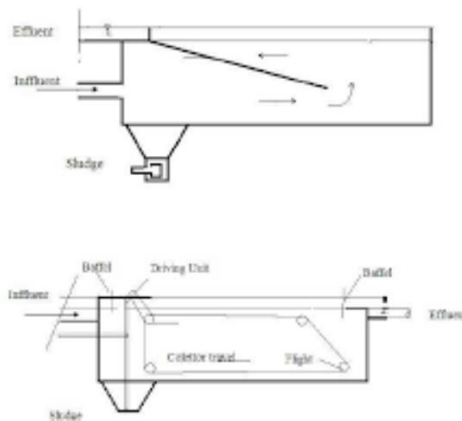
Tempat berlangsungnya proses pengendapan/pemisahan partikel-partikel diskrit di dalam air buangan.

3. Zona Lumpur

Tempat menampung material yang diendapkan bersama lumpur endapan.

4. Zona Outlet

Tempat memperhalus aliran transisi dari zona settling ke aliran efluen serta mengatur debit efluen (Qasim et al., 2000).



**Gambar 2.7** Tampak Samping Unit Prasedimentasi

(Sumber: Ali Masduqi, 2016)

Menurut Metcalf & Eddy (2003) terdapat beberapa kriteria yang perlu diperhatikan untuk mendesain unit prasedimentasi, antara lain: detention time, overflow rate, average flow, peak hourly flow, dan weir loading. Kriteria desain unit prasedimentasi dapat dilihat pada tabel 2.5.

**Tabel 2.5** Desain Tipikal Prasedimentasi

Item	U.S. customary units			SI units		
	Unit	Range	Typical	Unit	Range	Typical
<b>Primary sedimentation tanks followed by secondary treatment</b>						
Detention time	h	1,5-2,5	2	h	1,5-2,5	2
Overflow rate						
Average flow	gal/ft <sup>2</sup> .d	800-11200	1000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	30-50	40
Peak hourly	gal/ft <sup>2</sup> .d	2000-3000	2500	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	80-120	100
Weir loading	gal/ft <sup>2</sup> .d	10000-40000	20000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	125-500	250
<b>Primary settling with waste activated-sludge return</b>						

Item	U.S. customary units			SI units		
	Unit	Range	Typical	Unit	Range	Typical
Detention time	h	1,5-2,5	2	h	1,5-2,5	2
Overflow rate						
Average flow	gal/ft <sup>2</sup> .d	600-800	700	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	24-32	28
Peak hourly flow	gal/ft <sup>2</sup> .d	1200-1700	1500	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	48-70	60
Weir loading	gal/ft <sup>2</sup> .d	10000-40000	20000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	125-500	250

(Sumber: Metcalf & Eddy, 2003)

Desain outlet biasanya terdiri dari pelimpah yang dirancang sedemikian rupa untuk mengurangi terjadinya aliran pendek. Weir loading rate adalah beban pelimpah (dalam hal ini debit air) yang harus ditanggung per satuan waktu dan panjangnya. Berikut ini adalah beberapa kriteria desain untuk weir loading rate dari berbagai sumber.

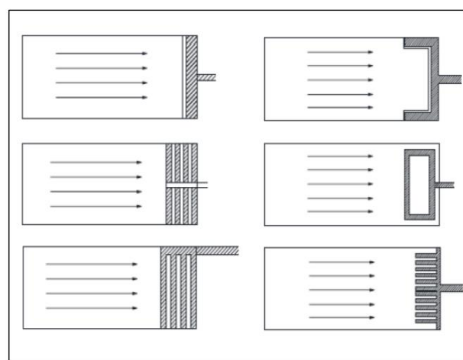
**Tabel 2.6** Beragam Weir Loading Rate dari Beragam Sumber

Weir Loading Rate (m <sup>3</sup> /hari.m)	Sumber	Keterangan
186	Katz & Foulkes, 1962	-
249,6	Katz & Foulkes, 1962	Pada daerah yang terpengaruh density current
264	Kawamura, 2000	-
125-250	Droste, 1997	-
172,259,2	Huisman, 1977	-

Berdasarkan sejumlah kriteria desain pada beragam sumber mengenai weir loading rate di atas, dapat dilihat bahwa jika pada bak terjadi density current, weir



loading rate diharapkan tidak terlalu besar karena dapat menyebabkan terjadinya penggerusan pada partikel yang mengendap di sekitar outlet, sehingga diharapkan weir loading rate dapat sekecil mungkin. Pada dasarnya satu pelimpah sudah cukup, namun jika hanya ada satu pelimpah, maka weir loading rate akan menjadi besar. Hal tersebut dapat mengganggu proses pengendapan, sebab terjadi aliran ke atas menuju pelimpah dengan kecepatan cukup besar yang menyebabkan partikel yang bergerak ke bawah untuk mengendap terganggu. Terdapat beberapa alternatif untuk mendesain pelimpah agar luas yang dibutuhkan untuk zona outlet tidak terlalu besar dan beban pelimpah juga tidak terlalu besar.



**Gambar 2.8** Ragam Susunan Pelimpah pada Outlet

(Sumber: Qasim, 2000)

#### 2.4.4 Aerasi

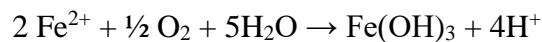
Aerasi adalah suatu proses penambahan udara/oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat, dengan cara menyemprotkan air ke udara (air ke dalam udara) atau dengan memberikan gelembung-gelembung halus udara dan membiarkannya naik melalui air (udara ke dalam air). Perpindahan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

proses oksidasi biologi oleh mikroba akan dapat berjalan dengan baik. Dalam melakukan proses Aerasi ini perlu menggunakan alat yang dinamakan aerator. Prinsip kerja alat ini adalah untuk menambahkan oksigen terlarut di dalam air tersebut. Kemudian yang menjadi tugas utama dari aerator ini adalah memperbesar permukaan kontak antara air dan udara. Tujuan aerasi adalah sebagai berikut:

1. Penambahan jumlah oksigen
2. Penurunan jumlah karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)
3. Menghilangkan hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S), methan (CH<sub>4</sub>) dan berbagai senyawa organik lain yang bersifat *volatile* (menguap)

Tujuan dari proses aerasi adalah meningkatkan konsentrasi oksigen yang berada didalam 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)<sub>3</sub>, 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 (Izzati Istihara, 2019):

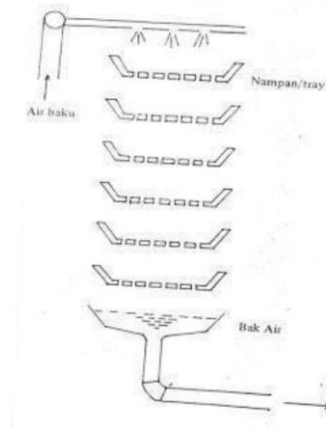


Pada jurnal Eko dkk, 2018, pengujian COD pada air wudhu setelah diaerasi menunjukkan penurunan kadar COD. Penurunan kadar COD terjadi karena terjadinya penambahan asupan oksigen ke dalam sampel limbah sehingga terjadi proses oksidasi oleh mikroorganisme yang menyebabkan penurunan senyawa organik pada 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.

Jenis-jenis metode aerasi yakni sebagai berikut:

1. Waterfall Aerator (Aerasi Air Terjun)

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

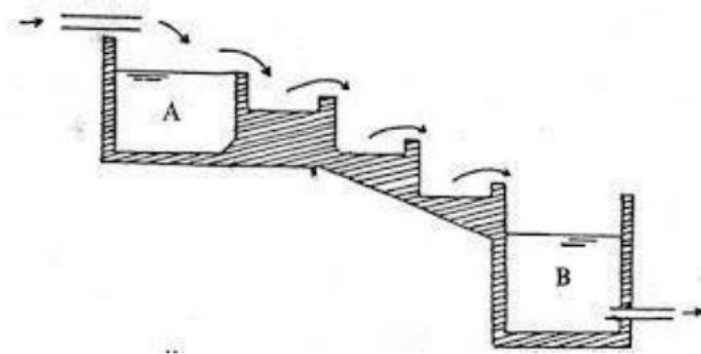


**Gambar 2.9** Multiple Tray Aerator

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

## 2. Cascade Aerator

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



**Gambar 2.10** Casacade Aerator

Keterangan

A = Air baku

B = Air sudah diaerasi

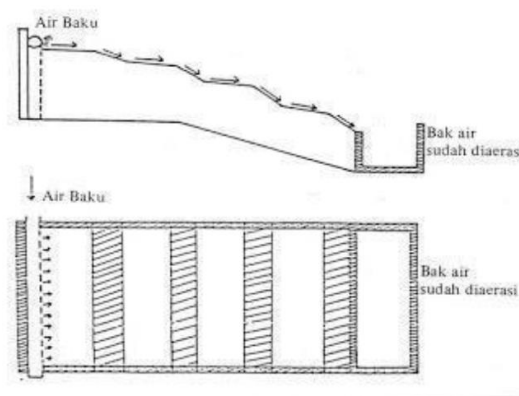
C = Inlet

D = Lubang pembersih

E = Outlet

### 3. Submerged Cascade Aerator

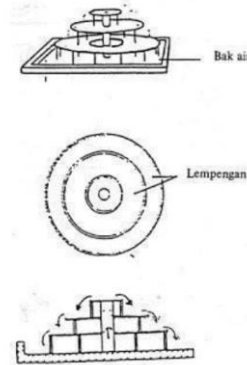
Aerasi tangga aerator seperti pada gambar di bawah ini penangkapan udaranya terjadi pada saat air terjun dari lempengan-lempengan trap yang membawanya. Oksigen kemudian dipindahkan dari gelembung-gelembung udara kedalam air. Total ketinggian jatuh kira-kira 1,5 m dibagi dalam 3-5 step. Kapasitas bervariasi antara 0,005 dan 0,5 m<sup>3</sup>/det per m<sup>2</sup>.



**Gambar 2.11** Submerged Cascade Aerator

#### 4. Multiple Platform Aerator

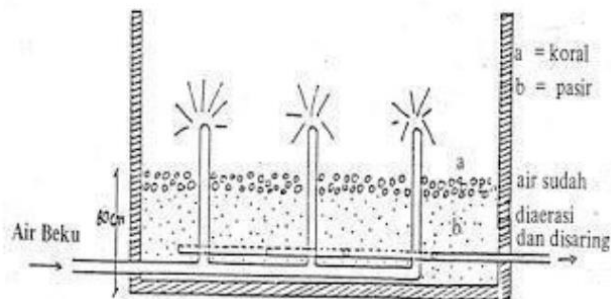
Memakai prinsip yang sama, lempengan-lempengan untuk menjatuhkan air guna mendapatkan kontak secara penuh udara terhadap air.



**Gambar 2.12** Multiple Platform Aerator

#### 5. Spray Aerator

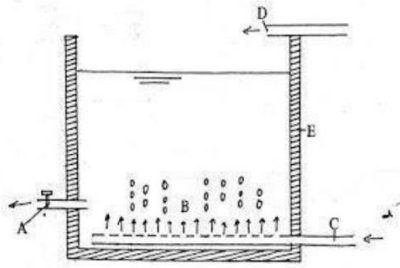
Terdiri atas nosel penyemprot yang tidak bergerak (stationary nozzles) dihubungkan dengan kisi lempengan yang mana air disemprotkan ke udara disekeliling pada kecepatan 5-7 m/detik. Spray aerator sederhana diperlihatkan pada gambar, dengan pengeluaran air kearah bawah melalui batang-batang pendek dari pipa yang panjangnya 25 cm dan diameter 15-20 mm. Piringan melingkar ditempatkan beberapa centimeter di bawah setiap ujung pipa, sehingga bisa berbentuk selaput air tipis melingkar yang selanjutnya menyebar menjadi tetesan-tetesan yang halus. Nosel untuk spray aerator bentuknya bermacam-macam, ada juga nosel yang dapat berputar-putar.



**Gambar 2.13** Spray Aerator

## 6. Bubble Aerator (Aerasi Gelembung Udara)

Jumlah udara yang diperlukan untuk bubble aerator (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 diaerasi.



**Gambar 2.14** Spray Aerator

Keterangan :

A = Outlet

B = Gelembung udara

C = Pipa berlubang buat udara

D = Inlet air baku

E = Bak air

## 7. Multiple-Tray Aerator

Multiple Tray Aerator terdiri dari suatu rangkaian bak yang disusun seperti rak (tray) dan dilubangi pada bagian dasarnya. Air dialirkan dari puncak berupa air terjun kecil yang kemudian didistribusikan secara merata pada masing-masing rak (tray) dan kemudian dikumpulkan pada suatu bak di bagian dasarnya (collecting ponds). Pemerataan distribusi air diatas tray sangat penting untuk memperoleh efisiensi perpindahan gas secara maksimum. Media kasar seperti arang, batu atau bola keramik yang ukurannya berkisar antara 2-6 inch (5-15 cm) sangat penting untuk digunakan, karena dapat meningkatkan efisiensi pertukaran gas, sebagai efek katalisa dari mangan oksida.

Multiple Tray Aerator harus dilengkapi dengan sistem ventilasi yang cukup. Jika unit ini ditempatkan dalam suatu bangunan dimana terdapat pencemaran udara, maka efektivitas dan efisiensi dari unit akan berkurang, karena terjadi kontaminasi dari udara yang masuk dengan kandungan atau unsur-unsur tertentu yang ingin dihilangkan.

Secara garis besar, desain dan karakteristik operasional aerator dapat digolongkan menjadi beberapa macam (S. R Qasim et al., 2000) sebagai berikut:

**Tabel 2.7** Desain dan Karakteristik Operasional Aerasi

<b>Aerator</b>	<b>Penyisihan</b>	<b>Spesifikasi</b>
Aerator Gravitasi: Cascade	20-45% CO <sub>2</sub>	Tinggi 1-3 m Luas: 85-105 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> .det Kecepatan aliran: 0,3 m/det
Packing Tower	>95% VOC >90% CO <sub>2</sub>	Diameter kolom maksimum: 3 m Beban hidrolis: 2000 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari
Tray	>90% CO <sub>2</sub>	Kecepatan: 0,8-1,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .menit Kebutuhan udara: 7,5 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> air Jarak rak (tray): 30-75 cm Luas: 50-160 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> .det
Spray Aerator	70-90% CO <sub>2</sub> 25-40 H <sup>2</sup> S	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 <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> .det Tekanan semprotan: 70 kPa Waktu detensi: 10-30 menit Udara: 0,7-1,1 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> air Kedalaman: 2,7-4,5 Lebar: 3-9 m

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
		Lebar/kedalaman <2 Volume maksimum: 150 m <sup>3</sup> Diameter lubang diffuser: 2-5 mm
Aerator Mekanik	70-90% CO <sub>2</sub> 25-40 H <sub>2</sub> S	Waktu detensi: 10-30 menit Kedalaman tangki: 2-4 m

(Sumber: Qasim, 2000)

#### 2.4.5 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 men-destabilisasi muatan negatif partikel (Pulungan, 2012).

Pada proses koagulasi terjadi destabilisasi koloid dan partikel dalam air sebagai akibat dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia (disebut koagulan). Akibat pengadukan cepat, koloid dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan melalui proses penguraian koagulan. Proses ini dilanjutkan dengan pembentukan ikatan antara ion positif dari koagulan (misal Al<sup>3+</sup>) dengan ion negatif dari partikel (misal OH<sup>-</sup>) dan antara ion positif dari partikel (misal Ca<sup>2+</sup>) dengan ion negatif dari koagulan (misal SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) yang menyebabkan pembentukan inti flok (presipitat) (Masduqi & Assomadi, 2012).

Pemilihan koagulan dan konsentrasinya dapat ditentukan berdasarkan studi laboratorium menggunakan jar test apparatus untuk mendapatkan kondisi optimum (Masduqi & Assomadi, 2012).





**Gambar 2.15** Peralatan Jar Test

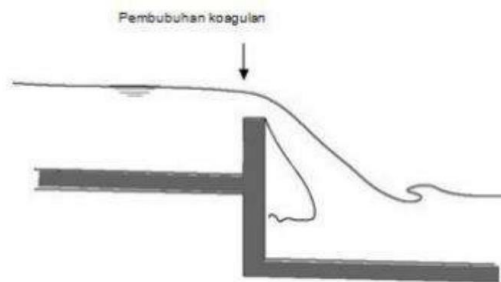
Adapun jenis-jenis koagulan dan pengadukan cepat unit koagulasi yaitu sebagai berikut.

Pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu:

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  $td$ .

2. Pengadukan hidrolis

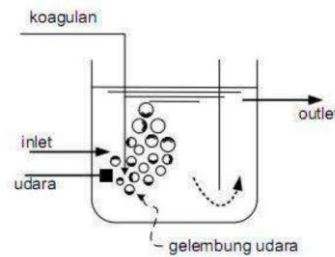


**Gambar 2.16** Pengadukan Cepat dengan Terjunan

3. 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 (Gambar 2.16). 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: Masduqi & Assomadi, 2012)

Koagulan yang banyak digunakan dalam pengolahan air minum adalah aluminium sulfat atau garam-garam besi. Terkadang koagulan-pembantu, seperti polielektrolit dibutuhkan untuk memproduksi flok yang lebih besar agar padatan tersuspensi lebih cepat mengendap. Faktor utama yang mempengaruhi proses koagulasi-flokulasi air adalah kekeruhan, padatan tersuspensi, temperatur, pH, komposisi dan konsentrasi kation dan anion, durasi dan tingkat agitasi selama koagulasi dan flokulasi, dosis koagulan, dan jika diperlukan, koagulan-pembantu. Beberapa jenis koagulan beserta sifatnya dapat dilihat pada Tabel 2.8.

**Tabel 2.8** Jenis Koagulan dalam Pengolahan Air

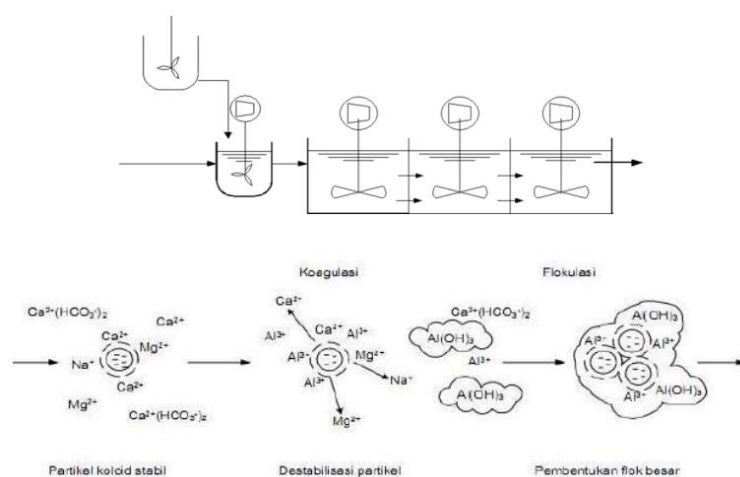
Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan Air	pH Optimum
Aluminium sulfat	$Al_2(SO_4)_3 \cdot xH_2O$ $x = 14,16,18$	Bongkah, bubuk	Asam	6,0-7,0
Sodium aluminate	$Na_2Al_2O_4$	Bubuk	Basa	6,0-7,8

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan Air	pH Optimum
Polyaluminium Chloride, PAC	$Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$	Cairan, bubuk	Asam	6,0-7,8
Ferric sulfate	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	Kristal halus	Asam	4-9
Ferri klorida	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	Bongkah cairan	Asam	4-9
Ferro sulfat	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	Kristal halus	Asam	>8,5

(Sumber: Sugiarto, 2006)

### 2.4.6 Flokulasi

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



**Gambar 2.18** Gambaran Proses Koagulasi-Flokulasi

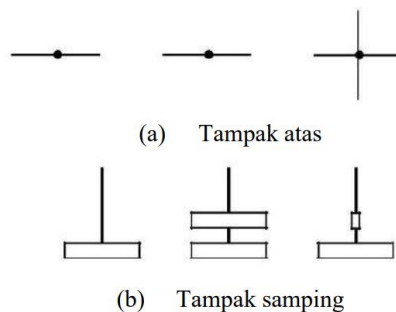
(Sumber: Mssduqi & Assomadi, 2012)

Adapun jenis-jenis flokulasi yaitu sebagai berikut.

Pengadukan lambat dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain:

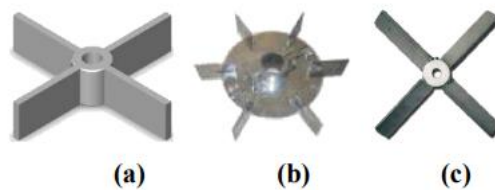
1. Pengadukan mekanis

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



**Gambar 2.19** Tipe Paddle

(Sumber: Qasim, 1985)



**Gambar 2.20** Tipe Turbine

(Sumber: Qasim, 1985)

(a) turbine blade lurus, (b) turbine blade dengan piringan, (c) turbin dengan blade menyerong

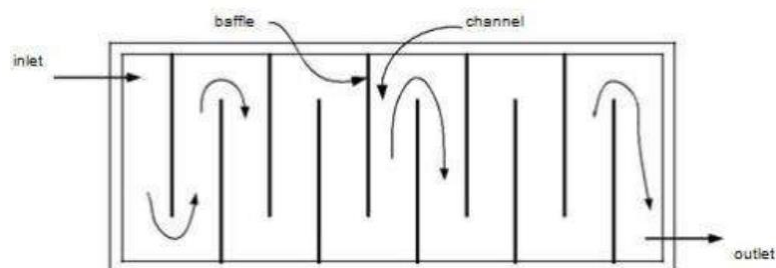
Pengadukan mekanis dengan tujuan pengadukan lambat umumnya memerlukan tiga kompartemen dengan ketentuan G di kompartemen I lebih

besar daripada G di kompartemen II dan G di kompartemen III adalah yang paling kecil. Pengadukan mekanis yang umum digunakan untuk pengadukan lambat adalah tipe paddle yang dimodifikasi hingga membentuk roda (*paddle wheel*), baik dengan posisi horizontal maupun vertikal.

## 2. Pengadukan hidrolis

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

Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan lambat adalah aliran air yang menghasilkan energi hidrolis yang lebih kecil. Aliran air dibuat relatif lebih tenang dan dihindari terjadinya turbulensi agar flok yang terbentuk tidak pecah lagi. Beberapa contoh pengadukan hidrolis untuk pengadukan lambat adalah kanal bersekat (*baffled channel*, Gambar 2.21), *perforated wall*, *gravel bed*, dan sebagainya (Masduqi & Assomadi, 2012).



**Gambar 2.21** Baffle Channel

### 2.4.7 Sedimentasi

Bak sedimentasi adalah bak yang digunakan untuk proses pengendapan (sedimentasi) partikel flokulen dalam suspensi, dengan pengendapan yang terjadi akibat interaksi antar partikel. Selama operasi pengendapan, ukuran partikel flokulen bertambah besar, sehingga kecepatannya juga meningkat. Sebagai contoh ialah pengendapan koagulasi-flokulasi (Masduqi dan Assomadi, 2012). Bak pengendap pertama pada umumnya mampu menyisihkan 50-70% dari suspended solid tanpa bantuan bahan kimia, 80-90% penyisihan TSS dengan bantuan bahan kimia dan 25-40% BOD. Adapun efisiensi kemampuan penyisihan TSS dan BOD pada bak sedimentasi I dipengaruhi oleh: 1. Aliran angin. 2. Suhu udara permukaan. 3. Dingin atau hangatnya air yang menyebabkan perubahan kekentalan air. 4. Suhu terstratifikasi dari iklim. 5. Bilangan Eddy.

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). Adapun kriteria perencanaan untuk bangunan bak pengendap awal terlihat pada tabel 2.9.

**Tabel 2.9** Kriteria Perencanaan Unit Sedimentasi

No	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Sumber
1	Kedalaman air minimal	H	3-4,9	m	Metcalf & Eddy 4th Edition, 2003 Hal 398
2	Diameter	D	3-60	m	
3	Slope Dasar	Slope	1/16-1/6	mm/m diameter	
4	Flight Speed	-	0,02-0,05	m/menit	
5	Waktu Tinggal	Td	3-5	jam	
6	Overflow Rate Rata-rata	-	30-50	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	
	Puncak		80-120		
7	Weir Loading	-	125-500	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	
8	Diameter inlet well	D	15-20	% (Diameter bak)	Metcalf & Eddy 4th Edition, 2003 Hal 401
9	Kecepatan Aliran Menuju inlet well	v	0,3-0,75	m/s	
10	Konsentrasi Solid	-	4-12	%	Metcalf & Eddy 4th Edition, 2003 Hal 398
11	Suhu	T	27	°C	Metcalf & Eddy 4th Edition, 2003

No	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Sumber
					Hal 1742
12	Viskositas Kinematis	$\nu$	$0,8581 \times 10^{-6}$	$m^2/s$	
13	Viskositas absolute	$\mu$	$0,8551 \times 10^{-3}$	$Ns/m^2$	
14	Massa Jenis Air (T=27°C)	$\rho_{air}$	996,54	$kg/m^3$	
15	Bilangan Reynold (NRE)	NRE	<1 (Laminer)	-	Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Hal 224
16	Spesific Gravity Solid (Si)	Si	1,4	-	Metcalf & Eddy 4th Edition., 2003 Hal 1456
17	Spesific Gravity Sludge (Sg)	Sg	1,02	-	
18	NRE untuk Vh	NRE	<2000 (Laminer)	-	Razif, M. 1985.
19	Nfr		$10^5$	-	Pengolahan Air Minum. Surabaya: Diktat TP FTSP-ITS
20	Koef. Kekasaran Aksesoris Pipa	K	Elbow = 1,1 Tee Lurus = 0,35	-	



No	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan	Sumber
			Tee Cabang = 1 Gate Valve = 0,2		

#### 2.4.8 Filtrasi

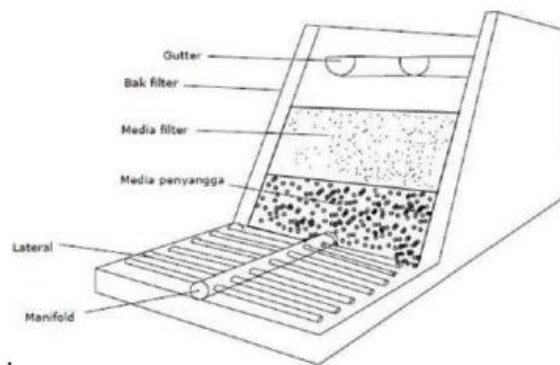
Menurut Al-Layla pada tahun 1978, partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air tidak bisa mengendap secara sempurna hanya dengan menggunakan proses sedimentasi. Untuk lebih menyempurnakan proses penyisihan partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air, dapat dilakukan dengan menggunakan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

Bakteri dan sejenisnya dapat dengan efektif dihilangkan dengan menggunakan proses filtrasi. Selain itu filtrasi juga dapat mengurangi warna, rasa, bau, kadar besi juga kadar mangan yang terdapat di dalam air. Proses pengurangan 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:

1. Proses penyaringan yang terjadi di setiap lapisan permukaan filter.
2. Proses sedimentasi di dalam filter.
3. Kontak antara partikel flok dengan lapisan kerikil atau dengan flok yang sudah terkumpul di atas lapisan filter.
4. Proses adsorpsi atau proses elektrokinetik.
5. Proses koagulasi di dalam filter.
6. Proses biologis di dalam filter.
7. Penggabungan zat-zat koloid di dalam filter.

Pada prosesnya, partikel tersuspensi yang ukurannya terlalu besar akan tetap tertahan di atas lapisan pasir. Namun jika ukuran partikel 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 2.22 dapat dilihat bagian-bagian filter.



**Gambar 2.22** Bagian-Bagian Filter

(Sumber: Reynold & Richard, 1996)

Adapun jenis-jenis filtrasi yaitu sebagai berikut.

Terdapat beberapa macam jenis filter modifikasi yang telah digunakan di mancanegara, antara lain *rapid sand filter*, *slow sand filter*, *pressure sand filter*, *multiple media filters*, *diatomaceous earth filters*, *upflow filters* dan lain sebagainya.

Menurut Al-Layla (1978) pada proses purifikasi air, *rapid sand filters* memiliki hasil effluent yang lebih baik jika dibandingkan dengan *slow sand filters*. Kecepatan pada *rapid sand filters* ini cukup tinggi dan laju filtrasi nya berkisar antara 4-5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hr (namun terkadang laju filtrasi nya dapat lebih dari 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hr). Ukuran pasir efektif yang digunakan pada filter ini berkisar antara 0,45-0,55 mm. Lapisan filter ini bila dilihat dari bawah terdiri dari gravel dengan tebal berkisar

antara 38-60 cm, sedangkan di atasnya terdapat pasir yang tebalnya kurang lebih 80 cm. Proses *backwash* pada *rapid sand filter* berbeda dengan slow sand filter. Pada *rapid sand filters* waktu *backwash* ditentukan dari head loss 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, anthrazit, 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 rasio ukuran rata – rata dan standar deviasi nya.

*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:

Singel media pasir:

- UC = 1,3 – 1,7
- ES = 0,45 – 0,7 mm

Untuk dual media:

- UC = 1,4 – 1,9
- ES = 0,5 – 0,7 mm

1. Filter Pasir Cepat

Filter pasir cepat atau *rapid sand filter* adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 6 hingga 11 m/jam. Filter ini selalu didahului dengan proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan pada influen filter pasir cepat berkisar 5- 10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90-98% (Masduqi & Assomadi, 2012:171). Kriteria desain pasir cepat dapat dilihat pada tabel 2.10

**Tabel 2.10** Kriteria Perencanaan Filter 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 wash	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	80 – 100 2 – 5	80 – 100 2 – 5
	Lapisan penyangga dari atas ke bawah	80 – 100 5 – 10 80 – 100	80 – 100 5 – 10 80 – 100
	Kedalaman (mm) ukuran butir (mm)	10 – 15	10 – 15
	Kedalaman (mm) ukuran butir (mm)	80 – 150	80 – 150
	Kedalaman (mm) ukuran butir (mm)	15 – 30	15 – 30

Kedalaman (mm) ukuran butir (mm)	< 0,5	< 0,5
Filter Nozzle	> 4%	> 4%
Lebar slot nozzle (mm)		
Prosentase luas slot nozzle terhadap luas filter (%)		

(Sumber: SNI 6774-2008)

## 2. Filter Pasir Lambat

Filter pasir lambat atau slow sand filter adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi lambat yaitu sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Filter pasir lambat bekerja dengan cara pembentukan lapisan biofilm di beberapa milimeter bagian atas lapisan pasir halus yang disebut lapisan hypogeal atau schmutzdecke. Lapisan ini mengandung bakteri, fungi, protozoa, rotifera, dan larva serangga air. Schmutzdecke adalah lapisan yang melakukan pemurnian efektif dalam pengolahan air. Selama air melewati schmutzdecke, partikel akan terperangkap dan organik terlarut akan teradsorpsi, diserap, dan dicerna oleh bakteri, fungi, dan protozoa (Masduqi & Assomadi, 2012:176). Kriteria perencanaan filter pasir lambat dapat dilihat pada tabel 2.11.

**Tabel 2.11** Kriteria Perencanaan Pasir Lambat

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

Kriteria	Nilai/Keterangan
Sistem underdrain	Sama dengan filter cepat atau batu kasar dan beton berlubang sebagai saluran utama
Kehilangan energi	6 cm saat awal, hingga 120 cm saat akhir
Filter run	20 – 60 hari
Metode pembersihan	Mengambil lapisan pasir di permukaan dan mencucinya
Air untuk pembersihan	0,2 – 0,6% dari air tersaring
Pengolahan pendahuluan	Biasanya tidak ada bila kekeruhan kurang dari 50 NTU
Biaya konstruksi	Relatif rendah
Biaya operasi	Relatif rendah
Biaya depresiasi	Relatif rendah

(Sumber: Schluz & Okun, 1984)

### 3. Filter Bertekanan

Filter bertekanan (*pressure filter*) pada dasarnya mempunyai prinsip yang sama dengan filter gravitasi (filter cepat dan filter lambat), yaitu air akan melewati media berbutir dan terjadi penyaringan secara fisik. Pada filter cepat dan filter lambat, aliran air melewati media berbutir hanyadidorong oleh tekanan atmosfer atau sistem aliran terbuka. Pada filter bertekanan, diperlukan pendorong tekanan yang lebih besar. Oleh karena itu tangki dirancang dengan sistem tertutup dan menggunakan pompa untuk menambah tekanan dalam tangki. Filter bertekanan terdiri atas tangki tertutup, media filter, media penyangga, dan sistem underdrain. Kriteria filter bertekanan terdapat pada tabel 2.12

**Tabel 2.12** Kriteria Perencanaan Filter Bertekanan

No	Unit	Nilai/Keterangan
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	12 – 33
2	Pencucian: Sistem pencucian	Tanpa atau dengan blower & atau surface wash
	Kecepatan (m/jam)	72 – 198
	Lama pencucian (menit)	-
	Periode antara dua pencucian (jam)	-
	Ekspansi (%)	30 – 50
3	Media pasir Tebal (mm)	300 – 700
	Single media	600 – 700
	Media ganda	300 – 600
	Ukuran efektif, ES (mm)	-
	Koefisien keseragaman, UC	1,2 – 1,4
	Berat jenis (kg/L)	2,5 – 2,65
	Porositas	0,4
	Kadar SiO <sub>2</sub>	> 95%
4	Media antransit Tebal (mm)	400 – 500
	ES (mm)	1,2 – 1,8
	UC	1,5
	Berat jenis (kg/L)	1,35
	Porositas	0,5
	5	Dasar filter Filter Nozel
Lebar slot nozzle (mm)		< 0,5
Prosentase luas slot nozzle terhadap luas filter (%)		> 4%

(Sumber: SNI 6774-2008)

#### 4. Hidrolika Pencucian (*Backwash*)

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

Tersumbatnya media filter ditandai oleh:

- Penurunan kapasitas produksi
- Peningkatan kehilangan energi (*headloss*) yang diikuti oleh kenaikan muka air di atas media filter

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

#### 2.4.9 Desinfeksi

Salah satu persyaratan kualitas air minum adalah persyaratan mikrobiologis, yaitu air harus bebas dari mikroorganisme patogen. Desinfeksi merupakan proses membebaskan air minum dari mikroorganisme patogen. Metode desinfeksi 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 desinfeksi secara kimiawi adalah memberikan bahan kimia ke dalam air sehingga terjadi kontak antara bahan tersebut dengan mikroorganisme yang berakibat matinya mikroorganisme tersebut.

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

1. Menghilangkan bau



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

Macam – macam faktor yang mempengaruhi efisiensi desinfeksi adalah :

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

Adapun jenis-jenis desinfeksi yaitu sebagai berikut.

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

1. Desinfeksi dengan Ozon

Ozon adalah zat pengoksidasi kuat sehingga dapat melakukan perusakan bakteri antara 600 – 3000 lebih kuat dari klorin. Penggunaannya tidak dipengaruhi oleh pH air, sedangkan klorin sangat bergantung pada pH air. Mekanisme produksi ozon adalah eksitasi dan percepatan electron yang tidak beraturan dalam medan listrik tinggi.  $O_2$  berarus bolak-balik melewati media arus listrik yang tinggi akan menghasilkan lompatan electron yang bergerak pada elektroda satu dan yang lain. Jika elektroda mencapai kecepatan cukup, maka akan menyebabkan molekul oksigen splitting ke bentuk atom oksigen radikal bebas. Atom-atom ini akan bergabung membentuk  $O_3$  (ozon).

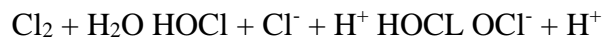
2. Desinfeksi dengan UV

Dapat terjadi dengan interaksi langsung menggunakan sinar UV dan tidak langsung menggunakan zat pengoksidasi. Biasanya sinar UV yang digunakan mampu mematikan semua mikroorganisme. Daerah yang

berperan dalam efek germicidal adalah UV-AC, dengan panjang gelombang 280-220 nm.

### 3. Desinfeksi dengan pembubuhan kimia

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



### 4. Desinfeksi dengan gas klor

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

Perlu dilakukan percobaan Daya Pengikat Chlor (DPC) untuk mengetahui dosis senyawa chlor (Cl<sub>2</sub>) yang dibutuhkan oleh air untuk proses desinfeksi (membunuh bakteri). Daya Pengikat Chlor ditentukan cara selisih antara chlor yang dibubuhkan dengan sisa chlor setelah kontak setelah kontak selama 30 menit (Sawyer et al., 2003).

#### **2.4.10 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

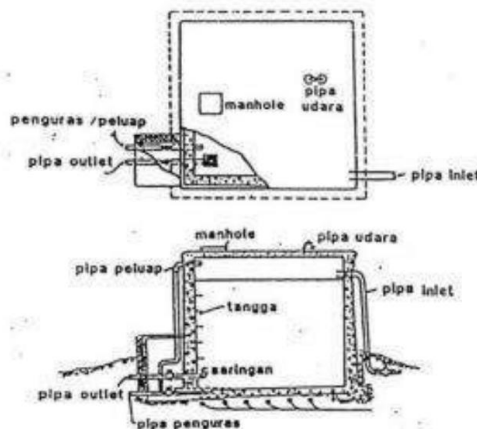
baik. Fungsi utama dari Reservoir adalah untuk menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air. Seringkali untuk waktu yang bersamaan, debit produksi air bersih tidak dapat selalu sama besarnya dengan debit pemakaian air. Pada saat jumlah produksi air bersih lebih besar daripada jumlah pemakaian air, maka kelebihan air tersebut untuk sementara disimpan dalam Reservoir, dan digunakan kembali untuk memenuhi kekurangan air pada saat jumlah produksi air bersih lebih kecil daripada jumlah pemakaian air.

Adapun jenis-jenis reservoir yaitu sebagai berikut.

Berdasarkan tinggi relative Reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis Reservoir dapat dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Reservoir Permukaan (*Ground Reservoir*)

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



**Gambar 2.23** Reservoir Permukaan

2. Reservoir Menara (*Elevated Reservoir*)

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



**Gambar 2.24** Reservoir Menara

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

1. Reservoir Tangki Baja

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



**Gambar 2.25** Reservoir Tangki Baja

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 relatif lebih tinggi.



**Gambar 2.26** Reservoir Beton Cor

### 3. Reservoir Fiberglass

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



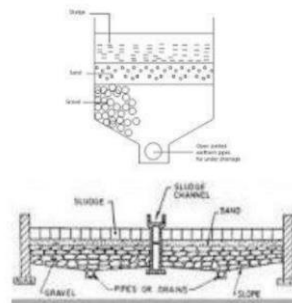
**Gambar 2.27** Reservoir Fiberglass

#### 2.4.11 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 dryingbed 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 2.28** 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

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** Persen Removal

No	Unit	Parameter	Sumber
1	Prasedimentasi	- Kekeruhan (65-80%)	- Reynolds/Richards 2 <sup>nd</sup> . Unit Operations and Processess in Environmental Engineering. Hal 130
2	Aerasi	- Besi (20-90%)	- Droste. 1997. Theory and Practice of Water and

No	Unit	Parameter	Sumber
		- Mangan (0-60%)	Wastewater Treatment Chapter 9. Hal 225
3	Koagulasi, Flokulasi, Sedimentasi	- Kekeruhan (90-100%) - TSS (60-90%) - BOD (40-70%) - COD (30-60%) - TDS (0-20%) - Besi (20-100%) - Mangan (20-100%)	- Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9. Hal 224 - Syed R. Qasim. WWTP Planning Design and Operation. Hal 347 - Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9. Hal 225
4	Filtrasi	- Kekeruhan (90-100%) - TSS (50-80%) - BOD (91,2%) - TDS (0-20%) - Besi (20-100%) - Mangan (20-100%)	- Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9. Hal 224 - Qasim. 1999. Wastewater Treatment. Hal 240 - Mitchell, S. M., & Ullman, J. L. (2016). Removal of Phosphorus, BOD, and Pharmaceuticals by Rapid Rate Sand Filtration and Ultrafiltration Systems. Journal of Environmental Engineering, 142(11), 1–6 - Droste. 1997. Theory and Practice of Water and



No	Unit	Parameter	Sumber
			Wastewater Treatment Chapter 9. Hal 225
5	Desinfeksi	- Total coliform (90-100%) - E.coli (90- 100%)	- Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9. Hal 224

## 2.6 Profil Hidrolis

Profil hidrolis digambarkan untuk mendapatkan tinggi muka air pada masing-masing unit instalasi. Profil ini menunjukkan adanya kehilangan tekanan (headloss) yang terjadi akibat pengaliran pada bangunan. Beda tinggi setiap unit instalasi dapat ditentukan sesuai dengan sistem yang digunakan serta perhitungan kehilangan tekanan baik pada perhitungan yang telah dilakukan pada bab masing – masing bangunan sebelumnya maupun yang langsung dihitung pada bab ini.

Profil Hidrolis 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 di dalam 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  
Cara yang mudah dengan monogram “Hazen William”  $Q$  atau  $V$  diketahui maka  $S$  didapat dari monogram.
- b. Kehilangan tekanan pada aksesoris  
Cara yang mudah adalah dengan mengekivalen aksesoris tersebut dengan panjang pipa, di sini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekivalen sekaligus  $S$ .
- c. Kehilangan tekanan pada pompa  
Bisa dihitung dengan rumus, grafik karakteristik pompa serta dipengaruhi oleh banyak faktor seperti jenis pompa, cara pemasangan dan sebagainya.
- d. Kehilangan tekanan 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.

## **2.7 BOQ dan RAB**

### **Bill of Quantity (BOQ)**

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 :

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.

### **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. Menghitung volume RAB berdasarkan gambar bestek atau forcont,
4. RAB oleh masing-masing peserta lelang (kontraktor), sehingga volume dan harga satuan pekerjaan pasti berbeda.

Tujuan Membuat BOQ :

Pada proyek berskala kecil yang tidak menggunakan jasa konsultan perencana, 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.

Ketika maincont menyatakan agar subcont melakukan perhitungan RAB, maka secara otomatis BoQ yang disusun oleh konsultan perencana tidak berlaku. Dengan kata lain BoQ tersebut menjadi rahasia oleh maincont, yang tidak perlu diketahui oleh subcont. Berdasarkan situasi seperti ini, maka tujuan melakukan penyusunan RAB adalah:

1. Untuk keperluan pengajuan penawaran harga dengan sistem lump sum,
2. Sebagai dasar melaksanakan saat klarifikasi dan negosiasi harga,
3. Pedoman untuk pelaksanaan proyek bilamana kontraktor ternyata menang tender.