

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Baku**

Air adalah kebutuhan utama dari seluruh proses kehidupan yang ada di bumi. Tidak adanya air di bumi maka tidak terdapat pula kehidupan. Air baku merupakan salah satu bahan dasar yang dibutuhkan dalam proses pengolahan air minum. Air baku diambil dari sumber-sumber yang telah memenuhi standar baku mutu. Penentuan sumber air baku dalam pengolahan mempertimbangkan data yang didapatkan melalui penelitian secara periodik dengan rentang 5 hingga 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 No. 2 tahun 2023 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, 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.

##### **2.1.1 Sumber Air Baku**

Sumber air baku yang dapat diolah untuk digunakan sebagai air minum diantaranya:

### 1) Air Tanah

Karakteristik geologi seperti morfologi dan jenis batuan berikut luas pelamparan serta ketebalan lapisan, berakibat pada terbentuknya struktur lapisan kedap air dan lulus air. Berdasarkan sifat fisik dari air tanah dengan simpanan rendah dan mutu air yang asin sehingga tidak memenuhi persyaratan air minum

### 2) Air Permukaan

Air permukaan adalah air yang ada di permukaan, seperti rawa, danau, sungai dan mata air. Umumnya, air baku yang digunakan untuk pengolahan menggunakan air permukaan atau air sungai dan air danau. Sebagai sumber air baku untuk air minum, maka air permukaan harus memenuhi kualitas dari air baku untuk air minum diantaranya pH, oksigen terlarut, kandungan bakteri, kandungan zat padat, temperatur, dan parameter lainnya.

#### **2.1.2 Pemilihan Sumber Air Baku**

Menurut Droste (1997), dalam memilih sumber air baku ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu:

- 1) Kualitas air baku
- 2) Volume (kuantitas) air baku
- 3) Kondisi iklim di daerah sumber air baku
- 4) Lokasi sumber air baku harus tetap, tidak mengalami kemungkinan pindah atau tertutup
- 5) Konstruksi intake yang memenuhi syarat dan kesulitan yang kecil
- 6) Kemungkinan perluasan intake di masa yang akan datang
- 7) Elevasi muka air sumber mencukupi
- 8) Kemungkinan timbulnya pencemar di masa yang akan datang
- 9) Fasilitas dan biaya operasi dan perawatan yang tersedia mencukupi

#### **2.2 Karakteristik Air Baku**

Standar kualitas air minum di Indonesia diatur pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 2 tahun 2023 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 tiga parameter, yaitu parameter mikrobiologi, parameter fisik, dan parameter kimia.

### 2.2.1 Parameter Fisik

Sifat-sifat fisik air relatif mudah untuk diukur dan beberapa diantaranya mungkin dapat dinilai dengan cepat oleh orang awam. Yang termasuk kedalam parameter fisik adalah sebagai berikut:

#### a) Kekeruhan

Kekeruhan merupakan standar yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur kondisi suatu air baku dalam satuan skala NTU (nephelometrix turbidity unit). Kekeruhan diakibatkan oleh adanya benda yang tercampur didalam air. Kekeruhan juga dapat disebabkan karena adanya kandungan TSS baik yang bersifat organik maupun anorganik (Permenkes RI, 2010). Kekeruhan dalam air tidak boleh melebihi 5 NTU. Penurunan dalam kekeruhan ini diperlukan karena selain ditinjau dari segi estetika yang kurang baik juga sebagai proses untuk disinfeksi air keruh sangat susah. Hal ini disebabkan penyerapan beberapa koloid dapat melindungi organisme dari desinfektan yang diberikan (Tri Joko, 2010).

#### b) Total Suspended Solid (TSS)

TSS (Total Suspended Solid) merupakan senyawa berbentuk padat yang tersuspensi berada di dalam air. Padatan ini dapat berasal dari mineral-mineral misalnya silt, pasir yang sangat halus, lempung, atau dari zat hasil penguraian jasad makhluk hidup. TSS juga dapat berasal dari mikroorganisme seperti plankton, bakteri, alga, virus, dan lain-lainnya. TSS menyebabkan kekeruhan atau warna dalam air (Said, 2017). TSS adalah bahan tersuspensi yang mengakibatkan kekeruhan air, terdiri dari pasir halus, lumpur, serta jasad-jasad renik yang berasal dari kikisan tanah atau erosi yang terbawa badan air (Effendi, 2003).

#### c) Total Dissolved Solid (TDS)

Total Dissolved Solid atau zat padat terlarut adalah terlarutnya zat padat berupa ion, senyawa, koloid di dalam air. Salah satu contoh yang dapat diamati adalah air permukaan atau air sungai setelah turun hujan akan terlihat keruh karena adanya larutan partikel tersuspensi di dalam air. Sedangkan pada musim kemarau air akan terlihat berwarna hijau karena terdapat genangan di dalam air. Konsentrasi dari kelarutan zat padat ini sangat rendah dalam keadaan rendah, sehingga tidak dapat terlihat dengan mata telanjang (Majid, 2019).

### **2.2.2 Parameter Kimiawi**

Karakter kimia cenderung lebih khusus sifatnya dibandingkan dengan karakteristik fisis oleh karena itu dibutuhkan sebuah penelitian terlebih dulu untuk mengetahui zat-zat yang terkandung didalamnya. Parameter kimiawi yang terdapat didalam air adalah sebagai berikut:

a) **Biological Oxygen Demand (BOD)**

Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan gambaran kadar bahan organik, yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbon dioksida dan air. Dengan kata lain, BOD menunjukkan jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh proses respirasi mikroba aerob yang terdapat dalam botol besar daripada kadar bahan organik. Sebaliknya, perairan rawa memiliki kadar bahan organik yang lebih besar daripada kadar bahan anorganik terlarut (Effendi, 2003).

b) **Chemical Oxygen Demand (COD)**

Chemical Oxygen Demand atau COD adalah jumlah bahan organik yang ada pada air limbah yang dapat dioksidasi secara kimia menggunakan dikromat dalam keadaan/larutan asam. Nilai COD selalu lebih tinggi daripada BOD ultimate meskipun nilai keduanya bisa saja sama tetapi hal tersebut sangat jarang. Hal tersebut dapat terjadi karena banyak zat organik yang sulit teroksidasi secara biologis, contohnya lignin yang hanya dapat teroksidasi secara kimia, zat anorganik yang dioksidasi dikromat meningkatkan kandungan organik pada sampel, zat organik tertentu dapat

meracuni mikroorganisme yang dibutuhkan untuk pengujian BOD, nilai COD yang tinggi dapat terjadi karena adanya zat anorganik yang bereaksi dengan dikromat.

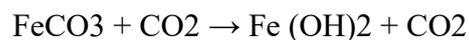
Hubungan antara COD dan BOD mempengaruhi proses pengolahan air limbah. Rasio BOD/COD dari air limbah adalah berkisar dari 0.3 sampai 0.8. Dimana jika rasio BOD/COD  $\geq 0.5$  maka air limbah dapat diolah menggunakan proses biologi. Sedangkan jika rasio BOD/COD  $< 0.3$  maka tidak dapat diolah menggunakan proses biologis karena memungkinkan terdapat banyak senyawa racun yang dapat membunuh bakteri.

c) Besi

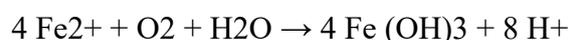
Besi adalah salah satu dari lebih unsur-unsur penting dalam air permukaan dan air tanah. Perairan yang mengandung besi sangat tidak diinginkan untuk keperluan rumah tangga, karena dapat menyebabkan bekas karat pada pakaian, porselin, alat-alat lainnya serta menimbulkan rasa yang tidak enak dan menyebabkan warna air kekuningan/ kecoklatan pada air minum konsentrasi diatas kurang lebih 0,31 mg/l. Di dalam proses penghilangan besi dengan cara Aerasi, adanya kandungan alkalinity, (HCO<sub>3</sub>)<sup>-</sup> yang cukup besar dalam air, akan menyebabkan senyawa besi berada dalam bentuk senyawa ferro bikarbonat, Fe(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Oleh karena bentuk CO<sub>2</sub> bebas lebih stabil daripada (HCO<sub>3</sub>)<sup>-</sup>, maka senyawa bikarbonat cenderung berubah menjadi senyawa karbonat.



Dari reaksi tersebut dapat dilihat, jika CO<sub>2</sub> berkurang, maka kesetimbangan reaksi akan bergeser ke kanan dan selanjutnya reaksi akan menjadi sebagai berikut:



Baik hidroksida besi (valensi 2) masih mempunyai kelarutan yang cukup besar, sehingga jika terus dilakukan oksidasi dengan udara atau aerasi akan terjadi reaksi (ion) sebagai berikut:



Sesuai dengan reaksi tersebut, maka untuk mengoksidasi setiap 1 mg/l zat besi dibutuhkan 0,14 mg/l oksigen. Pada pH rendah, kecepatan reaksi oksidasi besi dengan oksigen (udara) relatif lambat, sehingga pada prakteknya untuk mempercepat reaksi dilakukan dengan cara menaikkan pH air yang akan diolah. Untuk aerator dengan difuser dilakukan dengan cara menyemburkan udara bertekanan ke dalam air melalui difuser yang berbentuk nozzle, pipa berlubang, atau difuser gelembung halus. Dengan cara demikian maka akan terjadi kontak yang efektif antara oksigen atau udara dengan zat besi yang ada di dalam air sehingga terjadi reaksi oksidasi zat besi membentuk oksida yang tak larut dalam air (Said, 2005).

### 2.2.3 Parameter Biologis

Analisis Bakteriologi suatu sampel air bersih biasanya merupakan parameter kualitas yang paling sensitif. Dalam parameter mikrobiologis ini yaitu sebagai berikut:.

#### a) Bakteri

Indikator yang digunakan untuk mengukur kualitas air bersih secara bakteriologis adalah dengan melihat adanya keberadaan organisme Coliform. Organisme tersebut lebih tahan hidup di air sehingga keberadaannya di dalam air dapat dianalisis karena bukan medium yang ideal untuk pertumbuhan bakteri (Marsono, 2009). Bakteri Coliform dalam air dikategorikan menjadi tiga golongan, yaitu, coliform total, fecal coli, dan E. coli. Coliform total bersumber dari lingkungan, tidak berasal dari pencemaran tinja. Sedangkan fecal coli dan E. coli terindikasi diakibatkan oleh adanya pencemaran tinja. Adanya fecal coli dan E. coli yang mencemari air memiliki risiko bagi tubuh manusia jika air tersebut dikonsumsi.

#### b) Escherichia Coli

Escherichia coli merupakan bakteri batang gram negative, fakultatif anaerob dan anggota Enterobacteriaceae. E. coli adalah mikroflora normal pada usus, tetapi dapat menjadi patogen pada kondisi tertentu. E.Coli

sebagai bakteri patogen sering ditemukan sebagai bakteri penyebab infeksi saluran kemih. *E. coli* digunakan sebagai indikator kualitas air. *E. coli* secara normal hanya ditemukan di saluran pencernaan manusia atau hewan, atau bahan yang telah terkontaminasi dengan tinja manusia atau hewan. Air yang tercemar *E. coli* dianggap berbahaya bagi penggunaan domestik (Hamida et al., 2019).

c) 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).

Total coliform adalah kelompok bakteri yang termasuk di dalamnya bakteri jenis aerobik dan fakultatif anaerobik, dimana merupakan bakteri gram negative. Sebagian besar bakteri total coliform adalah heterotrophic dan dapat bertambah jumlahnya di air dan tanah. Total coliform juga dapat bertahan dan bertambah banyak jumlahnya di sistem distribusi air, terutama jika kondisinya memungkinkan. Keberadaan total coliform dapat berasal dari tinja manusia atau hewan dan dapat pula berada secara alamiah di dalam air. Total coliform hanyalah sebagai indikator yang digunakan untuk mengindikasikan bahwa bisa saja terdapat mikroba lain dalam air tersebut, misalnya mikroba patogen seperti *Giardia*, *Cryptosporidium*, *E.coli*, dan lain-lain (Asyina dkk, 2019).

### **2.3 Standar Kualitas Air Baku**

Standar Kualitas Air Baku di Indonesia dapat dilihat pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 2 tahun 2023 Tentang Persyaratan Kualitas

Air Minum. Air baku ini berasal dari air sungai atau sumber air baku lainnya yang harus memiliki mutu baik, bersih atau jernih, tidak berwarna dan berbau dan layak untuk didistribusikan kepada masyarakat luas. Berikut adalah tabel baku mutu dari PERMENKES No. 2 Tahun 2023

**Tabel 2. 1** Baku Mutu PERMENKES No. 2 Tahun 2023

No.	Jenis Parameter	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
Mikrobiologi				
1.	<i>Escherihia coli</i>	0	CFU/100 ml	SNI / APHA
2.	<i>Total Coliform</i>	0	CFU/100 ml	SNI / APHA
Fisik				
3.	Suhu	Suhu udara $\pm 3$	$^{\circ}\text{C}$	SNI / APHA
4.	<i>Total Dissolve Solid</i>	< 300	mg/L	SNI / APHA
5.	Kekeruhan	< 3	NTU	SNI atau yang setara
6.	Warna	10	TCU	SNI / APHA
7.	Bau	Tidak berbau	-	APHA
Kimia				
8.	pH	6,5 – 8,5	-	SNI / APHA
9.	Nitrat (sebagai $\text{NO}^3$ ) (terlarut)	20	mg/L	SNI / APHA
10.	Nitrit (sebagai $\text{NO}^2$ ) (terlarut)	3	mg/L	SNI / APHA
11.	Kromium valensi 6 ( $\text{Cr}^{6+}$ ) (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

No.	Jenis Parameter	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
15.	Arsen (As) (terlarut)	0,01	mg/L	SNI / APHA
16.	Kadmium (Cd) (terlarut)	0,003	mg/L	SNI / APHA
17.	Timbal (Pb) (terlarut)	0,01	mg/L	SNI / APHA
18.	Flouride (F) (terlarut)	1,5	mg/L	SNI / APHA
19.	Aluminium (Al) (terlarut)	0,2	mg/L	SNI / APHA

(Sumber: Lampiran PERMENKES RI No. 2 Tahun 2023)

Pada tugas perancangan bangunan pengolahan air ini digunakan untuk keperluan air minum yang mana air tersebut bisa dimanfaatkan sebagai sumber air minum sendiri untuk keperluan sehari-hari.

## 2.4 Bangunan Pengolahan Air Baku

Bangunan pengolahan air baku mempunyai kelompok tingkat pengolahan, yaitu:

- a) Pengolahan pendahuluan (*Pre-treatment*)
- b) Pengolahan pertama (*Primary treatment*)
- c) Pengolahan kedua (*Secondary treatment*)
- d) Pengolahan lumpur (*Sludge treatment*)

### 2.4.1 Pengolahan Pendahuluan

Proses pretreatment merupakan proses yang bertujuan untuk mempermudah proses pengolahan selanjutnya dengan menyaring sampah-sampah terapung yang ikut terbawa air. Misalnya seperti menghilangkan kerikil, lumpur, padatan dan memisahkan lemak. Selain itu, pretreatment juga berfungsi untuk

menyalurkan air limbah dari pabrik menuju instalasi pengolahan air limbah. Unit pre-treatment yang digunakan yaitu sebagai berikut.

#### A. Bangunan Penyadap (*Intake*)

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

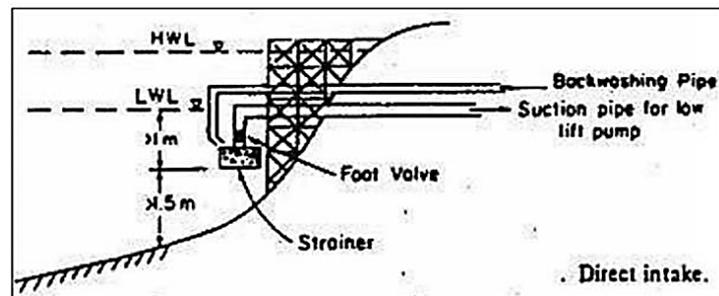
1. Penempatan bangunan penyadap (*intake*) harus aman terhadap polusi yang disebabkan pengaruh luar (pencemaran oleh manusia dan makhluk hidup lain)
2. Penempatan bangunan pengambilan pada lokasi yang memudahkan dalam pelaksanaan dan aman terhadap daya dukung alam (terhadap longsor dan lain- lain)
3. 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).

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

1. Bangunan Penyadap Langsung (*Direct Intake*)

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

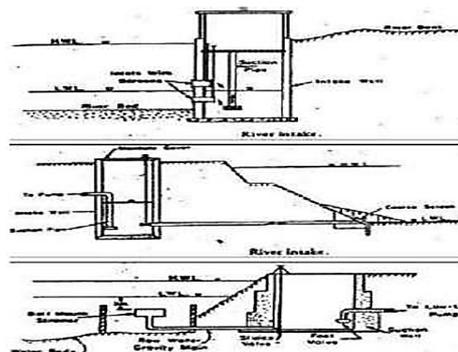


Gambar 2.1 *Direct Intake*

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

a. *River Intake*

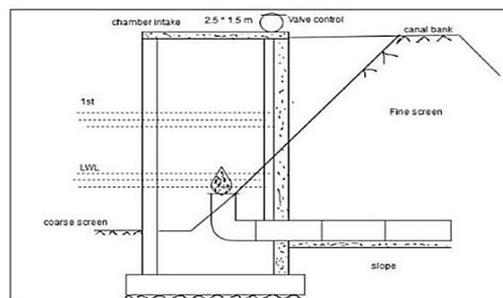
*River Intake* menggunakan pipa penyadap dalam bentuk sumur pengumpul. *Intake* ini lebih ekonomis untuk air sungai yang mempunyai perbedaan level muka air pada musim hujan dan musim kemarau yang cukup tinggi.



Gambar 2.2 *River Intake*

b. *Canal Intake*

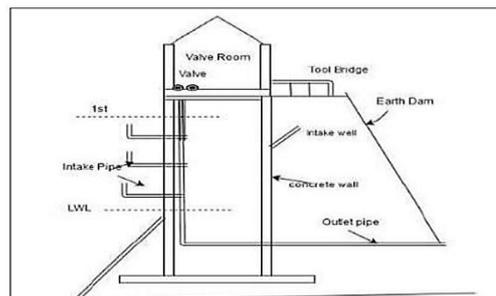
*Canal Intake* digunakan untuk air yang berasal dari kanal. Dinding chamber sebagian terbuka ke arah kanal dan dilengkapi dengan pipa pengolahan selanjutnya.



**Gambar 2.3** *Canal Intake*

c. *Reservoir Intake*

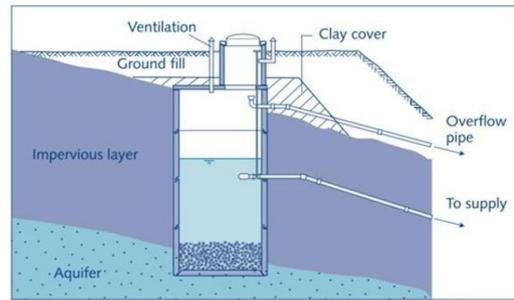
*Reservoir Intake* digunakan untuk air yang berasal dari bendungan dan mudah menggunakan menara *intake*. Menara *intake* dengan bendungan dibuat terpisah dan diletakkan di bagian hulu. Untuk mengatasi fluktuasi level muka air, maka *inlet* dengan beberapa level diletakkan pada menara.



**Gambar 2.4** *Reservoir Intake*

d. *Spring Intake*

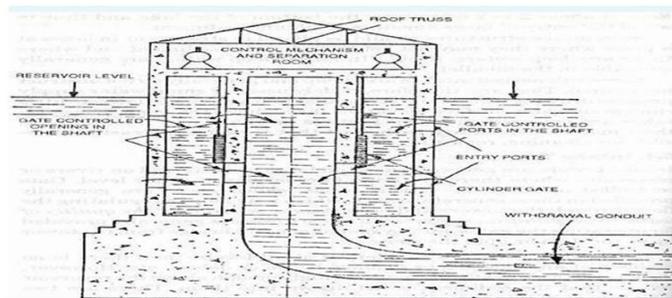
*Spring Intake* digunakan untuk air baku yang berasal dari mata air ataupun air tanah.



**Gambar 2.5** *Spring Intake*

e. *Intake Tower*

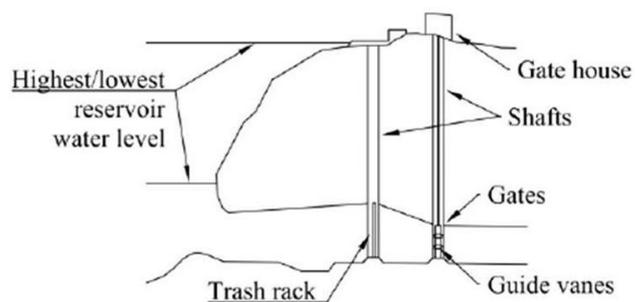
Intake Tower digunakan untuk air permukaan.



**Gambar 2.6** *Intake Tower*

f. *Gate Intake*

*Gate Intake* berfungsi sebagai screen dan sebagai pintu air pada prasedimentasi.



**Gambar 2.7** *Gate Intake*

Pada perancangan bangunan air minum ini menggunakan *Indirect Intake* (Bangunan Penyadap Tidak Langsung) yaitu jenis *River Intake*. Intake jenis ini menggunakan pipa penyadap dalam bentuk sumur pengumpul. Intake ini juga lebih ekonomis untuk air sungai yang

mempunyai perbedaan level muka air pada musim hujan dan musim kemarau yang cukup tinggi.

Selanjutnya pada bagian screen 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* dirasa sangat tepat karena dapat menghilangkan benda-benda berukuran besar dan mempunyai ukuran celah 6–150 mm.

**Tabel 2. 2** Koefisien Kekasaran Pipa Haen-Williams

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

(Sumber: Jack B & Cheng, 1987)

**Tabel 2. 3** Nilai K untuk Kehilangan Energi

<i>Valve, Fittings, and Specials</i>	<i>k value</i>
<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 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 et al., 2000)

**Tabel 2. 4** Faktor *Minor Losses Bar*

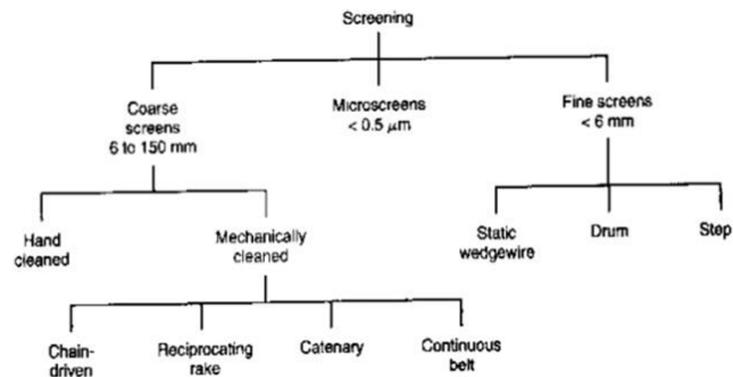
Bentuk Bar	Nilai Minor losses ( $\beta$ )
<i>Shape edge rectangular</i>	2,42
<i>Rectangular with semicircular up stream face circular</i>	1,83
<i>Circular</i>	1,79
<i>Rectangular with semicircular upstream and downstream face</i>	1,67
<i>Tear shape</i>	0,76

(Sumber: Qasim et al., 2000)

#### B. Bar Screen

Screening atau saringan dilakukan pada tahap paling awal dalam proses pengolahan air limbah. Secara umum, proses screening dilakukan untuk memisahkan berbagai benda padat yang ada pada air limbah seperti kertas, plastik, kayu, kain, dan benda padat lainnya. Benda-benda tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada sistem pemompaan dan unit peralatan pemisah lumpur serta sistem perpiaan jika tidak dipisahkan terlebih dahulu dalam air limbah (Said, 2017). Tujuan dari unit ini adalah untuk menahan sampah/benda-benda padat besar yang terbawa dalam lumpur tinja agar tidak mengganggu dan mengurangi beban pada sistem pengolahan selanjutnya (Dirjen Cipta karya, 2013).

Screening diklasifikasikan menjadi tiga. Didalamnya terdapat batang paralel, batang atau kawat, kisi-kisi, kasa kawat, atau pelat berlubang, dan bukaan dapat berbentuk apapun tetapi umumnya adalah slot melingkar atau persegi panjang. Screen yang terdiri dari batang atau batang paralel sering disebut "*bar rack*" atau *coarse screen* dan digunakan untuk menghilangkan padatan kasar. (Metcalf & Eddy, 2003).



**Gambar 2. 8** Kriteria Screen  
(Sumber: Metcalf & Eddy, 2003 Hal 315)

- *Coarse Screen* (Penyaring Kasar)

Penyaring kasar atau *coarse screen* digunakan untuk melindungi pompa, katup, saluran pipa, dan peralatan lainnya dari kerusakan atau tersumbat oleh sampah yang berukuran 6-150 mm. Pembersihan penyaring kasar dapat secara manual dengan memanfaatkan tenaga manusia atau dengan mekanis. Pembersihan secara manual biasanya dilakukan pada industri kecil ataupun sedang. Sampah padat yang berukuran sedang atau besar di saring dengan sederet baja yang diletakkan dan dipasang melintang arah aliran. *Screening* dengan pembersihan secara mekanik, bahan nya terbuat dari stainless steel atau dari plastik.



**Gambar 2. 9** *Coarse Screen*

- *Fine Screen* (Penyaring Halus)

*Fine screen* atau penyaring halus berfungsi untuk menyaring partikel- partikel yang berukuran kurang dari 6 mm. Screen ini dapat di gunakan untuk pengolahan pendahuluan (*Pre-Treatment*) maupun pengolahan pertama atau utama (*Primary Treatment*). Penyaring halus (*Fine Screen*) yang digunakan untuk pengolahan pendahuluan (*Preliminary Treatment*) adalah seperti, ayakan kawat (*static wedgewire*), drum putar (*rotary drum*), atau seperti anak tangga (*step type*). Penyaring halus (*Fine Screen*) yang dapat digunakan untuk menggantikan pengolahan utama (seperti pada pengolahan pengendapan pertama/*primary clarifier*) pada instalasi kecil pengolahan air limbah dengan desain kapasitas mulai dari 0,13 m<sup>3</sup>/dt. *Screen* tipe ini dapat meremoval BOD dan TSS.



**Gambar 2. 10** *Fine Screen*

- *Micro Screen*

*Microscreens* berfungsi untuk menyaring padatan halus, yang berukuran kurang dari 0,5  $\mu$ m. Prinsip dari *microscreens* ini adalah bahan padat kasar dihilangkan dengan sederet bahan baja yang diletakan dan dipasang melintang arah aliran. Kecepatan aliran harus lebih dari 0,3 m/detik, sehingga bahan padatan bahan padatan yang tertahan di depan tidak terjepit. Jarak antar batang adalah 20- 40 mm dan bentuk penampang batang tersebut persegi empat, dengan panjang berukuran 10 mm x 50 mm.



**Gambar 2. 11** *Micro Screen*

### C. 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).

Selain bertujuan untuk menampung air, 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.

### D. Prasedimentasi

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

Bak pengendap pertama (prasedimentasi) terdiri dari empat ruangan yaitu (Qasim dkk, 2000):

1. Zona inlet  
Tempat menghaluskan aliran transisi, dari aliran influen ke aliran steady uniform di zona *settling* (aliran laminar).
2. Zona pengendapan  
Tempat terjadinya proses pengendapan atau pemisahan partikel diskrit pada air.
3. Zona lumpur  
Tempat menampung material yang mengendap bersama lumpur.
4. Zona outlet  
Tempat menghaluskan aliran transisi, dari zona *settling* ke aliran efluen, serta mengatur debit effluent.

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

<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	800-1200	1000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	30-50	40
Peak hourly flow	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	10.000-40.000	20.000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	125-500	250
<b>Primary settling with waste activated-sludge return</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	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	10.000-40.000	20.000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	125-500	250

**Gambar 2. 12** Kriteria Desain Unit Prasedimentasi

Desain outlet biasanya terdiri dari pelimpah yang dirancang 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. 5** Beragam *Weir Loading Rate*

<i>Weir Loading Rate</i>	Sumber	Keterangan
186 m <sup>3</sup> /hari.m	Katz & Foulkes, 1962	
249,6 m <sup>3</sup> /hari.m	Katz & Foulkes, 1962	Pada daerah yang terpengaruh <i>density current</i>
264 m <sup>3</sup> /hari.m	Kawamura, 2000	

Berdasarkan kriteria desain dari berbagai sumber tentang 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 tinggi yang menyebabkan partikel yang bergerak ke bawah untuk mengendap terganggu.

#### 2.4.2 Pengolahan Primer (*Primary Treatment*)

Pada proses pengolahan tahap pertama ini, proses yang terjadi yaitu secara fisika dan kimia. Pada proses ini bertujuan untuk menghilangkan zat padat yang tercampur melalui pengapungan dan pengendapan.

##### A. Aerasi

Aerasi adalah suatu proses penambahan udara ataupun 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).

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 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  $(OH)_3$ , hal tersebut juga berlaku pada logam lain.

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

**Tabel 2. 6** Desain Karakteristik Operasional Aerator

Jenis Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
Aerator Gravitasi: <i>Cascade</i>	20-45% CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tinggi: 1-3 m</li> <li>• Luas: 85-105 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>.det</li> <li>• Kecepatan aliran: 0,3 m/det</li> </ul>
<i>Packing Tower</i>	>95% VOC >90% CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter kolom maksimum: 3 m</li> <li>• Beban hidrolis: 85-105 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari</li> </ul>
<i>Tray</i>	>90% CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecepatan: 0,8-1,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.menit</li> <li>• Kebutuhan udara: 7,5 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> air</li> <li>• Jarak rak (<i>tray</i>): 30-75 cm</li> <li>• Luas: 50-160 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>.det</li> </ul>
<i>Spray Aerator</i>	70-90% CO <sub>2</sub> 25-40 H <sub>2</sub> S	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tinggi: 1,2-9 m</li> <li>• Diameter nozzle: 2,5-4 cm</li> <li>• Jarak nozzle: 0,6-3,6 m</li> <li>• Debit nozzle: 5-10L/det</li> </ul>

Jenis Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
Aerator Berdifusi	80% VOC <sub>s</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luas bak: 105-320 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.det</li> <li>• Tekanan semprotan: 70 kPa</li> <li>• Waktu detensi: 10-30 menit</li> <li>• Udara: 0,7-1,1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> air</li> <li>• Kedalaman: 2,7-4,5 m</li> <li>• Lebar: 3-9 m</li> <li>• Lebar/kedalaman &lt;2</li> <li>• Volume maksimum: 150 m<sup>3</sup></li> <li>• Diameter lubang <i>diffuser</i>: 2-5 mm</li> </ul>
Aerator Mekanik	70-90% CO <sub>2</sub> 25-40 H <sub>2</sub> S	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Waktu detensi: 10-30 menit</li> <li>• Kedalaman tangki: 2-4 m</li> </ul>

(Sumber: Qasim et al., 2000)

## B. 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).

**Tabel 2. 7** Jenis-Jenis Koagulan

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi Dengan Air	pH Optimum
Aluminium Sulfat	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> .XH <sub>2</sub> O X = 14, 16, 18	Bongkah, Bubuk	Asam	6,0-7,8

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi Dengan Air	pH Optimum
Sodium Sulfat	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$	Bubuk	Basa	6,0-7,8
Poly Aluminium Chloride (PAC)	$\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$	Cairan, Bubuk	Asam	6,0-7,8
Ferri Sulfat	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	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. Tidak setiap kekeruhan yang tinggi membutuhkan dosis koagulan yang tinggi. Jika kekeruhan dalam air lebih dominan disebabkan oleh lumpur halus atau lumpur kasar maka kebutuhan akan koagulan hanya sedikit, sedangkan kekeruhan air yang dominan disebabkan oleh koloid akan membutuhkan koagulan yang banyak. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi koagulan, yaitu:

#### 1. Pengaruh pH

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 suhu

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

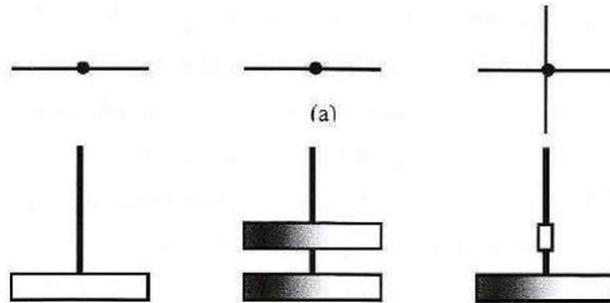
Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Distribusi dalam air cukup baik dan merata, serta masukan energi yang cukup untuk tumbukan antara partikel yang telah netral sehingga terbentuk mikroflok. Pada proses koagulasi ini pengadukan dilakukan dengan cepat.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

## 5. Pengaruh garam

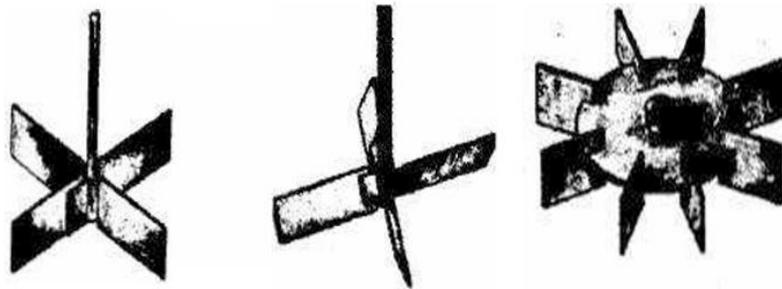
Garam dapat mempengaruhi proses penggumpalan. Pengaruh yang diberikan akan berbeda bergantung dengan macam garam (ion) dan konsentrasinya. Semakin besar valensi ion, semakin besar pengaruhnya terhadap koagulan. Penggumpalan dengan garam Fe dan Al akan banyak dipengaruhi oleh anion dibanding dengan kation.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

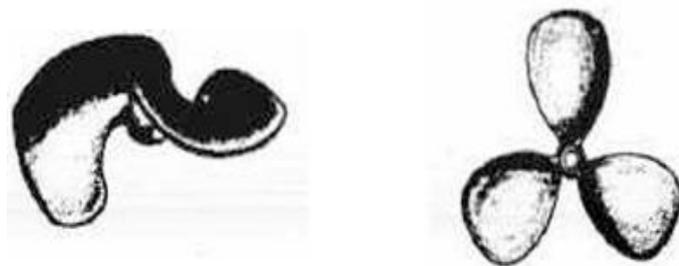
alat pengaduk, yaitu *paddle* (pedal), *turbine*, dan *propeller* (baling-baling). Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu  $G$  dan  $td$ . Sedangkan untuk menghitung besarnya tenaga (power) yang dibutuhkan, perlu memperhatikan jenis impeller yang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



**Gambar 2. 13** Tipe Paddle Tampak Atas Dan Samping



**Gambar 2. 14** Tipe *Turbine (Paddle, Propeller, Turbine)*



**Gambar 2. 15** Tipe *Propeller 2 Blade Dan 3 Blade*

**Tabel 2. 8** Kriteria *Impeller*

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

(Sumber: Reynolds & Richards, 1996:185)

**Tabel 2. 9** Nilai Waktu Pengadukan Mekanis dan Gradien Kecepatan

Waktu pengadukan, td (detik)	Gradien kecepatan (detik <sup>-1</sup> )
20	1000
30	900
40	790
50	700

(Sumber: Reynolds & Richards, 1996:184)

**Tabel 2. 10** Konstanta KL dan KT untuk Tangki Berserat

Jenis <i>Impeller</i>	KL	KT
<i>Propeller, putch of 1, 3 blades</i>	41	0,32
<i>Propeller, putch of 2, 3 blades</i>	43,5	1
<i>Turbine, 4 flat blades, vaned disc</i>	60	5,31
<i>Turbine, 6 flat blades, vaned disc</i>	65	5,75
<i>Turbine, 6 curved blades</i>	70	4,8
<i>Fan turbine, 6 blades at 45°</i>	70	1,65
<i>Shrouded turbine, 6 curved blades</i>	97,5	1,08

Jenis <i>Impeller</i>	KL	KT
<i>Shrouded turbine, with stator, no baffles</i>	172,5	1,12
<i>Flat paddles, 2 blades (single paddles), Di/Wi = 4</i>	43	2,25
<i>Flat paddles, 2 blades, Di/Wi = 6</i>	36,5	1,7
<i>Flat paddles, 2 blades, Di/Wi = 8</i>	33	1,15
<i>Flat paddles, 4 blades, Di/Wi = 6</i>	49	2,75
<i>Flat paddles, 6 blades, Di/Wi = 8</i>	71	3,82

(Sumber: Reynolds & Richards, 1996:188)

### C. Flokulasi

Flokulasi adalah proses penggabungan inti flok sehingga menjadi flok yang berukuran lebih besar. Flokulasi dibedakan menjadi:

1. Mikroflokulasi (flokulasi perikinetik) terjadi ketika partikel teragregasi karena gerakan termal acak dari molekul-molekul cairan yang disebut *Brownian Motion*.
2. Makroflokulasi (flokulasi ortokinetik) terjadi ketika partikel teragregasi karena adanya peningkatan gradien-gradien kecepatan dan pencampuran dalam media. Bentuk lain dari makroflokulasi disebabkan oleh pengendapan diferensial, yaitu ketika partikel-partikel besar menarik partikel-partikel kecil membentuk partikel-partikel yang lebih besar. Makroflokulasi belum efektif sampai partikel-partikel koloid mencapai ukuran 1-10  $\mu\text{m}$  melalui kontak yang didorong oleh *Brownian Motion* dan sedikit pencampuran (Kristijarti et al., 2013).

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  $\text{detik}^{-1}$ ) 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.

#### D. Sedimentasi

Sedimentasi adalah pemisahan padatan dan cairan dengan menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk memisahkan partikel tersuspensi yang terdapat dalam cairan tersebut. Proses ini sangat umum digunakan pada instalasi pengolahan air minum. Aplikasi utama dari sedimentasi pada instalasi pengolahan air minum adalah:

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

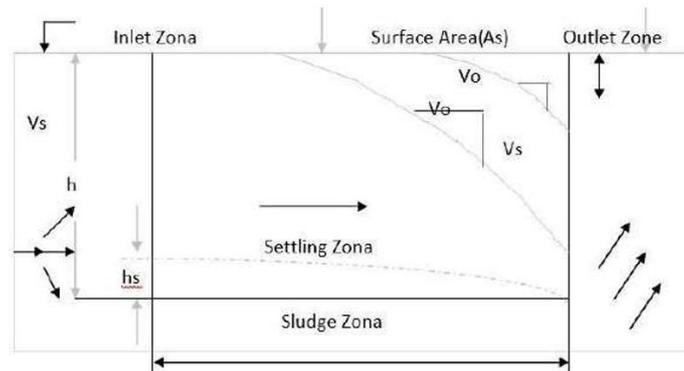
Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah:

- a. Pengendapan Tipe I (*Free Settling*).
- b. Pengendapan Tipe II (*Flocculent Settling*).
- c. Pengendapan Tipe III (*Zone/Hindered Settling*).
- d. Pengendapan Tipe IV (*Compression Settling*).

Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat empat zona:

1. *Zona Inlet*.
2. *Zona Outlet*.
3. *Zona Settling*.
4. *Zona Sludge*.

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

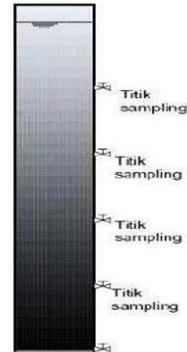


**Gambar 2. 16** Zona Pada Bak Sedimentasi  
(Sumber: Ali masduqi, 2016)

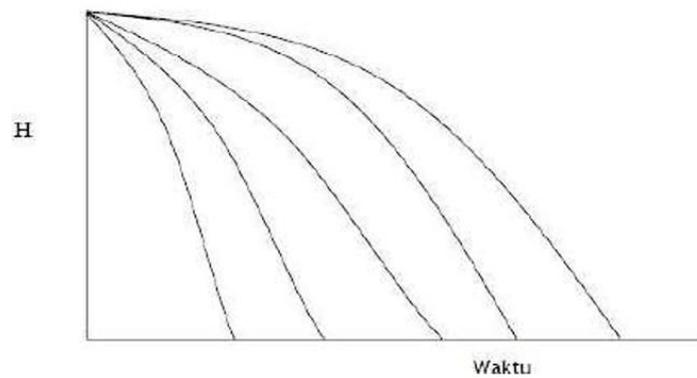
Dimana pada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut:

- Zona Inlet = Terjadi distribusi aliran yang menuju zona settling ( $\pm 25\%$  panjang bak)
- Zona Settling = Terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya
- Zona Sludge = Sebagai ruang lumpur, dimana konfigurasi dan kedalamannya tergantung pada metode pengurasan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel 75% mengendap pada  $1/5$  volume bak.
- Zona Outlet = Pada zona ini dihasilkan air yang jernih tanpa suspensi yang ikut terbawa.

Kecepatan pengendapan partikel tidak bisa ditentukan dengan persamaan Stoke's karena ukuran dan kecepatan pengendapan tidak tetap. Besarnya partikel yang mengendap di uji dengan column setting test dengan multiple withdraw ports. Dengan menggunakan kolom pengendapan tersebut, sampling dilakukan pada setiap port pada interval waktu tertentu, dan data removal partikel diplot pada grafik.

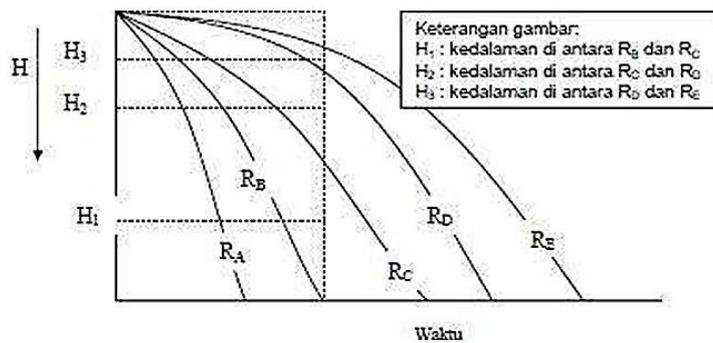


**Gambar 2. 17** Kolom Tes Sedimentasi Tipe 2  
(Sumber: Ali masduqi, 2016)



**Gambar 2. 18** Grafik Iso-removal  
(Sumber: Ali masduqi, 2016)

Grafik isoremoval dapat digunakan untuk mencari besarnya penyisihan total pada waktu tertentu. Titik garis vertikal dari waktu yang ditentukan tersebut. Dapat menentukan kedalaman  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$ .



**Gambar 2. 19** Penentuan Kedalaman H Dan Seterusnya  
(Sumber: Ali masduqi, 2016)

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

$$RT = RB + \frac{H1}{H} (RC - RB) + \frac{H2}{H} (RD - RC) + \frac{H3}{H} (RE - RD)$$

Grafik isoremoval juga dapat digunakan untuk menentukan lamanya waktu pengendapan dan surface loading atau overflow rate bila diinginkan efisiensi pengendapan tertentu. Langkah yang dilakukan adalah:

1. Menghitung penyisihan total pada waktu tertentu, minimal sebanyak tiga variasi waktu. (mengulangi langkah di atas minimal dua kali)
2. Membuat grafik hubungan persen penyisihan total (sebagai sumbu y) dengan waktu pengendapan (sebagai sumbu x)
3. Membuat grafik hubungan persen penyisihan total (sebagai sumbu y) dengan overflow rate (sebagai sumbu x)

Kedua grafik ini digunakan untuk menentukan waktu pengendapan atau waktu detensi ( $t_d$ ) dan overflow rate ( $V_o$ ) yang menghasilkan efisiensi pengendapan tertentu. Hasil yang diperoleh dari kedua grafik ini adalah nilai berdasarkan eksperimen di laboratorium (secara *batch*). Nilai ini dapat digunakan dalam mendesain bak pengendap (aliran kontinu) setelah dilakukan penyesuaian, yaitu dikalikan dengan faktor *scale up*. Untuk waktu detensi, faktor *scale up* yang digunakan pada umumnya adalah 1,75 dan untuk *overflow rate*, faktor *scale up* yang digunakan pada umumnya adalah 0,65 (Reynolds & Richards, 1982).

Ada dua jenis bak sedimentasi yang biasa digunakan:

a. Horizontal – *Flow Sedimentation*

Desain yang baik pada bangunan ini dapat mengurangi lebih dari 95% dari kekeruhan air. Bentuknya yang persegi Panjang yang tanpa menggunakan alat pengambil lumpur mekanik mempunyai beberapa keuntungan misalnya, mempunyai kemampuan untuk menyesuaikan kondisi air seperti perubahan kekeruhan, laju aliran yang meningkat ataupun debit air yang meningkat secara tiba-tiba. Sedangkan pada

bentuk yang circular biasanya menggunakan pengambil lumpur mekanik.

Cara kerja bak sedimentasi bentuk rectangular (persegi panjang) yaitu, air yang mengandung flok masuk ke zona inlet kemudian masuk ke zona settling melalui baffle/sekat agar alirannya menjadi laminar. Di zona settling partikel mengendap, endapannya masuk ke zona lumpur, sedangkan supernatant (airnya) keluar melalui zona outlet. Beberapa keuntungan horizontal-flow dibandingkan dengan up flow adalah Lebih bisa menyesuaikan dengan variasi kualitas dan hidrolis air:

- Prosesnya memberikan bentuk yang dapat direncanakan sesuai dengan operasional dan kondisi iklim.
- Biaya konstruksi murah.
- Operasional dan perawatannya mudah.

Adapun kriteria desainnya jumlah air yang akan diolah ( $Q$ ), waktu detensi, luas permukaan dan kecepatan pengendapan.

b. *Upflow Sedimentation*

Bangunan tipe ini biasanya digunakan bila debit air konstan dan kualitas kekeruhan tidak lebih dari 900 NTU. Kelemahan dari bangunan ini adalah tidak bisa digunakan bila kapasitasnya berlebih dan memerlukan tenaga ahli untuk mengoperasikannya. Bila dalam suatu bangunan pengolahan air lahannya terbatas bisa digunakan tipe ini untuk bak sedimentasinya karena lahan yang diperlukan untuk bangunan ini relatif kecil. Semakin besar angka BOD menunjukkan bahwa derajat pengotoran air semakin besar (Sugiarto, 2007).

Pengotoran air mengandung bahan-bahan organik, merusak kehidupan air serta menimbulkan bau. Salah satu cara untuk menurunkan polutan yaitu dengan teknologi pengolahan yang dapat dilakukan dengan cara penambahan bahan kimia untuk menetralkan keadaan dan meningkatkan pengurangan dari partikel kecil yang tercampur dilanjutkan dengan proses pengendapan untuk mengurangi

bahan organik, proses ini dikenal dengan proses koagulasi yang bertujuan untuk memisahkan koloid yang sangat halus di dalam air, menjadi gumpalan-gumpalan yang dapat diendapkan, disaring atau diapungkan.

Dengan berkurangnya bahan organik terlarut akan menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik tersebut sehingga nilai BOD akan menurun. Menurut Metcalf & Eddy (2007), adanya waktu tinggal, penambahan bahan kimia, serta pengadukan sebelum unit sedimentasi dapat meningkatkan efisiensi penyisihan BOD sekitar 50-80% (Metcalf & Eddy et al., 2007).

Efisiensi pengendapan partikel flokulan dipengaruhi oleh *over flow rate*, *detention time* dan kedalaman bak pengendap. *Over flow rate* ditentukan oleh surface area dimana semakin besar surface area, maka kecepatan pengendapan akan semakin cepat dan efisiensi bak semakin baik. Apabila  $V_o = V_s = \frac{H}{t_s}$  maka semakin besar h akan menurunkan efisiensi. Sebaliknya semakin besar waktu detensi akan meningkatkan efisiensi sedimentasi.

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

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

- Kedalaman air = 3 – 4,5 m
- Kecepatan aliran = 0,3 – 1,7 m/min

- Waktu detensi = 1,5 – 4 jam
- *Surface loading* = 1,25 – 2,5 m/jam
- Panjang/lebar = minimum  $\frac{1}{4}$
- Kedalaman air/panjang = minimum 1/15
- *Weir loading rate* = 9 – 13 m<sup>3</sup>/m.jam

Bak sedimentasi dapat berupa circular, rectangular atau square dengan kedalaman 2-5 m. Dimana rectangular mempunyai panjang sampai 50 m dan lebar 10 m sedangkan square tank mempunyai panjang  $\pm$  2,5 m. Slope ruang lumpur berkisar antara 2% - 6%, bilangan Reynolds < 2000 agar aliran laminar.

### 2.4.3 Pengolahan Sekunder (*Secondary Treatment*)

Menurut (Sugiharto, 1987), pada proses pengolahan tahap kedua ini, proses yang terjadi yaitu secara biologis. Pada proses ini bertujuan untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada di dalamnya. Pada proses ini dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain jumlah air limbah, tingkat kekotoran, jenis kekotoran, dan lain sebagainya.

#### A. Filtrasi

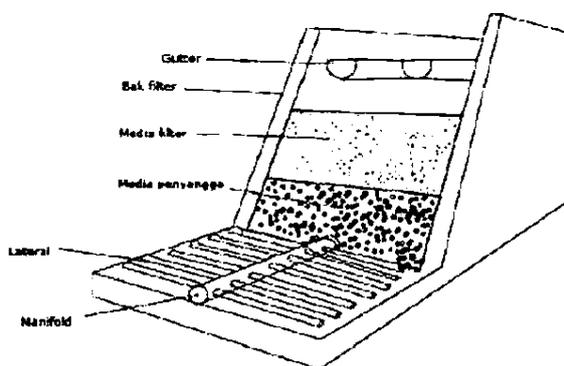
Menurut Al-Layla pada tahun 1978, partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air tidak bisa mengendap secara sempurna hanya dengan menggunakan proses sedimentasi. Untuk lebih menyempurnakan proses penyisihan partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air, dapat dilakukan dengan menggunakan 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 (Al-Layla, 1978).

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 (Al-Layla, 1978):

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.



**Gambar 2. 20** Bagian-Bagian Filter

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 filtrasinya berkisar antara 4-5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hr (namun terkadang laju filtrasinya dapat lebih dari 6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hr). Ukuran pasir efektif yang digunakan pada filter ini berkisar antara 0,450,55 mm. Lapisan filter ini bila dilihat dari bawah terdiri dari gravel dengan tebal berkisar antara 38-60 cm, sedangkan di atasnya terdapat pasir yang tebalnya kurang lebih 80 cm. Proses *backwash* pada *rapid sand filter* berbeda dengan *slow sand filter*. Pada *rapid sand filters* waktu *backwash* ditentukan dari head loss filter saat itu (Al Layla, 1978).

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 deviasinya (Al-Layla, 1978).

*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:

Single 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

Pada perancangan bangunan air minum ini menggunakan filter pasir cepat atau *rapid sand filter*

#### 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).

**Tabel 2. 11** Kriteria Filter Pasir Cepat

No.	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan
1.	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6-11	6-11
2.	Pencucian: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistem pencucian</li> <li>• Kecepatan (m/jam)</li> <li>• Lama pencucian (menit)</li> <li>• Periode antara dua pencucian (jam)</li> <li>• Ekspansi (%)</li> </ul>	Tanpa/dengan blower dan/atau <i>surface wash</i> 36-50 10-15 18-24 30-50	Tanpa/dengan blower dan/atau <i>surface wash</i> 72-198 10-15 18-24 30-50

No.	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan
3.	Dasar Filter:		
	a. Lapisan penyangga dari atas ke bawah		
	• Kedalaman (mm)	80-100	80-100
	• Ukuran butir (mm)	2-5	2-5
	• Kedalaman (mm)	80-100	80-100
	• Ukuran butir (mm)	5-10	5-10
	• Kedalaman (mm)	80-100	80-100
	• Ukuran butir (mm)	10-15	10-15
	• Kedalaman (mm)	80-150	80-150
	• Ukuran butir (mm)	15-30	15-30
	b. Filter nozel		
	• Lebar slot nozel (mm)	<0,5	<0,5
	• Persentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)	>4%	>4%

(Sumber: SNI 6774-2008)

## 2. Filter pasir lambat

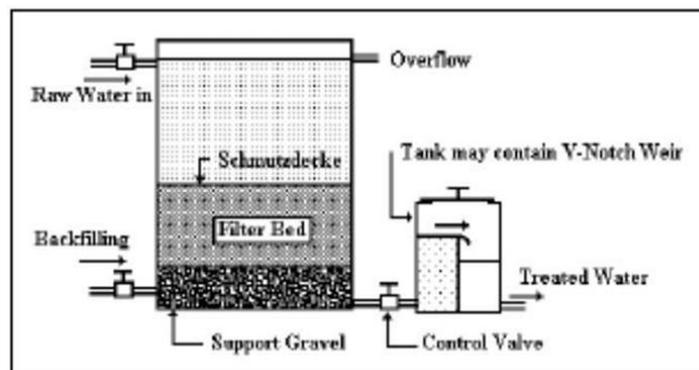
Filter pasir lambat atau *slow sand* filter adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi lambat yaitu sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Filter pasir lambat bekerja dengan cara pembentukan lapisan biofilm di beberapa milimeter bagian atas lapisan pasir halus yang disebut lapisan *hypogeal* atau *schmutzdecke*.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

**Tabel 2. 12** Kriteria Filter Pasir Lambat

Kriteria	Nilai/Keterangan
Kecepatan filtrasi	0,1-0,4 m/jam
Ukuran bed	Besar, 2000 m
Kedalaman bed	30 cm kerikil, 90-110 cm pasir, berkurang 50-80 cm saat pencucian
Ukuran pasir	<i>Effective size</i> 0,25-0,3 mm, <i>uniformity coefficient</i> 2-3
Distribusi ukuran media	Tidak terstratifikasi
Sistem <i>underdrain</i>	Sama dengan filter cepat atau batu kasar dan beton berlubang sebagai saluran utama
Kehilangan energi	6 cm saat awal, hingga 120 cm saat akhir
Filter <i>run</i>	20-60 hari
Metode pembersihan	Mengambil lapisan pasir dipermukaan dan mencucinya
Pengolahan pendahuluan	Biasanya tidak ada kekeruhan kurang dari 50 NTU
Biaya konstruksi	Relatif rendah
Biaya operasi	Relatif rendah
Biaya depresiasi	Relatif rendah

(Sumber: Schulz & Okun, 1984)



**Gambar 2. 21** Filter Pasir Lambat

### 3. Filter bertekanan

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

**Tabel 2. 13** Kriteria Filter Pasir Bertekanan

No.	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)
1.	Kecepatan penyaringan (m/jam)	12-33
2.	Pencucian: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistem pencucian</li> <li>• Kecepatan (m/jam)</li> <li>• Lama pencucian (menit)</li> <li>• Periode antara 2 pencucian (jam)</li> </ul>	Tanpa/dengan blower dan/atau <i>surface wash</i> 72-198 - -

No.	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)
	• Ekspansi (%)	30-50
3.	Media pasir:	
	• Tebal (mm)	300-700
	• Single media	600-700
	• Ganda media	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 antrasit:	
	• Tebal (mm)	400-500
	• Ukuran efektif, ES (mm)	1,2-1,8
	• Koefisien keseragaman, UC	1,5
	• Berat jenis (kg/L)	1,35
	• Porositas	0,5
5.	Dasar filer nozel:	
	• Lebar slot nozal (mm)	<0,5
	• Persentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)	>4%

(Sumber: SNI 6774-2008)

#### 4. Hidrolika Pencucian (Backwash)

Apabila hidrolika pencucian (*Backwash*) digunakan dalam kurun waktu tertentu, filter akan mengalami penyumbatan akibat tertahannya partikel halus dan koloid oleh media filter. Tersumbatnya media filter ditandai oleh:

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

- Penurunan kualitas produksi

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

- Menggunakan menara air
- Interfilter

#### 2.4.4 Pengolahan Tersier (*Tertiary Treatment*)

Menurut (Sugiharto, 1987), pada proses pengolahan ini adalah kelanjutan dari pengolahan terdahulu, oleh karena itu pengolahan jenis ini akan digunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua, banyak zat tertentu yang masih berbahaya bagi masyarakat umum. Pengolahan ketiga ini merupakan pengolahan secara khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah, biasanya dilaksanakan pada pabrik yang menghasilkan air limbah khusus diantaranya yang mengandung fenol, nitrogen, fosfat, bakteri patogen dan lainnya. Unit pengolahan tersier ini terdiri dari:

##### A. Disinfeksi

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

Disinfeksi secara kimia menggunakan larutan kaporit, gas klor dan gas ozon. Sedangkan disinfeksi secara fisik menggunakan gelombang mikro

dan sinar ultraviolet. Untuk membunuh mikroorganisme bersifat patogen terkandung dalam air, desinfektan/bahan desinfeksi yang digunakan adalah kaporit, bromin klorida, gas klor, gas iod, ozon dan Kalium Permanganat. Kemampuan disinfeksi dalam pengolahan air minum adalah:

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

Macam-macam faktor yang mempengaruhi efisiensi disinfeksi adalah:

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

Dalam perancangan kali ini, kami menggunakan metode disinfeksi 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 (Benny, 2008).

Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih besar dari aerasi, dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik pada 8-8. Oksidasi besi membutuhkan waktu 15-30 menit. Pada umumnya proses standar penurunan Fe dan Mn menggunakan koagulasi dengan alum, flokulasi, pengendapan, dan filtrasi dengan didahului proses preklorinasi. Dosis sisa klor yang dianjurkan 0,2-0,5 mg/l (Said, 2009).

Perlu dilakukan percobaan Daya Pengikat Chlor (DPC) untuk mengetahui dosis senyawa chlor ( $Cl_2$ ) yang dibutuhkan oleh air untuk proses disinfeksi (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). Berikut adalah berbagai macam disinfeksi dengan metode yang berbedabeda beserta penjelasannya:

#### 1. Disinfeksi dengan ozon

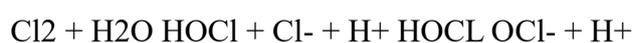
Ozon adalah zat pengoksidasi kuat sehingga dapat melakukan perusakan bakteri antara 600–3000 lebih kuat dari klorin. Penggunaannya tidak dipengaruhi oleh pH air, sedangkan klorin sangat bergantung pada pH air. Mekanisme produksi ozon adalah eksitasi dan percepatan electron yang tidak beraturan dalam 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. Disinfeksi dengan UV

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. Disinfeksi dengan pembubuhan kimia

Metode ini menggunakan bahan kimia yang dicampurkan daam 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. Disinfeksi 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 (Aji, 2015).

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.

#### B. Reservoir

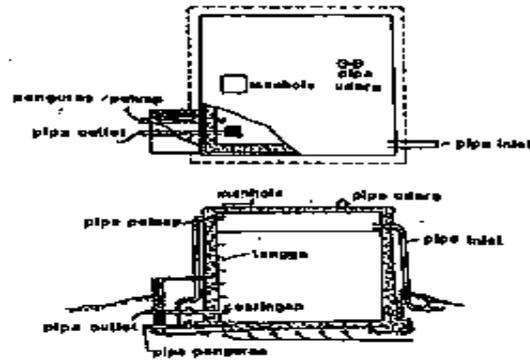
Reservoir adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya reservoir ini diperlukan pada suatu system penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Reservoir mempunyai fungsi dan peranan tertentu yang diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan 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. Berdasarkan tinggi relative reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

##### 1. Reservoir Permukaan (*Ground Reservoir*)

Reservoir permukaan adalah reservoir yang sebagian besar atau seluruh bagian reservoir tersebut terletak dibawah permukaan tanah. *Ground* reservoir berfungsi sebagai penampung air bak filtrasi, sebelum masuk ke dalam ground reservoir, air tersebut harus diinjeksi dengan chlor yang sudah dilarutkan. *Ground* reservoir dilengkapi dengan baffle untuk mencampur dan mengaduk chlor dalam air. *Ground* reservoir

dibangun di bawah tanah atau sejajar dengan permukaan tanah. Reservoir ini digunakan bila head yang dimiliki mencukupi untuk distribusi air minum. Jika kapasitas air yang didistribusikan tinggi, maka diperlukan *ground* reservoir lebih dari satu.



**Gambar 2. 22** Reservoir Permukaan

## 2. Reservoir Menara (*Elevated* Reservoir)

Reservoir menara adalah reservoir yang seluruh bagian penampungannya terletak lebih tinggi dari permukaan tanah sekitarnya. Menara reservoir dapat direncanakan dari kebutuhan air minum yang diperlukan untuk instalasi pengolahan air minum tersebut, dengan mengetahui jumlah dan pemakaian air untuk instalasi dapat direncanakan dimensi menara instalasi dan ketinggiannya. Reservoir ini digunakan bila head yang tersedia dengan menggunakan *ground* reservoir tidak mencukupi kebutuhan untuk distribusi. Dengan menggunakan *elevated* reservoir maka air dapat didistribusikan secara gravitasi. Tinggi menara tergantung kepada head yang dibutuhkan.



**Gambar 2. 23** Reservoir Menara

Sedangkan berdasarkan bahan konstruksinya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi empat, 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. 24** 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. 25** 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.



**Gambar 2. 26** Reservoir *Fiberglass*

#### 2.4.5 Pengolahan Lumpur (*Sludge Treatment*)

Dari pengolahan air limbah maka didapatkan hasil berupa lumpur yang perlu diadakan pengolahan secara khusus agar lumpur tersebut tidak mencemari lingkungan dan dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan kehidupan. Sludge dalam disposal sludge memiliki masalah yang lebih kompleks. Hal ini disebabkan karena:

- Sludge sebagian besar dikomposisi dari bahan-bahan yang bertanggung jawab untuk menimbulkan bau.
- Bagian sludge yang dihasilkan dari pengolahan biologis dikomposisi dari bahan organik.
- Hanya sebagian kecil dari sludge yang mengandung solid (0.25% - 12% solid).

Tujuan utama dari pengolahan lumpur adalah:

- Mereduksi kadar lumpur
- Memanfaatkan lumpur sebagai bahan yang berguna seperti pupuk dan sebagai penguruk lahan yang sudah aman.

Terdapat berbagai macam jenis pengolahan lumpur yang digunakan dalam industri-industri saat ini. Banyak hal yang perlu dipertimbangkan dalam memilih pengolahan lumpur yang sesuai dengan kuantitas lumpur yang dibuang, salah satu pertimbangan yang paling penting yaitu efektifitas pengolahan lumpur dan waktu yang tidak terlalu lama dalam proses pengolahan lumpur.

##### A. *Belt Filter Press*

Sebagian besar dari jenis belt filter press, lumpur dikondisikan di bagian saluran gravitasi untuk dapat menebalkan lumpur. Pada bagian ini banyak air yang tersisihkan dari lumpur secara gravitasi. Di beberapa unit, bagian ini diberikan dengan bantuan vacuum yang menambah saluran dan membantu untuk mengurangi bau. Mengikuti saluran gravitasi, tekanan yang digunakan dalam bagian tekanan rendah, di mana lumpur diremas

diantara pori kain sabuk. Di beberapa unit, bagian tekanan rendah diikuti bagian tekanan tinggi dimana lumpur mengalami pergeseran melewati penggulung.

Peremasan dan pergeseran ini menginduksi dari penambahan air dari lumpur. Akhir pengeringan cake lumpur adalah penyisihan dari sabuk dengan scrapper blade. Sistem operasi jenis belt filter press dari pompa penyedot lumpur, peralatan polimer, tangki lumpur (flokulator), belt filter press, conveyor cake lumpur, dan sistem pendukung. Namun, ada beberapa unit yang tidak menggunakan tangki lumpur.

Banyak variabel yang mempengaruhi cara kerja dari belt filter press, antara lain karakteristik lumpur, metode serta kondisi bahan kimia, tekanan, konfigurasi mesin (saluran gravitasi), porositas sabuk, kecepatan sabuk, dan lebar sabuk. Belt filter press ini sensitif terhadap variasi karakteristik lumpur dan efisiensi mengurangi pengeringan lumpur. Fasilitas memadukan lumpur harus termasuk dalam desain sistem di mana karakteristik lumpur beraneka ragam.

Belt filter press mempunyai ukuran lebar belt dari 0,5 – 3,5 m. Ukuran yang umum digunakan untuk lumpur perkotaan adalah 2 m. Beban lumpur dari 90 sampai 680 kg/m.h tergantung pada jenis lumpur dan konsentrasi lumpur yang masuk. Beban hidroulik pada lebar belt antara 1,6 – 6,3 L/m.s. Pertimbangan keamanan desain mencakup ventilasi untuk memindahkan hidrogen sulfida atau gas lainnya dan peralatan penjaga untuk mencegah hilangnya baju diantara rol.

## **2.5 Aksesoris Perancangan Bangunan**

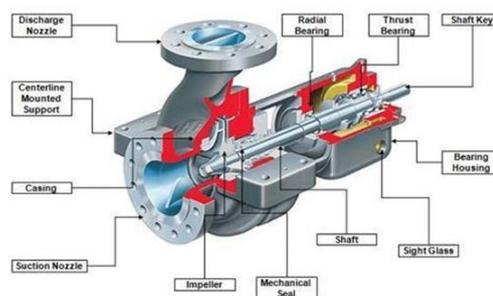
### **A. Pompa**

Pompa merupakan suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari satu tempat ke tempat yang lain dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut. Kenaikan tekanan cairan digunakan untuk mengatasi hambatan pengaliran yang berupa perbedaan tekanan, ketinggian, atau hambatan gesek.

Pada prinsipnya pompa dapat mengubah energi mekanik menjadi energi aliran fluida, energi yang diterima oleh fluida akan digunakan untuk menaikkan tekanan dan mengatasi tahanan yang terdapat pada saluran yang dilalui. Pompa memiliki dua kegunaan, yaitu untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ketempat lainnya dan untuk mensirkulasikan cairan sekitar sistim. Pompa sendiri memiliki bermacam-macam jenis, yaitu:

### 1. *Sentrifugal Pump*

*Sentrifugal Pump* merupakan pompa dengan susunan atas sebuah impeller dan saluran inlet di tengah-tengahnya. Ketika impeller berputar, fluida akan mengalir menuju casing di sekitar impeller sebagai akibat dari gaya sentrifugal. Penggunaan pompa sentrifugal di dunia mencapai angka 80% karena penggunaannya yang cocok untuk mengatasi jumlah fluida yang besar daripada pompa *positive-displacement*.



**Gambar 2. 27** *Sentrifugal Pump*

### 2. *Rotary Pump*

*Rotary Pump* adalah pompa yang menggerakkan fluida dengan menggunakan prinsip rotasi. Vakum terbentuk oleh rotasi dari pompa dan selanjutnya menghisap fluida masuk. Keuntungan dari pompa ini adalah efisiensi yang tinggi karena secara natural dapat mengeluarkan udara dari pipa alirannya, serta dapat mengurangi kebutuhan pengguna untuk mengeluarkan udara tersebut secara manual. Dan untuk kelemahan dari pompa ini adalah apabila pompa bekerja pada kecepatan yang terlalu tinggi, maka fluida kerjanya justru dapat menyebabkan erosi pada sudut-sudut pompa.



**Gambar 2. 28** *Rotary Pump*

### 3. *Gear Pump*

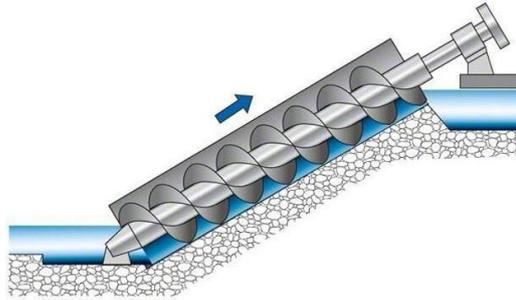
*Gear Pump* merupakan jenis pompa roda gigi positif yang dapat memindahkan cairan dengan berulang kali menutup volume tetap menggunakan roda gigi yang saling mengunci, dan mentransfernya secara mekanis menggunakan pemompaan siklik yang memberikan aliran pulsa halus mulus sebanding dengan kecepatan rotasi gir-nya.



**Gambar 2. 29** *Gear Pump*

### 4. *Screw Pump*

*Screw Pump* merupakan pompa yang di gunakan untuk menangani cairan yang mempunyai viskositas tinggi, heterogen, sensitive terhadap geseran dan cairan yang mudah berbusa. Perisin kerja Screw di temukan oleh seorang engineer Prancis bernama Rene Moneau, sehingga sering di sebut juga dengan Moneau pump.



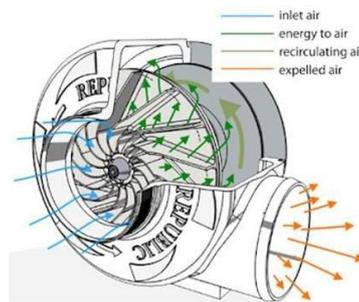
**Gambar 2. 30** *Screw Pump*

## B. *Blower*

*Blower* merupakan mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan dalam suatu ruangan dan sebagai pengisapan atau pemvakuman udara atau gas tertentu. *Blower* juga merupakan mesin yang memampatkan udara atau gas oleh gaya sentrifugal ketekanan akhir melebihi dari 40 psig. Menurut klasifikasinya *blower* dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

### 1. *Blower Sentrifugal*

*Blower Sentrifugal* merupakan *blower* dengan memiliki *impeller* yang dapat berputar hingga 15.000 rpm. *Blower sentrifugal* dapat beroperasi melawan tekanan 0,35 sampai 0,70 kg/cm<sup>2</sup>.



**Gambar 2. 31** *Blower Sentrifugal*

### 2. *Blower Positive Displacement*

*Blower Positive Displacement* merupakan *blower* yang memiliki rotor yang menjebak udara dan mendorongnya melalui rumah blower. *Blower* ini menyediakan volume udara yang konstan bahkan jika tekanan sistemnya bervariasi. *Blower* ini berputar lebih pelan daripada *blower*

*sentrifugal* hanya 3.600 rpm dan sering digerakkan oleh *belt* untuk memfasilitasi perubahan kecepatan.



**Gambar 2. 32** *Blower Positive Displacement*

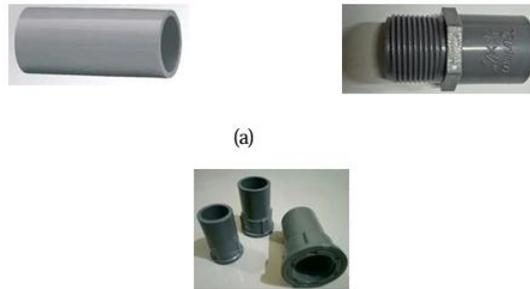
### C. Pipa

Dalam membangun sebuah sistem jaringan saluran air yang ideal maka dibutuhkan dukungan aksesoris pipa yang tepat. Fungsi dari aksesoris pipa adalah untuk membangun jalur belokan, membangun jalur percabangan, mendukung metode penyambungan, dan menyambung antar pipa. Adapun aksesoris yang dimiliki pipa terdiri dari:

#### 1. *Shock* pipa/*Socket*

*Shock* pipa/*Socket* merupakan aksesoris untuk menyambung pipa yang bertujuan untuk memperpanjang pipa dengan menyambung lurus satu pipa dengan pipa lainnya. Aksesoris ini biasa digunakan untuk menyambung pipa dengan diameter yang sama, dengan ulir yang berada di dalam. *Shock* pipa terbagi menjadi beberapa jenis seperti:

- *Shock* pipa PVC polos, yang digunakan untuk menyambung dua pipa PVC dengan ujungnya tidak ada ulir atau drat.
- *Shock* pipa drat luar, pada kedua ujung *shock* nya memiliki ulir/drat. *Shock* pipa jenis ini biasanya dikombinasikan dengan *shock* pipa drat dalam.
- *Shock* pipa drat dalam, pada kedua ujung *shock* nya memiliki ulir/drat. *Shock* pipa jenis ini biasanya dikombinasikan dengan *shock* pipa drat luar ataupun konektor penyambung selang.



**Gambar 2. 33 Shock Pipa**

### 2. *Elbow*

*Elbow* merupakan aksesoris perpipaan yang memiliki bentuk mirip dengan huruf “L” atau berbentuk siku (*Elbow*). Aksesoris ini berfungsi untuk membelokkan aliran. Aksesoris ini memiliki kombinasi sudut bervariasi yang paling sering dipakai adalah  $90^\circ$  dan  $45^\circ$ .



**Gambar 2. 34 Elbow  $90^\circ$  Dan  $45^\circ$**

### 3. *Tee*

*Tee* merupakan aksesoris pipa yang berfungsi untuk membagi aliran lurus menjadi dua arah, ke kanan dan kiri. Seperti namanya aksesoris tee berbentuk seperti huruf “T”, namun ada beberapa kasus Tee berbentuk seperti huruf “Y”, banyak orang menyebutnya Y-Branch.



**Gambar 2. 35 Tee Bentuk T Dan Y Branch**

#### 4. *Reducer*

*Reducer* merupakan aksesoris pipa yang berfungsi untuk menyambung dua pipa dengan diameter berbeda. Reducer ini terbagi menjadi dua tipe, yakni reducer elbow untuk membelokkan aliran dan reducer socket untuk memperpanjang pipa dengan sambungan lurus.



**Gambar 2. 36** *Reducer*

#### 5. *Dop/plug/cap/clean out*

*Dop/plug/cap/clean out* merupakan aksesoris pipa yang berfungsi untuk menutup saluran pipa pada ujung pipa yang tidak dihubungkan lagi. Cap adalah penutup yang lebih simpel dari yang lain, Plug adalah penutup yang sangat rapat dengan sistem ulir/drat, clean out adalah penutup yang dapat ditutup dan dibuka sesuka hati. Namun kebanyakan kontraktor memilih untuk menutup ujung pipa dengan kran, agar sewaktu-waktu ujung pipa dapat digunakan dan bermanfaat.



**Gambar 2. 37** *Dop/Plug/Cap/Clean Out*

## 2.6 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.

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 pada tabel berikut.

**Tabel 2. 14** Jenis Pengolahan Berdasarkan Parameter

No	Parameter	Unit Pengolahan	Sumber
1	Kekeruhan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prasedimentasi</li> <li>- Sedimentasi</li> <li>- Filtrasi (<i>rapid sand filter</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reynolds/Richards 2<sup>nd</sup>, <i>Unit Operations and Processess in Environmental Engineering</i>, page 130</li> <li>- Droste, Ronald L. 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment</i>. hal 224</li> <li>- Reynolds/Richards 2<sup>nd</sup>, <i>Unit Operations and Processess in Environmental Engineering</i>, page 316</li> </ul>
2	TSS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prasedimentasi</li> <li>- Sedimentasi</li> <li>- Filtrasi (<i>rapid sand filter</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Syed R. Qasim 1985, <i>WWTP Planning Design and Operation</i>. Page 52</li> <li>- Metcalf and Eddy, <i>Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th</i>, Hal 497</li> <li>- Droste, 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment</i>. Halaman 224</li> </ul>
3	TDS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sedimentasi</li> <li>- Filtrasi (<i>rapid sand filter</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Droste, Ronald L, 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment</i>. Hal 224</li> </ul>
4	BOD	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prasedimentasi</li> <li>- Sedimentasi</li> <li>- Filtrasi (<i>rapid sand filter</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Syed R. Qasim, <i>Wastewater Treatment Plants Design and Operation</i> hal. 263</li> <li>- Metcalf and Eddy, <i>Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4<sup>th</sup></i>, Hal 497</li> <li>- Syed R. Qasim, <i>Wastewater Treatment Plants Design and Operation</i></li> </ul>

No	Parameter	Unit Pengolahan	Sumber
5	Fe	- Aerasi - Filtrasi ( <i>rapid sand filter</i> )	- Droste, 1997, <i>Theory and Practice of water and wastewater Treatment Chapter 9</i> , Hal 224 - Reynolds/Richards 2 <sup>nd</sup> , <i>Unit Operations and Processes in Environmental Engineering</i> , page 316
6.	Mn	- Aerasi - Filtrasi ( <i>rapid sand filter</i> )	- Droste, 1997, <i>Theory and Practice of water and wastewater Treatment Chapter 9</i> , Hal 224 - Ali Masduqi. Operasi dan proses pengolahan air. hal 171
7.	Amonia	- Aerasi - Filtrasi ( <i>rapid sand filter</i> )	- Ririn Arifah . Amonia Stripping 2016 - Metcalf and eddy hal 196; Fair and Geyer, 1954
8.	Fecal Coliform	- Disinfeksi	- Droste, 1997, <i>Theory and Practice of water and wastewater Treatment Chapter 9</i> , Hal 224
9.	Total Coliform	- Disinfeksi	- Droste, 1997, <i>Theory and Practice of water and wastewater Treatment Chapter 9</i> , Hal 224
10.	pH	- Netralisasi	- Reynolds/Richards 2 <sup>nd</sup> , <i>Unit Operations and Processes in Environmental Engineering</i> , page 130
11.	Nitrat	- Aerasi - Filtrasi	- (Sumber : Asadiya Afiya, and Karnaningroem Nieke. 2018. "Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Proses Aerasi, Pengendapan, dan Filtrasi Media Zeolit-Arang Aktif." <i>Jurnal Teknik ITS</i> 7(1):18-22) - (Sumber : Ain, 2019, <i>Kemampuan Media Filter Ion Exchange dalam Menurunkan Kadar Nitrat Air Sumur Gali di Daerah Kawasan Pesisir.</i> )

## 2.7 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 “hydrolic 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.

- 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.

## 2.8 BOQ dan 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, 76
4. Menghitung volume BOQ berdasarkan gambar rencana,
5. Pihak yang menyusun BOQ adalah konsultan perencana.

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 (*Rencana 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 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.
2. 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*.