



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Karakteristik Air Baku

Dalam air baku yang digunakan yaitu air permukaan (air Sungai Metro) mempunyai beberapa karakteristik sebagai berikut:

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

*Biochemical Oxygen Demand* atau BOD adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi secara biokimia zat-zat organik. Hasil dari tes BOD digunakan untuk menghitung perkiraan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menstabilkan zat organik secara biologi, untuk menentukan dimensi atau ukuran dari unit pengolahan, untuk menghitung efisiensi beberapa proses pengolahan dan melakukan pengolahan sehingga parameter air limbah dapat sesuai dengan baku mutu.

BOD merupakan banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter (mg/L) yang diperlukan oleh bakteri untuk menguraikan semua zat organik yang terlarut maupun tersuspensi dalam air buangan, sehingga limbah tersebut menjadi jernih kembali. (Mays, 1996) mengartikan BOD sebagai suatu ukuran jumlah oksigen yang digunakan oleh populasi mikroba yang terkandung dalam perairan sebagai respon terhadap masuknya bahan organik yang dapat diurai. Dari pengertian ini dapat dikatakan bahwa walaupun nilai BOD menyatakan jumlah oksigen, tetapi untuk mudahnya dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik mudah terurai (*biodegradable organics*) yang ada di perairan.

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

*Chemical Oxygen Demand* atau COD adalah jumlah bahan organik yang ada pada air sungai/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 (Metcalf & Eddy, 2003).



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

*Total Suspended Solid* atau total padatan tersuspensi adalah padatan yang tersuspensi pada air limbah yang mengandung bahan organik dan anorganik yang dapat disaring dengan kertas milipore berukuran pori-pori 0,45  $\mu\text{m}$ . Padatan yang tersuspensi memiliki dampak buruk pada kualitas air karena menghalangi penetrasi matahari terhadap badan air, dan menyebabkan kekeruhan air meningkat karena terganggunya pertumbuhan organisme (Samantha & Almalik, 2019).

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

*Total Dissolved Solid* atau TDS adalah jumlah zat padat terlarut baik berupa ion-ion organik, senyawa, maupun koloid didalam air (WHO, 2003). Total Dissolved Solid (TDS) atau padatan terlarut adalah padatan-padatan yang mempunyai ukuran lebih kecil dari padatan tersuspensi. TDS merupakan salah satu indikator dari jumlah partikel atau zat berupa senyawa organik maupun non organik yang ada di dalam air. Pengertian terlarut adalah larutnya partikel padat di dalam air mempunyai ukuran sekitar di bawah 1 nanometer. Satuan yang dipakai umumnya ppm atau sama dengan miligram per liter. Terdapat beberapa zat yang dapat terlarut di dalam air seperti kalsium, magnesium, karbonat, klorida dan sulfat.

### 2.1.5 Suhu

Suhu air adalah faktor pengendali untuk kehidupan akuatik, ia mengendalikan laju aktivitas metabolik, aktivitas reproduksi dan siklus hidup. Jika suhu aliran meningkat, menurun atau berfluktuasi terlalu luas, aktivitas metabolik dapat meningkat, melambat, bahkan tidak berfungsi.

### 2.1.6 Kekeruhan

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



### 2.1.7 Total Coliform

Sumber-sumber air di alam pada umumnya mengandung bakteri, baik air angkasa, air permukaan, maupun air tanah. Jumlah dan jenis bakteri berbeda sesuai dengan tempat dan kondisi yang mempengaruhinya. Air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari haruslah bebas dari bakteri patogen. Bakteri golongan *Coliform* tidak merupakan bakteri patogen, tetapi bakteri ini merupakan indikator dari pencemaran air oleh bakteri patogen. Apabila air yang mengandung bakteri patogen ini terminum maka dapat menjadi penyakit pada yang bersangkutan. Penyakit tersebut diantaranya kholera, penyakit typhoid, penyakit hepatitis infeksiosa, penyakit disentri basiler (Cut Khairunnisa, Wirsal Hasan, 2012).

## 2.2 Bangunan Pengolahan Air Minum

### 2.2.1 Bangunan Penyadap (*Intake*)

*Intake* adalah bangunan penangkap air dari sumber air baku yang berasal dari air permukaan (sungai atau danau). Fungsinya adalah untuk mengambil air baku dari air permukaan dan dialirkan ke unit-unit pengolahan. Bangunan *intake* menurut cara pengambilannya dibedakan menjadi dua jenis pembagiannya, yaitu terbagi dua (Kawamura, 1991):

a) *Intake* Gravitasi

*Intake* gravitasi adalah bangunan penangkap air dari sumber yang menggunakan prinsip gravitasi.

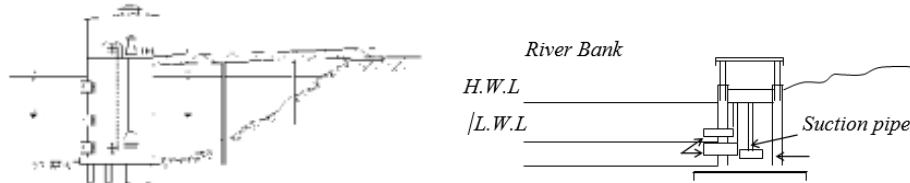
b) *Intake* Pemompaan

*Intake* pemompaan adalah bangunan penangkap air dari sumber yang menggunakan bantuan pompa. Selain itu berdasarkan sumber air permukaannya, bangunan *intake* juga dapat 6 dibagi atas (Kawamura, 1991). Salah satu *intake* yang digunakan yaitu *river intake*. Kriteria pemilihan lokasi *river intake* adalah sebagai berikut :

- Kualitas dan kuantitas air;
- Kemungkinan perubahan yang terjadi;
- Minimasi efek negatif;
- Adanya akses yang baik guna perawatan dan perbaikan (*maintenance*);
- Adanya tempat bagi kendaraan;
- Adanya lahan guna penambahan fasilitas pada masa yang akan datang;
- Efek terhadap kehidupan aquatik di sekitarnya;

- Kondisi geologis.

Biasanya *intake* sungai diletakan di pinggir sungai. Lokasi perletakan intake dipilih pada daerah belokan sungai guna menghindari penumpukan sedimen. Tipe konstruksi *intake* yang digunakan umumnya pada *intake* sungai digunakan tipe *shore intake*. Selain itu ada juga yang menggunakan *tower intake*, *siphone well intake*, *suspended intake*, dan *floating intake*.



**Gambar 2.1** *Share Intake* dan *River Intake*

### 2.2.2 Bar Screen

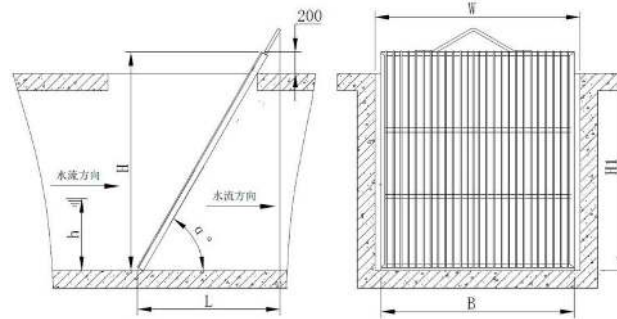
Pada umumnya *screen* dilakukan pada tahap awal dalam pengolahan. Saringan sebagai penggunaan umum dapat dipakai untuk memisahkan berbagai macam benda padat dengan ukuran besar yang terdapat pada air baku, misalnya seperti kertas, plastik, kayu dan lainnya. *Screen* atau saringan dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu saringan kasar (*coarse screen*) dan saringan halus (*fine screen*). Saringan kasar diletakkan pada awal proses. Tipe yang umumnya digunakan antara lain *bar rack* atau *Bar Screen*, *coarse woven-wire screen* dan *communitor*. Saringan halus memiliki bukaan 2,3 – 6 mm, halus pembersihannya dilakukan secara mekanis. Beberapa tipe *screen* yang sangat halus juga telah dikembangkan untuk dipakai pada pengolahan sekunder (Said, 2017).

*Bar Screen* terdiri dari batang baja yang dilas pada kedua ujungnya terhadap dua batang baja horizontal. Penggolongan *Bar Screen* yaitu saringan kasar, saringan halus dan saringan sedang yang tergantung berdasarkan jarak antar batang (*bar*). Saringan halus memiliki rentang jarak antar batang 1,5-13 mm, saringan sedang memiliki rentang jarak antar batang 13-25 mm, dan saringan kasar jarak antar batang 32-100 mm. Saringan halus terdiri atas *fixed screen* dan *movable screen*. *Fixed* atau *static screen* dipasang permanen dengan posisi vertikal, miring atau horizontal. *Movable screen* harus dibersihkan secara berkala. Beberapa kriteria yang harus diperhatikan dalam merencanakan *Bar Screen* antara lain adalah (Said, 2017)

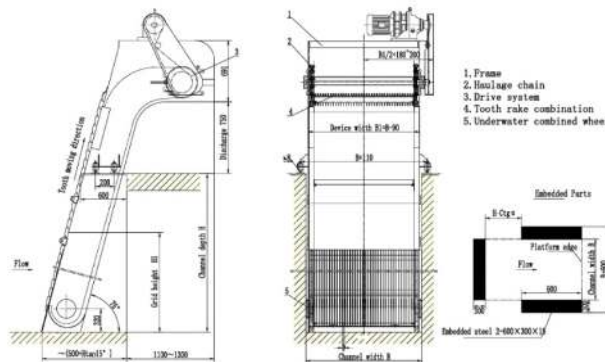
- Kecepatan atau kapasitas rencana
- Jarak antar bar

- Ukuran bar (batang)
- Sudut inklinasi
- *Headloss* yang diperbolehkan

Dalam pengolahan air limbah, screen digunakan untuk melindungi pompa, *valve*, saluran pipa, dan peralatan lainnya dari kerusakan atau tersumbat oleh benda-benda tersebut. *Bar Screen* terbagi lagi menjadi dua, yaitu secara manual maupun mekanik.



Gambar 2.2 Manual Bar Screen



Gambar 2.3 Mechanical Bar Screen

Tabel 2.1 Kriteria Coarser Screen

Parameter	U.S Customary Units			SI Unit		
	Metode Pembersihan			Metode Pembersihan		
	Unit	Manual	Mekanikal	Unit	Manual	Mekanikal
Ukuran batang						
Lebar	in	0,2-0,6	0,2-0,6	mm	5-15	5-15
Kedalaman	in	1,0-1,5	1,0-1,5	mm	25-38	25-38

Parameter	U.S Customary Units			SI Unit		
	Metode Pembersihan			Metode Pembersihan		
	Unit	Manual	Mekanikal	Unit	Manual	Mekanikal
Jarak antar batang	in	1,0-2,0	0,6-0,3	mm	25-50	15-75
Kemiringan thd vertikal	o	30-45	0-30	o	30-45	0-30
Kecepatan						
Max		1,0-2,0	2,0-3,25	m/s	0,3-0,6	0,6-1,0
Min	ft/s		1,0-1,6	m/s		0,3-0,5
Headloss	ft/s	6	6-24	mm	150	150-600
	in					

(Sumber: Tabel 5-2 Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004)

### 2.2.3 Prasedimentasi

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

Bak pengendap pertama terdiri dari empat ruangan fungsional yaitu:

- Zona Inlet

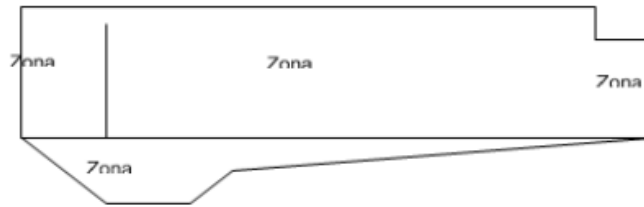
Tempat memperhalus aliran transisi dari aliran influen ke aliran steady uniform di zona settling (aliran laminar).

- Zona Pengendapan

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

- Zona Lumpur Tempat menampung material yang diendapkan bersama lumpur endapan.
- Zona Outlet

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



**Gambar 2.4** Tampak Samping Unit Prasedimentasi

Menurut Metcalf & Eddy (2003) terdapat beberapa kriteria yang perlu diperhatikan untuk mendesain unit prasedimentasi, antarlain: detention time, overflow rate, average flow, peak hourly flow, dan weir loading. Kriteria desain unit prasedimentasi dapat dilihat pada tabel 2.2.

**Tabel 2.2** Desain Tipikal Prasedimentasi

Item	U.S. customary units			SI units		
	Unit	Range	Typical	Unit	Range	Typical
<b>Primary sedimentation tanks followed by secondary treatment</b>						
Detention time	h	1,5-2,5	2	h	1,5-2,5	2
Overflow rate						
Average flow	gal/ft <sup>2</sup> .d	800-1200	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.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.d	10.000-40.000	20.000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	125-500	250

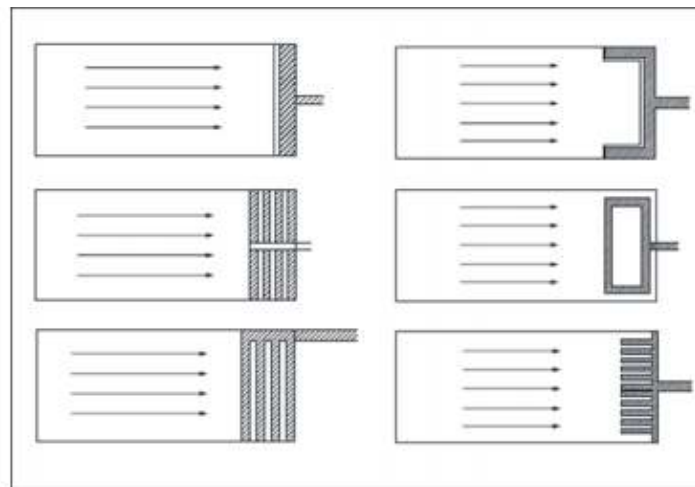
(Sumber: Metcalf & Eddy. 2003. Hal 398)

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

**Tabel 2.3** Beragam *Weir Loading Rate* dari Beragam Sumber

<i>Weir Loading Rate</i> (m <sup>3</sup> /hari.m)	Sumber	Keterangan
186	Katz & Foulkes, 1962	
249,6	Katz & Foulkes, 1962	Pada daerah yang terpengaruh <i>density current</i>
264	Kawamura, 2000	
125 – 250	Droste, 1997	
172,8 – 259,2	Huisman, 1977	

Berdasarkan sejumlah kriteria desain pada beragam sumber mengenai weir loading rate di atas, dapat dilihat bahwa jika pada bak terjadi *density current*, weir loading rate diharapkan tidak terlalu besar karena dapat menyebabkan terjadinya penggerusan pada partikel yang mengendap di sekitar outlet, sehingga diharapkan weir loading rate dapat sekecil mungkin. Pada dasarnya satu pelimpah sudah cukup, namun jika hanya ada satu pelimpah, maka weir loading rate akan menjadi besar. Hal tersebut dapat mengganggu proses pengendapan, sebab terjadi aliran ke atas menuju pelimpah dengan kecepatan cukup besar yang menyebabkan partikel yang bergerak ke bawah untuk mengendap terganggu. Terdapat beberapa alternatif untuk mendesain pelimpah agar luas yang dibutuhkan untuk zona outlet tidak terlalu besar dan beban pelimpah juga tidak terlalu besar, antara lain dapat dilihat pada gambar 2.5.



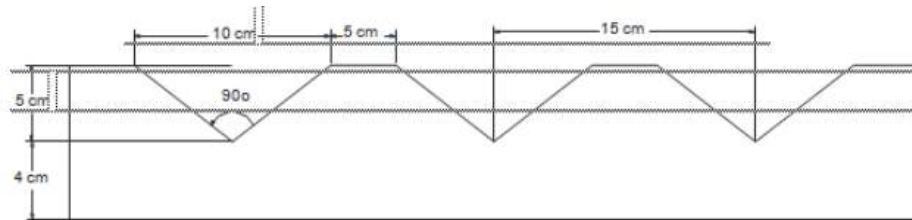
**Gambar 2.5** Beragam Susunan Pelimpah pada Outlet

(Sumber : Qasim et al., 2000)

a) Bak Prasedimentasi Berbentuk *Rectangular*



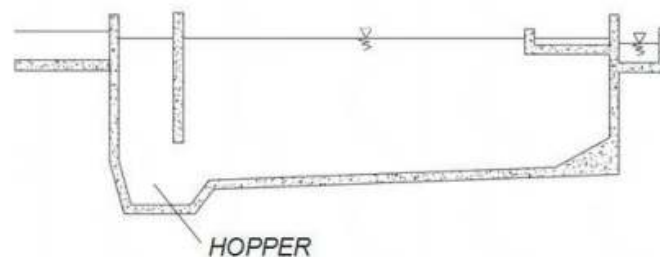
Pemilihan desain outlet sangat tergantung pada lebar bak, debit air yang dialirkan serta weir loading rate, sehingga pada saat menetapkan bentuk outlet, ketiga hal tersebut harus dipertimbangkan. Jenis pelimpah yang umumnya digunakan adalah bentuk rectangular dan v-notch, namun *v-notch* lebih banyak digunakan karena memiliki kemampuan *self cleansing* dan dapat meminimalisasi pengaruh angin. Contoh gambar *v-notch* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



**Gambar 2.6** Contoh *v-notch*

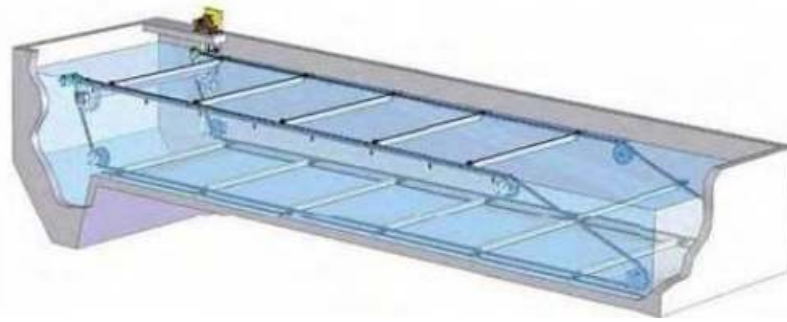
(Sumber : Fair dkk., 1981)

Selain menggunakan pelimpah, outlet unit prasedimentasi dapat menggunakan perforated baffle karena pada dasarnya outlet berfungsi untuk mengalirkan air yang telah terpisah dari suspended solid tanpa mengganggu partikel yang telah terendapkan di zona lumpur, sehingga perforated baffle dapat digunakan, hanya saja bukaan diletakkan 30-90 cm dari permukaan, dan tidak 29 diletakkan terlalu di bawah, sebab apabila bukaan diletakkan terlalu bawah, partikel yang telah terndapatkan dapat ikut terbawa ke outlet.

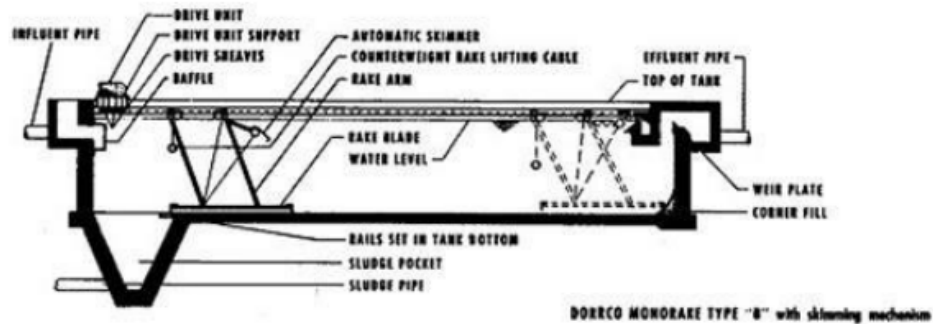


**Gambar 2.7** Hopper pada Bak Prasedimentasi Bentuk *Rectangular*

Selain diletakkan dekat dengan inlet, hopper juga dapat diletakkan secara dan juga dapat diletakkan di tengah bak seperti pembersihan lumpur juga dapat dilakukan dengan cara otomatis dengan beberapa macam scraper. Pada dasarnya, untuk bak rectangular terdapat dua jenis peralatan pembersih lumpur, yaitu tipe chain-and-flight dan travelling bridge dan memiliki scraper untuk mendorong lumpur masuk ke hopper, seperti pada gambar 2.8 dibawah ini:

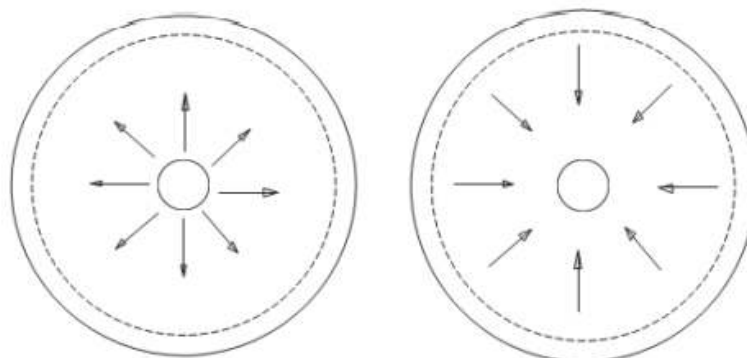


**Gambar 2.8** (a) Sketsa Peralatan Pembersih Lumpur Tipe Chain and Flight,  
(b) Peralatan Pembersih Lumpur Tipe Chain and Flight 3 Dimensi  
(Sumber: (a) Huisman, 1977 dan (b) Finnchain Oy)



**Gambar 2.9** Sketsa Peralatan Pembersih Lumpur Tipe *Travelling Bridge*  
(Sumber: Huisman, 1977)

b) Bak Prasedimentasi Berbentuk *Circular*



**Gambar 2.10** Bak Prasedimentasi Bentuk *Circular*  
(a) *Tipe Center Feed* (b) *Tipe Peripheral Feed*

Bak prasedimentasi bentuk circular terbagi menjadi empat zona, yaitu zona inlet, zona pengendapan, zona outlet, serta zona lumpur. Berikut ini adalah pembahasan untuk masing- masing zona tersebut.



### 1) Zona Pengendapan (*Settling Zone*)

Pemilihan inlet maupun outlet untuk bak circular sangat tergantung pada kondisi zona pengendapan, sehingga zona pengendapan yang menentukan penempatan zona inlet maupun zona outlet. Oleh karena itu, perlu ditentukan lebih dahulu kondisi zona pengendapan yang efisien.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengendapan pada bak circular sama dengan pada bak rectangular, hanya saja nilai Bilangan Reynolds dan Froude berubah sepanjang perubahan diameter. Hasil simulasi menunjukkan bahwa  $N_{re}$  dan  $N_{fr}$  akan cukup tinggi di tengah bak, dan akan semakin mengecil saat mendekati pinggir bak, sehingga kedua bilangan tersebut tidak akan dapat dipenuhi secara bersamaan. Penentuan acuan akan berpengaruh pada letak inlet dan outlet.

Jika unit prasedimentasi berupa *center feed*, maka pada saat air masuk, keadaan aliran akan cukup turbulen, mendekati outlet bak, aliran akan menjadi semakin laminar, sebaliknya jika unit prasedimentasi berupa *peripheral feed*, maka pada saat air masuk, keadaan air akan laminar, semakin mendekati outlet akan semakin turbulen. Letak outlet akan sangat mempengaruhi pemilihan acuan, seperti diketahui bahwa di dekat pelimpah, akan terjadi pergerakan air ke atas yang dapat menghambat partikel untuk mengendap, sehingga keadaan air yang turbulen juga akan menghambat partikel untuk mengendap. Apabila kondisi turbulen terjadi pada saat air masuk, partikel-partikel besar yang dapat mengendap dengan cepat akan mengalami hambatan untuk mengendap, tapi seiring dengan perubahan kondisi aliran, partikel-partikel tersebut dapat mengendap.

Sebaliknya, jika kondisi turbulen terletak di dekat outlet, partikel-partikel yang sudah mengendap dapat tergerus kembali akibat kondisi aliran tersebut dan juga terdapat aliran air ke atas menuju pelimpah. Oleh karena itu, bak prasedimentasi tipe *center feed* merupakan tipe yang paling baik untuk bak prasedimentasi bentuk circular.

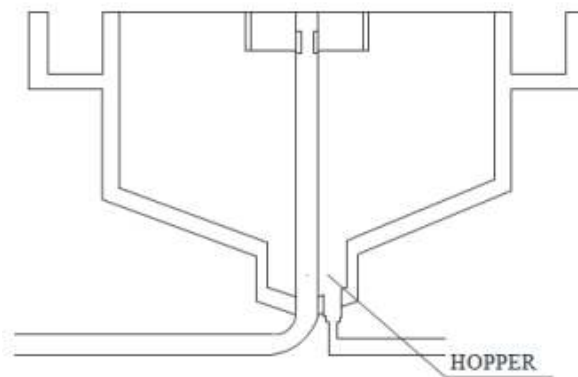
### 2) Zona Inlet

Berdasarkan hasil pembahasan zona pengendapan, maka inlet yang paling tepat adalah terletak di tengah atau tipe *center feed*. Inlet bak tersebut dapat beragam, misalnya air dibiarkan melimpah melalui inlet di tengah bak atau dinding inlet dirancang berlubang-lubang, sehingga air akan mengalir melewati lubang-lubang tersebut. Selain itu, pada inlet juga dapat dipasang *baffle*. *Baffle* tersebut berfungsi untuk mereduksi energi kinetik air yang keluar melalui inlet.

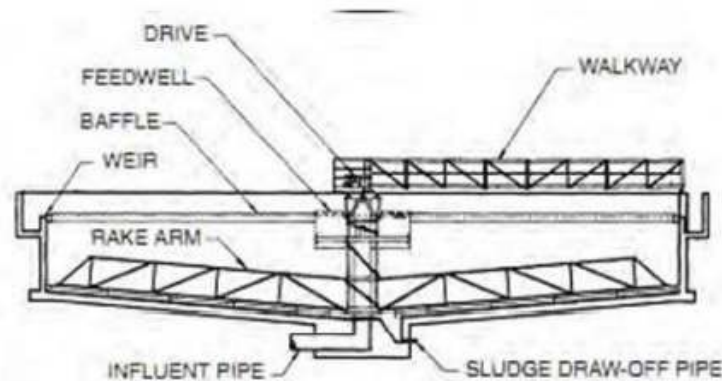
### 3) Zona Outlet

Berdasarkan hasil pembahasan zona pengendapan, maka outlet yang paling tepat bagi bak presedimentasi bentuk *circular* terletak di sekeliling bak. Di sekeliling bak dipasang pelimpah, sehingga air yang telah melalui bak presedimentasi akan melimpah melalui pelimpah tersebut. Pelimpah dapat berupa v-notch atau rectangular weir. prasedimentasi akan melimpah melalui pelimpah tersebut. Pelimpah dapat berupa *v-notch* atau *rectangular weir*.

### 4) Zona Lumpur (*Sludge Zone*)



**Gambar 2.11** Hopper pada Bak Prasedimentasi Bentuk *Circular*



**Gambar 2.12** Mekanisme Pembersihan Lumpur dengan Scraper pada Bak *Circular*

*Scraper* yang digunakan untuk bentuk *circular* adalah tipe *radial* atau tipe *diametral*. *Scraper* tersebut bergerak pada sekeliling bak untuk mendorong lumpur agar masuk ke *hopper* yang terletak di tengah bak. Berbeda dengan prasedimentasi bentuk *rectangular*, bentuk *circular* memiliki *hopper* yang terletak di tengah bak, sebab pengendapan partikel

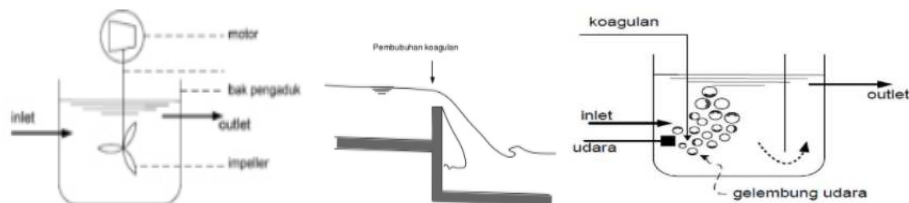
yang terjadi pada bak *circular* ini terjadi di segala arah, sehingga untuk mempermudah pembersihan lumpur, *hopper* diletakkan di tengah bak.

#### 2.2.4 Koagulasi

Koagulasi merupakan proses destabilisasi partikel koloid dengan cara penambahan senyawa kimia yang disebut koagulan. Koloid mempunyai ukuran tertentu sehingga gaya Tarik menarik antara partikel lebih kecil daripada gaya tolak menolak akibat muatan listrik. Pada kondisi stabil penggumpalan partikel tidak terjadi dan Gerakan brown menyebabkan partikel tetap menjadi suspensi. Melalui koagulasi maka akan terjadi destabilisasi sehingga partikel koloid menyatu dan menjadi besar, sehingga partikel koloid yang awalnya sulit dipisahkan dari air menjadi mudah dipisahkan dengan menambahkan flokulasi dan sedimentasi (Said, 2017).

Proses destabilisasi terjadi salah satunya akibat dari pengadukan cepat, pengadukan cepat bertujuan agar menghasilkan turbulensi pada air sehingga bahan kimia (koagulan) dapat didispersikan kedalam air. Secara umum pengadukan cepat ialah pengadukan yang dilakukan dengan gradien kecepatan yang besar (300 sampai 1000/s) selama 5 hingga 60 detik yang bergantung pada maksud serta tujuan dari pengadukan itu sendiri (Masduqi, 2016).

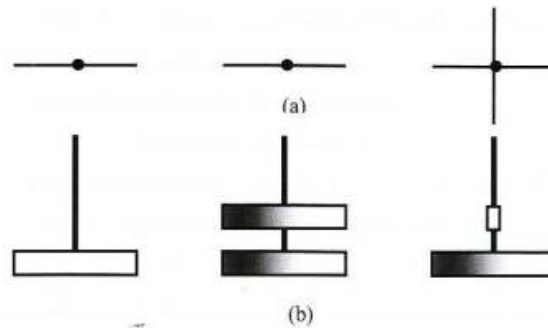
Menurut caranya, pengadukan cepat dibagi menjadi tiga cara, yaitu pengadukan mekanis, pengadukan hidraulis, dan pengadukan pneumatis. Pengadukan mekanis adalah metode pengadukan dengan memakai peralatan mekanis yang terdiri dari motor, poros pengaduk, dan alat pengaduk yang digerakkan dengan motor bertenaga listrik. Pengadukan hidraulis adalah pengadukan yang memanfaatkan aliran air sebagai tenaga pengadukan yang dihasilkan dari energi hidraulis dari suatu aliran hidraulis yang dapat berupa energi gesek, energi potensial (jatuhan) atau lompatan hidraulis pada suatu aliran. Sedangkan pengadukan pneumatis merupakan pengadukan yang memakai udara (gas) berbentuk gelembung sebagai tenaga pengadukan (Masduqi, 2016).



**Gambar 2.13** Pengadukan Mekanis, Pengadukan Hidraulis dan Pengadukan Pneumatis

Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor bertenaga listrik, poros pengaduk (*shaft*), dan alat pengaduk (*impeller*). Berdasarkan bentuknya terdapat tiga macam

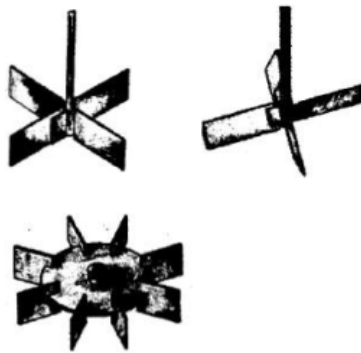
alat pengaduk, yaitu *paddle* (pedal), *turbine*, dan *propeller* (baling-baling). Bentuk ketiga impeller dapat dilihat pada gambar 2.14, gambar 2.15, dan gambar 2.16. Kriteria *impeller* dapat dilihat pada tabel 2.4. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu  $G$  dan  $td$ . Tabel 2.5 dapat dijadikan patokan untuk menentukan  $G$  dan  $td$ . Sedangkan untuk menghitung besarnya tenaga (*power*) yang dibutuhkan, perlu memperhatikan jenis impeller yang digunakan dan nilai konstanta  $KL$  dan  $KT$  yang dapat dilihat pada tabel 2.6.



**Gambar 2.14** Tipe *Paddle* Tampak Atas dan Samping

(a) Tampak Atas, (b) Tampak Samping

(Sumber : Masduqi & Assomadi, 2012 hal 112)



**Gambar 2.15** Tipe *Paddle*

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

(Sumber : Qasim, et all., 200)



**Gambar 2.16** Tipe *Propeller*

(a) propeller 2 blade, (b) propeller 3 blade

(Sumber : Qasim, et all., 200)

**Tabel 2.4** 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>	00-1750 rpm	diameter: maks. 45 cm	Jumlah pitch 1-2 buah

(Sumber : Reynolds & Richards. 1996. Halaman 185)

**Tabel 2.5** Nilai Waktu Pengadukan Mekanis dan Gradien Kecepatan

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

(Sumber : Reynolds & Richards. 1996. Halaman 184)

**Tabel 2.6** Konstanta KL dan KT untuk Tangki Berserat

Jenis Impeller	KL	KT
Propeller, Pitch of 1, 3 blades	41	0.32
Propeller, Pitch of 2, 3 blades	43.5	1
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	60	5.31
Turbine, 6 flat blades, vaned disc	65	5.75
Turbine, 6 curved blades	70	4.80
Fan turbine, 6 blades at 45*	70	1.65
Shrouded turbine, 6 curved blades	97.5	1.08



Jenis Impeller	KL	KT
Shrouded turbine, with stator, no baffles	172.5	1.12
Flat paddles, 2 blades (single paddle), $D_i/W_i = 4$	43	2.25
Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i = 6$	36.5	1.70
Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i = 8$	33	1.15
Flat paddles, 4 blades, $D_i/W_i = 6$	49	2.75
Flat paddles, 6 blades, $D_i/W_i = 6$	71	3.82

(Sumber: Reynold, *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*. Page 188)

Bahan kimia yang biasanya dipakai untuk proses koagulasi umumnya dibagi menjadi tiga golongan, yaitu zat koagulan, zat alkali dan zat pembantu koagulan. Zat koagulan dipakai untuk menggumpalkan partikel yang tersuspensi, zat warna, koloid dan lain-lain agar membentuk gumpalan partikel yang besar (flok). Sedangkan zat alkali dan zat pembantu koagulan berfungsi untuk mengatur pH agar kondisi air baku dapat menunjang proses flokulasi, serta membantu agar pembentukan flok dapat berjalan lebih efisien (Said, 2017).

Beberapa macam koagulan yang sering digunakan dalam proses penjernihan air adalah Poly Aluminium Chloride (PAC), aluminium sulfat ( $Al_2(SO_4)_3$ ), ferri klorida ( $FeCl_3$ ), dan ferri sulfat ( $Fe_2(SO_4)_3$ ). Pada umumnya koagulan yang paling sering digunakan oleh masyarakat adalah aluminium sulfat atau yang lebih dikenal dengan tawas (Budiman, Hidrarso, et al, 2008) Adapun beberapa keuntungan dari penggunaan koagulan-koagulan diatas.

- *Poly Aluminium Chloride (PAC)*

PAC adalah garam khusus pada pembuatan aluminium klorida yang mampu memberikan daya koagulasi dan flokulasi yang lebih kuat daripada aluminium yang biasa dan garam-garam besi seperti aluminium sulfat atau ferri klorida. Kegunaan dari PAC adalah sebagai koagulan atau flokulan untuk menguraikan larutan yang keruh dan menggumpalkan partikel, sehingga memungkinkan untuk memisah dari medium larutannya. Keuntungan penggunaan PAC sebagai koagulan dalam proses penjernihan air yaitu korosivitasnya rendah karena PAC adalah koagulan bebas sulfat sehingga aman dan



mudah dalam penyimpanan dan transportasinya dan penggunaan PAC sebagai koagulan tidak menyebabkan penurunan pH yang cukup tajam.

- Aluminium Sulfat ( $Al_2(SO_4)_3$ )

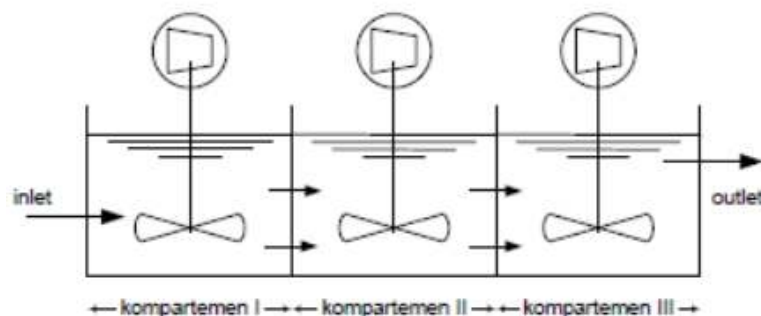
Biasanya disebut tawas, bahan ini sering dipakai karena efektif untuk menurunkan kadar karbonat. Tawas berbentuk kristal atau bubuk putih, larut dalam air, tidak larut dalam alkohol, tidak mudah terbakar, ekonomis, mudah didapat dan mudah disimpan. Penggunaan tawas memiliki keuntungan yaitu harga relatif murah dan sudah dikenal luas oleh operator water treatment.

Namun ada juga kerugiannya, yaitu umumnya dipasok dalam bentuk padatan sehingga perlu waktu yang lama untuk proses pelarutan.

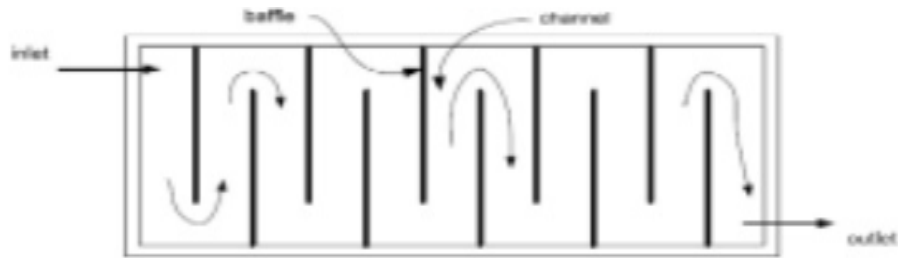
### 2.2.5 Flokulasi

Pada hakikatnya flokulator adalah kombinasi antara pencampuran dan pengadukan sehingga flok-flok halus yang terbentuk pada bak pencampur cepat akan saling bertumbukan dengan partikel-partikel kotoran atau flok-flok yang lain sehingga terjadi gumpalan-gumpalan flok yang semakin besar (Said, 2017).

Proses flokulasi berfungsi untuk membentuk flok-flok agar menjadi besar dan satbil sehingga dapat diendapkan dengan mudah atau disaring. Untuk proses pengendapan dan penyaringan, partikel-partikel kotoran halus maupun koloid yang ada dalam air baku harus digumpalkan menjadi flok-flok yang cukup besar dan kuat untuk diendapkan atau disaring. Proses pembentukan flok dimulai dari proses koagulasi sehingga terbentuk flok-flok yang masih halus. Flok tersebut kemudian akan saling bertumbukan dengan sesama flok atau dengan partikel kotoran yang ada dalam air baku sehingga akan menggabung membentuk gumpalan flok yang besar sehingga mudah mengendap. Umumnya pengadukan lambat dapat berupa pengadukan mekanis dengan memakai *impeller* atau berupa pengadukan hidraulis dengan *baffle channel* (Said, 2017).



**Gambar 2.17** Pengadukan Lambat secara Mekanis



**Gambar 2.18** Pengadukan Lambat Secara Hidraulis

Dalam proses flokulasi beberapa hal berikut perlu diperhatikan: (Said, 2017).

1. Proses flokulasi harus sesuai dengan cara pengadukan yang dilakukan agar pembentukan flok dapat berjalan dengan baik dan efektif
2. Kecepatan pengadukan didalam bak flokulator harus bertahap dan kecepatannya semakin pelan ke arah aliran keluar
3. Waktu pengadukan rata-rata 20-40 menit
4. Perencanaan peralatan pengadukan didasarkan pada perhitungan gradien kecepatan dalam bak flokulator.

### 2.2.6 Sedimentasi

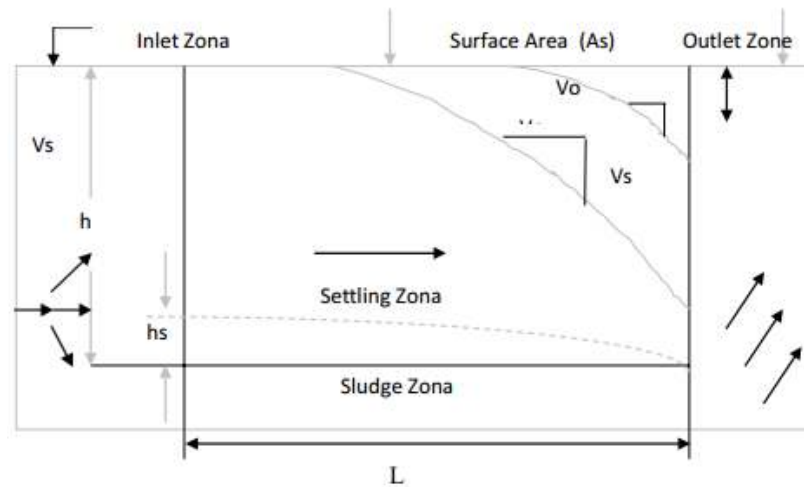
Sedimentasi adalah pemisahan padatan dan cairan dengan menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk memisahkan partikel tersuspensi yang terdapat dalam cairan tersebut. Proses ini sangat umum digunakan pada instalasi pengolahan air minum. Aplikasi utama dari sedimentasi pada instalasi pengolahan air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

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

- Pengendapan Tipe IV (*Compression Settling*)

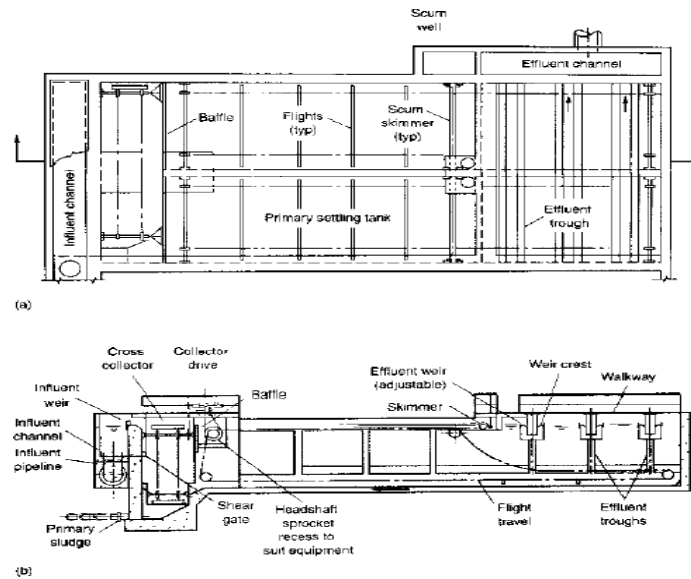


**Gambar 2.19** Zona Pada Bak Sedimentasi

(Sumber : Al Layla. *Water Supplay Engineering Desain*)

Dimana pada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut:

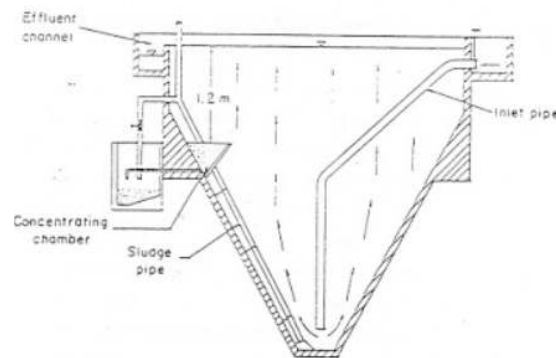
- Zona Inlet  
Terjadi distribusi aliran yang menuju zona settling ( $\pm 25\%$  panjang bak).
- Zona Settling  
Terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya.
- Zona Sludge  
Sebagai ruang lumpur, dimana konfigurasi dan kedalamannya tergantung pada metode pengurasan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel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



**Gambar 2.20** Denah dan Potongan Sedimentasi *Rectangular*

(Sumber: Metcalf & Eddy. 2003)

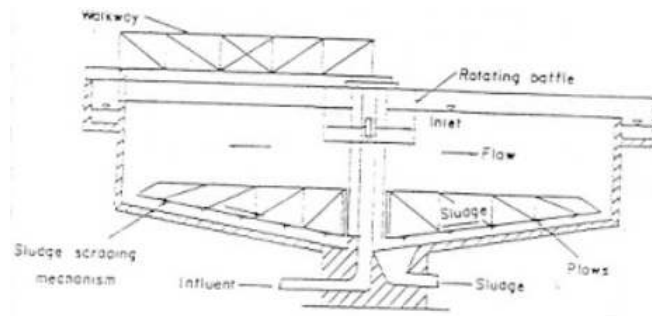
1. Lingkaran (*circular*) – *center feed*, dimana air masuk melalui pipa menuju inlet bak di bagian tengah bak dan kemudian mengalir secara horizontal dari inlet menuju outlet di sekeliling bak.



**Gambar 2.21** Bak Sedimentasi *Circular Center Feed*

(Sumber : Metcalf & Eddy. 2003)

2. Lingkaran (*circular*) – *peripheral feed*, dimana air masuk melalui sekeliling lingkaran dan secara horizontal mengalir menuju ke outlet di bagian bawah lingkaran.



**Gambar 2.22** Bak Sedimentasi *Circular Peripheral Feed*

(Sumber : Metcalf & Eddy. 2003)

Sedangkan menurut tipenya, sedimentasi dibagi menjadi :

- Sedimentasi tipe 1 yang ditujukan untuk mengendapkan partikel diskrit
- Sedimentasi tipe 2 yang ditujukan untuk mengendapkan partikel flokulen
- Sedimentasi tipe 3 yang ditujukan untuk mengendapkan lumpur biologis
- Sedimentasi tipe 4 yang ditujukan untuk memampatkan partikel yang telah mengendap akibat dari berat partikel

Bak sedimentasi memiliki 4 bagian utama, yaitu bagian inlet, zona pengendapan, ruang lumpur dan zona outlet. Zona inlet merupakan tempat air masuk kedalam bak. Zona pengendapan merupakan tempat flok atau partikel mengalami proses pengendapan, ruang lumpur merupakan tempat lumpur mengumpul sebelum keluar bak. Zona outlet merupakan tempat dimana air akan meninggalkan bak yang biasanya berbentuk pelimpah (*weir*) (Masduqi, 2016).

Untuk pengolahan air minum, sedimentasi yang umum digunakan yaitu sedimentasi tipe 2 sedimentasi tipe 2 merupakan pengendapan partikel flokulan dalam air, dimana selama pengendapan terjadi saling interaksi antar partikel sehingga ukuran flok akan semakin besar dan pada akhirnya akan mengendap (Masduqi, 2016).

**Tabel 2.7** Kriteria Perencanaan Sedimentasi Tipe 2

Item	U.S customary units			S.I units		
	Unit	Rentang	Typical	Unit	Rentang	Typical
<i>Primary sedimentation tanks followed by secondary treatment</i>						
Waktu tinggal	Jam	1,2-1,2	2	Jam	1,5-1,2	2
Kecepatan alir						
Rata-rata	Gal/ft <sup>2</sup> s	800-1200	1000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> s	30-50	40
Puncak	Gal/ft <sup>2</sup> s	2000-3000	2500	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> s	80-120	100
	<i>U.S customary units</i>			<i>S.I units</i>		



	Unit	Rentang	Typical	Unit	Rentang	Typical
Weir loading	Gal/ft <sup>2</sup> s	10000-40000	20000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> s	125-500	250
<i>Primary settling with waste activated sludge return</i>						
Waktu tinggal	Jam	1,5-2,5	2	Jam	1,5-2,5	2
Kecepatan alir						
Rata-rata	Gal/ft <sup>2</sup> s	600-800	1000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> s	24-32	28
Puncak	Gal/ft <sup>2</sup> s	1200-1700	1500	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> s	48-70	60
Weir loading	Gal/ft <sup>2</sup> s	10000-40000	20000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> s	125-500	250

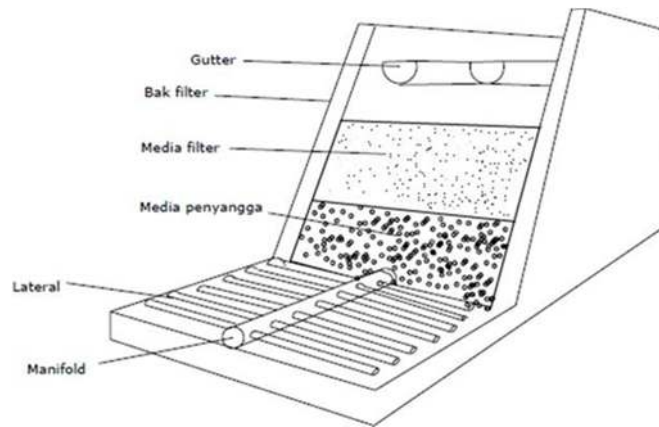
### 2.2.7 Filtrasi

Filtrasi merupakan proses pemisahan zat padat dari suatu cairan yang membawanya dengan memakai medium berpori atau bahan berpori lain untuk menyisahkan zat padat halus yang tersuspensi dan koloid. Pada proses pengolahan air minum, filtrasi digunakan untuk menyaring hasil dari proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi sehingga menghasilkan air dengan baku mutu yang baik (Masduqi, 2016).

Berdasarkan tipenya, filtrasi dibagi menjadi filtrasi pasir cepat dan filtrasi pasir lambat. Filtrasi pasir lambat merupakan filter yang memiliki kecepatan filter yang lambat, yaitu sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Filter ini cukup efektif digunakan untuk mereduksi kandungan bahan organik dan organisme patogen. Namun, kelemahan filter ini yaitu membutuhkan ukuran bed filter yang besar, kecepatan filter yang sangat lambat dan hanya efektif digunakan untuk mengolah air baku dengan kadar kekeruhan 50 NTU (Masduqi, 2016).

Sedangkan filter pasir cepat merupakan filter dengan kecepatan filtrasi yang cepat, yaitu sekitar 6-11 m/jam. Filter ini memiliki bagian-bagian sebagai berikut ; (Masduqi, 2016).

- a) Bak filter yang berfungsi sebagai tempat proses filtrasi berlangsung.
- b) Media filter yang berupa media dengan bahan berbutir tempat berlangsungnya penyaringan.
- c) Sistem *underdrain* yang berfungsi sebagai system pengaliran air yang telah melewati proses filtrasi. Sistem *underdrain* terdiri atas orifice, lateral, dan manifold.



**Gambar 2.23** Struktur Filter Pasir Cepat  
(Sumber : Reynold & Richards. 1996)

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

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

Dalam perencanaan bangunan pengolahan air minum ini menggunakan *Rapid Sand Filter* (Filter Pasir Cepat) karena mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 6 hingga 11 m/jam. Filter ini selalu didahului dengan proses koagulasi- flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan pada influen filter pasir cepat berkisar 5- 10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90-98% (Masduqi & Assomadi, 2012:171). Kriteria desain pasir cepat dapat dilihat pada tabel 2.8.

**Tabel 2. 8**Kriteria Perencanaan Rapid Sand Filter

No	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6 – 11	6 – 11
2	Pencucian:		



No	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan
	• Sistem pencucian	Tanpa/dengan blower & atau	Tanpa/dengan blower & atau
	• Kecepatan (m/jam)	<i>surface wash</i> 36 – 50	<i>surface wash</i> 36 – 50
	• Lama pencucian (menit)	10 – 15	10 – 15
	• Periode antara dua pencucian (jam)	18 – 24	18 – 24
	• Ekspansi (%)	30 – 50	30 – 50
3	Dasar filter		
	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
	• Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)	> 4%	> 4%

### 2.2.8 Desinfeksi

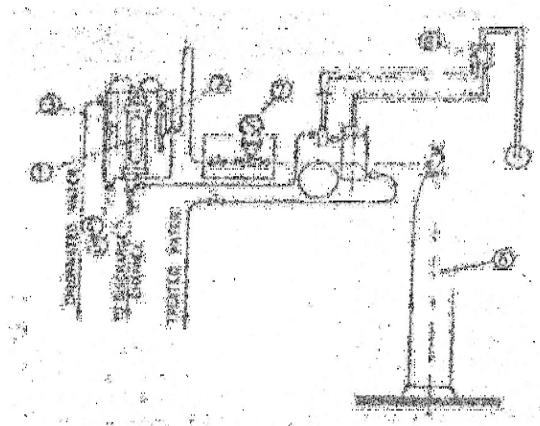
Desinfeksi diartikan sebagai destruksi mikroba patogen. Desinfeksi pada pengolahan air memiliki beberapa metode, yaitu secara fisik, kimia dan radiasi. Pada metode fisik, perlakuan yang diberikan yaitu berupa cahaya dan panas, contohnya seperti memanaskan air yang akan diolah hingga titik didih dimana sel mikroba akan hancur. Pada metode secara radiasi, perlakuan yang diberikan yaitu dengan mengontakkan air yang akan diolah dengan sinar *ultraviolet* hingga sel mikroba menjadi hancur. Sedangkan pada metode kimia, perlakuan yang diberikan yaitu dengan membubuhkan zat kimia kedalam air yang akan diolah. Pada desinfeksi dengan metode kimia, yaitu dengan membubuhkan bahan kimia untuk proses desinfeksi, yaitu desinfektan. Bahan kimia yang umumnya digunakan yaitu *klor* dan senyawanya, *bro*, *iodine*, *ozone*, dan lain sebagainya. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses desinfeksi antara lain (Masduqi, 2016):

- Waktu kontak
- Jenis desinfektan



- Konsentrasi desinfektan
- Suhu
- Jumlah mikroba
- Jenis mikroba

Dalam perencanaan ini digunakan bahan kimia klor sebagai desinfektan. Bak ini sebagai tempat kontak antara chlor dengan air hasil pengolahan sehingga persyaratan bakteriologis dapat terpenuhi. Senyawa chlor yang sering digunakan adalah  $\text{Ca}(\text{OCl}_2)_2$  yang ada dipasaran dikenal dengan kaporit. Senyawa ini mengandung kurang lebih 60% chlor. Untuk dapat merencanakan bak chlorinasi maka terlebih dahulu harus ditentukan dosis chlor yang dibutuhkan. Bak ini sebagai tempat pembubuhan desinfektan sehingga terjadi kontak antara air yang telah diolah dengan desinfektan. Chlorin  $\text{Ca}(\text{OCl}_2)_2$  merupakan salah satu desinfektan kimia yang umum digunakan dalam pengolahan air bersih maupun air buangan.



**Gambar 2.24** Bak Klorinasi

### 2.2.9 Reservoir

Reservoir adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya reservoir ini diperlukan pada suatu sistem penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Reservoir mempunyai fungsi dan peranan tertentu yang diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan dengan baik.

Fungsi utama dari reservoir adalah untuk menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air. 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 relatif reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi 2 yaitu:

- *Elevated Reservoir* (Menara Reservoir)

Menara reservoir dapat direncanakan dari kebutuhan air minum yang diperlukan untuk instalansi pengolahan air minum tersebut, dengan mengetahui jumlah dan pemakaian air untuk instalansi dapat direncanakan dimensi menara instalansi 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.

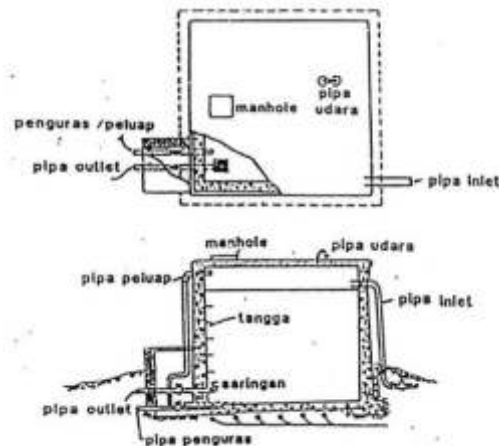


**Gambar 2.25** *Elevated Reservoir* (Menara Reservoir)

(Sumber : google.com)

- *Ground Reservoir*

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.



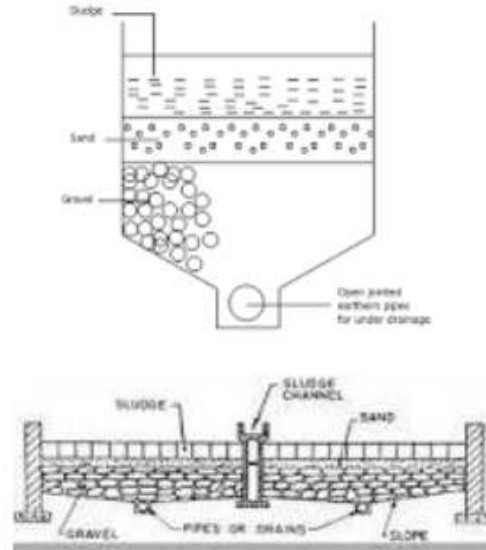
Gambar 2.26 Ground Reservoir (Reservoir Permukaan)

### 2.2.10 Sludge Drying Bed

Sludge drying bed pada umumnya digunakan untuk pengumpulan padatan lumpur atau *sludge* dengan ukuran padatan yang relatif kecil hingga sedang. Dalam prosesnya, lumpur / *sludge* diletakkan pada kolam memiliki kedalaman lapisan lumpur yang berkisar antara 200-300 mm. Selanjutnya lumpur tersebut dibiarkan mengering. Pengurangan kadar air dalam *sludge drying bed* terjadi karena adanya saluran drainase yang terletak di dasar kolam dan akibat proses penguapan. Kebanyakan hilangnya kadar air dari *sludge drying bed* diakibatkan oleh pengurasan pada saluran drainase. Oleh karena itu, kecermatan dalam penentuan dimensi pipa drainase sangat dibutuhkan. *Sludge drying bed* pada umumnya dilengkapi dengan saluran drainase lateral (pipa PVC berpori atau pipa yang diletakkan di dasar dengan *open join*) (Metcalf & Eddy, 2003).

Saluran drainase memiliki persyaratan minimal kemiringan yaitu sekitar 1% (0,01 m/m) dengan jarak antar saluran drainase pada masing-masing partisi sekitar 2,5-6 m. Saluran drainase juga harus terlindung dari lumpur secara langsung sehingga diperlukan media yang mampu menutupi saluran drainase pada *sludge drying bed*. Media tersebut pada umumnya berupa kerikil dan juga pecahan batu yang disusun dengan ketebalan antara 230-300 mm. Ketebalan yang diatur sedemikian rupa memiliki fungsi guna menghambat laju air dan meminimasi masuknya lumpur / *sludge* ke dalam saluran drainase. Pasir yang digunakan pada media penyangga juga memiliki batasan koefisien keseragaman yang tidak lebih dari 4 dan memiliki *effective size* antara 0,3-0,75. Area pengeringan memiliki

dimensi lebar yang dibatasi pada 6 m dengan panjang yang berkisar antara 6-30m dan kedalaman yang berkisar antara 380-460 mm. Bahan beton disarankan digunakan sebagai bahan penyusun bangunan *sludge drying bed*. (Metcalf & Eddy, 2003).



**Gambar 2.27** *Sludge Drying Bed*

(Sumber : Metcalf & Eddy, 2003)

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

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

*Sludge drying bed* yang sedang digunakan untuk proses pengeringan lumpur hendaknya ditutup guna mengisolasi dan mengantisipasi tersebarnya bau yang mungkin



ditimbulkan. Akan tetapi, apabila reaktor dirancang untuk dibiarkan terbuka, hendaknya reaktor *sludge drying bed* dibangun pada jarak minimal 100 m dari lokasi hunian penduduk guna mengantisipasi pencemaran udara yang diakibatkan oleh bau. (Metcalf & Eddy, 2003).

### 2.3 Bangunan Pengolahan Air Minum

Berikut merupakan persen removal pada setiap unit bangunan pengolahan air yang akan digunakan:

**Tabel 2.9** Persen Removal Tiap Unit Pengolahan

Jenis Bangunan	Parameter Teremoval	Kemampuan Penyisihan (%)	Sumber
Prasedimentasi	Kekeruhan	65 – 80%	Ali Masduqi, 2016. Operasi dan Proses Pengolahan Air. Halaman 171
	TSS	70%	Syed R. Qasim, <i>Wastewater Treatment Plants Design and Operation</i> .Page 263
Seimentasi	Kekeruhan	65 – 80%	Ali Masduqi, 2016. Operasi dan Proses Pengolahan Air. Halaman 171
	TSS	70%	Syed R. Qasim, <i>Wastewater Treatment Plants Design and Operation</i> .Page 263
	BOD	50 – 80 %	Metcalf & Eddy. <i>WWET Disposal, and Reuse 4th Edition</i> . Halaman 497
	COD	30 – 60 %	<i>Galuh Candra Dewi, Tri Joko, 2019</i>



Jenis Bangunan	Parameter Teremoval	Kemampuan Penyisihan (%)	Sumber
			<i>“Kemampuan Tawas dan Serbuk Biji Asam Jawa untuk Menurunkan Kadar COD pada Limbah laundry”.</i> <i>Universitas Diponegoro. (Journal)</i>
Filtrasi	Kekeruhan	65 – 80%	Ali Masduqi, 2016. Operasi dan Proses Pengolahan Air. Halaman 171
	TSS	90 - 100 %	Droste, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Halaman 224
	BOD	20 – 60%	Syed R. Qasim, <i>Wastewater Treatment Plants Design and Operation.</i>
	COD	60 – 80%	
	Total Coliform	60 – 90%	Droste, 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Halaman 224
Desinfeksi	Total Coliform	100% jika sisa klor melebihi 0.5 mg/L	Ali Masduqi, 2016. Operasi dan Proses Pengolahan Air. Halaman 216

Sumber: Perencana

#### 2.4 Bangunan Pengolahan Air Minum

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 IPAL 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.