



**BAB 2  
TINJAUAN PUSTAKA**

**2.1 Air Bersih**

Penyediaan air bersih, selain kuantitas, kualitasnya pun harus memenuhi standar yang berlaku. Untuk ini perusahaan air minum selalu memeriksa kualitas air bersih sebelum didistribusikan kepada pelanggan sebagai air minum. Air minum yang ideal seharusnya jernih, tidak berbau, tidak berwarna, tidak berasa. Air minum pun seharusnya tidak mengandung kuman patogen dan segala makhluk yang membahayakan kesehatan manusia. Tidak mengandung zat kimia yang dapat merubah fungsi tubuh, tidak dapat diterima secara estetis dan dapat diperoleh secara ekonomis. Air itu seharusnya tidak korosif, tidak meninggalkan endapan pada seluruh jaringan distribusinya (Effendi, 2003).

Dalam hal air bersih, sudah merupakan praktek umum bahwa dalam menetapkan kualitas dan karakteristik dikaitkan dengan standart baku mutu air (standar kualitas air). Untuk memperoleh gambaran yang nyata tentang karakteristik air baku, seringkali diperlukan pengukuran sifat-sifat air atau biasa disebut parameter kualitas air, yang beraneka ragam. Formulasi-formulasi yang dikemukakan dalam angka-angka standar tentu saja memerlukan penilaian yang kritis dalam menetapkan sifat-sifat dari tiap parameter kualitas air (Slamet, 1994). Standar kualitas air adalah baku mutu yang ditetapkan berdasarkan sifat-sifat fisik, kimia, radioaktif maupun bakteriologis yang menunjukkan persyaratan kualitas air tersebut. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 20 Tahun 1990 Tentang pengendalian pencemar air menjadi beberapa golongan menurut peruntukannya. Adapun penggolongan air menurut peruntukannya adalah berikut ini:

- Golongan A : Air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung, tanpa pengolahan terlebih dahulu.
- Golongan B : Air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum.
- Golongan C : Air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan



## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

- Golongan D: Air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian, usaha di perkotaan, industri, dan pembangkit listrik tenaga air.

### **2.2 Karakteristik yang terkandung dalam air baku**

Dalam perencanaan pengolahan air minum ini, air baku yang digunakan yaitu air permukaan (Studi Kasus Data Sungai Tenggarong) mempunyai beberapa karakteristik sebagai berikut:

#### **2.2.1 Keekeruhan**

Kekeruhan merupakan standar yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur kondisi suatu air baku dalam satuan skala NTU (nephelometrix turbidy 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 desinfeksi air keruh sangat susah. Hal ini disebabkan penyerapan beberapa koloid dapat melindungi organisme dari desinfektan yang diberikan (Tri Joko, 2010).

Material penyebab kekeruhan adalah silt/clay atau bahan organik yang berasal dari limbah, mikroorganisme seperti algae. Pada musim kemarau, air sungai lebih jernih bila dibandingkan pada saat musim hujan (meskipun belum tentu lebih mudah dijernihkan dengan tawas/alum) kekeruhan maksimum untuk air minum menurut USEPA adalah 10 mg/l.

Kekeruhan air disebabkan oleh adanya zat padat yang tersuspensi, baik yang bersifat anorganik maupun yartg organik. Zat anorganik, biasanya berasal dari lapukan batuan dan logam, sedangkan yang organik dapat berasal dari lapukan lapukan tanaman atau hewan. Buangan industri dapat juga menyebabkan sumber kekeruhan. Zat organik dapat menjadi makanan bakteri, sehingga mendukung perkembangbiakannya. Bakteri ini juga merupakan zat tersuspensi, sehingga pertambahannya akan menambah pula kekeruhan air. Demikian pula dengan algae yang berkembang biak karena adanya zat hara N, P, K akan



## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

menambah kekeruhan air. Air yang keruh sulit didesinfeksi, karena mikroba terlindung oleh zat tersuspensi tersebut. Hal ini tentu berbahaya bagi kesehatan, bila mikroba itu patogen (Effendi, 2003).

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

Salah satu faktor penting dalam menentukan kelayakan air untuk dikonsumsi manusia adalah kandungan TDS (total dissolved solid) dalam air. TDS adalah jumlah zat padat terlarut baik berupa ion-ion organik, senyawa, maupun koloid didalam air (WHO, 2003).

Konsentrasi TDS yang terionisasi dalam suatu zat cair mempengaruhi konduktivitas listrik zat cair tersebut. Makin tinggi konsentrasi TDS yang terionisasi dalam air, makin besar konduktivitas listrik larutan tersebut. Sementara konsentrasi TDS juga dipengaruhi oleh temperatur (Bevilacqua, 1998).

Konsentrasi TDS dalam air minum melebihi batas ambang yang diperbolehkan dapat membahayakan kesehatan karena dapat menyebabkan terjadinya gangguan pada ginjal. Menurut WHO (*World Health Organization*), air minum yang layak dikonsumsi memiliki kadar TDS < 300 ppm (parts per million). Sedangkan menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 492 tahun 2010 menyatakan standar TDS maksimum yang diperbolehkan adalah 500 mg/liter atau 500 ppm.

### **2.2.3 Suhu**

Suhu air sebaiknya sejuk atau tidak panas terutama agar: Tidak terjadi pelarutan zat kimia yang ada pada saluran/ pipa, yang dapat membahayakan kesehatan. Menghambat reaksi reaksi biokomia di dalam saluran/ pipa. Mikroorganisma patogen tidak mudah berkembang biak, dan Bila diminum dapat menghilangkan dahaga (Effendi, 2003).

### **2.2.4 E-Coli**

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



## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

sebagai indikator air. Bakteri ini mampu menentukan apakah suatu sumber air telah terkontaminasi oleh patogen atau tidak (Adrianto, 2018).

### **2.2.5 pH (Derajat Keasaman)**

pH (*Power of Hydrogen*) menunjukkan adanya konsentrasi ion hidrogen dalam air yang dapat menjelaskan derajat keasaman suatu perairan (Effendi, 2003). Rentang pH yang cocok untuk keberadaan kehidupan biologis yang paling sesuai adalah 6-9. Air dengan pH ekstrim sulit diolah secara biologi. Jika pH tidak diolah sebelum dialirkan, maka air akan mengubah pH secara alami. pH dapat diukur dengan alat pH meter dan kertas pH beserta indikator warna pH yang dijadikan patokan (Metcalf & Eddy, 2003)

### **2.2.6 Dissolved Oxygen (DO)**

*Dissolved Oxygen* (DO) adalah jumlah oksigen terlarut dalam air yang berasal dari fotosintesis dan absorpsi atmosfer atau udara. DO di suatu perairan sangat berperan dalam proses penyerapan makanan oleh makhluk hidup dalam air. Untuk mengetahui kualitas air dalam suatu perairan, dapat dilakukan dengan mengamati beberapa parameter kimia seperti DO. Semakin banyak jumlah DO, maka kualitas air semakin baik. Jika kadar oksigen terlarut yang terlalu rendah akan menimbulkan bau yang tidak sedap akibat degradasi anaerobik yang mungkin saja terjadi (Salmin, 2005)

### **2.2.7 Besi (Fe)**

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



## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

### **2.2.8 Mangan**

Mangan merupakan unsur logam yang termasuk golongan VII, dengan berat atom 54,93, titik lebur 1247°C, dan titik didihnya 2032°C (BPPT, 2004). Menurut Slamet (2007), mangan (Mn) adalah metal berwarna kelabu-kemerahan, di alam mangan (Mn) umumnya ditemui dalam bentuk senyawa dengan berbagai macam valensi. Air yang mengandung mangan (Mn) berlebih menimbulkan rasa, warna (coklat/ungu/hitam), dan kekeruhan (Febrina & Astrid, 2014).

### **2.2.9 Nitrat sebagai N**

Air permukaan yang tercemar limbah domestik atau limbah industri amoniak bisa mengandung nitrat tinggi karena proses nitrifikasi. Beberapa bentuk senyawa nitrogen yaitu nitrogen organik (dalam bentuk protein, asam amino dan urea), nitrogen amoniak (seperti garam ammonium dan amoniak), nitrogen nitrit, dan nitrogen nitrat, melalui reaksi kimiawi. Air baku dengan kadar org-N dan ammonia-N yang tinggi namun sedikit sekali  $\text{NO}_3^- \text{N}$ , menunjukkan adanya limbah yang baru saja dibuang di badan air (Adisuasono et al., 2014).

### **2.2.10 Pestisida total**

Pestisida merupakan bahan kimia yang digunakan untuk membunuh hama, baik insekta, jamur maupun gulma. Pestisida telah secara luas digunakan untuk tujuan membrantas hama dan penyakit tanaman dalam bidang pertanian. Pestisida juga digunakan dirumah tangga untuk memberantas nyamuk, kecoa dan berbagai serangga pengganggu lainnya. Dilain pihak pestisida ini secara nyata banyak menimbulkan keracunan pada orang (Runia Y, 2008).

Pestisida adalah substansi (zat) kimia yang digunakan untuk membunuh atau mengendalikan berbagai hama. Pestisida berasal dari bahasa inggris yaitu pest berarti hama dan cida berarti pembunuhan. Yang dimaksud hama bagi petani sangat luas yaitu : tungau, tumbuhan pengganggu, penyakit tanaman yang disebabkan oleh fungi (jamur), bakteri dan virus, nematoda (cacing yang merusak akar), siput, tikus, burung, dan hewan lain yang dianggap merugikan (Subiakto sudamo, 1991).

Pestisida adalah senyawa yang sangat stabil dan susah untuk didegradasi secara biologis serta dapat biomagnifikasi di dalam rantai makanan. Senyawa



## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

pestisida memiliki 31 macam senyawa, untuk baku mutu tiap senyawa diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Cemaran pestisida sangat berperan dalam pencemaran air tanah.

### **2.3 Bangunan Pengolahan Air Minum**

#### **2.3.1 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 dan saringan halus. Saringan kasar diletakkan pada awal proses. Tipe yang umumnya digunakan antara lain bar rack atau bar screen, coarse woven-wire screen dan communitor. Saringan halus memiliki bukaan 2,3 – 6 mm, halus pembersihannya dilakukan secara mekanis. Beberapa tipe screen yang sangat halus juga telah dikembangkan untuk dipakai pada pengolahan sekunder (Said, 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 ststic 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:

- a) Kecepatan atau kapasitas rencana
- b) Jarak antar Bar



## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

- c) Ukuran bar (batang)
- d) Sudut inklinasi
- e) Headloss yang diperbolehkan (Said, 2017)

### **2.3.2 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 air lainnya. Kapasitas bangunan intake yang digunakan harus disesuaikan dengan kebutuhan air harian maksimum.

Persyaratan lokasi penempatan bangunan pengambilan (*intake*):

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

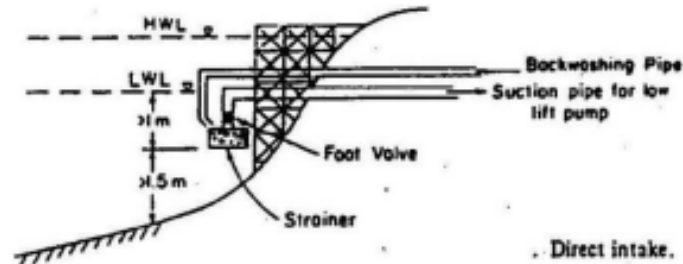


## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

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

### 1. Bangunan Penyadap Langsung (*Direct Intake*)

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



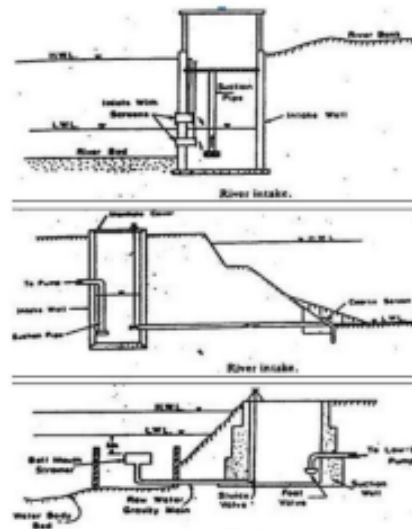
**Gambar 2.1** *Direct Intake*

(Sumber: Kawamura, 2000)

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

#### a) *River Intake*

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



**Gambar 2.2** *River Intake*

(Sumber: Kawamura, 2000)

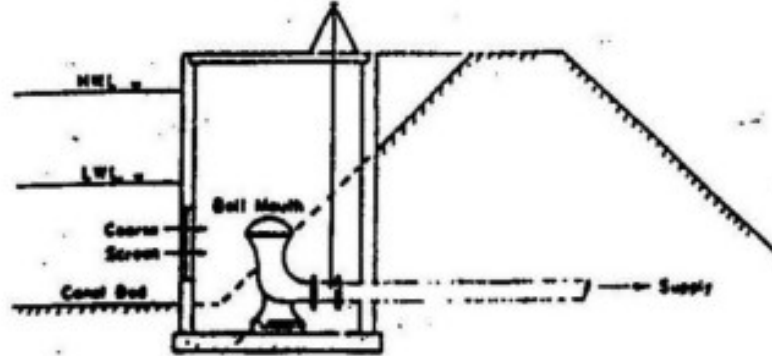




## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

### b) Canal Intake

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

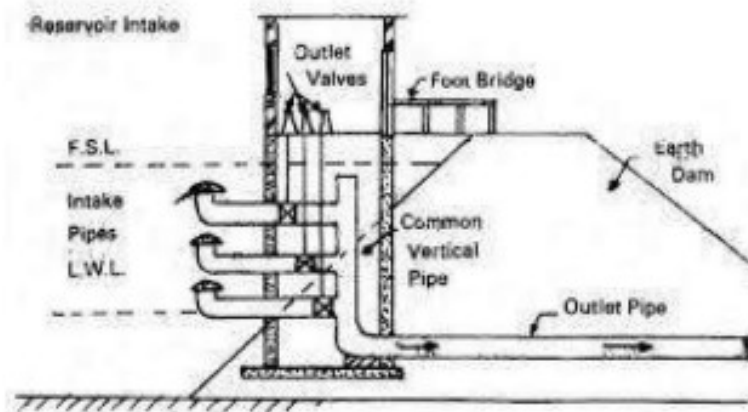


**Gambar 2.3** Canal Intake

(Sumber: Kawamura, 2000)

### c) Reservoir Intake

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



**Gambar 2.4** Reservoir Intake

(Sumber: Kawamura, 2000)

Rumus yang digunakan dalam perhitungan intake dapat dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Mencari debit tiap intake



## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

$$Q = \frac{Q \text{ Kapasitas produksi}}{\Sigma \text{ pipa}}$$

Keterangan :

Q = debit (m<sup>3</sup>/s)

Σ pipa = jumlah pipa intake

2. Mencari luas penampang pipa *intake*

$$A = \frac{Q \text{ Pipa Intake}}{v}$$

Keterangan :

A = luas penampang (m<sup>2</sup>)

Q = debit (m<sup>3</sup>/s)

v = kecepatan (m/s)

3. Mencari Diameter pipa *intake*

$$D = \left[ \frac{4 \times A}{\pi} \right]^{0,5}$$

Keterangan :

D = diameter pipa (m)

A = luas penampang (m<sup>2</sup>)

4. Rumus umum kecepatan

$$v = \frac{Q}{A}$$

Keterangan :

v = kecepatan (m/s)

Q = debit (m<sup>3</sup>/s)

A = luas penampang (m<sup>2</sup>)

5. *Head losses mayor* sepanjang pipa

$$H_f = \left[ \frac{10,67 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \right] \times L$$

Keterangan :

H<sub>f</sub> = headloss mayor (m)

Q = debit (m<sup>3</sup>/s)

L = panjang pipa (m)

C = koefisien kekasaran pipa

D = diameter pipa (m)



## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

**Tabel 2.1** 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: Evett & Liu, 1987)

### 6. Head losses minor (Hm)

$$H_m = \frac{K \times v^2}{2g}$$

Keterangan :

Hm = minor losses (m)

k = koefisien kehilangan energy

v = kecepatan (m/s)

g = percepatan gravitasi (m<sup>2</sup>/s)

**Tabel 2.2** 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<sup>0</sup> elbow (24 in) 61 cm</i>	0,3
<i>Gate valve (24 in) 61 cm</i>	0,19
<i>Reducer (14 in) 35,5 cm</i>	0,25
<i>Check vale (20 in) 51 cm</i>	2,5
<i>90<sup>0</sup> elbow (20 in) 51 cm</i>	0,3
<i>Gate valve (20 in) 51 cm</i>	0,19
<i>Tee (20 in x 20 in) 50 cm x 50 cm</i>	1,8

(Sumber: Qasim, 2000)

### 7. Mencari Slope Pipa

$$S = \frac{H_f}{L}$$

Keterangan :

S = slope pipa (m/m)

Hf = head losses (m)



## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

L = panjang pipa (m)

8. Jumlah kisi pada *bar screen* (n)

$$D = n \times d \times (n + 1) \times r$$

Keterangan :

n = jumlah kisi

d = lebar batang kisi (m)

r = jarak antar kisi (m)

D = lebar screen (m)

9. Mencari *velocity head* (hv)

$$h_v = \frac{v^2}{2g}$$

Keterangan :

h<sub>v</sub> = velocity head (m)

v = kecepatan (m/s)

g = percepatan gravitasi (m<sup>2</sup>/s)

10. Headloss melalui *screen* (H<sub>fscreen</sub>)

$$H_{fscreen} = \beta \times \left(\frac{w}{b}\right)^{\frac{4}{3}} \times H_v \times \sin \alpha$$

Keterangan :

β = koefisien minor losses (m)

w = lebar bar (cm)

b = jarak antar bar (cm)

**Tabel 2.3** Faktor *Minor Losses* Bar

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

(Sumber: Qasim, 2000)



### 2.3.3 Prasedimentasi

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

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

1. *Zona Inlet*

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

2. *Zona Pengendapan*

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

3. *Zona Lumpur*

Tempat menampung material yang diendapkan bersama lumpur endapan.

4. *Zona Outlet*

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

Menurut Metcalf & Eddy (2003) terdapat beberapa kriteria yang perlu diperhatikan untuk mendesain unit prasedimentasi, antara lain: *detention time*, *overflow rate*, *average flow*, *peak hourly flow*, dan *weir loading*. Kriteria desain unit prasedimentasi dapat dilihat pada tabel 2.4

**Tabel 2.4** Desain Tipikal Prasedimentasi

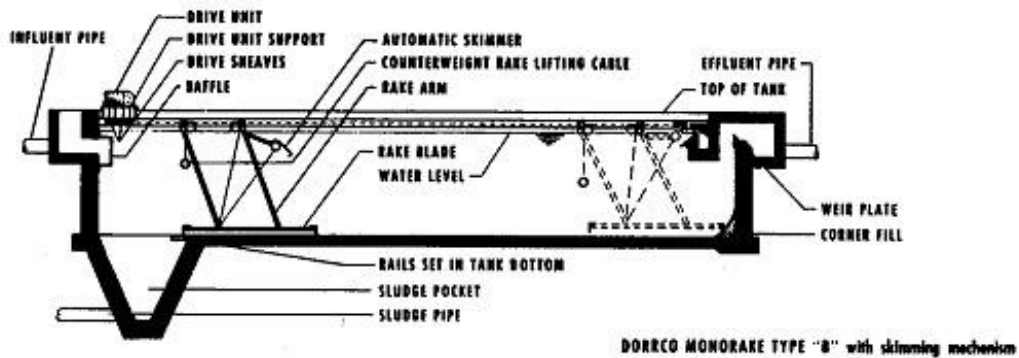
Item	U.S. customary units			SI units		
	Unit	Range	Typical	Unit	Range	Typical



**PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022**

Primary sedimentation tanks followed by secondary treatment						
Detention time	h	1,5-2,5	2	h	1,5-2,5	2
Overflow rate						
Average flow	gal/ft <sup>2</sup> .d	800-11200	1000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	30-50	40
Peak hourly	gal/ft <sup>2</sup> .d	2000-3000	2500	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	80-120	100
Weir loading	gal/ft <sup>2</sup> .d	10.000-40.000	20.000	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d	125-500	250
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
Primary settling with waste activated-sludge return						
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

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003 (halaman 398)



**Gambar 2.5** Tampak Samping Unit Prasedimentasi

Sumber : <https://docplayer.info/47724777-Studi-literatur-desain-unit-prasedimentasi-instalasi-pengolahan-air-minum.html>

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.

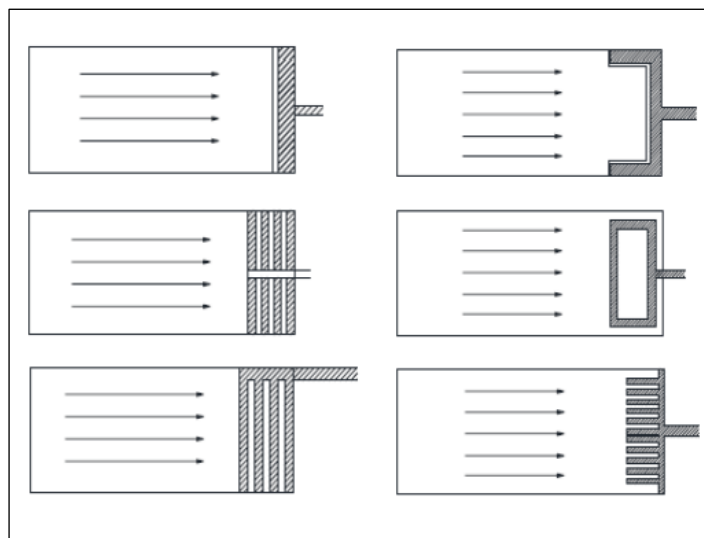


## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

**Tabel 2.5** Beragam Weir Loading Rate dari Beragam Sumber

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



**Gambar 2.6** Ragam Susunan Pelimpah pada Outlet  
(Sumber: Qasim et all, 2000)



### 2.3.4 Koagulasi-Flokulasi

Koagulasi-Flokulasi bertujuan untuk menyatukan partikel koloid sehingga membentuk partikel ukuran lebih besar yang selanjutnya dapat dipisahkan dengan cara yang lebih efisien melalui sedimentasi, flotasi, atau penyaringan dengan menambahkan bahan koagulan (Dalimunthe, 2007; Shammass & Wang, 2016).

Koagulan atau Flokulan dibubuhkan ke dalam air yang dikoagulasi yang bertujuan untuk memperbaiki pembentukan flok dan untuk mencapai sifat spesifik flok yang diinginkan. Koagulan adalah zat kimia yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif partikel di dalam suspensi. Zat ini merupakan donor muatan positif yang digunakan untuk mendestabilisasi muatan negatif partikel (Pulungan, 2012).

Menurut Reynolds dan Richards (1996), koagulasi-flokulasi merupakan dua proses yang terangkai menjadi kesatuan proses tak terpisahkan. Pada proses koagulasi terjadi destabilisasi koloid dan partikel dalam air sebagai akibat dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia (disebut koagulan). Akibat pengadukan cepat, koloid dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif.

Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan dari proses penguraian koagulan. Proses ini berlanjut dengan pembentukan ikatan antara ion positif dari koagulan (misal  $Al^{3+}$ ) dengan ion negatif dari partikel (misal  $OH^-$ ) dan antara ion positif dari partikel (misal  $Ca^{2+}$ ) dengan ion negatif dari koagulan (misal  $SO_4^{2-}$ ) yang menyebabkan pembentukan inti flok (presipitat). Segera setelah terbentuk inti flok, diikuti oleh proses flokulasi, yaitu penggabungan inti flok menjadi flok berukuran lebih besar yang memungkinkan partikel dapat mengendap. Penggabungan flok kecil menjadi flok besar terjadi karena adanya tumbukan antar flok. Tumbukan ini terjadi akibat adanya pengadukan lambat. Pada tabel 2.7 dapat dilihat koagulan yang umum digunakan pada pengolahan air.

**Tabel 2.6** Jenis Koagulan Dalam Pengolahan Air

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





## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

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

Sumber: Sugiarto, 2006

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. Koagulan memiliki *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 7 (netral)
2. Pengaruh Temperatur. Temperatur rendah akan terjadi reaksi yang lebih lambat dan viskositas air menjadi lebih besar sehingga flok lebih sukar mengendap
3. Dosis Koagulan
4. Air dengan kekeruhan yang tinggi memerlukan dosis koagulan yang lebih banyak. Apabila tidak sesuai, maka kemungkinan tumbukan antara partikel akan berkurang dan netralisasi muatan tidak sempurna, sehingga mikroflokk yang terbentuk hanya sedikit, akibatnya kekeruhan akan naik. Dosis koagulan yang berlebihan juga akan menimbulkan efek samping pada partikel sehingga kekeruhan akan meningkat
5. Pengadukan (*mixing*). Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Pada proses koagulasi ini pengadukan dilakukan dengan cepat. Air yang memiliki kekeruhan rendah memerlukan



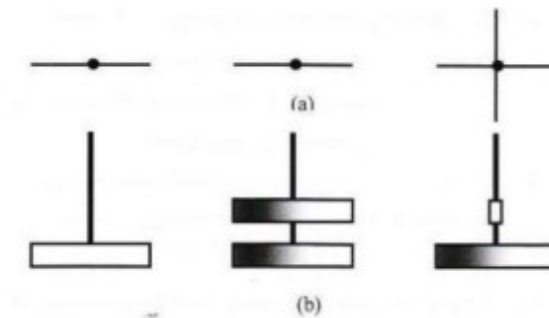
## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

pengadukan yang lebih banyak dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan tinggi

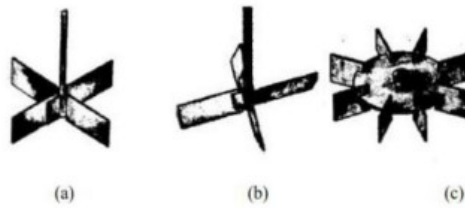
6. Pengaruh Garam. Garam tersebut dapat mempengaruhi proses penggumpalan. Pengaruh yang diberikan akan berbeda-beda bergantung dengan macam garam (ion) dan konsentrasinya. Semakin besar valensi ion akan semakin besar pengaruhnya terhadap koagulan. Penggumpalan dengan garam Fe dan Al akan banyak dipengaruhi oleh anion dibandingkan dengan kation. Jadi natrium, kalsium, dan magnesium relatif tidak mempengaruhi (Sutrisno, 1992).

Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan 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 (balingbaling). Bentuk ketiga *impeller* dapat dilihat pada gambar 2.7, gambar 2.8, dan gambar 2.9.

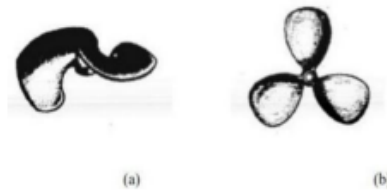
Kriteria *impeller* dapat dilihat pada tabel 2.7. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu  $G$  dan  $td$ . Tabel 2.8 dapat dijadikan patokan untuk menentukan  $G$  dan  $td$ . Sedangkan untuk menghitung besarnya tenaga (*power*) yang dibutuhkan, perlu memperhatikan jenis *impeller* yang digunakan dan nilai konstanta  $KL$  dan  $KT$  yang dapat dilihat pada tabel 2.9.



**Gambar 2.7** Tipe Paddle: (a) Tampak Atas; (b) Tampak Samping  
(Sumber: Masduqi & Assomadi, 2012 hal.112)



**Gambar 2.8** Tipe Turbin: (a) Paddle; (b) Propeller; (c) Turbin  
(Sumber: Qasim, 2000)



**Gambar 2.9** Tipe Propeller: (a) 2 blade; (b) 3 blade  
(Sumber: Qasim, 2000)

**Tabel 2.7** Kriteria *Impeller*

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

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996:185)

**Tabel 2.8** 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 2.9** Konstanta KL dan KT untuk Tangki Berserat

Jenis Impeller	KL	KT
<i>Propeller, pitch of 1, 3 blades</i>	41,0	0,32
<i>Propeller, pitch of 2, 3 blades</i>	43,5	1,00
<i>Turbine, 4 flat blades, vaned disc</i>	60,0	5,31
<i>Turbine, 6 flat blades, vaned disc</i>	65,0	5,75
<i>Turbine, 6 curved blades</i>	70,0	4,80
<i>Fan turbine, 6 blades at 45°</i>	70,0	1,65
<i>Shrouded turbine, 6 curved blades</i>	97,5	1,08
<i>Shrouded turbine, with stator, no baffles</i>	172,5	1,12
<i>Flat paddles, 2 blades (single paddles), <math>D_i/W_i = 4</math></i>	43,0	2,25



## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

<i>Flat paddles, 2 blades, <math>D_i/W_i = 6</math></i>	36,5	1,70
<i>Flat paddles, 2 blades, <math>D_i/W_i = 8</math></i>	33,0	1,15
<i>Flat paddles, 4 blades, <math>D_i/W_i = 6</math></i>	49,0	2,75
<i>Flat paddles, 4 blades, <math>D_i/W_i = 8</math></i>	71,0	3,82

Sumber: Reynolds & Richards (1996:188)

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

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

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

Pengadukan lambat dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100  $\text{detik}^{-1}$ ) 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. Nilai G dan waktu detensi untuk proses flokulasi adalah:

1. Air sungai
  - Waktu detensi = minimal 20 menit
  - G = 10-50  $\text{detik}^{-1}$
2. Air waduk
  - Waktu detensi = minimal 30 menit
  - G = 10-75  $\text{detik}^{-1}$
3. Air keruh
  - Waktu detensi dan G lebih rendah
4. Jika menggunakan garam besi sebagai koagulan



## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

- G tidak lebih dari 50 detik<sup>-1</sup>
- 5. Flokulator terdiri dari 3 kompartemen
  - G kompartemen 1: nilai terbesar
  - G kompartemen 2: 40% dari G kompartemen 1
  - G kompartemen 3: nilai terkecil
- 6. Penurunan kesadahan
  - Waktu detensi = minimal 30 menit
  - G = 10-50 detik<sup>-1</sup>
- 7. Presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)
  - Waktu detensi = 15-30 menit
  - G = 20-75 detik<sup>-1</sup>
  - GTd = 10.000-100.000 (Masqudi & Assomadi, 2012: 110)

Berikut rumus perhitungan unit koagulasi-flokulasi:

### 1. Kebutuhan Koagulan

$$\text{Koagulan} = \text{Dosis} \times Q$$

Keterangan :

Koagulan = Kebutuhan Koagulan (kg/hari)

Dosis = Dosis Koagulan (mg/L)

Q = Debit Limbah (m<sup>3</sup>/s)

### 2. Kadar Kebutuhan Koagulan

$$\text{Kadar Koagulan} = C \text{ Koagulan} \times \text{Koagulan}$$

Keterangan :

Kadar Kebutuhan Koagulan = Kadar Koagulan yang Dibutuhkan (kg/hari)

C Koagulan = Kadar Koagulan (%)

Koagulan = Kebutuhan Koagulan (kg/hari m<sup>3</sup>/s))

### 3. Volume Koagulan

$$V \text{ Koagulan} = \frac{\text{Kadar kebutuhan koagulan}}{\rho \text{ koagulan}}$$

Keterangan :

V Koagulan = Volume Koagulan yang Dibutuhkan (L/hari)

Kadar Kebutuhan Koagulan = Kadar Koagulan yang Dibutuhkan (kg/hari)



## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

$\rho$  Koagulan = Densitas Koagulan (kg/L).

### **2.3.5 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 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:

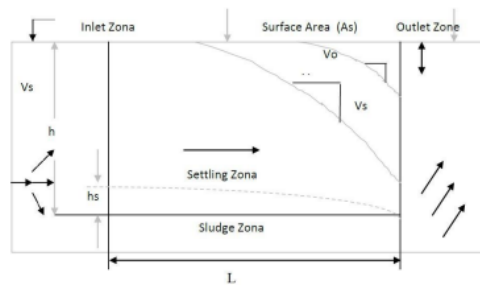
- a. Zona Inlet
- b. Zona Outlet
- c. Zona Settling
- d. Zona Sludge

Adapun zona-zona tersebut dapat digambarkan seperti di bawah ini, Dimana pada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut:



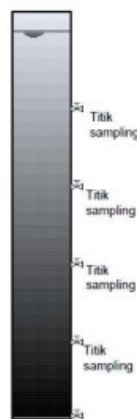
## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

- 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 pengurusan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel 75% mengendap pada  $1/5$  volume bak
  - Zona *Outlet* = menghasilkan 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 2.10** Zona Pada Bak Sedimentasi

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

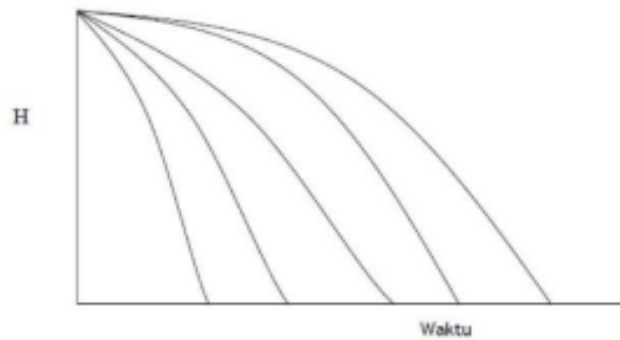


**Gambar 2.11** Kolom Test Sedimentasi Tipe II

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



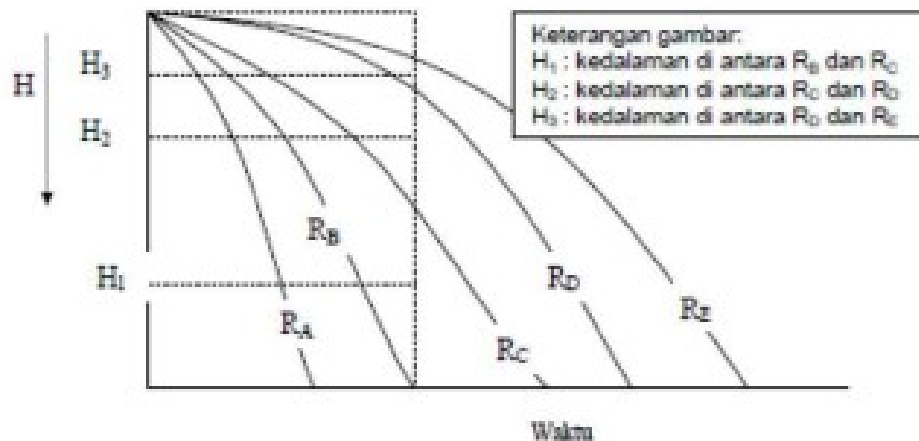
## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022



**Gambar 2.12** Grafik Iso removal

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

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 2.13** Penentuan Kedalaman H dan Seterusnya

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

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

$$R_T = R_B + \frac{H_1}{H} (R_C - R_B) + \frac{H_2}{H} (R_D - R_C) + \frac{H_3}{H} (R_E - R_D)$$

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:





## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

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 mendisain bak pengendap (aliran kontinyu) 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 (Reynold dan Richards, 1996). 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 laminer. 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



## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

- 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.

### **2.3.6 Activated Carbon Filter**

Karbon adalah suatu material padat yang memiliki pori mengandung kurang lebih 90-99% senyawa karbon (Gultom, 2014; Mutiara, 2016). Karbon aktif banyak digunakan di dalam proses pemisahan, pemurnian gas, pendinginan, elektrokatalis, dan perangkat elektrokimia serta industri makanan, minuman, obat-obatan, dan pemurnian air (penjernihan air) (Khornia, 2017; Zhu, M. et al., 2017). Menurut Doke and Ejazuddin (2017), adsorben dari karbon aktif memiliki perbedaan unsur karbon dengan oksidasi dari atom karbon yang ditemukan pada permukaan luar dan dalam, sedangkan karbon aktif tersebut banyak digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan berbagai jenis logam berat yang beracun, polusi yang disebabkan oleh zat organik dan zat warna yang mencemari lingkungan dari limbah industri. Karbon aktif biasanya dibuat dari bahan berbasis karbon, seperti batubara, lignin, bahan lignoselulosa, polimer sintetis, dan limbah karbon (Rizhikovs et al., 2012).



## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

Peningkatan kualitas sifat dan mutu karbon aktif didasarkan pada kemampuan adsorbsinya (Idrus, dkk., 2013). Adsorpsi adalah suatu metode yang digunakan untuk menghilangkan zat pencemar atau limbah dalam air, dengan cara molekul dapat menempel pada permukaan zat adsorben (Reri dkk, 2012; Hanum dkk, 2017). Metode adsorpsi cukup efektif untuk membersihkan limbah cair dan terbukti menguntungkan dibandingkan proses yang lain, karena menghasilkan efektivitas biaya dan kualitas yang tinggi (Satriani dkk, 2016; Garcia et al., 2016).

Pori-pori karbon aktif perlu dilakukan aktivasi agar kinerja dalam adsorpsi lebih optimal. Tujuan proses aktivasi untuk menambah atau memperbesar diameter pori karbon dan mengembangkan volume yang terserap dalam pori serta untuk membuka pori-pori baru (Prabarini dan Okayadnya, 2014). Aktivasi merupakan suatu proses pembentukan karbon aktif yang berfungsi untuk menambah, membuka dan mengembangkan volume pori karbon serta dapat menambah diameter pori-pori karbon yang sudah terbentuk dari proses karbonisasi melalui metode kimia atau fisika (Budiono dkk, 2009; Kurniawan, 2014).

### **2.3.7 Desinfeksi**

Salah satu persyaratan kualitas air minum adalah persyaratan mikrobiologis, yaitu air harus bebas dari mikroorganisme patogen. Desinfeksi merupakan proses membebaskan air minum dari mikroorganisme patogen.

Metode desinfeksi secara umum ada dua, yaitu cara fisik dan cara kimiawi. Desinfeksi secara fisik adalah perlakuan fisik terhadap mikroorganisme, yaitu panas dan cahaya yang mengakibatkan matinya mikroorganisme. Sedangkan metode desinfeksi secara kimiawi adalah memberikan bahan kimia ke dalam air sehingga terjadi kontak antara bahan tersebut dengan mikroorganisme yang berakibat matinya mikroorganisme tersebut.



## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

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

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

Berikut adalah macam-macam faktor yang mempengaruhi efisiensi desinfeksi adalah:

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

Berikut adalah berbagai macam desinfeksi dengan metode yang berbedabeda beserta penjelasannya:

1. Desinfeksi dengan Ozon

Ozon adalah zat pengoksidasi kuat sehingga dapat melakukan perusakan bakteri antara 600 – 3000 lebih kuat dari klorin. Penggunaannya tidak dipengaruhi oleh pH air, sedangkan klorin sangat bergantung pada pH air.

Mekanisme produksi ozon adalah eksitasi dan percepatan electron yang tidak beraturan dalam medan listrik tinggi.  $O_2$  berarus bolak-balik melewati media arus listrik yang tinggi akan menghasilkan lompatan electron yang bergerak pada elektroda satu dan yang lain. Jika elektroda mencapai kecepatan cukup, maka akan menyebabkan molekul oksigen splitting ke bentuk atom oksigen radikal bebas. Atom-atom ini akan bergabung membentuk  $O_3$  (ozon).



## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

### 2. Desinfeksi dengan UV

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

### 3. Desinfeksi dengan pembubuhan kimia

Metode ini menggunakan bahan kimia yang dicampurkan daam air 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:  
$$\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HOCl} + \text{Cl}^- + \text{H}^+ \quad \text{HOCl} \rightleftharpoons \text{OCl}^- + \text{H}^+$$

### 4. Desinfeksi dengan gas klor

Metode ini bertujuan untuk mengoksidasi logam-logam, membunuh mikroorganisme seperti plankton dan juga membunuh spora dari lumut, jamur, dan alga. Konsentrasi yang diberikan adalah 2-3 gr/m<sup>3</sup> air, tergantung pada turbiditas air (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.

Pada umumnya proses standar penurunan Fe dan Mn menggunakan koagulasi dengan alum, flokulasi, pengendapan, dan filtrasi dengan didahului roses preklorinasi. Dosis sisa klor yang dianjurkan 0,2-0,5 mg/l (Fatimah, et al., 2007). Perlu dilakukan percobaan Daya Pengikat Chlor (DPC) untuk mengetahui dosis senyawa chlor (Cl<sub>2</sub>) yang dibutuhkan oleh air untuk proses desinfeksi (membunuh bakteri).

Daya Pengikat Chlor ditentukan cara selisih antara chlor yang dibubuhkan dengan sisa chlor setelah kontak setelah kontak selama 30 menit (Sawyer et al., 1978).

Berikut rumus perhitungan unit desinfeksi menggunakan klor:

1. Penetapan DPC  $= ([ 1000/250 \times V \times M ] - D) \text{ mg/l}$
2. Hitung dosis klor  $= \text{Dosis klor (mg/L)} = \text{DPC} + \text{sisa klor}$
3. Kebutuhan klor  $= Q \times \text{Dosis klor} \times \text{Kemurnian}$



## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

4. Volume klor = Kebutuhan klor / Berat jenis klor
5. Volume Pelarut =  $\frac{100 - \text{konsentrasi larutan}}{\text{konsentrasi larutan}} \times \text{vol kaporit}$
6. Volume Larutan klor =  $\frac{100 - \text{konsentrasi larutan}}{\text{konsentrasi larutan}} \times \text{vol kaporit}$
7. Dimensi Bak = p x l x t

### 2.3.8 Reservoir

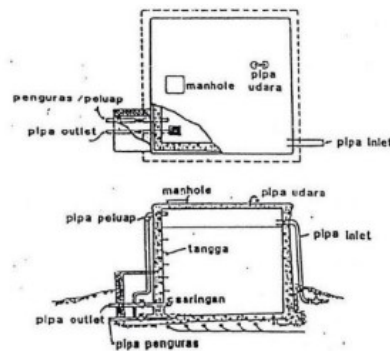
Reservoir adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya reservoir ini diperlukan pada suatu system penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Reservoir mempunyai fungsi dan peranan tertentu yang diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan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



**Gambar 2.14** Reservoir Permukaan



## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

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

Reservoir menara adalah reservoir yang seluruh bagian penampungannya terletak lebih tinggi dari permukaan tanah sekitarnya



**Gambar 2.15** 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 2.16** Reservoir Tangki Baja

#### 2. Reservoir Beton Cor

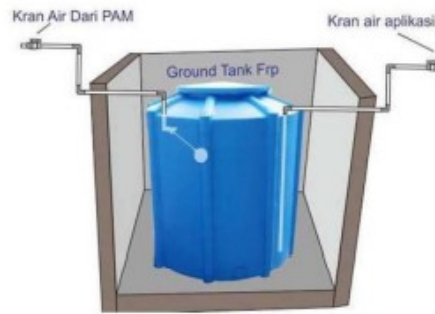
Tanki dan Reservoir beton pertama kali dibuat tanpa penutup. Perkembangan selanjutnya konstruksi ini memakai penutup dari kayu atau beton. Dengan tutup ini maka masalah sanitasi akan terselesaikan. Kelebihan dari menggunakan beton cor adalah kedap air dan tidak mudah bocor. Kelemahan umum dari bahan beton adalah biaya konstruksi yang relatif lebih tinggi.

#### 3. Reservoir *Fiberglass*



## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

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



**Gambar 2.17** Reservoir *Fiberglass*

### 2.4 Persen Removal

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

**Tabel 2.10** Persen Removal

Unit Bangunan	Parameter	Persen Removal	Sumber
Prasedimentasi	Kekeruhan	65-80%	Ali Masduqi, 2016. Operasi dan Proses Pengolahan Air. Hal. 171
Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi	TDS	0-20%	Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9, hal. 224
	Kekeruhan	90-100%	
	Fe	20-100%	
	Mn	20-100%	
<i>Activated Carbon Filter</i>	Pestisida Total	99%	Ardiwinata, A. N. (2020). Pemanfaatan arang aktif dalam pengendalian residu pestisida di tanah: prospek dan masalahnya. Jurnal Sumberdaya Lahan, 14(1), 49-62.





## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

Desinfeksi	Koliform	90-100%	Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9, hal. 224
	Pestisida Total	60-90%	

### 2.5 Profil Hidrolis

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

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

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

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

#### 1. Kehilangan Tekanan pada Bangunan Pengolahan

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



## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

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

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

### 2. Kehilangan Tekanan pada Perpipaan dan Aksesoris

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

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

### 3. Tinggi Muka Air

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

- a) Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir.



## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

- 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.

### **2.6 BOQ dan RAB**

#### **2.6.1 BoQ (*Bill Of Quantity*)**

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

Karakteristik BOQ:

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

Tujuan Membuat BOQ :

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

#### **2.6.2 RAB (*Rincian Anggaran Biaya*)**

RAB Adalah daftar harga atau perhitungan rincian biaya yang kita anggarkan untuk pelaksanaan sebuah proyek konstruksi. Mencakup keseluruhan



## PERANCANGAN BANGUNAN PENGOLAHAN AIR MINUM (SUMBER : AIR SUNGAI) 2022

biaya yang kita perlukan untuk pengadaan bahan, biaya alat maupun biaya/upah tenaga kerja.

RAB dapat meliputi seluruh item pekerjaan yang ada pada sebuah proyek, atau hanya meliputi 1 sub pekerjaan saja. Misalnya RAB sub pekerjaan konstruksi baja, RAB sub pekerjaan instalasi listrik dan seterusnya.

Karakteristik RAB:

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

Tujuan Membuat BOQ:

Pada proyek berskala kecil yang tidak menggunakan jasa konsultan perencana, misalnya pembangunan rumah tinggal. Kontraktor selalu melakukan perhitungan RAB untuk diajukan kepada *owner*. Sementara kasus yang sedikit berbeda, jika kontraktor ingin *nge-sub* salah satu pekerjaan dari *maincont*. Walaupun sebenarnya *maincont* memiliki BoQ, namun tak jarang kontraktor harus melakukan perhitungan RAB.

Ketika *maincont* menyatakan agar *subcont* melakukan perhitungan RAB, maka secara otomatis BoQ yang disusun oleh konsultan perencana tidak berlaku. Dengan kata lain BoQ tersebut menjadi rahasia oleh *maincont*, yang tidak perlu diketahui oleh *subcont*.

Berdasarkan situasi seperti ini, maka tujuan melakukan penyusunan RAB adalah:

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