

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Baku

Sebelum memulai merancang instalasi pengolahan air baku dibutuhkan baku mutu agar dapat mengetahui bahwa air tersebut layak atau tidak digunakan. Karakteristik yang sudah didapatkan harus dibandingkan dengan karakteristik yang tercantum dalam baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Parameter – parameter yang digunakan sebagai standar kualitas air ini terdiri atas 3 parameter yakni:

1. Parameter fisik, meliputi padatan terlarut, kekeruhan, warna, rasa, bau, dan suhu.
2. Parameter kimia, meliputi *Total Dissolved Solids* (TDS), alkalinitas, flourida, logam, kandungan organik dan nutrien,
3. Parameter biologi, meliputi mikroorganisme yang dianggap patogen yaitu bakteri, virus, protozoa, dan cacing parasit (Helminths) (Joko, 2010).

2.1.1 Parameter fisik

Persyaratan air bersih/minum secara fisik harus jernih, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa.

a. Kekeruhan

Kekeruhan ini disebabkan oleh kandungan TSS yang bersifat organik maupun anorganik. Zat organik ini berasal dari pembusukan tanaman dan hewan, sementara zat organik berasal dari pembusukan batuan dan logam. Zat organik bisa menjadi makanan bakteri. Kekeruhan ini tidak boleh melebihi 5 NTU untuk air bersih (Joko, 2010).

b. Suhu

Suhu air sebaiknya sama dengan suhu udara yakni 25 °C dengan toleransi sebesar 25 °C ± 3 °C. Suhu normal ini dapat mencegah terjadinya pelarutan zat kimia, menghambat reaksi biokimia, dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Jika suhu air tinggi maka

jumlah oksigen yang terlarut dalam air akan berkurang dan akan meningkatkan reaksi dalam air (Joko, 2010).

c. Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) atau muatan padatan tersuspensi adalah bahan-bahan tersuspensi berdiameter $> 1 \mu\text{m}$ yang tertahan pada saringan miliopore dengan diameter pori sebesar $0.45 \mu\text{m}$. TSS ini terdiri dari lumpur, pasir halus serta jasad-jasad renik. Penyebab TSS di perairan yang paling umum adalah pengikisan tanah yang terbawa hingga ke badan air. Konsentrasi TSS apabila terlalu tinggi akan menghambat penetrasi cahaya ke dalam air dan mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis (Effendi, 2000).

d. Total Dissolved Solid (TDS)

Total Dissolved Solid (TDS) atau padatan terlarut merupakan padatan – padatan yang memiliki ukuran lebih kecil daripada padatan tersuspensi. Bahan – bahan terlarut ini umumnya tidak bersifat toksik namun jika berlebihan dapat meningkatkan kekeruhan yang nantinya akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam air dan akhirnya berpengaruh terhadap proses fotosintesis di perairan (Ahmad, J. and El-Dessouky, 2008).

2.1.2 Parameter kimia

Persyaratan air bersih/minum ini tidak boleh mengandung bahan – bahan kimia dalam jumlah tertentu yang melebihi batas yang telah ditentukan. Bahan kimia yang dimaksud adalah bahan kimia yang dapat berdampak pada kesehatan. Beberapa persyaratan bahan kimia yakni:

a. PH

PH merupakan salah satu indikator penting pada air bersih/minum. Pada PH $<6,5$ dan $>8,5$ dapat mempercepat korosi pada pipa distribusi air bersih/minum (Joko, 2010).

b. Besi

Besi merupakan logam yang menghambat proses desinfeksi. Keberadaannya membuat air menjadi bau amis dan membentuk lapisan minyak. Kadar maksimum yang ada pada air bersih adalah sebesar 0,3 mg/l dengan nilai ambang rasa sekitar 2 mg/l (Joko, 2010).

c. Ammonia

Ammonia merupakan salah satu nitrogen anorganik terlarut yang dapat mempengaruhi kualitas suatu perairan. Nitrogen anorganik terlarut (*Dissolved Inorganic Nitrogen*) di perairan dapat berbentuk gas nitrogen (N_2), ammonia tidak terionisasi (NH_3), Ammonium (NH_4^+), Nitrit (NO_2^-), Nitrat (NO_3^-), dan senyawa bentuk lain yang berasal dari limbah pertanian, permukiman, dan limbah industri (Goldman and Horne, 1983). Ammonia yang tidak terionisasi (NH_3) bersifat toksik terhadap organisme akuatik (Effendi, 2003). Toksisitas ammonia terhadap organisme akuatik meningkat dengan penurunan kadar oksigen terlarut, peningkatan pH, dan suhu air (Saputra, 2009).

2.1.3 Parameter biologi

Persyaratan air bersih/minum ini tidak boleh mengandung kuman – kuman patogen dan parasit. Untuk mengetahui hal tersebut dilakukan pegujian dengan melihat kandungan total coliform pada air bersih/minum.

Total coliform merupakan sekelompok bakteri yang menunjukkan kualitas air minum. Pada umumnya coliform adalah bakteri non patogen yang tidak menyebabkan penyakit namun keberadaannya dapat menunjukkan bahwa bakteri patogen juga dapat memasuki sumber air minum. Oleh karena itu, coliform dalam air dapat dianggap sebagai bahaya kesehatan bagi manusia bila dikonsumsi.

2.2 Standar Kualitas Air

Standar kualitas air minum di Indonesia diatur pada PERMENKES 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Dimana air yang tersalur harus memiliki mutu baik, bersih atau jernih dan dapat dinilai dari penglihatan bahwa air seharusnya bersih tanpa berbau, berwarna dan keruh dan layak untuk

didistribusikan kepada pelanggan. Berikut untuk data persyaratan kualitas air minum sesuai baku mutunya.

Tabel 2. 1 Baku Mutu Permenkes 492 Tahun 2010

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E.Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b. Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg/l	0,01
	2) Fluorida	mg/l	1,5
	3) Total Kromium	mg/l	0,05
	4) Kadmium	mg/l	0,003
	5) Nitrit, (Sebagai NO_2^-)	mg/l	3
	6) Nitrat (Sebagai NO_3^-)	mg/l	50
	7) Sianida	mg/l	0,07
	8) Selenium	mg/l	0,01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		

	a. Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) Total zat padat terlarut (TDS)	mg/l	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak berasa
	6) Suhu		Suhu udara \pm 3
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Alumunium	mg/l	0,2
	2) Besi	mg/l	0,3
	3) Kesadahan	mg/l	500
	4) Khlorida	mg/l	250
	5) Mangan	mg/l	0,4
	6) pH		6,5 – 8,5
	7) Seng	mg/l	3
	8) Sulfat	mg/l	250
	9) Tembaga	mg/l	2
	10) Amonia	mg/l	1,5

Sumber : Permenkes 492 Tahun 2010

2.3 Unit Instalasi 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 berbagaimacam 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 *fixedscreen* 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 :

- a) Kecepatan atau kapasitas rencana
- b) Jarak antar bar
- c) Ukuran bar (batang)
- d) Sudut inklinasi
- e) Headloss yang diperbolehkan (Said, 2017)

Berikut adalah kriteria perencanaan dan rumus yang digunakan dalam merancang bangunan ini.

1. Kriteria Perencanaan

Pada perancangan ini digunakan *Coarse Screen* atau saringan kasar yang diletakkan pada awal unit. Adapun kriteria perencanaan dapat dilihat pada di bawah ini:

Tabel 2. 2 Kriteria Perencanaan Bar Screen

Parameter	U.S Customary Units			SI Units		
	Metode Pembersihan			Metode Pembersihan		
	Unit	Manual	Mekanis	Unit	Manual	Mekanis
Ukuran batang						
Lebar	In	0.2-0.6	0.2 - 0.6	mm	5.0 - 15	5.0 - 15
Kedalaman	In	1.0 - 1.5	1.0 - 1.5	mm	25 - 38	25 - 38
Jarak antar batang	In	1.5 - 2.0	0.3 - 0.6	mm	25 - 30	15 - 75
Kemiringan terhadap vertical	°	30 - 45	0 - 30	°	30 - 45	0 - 30
Kecepatan						
Maksimum	Ft/s	1.0 - 2.0	2.0-3.25	m/s	0.3 - 0.6	0.6 - 1.0
Minimum	Ft/s		1.0 - 1.6	m/s		
Headloss	In	6	6 - 24	m	150	150 - 600

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003 WasteWater Engineering Treatment & Reuse
Fourth Edition. Halaman 316

2. Rumus yang digunakan

a. Menghitung Bak Kontrol

1) Menghitung Volume bak

$$Q = \frac{V}{T}$$

$$V = Q \times T$$

Keterangan :

Q = debit air limbah (m^3/s)

T = waktu detensi (s)

V = volume bak control (m^3)

2) Menghitung Dimensi Bak

$$V = L \times W \times H$$

Keterangan :

L = panjang bak control (m)

W = lebar bak control (m)

H = kedalam bak control (m)

V = volume bak control (m^3)

3) Menghitung kecepatan air pada bak control

$$V = \frac{Q}{W \times H}$$

Keterangan:

V = kecepatan control (m^2/s)

Q = debit air limbah (m^3/s)

W = lebar bak control (m)

H = kedalaman bak control (m)

4) Menentukan h air dari kedalaman bak control

$$H_{\text{bak control/total}} = h \text{ air} + \text{freeboard}$$

$$\text{Freeboard} = \% \text{freeboard} \times h \text{ air}$$

Keterangan :

$H_{\text{bak control/total}}$ = Kedalaman bak control yang direncanakan (m)

H air = tinggi air yang melalui *Bar Screen* (m)

Freeboard = ruang kosong untukantisipasi luapan

b. Menghitung Dimensi *Bar Screen*

Sumber perhitungan: (Qasim, 1985) *Wastewater Treatment Plants: Planning Design and Operation*. Holt, Rinehart, and Winston, Halaman 164)

1. Menghitung panjang *bar screen*

Panjang *bar screen* (sisi miring)

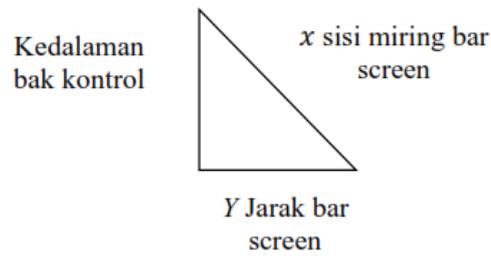
$$\sin \theta = \frac{H_{\text{bak control/total}}}{x}$$

$$X = \frac{H_{\text{bak control/total}}}{\sin \theta}$$

Lebar *Bar Screen* / jarak *Bar Screen*

$$\cos \theta = \frac{y}{x}$$

$$y = x \times \cos \theta$$



Keterangan :

$H_{\text{bak control/total}}$ = kedalaman bak control yang direncanakan (m)

x = sisi miring *Bar Screen* (m)

y = jarak *Bar Screen* (m)

θ = derajat kemiringan *Bar Screen* ($^{\circ}$)

2. Menentukan jumlah kisi dan batang

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

Jumlah Batang = Jumlah Kisi (n) – 1

Keterangan :

W_s = lebar bak control (m)

n = jumlah kisi (kisi/buah)

d = lebar antar kisi (m)

r = jarak bukaan (m)

3. Menentukan Lebar bukaan kisi

W_c = $W_s - (n \times d)$

Keterangan :

W_c = lebar bukaan kisi (m)

W_s = lebar bak control (m)

n = jumlah kisi (kisi/buah)

d = lebar antar kisi (m)

c. Kecepatan

1) Kecepatan yang melalui *Bar Screen*

$$V_i = \frac{Q}{(W_c \times h_{\text{air}})}$$

2) Kecepatan aliran saat pembersihan

$$V_c = \frac{Q}{(\%sumbatan \times W_c \times h \text{ air})}$$

Keterangan:

V_c = kecepatan aliran saat pembersihan (m/s)

Q = debit air limbah (m^3/s)

V_i = kecepatan yang lewat *Bar Screen* (m/s)

$H \text{ air}$ = kedalaman air (m)

d. *Headloss* saat *clogging* pembersihan

1) *Headloss* saat *non clogging*

$$H_f = \frac{1}{c} \frac{(v_i^2 - v^2)}{2g}$$

2) *Headloss* saat *clogging* pembersihan

$$H_f = \frac{1}{cc} \frac{(v_c^2 - v_i^2)}{2g}$$

Keterangan :

H_f = kehilangan tekanan pada *Bar Screen* (m)

V_i = kecepatan yang lewat *Bar Screen* (m/s)

V_c = kecepatan aliran saat pembersihan (m/s)

V = kecepatan awal aliran air (m/s)

C = koefisien saat *non clogging*

C_c = Koefisien saat *clogging*

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

(Sumber: (Metcalf & Eddy, 2003) WasteWater Engineering Treatment & Reuse Fourth Edition. Halaman 321)

2.3.2 Intake

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan

Air Minum, intake adalah bangunan penangkap air atau tempat air masuk sungai, danau, situ, atau sumber air lainnya. 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.

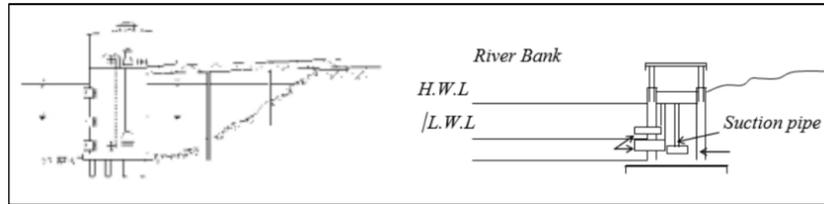
B. *Intake* pemompaan

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:

- a) Kualitas air;
- b) Kemungkinan perubahan yang terjadi
- c) Minimasi efek negatif;
- d) Adanya akses yang baik guna perawatan dan perbaikan(*maintenance*);
- e) Adanya tempat bagi kendaraan;
- f) Adanya lahan guna penambahan fasilitas pada masa yang akan datang ;
- g) Kuantitas air;
- h) Efek terhadap kehidupan aquatik di sekitarnya;
- i) 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 adajuga yang

menggunakan *tower intake*, *siphone well intake*, *suspended intake*, dan *floating intake*.



Gambar 2. 1 River Intake

Sumber : Kawamura, 2000

1. Mencari Debit tiap Intake

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

Keterangan:

Q = debit (m³/s)

Σ pipa = jumlah pipa intake

2. Mencari Luas

$$A = \frac{Q \text{ pipa intake}}{v}$$

Penampang Pipa Inlet

Keterangan:

A = luas penampang (m²)

Q = debit (m³/s)

v = kecepatan (m/s)

3. Mencari Diameter Pipa Inlet

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

Keterangan:

D = diameter pipa (m)

A = luas penampang (m²)

4. Rumus umum kecepatan (v)

$$v = Q/A$$

Keterangan:

v = kecepatan (m/s)

Q = debit (m³/s)

A = luas penampang (m²)

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_f = Headlosses Mayor (m)

Q = debit (m³/s)

L = Panjang Pipa (m)

C = Koefisien Kekasaran Pipa

D = Diameter Pipa (m)

6. Head Losses Minor (H_m)

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

Keterangan:

H_m = minor losses (m)

k = koefisien kehilangan energi

v = kecepatan (m/s)

g = percepatan gravitasi (m²/s)

7. Mencari Slope Pipa

$$S_{HWL} = \frac{H_f}{L}$$

Keterangan:

S = Slope pipa (m/m)

L = panjang pipa (m)

Hf = head losses (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_v = Velocity head (m)

v = kecepatan (m/s)

g = percepatan gravitasi (m²/s)

10. Headloss melalui screen (Hf screen)

$$H_f \text{ screen} = \beta \times \left(\frac{w}{b}\right)^{4/3} \times H_v \times \sin \alpha$$

Dimana:

β = koefisien minor losses (m)

w = lebar bar (cm)

b = jarak antar bar (cm)

2.3.3 Prasedimentasi

Bangunan prasedimentasi ini dimaksudkan untuk menangkap benda kasar yang mudah mengendap yang terkandung dalam air baku seperti pasir atau dapat juga disebut partikel diskrit. Partikel diskrit adalah partikel yang tidak mengalami perubahan bentuk selama proses pengendapan.

Penggunaan unit prasedimentasi selalu ditempatkan pada awal proses pengolahan air, sehingga dapat dicapai penurunan kekeruhan. Prasedimentasi merupakan bak pengendapan material pasir dan lain – lain yang tidak tersaring pada screen, serta merupakan pengolahan fisik yang kedua. Pada umumnya bentuk dari prasedimentasi adalah segi empat dan melingkar. Pada unit ini tidak ada penambahan bahan kimia dan hanya melakukan pengendapan secara gravitasi (Joko, 2010). Kriteria desain bak prasedimentasi adalah sebagai berikut:

Diameter orifice	$= \geq 3 \text{ cm}$
Surface loading	$= 60 - 120 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$
Waktu detensi	$= 1 - 2 \text{ jam}$
Kemiringan plate (α)	$= 45 - 60^\circ$
Jarak antara plate (wp)	$= 25 - 100 \text{ mm}$
Tebal plate (tp)	$= 2,5 - 5 \text{ mm}$
Panjang plate (Pp)	$= 1000 - 2500 \text{ mm}$
lebar plate (lp)	$= 1000 - 1200 \text{ mm}$
N_{FR}	$= \geq 10 - 5$
N_{RE}	$= \leq 500$
Jarak pipa inlet ke zona lumpur	$= 0,2 - 0,3 \text{ m}$
Jarak plate ke pipa inlet	$= 1 - 1,4 \text{ m}$
Jarak gutter ke plate	$= 0,3 - 0,4 \text{ m}$
Tinggi plate	$= 1 - 1,2 \text{ m}$
Kadar lumpur	$= 4 - 6\%$

2.3.4 Aerasi

Aerasi merupakan suatu bentuk perpindahan gas dan dipergunakan dalam berbagai bentuk variasi operasi meliputi:

1. Tambahan oksigen untuk mengoksidasi besi dan mangan terlarut
2. Pembuangan karbon dioksida
3. Pembuangan *hydrogen sulfida* untuk menghapuskan bau dan rasa
4. Pembuangan minyak yang mudah menguap dan bahan – bahan penyebab bau dan rasa serupa yang dikeluarkan oleh ganggang serta mikroorganisme serupa.

Aerasi dilaksanakan dengan cara memasukkan udara ke dalam air. Jenis – jenis utama alat aerasi adalah:

1. Aerator gaya berat, misalnya *cascade*
2. Aerator semprotor atau air mancur, yaitu air disemprotkan ke udara
3. Penyebar suntikan, di mana udara dalam bentuk gelembung – gelembung kecil disuntikkan ke dalam zat cair
4. Aerator mekanis yang meningkatkan pencampuran zat cair dan membuat air terbuka ke atmosfer dalam bentuk butir – butir tetesan
5. *Tray towers*, aerator ini paling sering digunakan untuk mengoksidasi besi dan mangan. Aerator ini disemprotkan ke udara
6. *Jet type*, pada aerator ini air disemprotkan dari bawah ke atas melalui pipa berpori
7. *Air blowing*, pada aerator ini udara disemprotkan ke dalam air
8. *Contact type*, pada aerator ini air dilewatkan melalui media berfilter. Filter yang digunakan biasanya berbentuk kerikil (*gravel*) atau arang (*coke*) (Joko, 2010).

2.3.5 Koagulasi

Koagulasi adalah penambah koagulan ke dalam air baku diikuti dengan pengadukan cepat yang bertujuan untuk mencampurkan koagulan dengan koloid. Partikel yang memiliki diameter sangat kecil tidak dapat diendapkan dalam unit sedimentasi. Partikel yang memiliki diameter 0,06 mm membutuhkan waktu 10 jam untuk mengendap dalam bak sedimentasi yang memiliki kedalaman 3 meter, dan partikel yang berdiameter 0,002 mm membutuhkan waktu mengendap selama 4 hari. *Detention time* selama ini tidak bisa dipraktekkan dalam perencanaan. Selain partikel – partikel yang halus, di dalam air juga terdapat koloid – koloid yang bermuatan listrik yang selalu bergerak – gerak serta tidak dapat diendapkan secara gravitasi. Oleh sebab digunakan proses yang dapat mengubah partikel – partikel halus/koloid tersebut mengendap yaitu koagulasi (Joko, 2010).

Partikel – partikel yang sangat halus/koloid bersifat stabil dalam air di non stabilkan muatan permukaannya dengan zat koagulan sehingga terjadi gaya tarik – menarik yang nantinya akan membentuk flok – flok. Partikel – partikel suspensi maupun koloid yang telah membentuk flok nantinya akan dipisahkan melalui proses sedimentasi. Untuk meratakan pencampuran dilakukan pengadukan cepat dan pengadukan lambat. Pengadukan cepat dilakukan kurang lebih satu menit yang diikuti dengan pengadukan lambat kurang lebih 10 – 20 menit (Joko, 2010).

Pengendapan kimiawi dalam pengolahan air minum dilakukan dengan penambahan zat – zat kimia (koagulan) untuk mengubah bentuk fisik dari padatan terlarut atau padatan tersuspensi dan untuk memudahkan penyisihannya dengan sedimentasi. Akibat dari penambahan zat kimia adalah peningkatan jumlah zat terlarut di dalam air (Joko, 2010).

Tingkat kejernihan yang diperoleh tergantung pada jumlah bahan kimia yang digunakan. Pengendapan bisa menghasilkan effluen yang jernih, bebas dari substansi dalam bentuk suspensi maupun koloid. Pengendapan kimia ini

dapat menyisahkan sekitar 80 – 90% total padatan terlarut, 40 -70% untuk BOD₅, 30 – 60% untuk COD, dan 80 – 90% untuk bakteri (Joko, 2010).

2.3.6 Flokulasi

Flokulasi secara umum disebut juga pengadukan lambat, di mana dalam flokulasi ini berlangsung proses penggumpalan flok – flok yang lebih besar dan akibat adanya perbedaan berat jenis terhadap air, maka flok – flok tersebut dapat dengan mudah mengendap di bak sedimentasi (Joko, 2010).

Flokulasi dilakukan setelah proses koagulasi. Flokulator berjalan dengan kecepatan lambat dengan maksud terjadi pembentuk flok. Kecepatan air dalam bak pengaduk sekitar 15 – 30 cm/dt, agar tidak terjadi pengendapan maupun kerusakan flok yang telah terbentuk (Joko, 2010).

Faktor – faktor yang memengaruhi dalam mendesain proses flokulasi adalah:

1. Kualitas air baku
2. Proses pengolahan dan hasil yang akan dicapai
3. Kehilangan tekan
4. Kondisi tempat
5. Biaya
6. Fasilitas pengolahan lainnya
7. Aksesoris lainnya

2.3.7 Sedimentasi

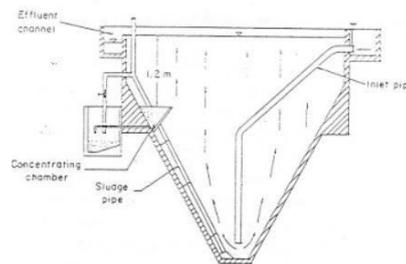
Sedimentasi merupakan pemisahan solid dan liquid dengan memakai pengendapan secara gravitasi untuk menyisahkan suspended solid. Sedimentasi pada pengolahan air ditujukan untuk :

1. Pengendapan air permukaan untuk penyisihan partikel diskrit
2. Pengendapan flok hasil koagulasi-flokulasi
3. Pengendapan lumpur hasil pembubuhan soda kapur pada proses penurunan kesadahan

4. Pengendapan presipitat padapenyisihan besi dan mangan dengan oksidasi

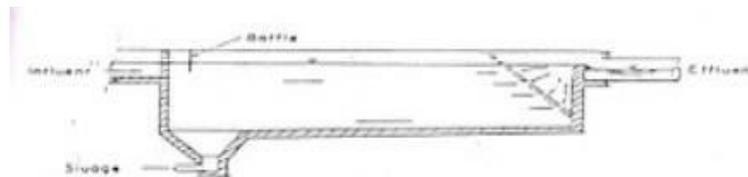
Berdasarkan bentuknya, bak sedimentasi dibagi menjadi tiga, yaitu :

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



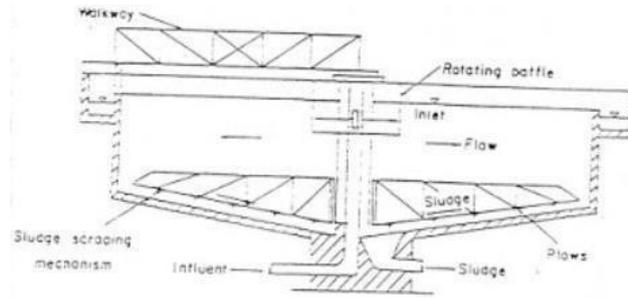
Gambar 2. 2 Bak Sedimentasi Circular Center Feed

2. Segi empat (*rectangular*), dimana air mengalir horizontal dari inlet menuju outlet, sementara partikel mengendap kebawah.



Gambar 2. 4 Bak Sedimentasi Rectangular

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



Gambar 2. 5 Bak Sedimentasi Circular

Sedangkan menurut tipenya, sedimentasi dibagi menjadi :

1. Sedimentasi tipe 1 yang ditujukan untuk mengendapkan partikel diskrit.
2. Sedimentasi tipe 2 yang ditujukan untuk mengendapkan partikel flokulen.
3. Sedimentasi tipe 3 yang ditujukan untuk mengendapkan lumpur biologis.
4. 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).

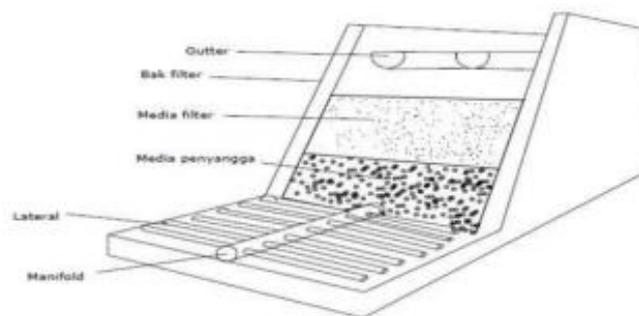
Untuk pengolahan air minum, sedimentasi yang umum digunakan yaitu sedimentasi tipe 2. Sedimentasi tipe 2 merupakan pengendapan partikel flokulan dalam air, dimana selama pengendapan terjadi saling interaksi antar partikel sehingga ukuran flok akan semakin besar dan pada akhirnya akan mengendap (Masduqi,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

2.3.8 Filtrasi

Filtrasi merupakan proses pemisahan zat pada 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).

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 ;

1. Bak filter yang berfungsi sebagai tempat proses filtrasi berlangsung
2. Media filter yang berupa media dengan bahan berbutir tempat berlangsungnya penyaringan
3. Sistem underdrain yang berfungsi sebagai system pengaliran air yang telah melewati proses filtrasi. Sistem underdrain terdiri atas orifice, lateral dan manifold (Masduqi, 2016)



Gambar 2. 6 Struktur Filter Pasir Cepat

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

Tabel 2. 3 Perbandingan Slow Sand Filter dan Rapid Sand Filter

Parameter	Slow Sand Filter	Rapid Sand Filter
Area filter	sangat luas	relatif kecil
Ukuran pasir	ES = 0,2 – 0,4 mm UC = 2 – 4	ES = 0,36 – 0,6 mm UC = 1,2 – 1,8
Air baku	tidak perlu pengolahan pendahuluan	perlu pengolahan pendahuluan
Kecepatan filtrasi	100 – 180 l/m ² /jam	4000 – 5000 l/m ² /jam
Distribusi pasir	tercampur	kecil ke besar
Periode pencucian	1 – 3 bulan	24 – 48 jam
Metode pencucian	pengerukan lapisan atas 3 – 5 cm	back washing
Kehilangan tekanan	15 – 75 cm	2 – 4 cm

Sumber : Joko, 2010

2.3.2 Desinfeksi

Desinfeksi merupakan salah satu proses dalam pengolahan air minum yang berfungsi untuk membunuh organisme patogen yang masih terdapat dalam air olahan. Yang terjadi dalam proses ini adalah dengan membubuhkan bahan kimia yang mempunyai kemampuan membasmi bakteri patogen seperti klor. 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. Karakteristik desinfektan yang baik:

1. Efektif membunuh mikroorganisme patogen
2. Tidak beracun bagi manusia/hewan domestik
3. Tidak beracun bagi ikan dan spesies akuatik lainnya
4. Mudah dan aman disimpan, dipindahkan, dibuang
5. Rendah biaya
6. Analisis yang mudah dan terpercaya dalam air
7. Menyediakan perlindungan sisa dalam air minum

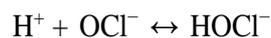
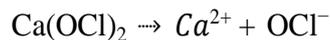
Ada banyak hal yang mempengaruhi proses desinfeksi, diantaranya adalah

- a. Oksidan kimia
- b. Iradiasi
- c. Pengolahan termal dan
- d. Pengolahan elektrokimia.

Jenis-jenis desinfeksi :

- Desinfeksi kimiawi, berupa oksidator seperti chlorine, ozon dan kaporit. Desinfektan yang paling sering digunakan adalah kaporit ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) dan gas chlor (Cl_2).

Pada proses desinfeksi menggunakan kaporit, terjadi reaksi persamaan sebagai berikut:



Sebagai suatu proses kimia yang menyangkut reaksi antara biomassa mikroorganisme perlu dipenuhi 2 syarat :

- Dosis yang cukup
- Waktu kontak yang cukup, minimum 30 menit

Selain itu diperlukan proses pencampuran yang sempurna agar desinfektan benar-benar tercampur. Desinfeksi menggunakan ozon lazim digunakan untuk desinfeksi hasil pengolahan *waste water treatment*.

- Desinfeksi fisik, misalnya sinar ultraviolet.

Desinfeksi menggunakan ultraviolet lebih aman daripada menggunakan klor yang beresiko membentuk trihalometan yang bersifat karsinogenik, tetapi jika digunakan ultraviolet sebagai desinfektan maka instalasi distribusi harus benar-benar aman dan menjamin tidak akan ada kontaminasi setelah desinfeksi. Apabila kontaminan masuk setelah air di desinfeksi, maka kontaminan tersebut akan tetap berada dalam air dan sampai ke tangan konsumen. Selain itu, biaya yang diperlukan juga lebih besar dibandingkan dengan desinfeksi menggunakan kaporit. Umumnya dilakukan desinfeksi terlebih dahulu baru didistribusikan ke konsumen secara langsung.

2.3.2 Reservoir

Reservoir pada Instalasi Pengolahan Air Minum mempunyai fungsi untuk menampung air hasil olahan IPAM sebelum didistribusikan ke konsumen. Bangunan ini selain digunakan untuk keperluan konsumen juga digunakan untuk keperluan instalasi. Maksud dari keperluan instalasi disini misalnya untuk proses backwash, pembersihan instalasi, pelarutan bahan kimia dll. *Reservoir* bisa berupa *ground reservoir* dan *elevated reservoir*. Jenis-jenis reservoir berdasarkan perletakannya antara lain:

1. Stand Pipe

Reservoir jenis ini hampir sama dengan *elevated reservoir*, dipakai sebagai alternatif terakhir bila *ground reservoir* tidak dapat diterapkan karena daerah pelayanan datar.

Untuk dapat merencanakan menara instalansi perlu diperhitungkan terlebih dahulu kebutuhan air untuk instalansi, dengan mengetahui jumlah kebutuhan dan jam-jam pemakaian air untuk instalansi, maka dapat direncanakan dimensi menara instalansi dan ketinggiannya.

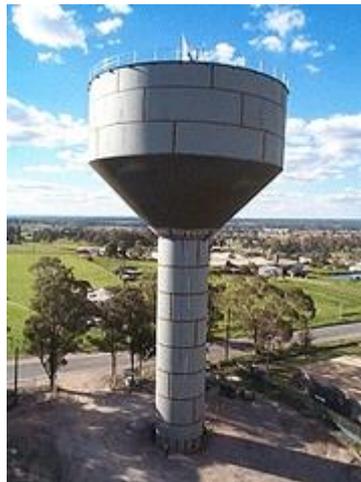
Adapun kebutuhan air untuk instalansi meliputi antara lain:

- a) Kebutuhan air untuk kantor

- b) Kebutuhan air untuk pelarutan koagulan dan desinfektan
- c) Kebutuhan air untuk filtrasi
- d) Kebutuhan air untuk sedimentasi

2. 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.

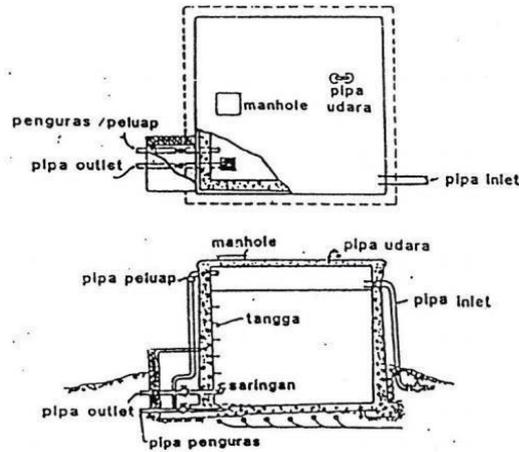


Gambar 2. 7 Reservoir Menara

3. 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. 8 Reservoir

2.4 Persen Removal

Persen removal untuk masing – masing unit ini diambil berdasarkan literatur dan jurnal, seperti pada tabel di bawah ini

Tabel 2. 4 Persen removal

Unit Bangunan	Parameter	Persen Removal	Asumsi	Sumber
Intake	-	-		-
Prasedimentasi	Kekeruhan	40 – 60%	40%	Joko, T. (2010). Unit produksi dalam sistem penyediaan air minum, hal 22.
Aerasi	Fe	20 – 60%	55%	Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9, hal 224.

	Ammonia	60 – 90%	90%	Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9, hal 224.
Koagulasi	-	-		-
Flokulasi	-	-		-
Sedimentasi	TDS	0 – 20%	20%	Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9, hal 224.
	Kekeruhan	60 – 90%	90%	Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9, hal 224.

Filtrasi Slow Sand	TDS	Hingga 80%	48%	Agrawal, A., Sharma, N., & Sharma, P. (2021). Designing an economical slow sand filter for households to improve water quality parameters. <i>Materials Today: Proceedings</i> , 43, 1582-1586.
Reservoir dan Disinfeksi (UV)	Coliform	90 – 100%	100%	Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9, hal 224.
	Ammonia	60 – 90%	70%	Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9, hal 224.

2.5 Profil Hidrolis

Profil hidrolis ini berguna untuk mendapatkan tinggi muka air pada masing-masing unit instalasi. Profil ini menunjukkan adanya kehilangan tekanan (head loss) 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. Profil hidrolis IPA 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.

Hal yang perlu diperhatikan sebelum membuat profil hidrolis adalah memperhitungkan:

1. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan

Untuk membuat profil hidrolis perlu perhitungan kehilangan tekanan pada bangunan. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air di dalam bangunan pengolahan. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan ada beberapa macam, yaitu:

- a. Kehilangan tekanan pada pintu
- b. Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang, dan lain sebagainya
- c. Kehilangan tekanan pada perpipaan
- d. Kehilangan tekanan pada aksesoris
- e. Mengekivalenkan aksesoris dengan panjang pipa, disini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekivalen sekaligus.
- f. Kehilangan tekanan pada pompa

Hal ini dipengaruhi oleh jenis pompa, cara pemasangan, dan lain-lain

2. Tinggi muka air

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

- A. Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir
- B. Menambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di clear well
- C. Mendapatkan tinggi muka air bangunan sebelum clear well hingga bangunan pertama sesudah intake
- D. Jika tinggi muka air bangunan setelah intake lebih tinggi dari pada tinggi muka air sumber maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air