

BAB 2

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 Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan. Parameter – parameter yang digunakan sebagai standar kualitas air ini terdiri beberapa parameter, yaitu:

2.1.1 Suhu

Suhu air adalah faktor pengendali untuk kehidupan akuatik, ia mengendalikan laju aktivitas metabolik, aktivitas reproduksi dan siklus hidup. Jika suhu aliran meningkat, menurun atau berfluktuasi terlalu luas, aktivitas metabolik dapat meningkat, melambat, bahkan tidak berfungsi. 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. Mikroorganisme patogen tidak mudah berkembang biak dan bila diminum dapat menghilangkan dahaga (Effendi, 2003).

2.1.2 *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).

2.1.3 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).

2.1.4 pH

pH merupakan derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan, yang dimaksudkan "keasaman" di sini adalah konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam pelarut air. Nilai pH berkisar dari 0 hingga 14. Suatu larutan dikatakan netral apabila memiliki nilai pH = 7. Nilai pH > 7 menunjukkan larutan memiliki sifat basa, sedangkan nilai pH sederhana yang digunakan adalah kertas lakmus yang berubah menjadi merah bila keasamannya tinggi dan biru bila keasamannya rendah. Selain menggunakan kertas lakmus, indikator asam basa dapat diukur dengan pH meter yang bekerja berdasarkan prinsip elektrolit atau konduktivitas suatu larutan.

2.1.5 Biological Oxygen Demand (BOD)

Biological Oxygen Demand (BOD) atau kebutuhan oksigen biologis adalah jumlah oksigen terlarut yang dikonsumsi atau diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa-senyawa kimia. Nilai BOD berguna untuk mengetahui bahwa air tersebut apakah mengalami biodegradasi atau tidak (Susilawati; Dewi Agustina, 2020).

2.1.6 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).

2.1.7 Total Fosfat

Kandungan fosfat pada air ditemukan pada beberapa tempat. Fosfat anorganik dihasilkan oleh limbah manusia sebagai hasil proses metabolisme senyawa protein, lemak di dalam tubuh. Senyawa polifosfat ditemukan pada limbah industri detergen maupun pencucian. Senyawa ortofosfat ditemukan pada pupuk tanaman, yang sering digunakan pada daerah pertanian. Senyawa polifosfat dapat dihidrolisis oleh bakteri menjadi senyawa ortofosfat. Jumlah kandungan polifosfat dapat dihitung dengan cara total anorganik fosfat dikurangi dengan ortofosfat. Senyawa fosfat biasanya diukur bentuk ortofosfat. Penentuan kandungan fosfat sebagai indikator biologis terdapat aktivitas mikroorganisme pada air permukaan, dalam penelitian sebelumnya kandungan fosfat ditemukan pada sungai, danau 11 maupun reservoir. Penentuan fosfat harus dilakukan secara rutin dalam pengolahan air limbah maupun di air permukaan, karena fosfat sebagai nutrisi makro esensial pertumbuhan biologis (Listiantia, 2020)

2.1.8 E. Coli

Bakteri E-Coli merupakan golongan mikro organisme yang lazim digunakan sebagai indikator, dimana bakteri ini dapat menjadi sinyal untuk menentukan suatu sumber air telah terkontaminasi oleh patogen atau tidak. Berdasarkan penelitian, bakteri Coliform ini menghasilkan zat etionin yang dapat menyebabkan kanker. Selain itu, bakteri pembusuk ini juga memproduksi bermacam-macam racun seperti indol dan skatol yang dapat menimbulkan penyakit bila jumlahnya berlebih di dalam tubuh (Pracoyo, 2006). Bakteri coliform dalam air minum dikategorikan menjadi tiga golongan, yaitu coliform total, fecal coliform, dan E. coli. Masing-masing memiliki tingkat risiko yang berbeda. Coliform total kemungkinan bersumber dari lingkungan dan tidak mungkin berasal dari pencemaran tinja. Sementara itu, fecal coliform dan E. coli terindikasi kuat diakibatkan oleh pencemaran tinja, keduanya memiliki risiko lebih besar menjadi

patogen di dalam air. Bakteri fecal coliform atau E. coli yang mencemari air memiliki risiko yang langsung dapat dirasakan oleh manusia yang mengonsumsinya. Kondisi seperti ini mengharuskan pemerintah bertindak melalui penyuluhan kesehatan, investigasi, dan memberikan solusi untuk mencegah penyebaran penyakit yang ditularkan melalui air (Pracoyo, 2006).

2.2 Standar Kualitas Air Minum

Berdasarkan Permenkes Nomor 2 Tahun 2023, air minum adalah air yang melalui pengolahan atau tanpa pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Standar baku mutu Kesehatan lingkungan media Air Minum dituangkan dalam parameter yang menjadi acuan. Parameter yang dimaksud meliputi parameter fisik, mikrobiologi, kimia, serta radioaktif. Parameter wajib air minum adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Parameter Wajib Air Minum

No	Jenis Parameter	Kadar maksimum yang diperbolehkan	Satuan	Metode Pengujian
Mikrobiologi				
1	<i>Escherichia coli</i>	0	CFU/100ml	SNI/ APHA
2	<i>Total Coliform</i>	0	CFU/100ml	SNI/ APHA
Fisik				
3	Suhu	Suhu udara ± 3	$^{\circ}\text{C}$	SNI/APHA
4	<i>Total Dissolve Solid</i>	<300	mg/L	SNI/APHA
5	Kekeruhan	<3	NTU	SNI atau yang setara
6	Warna	10	TCU	SNI/APHA
Kimia				
7	Bau	Tidak berbau	-	APHA
8	pH	6.5 – 8.5	-	SNI/APHA
9	Nitrat (sebagai NO_3^-) (terlarut)	20	mg/L	SNI/APHA
10	Nitrit (sebagai NO_2^-) (terlarut)	3	mg/L	SNI/APHA
11	Kromium valensi 6 (Cr^{6+}) (terlarut)	0,01	mg/L	SNI/APHA
12	Besi (Fe) (terlarut)	0.2	mg/L	SNI/APHA
13	Mangan (Mn) (terlarut)	0.1	mg/L	SNI/APHA
14	Sisa klor (terlarut)	0,2-0,5 dengan waktu kontak 30 menit	mg/L	SNI/APHA
15	Arsen (As) (terlarut)	0.01	mg/L	SNI/APHA
16	Kadmium (Cd) (terlarut)	0.003	mg/L	SNI/APHA
17	Timbal (Pb) (terlarut)	0.01	mg/L	SNI/APHA
18	Flouride (F) (terlarut)	1.5	mg/L	SNI/APHA
19	Aluminium (Al) (terlarut)	0.2	mg/L	SNI/APHA

(Sumber: Permenkes No 2 Tahun 2023)

2.3 Bangunan Pengolahan Air Minum

2.3.1 *Intake*

Intake merupakan bangunan penangkap air atau tempat air masuk sungai, danau, situ, atau sumber air lainnya. Bangunan intake menurut cara pengambilannya dibedakan menjadi dua jenis, yaitu (Kawamura, 1991):

a. *Intake* gravitasi

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

b. *Intake* pemompaan

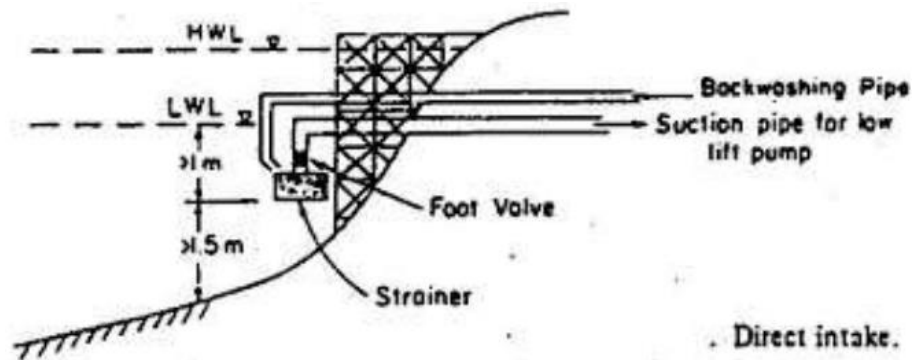
Intake pemompaan adalah bangunan penangkap air dari sumber yang menggunakan bantuan pompa. Selain itu berdasarkan sumber air permukaannya, bangunan intake juga dapat 6 dibagi atas (Kawamura, 1991). Salah satu *intake* yang digunakan yaitu *river intake*. kriteria pemilihan lokasi *river intake* adalah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

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

Menurut Kawamura (2000), bangunan *intake* memiliki beberapa tipe, antara lain adalah sebagai berikut:

a. *Direct Intake*

Digunakan untuk sumber air yang dalam seperti sungai atau danau dengan kedalaman yang relatif tinggi. Jenis *Intake* ini memungkinkan erosi dinding dan endapan di bagian bawah.



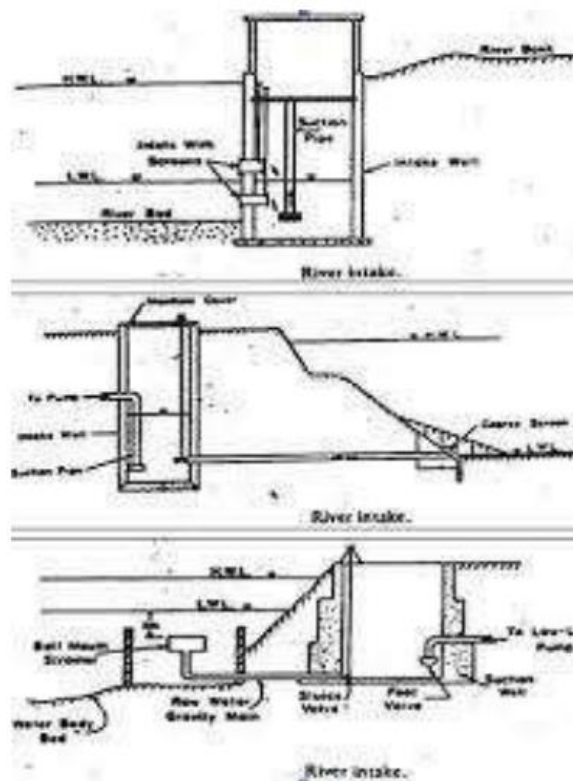
Gambar 2. 1 *Direct Intake*

(Sumber: Kawamura, 2000)

b. *Indirect Intake*

- *River Intake*

Menggunakan pipa penyadap dalam bentuk sumur pengumpul. Jenis *Intake* ini dinilai lebih ekonomis untuk sumber air dari sungai yang memiliki perbedaan ketinggian muka air di musim yang berbeda.

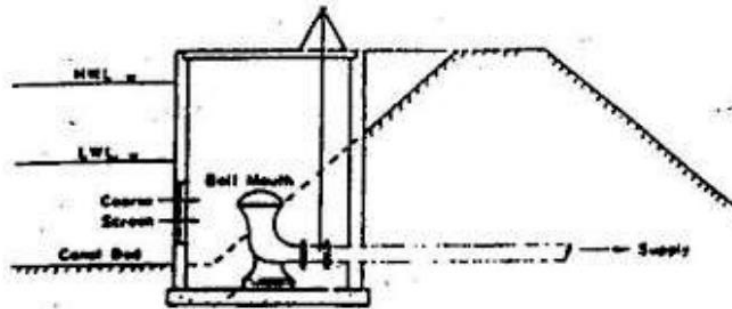


Gambar 2. 2 *River Intake*

(Sumber: Kawamura, 1991)

- *Canal Intake*

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

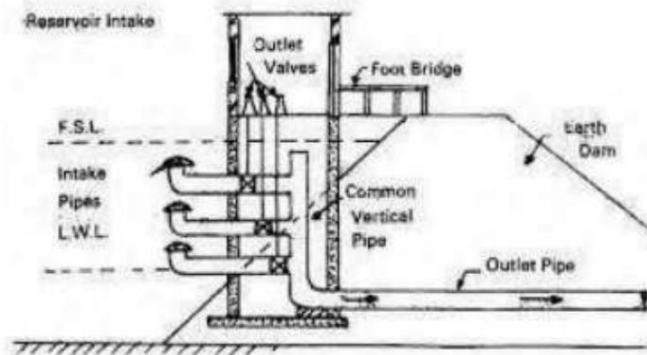


Gambar 2. 3 *Canal Intake*

(Sumber: Kawamura, 1991)

- *Reservoir Intake*

Digunakan untuk air yang diambil dari bendungan dan Menara *intake* air yang mudah digunakan. Menara *intake* dengan bendungan dibuat terpisah dan terletak di hulu. Untuk mengimbangi fluktuasi ketinggian air, pintu masuk bertingkat ditempatkan di menara.

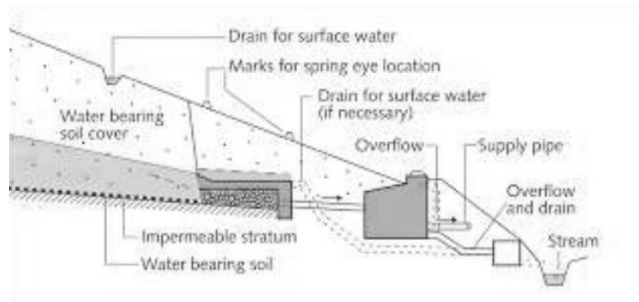


Gambar 2. 4 *Reservoir Intake*

(Sumber: Kawamura, 1991)

- *Spring Intake*

Digunakan untuk air baku dari mata air / air tanah.

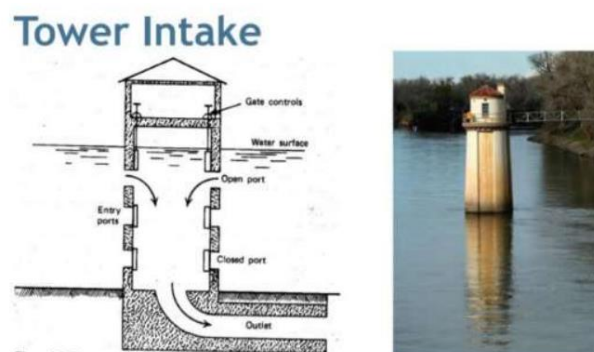


Gambar 2. 5 Spring Intake

(Sumber: *Sustainable Sanitation and Water Management*)

- *Intake Tower*

Digunakan untuk air permukaan dimana kedalaman air berada diatas level tertentu.



Gambar 2. 6 Intake Tower

(Sumber: *Collection and Distribution of Water by Zerihun Alemayehu*)

2.3.2 Bar Screen

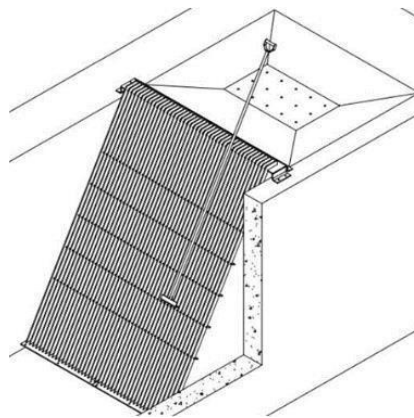
Pada umumnya *screen* dilakukan pada tahap awal dalam pengolahan. Saringan sebagai penggunaan umum dapat dipakai untuk memisahkan berbagai macam benda padat dengan ukuran besar yang terdapat pada air baku, misalnya seperti kertas, plastik, kayu dan lainnya. *Screen* atau saringan dapat dikelompokkan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

mekanis. Beberapa tipe *screen* yang sangat halus juga telah dikembangkan untuk dipakai pada pengolahan sekunder (Said, 2017).

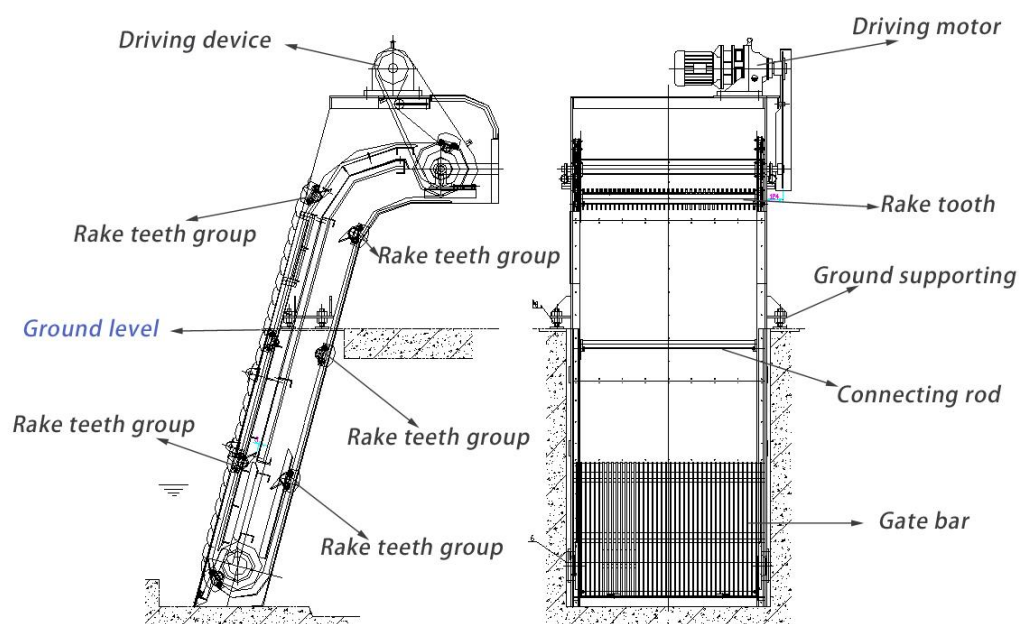
Bar Screen terdiri dari batang baja yang dilas pada kedua ujungnya terhadap dua batang baja horizontal. Penggolongan *Bar Screen* yaitu saringan kasar, saringan halus dan saringan sedang yang tergantung berdasarkan jarak antar batang (*bar*). Saringan halus memiliki rentang jarak antar batang 1,5-13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

- Kecepatan atau kapasitas rencana
- Jarak antar bar Ukuran *bar* (batang)
- Sudut inklinasi
- *Headloss* yang diperbolehkan

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



Gambar 2. 7 *Manual Bar Screen*



Gambar 2. 8 *Mechanical Bar Screen*

Tabel 2. 2 Kriteria Perencanaan *Barscreen*

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)

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).

Bentuk unit prasedimentasi yang umum digunakan adalah *rectangular* dan *circular* serta terdiri dari empat zona, yaitu zona inlet, zona pengendapan, outlet, dan zona lumpur. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengendapan adalah *overflow rate*, v horizontal (v_h), bilangan Reynold partikel, serta karakteristik aliran (Reynolds & Richards, 1996). Bak pengendap pertama terdiri dari empat ruangan fungsional, yaitu:

a. *Zona Inlet*

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

b. *Zona Settling* (Pengendapan)

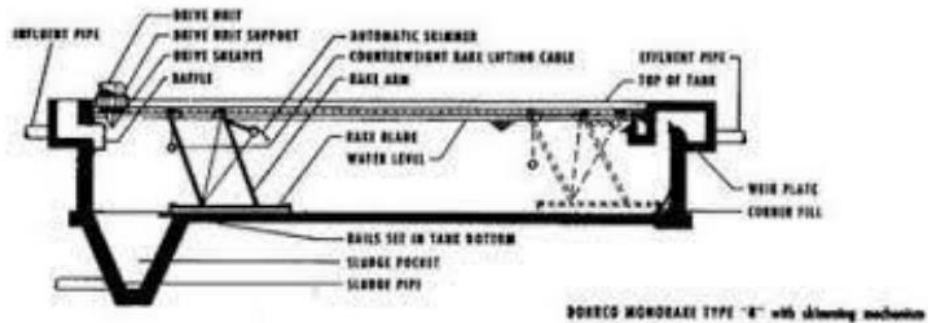
Tempat berlangsungnya proses pengendapan/pemisahan partikel-partikel diskrit di dalam air buangan.

c. *Zona Sludge* (Lumpur)

Tempat menampung material yang diendapkan bersama lumpur endapan.

d. *Zona Outlet*

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



Gambar 2. 9 Bangunan Prasedimentasi

(Sumber: Huisman, 1977)

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 berikut:

Tabel 2. 3 Desain Kriteria Prasedimentasi

Item	U.S. customary units			SI units		
	Unit	Range	Typical	Unit	Range	Typical
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 ² .d	800-1200	1000	m ³ /m ² .d	30-50	40
Peak hourly flow	gal/ft ² .d	2000-3000	2500	m ³ /m ² .d	80-120	100
Weir loading	gal/ft.d	10.000-40.000	20.000	m ³ /m ² .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 ² .d	600-800	700	m ³ /m ² .d	24-32	28
Peak hourly flow	gal/ft ² .d	1200-1700	1500	m ³ /m ² .d	48-70	60
Weir loading	gal/ft.d	10.000-40.000	20.000	m ³ /m ² .d	125-500	250

(Sumber: Metcalf & Eddy, 2003)

Desain outlet biasanya terdiri dari pelimpah yang dirancang sedemikian rupa untuk mengurangi terjadinya aliran pendek. *Weir loading rate* adalah beban

pelimpah (dalam hal ini debit air) yang harus ditanggung persatuan waktu dan panjangnya. Berikut ini adalah beberapa kriteria desain untuk *weir loading rate* dari berbagai sumber.

Tabel 2. 4 *Weir Loading Rate* dari Berbagai Sumber

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

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

2.3.4 Aerasi

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

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

- Tambahan oksigen untuk mengoksidasi besi dan mangan terlarut
- Pembuangan karbon dioksida

- c. Pembuangan *hydrogen* sulfida untuk menghapuskan bau dan rasa
- d. Pembuangan minyak yang mudah menguap dan bahan – bahan penyebab bau dan rasa serupa yang dikeluarkan oleh ganggang serta mikroorganisme serupa.

Dalam melakukan proses Aerasi ini perlu menggunakan alat yang dinamakan aerator. Prinsip kerja alat ini adalah untuk menambahkan oksigen terlarut di dalam air tersebut. Kemudian yang menjadi tugas utama dari aerator ini adalah memperbesar permukaan kontak antara air dan udara. Adapun tujuan dari aerasi adalah

- a. Penambahan jumlah oksigen.
- b. Penurunan jumlah *carbon dioxide* (CO_2)
- c. Menghilangkan *hydrogen sulfide* (H_2S), *methan* (CH_4) dan berbagai senyawa senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau.

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

- a. Aerator gaya berat, misalnya *cascade*
- b. Aerator semprator atau air mancur, yaitu air disemprotkan ke udara
- c. Aerator mekanis yang meningkatkan pencampuran zat cair dan membuat air terbuka ke atmosfer dalam bentuk butir – butir tetesan
- d. *Tray towers*, aerator ini paling sering digunakan untuk mengoksidasi besi dan mangan. Aerator ini disemprotkan ke udara.
- e. *Jet type*, pada aerator ini air disemprotkan dari bawah ke atas melalui pipa berpori
- f. *Bubble aerator*, pada aerator ini udara disemprotkan dalam bentuk gelembung-gelembung kecil ke dalam air
- g. *Contact type*, pada aerator ini air dilewatkan melalui media berfilter. Filter yang digunakan biasanya berbentuk kerikil (*gravel*) atau arang (*coke*) (Joko, 2010).

Pada penelitian kali ini, digunakan *bubble aerator* dalam proses aerasi. *Bubble aerator* adalah jenis unit aerator yang digunakan dalam pengolahan air dan air limbah untuk menginfuskan udara ke dalam air dalam bentuk gelembung-gelembung kecil. Proses ini membantu meningkatkan kandungan oksigen terlarut

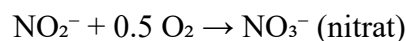
dalam air dengan menyediakan permukaan kontak yang besar antara udara dan air. *Bubble aerator* sering digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pengolahan air limbah, pengolahan air minum, serta dalam sistem budidaya ikan dan akuakultur untuk meningkatkan kualitas air dan mendukung kehidupan akuatik.

Pada proses aerasi ini terjadi proses pertukaran oksigen yang dapat menurunkan kadar-kadar pencemar terlarut dalam air, seperti ammonia dan *biological oxygen demand* (BOD). Penguraian ammonia dengan menggunakan pertukaran oksigen (atau lebih dikenal dengan proses aerasi yang melibatkan oksigen) pada dasarnya berhubungan dengan peningkatan oksigen terlarut dalam air untuk mendukung aktivitas biologis yang mengubah ammonia menjadi bentuk yang lebih aman, seperti nitrat. Ada dua mekanisme utama dalam penguraian ammonia yang melibatkan oksigen

- Langkah 1: Oksidasi Ammonia menjadi Nitrit Bakteri *Nitrosomonas* mengoksidasi ammonia (NH_3) menjadi nitrit (NO_2^-). Reaksi ini membutuhkan oksigen yang terlarut dalam air:



- Langkah 2: Oksidasi Nitrit menjadi Nitrat Selanjutnya, bakteri *Nitrobacter* mengoksidasi nitrit (NO_2^-) menjadi nitrat (NO_3^-), yang jauh lebih stabil dan tidak berbahaya dalam jumlah besar:



Pada proses penguraian *biological oxygen demand* (BOD), melibatkan mikroorganisme pada proses penguraiannya. Mikroorganisme yang ada dalam air akan menggunakan oksigen terlarut untuk menguraikan bahan organik sehingga bahan organik yang ada dalam air akan berkurang seiring dengan nilai BOD juga akan menurun. Mekanisme proses penguraian bahan organik ini berupa oksidasi oksigen yang terlarut akan dikonsumsi oleh mikroorganisme dan nantinya mikroorganisme akan menghasilkan produk samping yang berupa karbondioksida (CO_2), air (H_2O), dan energi.

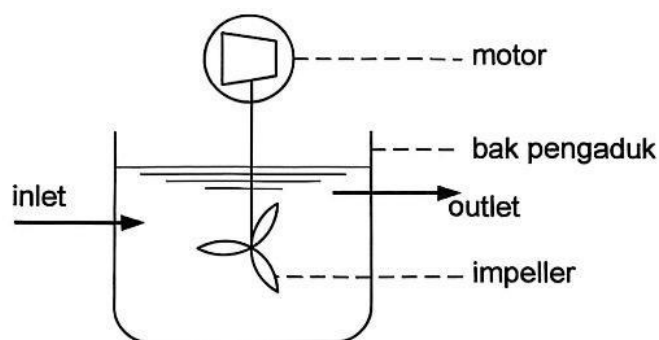
2.3.5 Koagulasi

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

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

Menurut (Masduqi, 2016), pengadukan cepat dibagi menjadi tiga cara, yaitu pengadukan mekanis, pengadukan hidraulis, dan pengadukan pneumatis.

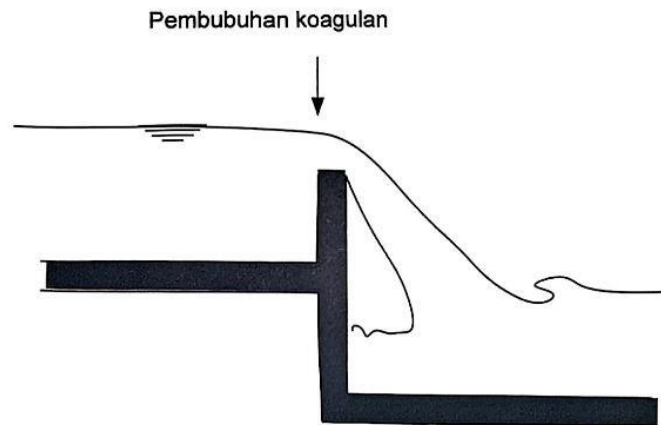
- a. Pengadukan mekanis adalah metode pengadukan dengan memakai peralatan mekanis yang terdiri dari motor, poros pengaduk, dan alat pengaduk yang digerakkan dengan motor bertenaga listrik.



Gambar 2. 10 Pengadukan Mekanis Koagulasi

(Sumber: Masduqi, 2016)

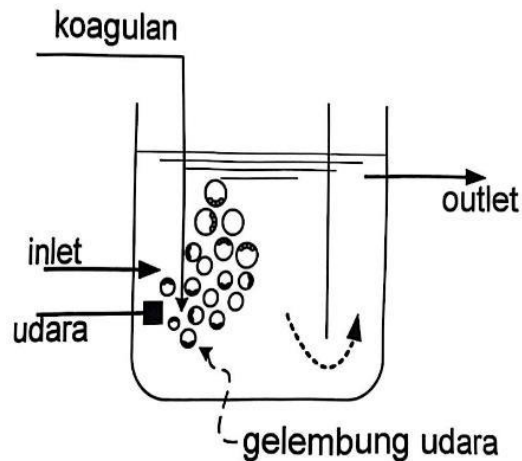
- b. Pengadukan hidraulis adalah pengadukan yang memanfaatkan aliran air sebagai tenaga pengadukan yang dihasilkan dari energi hidraulis dari suatu aliran hidraulis yang dapat berupa energi gesek, energi potensial (jatuhan) atau lompatan hidraulis pada suatu aliran.



Gambar 2. 11 Pengadukan Hidraulis Koagulasi

(Sumber: Masduqi, 2016)

- c. Pengadukan pneumatis merupakan pengadukan yang memakai udara (gas) berbentuk gelembung sebagai tenaga pengadukan.

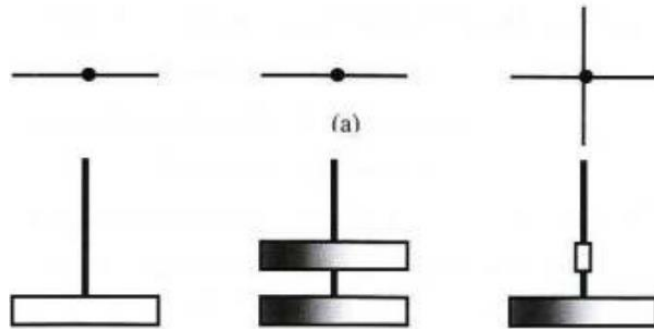


Gambar 2. 12 Pengadukan Pneumatis Koagulasi

(Sumber: Masduqi, 2016)

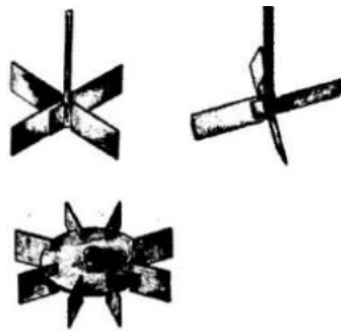
Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor bertenaga listrik, poros pengaduk (*shaft*), dan alat pengaduk (*impeller*). Berdasarkan bentuknya terdapat tiga macam alat pengaduk, yaitu *paddle* (pedal), *turbine*, dan *propeller* (baling-baling). Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk

mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu G dan td . Sedangkan untuk menghitung besarnya tenaga (*power*) yang dibutuhkan, perlu memperhatikan jenis impeller yang digunakan dan nilai konstanta KL dan KT .



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

(Sumber: Masduqi & Assomadi, 2012)



Gambar 2. 14 Tipe *Paddle*

(Sumber: Qasim et al., 2000)



Gambar 2. 15 Tipe *Propeller*

(Sumber: Qasim et al., 2000)

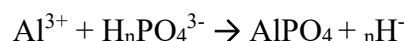
Bahan kimia yang biasanya dipakai untuk proses koagulasi umumnya dibagi menjadi tiga golongan, yaitu zat koagulan, zat alkali, dan zat pembantu koagulan. Zat koagulan dipakai untuk menggumpalkan partikel yang tersuspensi, zat warna, koloid dan lain-lain agar membentuk gumpalan partikel yang besar (flok).

Sedangkan zat alkali dan zat pembantu koagulan berfungsi untuk mengatur pH agar kondisi air baku dapat menunjang proses flokulasi, serta membantu agar pembentukan flok dapat berjalan lebih efisien (Said, 2017). Beberapa macam koagulan yang sering digunakan dalam proses penjernihan air adalah *Poly Aluminium Chloride* (PAC), Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), Ferri Klorida (FeCl_3), dan Ferri Sulfat ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$).

Aluminium sulfat adalah senyawa yang berfasa padat dengan nama lain alum (tawas) yang merupakan produk buatan berbentuk bubuk atau kristal berwarna putih dan biasa digunakan sebagai koagulan dalam proses penjernihan air (Mursitaningrum dkk., 2024). Koagulan alum efektif dalam pengolahan air minum karena mampu menghilangkan kekeruhan dan partikel-partikel halus dalam air. Selain itu, tawas juga dapat menurunkan kadar fosfat dalam air sehingga dapat mengurangi pertumbuhan alga di badan air.

Penurunan parameter fosfat melibatkan penggabungan fosfat ke dalam flok yang selanjutnya akan mengendap bersama flok tersebut. Pengendapan kimia fosfat disebabkan oleh penambahan garam ion logam multivalent yang dapat membentuk endapan fosfat. Ion logam multivalent yang dimaksud berupa kalsium, aluminium, serta besi (Metcalf & Eddy, 2003).

Rumus kimia penurunan fosfat dengan aluminium adalah sebagai berikut:

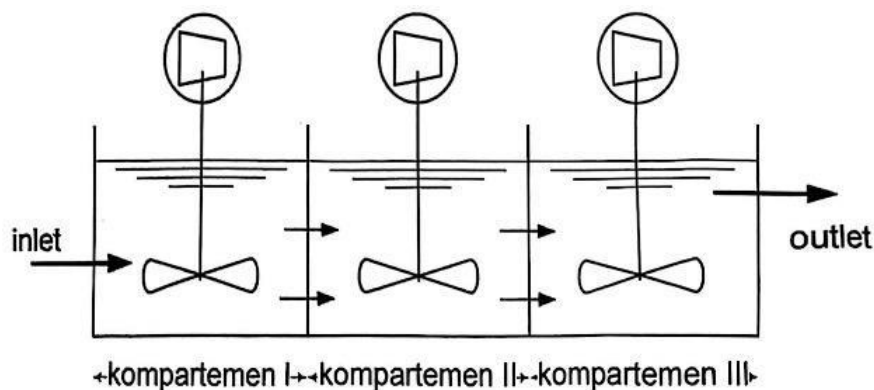


Alum yang dilarutkan dalam air akan teriodisasi menjadi ion Aluminium (Al^{3+}) dan ion sulfat (SO_4^{2-}). Ion aluminium ini akan berinteraksi dengan ion fosfat (PO_4^{3-}) dan membentuk senyawa fosfat aluminium. Senyawa fosfat aluminium bersifat tidak larut dalam air dan senyawa ini akan membentuk flok yang nantinya mengendap dalam air.

2.3.6 Flokulasi

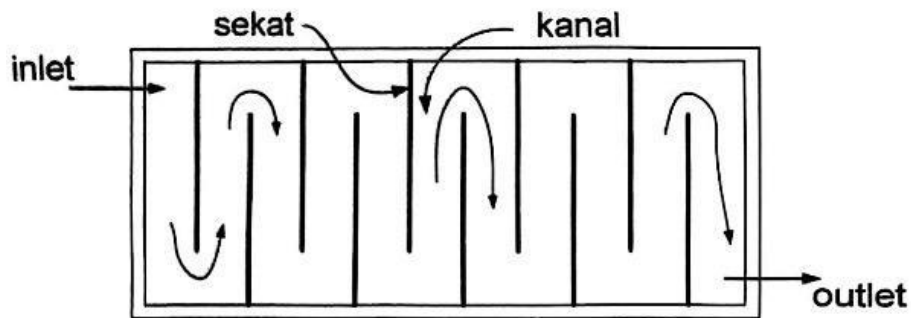
Pada hakikatnya flokulator adalah kombinasi antara pencampuran dan pengadukan sehingga flok-flok halus yang terbentuk pada bak pencampur cepat akan saling bertumbukan dengan partikel-partikel kotoran atau flok-flok yang lain sehingga terjadi gumpalangumpalan flok yang semakin besar (Said, 2017).

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



Gambar 2. 16 Pengadukan Lambat Secara Mekanis

(Sumber: Masduqi, 2016)



Gambar 2. 17 Pengadukan Lambat Secara Hidraulis

(Sumber: Masduqi, 2016)

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

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

2.3.7 Sedimentasi

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

Aplikasi utama dari sedimentasi pada instalasi pengolahan air minum adalah:

- Pengendapan air permukaan untuk penyisihan partikel diskrit
- Pengendapan flok hasil koagulasi-flokulasi

c. Pengendapan lumpur hasil pembubuhan soda kapur pada proses penurunan kesadahan

d. Pengendapan presipitat padapenyisihan besi dan mangan dengan oksidasi

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

a. Pengendapan Tipe I (*Free Settling*), bertujuan untuk mengendapkan partikel diskrit.

b. Pengendapan Tipe II (*Flocculent Settling*), bertujuan untuk mengendapkan partikel flokulen.

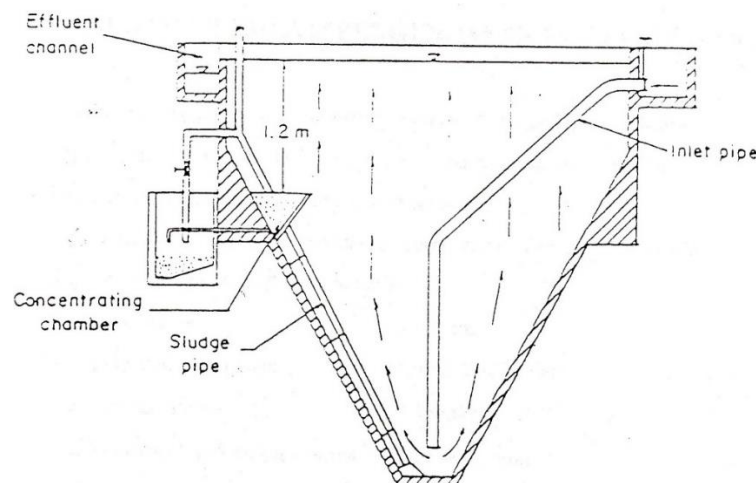
c. Pengendapan Tipe III (*Zone/Hindered Settling*), bertujuan untuk mengendapkan lumpur biologis.

d. Pengendapan Tipe IV (*Compression Settling*), bertujuan untuk memampatkan partikel yang telah mengendap akibat dari berat partikel.

Berdasarkan bentuknya, bak sedimentasi terbagi menjadi 3 bentuk, yaitu:

a. Lingkaran (*Circular*) – *center feed*

Air masuk melalui pipa menuju inlet bak di bagian tengah bak dan kemudian mengalir secara horizontal dari inlet dan menuju outlet di sekeliling bak.

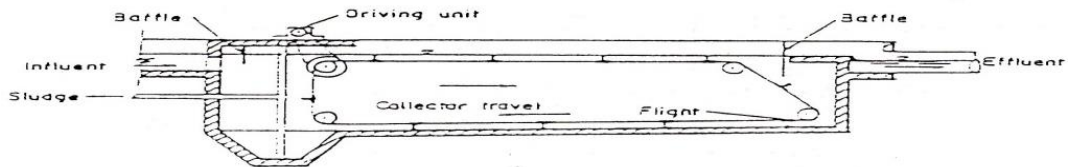


Gambar 2. 18 Bak Sedimentasi *Circular Center Feed*

(Sumber: Metcalf & Eddy, 2003)

b. Segi empat (*Rectangular*)

Air mengalir horizontal dari inlet menuju outlet, sementara partikel mengendap ke bawah.

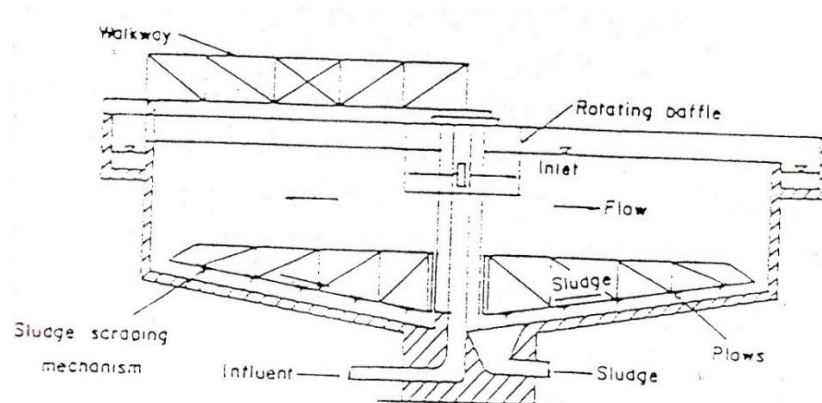


Gambar 2. 19 Bak Sedimentasi *Rectangular*

(Sumber: Metcalf & Eddy, 2003)

c. Lingkaran (*Circular*) – *peripheral feed*

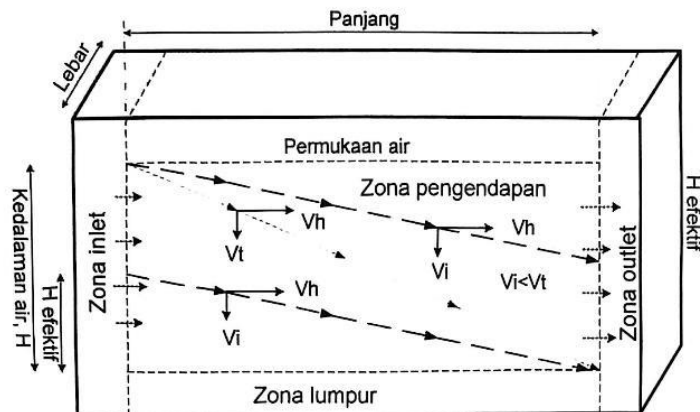
Air masuk melalui sekeliling lingkaran dan secara horizontal mengalir menuju ke outlet di bagian bawah lingkaran.



Gambar 2. 20 Bak Sedimentasi *Circular Peripheral Feed*

(Sumber: Metcalf & Eddy, 2003)

Bak sedimentasi memiliki 4 bagian utama, yaitu bagian inlet, zona pengendapan, zona lumpur dan zona outlet.



Gambar 2. 21 Zona pada Bak Sedimentasi

(Sumber: Masduqi, 2016)

a. Zona Inlet

Zona inlet merupakan tempat air masuk kedalam bak. Dalam zona ini aliran terdistribusi tidak merata melintasi bagian melintang bak, aliran meninggalkan zona inlet mengalir secara horisontal dan langsung menuju bagian outlet.

b. Zona Pengendapan (*settling*)

Zona pengendapan merupakan tempat flok atau partikel mengalami proses pengendapan. Dalam zona ini, air mengalir pelan secara horisontal ke arah outlet, dalam zona ini terjadi proses pengendapan. Lintasan partikel diskret tergantung pada besarnya kecepatan pengendapan.

c. Zona Lumpur (*sludge*)

Zona lumpur merupakan tempat lumpur mengumpul sebelum keluar bak. Dalam zona ini lumpur terakumulasi. Sekali lumpur masuk area ini ia akan tetap disana.

d. Zona Outlet

Zona outlet merupakan tempat dimana air akan meninggalkan bak yang biasanya berbentuk pelimpah (*weir*) (Masduqi, 2016). Dalam zona ini, air yang partikelnya telah terendapkan terkumpul pada bagian melintang bak dan siap mengalir keluar bak.

2.3.8 Filtrasi

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

Filtrasi merupakan proses pemisahan zat padat dari suatu cairan yang membawanya dengan memakai medium berpori atau bahan berpori lain untuk menyisihkan 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). Proses filtrasi dapat efektif menghilangkan bakteri dan sejenisnya yang terkandung di dalam air. Selain itu, filtrasi juga dapat mengurangi warna, rasa, bau, kadar besi juga kadar mangan yang terdapat di dalam air. Proses pengurangan kadar-kadar tersebut tidak lepas dengan adanya proses fisika dan kimia yang terjadi di dalam proses filtrasi itu sendiri.

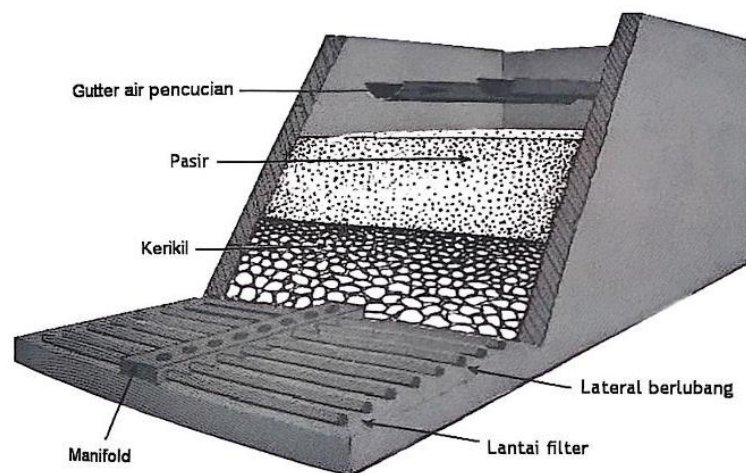
Berdasarkan tipenya, filtrasi dibagi menjadi dua yaitu, filtrasi pasir cepat (*rapid sand filter*) dan filtrasi pasir lambat (*slow sand filter*). Filtrasi pasir lambat merupakan filter yang memiliki kecepatan filter yang lambat, yaitu sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Filter ini cukup efektif digunakan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

Sedangkan filter pasir cepat merupakan filter dengan kecepatan filtrasi yang cepat, yaitu sekitar 6-11 m/jam. Keuntungan menggunakan *rapid sand filter* adalah area yang digunakan tidak begitu luas, pasir yang dibutuhkan lebih sedikit, kurang sensitif terhadap perubahan kualitas air baku, dan waktu yang dibutuhkan relatif lebih cepat jika dibandingkan dengan *slow sand filters*. Sedangkan kekurangan dari *rapid sand filter* adalah tidak dapat mengurangi kadar bakteri di dalam air,

membutuhkan biaya yang mahal, membutuhkan keahlian khusus dan menghasilkan lumpur yang banyak.

Berdasarkan Masduqi (2016), filter memiliki beberapa bagian, bagian-bagian tersebut adalah:

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



Gambar 2. 22 Bagian-Bagian *Rapid Sand Filter*

(Sumber: Masduqi, 2016)

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

Effective Size (ES) atau ukuran efektif media filter adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10% dari total kedalaman lapisan media filter atau 10% dari fraksi berat,

ini sering dinyatakan sebagai P10 (persentil 10). P10 yang dapat dihitung dari rasio ukuran rata-rata dan standar deviasi nya. *Uniformity Coefficient* (UC) atau koefisien keragaman adalah angka keseragaman media filter yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60% fraksi berat terhadap ukuran (*size*)

Setelah digunakan dalam kurun waktu tertentu, filter akan mengalami penyumbatan akibat tertahannya partikel halus dan koloid oleh media filter. Oleh sebab itu diperlukan *backwash*. *Backwash* merupakan suatu proses yang dilakukan untuk membersihkan media filter dari kotoran hasil dari proses penyaringan air baku. Tersumbatnya media filter ini dapat ditandai oleh:

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

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

2.3.9 Desinfeksi

Desinfeksi merupakan salah satu proses dalam pengolahan air minum yang berfungsi untuk membunuh organisme patogen yang masih terdapat dalam air olahan. Desinfeksi pada pengolahan air memiliki beberapa metode, yaitu secara fisik, kimia dan radiasi. Pada metode fisik, perlakuan yang diberikan yaitu berupa cahaya dan panas, contohnya seperti memanaskan air yang akan diolah hingga titik didih dimana sel mikroba akan hancur. Pada metode secara radiasi, perlakuan yang diberikan yaitu dengan mengontakkan air yang akan diolah dengan sinar ultraviolet hingga sel mikroba menjadi hancur. Sedangkan pada metode kimia, perlakuan yang diberikan yaitu dengan membubuhkan zat kimia kedalam air yang akan diolah. Pada desinfeksi dengan metode kimia, yaitu dengan membubuhkan bahan kimia untuk proses desinfeksi, yaitu desinfektan. Bahan kimia yang umumnya digunakan yaitu klor dan senyawanya, iodine, ozone, dan lain sebagainya.

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

2.3.10 Reservoir

Reservoir adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya reservoir ini diperlukan pada suatu sistem penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Reservoir mempunyai fungsi dan peranan tertentu yang diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan dengan baik. Fungsi utama dari reservoir adalah untuk menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air. Seringkali untuk waktu yang bersamaan, debit produksi air bersih tidak dapat selalu sama besarnya dengan debit pemakaian air. Pada saat jumlah produksi air bersih lebih besar daripada jumlah pemakaian air, maka kelebihan air tersebut untuk sementara disimpan dalam reservoir, dan digunakan kembali untuk memenuhi kekurangan air pada saat jumlah produksi air bersih lebih kecil daripada jumlah pemakaian air.

Berdasarkan peletakannya reservoir dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu antara lain:

a. *Stand Pipe*

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

b. *Elevated* 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.

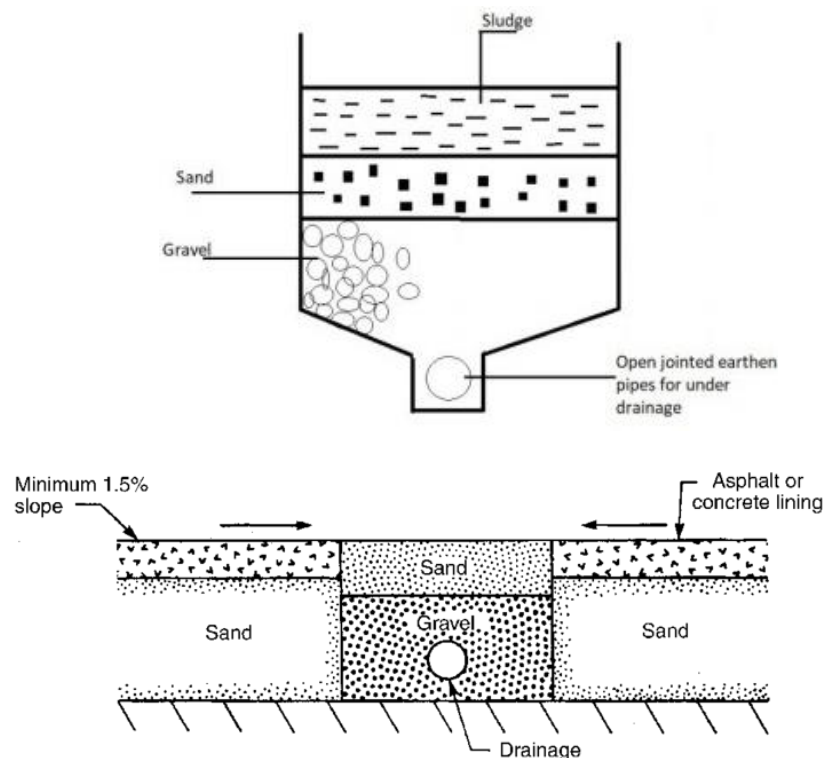
c. *Ground* reservoir

Ground reservoir Merupakan jenis reservoir yang seluruh bagian penampungannya terletak lebih tinggi dari permukaan tanah di sekitarnya. *Ground* reservoir berfungsi sebagai penampung air bak filtrasi, sebelum masuk ke dalam *ground* reservoir, air tersebut harus diinjeksi dengan klor yang sudah dilarutkan. *Ground* reservoir dilengkapi dengan *baffle* untuk mencampur dan mengaduk klor 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.

2.3.11 Sludge Drying Bed

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

Saluran drainase memiliki persyaratan minimal kemiringan yaitu sekitar 1% (0,01 m/m) dengan jarak antar saluran drainase pada masing-masing partisi sekitar 2,5-6 m. Saluran drainase juga harus terlindung dari lumpur secara langsung sehingga diperlukan media yang mampu menutupi saluran drainase *pada sludge drying bed*. Media tersebut pada umumnya berupa kerikil dan juga pecahan batu yang disusun dengan ketebalan antara 230 - 300 mm. Ketebalan yang diatur sedemikian rupa memiliki fungsi guna menghambat laju air dan meminimasi masuknya lumpur / sludge ke dalam saluran drainase. Pasir yang digunakan pada media penyangga juga memiliki batasan koefisien keseragaman yang tidak lebih dari 4 dan memiliki *effective size* antara 0,3 - 0,75. Area pengeringan memiliki dimensi lebar yang dibatasi pada 6 m dengan panjang yang berkisar antara 6 - 30m dan kedalaman yang berkisar antara 380 - 460 mm. Bahan beton disarankan digunakan sebagai bahan penyusun bangunan *sludge drying bed*. (Metcalf & Eddy, 2003).



Gambar 2. 23 *Sludge Drying Bed*

(Sumber: Metcalf & Eddy, 2003)

2.4 Persen Removal

Tabel 2. 5 Persen Removal Unit Pengolahan

Unit Pengolahan	Parameter	Kemampuan Penyisihan	Sumber
Prasedimentasi	TSS	80% - 90%	Metcalf & Eddy. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4 th Edition. Hal 497.
Aerasi	BOD	90%	James Mueller. 2002. Aeration: Principles and Practices. Volume 11 Hal 225.
	Ammonia	60% - 100%	Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9, hal 224.
Koagulasi - Flokulasi	Total Fosfat	90%	Joanne E. Water & Wastewater Treatment. Hal 202
Sedimentasi	TSS	80% - 90%	Metcalf & Eddy. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4 th Edition. Hal 497.
	BOD	50% - 80%	Metcalf & Eddy. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4 th Edition. Hal 497.
Filtrasi	TSS	90% - 100%	Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9, hal 224.
	BOD	20% - 60%	Syed R. Qasim. Wastewater Treatment Plants Design and Operation.
	E. Coli	99%	Ken Sutherland. Filters and Filtration Handbook 5 th Edition. Hal 225.
Desinfeksi	E. Coli	90% - 100%	Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9, hal 224.