

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Baku

Air mentah atau baku merupakan salah satu bahan utama dalam proses pengolahan air minum yang berasal dari sumber-sumber yang memenuhi standar baku mutu. Jenis-jenis sumber air yang biasa digunakan sebagai air baku untuk keperluan minum antara lain air hujan, air tanah, air permukaan dan air laut. Dari keempat jenis sumber tersebut, air tanah dan air permukaan merupakan sumber yang paling banyak digunakan karena air laut membutuhkan teknologi dan biaya yang tinggi untuk pengolahannya. Selain itu, klasifikasi badan air yang digunakan juga perlu diperhatikan saat memilih air baku untuk proses pengolahan karena klasifikasi yang berbeda akan mempengaruhi proses pengolahan (Joleha & Suprayogi, 2019).

Dalam penyediaan air baku, tentu terdapat beberapa persyaratan yang harus terpenuhi dalam air baku tersebut:

1. Syarat Kontinuitas

Air baku yang digunakan untuk air minum harus tersedia secara kontinu dengan fluktuasi debit yang stabil, baik pada musim kemarau maupun musim hujan. Ketersediaan air bersih juga harus memenuhi kebutuhan 24 jam sehari, sehingga dapat digunakan kapan saja dibutuhkan. Namun, kondisi ideal ini jarang terpenuhi di seluruh wilayah Indonesia, sehingga tingkat kesinambungan penggunaan air dapat dinilai dari sejauh mana aktivitas konsumen dapat disesuaikan dengan preferensi penggunaan air.

2. Syarat Kuantitas

Air bersih yang disediakan harus memenuhi persyaratan kuantitas, yang berarti bahwa ketersediaan air baku harus mencukupi untuk memenuhi kebutuhan wilayah dan jumlah penduduk yang dilayani. Persyaratan kuantitas juga melibatkan standar debit air bersih yang disalurkan ke konsumen sesuai dengan kebutuhan air bersih yang berbeda-beda antar

masyarakat, tergantung pada faktor geografis, budaya, ekonomi, dan skala perkotaan tempat tinggal mereka (Agustina, 2007).

3. Syarat Kualitas

Persyaratan kualitas menggambarkan mutu dari air baku air bersih. Persyaratan tersebut adalah sebagai berikut (Agustina, 2007):

- a. Air bersih harus memenuhi persyaratan fisik seperti jernih, tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, dan memiliki suhu sekitar $\pm 25^{\circ}\text{C}$.
- b. Air bersih harus memenuhi persyaratan biologis, yaitu tidak mengandung kuman patogen dan parasitik yang dapat mengganggu kesehatan. Persyaratan ini dapat diindikasikan dengan tidak adanya bakteri *E. coli* dalam air.
- c. Persyaratan kimia untuk air bersih meliputi pH, total solid, zat organik, CO_2 agresif, kesadahan, kalsium, besi, mangan, tembaga, seng, chlorida, nitrit, flourida, dan logam berat, dan tidak boleh melebihi batas yang ditetapkan serta air bersih tidak boleh mengandung zat yang menghasilkan bahan-bahan radioaktif, misalnya sinar alfa, beta, dan gamma.

Disamping itu, air baku juga harus masuk kedalam kategori untuk peruntukannya berdasarkan 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:

1. Golongan A : Air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung, tanpa pengolahan terlebih dahulu dengan kandungan total coliform kurang dari 50 mg/L
2. Golongan B : Air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum dengan kandungan total coliform 51-100 mg/L
3. Golongan C : Air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan dengan kandungan total coliform 101-1000 mg/L

4. Golongan D : Air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian, usaha di perkotaan, industri, dan pembangkit listrik tenaga air dengan kandungan total coliform 1001-2400 mg/L

2.1.1 Sumber Air Baku

Sumber air baku yang akan digunakan sebagai air minum adalah air permukaan (air sungai). Air permukaan adalah air yang terdapat di atas permukaan tanah dan tidak meresap ke dalam tanah. Air ini dapat berasal dari sungai, danau, waduk, atau laut. Air permukaan sering digunakan sebagai sumber air mentah untuk keperluan air minum, pertanian, dan industri, serta berfungsi sebagai habitat bagi kehidupan akuatik. Air permukaan yang banyak digunakan untuk sumber air baku pengolahan air minum adalah air sungai dan air danau (Astono, 2011).

2.1.2 Karakteristik Air Baku

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

A. TSS (Total Suspended Solid)

Total Suspended Solids (TSS) adalah jumlah partikel padat yang terapung di dalam air. TSS terdiri dari partikel organik dan anorganik yang berukuran 2 mikron atau lebih besar. Kadar TSS dalam air dapat memberikan indikasi tentang kualitas air, karena partikel-partikel padat yang terkandung di dalamnya dapat mempengaruhi rasa, bau, dan warna air. Materi tersuspensi terdiri dari bahan padat dan koloid dengan ukuran lebih kecil daripada molekul atau ion yang terlarut. Bahan padat dapat mengendap atau mengapung pada kondisi air yang tenang dan dapat disaring, sementara koloid sulit untuk diendapkan dan tidak dapat disaring dengan filter air biasa. Kandungan bahan tersuspensi yang tinggi dapat menyebabkan air menjadi keruh.

Materi tersuspensi dalam air memiliki dampak negatif terhadap kualitas air karena dapat menyebabkan kekeruhan dan mengurangi penetrasi cahaya ke dalam

air, mengakibatkan penurunan manfaat air dan kematian organisme yang membutuhkan cahaya. Kematian organisme tersebut dapat mengganggu ekosistem akuatik. Apabila jumlah materi tersuspensi meningkat, maka dapat terjadi pendangkalan yang memerlukan pengerukan lumpur yang lebih sering. Materi tersuspensi yang mencapai muara sungai dapat membentuk delta-delta karena koloid dan zat terlarut dapat mengendap di muara, yang dapat berdampak pada kesehatan secara tidak langsung.

B. BOD (Biological Oxygen Demand)

Biological Oxygen Demand adalah indikator untuk mengukur jumlah bahan organik dalam air dengan menghitung jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbon dioksida dan air. Dengan kata lain, BOD menunjukkan seberapa banyak oksigen yang digunakan oleh proses respirasi mikroba aerob dalam botol besar daripada kadar bahan organik. Sementara itu, perairan rawa memiliki lebih banyak bahan organik daripada bahan anorganik terlarut (Effendi, 2003).

C. COD (Chemical Oxygen Demand)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air (Boyd, 1990). Metode pengukuran COD yang digunakan untuk menentukan jumlah bahan organik dan anorganik yang dapat dioksidasi dengan menggunakan reagen kimia tertentu. COD digunakan untuk menentukan kadar polutan di dalam air, seperti limbah industri, limbah pertanian, dan limbah domestik. Pengukuran COD dilakukan dengan mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik dalam air. Semakin tinggi kadar COD suatu sampel air, semakin banyak bahan organik dan anorganik yang terkandung di dalamnya dan semakin buruk kualitas air tersebut. Dengan demikian, selisih nilai antara COD dan BOD memberikan gambaran besarnya bahan organik yang sulit urai yang ada di perairan. Bisa saja nilai BOD sama dengan COD, tetapi BOD tidak bisa lebih besar

dari COD. Jadi COD menggambarkan jumlah total bahan organik yang ada (Atima, W., 2015)

D. Amonia (NH₃)

Keberadaan amonia (NH₃) dalam air sungai yang melebihi ambang batas dapat mengganggu ekosistem perairan dan makhluk hidup lainnya. Amonia sangat beracun bagi hampir semua organisme. Amonia dapat bersifat racun pada manusia jika jumlah yang masuk tubuh melebihi jumlah yang dapat didetoksifikasi oleh tubuh. Pada manusia, resiko terbesar adalah dari penghirupan uap amonia yang berakibat beberapa efek diantaranya iritasi pada kulit, mata dan saluran pernafasan. Pada tingkat yang sangat tinggi, penghirupan uap amonia sangat bersifat fatal (Mia & Mira, 2015). Sumber amonia dapat berasal dari proses alami maupun hasil dari aktivitas manusia seperti limbah domestik, industri dan pertanian. Proses alami amonia adalah hasil pemecahan nitrogen organik dan anorganik oleh mikroba dan jamur (Effendi, 2003).

E. Timbal (Pb)

Timbal atau timah hitam (Pb) merupakan logam berat yang terdapat dalam alam yg terbentuk secara alami maupun buatan dan tersebar ke alam dalam jumlah kecil. Tetapi dengan adanya aktifitas masyarakat disekitar Sungai seperti kegiatan industri, domestik, pertanian, dan lainnya dapat menjadi faktor penyebab terjadinya peningkatan kandungan logam berat dan dapat menimbulkan pencemaran logam berat pada perairan sungai. Adanya peningkatan serta kontinuitas buangan air limbah industri yang mengandung senyawa logam berat beracun, cepat atau lambat akan merusak ekosistem di sungai. Hal ini disebabkan karena logam berat sukar mengalami pelapukan, baik secara fisika, kimia, maupun biologis (Palar, 1994).

Kandungan besi dalam air dapat berasal dari larutan batu-batuan yang mengandung senyawa Fe seperti Pyrit. Sementara itu, dalam buangan limbah industri kandungan besi berasal dari korosi pipa-pipa air mineral logam sebagai hasil elektro kimia yang terjadi pada perubahan air yang mengandung padatan larut

mempunyai sifat menghantarkan listrik dan ini mempercepat terjadinya korosi (Ginting, 2007).

F. Total Coliform

Total coliform adalah sekelompok bakteri yang meliputi jenis bakteri aerobik dan fakultatif anaerobik yang umumnya berupa bakteri gram negatif. Mayoritas dari bakteri total coliform bersifat heterotrof dan dapat berkembang biak di lingkungan air dan tanah. Di dalam sistem distribusi air, total coliform bisa bertahan dan berkembang biak secara signifikan, terutama jika kondisi lingkungan memungkinkan. Total coliform dapat muncul dari tinja manusia atau hewan, serta secara alami hadir dalam air. Namun, keberadaan total coliform hanya sebagai indikator bahwa kemungkinan mikroorganisme lain seperti Giardia, Cryptosporidium, E.coli, dan lain-lain juga dapat ada dalam air tersebut (Yulianingsih et al., 2019).

2.2 Bangunan Pengolahan Air Minum

2.2.1 Bar Screen dan 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, situ, atau sumber air lainnya. Pada umumnya screen dilakukan pada tahap awal dalam pengolahan. Dengan demikian tidak mengganggu aliran dan dapat melindungi instalasi pengolahan dari kemungkinan tersumbat ataupun rusak pada unit-unit selanjutnya. Macam-macam screen dibedakan menjadi berikut ini:

- a. Bar Screen atau *Coarse Screen* (saringan kasar) dengan jarak antara kisi atau bar yaitu 25 - 50 mm. Biasanya unit ini bekerja dengan tenaga manusia atau *manually*
- b. Fine Screen (saringan halus) dengan jarak antara kisi atau bar yaitu 2 – 6 mm. Biasanya unit ini bekerja dengan tenaga mesin otomatis atau *automatically*

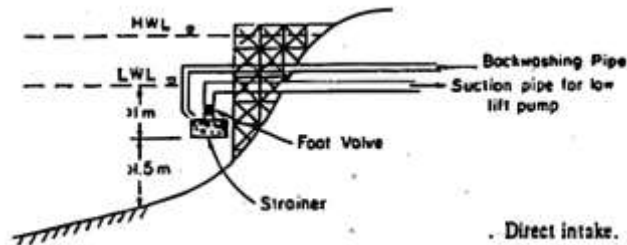
Selain itu, beberapa kapasitas bangunan intake yang digunakan harus disesuaikan dengan kebutuhan air harian maksimum. Persyaratan lokasi penempatan bangunan pengambilan (intake):

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 lainlain);
3. Konstruksi bangunan pengambilan harus aman terhadap banjir air sungai, terhadap gaya guling, gaya geser, rembesan, gempa dan gaya angkat air (uplift);
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 18/Prt/M/2007 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum)

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

- A. Bangunan Penyadap Langsung (Direct Intake)

Intake ini biasanya diterapkan pada sumber air seperti sungai atau danau yang memiliki kedalaman yang mencukupi, dan dapat menyebabkan erosi pada dinding intake serta pengendapan di dasarnya.



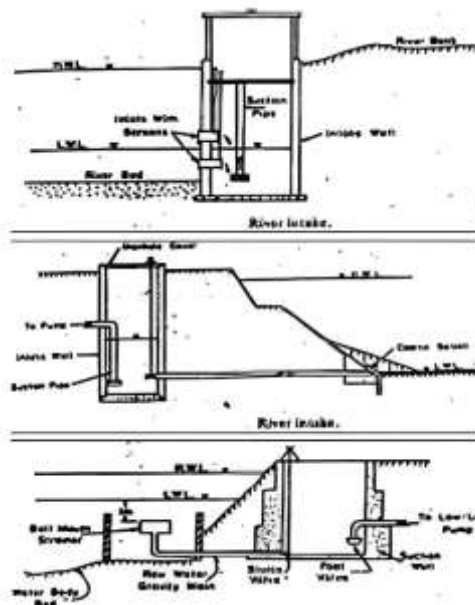
Gambar 2. 1 Direct Intake

(Sumber: Kawamura, 2000)

B. Bangunan Penyadap Tidak Langsung (Indirect Intake)

1. *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

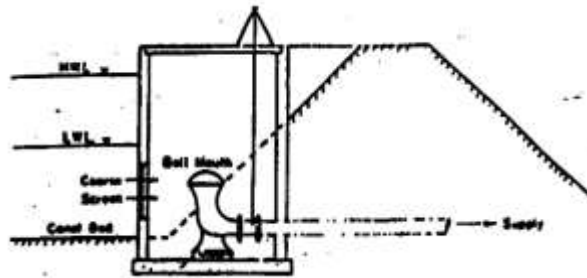


Gambar 2. 2 River Intake

(Sumber: Kawamura, 2000)

2. Canal Intake

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

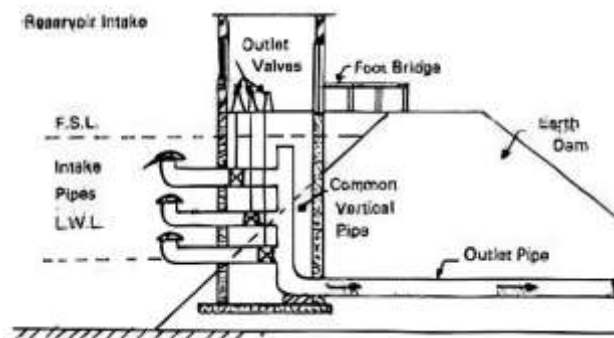


Gambar 2.3 Canal Intake

(Sumber: Kawamura, 2000)

3. 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)

Pada perancangan bangunan air minum kali ini, kami menggunakan *Indirect Intake* (Bangunan Penyadap Tidak Langsung) yaitu jenis *River Intake*. Intake jenis ini menggunakan pipa penyadap dalam bentuk sumur pengumpul. Intake ini juga lebih ekonomis untuk air sungai yang mempunyai perbedaan level muka air pada musim hujan dan musim kemarau yang cukup tinggi.

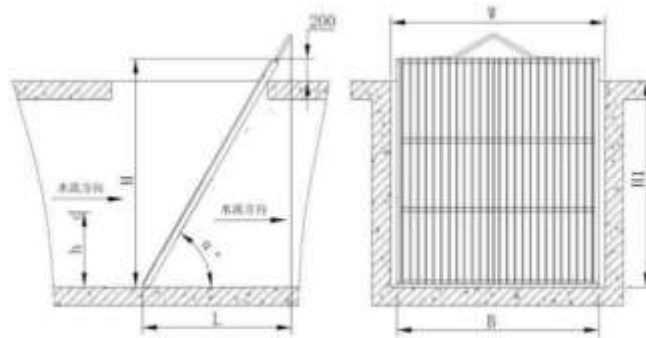
2.2.2 Bar Screen

Pada umumnya *screen* dilakukan pada tahap awal dalam pengolahan. Saringan sebagai penggunaan umum dapat dipakai untuk memisahkan berbagai macam benda padat dengan ukuran besar yang terdapat pada air baku, misalnya seperti kertas, plastik, kayu, dan lainnya. *Screen* atau saringan dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu saringan kasar (*coarse screen*) dan saringan halus (*fine screen*). Saringan kasar diletakkan pada awal proses. Tipe yang umumnya digunakan antara lain *bar rack* atau *bar screen*, *coarse woven-wire screen* dan *commuter*. 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 1,5-13mm, 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. Menurut (Said, 2017) Beberapa kriteria yang harus diperhatikan dalam merencanakan *bar screen* antara lain adalah :

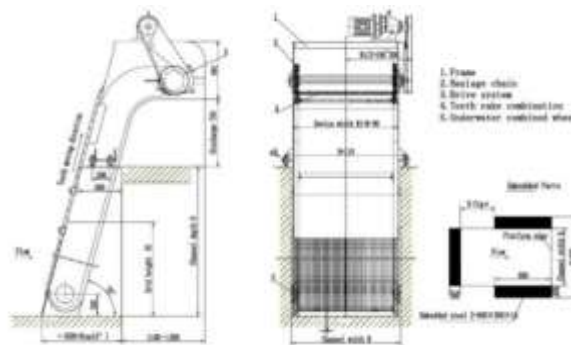
1. Kecepatan atau kapasitas rencana
2. Jarak antar bar
3. Ukuran bar (batang)
4. Sudut inklinasi
5. *Headloss* yang diperbolehkan

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. 5 Manual Bar Screen

sumber : Indiamart.com



Gambar 2. 6 Mechanical Bar Screen

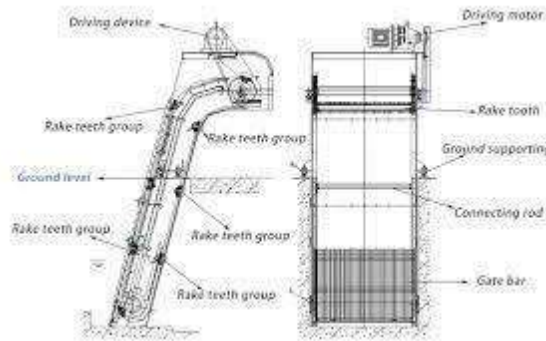
sumber : Indiamart.com

a) Coarse screen (Penyaring Kasar)

Screen ini berbentuk seperti batangan paralel yang biasa dikenal dengan “*bar screen*” berfungsi untuk menyaring padatan kasar yang berukuran dari 6 – 150 mm, seperti ranting kayu, kain, dan sampah-sampah lainnya. Adanya screen ini agar melindungi pompa, valve, saluran pipa, dan peralatan lainnya dari kerusakan atau tersumbat oleh benda-benda tersebut. Cara pembersihan barscreen terbagi menjadi dua yaitu manual dan mekanik.

Pembersihan secara manual biasanya dilakukan pada suatu industri yang kecil atau sedang. Prinsip yang digunakan bahan padat kasar dihilangkan dengan sederet bahan baja yang diletakan dan dipasang melintang arah aliran. Kecepatan arah aliran adalah 0.3 – 0,6 m/dt sehingga bahan padatan yang tertahan di depan saringan tidak terjepit. Jarak antar batang biasanya 20-40 mm dan bentuk penampang batang

tersebut empat persegi panjang. Bar screen yang dibersihkan secara manual, biasanya saringan dimiringkan dengan kemiringan 30° - 45° terhadap horisontal.



Gambar 2. 7 Coarse Screen
Sumber : Indiamart.com

Tabel 2. 1 Kriteria Desain Coarse Screen

Parameter	U.S Customary Units Metode Pembersihan			SI Units Metode Perbersihan		
	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	1,5-2,5	0,3-0,6	mm	25-50	15-75
Kemiringan terhadap vertical	o	30-45	0-30	o	30-45	0-30
Kepkatan						
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	6-2,4	mm	150	150-600

Sumber : (Metcalf And Eddy WWET, And Reuse 4th Edition)

Berdasarkan Qasim & Zhu (2017), untuk menghitung desain unit *screen* dilakukan tahap sebagai berikut :

1. Lebar *screen*

$$L_{Screen} = n_{Bukaan} \times r + n_{Kisi} \times d$$

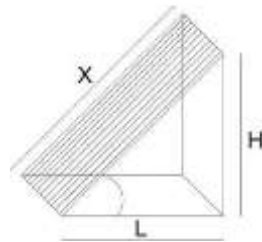
Dengan :

$$L_{Screen} = \text{lebar screen (m)}$$

$$n_{Bukaan} = \text{jumlah bukaan (buah)}$$

- r = jarak antar kisi (m)
 n_{Kisi} = jumlah kisi atau bar, $n_{Bukaan} - 1$ (buah)
 d = lebar kisi (m)

2. Dimensi Screen



$$\begin{aligned}
 X &= \frac{H}{\sin \theta} \\
 L &= \frac{H}{\text{Tg } \theta}
 \end{aligned}$$

Dengan :

- X = panjang kisi (m)
 L = panjang *screen* (m)
 H = tinggi total *screen* (m)
 θ = kemiringan horizontal (derajat)

3. Kecepatan melalui kisi:

$$V_2 = \frac{Q}{n_{Bukaan} \times r \times h_{Aliran}}$$

Dengan :

- h_L = kecepatan setelah melalui kisi (m/detik)
 β = debit (m^3/detik)
 h_{Aliran} = tinggi kedalam air (m)

4. Headloss saat *non-clogging* dan *clogging*:

$$h_L = \left(\frac{W}{b}\right)^{4/3} \times h_v \times \sin \theta$$

$$h_L = \frac{1}{C_d} \times \frac{(v_2)^2 \times (v)^2}{2 \times g}$$

Dengan:

- h_L = *headloss* (m)
 β = nilai faktor tipe batang
 W = total lebar kisi, $n_{Kisi} \times d$ (m)
 b = total lebar bukaan, $n_{Bukaan} \times r$ (m)
 h_v = total kecepatan aliran saat masuk *screen* (m)
 C_d = koef. discharge (saat *non-clogging* = 0,7 dan saat *clogging* = 0,6)

2.2.3 Bak Pengumpul

Bak pengumpul bertujuan untuk menampung air sementara dan padatan kasar yang mudah mengendap dan terdapat pada aliran air seperti pasir (Metcalf & Eddy, 2003). Selain bertujuan untuk menampung air, bak pengumpul juga berfungsi untuk mengontrol fluktuasi dari aliran air yang akan diolah agar memberikan kondisi aliran yang stabil pada proses pengolahan selanjutnya.

Cara kerja bak pengumpul ini adalah ketika air yang keluar dari proses produksi, maka selanjutnya air dialirkan menuju bak pengumpul. Pada bak pengumpul debit air diatur agar dapat memenuhi kriteria perencanaan pada unit bangunan selanjutnya. Rumus yang digunakan pada unit ini adalah sebagai berikut:

1. Volume Bak Penampung

$$V = Q \times t_d$$

Dengan:

$$V = \text{Volume bak penampung (m}^3\text{)}$$

$$Q = \text{Debit air (m}^3\text{/s)}$$

$$t_d = \text{Waktu detensi (s)}$$

2. Ketinggian total bak penampung

$$H_{\text{total}} = H + (10\text{-}30\% \times H)$$

Dengan :

$$H_{\text{Total}} = \text{Kedalaman total bak penampung (m)}$$

$$H = \text{Kedalaman bak penampung (m)}$$

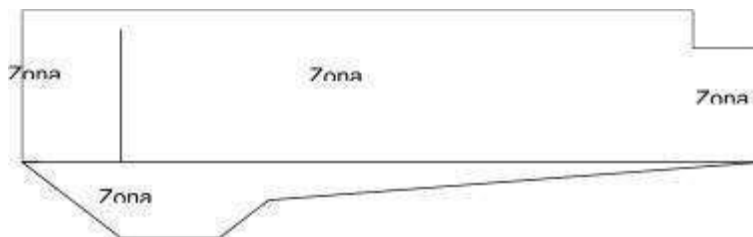
$$F_b = 10\% - 30\% H$$

2.2.4 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,

horizontal (v_h), bilangan Reynold partikel, serta karakteristik aliran (Reynolds & Richards, 1996). Bak pengendap pertama terdiri dari empat ruangan fungsional yaitu:

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.
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).



Gambar 2. 8 Tampak Samping Unit Prasedimentasi

Sumber : (Yulianti, 2012)

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 2.2**.

Tabel 2. 2 Desain Tipikal Prasedimentasi

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 ³ .d	30-50	40

Primary sedimentation tanks followed by secondary treatment						
Peak hourly flow	Gal/ft ² .d	2000-3000	2500	m ³ /m ³ .d	80-120	100
Weir loading	Gal/ft ² .d	10.000-40.000	20.000	m ³ /m ³ .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 ³ .d	24-32	28
Peak hourly flow	Gal/ft ² .d	1200-1700	1500	m ³ /m ³ .d	48-70	60
Weir loading	Gal/ft ² .d	10.000-40.000	20.000	m ³ /m ³ .d	125-500	250

(Sumber: Metcalf & Eddy 2003)

Rumus – rumus yang biasanya dipergunakan dalam perhitungan prasedimentasi yaitu :

1. Settling Zone

a. Kecepatan Pengendapan

$$t = v_s = \frac{8}{10} \times \frac{(S_s - 1)d^2}{\nu}$$

Dimana:

g = percepatan gravitasi (m/d²)

S_s = berat jenis partikel

d = diameter partikel (m)

ν = viskositas kinematis (m²/dt)

b. Kecepatan Aliran (V_h)

$$N_{re} = \frac{l}{\mu t_d}$$

Dimana:

l = panjang (m)

t_d = waktu detensi

c. Reynold number (N_{re})

$$N_{re} = \frac{v_h \times R}{\mu}$$

Dimana:

v_h = kecepatan aliran (m/det)

R = jari-jari hidrolis (m)

μ = absolute viskositas (m/s)

d. Froude number (Nfr)

$$Nfr = \frac{vh^2}{g \times R}$$

Dimana:

vh = kecepatan aliran (m/det)

R = jari-jari hidrolis (m)

μ = absolute viskositas (m/s)

e. Kecepatan Scouring (Vsc)

$$V_{cs} = \sqrt{\frac{8 \times \beta \times g \times (\rho_s - \rho_w) \times NFr}{\alpha \times \rho_w}}$$

Dimana:

Vsc = kecepatan scoring (m/det)

ρ sludge = 2650 kg/m³

ρ_w air = 997 kg/m³ (Reynold, 1996)

Kontrol pengerusan (scouring) $\beta = 0,02-0,12$; $\alpha = 0,03$

2. Inlet Zone

a. Luas Permukaan pintu air

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

Dimana :

Q = debit (m³/s)

V = kecepatan aliran (m/s)

b. Headloss di Saluran Pengumpul

$$V = \frac{1}{gn} \left(\frac{w \times h}{w + 2h} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{hf}{l} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Dimana :

w = lebar saluran pengumpul

l = panjang saluran pengumpul

n = koef manning

c. *Headloss* Pintu air

$$H_f = \frac{Q}{2.746 \times H^{2/3} \times L_p}$$

Dimana :

Q = debit (m³/s)

h = tinggi saluran pengumpul

L_p = lebar saluran pengumpul

3. Outlet zone

$$Q = 1,84 \times B \times H^{2/3}$$

Dimana :

Q = debit (m³/s)

h = tinggi saluran pengumpul

B = lebar pelimpah/gutter (m)

4. Sludge zone

$$V = \frac{1}{3} \times t \times (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \times A_2})$$

Dimana:

V = volume ruang lumpur (m³)

t = tinggi ruang lumpur (m)

A₁ = luas atas (m²)

A₂ = luas bawah (m²)

2.2.5 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).

Sumber lain menjelaskan bahwa aerasi adalah suatu proses atau usaha dalam menambahkan konsentrasi oksigen yang terkandung dalam air limbah, agar proses *oksidasi* biologi oleh mikroba akan dapat berjalan dengan baik. 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

1. Penambahan jumlah oksigen
2. Penurunan jumlah *karbon dioxide* (CO_2) dan
3. Menghilangkan *hydrogen sulfide* (H_2S), *methan* (CH_4) dan berbagai senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau.

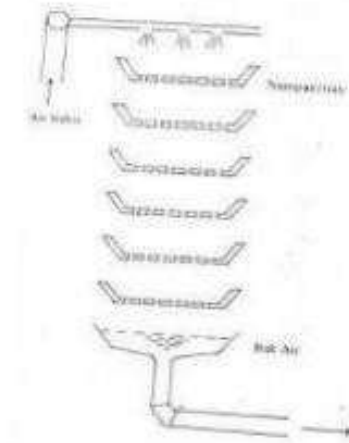
Hasil pengolahan air dengan metoda aerasi bermanfaat untuk menghasilkan air minum yang baik. Penurunan jumlah karbon dalam air sehingga bisa berbentuk dengan calcium karbonat (CaCO_3) yang dapat menimbulkan masalah.

Aerasi secara luas telah digunakan untuk pengolahan air yang mempunyai kandungan jumlah besi dan mangan terlalu tinggi zat tersebut memberikan rasa pahit pada air, menghitamkan pemasakan beras dan memberikan noda hitam kecoklat-coklatan pada pakaian yang dicuci. Oksigen yang berada di udara, melalui proses aerasi ini akan selanjutnya akan bereaksi dengan senyawa ferus dan manganous terlarut merubah menjadi ferric (Fe) dan maganic oxide hydrates yang tidak bisa larut. Setelah itu dilanjutkan dengan pengendapan (sendimentasi) atau penyaringan (filtrasi). Perlu dicatat bahwa oksidasi terhadap senyawa besi dan mangan di dalam air yang kecil (waterfall) aerators/aerator air terjun). Atau dengan mencampur air dengan gelembung-gelembung udara (bubble aerator). Dengan kedua cara tersebut jumlah oksigen pada air bisa dinaikan 60 – 80% (dari jumlah oksigen yang tertinggi, yaitu air yang mengandung oksigen sampai jenuh) pada aerator air terjun (waterfall aerator) cukup besar bisa menghilangkan gas-gas yang terdapat dalam air.

Penurunan carbon dioxide (CO_2) oleh waterfall aerators cukup berarti, tetapi tidak memadai apabila dari yang sangat corrosive. Pengelolaan selanjutnya seperti pembubuhan kapur atau dengan sarigan marmar atau dolomite yang dibakar masih dibutuhkan. Jenis-Jenis Metode Aerasi :

1. Waterfall aerator (aerator air terjun)

Pengolahan air aerasi dengan metoda Waterfall/Multiple aerator seperti pada gambar, susunannya sangat sederhana dan tidak mahal serta memerlukan ruang yang kecil.



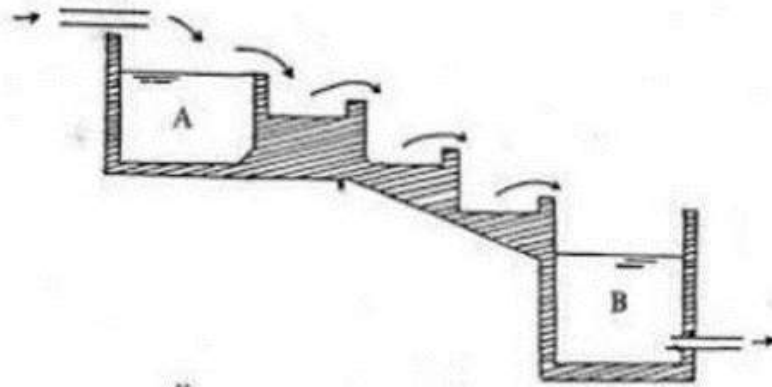
Gambar 2. 9 Canal River

Sumber: Agus Herdiana, 2016

Jenis aerator terdiri atas 4-8 tray dengan dasarnya penuh lobang lobang pada jarak 30-50 cm. Melalui pipa berlobang air dibagi rata melalui atas tray, dari sini percikan-percikan kecil turun kebawah dengan kecepatan kira-kira 0,02 m/detik per m² permukaan tray. Tetesan yang kecil menyebar dan dikumpulkan Kembali pada setiap tray berikutnya. Tray- tray ini bisa dibuat dengan bahan yang cocok seperti lempengan-lempengan absetos cement berlobang-lobang.

2. Cascade Aerator

Pada dasarnya aerator ini terdiri atas 4-6 step/tangga, setiap step Kira kira ketinggian 30 cm dengan kapasitas kira-kira ketebalan 0,01 m³/det permeter². Untuk menghilangkan gerak putaran (turbulence) guna menaikkan effesien aerasi, hambatan sering ditepi peralatan pada setiap step. Dibanding dengan tray aerators, ruang (tempat) yang diperlukan bagi casade aerators agak lebih besar tetapi total kehilangan tekanan lebuuh rendah. Keuntungan lain adalah tidak diperlukan pemeliharaan.



Gambar 2. 10 Cascade Aerator

Sumber: Agus Herdiana, 2016

Keterangan :

A = Air baku

B = Air sudah diaerasi

Air stripping adalah proses transfer massa dengan kontak fase cair (air) dan fase gas (udara) sehingga terjadi proses desorpsi, dimana senyawa volatile (contoh: hidrogen sulfida, karbon dioksida, oksigen) berpindah dari air ke udara (Crittenden, 2012). Kinerjanya dipengaruhi nilai konstanta Henry, yaitu koefisien partisi tidak berdimensi yang menggambarkan perbandingan konsentrasi massa dalam fase gas dan dalam fase cair (Kim, 2020). Terdapat 3 bentuk konstanta Henry, yaitu HYC (tidak berdimensi), HPX (atm) dan HPC [atm/(mol/L)] (Y = konsentrasi fase gas, C = konsentrasi fase cair, P = tekanan parsial, X = fraksi mol). HYC paling banyak digunakan karena menggambarkan konsentrasi dalam fase gas dan cair. Nilai konstanta Henry dipengaruhi beberapa faktor, yaitu suhu, tekanan, kekuatan ionik, surfaktan dan pH (Abdullahi, 2014).

Air stripping menyisahkan senyawa organik volatile dengan nilai konstanta Henry ($HPC > 0,01 \text{ atm-m}^3/\text{mol}$) (Cline, 2019). Jenis unit air stripping banyak digunakan adalah packed towers, diffused / bubble aeration, surface aeration dan spray aerators (Cline, 2019). Unit packed tower dengan aliran countercurrent dapat menyisahkan amonia paling efektif, didukung keberadaan bahan packing yang menyediakan area interfase udara-air besar. Bahan packing pada umumnya terbuat dari plastik dengan tegangan permukaan $0,033 \text{ N/m}$ (Cline, 2019).

2.2.6 Koagulasi

Koagulasi didefinisikan sebagai proses destabilisasi muatan koloid padatan tersuspensi termasuk bakteri dan virus dengan suatu koagulan, sehingga terbentuk flok-flok halus yang dapat diendapkan. Koagulan atau flokulan dibubuhkan ke dalam air yang dikoagulasi yang bertujuan untuk memperbaiki pembentukan flok dan untuk mencapai sifat spesifik flok yang diinginkan. Koagulan adalah zat kimia yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif partikel di dalam suspensi. Zat ini merupakan donor muatan positif yang digunakan untuk men-destabilisasi muatan negatif partikel (Pulungan, 2012). Pada tabel 2.3 dapat dilihat koagulan yang umum digunakan pada pengolahan air.

Tabel 2. 3 Jenis-jenis Koagulan

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan Air	pH Optimum
Aluminium sulfat	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ $x = 14,16,18$	Bongkah, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
Sodium aluminate	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$	bubuk	Basa	6,0 – 7,8
Poly aluminium chloride, PAC	$\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_3$ $n-m$	Cairan, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
Ferric sulfat	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	Kristal halus	Asam	4 - 9
Ferri Klorida	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Bongkah, cairan	Asam	4 – 9
Ferro Sulfat	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Kristal halus	Asam	>8,5

Sumber: (Sugiarto, 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

Pada koagulan terdapat range pH optimum. Luasnya range pH koagulan ini dipengaruhi oleh jenis-jenis konsentrasi koagulan yang dipakai. Hal ini penting untuk menghindari adanya kelarutan koagulan. Proses koagulan pH yang terbaik adalah 6-9.

2. Pengaruh Temperatur

Pada temperatur yang rendah reaksi lebih lambat dan viskositas air menjadi lebih besar sehingga flok lebih sukar mengendap.

3. Dosis Koagulan

Air dengan kekeruhan yang tinggi memerlukan dosis koagulan yang lebih banyak. Dosis koagulan persatuan unit kekeruhan rendah, akan lebih kecil dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan yang tinggi, kemungkinan terjadinya tumbukan antara partikel akan berkurang dan netralisasi muatan tidak sempurna, sehingga mikroflok yang terbentuk hanya sedikit, akibatnya kekeruhan akan naik. Dosis koagulan yang berlebihan akan menimbulkan efek samping pada partikel sehingga kekeruhan akan meningkat.

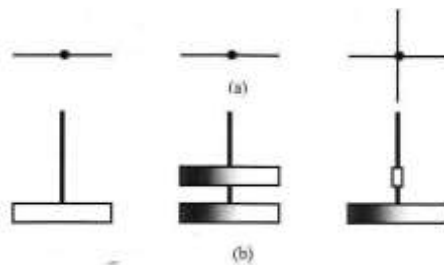
4. Pengadukan (*mixing*)

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

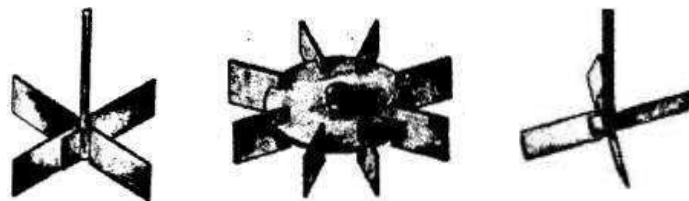
5. Pengaruh Garam

Garam dapat mempengaruhi proses penggumpalan. Pengaruh yang diberikan akan berbeda bergantung dengan macam garam (ion) dan konsentrasinya. Semakin besar valensi ion, semakin besar pengaruhnya terhadap koagulan. Penggumpalan dengan garam Fe dan Al akan banyak dipengaruhi oleh anion dibanding dengan kation. Jadi natrium, kalsium, dan magnesium relatif tidak mempengaruhi (Patimah, 2009).

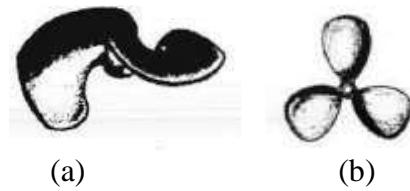
Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatik. Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor bertenaga listrik, poros pengaduk (*shaft*), dan alat pengaduk (*impeller*). Berdasarkan bentuknya terdapat tiga macam alat pengaduk, yaitu *paddle* (pedal), *turbine*, dan *propeller* (baling- baling). Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu G dan td. Sedangkan untuk menghitung besarnya tenaga (*power*) yang dibutuhkan, perlu memperhatikan jenis *impeller* yang digunakan dan nilai konstanta KL dan KT.



Gambar 2. 11 Tipe Paddle (a) Tampak Atas (b) Tampak Samping



Gambar 2. 12 Tipe Turbin



Gambar 2. 13 Tipe Propeller (a) 2 blade (B) 3 blade

Sumber: *The Construction*

Tabel 2. 4 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)

Tabel 2. 5 Nilai Waktu Pengadukan Mekanis dan Gradien Kecepatan

Waktu Pengadukan, td (detik)	Gradien Kecepatan (detik ⁻¹)
20	1000
30	900
40	790
50	700

(Sumber: Reynolds & Richards, 1996)

Tabel 2. 6 Konstanta KL dan KT untuk Tangki Berserat

Jenis Impeller	KL	KT
Propeller, pitch of 1, 3 blades	41,0	0,32
Propeller, pitch of 1, 3 blades	43,5	1,00
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	60,0	5,31
Turbine, 6 flat blades, vaned disc	65,0	5,75
Turbine, 6 curved blades	70,0	4,80

Jenis Impeller	KL	KT
Fan turbine, 6 blades at 45°	70,0	1,65
Shrouded turbine, 6 curved blades	97,5	1,08
Shrouded turbine, with stator, no baffles	172,5	1,12
Flat paddles, 2 blades (single paddles), Di/Wi=4	43,0	2,25
Flat paddles, 2 blades, Di/Wi=6	36,5	1,70
Flat paddles, 2 blades, Di/Wi=8	33,0	1,15
Flat paddles, 4 blades, Di/Wi=6	49,0	2,75
Flat paddles, 6 blades, Di/Wi=8	71,0	3,82

(Sumber: Reynolds & Richards 1996)

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses koagulasi beserta rumus perhitungannya :

1. Gradien kecepatan

Merupakan perbedaan kecepatan antara dua titik atau volume terkecil fluida yang tegak lurus perpindahan. Gradien kecepatan berhubungan dengan waktu pengadukan. Nilai G yang terlalu besar dapat mengganggu titik akhir pembentukan flok.

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu \times C}}$$

Dimana :

G = gradien kecepatan (detik-1)

P = power pengaduk

μ = viskositas absolut

C = volume bak (m³)

$$G = \left[\frac{H_f \times Y}{\mu \times T} \right]^{1/2}$$

Dimana :

Y = densitas

hf = kehilangan tekanan

T = waktu detensi

2. Waktu Kontak (Td)

Waktu kontak adalah nilai kontak antara partikel kimia dengan air baku yang dipengaruhi oleh volume bak dan debit air baku.

$$T_d = V/Q$$

3. Putaran Rotasi Pengaduk (n)

$$n^3 = \frac{P \times g_c}{D_t^5 \times \gamma \times K_t}$$

Dimana :

N = putaran rotasi pengaduk (rps)

P = power pengaduk

G_c = kecepatan gravitasi

D_t = diameter pengaduk

γ = densitas air

K_t = konstanta pengaduk untuk turbulensi

4. Bilangan Reynolds

$$N_{re} = \frac{D_t^2 \times n \times \gamma}{\mu}$$

Dimana :

N_{re} = bilangan Reynolds

n = putaran rotasi pengaduk (rps)

D_t = diameter pengaduk

γ = densitas air

μ = viskositas absolut

2.2.7 Flokulasi

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

1. Mikroflokulasi (flokulasi perikinetik) terjadi ketika partikel teragregasi karena gerakan termal acak dari molekul-molekul cairan yang disebut Brownian Motion.
2. Makroflokulasi (flokulasi ortokinetik) terjadi ketika partikel teragregasi karena adanya peningkatan gradien-gradien kecepatan dan pencampuran dalam media. Bentuk lain dari makroflokulasi disebabkan oleh

pengendapan diferensial, yaitu ketika partikel-partikel besar menarik partikel-partikel kecil membentuk partikel-partikel yang lebih besar. Makroflokulasi belum efektif sampai partikel-partikel koloid mencapai ukuran 1-10 μm melalui kontak yang didorong oleh Brownian Motion dan sedikit pencampuran (Kristijarti et al., 2013).

Pengadukan lambat (agitasi dan *stirring*) digunakan dalam prosesflokulasi, 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 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
 - a. Waktu detensi = minimum 20 menit
 - b. $G = 10\text{-}50 \text{ detik}^{-1}$
2. Air waduk
 - a. Waktu detensi = 30 menit
 - b. $G = 10\text{-}75 \text{ detik}^{-1}$
3. Air keruh
 - a. Waktu detensi dan G lebih rendah
4. Jika menggunakan garam besi sebagai koagulan
 - a. G tidak lebih dari 50 detik^{-1}
5. Flokulator terdiri dari 3 kompartemen
 - a. G kompartemen 1 : nilai terbesar
 - b. G kompartemen 2 : 40% dari G kompartemen 1
 - c. G kompartemen 3 : nilai terkecil
6. Penurunan kesadahan
 - a. Waktu detensi = 30 menit

- b. $G = 10-50 \text{ detik}^{-1}$
- 7. Presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)
 - a. Waktu detensi = 15-30 menit
 - b. $G = 20-75 \text{ detik}^{-1}$
 - c. $GTd = 10.000-100.000$

(Sumber : Masduqi & Assomadi, 2012)

Faktor-faktor yang berpengaruh serta rumus perhitungan pada flokulator, diantaranya yaitu :

1. Gradien Kecepatan (G)

- a. Baffle channel dan sistem orifice

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu \times V}}$$

- b. Pengaduk mekanis dengan paddle

$$G_3 = \frac{g \times h}{v \times Td}$$

Dimana :

- v = viskositas kinematis
- t = waktu detensi
- g = percepatan gravitasi
- h = headloss

2. Headloss saluran (Hf)

$$Hf \text{ akibat belokan} = k \times \frac{(vb)^2}{2 \times g}$$

Dimana :

- k = konstanta empiris untuk belokan (1,5)
- vb = kecepatan aliran (m/dt)
- g = percepatan gravitasi (m/dt²)

3. Jumlah sekat/baffle (n) untuk *around the end*

$$N = \left\{ \left[\frac{2 \times \mu \times t}{\rho \times (1.44 + f)} \right] \times \left[\frac{H \times L \times G}{Q} \right]^2 \right\}^{1/3}$$

Dimana :

- n = jumlah sekat
- H = kedalaman air (m)

L	= panjang bak (m)
G	= gradien kecepatan (dt^{-1})
Q	= debit (m^3/dt)
T	= waktu fluktuasi (dt)
μ	= viskositas dinamis (kg/m.s)
ρ	= densitas air (kg/m^3)
f	= koefisien friksi dari sekat
w	= lebar bak (m)

2.2.8 Sedimentasi

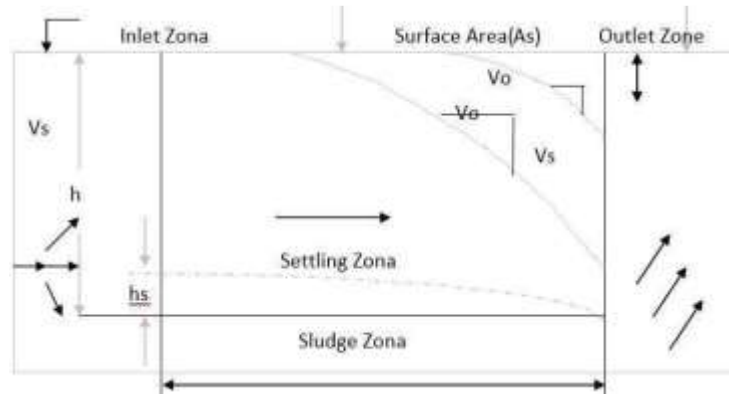
Sedimentasi adalah pemisahan padatan dan cairan dengan menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk memisahkan partikel tersuspensi yang terdapat dalam cairan tersebut. Proses ini sangat umum digunakan pada instalasi pengolahan air minum. Aplikasi utama dari sedimentasi pada instalasi pengolahan air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

- a. Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat.
- b. Pengendapan air yang telah melalui proses prasedimentasi sebelum memasuki unit saringan cepat.
- c. Pengendapan air yang telah melalui proses penyemprotan desinfektan pada instalasi yang menggunakan pipa dosing oleh alum, soda, NaCl, dan *chlorine*.
- d. Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan. Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah :
 - 1) Pengendapan Tipe I (*Free Settling*)
 - 2) Pengendapan Tipe II (*Flocculent Settling*)
 - 3) Pengendapan Tipe III (*Zone/Hindered Settling*)
 - 4) 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 :



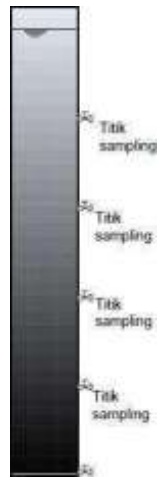
Gambar 2. 14 Zona Pada Bak Sedimentasi

Sumber : (Ali Masduqi, Abdul F. Assomadi, 2012)

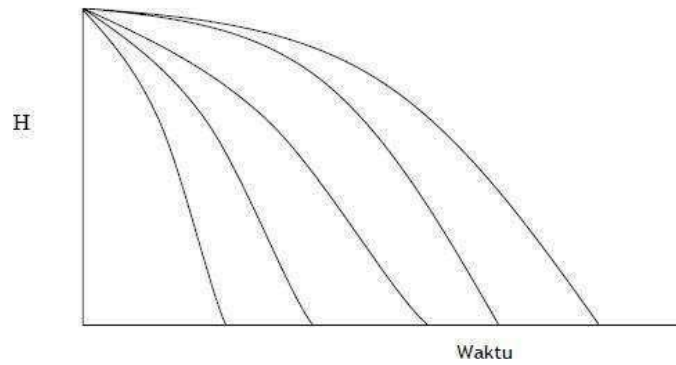
Dimana pada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut :

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

kecepatan pengendapan tidak tetap. Besarnya partikel yang mengendap di uji dengan *column setting test* dengan *multiple withdraw ports*. Dengan menggunakan kolom pengendapan tersebut, sampling dilakukan pada setiap *port* pada interval waktu tertentu, dan data *removal* partikel diplot pada grafik.



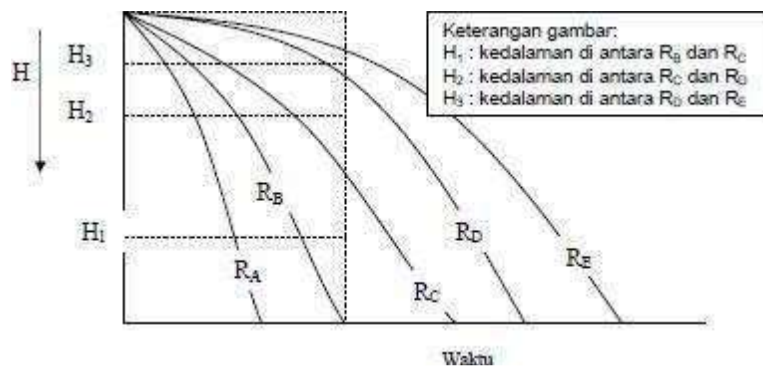
Gambar 2. 15 Kolom Test Sedimentasi Tipe II



Gambar 2. 16 Grafik Iso-removal

Sumber : (Ali Masduqi, Abdul F. Assomadi, 2012)

Grafik *isoremoval* dapat digunakan untuk mencari besarnya penyisihan total pada waktu tertentu. Titik garis vertikal dari waktu yang ditentukan tersebut. Dapat menentukan kedalaman H1, H2, H3.



Gambar 2. 17 Penentuan Kedalaman H dan Seterusnya

Sumber : (Ali Masduqi, Abdul F. Assomadi, 2012)

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 :

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

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

a. *Horizontal - flow Sedimentation*

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

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

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

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

b. *Upflow Sedimentation*

Bangunan tipe ini biasanya digunakan bila debit air konstan dan kualitas kekeruhan tidak lebih dari 900 NTU. Kelemahan dari bangunan ini adalah tidak bisa digunakan bila kapasitasnya berlebih dan memerlukan tenaga ahli untuk mengoperasikannya. Bila dalam suatu bangunan pengolahan air lahannya terbatas bisa digunakan tipe ini untuk bak sedimentasinya karena lahan yang diperlukan untuk bangunan ini relative kecil.

Semakin besar angka BOD menunjukkan bahwa derajat pengotoran air semakin besar (Sugiharto, 2008). Pengotoran air mengandung bahan-bahan organik, merusak kehidupan air serta menimbulkan bau. Salah satu cara untuk menurunkan polutan yaitu dengan teknologi pengolahan yang dapat dilakukan dengan cara penambahan bahan kimia untuk menetralkan keadaan dan meningkatkan pengurangan dari partikel kecil yang tercampur dilanjutkan dengan proses pengendapan untuk mengurangi bahan organik, proses ini dikenal dengan proses koagulasi yang bertujuan untuk memisahkan koloid yang sangat halus di dalam air, menjadi gumpalan-gumpalan yang dapat diendapkan, disaring atau diapungkan.

Dengan berkurangnya bahan organik terlarut akan menyebabkan berkurangnya oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik tersebut sehingga nilai BOD akan menurun. Menurut Metcalf & Eddy (2003), adanya waktu tinggal, penambahan bahan kimia, serta pengadukan sebelum unit sedimentasi dapat meningkatkan efisiensi penyisihan BOD sekitar 50-80%. Efisiensi pengendapan partikel flokulan dipengaruhi oleh *over flow rate*, *detention time* dan kedalaman bak pengendap. Pengaruh dari factor-faktor tersebut adalah sebagai berikut :

a. Detention time (t)

Membuat bak rectangular, aliran air memiliki kecepatan horizontal (V_o), sedangkan pengendapan partikel memiliki kecepatan pengendapan (V_s). Waktu detensi air secara teoritis adalah :

$$T = \frac{l}{v_o}$$

Dimana :

l = panjang bak

Waktu detensi secara teoritis untuk pengendapan flok adalah :

$$t_s = \frac{h}{v_s}$$

Dimana :

h = kedalaman bak

Sedangkan untuk removal partikel $t = t_s$, maka waktu detensi dapat ditentukan oleh faktor lebar dan kedalaman bak.

b. *Over Flow Rate*

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

Dimana :

S_o = *Over flow rate* (m/jam)

Q = Debit (m^3 /jam)

A_s = *Surface area* (m^2)

Over flow rate ditentukan oleh *surface area* dimana semakin besar *surface area*, maka kecepatan pengendapan akan semakin cepat dan efisiensi bak semakin baik. Apabila $V_o = V_s = \frac{h}{t_s}$ maka semakin besar h akan menurunkan

efisiensi. Sebaliknya semakin besar waktu detensi akan meningkatkan efisiensi sedimentasi.

1. *Batch settling test*

Batch settling test digunakan untuk mengevaluasi karakteristik pengendapan suspensi flokulen. Diameter column untuk tes 5-8 inch (12,7 – 20,3 cm) dengan tinggi paling tidak sama dengan kedalaman bak pengendap. Sampel dikeluarkan melalui pori pada interval waktu periodik. Prosentase penghilangan dihitung untuk masing-masing sampel yang diketahui konsentrasi suspended solidnya dan konsentrasi sampel. Prosentase penghilangan diplotkan pada grafik sebagai nilai penghilangan pada grafik waktu vs kedalaman. Lalu dibuat interpolasi antara titik-titik yang diplot dan kurva penghilangan, R_a , R_b , dst. Dalam bangunan sedimentasi ini terdapat kriteria desain yang dapat digunakan dalam mempermudah desain. Adapun kriteria desain tersebut adalah sebagai berikut :

- Kedalaman air = 3 – 4,5 m
- Kecepatan aliran = 0,3 – 1,7 m/min
- Waktu detensi = 1,5 – 4 jam
- *Surface loading* = 1,25 – 2,5 m/jam
- Panjang/lebar = minimum $\frac{1}{4}$
- Kedalaman air/panjang = minimum $\frac{1}{15}$
- Weir loading rate = 9 – 13 m³/m.jam

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

2.2.9 Filtrasi

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

tersuspensi dan partikel koloid di dalam air, dapat dilakukan dengan menggunakan proses filtrasi. Proses filtrasi sendiri adalah suatu proses di mana air dilewatkan pada pasir dan kombinasi kerikil-kerikil untuk mendapatkan hasil air yang lebih baik.

Bakteri dan sejenisnya dapat dengan efektif dihilangkan dengan menggunakan proses filtrasi. Selain itu filtrasi juga dapat mengurangi warna, rasa, bau, kadar besi juga kadar mangan yang terdapat di dalam air. Proses pengurangan kadar-kadar tersebut tidak lepas dengan adanya proses fisika dan kimia yang terjadi di dalam proses filtrasi itu sendiri. Beberapa faktor yang berkontribusi di dalam proses removal filter adalah:

1. Proses penyaringan yang terjadi di setiap lapisan permukaan filter.
2. Proses sedimentasi di dalam filter.
3. Kontak antara partikel flok dengan lapisan kerikil atau dengan flok yang sudah terkumpul di atas lapisan filter.
4. Proses adsorpsi atau proses elektrokinetik.
5. Proses koagulasi di dalam filter.
6. Proses biologis di dalam filter.
7. Penggabungan zat-zat koloid di dalam filter

Pada prosesnya, partikel tersuspensi yang ukurannya terlalu besar akan tetap tertahan di atas lapisan pasir. Namun jika ukuran partikel terlalu kecil (contohnya: partikel koloid dan bakteri) akan lebih sulit untuk dihilangkan karena akan lebih mudah lolos pada lapisan pasir ini. Pada lapisan kerikil, jarak di antara lapisan kerikil berfungsi sebagai area sedimentasi partikel tersuspensi. Namun dapat juga digunakan oleh partikel- partikel flok yang belum seratus persen terendapkan pada bak sedimentasi untuk mengendap pada lapisan kerikil ini. Pada gambar 2.18 dapat dilihat bagian-bagian filter.



Gambar 2. 18 Bagian-Bagian Filter

Sumber : (Ali Masduqi, Abdul F. Assomadi, 2012)

Terdapat beberapa macam jenis filter modifikasi yang telah digunakan di mancanegara, antara lain *rapid sand filter*, *slow sand filter*, *pressure sand filter*, *multiple media filters*, *diatomaceous earth filters*, *upflow filters* dan lain sebagainya.

Menurut Al-Layla (1978), pada proses purifikasi air, *rapid sand filters* memiliki hasil effluent yang lebih baik jika dibandingkan dengan *slow sand filters*. Kecepatan pada *rapid sand filters* ini cukup tinggi dan laju filtrasi nya berkisar antara 4-5 m³/m².hr (namun terkadang laju filtrasi nya dapat lebih dari 6 m³/m².hr). Ukuran pasir efektif yang digunakan pada filter ini berkisar antara 0,450,55 mm. Lapisan filter ini bila dilihat dari bawah terdiri dari gravel dengan tebal berkisar antara 38-60 cm, sedangkan di atasnya terdapat pasir yang tebalnya kurang lebih 80 cm. Proses *backwash* pada *rapid sand filter* berbeda dengan *slow sand filter*. Pada *rapid sand filters* waktu *backwash* ditentukan dari head loss filter saat itu.

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

Media filter dapat tersusun dari pasir silika alami, anthrazit, atau pasir garnet. Media ini umumnya memiliki variasi dalam ukuran, bentuk dan komposisi kimia. Pemilihan media filter yang digunakan dilakukan dengan analisis ayakan. Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif dan keseragaman media yang diinginkan. *Effective Size* (ES) atau ukuran efektif media filter adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10% dari total kedalaman lapisan media filter atau 10% dari fraksi berat, ini sering dinyatakan sebagai P10 (persentil 10). P10 yang dapat dihitung dari rasio ukuran rata-rata dan standar deviasinya. *Uniformity Coefficient* (UC) atau koefisien keragaman adalah

angka keseragaman media filter yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60 % fraksi berat terhadap ukuran (*size*). Kriteria untuk keperluan *rapid sand filter* adalah:

Single media pasir: UC = 1,3 – 1,7

ES = 0,45 - 0,7 mm

Untuk dual media: UC = 1,4 – 1,9

ES = 0,5 – 0,7 mm

Pada perancangan bangunan air minum kali ini, kami menggunakan filter pasir cepat atau *rapid sand filter* adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 6 hingga 11 m/jam. Filter ini selalu didahului dengan proses koagulasi- flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan pada influen filter pasir cepat berkisar 5-10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90-98% (Masduqi & Assomadi, 2012).

Tabel 2. 7 Kriteria Perencanaan Filter Pasir Cepat

No	Unit	Jenis Saringan		
		Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan	Saringan Bertekanan
1	Jumlah bak saringan	$N = 12 Q^{0,5}$	Minimum 5 bak	
2	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6-11	6-11	12-33
3	Pencucian			
	Sistem pencucian	Tanpa/dengan blower & atau surface wash	Tanpa/dengan blower & atau surface wash	Tanpa/dengan blower & atau surface wash
	Kecepatan (m/jam)	36-50	36-50	36-50
	Lama pencucian (menit)	10-15	10-15	10-15
	Periode antara dua pencucian (jam)	18-24	18-24	-
	Ekspansi (%)	30-50	30-50	30-50

No	Unit	Jenis Saringan		
		Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan	Saringan Bertekanan
4	Media pasir			
	Tebal (mm)	300-700	300-700	300-700
	Single media	600-700	600-700	600-700
	Media ganda	300-600	300-600	300-600
	Ukuran efektif, ES (mm)	0,3-0,7	0,3-0,7	0,3-0,7
	Koefisien keseragaman, UC	1,2-1,4	1,2-1,4	1,2-1,4
	Berat jenis (kg/dm ³)	2,5-2,65	2,5-2,65	2,5-2,65
	Porositas	0,4	0,4	0,4
	Kadar SiO ²	>95%	>95%	>95%
5	Media antrasit			
	Tebal (mm)	400-500	400-500	400-500
	ES (mm)	1,2-1,8	1,2-1,8	1,2-1,8
	UC	1,5	1,5	1,5
	Berta jenis (kg/dm ³)	1,35	1,35	1,35
	porositas	0,5	0,5	0,5
6	Filter bottom/dasar saringan	80-100		
	1) Lapisan Penyangga dari atas ke bawah	2-5		
	Kedalaman (mm)	80-100	80-100	-
	Ukuran butir (mm)	5-10	5-10	-
	Kedalaman (mm)	80-100	80-100	-
	Ukuran butir (mm)	5-10	5-10	-
	Kedalaman (mm)	80-100	80-100	-
	Ukuran butir (mm)	10-15	10-15	-
	Kedalaman (mm)	80-150	80-150	-

No	Unit	Jenis Saringan		
		Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan	Saringan Bertekanan
	Ukuran butir (mm)	15-30	15-30	-
	2) Filter Nozel			
	Lebar slot nozel (mm)	<0,5	<0,5	<0,5
	Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)	>4%	>4%	>4%

(sumber : SNI 6774-2008)

Rumus-rumus yang akan digunakan dalam perhitungan unit pengolahan ini ialah :

1. Luas Permukaan Bak

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

Dimana :

A = Luas permukaan bak filtrasi (m²)

Q = debit (m³/dtk)

V = kecepatan filtrasi (m/s)

2. Jumlah Bak Filtrasi

$$N = 1.2 Q^{0.5}$$

Dimana :

N = jumlah bak filtrasi

Q = debit filtrasi (m³/dtk)

3. Headloss (Persamaan Darcy-Weisbach)

$$HL = f \frac{Lv^2}{D \times 2g}$$

Dimana :

HL = kehilangan tekanan akibat gesekan (m)

f = koef kekasaran pipa

L = panjang pipa (m)

V = kecepatan aliran (m/s)

D = diameter pipa (m)

4. Nre (Bilangan Reynold)

$$Nre = \frac{\rho d v}{\mu}$$

Dimana :

ρ = berat jenis (m³/s)

v = viskositas dinamis (N/ms²)

μ = viskositas kinematis

5. CD (koefisien drag)

Untuk $Nre < 1$, $CD = \frac{24}{Nre}$

Untuk $1 < Nre < 10^4$, $CD = \frac{24}{Nre} + \frac{3}{\sqrt{Nre}} + 0,34$

Untuk $Nre > 10^4 = 0,4$

Dimana :

CD = koefisien drag

Nre = bilangan reynold

2.2.10 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.

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 :

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

Macam-macam faktor yang mempengaruhi efisiensi desinfeksi adalah :

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

Dalam perancangan kali ini, kami menggunakan metode 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/m³ air, tergantung pada turbiditas air (Benny, 2008).

Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih besar dari aerasi, dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik pada 8-8,3 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 proses preklorinasi. Dosis sisa klor yang dianjurkan 0,2-0,5 mg/l (Said, 2009).

Perlu dilakukan percobaan Daya Pengikat Chlor (DPC) untuk mengetahui dosis senyawa chlor (Cl₂) 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., 2003).

2.2.11 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. Dalam perancangan kali ini menggunakan Reservoir Menara (*Elevated Reservoir*) Reservoir menara adalah Reservoir yang seluruh bagian penampungan dari Reservoir tersebut terletak lebih tinggi dari permukaan tanah sekitarnya



Gambar 2. 19 Reservoir Menara

Sumber: (BPSDMM, 2010)

Berdasarkan bahan konstruksinya, maka jenis Reservoir dapat dibagi menjadi 3 yaitu :

1. Reservoir Tanki 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. 20 Reservoir Tangki Baja

Sumber: (BPSDMM, 2010)

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.

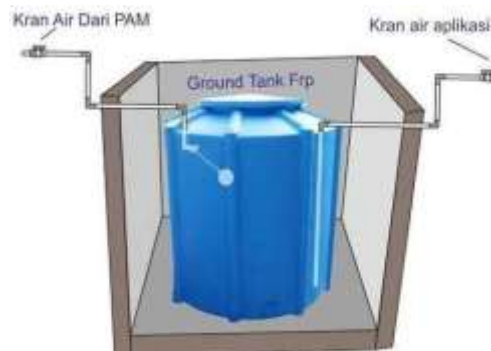


Gambar 2. 21 Reservoir Beton Cor

Sumber: (BPSDMM, 2010)

3. Reservoir *Fiberglass*

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



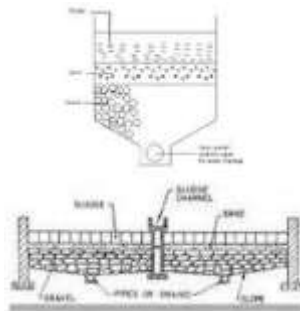
Gambar 2. 22 Reservoir *Fiberglass*

Sumber: (BPSDMM, 2010)

2.2.12 Sludge Drying Bed

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 6-30 m 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 : (Chai, 2007)

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

Padatan pada *sludge drying bed* hanya dapat dikuras dari bangunan *sludge drying bed* setelah *sludge* 56amping56g. *Sludge* / lumpur yang telah mengering memiliki ciri yaitu memiliki permukaan yang terlihat retak dan mudah hancur serta berwarna hitam atau coklat gelap. Kadar air yang terkandung dalam *sludge* / lumpur

yang telah 57amping57g berkisar pada 60% pada rentang antara 10-15 hari. Proses pengurusan dapat dikatakan selesai apabila *sludge* / lumpur telah dikeruk menggunakan *scrapper* atau secara manual dan diangkut menggunakan truk keluar dari lokasi pengolahan. (Metcalf & Eddy, 2003)

Sludge drying bed yang sedang digunakan untuk proses pengeringan lumpur hendaknya ditutup guna mengisolasi dan mengantisipasi tersebarnya bau yang mungkin ditimbulkan. Akan tetapi, apabila 57amping dirancang untuk dibiarkan terbuka, hendaknya 57amping *sludge drying bed* dibangun pada jarak minimal 100m dari lokasi hunian penduduk guna mengantisipasi pencemaran udara yang diakibatkan oleh bau. (Metcalf & Eddy, 2003)

Daya 57amping *sludge drying bed* dihitung berdasarkan perbandingan area per kapita dengan satuan *sludge* / lumpur kering dalam kg per meter persegi per tahun (kg/m².tahun). Data tipikal untuk variasi *sludge* / lumpur yang dihasilkan akan ditunjukkan berikut ini :

Tabel 2. 8 Kriteria Kebutuhan Luas Lahan SDB Berdasarkan Tipe Tanah Solid

Tipe Biosolid	Luas Lahan		Sludge Loading Rate	
Primary Digested	1-1,5	0,1	20-30	120-150
Humus Trickling Filter	1,25-1,75	0,12-0,16	18-25	90-120
Lumpur Activated Sludge	1,75-2,5	0,16-0,23	12-20	60-100
Lumpur Presipitasi Kimia	2-2,5	0,19-0,23	20-23	100-160

(Sumber : Metcalf & Eddy, 2003)

Berdasarkan kebutuhan luas lahan untuk memenuhi variasi antara 70-75% *Sludge Drying Bed* terbuka.

1. Volume *cake sludge*

$$V_i = \frac{V_{\text{lumpur}} \times (1 - P)}{1 - P_i}$$

Dimana :

P = Kadar air

Pi = Berat air dalam cake (60 – 70%)

2. Volume bed

V = Vi x td

Dimana :

Vi = Volume *cake sludge* (m³)

td = waktu detensi (detik)

3. Volume tiap bed

Vb = $\frac{V}{\text{Jumlah bed}}$

Dimana :

4. V = Volume bed (m³)

Dimensi tiap bed

A = $\frac{Vb}{\text{tebal cake}}$

A = L x W

Dimana :

Vb = volume tiap bed (m³)

L = panjang (m)

W = Lebar (m)

5. Kedalaman Total

H = tinggi cake + tinggi media

Htotal = H + Fb

Dimana :

Htotal = Kedalaman total bak (m)

Fb = Freeboard (10-30% kedalaman)

6. Volume air

Va = $\frac{\text{volume cake sludge (Vi)} - \text{volume padatan}}{\text{jumlah bed}} \times td$

2.3 Persen Removal

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

Tabel 2. 9 Persen Removal Tiap Bangunan Pengolahan

Jenis Bangunan	Parameter Teremoval	Kemampuan Penyisihan	Sumber
Prasedimentasi	TSS	70-80%	Syed, R. Qasim, 1985. WWTP Planing Desain Operation, hal 52
Aerasi	Ammonia	90-95%	Ririn Arifah. Ammonia Stripping. 2016
Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi	BOD	50-80%	Metcalf and Eddy, Wastewater Engginering: Treatment, Disposal, and Reuse 2003 : Hal 497
	COD	90%	Caecilia Pujiastuti. Ceramic Industry Wastewater Treatment by Chemical Coagulation Process. Vol. 7 No. 2 Desember 2021: 217–226
	Timbal	99%	
Filtrasi (Rapid Sand Filter)	COD	70-90%	Syed R. Qasim. Water Treatment plant, 7.28
	BOD	80-90%	Syed R. Qasim. Water Treatment plant, 7.23

Jenis Bangunan	Parameter Teremoval	Kemampuan Penyisihan	Sumber
Desinfeksi	Total Coliform	90-100%	Druste. 1997. Theory and Practice of Water and Waste Water Treatment. Hal 224

2.4 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. 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. Hal-hal yang perlu diperhatikan sebelum membuat Profil Hidrolis, antara lain :

1. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan Untuk membuat profil hidrolis perlu perhitungan kehilangan tekanan pada bangunan. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air di dalam bangunan pengolahan. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan ada beberapa macam, yaitu:
 - a. Kehilangan tekanan pada saluran terbuka
 - b. Kehilangan tekanan pada bak
 - c. Kehilangan tekanan pada pintu air
 - d. Kehilangan tekanan pada weir, sekat dan lain-lain harus di hitung secara khusus.
2. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris
 - a. Kehilangan tekanan pada perpipaan.

- b. Kehilangan tekanan pada assesoris.
 - c. Kehilangan tekanan pada pompa.
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 :Menentukan tinggi muka air bangunan
- a. pengolahan yang paling akhir.
 - b. Tambahkan 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.