

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Baku

Air Minum merupakan air yang telah melalui proses pengolahan ataupun tanpa melalui proses pengolahan yang telah memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum (Permenkes RI, 2010). Penyediaan air bersih, selain harus memperhatikan kuantitasnya maka kualitasnya juga harus memenuhi standar yang berlaku. Untuk mendapatkan gambaran yang nyata tentang karakteristik air baku, maka perlu memperhatikan sifat-sifat air yang disebut parameter kualitas air. Persyaratan kesehatan untuk air minum harus memenuhi persyaratan fisika, kimiawi, radioaktif, dan mikrobiologis yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan yang telah diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 Tentang Kualitas Air Minum.

Air baku yang digunakan untuk pengolahan umumnya menggunakan air permukaan (Sungai). Sungai dikelompokkan kedalam kelas-kelas sungai yang sesuai dengan peruntukannya. Kelas-kelas sungai tersebut telah diatur dalam Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 61 Tahun 2010 Tentang Penetapan Kelas Air pada Air Sungai. Kelas sungai tersebut terdiri dari empat kelas, yaitu:

1. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut
2. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana atau sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman dan kegiatan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

4. Kelas empat, air yang peruntukannya untuk mengairi pertanian dan kegiatan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Adapun Parameter-parameter yang digunakan dalam menentukan kualitas air adalah sebagai berikut:

1. Parameter Fisik

- a. Kekeruhan

Kekeruhan merupakan standar yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur kondisi suatu air baku dalam satuan skala NTU (*nephelometrix turbidy unit*) atau FTU (*Formazin turbidy unit*), Kekeruhan ini diakibatkan oleh adanya benda yang tercampur atau benda koloid di dalam air. Hal ini membuat perbedaan nyata dari segi estetika maupun dari segi kualitas air baku itu sendiri. Kekeruhan juga dapat disebabkan karena adanya kandungan TSS (*total suspended solid*) baik yang bersifat organik maupun anorganik (Permenkes RI, 2010). Zat organik dapat berasal dari lapukan tanaman dan hewan, sedangkan zat anorganik biasanya dapat menjadi makanan bakteri sehingga mendukung perkembangannya. Kekeruhan dalam air tidak boleh melebihi 5 NTU. Penurunan dalam kekeruhan ini diperlukan karena selain ditinjau dari segi estetika yang kurang baik juga sebagai proses untuk desinfeksi air keruh sangat susah. Hal ini disebabkan penyerapan beberapa koloid dapat melindungi organisme dari adanya desinfektan yang diberikan. (Ninla Elmawati Falabiba et al., 2014)

- b. TDS (*Total Dissolved Solid*)

Zat padat terlarut TDS (*Total Dissolved Solid*) merupakan terlarutnya zat padat, baik berupa ion, berupa senyawa, koloid di dalam air. Sebagai contoh adalah air permukaan apabila diamati setelah turun hujan akan mengakibatkan air sungai maupun kolam terlihat keruh yang disebabkan oleh larutan partikel tersuspensi didalam air. Sedangkan pada musim kemarau air kelihatan berwarna hijau karena

adanya genangan di dalam air. Konsentrasi kelarutan zat padat ini dalam keadaan normal sangat rendah, sehingga tidak kelihatan mata telanjang (Majid, 2019). Residu dianggap sebagai kandungan total bahan terlarut dan tersuspensi dalam air. Selama penentuan residu ini, sebagian besar bikarbonat yang merupakan ion utama di perairan telah mengalami transformasi menjadi karbondioksida, sehingga karbondioksida dan gas-gas lain yang menghilang pada saat pemanasan tidak tercakup dalam nilai padatan total (Body, 1982).

c. TSS (*Total suspended Solid*)

Total Suspended Solid, atau total padatan tersuspensi merupakan padatan yang tersuspensi pada air limbah yang mengandung bahan organik dan anorganik yang dapat disaring dengan kertas milipore berukuran pori-pori 0,45 μm . Padatan yang tersuspensi memiliki dampak buruk pada kualitas air karena menghalangi penetrasi matahari terhadap badan air, dan menyebabkan kekeruhan air meningkat karena terganggunya pertumbuhan organisme.

2. Parameter Kimiawi

Karakteristik Kimia cenderung lebih khusus sifatnya dibandingkan dengan karakteristik fisik dan oleh karena itu lebih cepat dan tepat untuk menilai sifat-sifat air dari satu sampel.

a. 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 $\text{pH}=7$. Nilai $\text{pH}>7$ menunjukkan larutan memiliki sifat basa, sedangkan nilai $\text{pH}<7$ menunjukkan keasaman. Nama pH berasal dari potential of hydrogen. Secara matematis, pH didefinisikan dengan $\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$. Kebanyakan mikroorganisme dapat hidup pada pH antara 6-9. Umumnya indikator

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. Untuk pH yang sesuai standart baku mutu dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 32 tahun 2017 berkisar antara 6,5 - 8,5. Sedangkan pada air baku yang digunakan pH air sumur adalah 11

3. Parameter Biologis

Parameter biologi merupakan parameter yang berhubungan dengan keberadaan populasi mikroorganisme akuatik di dalam air, yang berakibat pada kualitas air.

a. E-Coli

Bakteri *e. coli* merupakan golongan mikro organisme yang lazim digunakan sebagai indikator, di mana 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 Bangunan Pengolahan Air Minum

2.2.1 Intake (Bangunan Penyadap)

Intake merupakan bangunan penangkap air dari sumber air baku yang berasal dari air permukaan (sungai atau danau). Fungsinya adalah untuk mengambil airbaku dari air permukaan dan dialirkan ke unit-unit pengolahan. Bangunan ini dilengkapi dengan Screen, agar dapat melindungi perpipaan dan pompa dari kerusakan atau penyumbatan – penyumbatan yang diakibatkan oleh adanya material melayang atau mengapung.

Jenis - Jenis Intake :

- a. River intake
- b. Direct intake
- c. Canal intake
- d. Dam intake (reservoir intake)
- e. Spring intake

Dalam tugas ini intake yang digunakan adalah River Intake, karena air yang digunakan adalah air baku permukaan yang berasal dari sungai. Kriteria pemilihan lokasi *River intake* adalah sebagai berikut:

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

Persyaratan lokasi penempatan bangunan pengambilan (*intake*):

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

Berikut cara kerja River Intake :

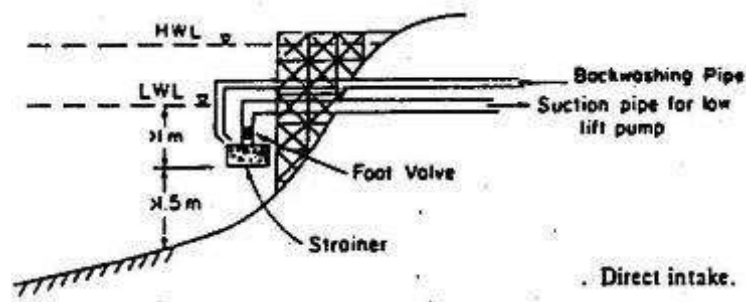
- Screen untuk menyisihkan benda – benda besar misalnya ranting, daun dan sebagainya
- Sumur pengumpul untuk menampung air dari badan air melalui pipa inlet sesuai dengan debit yang dibutuhkan.
- Strainer untuk Menyaring benda – benda kecil misalnya (kerikil, biji–bijian).

- Suction Pipe untuk mengambil air dari sumur pengumpul setelah memulai strainer kemudian diolah.

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

1. Bangunan Penyadap Langsung (*Direct Intake*)

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



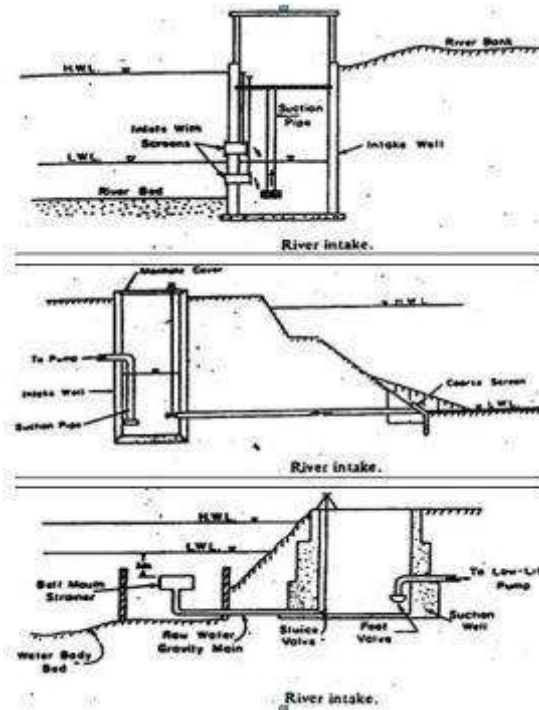
Gambar 2. 1 *Direct Intake*

Sumber : *The Construction*

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

a. *River Intake*

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

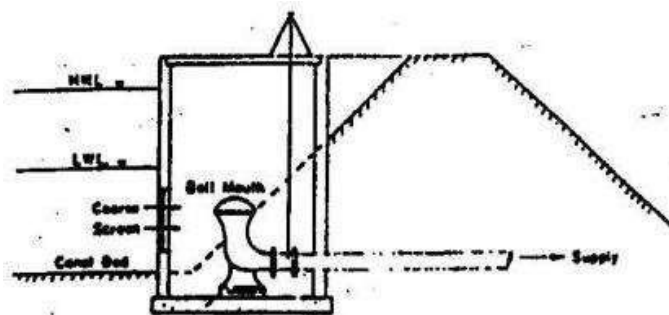


Gambar 2. 2 *River Intake*

Sumber : *The Construction*

b. *Canal Intake*

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

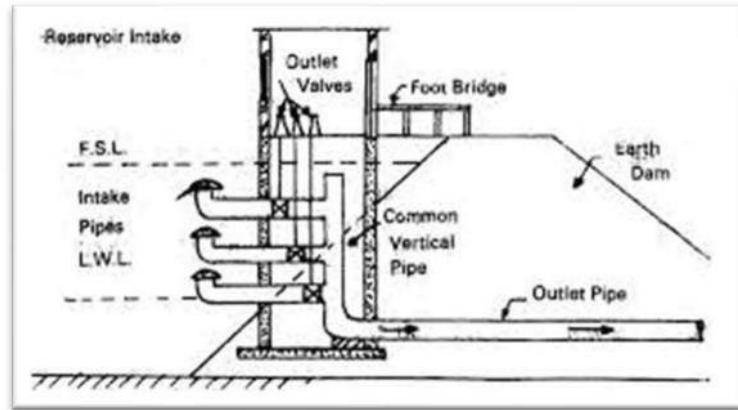


Gambar 2. 3 *Canal Intake*

Sumber : *The Construction*

c. *Reservoir Intake*

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

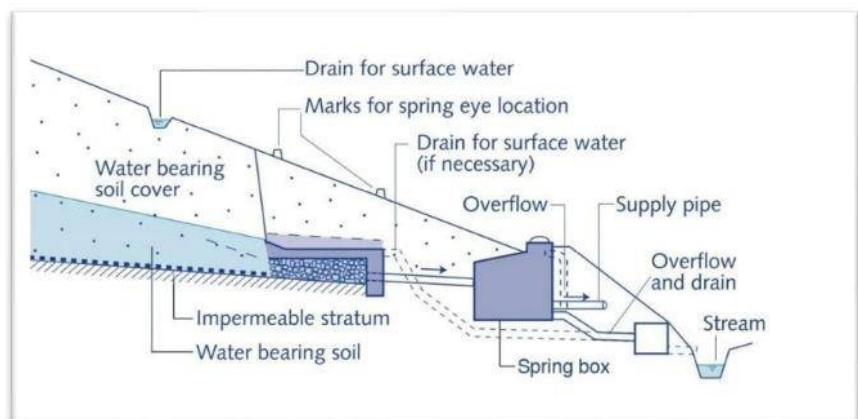


Gambar 2. 4 Reservoir Intake

(Sumber: Collection and Distribution of water by Zerihun Alemayehu)

d. Spring Intake

Digunakan untuk air baku dari mata air/air tanah

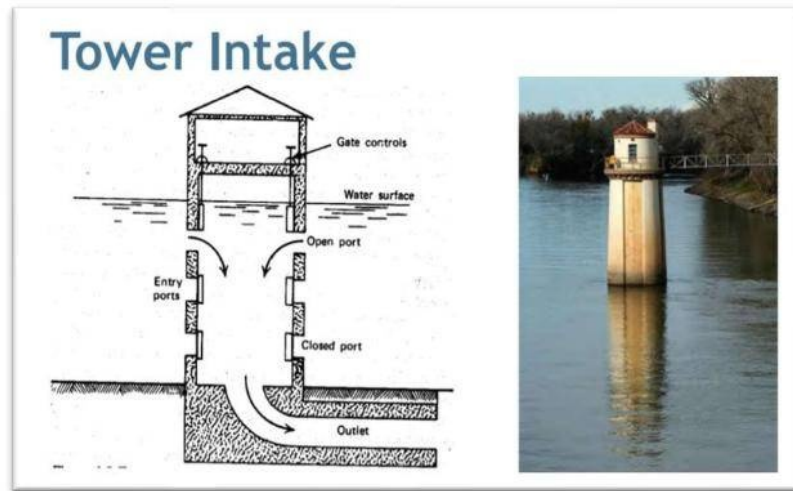


Gambar 2. 5 Spring Intake

(Sumber: SSWM (Sustainable sanitation and water management))

e. Intake Tower

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

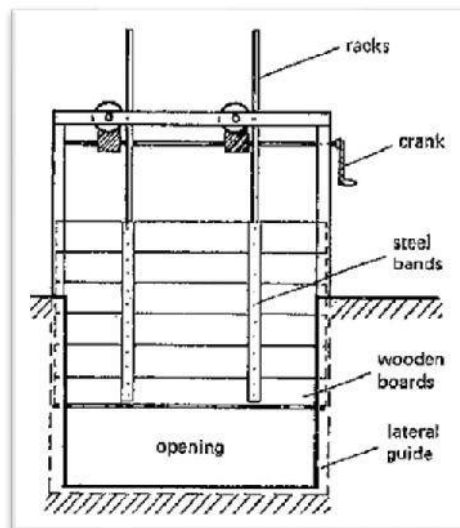


Gambar 2. 6 *Intake Tower*

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

f. *Gate Intake / Pentock gates*

Berfungsi sebagai screen dan merupakan pintu air pada prasedimentasi.



Gambar 2. 7 *Gate Intake / Penstock gates*

(Sumber: Planning of the intake structure)

Tabel 2. 1 Rumus-rumus yang dipergunakan dalam perhitungan Intake

Rumus-rumus yang dipergunakan dalam perhitungan intake			
No	Deskripsi	Rumus	Keterangan
1.	Rumus umum kecepatan (V)	$V = Q / A$	V = kecepatan (m/dt) Q = debit (m ³ /dt) A = luas penampang (m ²)
2.	Jumlah jarak bar pada screen (N)	$N = \frac{L \text{ screen}}{W \text{ bar screen}}$	Lscreen = Lebar screen (m) W bar = jarak antar bar (cm)
3.	Jumlah bar (n)	$n = N - 1$	N = Jumlah jarak bar pada screen
4.	Area terbuka (A)	$A = L - (n \times w)$	L = Luas area total (m ²) W = jarak antar bar (cm) n = Jumlah bar
5.	Headloss akibat kecepatan (Hv)	$H_v = v^2 / 2g$	Hv = minor losses (m) V = kecepatan (m/dt) g = pecepatan gravitasi (m ² /dt)

Rumus-rumus yang dipergunakan dalam perhitungan intake															
No	Deskripsi	Rumus	Keterangan												
6.	Headloss melalui <i>screen</i> ($H_{f\text{screen}}$)	$H_L \text{ Bar Screen LWL}$ $= \beta \left(\frac{v_{\text{air}}^2 - v_{\text{screen}}^2}{2g} \right)$	<p>β = minor losses (m)</p> <p>Faktor Minor Losses Bar</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Bentuk Bar</th> <th>Nilai <i>minor losses</i> (β)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Shape edge rectangular</td> <td>2,42</td> </tr> <tr> <td>Rectangular with semicircular up stream face circular</td> <td>1,83</td> </tr> <tr> <td>Circular</td> <td>1,79</td> </tr> <tr> <td>Rectangular with semicircular up stream and down stream face</td> <td>1,67</td> </tr> <tr> <td>Tear shape</td> <td>0,76</td> </tr> </tbody> </table> <p>(sumber: Syed R.Qasim. 1999)</p> <p>Vair = kecepatan sebelum melalui screen</p> <p>Vscreen = kecepatan setelah melalui screen</p> <p>g = pecepatan gravitasi (m²/dt)</p>	Bentuk Bar	Nilai <i>minor losses</i> (β)	Shape edge rectangular	2,42	Rectangular with semicircular up stream face circular	1,83	Circular	1,79	Rectangular with semicircular up stream and down stream face	1,67	Tear shape	0,76
Bentuk Bar	Nilai <i>minor losses</i> (β)														
Shape edge rectangular	2,42														
Rectangular with semicircular up stream face circular	1,83														
Circular	1,79														
Rectangular with semicircular up stream and down stream face	1,67														
Tear shape	0,76														
7.	Mayor Losses dalam pipa menurut Hazen-William (H_f)	H_f $= \left(\frac{L \times Q}{0,2785 \times C \times D^{2,63}} \right)^{1,85}$	<p>H_f = mayor losses (m)</p> <p>L = panjang pipa (m)</p> <p>Q = debit (L/dt)</p>												

Rumus-rumus yang dipergunakan dalam perhitungan intake																	
No	Deskripsi	Rumus	Keterangan														
			<p>C = koefisien kekasaran pipa (C = 130 untuk pipa baru)</p> <p>Koefisien kekasaran pipa <i>Hazen-Williams</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Jenis pipa</th> <th>Nilai kekasaran pipa (C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>Extremely smooth and straight pipes</i></td> <td>140</td> </tr> <tr> <td><i>New Steel or Cast Iron</i></td> <td>130</td> </tr> <tr> <td><i>Wood; Concrete</i></td> <td>120</td> </tr> <tr> <td><i>New Riveted Steel; vitrified</i></td> <td>110</td> </tr> <tr> <td><i>Old Cast Iron</i></td> <td>100</td> </tr> <tr> <td><i>Very Old and Corroded Cast Iron</i></td> <td>80</td> </tr> </tbody> </table> <p>(Sumber: Evett & Liu, 1987)</p> <p>D = diameter pipa (cm)</p>	Jenis pipa	Nilai kekasaran pipa (C)	<i>Extremely smooth and straight pipes</i>	140	<i>New Steel or Cast Iron</i>	130	<i>Wood; Concrete</i>	120	<i>New Riveted Steel; vitrified</i>	110	<i>Old Cast Iron</i>	100	<i>Very Old and Corroded Cast Iron</i>	80
Jenis pipa	Nilai kekasaran pipa (C)																
<i>Extremely smooth and straight pipes</i>	140																
<i>New Steel or Cast Iron</i>	130																
<i>Wood; Concrete</i>	120																
<i>New Riveted Steel; vitrified</i>	110																
<i>Old Cast Iron</i>	100																
<i>Very Old and Corroded Cast Iron</i>	80																
8.	Luas penampang pipa (A)	$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$	D = diameter pipa (m)														

2.2.2 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* (vh), bilangan Reynold partikel, serta karakteristik aliran (Reynolds & Richards, 1996).

Bak Pengendap pertama terdiri dari empat ruangan fungsional, yaitu :

1. Zona Inlet

Tanpa memperhalus aliran transisi dari aliran Influen ke aliran steady uniform di zona settling (aliran Laminer).

2. Zona Pengendapan

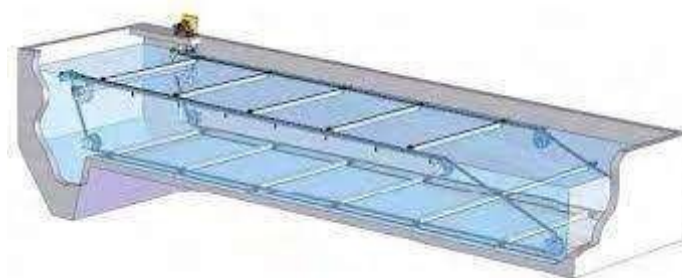
Tempat berlangsungnya proses pengendapan atau pemisahan partikel - partikel diskrit di dalam air buangan.

3. Zona Lumpur

Tempat menampung material yang diendapkan bersama lumpur endapan.

4. Zona Outlet

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



Gambar 2. 8 Bak Prasedimentasi

Sumber : (Yulianti, 2012)

Menurut Metcalf & Eddy (2003) terdapat beberapa kriteria yang perlu diperhatikan dalam mendesain unit prasedimentasi, antarlain: Detention time, Overflow rate, Average flow, Peak hourly flow, dan Weir loading. Kriteria desain unit prasedimentasi dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2. 2 Kriteria Perancangan Prasedimentasi

Item	U.S. customary units			SI		
	Unit	Range	Typical	Unit	Range	Typical
Primary sedimentation tanks followed by secondary treatment						
<i>Detention time</i>	h	1,5-2,5	2	h	1,5-2,5	2
<i>Overflow rate</i>						
<i>Average flow</i>	gal/ft ² .d	800-1200	1000	M ³ / m ² .d	30-50	40
<i>Peak hourly flow</i>	gal/ft ² .d	2000-3000	2500	M ³ / m ² .d	80-120	100
<i>Weir loading</i>	gal/ft ² .d	10.000- 40.000	20.000	M ³ / m ² .d	125-500	250
Primary settling with waste activated-sludge return						
<i>Detention time</i>	h	1,5-2,5	2	h	1,5-2,5	2
<i>Overflow rate</i>						
<i>Average flow</i>	gal/ft ² .d	600-800	700	M ³ / m ² .d	24-32	28
<i>Peak hourly flow</i>	gal/ft ² .d	1200-1700	1500	M ³ / m ² .d	48-70	60
<i>Weir loading</i>	gal/ft ² .d	10.000- 40.000	20.00 0	M ³ / m ² .d	125-500	250

Sumber: Metcalf & Eddy (2003 hal 398)

2.2.3 Aerasi

Aerasi merupakan suatu proses penambahan udara atau 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 :

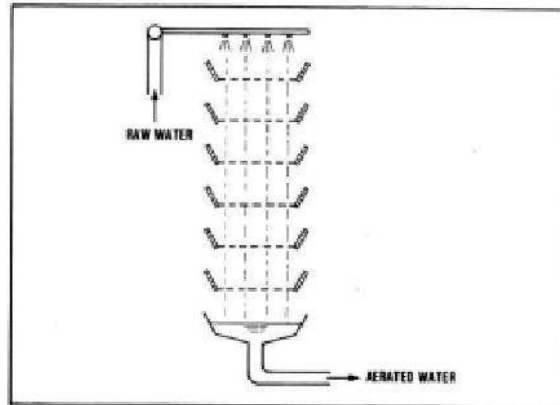
1. Penambahan jumlah oksigen
2. Penurunan jumlah karbon dioxide (CO_2)
3. Menghilangkan hydrogen sulfide (H_2S),methan (CH_4) dan berbagai senyawa senyawa organiyang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau.

Hasil pengolahan air dengan metoda aerasi bermanfaat untuk menghasilkan air minum yang baik. 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 hitamkecoklat-coklatan pada pakaian yang dicuci.

Jenis - Jenis Metode Aerasi :

a. 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.



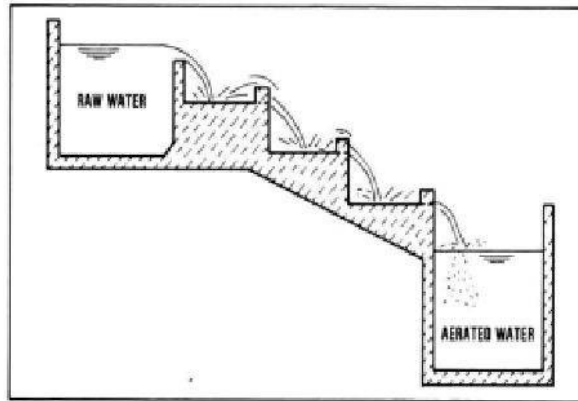
Gambar 2. 9 Multiple-tray Aerator

Sumber: Agus Herdiana, 2016

Jenis aerator ini 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 abestos cement berlobang-lobang, pipaplastik yang berdiameter kecil atau lempengan yang terbuat dari kayu secara paralel

b. Cascade Aerator

Aerator ini terdiri atas 4-6 step atau tangga, setiap step kira- kira ketinggiannya 30 cm dengan kapasitas kira-kira ketebalan 0,01 m³/det per meter². 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 kehilangantekanan lebu rendah. Keuntungan lain adalah tidak diperlukan pemeliharaan.

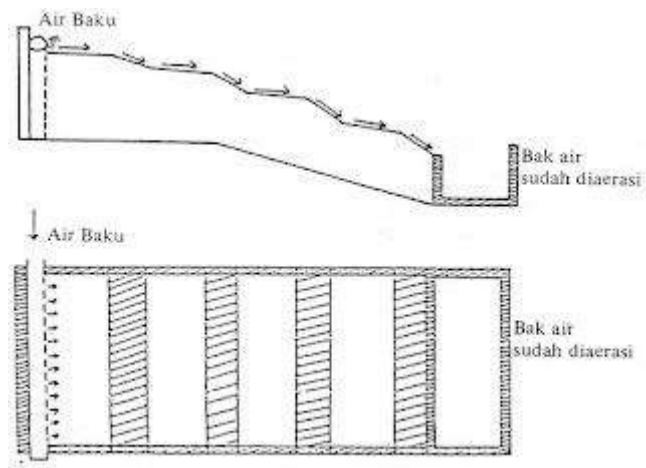


Gambar 2. 10 *Cascade Aerator*

Sumber: Agus Herdiana, 2016

c. Sumberged Cascade Aerator

Aerasi tangga aerator seperti pada gambar di bawah ini penangkapan udaranya terjadi pada saat air terjun dari lempengan- lempengan trap yang membawanya. Oksigen kemudian dipindahkan dari gelembung-gelembung udara kedalam air . Total ketinggian jatuhkira-kira 1,5 m dibagi dalam 3-5 step. Kapasitas bervariasi antara 0,005 dan 05 m³ /det per meter luas

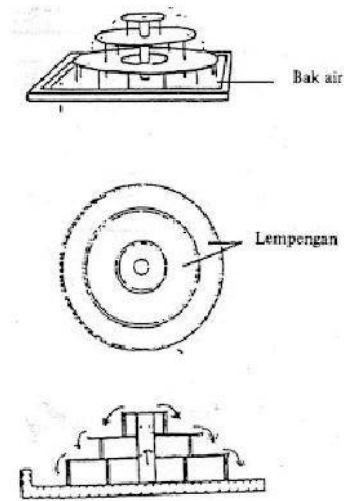


Gambar 2. 11 *Aerasi Tangga Aerator*

Sumber: Agus Herdiana, 2016

d. Multiple Plat Form Aerator

Memakai prinsip yang sama, lempengan-lempengan untuk menjatuhkan air guna mendapatkan kontak secara penuh udara terhadap air.

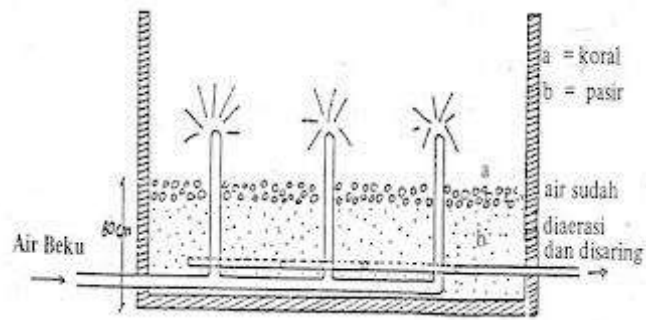


Gambar 2. 12 *Multiple Plat Aerator*

Sumber: Agus Herdiana, 2016

e. Spray Aerator

Terdiri atas nosel penyemprot yang tidak bergerak (Stationary nozzles) dihubungkan dengan kisi lempengan yang mana air disemprotkan ke udara disekeliling pada kecepatan 5-7 m /detik. Sprayaerator sederhana dierlihatkan pada gambar, dengan pengeluaran air kearah bawah melalui batang-batang pendek dari pipa yang panjangnya 25 cm dan diameter 15 - 20 mm. piringan melingkar ditempatkan beberapa centimeter di bawahsetiap ujung pipa, sehingga bisa berbentuk selaput air tipis melingkar yang selanjutnya menyebar menjadi tetesan-tetesan yang halus. Nosel untuk spray aerator bentuknya bermacam-macam, ada juga nosel yang dapat berputar-putar.

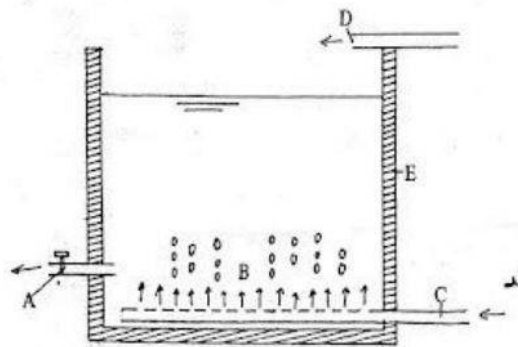


Gambar 2. 13 *Spray Aerator*

Sumber: Agus Herdiana, 2016

f. Aerator Gelembung Udara (Bubble Aerator)

Jumlah udara yang diperlukan untuk aerasi bubble (aerasi gelembung udara) tidak banyak, tidak lebih dari 0,3 – 0,5 m³ udara/m³air dan volume ini dengan mudah bisa dinaikan melalui suatu penyedotan udara. Udara disemprotkan melalui dasar dari bak air yang akan diaerasi.



Gambar 2. 14 *Bubble Aerator*

Sumber: Agus Herdiana, 2016

g. Multiple-Tray Aerator

Multiple-Tray Aerator terdiri dari suatu rangkaian bak yang disusun seperti rak (*tray*) dan dilubangi pada bagian dasarnya. Air dialirkan dari puncak berupa air terjun kecil yang kemudian didistribusikan secara merata pada masing-masing rak (*tray*) dan kemudian dikumpulkan pada suatu bak di bagian dasarnya (*collecting pans*). Pemerataan distribusi air

diatas *tray* sangat penting untuk memperoleh efisiensi perpindahan gas secara maksimum. Media kasarseperti arang, batu atau bola keramik yang ukurannya berkisar antara 2-6 inch (5-15 cm) adalah sangat penting untuk digunakan, karena dapatmeningkatkan efisiensi pertukaran gas, sebagai efek katalisa dari mangan oksida

Multiple-Tray Aerator harus dilengkapi dengan sistem ventilasi yang cukup. Jika unit ini ditempatkan dalam suatu bangunan dimana terdapat pencemaran udara, maka efektivitas dan efisiensi dari unit akanberkurang, karena terjadi kontaminasi dari udara yang masuk dengan kandungan atau unsur-unsur tertentu yang ingin dihilangkan.

Secara garis besar, desain dan karakteristik operasional aerator dapat digolongkan menjadi beberapa macam (Qasim, 2000) sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Desain dan Karakteristik Operational Aerator

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
Aerator Gravitasi Cascade	20 - 45% CO ₂	Tinggi 1 - 3 m Luas 85 - 105 m ² /m ² .det Kecepatan aliran: 0,3 m/det
	> 95% VOC	Diameter kolom maksimum: 3m
Packing Tower	> 90% CO ₂	Beban Hidrolik: 2000 m ³ /m ² .hari
	> 90% CO ₂	Kecepatan 0,8 - 1,5 m ³ /m ² .menit
Tray		Kebutuhan Udara: 7,5 m ³ /m ³ air

		Jarak rak (Tray): 30 - 75 cm
		Luas: 50 - 160 m ² /m ³ .det
	70 - 90% CO ₂	Tinggi 1,2 - 9 m
Spray Aerator	25 - 40 H ₂ S	Diameter nozzle: 2,5 - 4 cm
		Jarak Nozzle: 0,6 - 3,6 m
		Debit nozzle: 5 - 10 l/det
		Luas Bak: 105 - 320 m ² /m ³ .det
		Tekanan semprotan: 70 kPa
	80% VOCs	Waktu Detensi: 10 - 30 menit
Aerator Terdifusi		Udara: 0,7 - 1,1 m ³ /m ² air tangka
		- Kedalaman: 2,7 - 4,5 - Lebar 3 - 9 m - Lebar/Kedalaman < 2 Volume maksimum: 150 m ³ Diameter lubang diffuser: 2 - 5 mm
	70 - 90% CO ₂	

	25 - 40 H2S	Waktu detensi: 10 - 30 menit
Aerator Mekanik		Kedalaman tangki: 2 - 4

(Sumber: Qasim, 2000)

2.2.4 Koagulasi – Flokulasi

Air baku dari air permukaan biasanya mengandung partikel tersuspensi. Partikel yang tersuspensi dalam air dapat berupa partikel koloid bebas dengan ukuran sangat kecil, mulai dari 0,001 mikron (10⁻⁶ mm) hingga 1 mikron (10⁻³ mm). Partikel yang ditemukan dalam kisaran ini termasuk Partikel anorganik, seperti serat asbes, tanah liat dan lanau atau lanau, Sedimen koagulan dan partikel organik, seperti humus, virus, bakteri dan plankton.

Umumnya, dispersi koloid memiliki pemendaran cahaya. Karakteristik luminesensi ini diukur dalam satuan kekeruhan. Umumnya, karena stabilitas suspensi koloid, partikel tersuspensi sulit untuk mengendap secara alami (Tabel 2.3). Alasan kestabilan koloid adalah (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012) :

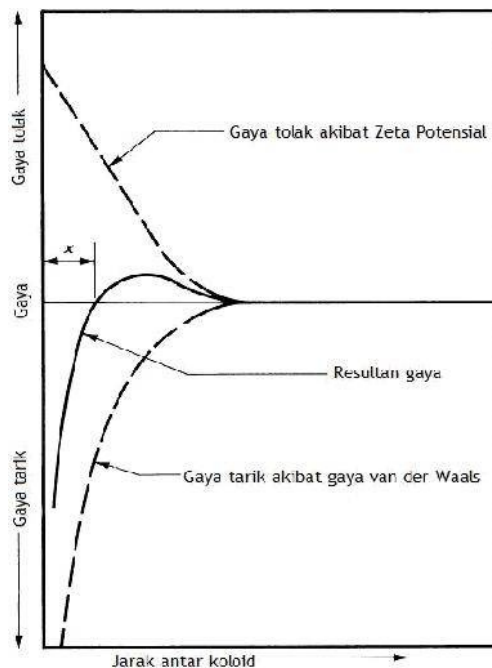
1. Gaya Van der Waals Gaya ini adalah gaya tarik antara dua massa, dan besarnya bergantung pada jarak di antara keduanya
2. Gaya elektrostatis adalah gaya utama yang menjaga suspensi koloid dalam keadaan stabil. Kebanyakan koloid diisi oleh oksida logam yang umumnya bermuatan positif, sedangkan oksida non-logam dan sulfida logam umumnya bermuatan negatif. Stabilitas koloid disebabkan oleh tolakan antar koloid dengan muatan yang sama. Gaya ini disebut zeta potensial.
3. Gerak Brown adalah gerak acak partikel koloid yang disebabkan oleh partikel bermassa kecil. Biasanya, gaya van der Waals dan gaya elektrostatis saling meniadakan, dan saat jarak antar koloid meningkat, kedua gaya ini mendekati nol. Akibat dari kedua gaya ini biasanya menghasilkan gaya tolak yang lebih besar (Gambar 2.8). Ini membuat partikel dan koloid stabil.

Tabel 2. 4 Kriteria Weir Loading Rate

Ukuran Partikel (mm)	Tipe Partikel	Waktu Pengendapan (h = 1 m)
10	Kerikil	1 s
1	Pasir	10 s
10^{-1}	Pasir Halus	2 menit
10^{-2}	Lempung	2 jam
10^{-3}	Bakteri	8 hari
10^{-4}	Koloid	2 tahun
10^{-5}	Koloid	20 tahun
10^{-6}	Koloid	200 tahun

(Sumber: Water Treatment Handbook: 6th edition, Volume 1, 1991)

Tabel 2. 5 Gaya - gaya pada koloid



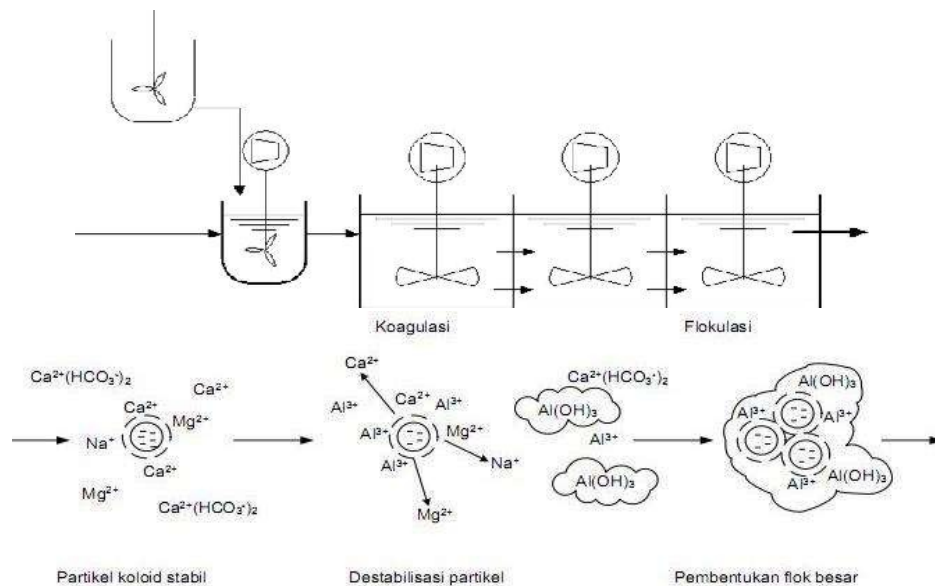
(Sumber: Ali Masduqi, Abdul F. Assomadi, 2012)

Koagulasi dan flokulasi merupakan dua proses yang tidak dapat dipisahkan. Selama proses koagulasi, koloid dan partikel dalam air tidak stabil akibat

pengadukan yang cepat dan penambahan bahan kimia (disebut koagulan). Akibat pengadukan yang cepat, koloid dan partikel stabil menjadi tidak stabil setelah terurai menjadi partikel bermuatan positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan oleh dekomposisi koagulan. Setelah proses ini, ikatan terbentuk antara ion positif koagulan (seperti Al^{3+}) dan ion negatif partikel (seperti OH^-), dan antara ion positif partikel (seperti Ca^{2+}) dan ion negatif koagulan (seperti SO_4^{2-}) membentuk ikatan, yang mengarah pada pembentukan inti flokulasi. (pengendapan). (Ali Masduqi F. Asomadi, 2012)

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

Tabel 2. 6 Gambaran proses Koagulasi - Flokulasi



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

Proses koagulasi-flokulasi terjadi pada agitator cepat dan agitator lambat, membentuk flok-flok besar yang mudah diendapkan di dalam bak pengendapan (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012).

Koagulan yang banyak digunakan dalam pengolahan air minum adalah aluminium sulfat atau garam besi. Kadang-kadang koagulan (seperti polielektrolit) diperlukan untuk menghasilkan flok yang lebih besar sehingga padatan tersuspensi dapat mengendap lebih cepat. Faktor utama yang mempengaruhi proses koagulasi-flokulasi air adalah kekeruhan, padatan tersuspensi, suhu, pH, komposisi dan konsentrasi kation dan anion, durasi dan derajat agitasi selama koagulasi dan flokulasi, dosis koagulan dan (jika perlu) koagulasi. Agen-koagulan. Pemilihan koagulan dan konsentrasinya dapat ditentukan berdasarkan penelitian laboratorium menggunakan jar tester (Gambar 2.10) untuk mendapatkan kondisi terbaik (Ali Masduqi, Abdu F. Assomadi, 2012).



Gambar 2. 15 Peralatan *Jar Test*

Tabel 2. 7 Jenis Koagulan

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan Air	pH Optimum
Aluminium sulfat	$Al_2(SO_4)_3 \cdot xH_2O$ X = 14, 16, 18	Bongkah, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
Sodium aluminat	$Na_2Al_2O_4$	Bubuk	Basa	6,0 – 7,8
Polyaluminium Chloride, PAC	$Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$	Cairan, bubuk	Asam	6,0 – 7,8

Ferri 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 7 (netral).

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 38 lebih kecil dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan yang

tinggi, kemungkinan terjadinya tumbukan antara partikel akan berkurang dan netralisasi muatan tidak sempurna, sehingga mikroflokk 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*)

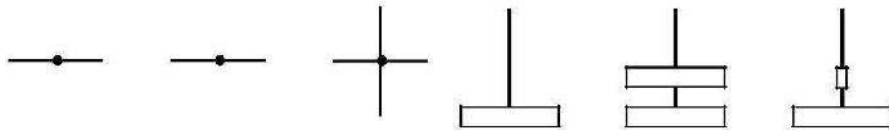
Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Distribusi dalam air cukup baik dan merata, serta masukan energi yang cukup untuk tumbukan antara partikel yang telah netral sehingga terbentuk mikroflokk. Pada proses koagulasi ini pengadukan dilakukan dengan cepat.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

5. Pengaruh Garam

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

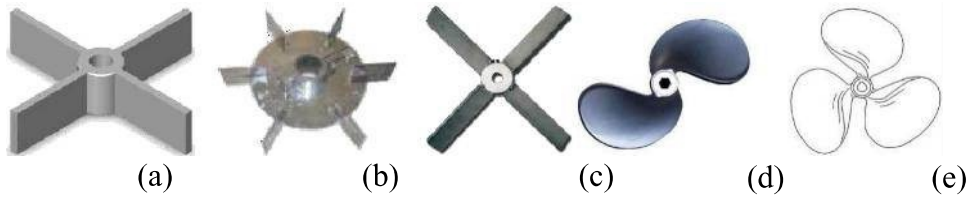
Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatis. Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor bertenaga listrik, poros pengaduk (*shaft*), dan alat pengaduk (*impeller*). Berdasarkan bentuknya terdapat tiga macam alat pengaduk, yaitu *paddle* (pedal), *turbine*, dan *propeller* (baling-baling). Bentuk ketiga impeller dapat dilihat pada gambar 2.16. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu G dan td. Tabel 2.9 dapat dijadikan patokan untuk menentukan G dan td. Sedangkan untuk menghitung besarnya tenaga

(power) yang dibutuhkan, perlu memperhatikan jenis *impeller* yang digunakan dan nilai konstanta KL dan KT



Gambar 2. 16 Tipe Paddle (a) tampak atas, (b) tampak samping

(Sumber: Qasim, 1985)



Gambar 2. 17 Tipe turbine dan propeller: (a) Turbine blade lurus, (b) turbine blade dengan piringan, (c) turbine dengan blade menyerong, (d) propeller 2 blade, (e) propeller 3 blade

(Sumber: Qasim, 1985)

Tabel 2. 8 Kriteria Impeller

Tipe Impeller	Kecepatan Putaran	Dimensi	Keterangan
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: maksimal 45 cm	Jumlah pitch 1-2 buah

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996:185)

Tabel 2. 9 Nilai Gradien Kecepatan dan Waktu Pengadukan Mekanis

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

Sumber: Reynolds & Richards (1996:184)

Tabel 2. 10 Konstanta KL dan KT untuk tangki bersekat

Jenis Impeller	KL	KT
Propeller, Putch of 1,3 blades	41,0	0,32
Propeller, Putch of 2,3 blades	43,5	1,00
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	60,0	5,31
Turbine, 6 flat blades, vend disc	65,0	5,75
Turbine 6 curved blades	70,0	4,80
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 padles), $D_i/W_i = 4$	43,0	2,25

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

Sumber: Reynolds & Richards (1996:188)

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

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

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

Pengadukan lambat dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik⁻¹) selama 10 hingga 60 menit atau nilai GTd (bilangan Camp) berkisar 48000 hingga 210000. Gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak pecah dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar. Nilai G dan waktu detensi untuk proses flokulasi adalah :

1. Air sungai
 - Waktu detensi = minimum 20 menit
 - $G = 10-50 \text{ detik}^{-1}$
2. Air waduk
 - Waktu detensi = 30 menit
 - $G = 10-75 \text{ detik}^{-1}$
3. Air keruh
 - Waktu detensi dan G lebih rendah
4. Jika menggunakan garam besi sebagai koagulan
 - G tidak lebih dari 50 detik^{-1}
5. Flokulator terdiri dari 3 kompartemen
 - G kompartemen 1: nilai terbesar
 - G kompartemen 2: 40% dari G kompartemen 1
 - G kompartemen 3: nilai terkecil
6. Penurunan kesadahan
 - Waktu detensi = 30 menit
 - $G = 10-50 \text{ detik}^{-1}$
7. Presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)
 - Waktu detensi = 15-30 menit
 - $G = 20-75 \text{ detik}^{-1}$
 - $GTd = 10.000-100.000$ (Masduqi & Assomadi, 2012:110)

2.2.5 Sedimentasi

Sedimentasi merupakan pemisahan solid dari liquid menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk menyisahkan suspended solid. Proses ini sangat

umum digunakan pada instalasi pengolahan air minum. Aplikasi utama dari sedimentasi pada instalasi pengolahan air minum adalah:

- f. Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat
- g. Pengendapan air yang setelah melalui proses prasedimentasi sebelum memasuki unit saringan cepat
- h. Pengendapan air yang telah melalui proses penyemprotan desinfektan pada instalasi yang menggunakan pipa dosing oleh alum, soda, NaCl, dan chlorine.
- i. Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan.

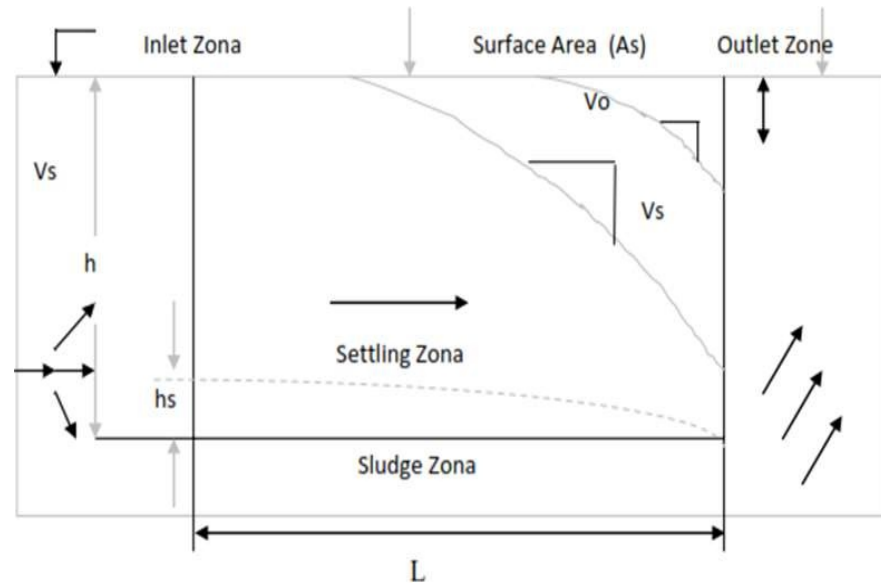
Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah:

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 :

1. Zona Inlet
2. Zona Outlet
3. Zona Settling
4. Zona Sludge

Adapun zona-zona tersebut dapat digambarkan seperti di bawah ini :

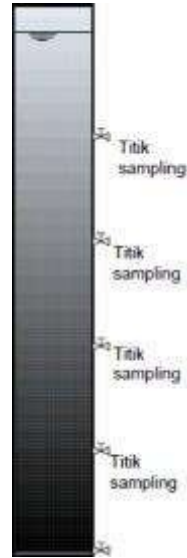


Gambar 2. 18 Zona pada Bak Sedimentasi

Sumber: Al Layla, *Water Supplay Engineering Design*)

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. 19 Kolom Test Sedimentasi Tipe II

Ada dua jenis bak sedimentasi yang biasa digunakan :

a. Horizontal - flow Sedimentation

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

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

- Lebih bisa menyesuaikan dengan variasi kualitas dan hidrolis air

- Prosesnya memberikan bentuk yang dapat direncanakan sesuai dengan operasional dan kondisi iklim
- Biaya konstruksi murah
- Operasional dan perawatannya mudah Adapun kriteria desainnya jumlah air yang akan diolah (Q), waktu detensi, luas permukaan dan kecepatan pengendapan.

b. Upflow Sedimentation

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

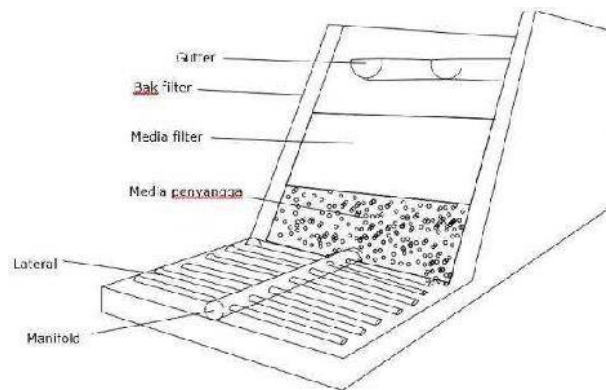
2.2.6 Filtrasi

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 merupakan suatu proses dimana 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 :

- a. Proses penyaringan yang terjadi di setiap lapisan permukaan filter.
- b. Proses sedimentasi di dalam filter.

- c. Kontak antara partikel flok dengan lapisan kerikil atau dengan flok yang sudah terkumpul di atas lapisan filter
- d. Proses adsorpsi atau proses elektrokinetik.
- e. Proses koagulasi di dalam filter.
- f. Proses biologis di dalam filter.

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.



Gambar 2. 20 Bagian - bagian Filtrasi

- Orifice, yaitu lubang pada sepanjang pipa lateral sebagai jalan masuknya air dari media filter ke dalam pipa
- Lateral, yaitu pipa cabang yang terletak di sepanjang pipa manifold.
- Manifold, yaitu pipa utama yang menampung air dari lateral dan mengalirkannya ke bangunan penampung air.

Terdapat beberapa macam jenis filter modifikasi yang telah digunakan di manca negara, antara lain :

- Rapid Sand Filter
- Slow Sand Filter
- Pressure Sand Filter
- Multiple Media Filters
- Diatomaceous Earth Filters
- Upflow dan lain sebagainya.

Menurut Al-Layla pada tahun 1978, pada proses purifikasi air, *rapid sandfilters* 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- 5m³/m².hr (namun terkadang laju filtrasinya dapat lebih dari 6m³/m².hr). Ukuran pasir efektif yang digunakan pada filter ini berkisar antara 0,45-0,55 mm. Lapisan filter ini bila dilihat dari bawahterdiri dari gravel dengan tebal berkisar antara 38-60 cm, sedangkan diatasnya terdapat pasir yang tebalnya kurang lebih 80 cm. Proses *backwash* pada *rapid sand filter* berbeda dengan slow sand filter. Padarapid sand filters waktu *backwash* ditentukan dari *headloss filter* saat itu.

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 lumpuryang banyak.

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

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 ratio 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 : Singel 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

1. Rapid Sand Filter

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 berkisa 5- 10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90-98% (Masduqi & Assomadi, 2012:171).

Tipe filter pasir cepat dapat dibedakan dalam beberapa kategori:

a. Menurut sistem kontrol kecepatan filtrasi

Berdasarkan sistem kontrol kecepatannya, filter dikelompokkan menjadi:

1. Constant rate : Debit hasil proses filtrasi konstan sampai pada level tertentu. Hal ini dilakukan dengan memberikan kebebasan kenaikan level muka air di atas media filter.
2. Declining rate atau constant head : Debit hasil proses filtrasi menurun seiring dengan waktu filtrasi, atau level muka air di atas media filter dirancang pada nilai yang tetap.

b. Menurut arah aliran

Berdasarkan arah alirannya, filter dikelompokkan menjadi :

1. Filter aliran down flow (kebawah).
2. Filter aliran upflow (keatas).
3. Filter aliran horizontal

c. Menurut sistem pengaliran

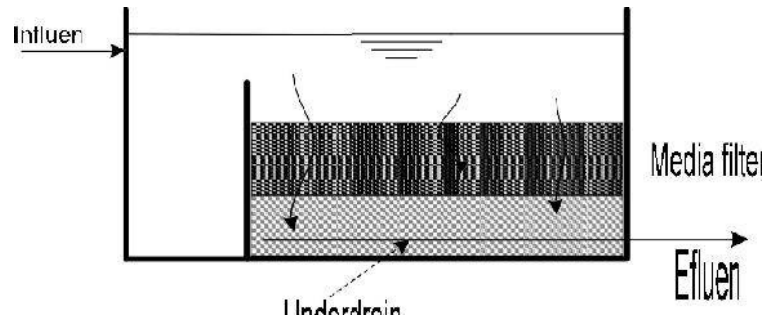
Berdasarkan sistem pengalirannya, filter dikelompokkan menjadi:

1. Filter dengan aliran secara grafitasi (gravity filter).
2. Filter dengan aliran bertekanan (pressure filter).

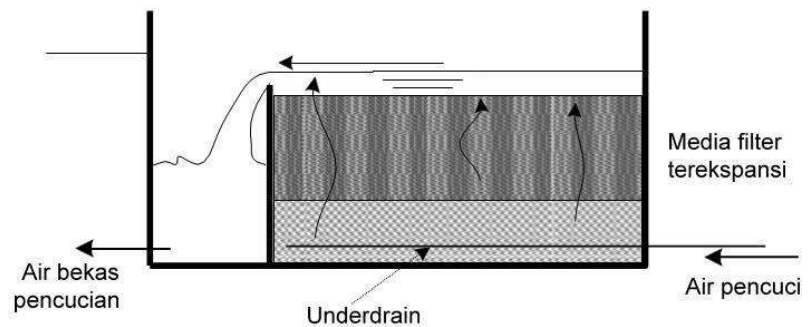
Pengoperasian Filter pasir cepat adalah sebagai berikut :

- j. Selama proses filtrasi berlangsung, partikel yang terbawa air akan tersaring di media filter. Sementara itu, air terus mengalir melewati media pasir dan penyangga, masuk lubang/*orifice*, ke tiap *lateral*, terkumpul di pipa *manifold* dan akhirnya air keluar menuju bak penampung
- k. Partikel yang tersaring di media lama kelamaan akan menyumbat pori-pori media sehingga terjadi *clogging* (Penyumbatan). *Clogging* ini akan meningkatkan *headloss* aliran air di media. Peningkatan *headloss* dapat dilihat dari meningkatnya permukaan air di atas media atau menurunnya debit filtrasi. Untuk menghilangkan *clogging*, dilakukan pencucian media.
- l. Pencucian dilakukan dengan cara memberikan aliran balik pada media (*backwash*) dengan tujuan untuk mengurai media dan mengangkat kotoran yang menyumbat pori-pori media filter. Aliran air dari *manifold*, ke *lateral*, keluar *orifice*, naik ke media hingga media terangkat, dan air dibuang melewati gutter yang terletak di atas media.

m. Bila media filter telah bersih, filter dapat dioperasikan kembali.



Gambar 2. 21 Aliran air pada saat Operasi filter

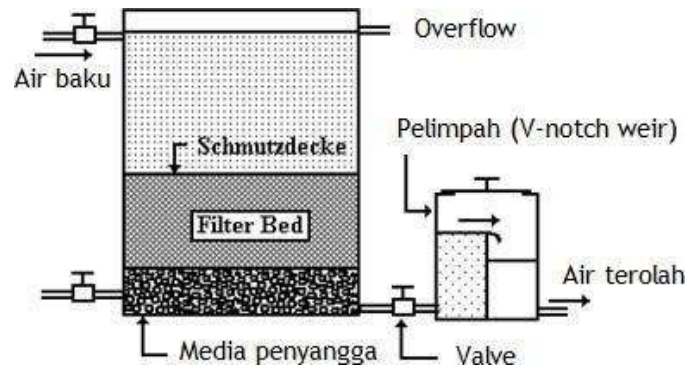


Gambar 2. 22 Aliran air pada saat Pencucian filter

Sumber: Buku Ali Masduqi (Operasi dan Proses

2. Slow Sand Filter (Filter Pasir lambat)

Filter pasir lambat atau *slow sand filter* adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi lambat yaitu sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Filter pasir lambat bekerja dengan cara pembentukan lapisan biofilm di beberapa millimeter bagian atas lapisan pasir halus yang disebut lapisan hypogeal atau *schmutzdecke*. Lapisan ini mengandung bakteri, fungi, protozoa, rotifera, dan larva serangga air. *Schmutzdecke* adalah lapisan yang melakukan pemurnian efektif dalam pengolahan air. Selama air melewati *schmutzdecke*, partikel akan terperangkap dan organik terlarut akan teradsorpsi, diserap, dan dicerna oleh bakteri, fungi, dan protozoa (Masduqi & Assomadi, 2012:176). Secara umum, filter pasir lambat hampir sama dengan filter pasir cepat. Filter lambat tersusun oleh bak filter, media pasir, dan sistem underdrain.



Gambar 2. 23 Skema Filter pasir lambat

Sumber: (Masduqi & Assomadi, 2012:176)

- Keuntungan filter lambat antara lain:
 - Biaya konstruksi rendah
 - Rancangan dan pengoperasian lebih sederhana
 - Tidak diperlukan tambahan bahan kimia
 - Variasi kualitas air baku tidak terlalu mengganggu
 - Tidak diperlukan banyak air untuk pencucian, pencucian tidak menggunakan backwash, hanya dilakukan di bagian atas media
- Kerugian filter pasir lambat :
 - besarnya kebutuhan lahan, yaitu sebagai akibat dari lambatnya kecepatan filtrasi.

Secara umum, filter pasir lambat hampir sama dengan filter pasir cepat. Filter lambat tersusun oleh bak filter, media pasir, dan sistem underdrain (Gambar 2.23). Perbedaan filter pasir cepat dan filter pasir lambat dapat dilihat pada Tabel 2.11

Tabel 2. 11 Kriteria Pasir Cepat dan Lambat

Kriteria	Filter Pasir Cepat	Filter Pasir Lambat
Kecepatan filtrasi	4 – 21 m/jam	0,1 – 0,4 m/jam
Ukuran bed	Kecil, 40 – 400 m ²	Besar, 2000 m ²
Kedalaman bed	30 – 45 cm kerikil, 60 – 70 cm pasir, tidak	30 cm kerikil, 90 – 110 cm pasir,

	berkurang saat pencucian	berkurang 50 – 80 cm saat pencucian
Ukuran pasir	<i>Effective size</i> >0,55 mm, <i>uniformity coefficient</i> <1,5	<i>Effective size</i> 0,25-0,3 mm, <i>uniformity coefficient</i> 2-3
Distribusi ukuran media	Terstratifikasi	Tidak terstratifikasi
Sistem underdrain	Pipa lateral berlubang yang mengalirkan air ke pipa utama	Sama dengan filter cepat atau batu kasar dan beton berlubang sebagai saluran utama
Kehilangan energi	30 cm saat awal, hingga 275 cm saat akhir	6 cm saat awal, hingga 120 cm saat akhir
<i>Filter run</i> (jarak waktu pencucian)	12 – 72 jam	20 – 60 hari
Metoda pembersihan	Mengangkat kotoran dan pasir ke atas dengan <i>backwash</i>	Mengambil lapisan pasir di permukaan dan mencucinya
Jumlah air untuk pembersihan	1 – 6% dari air tersaring	0,2 – 0,6% dari air tersaring
Pengolahan pendahuluan	Koagulasi-flokulasi-sedimentasi	Biasanya tidak ada bila kekeruhan kurang dari 50 NTU
Biaya konstruksi	Relatif tinggi	Relatif rendah
Biaya operasi	Relatif tinggi	Relatif rendah
Biaya depresiasi	Relatif tinggi	Relatif rendah

Sumber: Schulz dan Okun (1984)

3. Pressure Sand Filter (Filter Bertekanan)

Filter bertekanan (*pressure filter*) pada dasarnya mempunyai prinsip yang sama dengan filter grafitasi (filter cepat dan filter lambat), yaitu air akan melewati media berbutir dan terjadi penyaringan secara fisik. Pada filter cepat dan filter lambat, aliran air melewati media berbutir hanya didorong oleh tekanan atmosfer atau sistem aliran terbuka. Pada filter bertekanan, diperlukan pendorong tekanan yang lebih besar. Oleh karena itu tangki dirancang dengan sistem tertutup dan menggunakan pompa untuk menambah tekanan dalam tangki. Filter bertekanan terdiri atas tangki tertutup, media filter, media penyangga, dan sistem *underdrain*.

➤ Media Filter dan Distribusi Media

Bagian filter yang berperan penting dalam melakukan penyaringan adalah media filter. 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 akan digunakan dilakukan dengan analisa ayakan (*sieve analysis*). Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif (*effective size*) dan keseragaman media yang diinginkan (*dinyatakan sebagai uniformity coefficient*).

Berdasarkan jenis dan jumlah media yang digunakan dalam penyaringan, media filter dikategorikan menjadi :

1. Single media : Satu jenis media seperti pasir silika, atau dolomit saja. Filter cepat tradisional biasanya menggunakan pasir kwarsa. Pada sistem ini penyaringan SS terjadi pada lapisan paling atas sehingga dianggap kurang efektif karena sering dilakukan pencucian
2. Dual media: misalnya digunakan pasir silica, dan anthrasit. Filter dual media sering digunakan filter dengan media pasir kwarsa di lapisan bawah dan anthrasit pada lapisan atas. Keuntungan dual media:
 - Kecepatan filtrasi lebih tinggi (10 – 15 m/jam)

- Periode pencucian lebih lama
 - Merupakan peningkatan filter single media (murah)
3. Multi media: misalnya digunakan pasir silica, anthrasit dan garnet atau dolomit. Fungsi multi media adalah untuk memfungsikan seluruh lapisan filter agar berperan sebagai penyaring.

Susunan media berdasarkan ukurannya dibedakan menjadi:

1. Seragam (uniform), ukuran butiran media filter relatif sama dalam satu bak.
2. Gradasi (stratified), ukuran butiran media tidak sama dan tersusun bertingkat.
3. Tercampur (mixed), ukuran butiran media tidak sama dan bercampur.

Pada tabel 2.10 mencantumkan beberapa jenis dan jumlah ukuran efektif media filter dan standar nilai keseragaman media. Jika pasir tidak memenuhi standar, maka ukuran harus dipilih untuk memenuhi standar tersebut. Metode penghitungan persentase pasir yang tersedia, pasir terlalu kecil dan pasir terlalu besar adalah sebagai berikut:

1. Presentase stok pasir yang dapat digunakan

$$P_{use} = 2(P_{st60} - P_{st10})$$

Presentase pasir yang terlalu kecil

$$P_f = P_{st10} - 0,1P_{use} = P_{st10} - 0,2(P_{st60} - P_{st10})$$

2. Presentase ukuran pasir yang terlalu besar

$$P_c = 100 - P_f - P_{use}$$

Keterangan:

- Pst10 adalah persentase pasir stok yang memenuhi ES sesuai kriteria yang diminta

- Pst60 adalah persentase pasir stok yang memenuhi ES x UC sesuai kriteria yang diminta

Setelah dilakukan pemilihan ukuran butiran pasir stok, maka pasir stok dapat digunakan sebagai media filter yang memenuhi kriteria.

Tabel 2. 12 Perbedaan Kriteria Media Filter pasir cepat dan lambat

No	karakteristik	Nilai	
		nilai	Rekomendasi
1	Single Media		
	A. Media Pasir		
	▪ Kedalaman	610-760	685
	▪ ES (mm)	0,35-0,70	0,60
	▪ UC	<1,7	<1,7
	B. Media Antrasit		
	▪ Kedalaman	610-760	685
	▪ ES (mm)	0,70-0,75	0,75
	▪ UC	<1,75	<1,75
	C. Rate Filtrasi (l/det.m ²)	1,36-3,40	2,72
2	Dual Media		
	A. Antrasit		
	▪ Kedalaman	460-610	610
	▪ ES (mm)	0,9-1,1	1,0
	▪ UC	1,6-1,8	1,7
	B. Pasir		
	▪ Kedalaman	150-205	150
	▪ ES (mm)	0,45-0,55	0,50
	▪ UC	1,5-1,7	1,6
	C. Rate Filtrasi (l/det.m ²)	2,04-5,44	3,4
3	Multi Media		
	A. Antrasit		
	▪ Kedalaman	420-530	460
	▪ ES (mm)	0,95-1,00	1,00
	▪ UC	1,55-1,75	<1,75
	B. Pasir		
	▪ Kedalaman	150-250	230
	▪ ES (mm)	0,45-0,55	0,50
	▪ UC	1,50-1,65	1,60

	C. Garnet		
	▪ Kedalaman	75-115	75
	▪ ES (mm)	0,20-0,35	0,20
	▪ UC	1,6-2,0	<1,6
	C. Rate Filtrasi		
	▪ (l/det.m ²)	2,72-6,80	4,08

Sumber: Reynolds dan Richards (1996)

Tabel 2. 13 Rumus-rumus yang dipergunakan dalam perhitungan Filtrasi

Rumus-rumus yang dipergunakan dalam perhitungan filtrasi			
No	Deskripsi	Rumus	Keterangan
1.	Luas permukaan bak	$A = \frac{Q}{v}$	A = Luas permukaan bak filtrasi (m ²) Q = debit (m ³ /dtk) V = kecepatan filtrasi (m/s)
2.	Jumlah bak filtrasi	$N = 1,2 Q^{0.5}$	N = jumlah bak filtrasi Q = debit filtrasi (m ³ /dtk)
3.	<i>Headloss</i> (persamaan Darcy – Weisbach)	$H_L = f \frac{LV^2}{D 2g}$	H _L = kehilangan tekanan akibat gesekan (m) f = koef kekasaran pipa L = panjang pipa (m) V = kecepatan aliran (m/s) D = diameter pipa (m)

Rumus-rumus yang dipergunakan dalam perhitungan filtrasi			
No	Deskripsi	Rumus	Keterangan
4.	Nre (Bilangan Reynold)	$Nre = \frac{\rho d v}{\mu}$	<p>ρ = berat jenis (m³/s)</p> <p>v = viskositas dinamis (N/ms²)</p> <p>μ = viskositas kinematis</p>
5.	C _D (koefisien drag)	<p>1. Untuk $Nre < 1$, $C_D = \frac{24}{Nre}$</p> <p>2. Untuk $1 < Nre < 10^4$, $C_D = \frac{24}{Nre} + \frac{3}{\sqrt{Nre}} + 0,34$</p> <p>3. Untuk $Nre > 10^4 = 0,4$</p>	<p>C_D = koefisien drag</p> <p>Nre = bilangan reynold</p>

➤ Dimensi Bak Filter

Luas permukaan bak filter tergantung pada jumlah bak, debit pengolahan, dan kecepatan (*rate*) filtrasi. Jumlah bak ditentukan berdasarkan debit pengolahan dengan rumus pendekatan: $N = 1,2 Q^{0,5}$ dengan Q adalah debit pengolahan (mgd). Jumlah bak juga dapat ditentukan dengan batasan luas permukaan maksimum 100 m² per bak. Jumlah bak minimum adalah dua. Berdasarkan luas permukaan bak, ukuran bak (panjang dan lebar, atau diameter) dapat ditentukan. Ratio lebar terhadap panjang berkisar 1 : 1 hingga 1 : 2. Tinggi bak filter ditentukan dari tinggi total bahan yang terdapat di bak, meliputi underdrain,

media penyangga, media filter dan air di atas media ditambah dengan tinggi jagaan (*freeboard*). Tinggi air di atas media direncanakan sekitar 90 sampai 120 cm.

➤ Hidrolika Filtrasi

1. Headloss (HL)

Pada prinsipnya aliran pada media berbutir (filter pasir) dianggap sebagai aliran dalam pipa berjumlah banyak. Kehilangan tekanan dalam pipa akibat gesekan aliran mengikuti persamaan *Darcy – Weisbach*.

2. Bilangan Reynold, N_{Re}

Bilangan Reynold, N_{Re} merupakan fungsi diameter dan kecepatan aliran.

3. Koefisien Drag

Merupakan koefisien yang besarnya tergantung bilangan Reynolds.

➤ Hidrolika Pencucian (*Backwashing*)

filter pasir cepat yang digunakan dalam jangka waktu tertentu, maka akan tersumbat karena media filter menahan partikel halus dan koloid. Media filter yang tersumbat ditandai oleh:

1. Penurunan kapasitas produksi (digunakan untuk filter head tekanan konstan).
2. Kehilangan energi (head loss) meningkat, dan kemudian ketinggian air di atas media filter meningkat (untuk filter *constant rate*).
3. Mengurangi kualitas air produksi.

Jika tujuan ini tercapai (seperti yang ditunjukkan oleh head tekanan negatif), filter harus dibersihkan. Teknologi pembersihan filter yang cepat dapat dilakukan dengan menggunakan kecepatan *backwashing* tertentu untuk memfluidisasi media filter dan bertabrakan di antara media. Benturan antar media akan menyebabkan kotoran menempel pada media, dan kotoran yang terkelupas akan terbawa aliran air. Untuk meningkatkan kinerja *backwash*,

biasanya permukaan harus dibersihkan terlebih dahulu dan / atau tekan dari bawah dengan blower (pembersihan udara).

Tujuan pembersihan filter adalah untuk mengeluarkan kotoran pada media filter ke atas hingga media mengembang. Biasanya, ketinggian ekspansi adalah 15% hingga 35% (Droste, 1997). Lama pencucian sekitar 3 hingga 15 menit. Ada beberapa sistem pencucian filter, yaitu:

- Menggunakan menara air
- Interfilter
- Pompa backwash

Untuk menghitung head pompa pencucian atau tinggi menara, maka harus dihitung headloss melalui media, dasar filter (under drain), dan sistem perpipaan pada saat awal backwash. Saat awal backwash, tekanan air backwash harus mampu memecahkan media yang kemungkinan memadat akibat adanya kotoran yang melekat pada permukaan media. Tekanan air backwash juga harus mampu mengangkat pasir hingga ketinggian tertentu (terfluidasi).

Tabel 2. 14 Kriteria Pencucian Media Filter untuk Pengolahan Air Minum

No	Unit	Jenis Saringan		
		Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan	Saringan Bertekanan
1.	Jumlah bak saringan	$N = 12 \times Q^{0,5}$	Minimum 5 bak	-
2.	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6 - 11	6 - 11	12 - 33
3.	Pencucian <ul style="list-style-type: none"> • Sistem pencucian • Kecepatan (m/jam) • Lama pencucian (menit) • Periode antar 	Tanpa/dengan blower & atau surface wash 36 - 50 10 - 15 18 - 24	Tanpa/dengan blower & atau surface wash 36 - 50 10 - 15 18 - 24	Tanpa/dengan blower & atau surface wash 72 - 198 - -

No	Unit	Jenis Saringan		
		Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan	Saringan Bertekanan
	pencucian (jam)			
	• Ekspansi (%)	30 - 50	30 - 50	30 - 50
	Media pasir:			
	• Tebal (mm)	300 – 700	300 – 700	300 – 700
4.	• Single media	600 – 700	600 – 700	600 – 700
	• Media ganda	300 – 600	300 – 600	300 – 600
	• ES (mm)	0,3 - 0,7	0,3 - 0,7	-
	• UC	1,2 – 1,4	1,2 – 1,4	1,2 – 1,4
	• Berat jenis (kg/dm ³)	2,6 – 2,65	2,6 – 2,65	2,6 – 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
	• Berat jenis (kg/dm ³)	1,35	1,35	1,35
6.	• Porositas	0,5	0,5	0,5
	Filter botom/dasar saringan			
	1) Lapisan penyangga dari atas ke bawah			
	• Kedalaman (mm)	80 – 100	80 – 100	-
	Ukuran butir (mm)	2 – 5	2 – 5	-
	• Kedalaman (mm)	80 – 100	80 – 100	-
	Ukuran butir (mm)	25 – 10	25 – 10	-
• Kedalaman (mm)	80 – 100	80 – 100	-	
Ukuran butir (mm)	10 – 15	10 – 15	-	

(Sumber : SNI 6774 : 2008)

➤ Sistem *Underdrain*

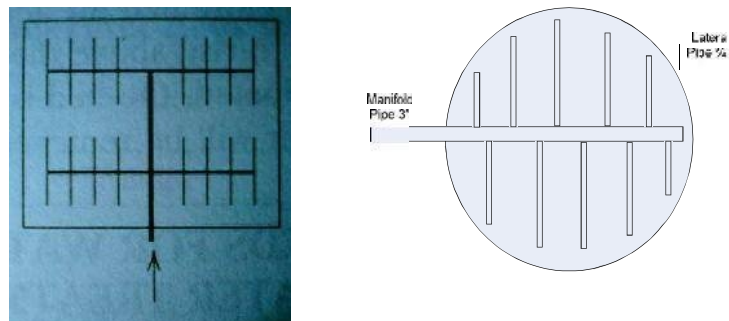
Sistem *underdrain* adalah sistem pengaliran air di bawah media filter setelah air melewati proses penyaringan. Persyaratan sistem *underdrain* adalah :

1. Dapat mendukung media di atasnya.

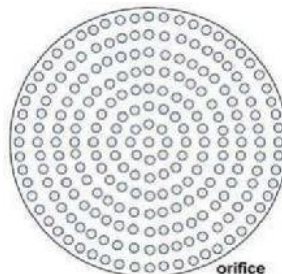
2. Distribusi merata pada saat pencucian.

Kriteria untuk sistem *underdrain* adalah sebagai berikut :

1. Dasar filter dapat terdiri dari sistem perpipaan yang tersusun dari *lateral* dan *manifold*, dimana air diterima melalui lubang *orifice* yang diletakkan pada pipa *lateral*.
2. Kecepatan pencucian ± 36 m/jam (600 l/m².menit), dengan tinggi ekspansi sebesar 15 cm sehingga *headloss* = 25 cm.
3. *Manifold* dan *lateral* ditujukan agar distribusi merata, *headloss* $1 - 3$ m dengan kriteria sistem *manifold - lateral*:
 - a. Perbandingan luas *orifice*/filter = $0,0015 - 0,005$
 - b. Perbandingan luas *lateral*/ *orifice* = $2 - 4$
 - c. Perbandingan luas *manifold*/lateral = $1,5 - 3$
 - d. Diameter *orifice* = $0,6 - 2$ cm.
 - e. Jarak antara *orifice* = $7,5 - 30$ cm
 - f. Jarak antara *lateral* = *orifice*.



Gambar 2. 24 Sistem underdrain dengan model manifold pipe



Gambar 2. 25 Sistem underdrain dengan model perforated plate



Gambar 2. 26 Sistem underdrain dengan model nozzle dan strainer

Salah satu persyaratan kualitas air minum adalah persyaratan mikrobiologis, yaitu air harus bebas dari mikroorganisme patogen. Disinfeksi merupakan proses membebaskan air minum dari mikroorganisme patogen. Metode disinfeksi secara umum ada dua, yaitu cara fisik dan cara kimiawi. Disinfeksi secara fisik adalah perlakuan fisik terhadap mikroorganisme, yaitu panas dan cahaya yang mengakibatkan matinya mikroorganisme. Sedangkan metode disinfeksi 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, gasklor 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, brominklorida, gas klor, gas iod, ozon dan Kalium Permanganat.

Kemampuan disinfeksi dalam pengolahan air minum adalah :

1. Menghilangkan bau
2. Mematikan alga
3. Mengoksidasi nitrit menjadi nitrat
4. Mengoksidasi ammonia menjadi senyama amin

Macam–macam faktor yang mempengaruhi efisiensi disinfeksi adalah :

1. Waktu kontak
2. Konsentrasi disinfeksi
3. Jumlah mikroorganisme
4. Temperature air

5. pH

6. Adanya senyawa lain dalam air

Berikut adalah berbagai macam desinfeksi dengan metode yang berbeda-beda beserta penjelasannya.

1. Desinfeksi dengan Ozon

Ozon adalah zat pengoksidasi kuat sehingga dapat melakukan perusakan bakteri antara 600 – 3000 lebih kuat dari klorin. Penggunaannya tidak dipengaruhi oleh pH air, sedangkan klorin sangat bergantung pada pH air. Mekanisme produksi ozon adalah eksitasi dan percepatan electron yang tidak beraturan dalam medan listrik tinggi. O₂ berarus bolak-balik melewati media arus listrik yang tinggi akan menghasilkan lompatan electron yang bergerak pada elektroda satu dan yang lain. Jika elektroda mencapai kecepatan cukup, maka akan menyebabkan molekul oksigen splitting ke bentuk atom oksigen radikal bebas. Atom-atom ini akan bergabung membentuk O₃ (ozon).

Tabel 2. 15 Keuntungan dan Kerugian Ozon sebagai Desinfektan

Keuntungan	Kerugian
Masalah rasa, bau dan warna dapat dikurangi	Sisa ozon tidak bertahan lama
Bahan Organik pengotor dapat dioksidasi dengan cepat	Diperlukan input energi listrik yang tinggi dan biaya investasi serta operasi yang besar (Sekitar 10 – 15 kali lebih tinggi daripada klor)
Desinfeksi efektif dapat dicapai pada kisaran pH dan suhu yang luas.	Suhu dan kelembaban yang tinggi dapat mempersulit penghasilan ozon
Efek membunuh bakteri dan spora cepat (300 hingga 3000 kali lebih cepat daripada klor),	Proses kurang fleksibel terhadap variasi debit dan kualitas air

diperlukan waktu kontak yang pendek.	
Tidak timbul bau akibat dari pembentukan kompleks	Teknik analisis yang kurang spesifik atau sensitif untuk pengendalian proses yang efisien
Mereduksi bahan Pengonsumsi klor	Air dengan kandungan bahan organik dan alga yang tinggi memerlukan pengolahan pendahuluan untuk mengurangi bahan pengonsumsi ozon

2. Desinfeksi dengan UV

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

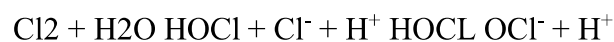
Tabel 2. 16 Keuntungan dan Kerugian UV sebagai Desinfektan

Keuntungan	Kerugian
Tidak ada zat kimia yang dilarutkan dalam air sehingga kualitas air tidak terpengaruh	Spora, kista, dan virus, lebih susah didisinfeksi
Konstituen di air, seperti ammonia tidak menimbulkan efek pada kapasitas desinfeksi	Membutuhkan banyak UV karena diserap oleh zat lain.
Tidak menimbulkan rasa dan bau (tetapi UV tidak menghilangkan rasa, bau dan warna)	Tidak ada residu, sehingga diperlukan desinfektan sekunder.

Waktu pemaparan yang singkat	Peralatan mahal dan energi listrik yang dibutuhkan besar
Overdosis tidak menyebabkan efek mengganggu.	Perawatan alat yang mahal diperlukan untuk memastikan energi yang stabil dan densitas yang relatif seragam.

3. Desinfeksi dengan pembubuhan kimia

Metode ini menggunakan bahan kimia yang dicampurkan dalam air kemudia diberikan waktu yang cukup agar memberi kesempatan kepada zat untuk berkontak dengan bakteri. Desinfeksi air minum yang sering dilakukan yaitu dengan memanfaatkan klorin. Reaksi yang terjadi pada pembubuhan klorin yaitu :



Tabel 2. 17 Keuntungan dan Kerugian Khlor sebagai Desinfektan

Keuntungan	Kerugian
Masalah rasa, bau, dan warna dapat dikurangi	Sisa ozon tidak bertahan lama
Bahan organik pengotor dapat dioksidasi dengan cepat	Diperlukan input energi listrik yang tinggi dan biaya investasi dan operasi yang besar (sekitar 10 sampai 15 kali lebih tinggi daripada klor)
Desinfeksi efektif dapat dicapai pada kisaran pH dan suhu yang luas	Suhu dan kelembaban yang tinggi dapat mempersulit penghasilan ozon
Efek membunuh bakteri dan spora cepat (300 hingga 3000 kali lebih	Proses kurang fleksibel terhadap variasi debit dan kualitas air.

cepat daripada klor), diperlukan waktu kontak yang pendek	
---	--

4. Desinfeksi dengan gas klor

Metode ini bertujuan untuk mengoksidasi logam-logam, membunuh mikroorganisme seperti plankton dan juga membunuh spora dari lumut, jamur, dan alga. Konsentrasi yang diberikan adalah 2-3 gr/m³ air, tergantung pada turbiditas air (Akhir & Aji, 2015). Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih besar dari aerasi, dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik pada 8-8,3 oksidasi besi membutuhkan waktu 15-30 menit. Pada umumnya proses standar penurunan Fe dan Mn menggunakan koagulasi dengan alum, flokulasi, pengendapan, dan filtrasi dengan didahului proses preklorinasi. Dosis sisa klor yang dianjurkan 0,2-0,5 mg/l (Fatimah, et al., 2007). Perlu dilakukan percobaan Daya Pengikat Chlor (DPC) untuk mengetahui dosis senyawa chlor (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., 1978).

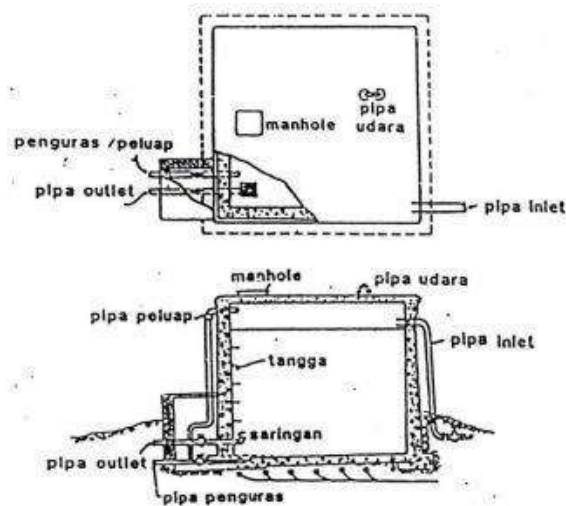
2.2.8 Reservoir

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

reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi 2 yaitu :

1. Reservoir Permukaan (*Ground Reservoir*)

Reservoir permukaan adalah reservoir yang sebagian besar atau seluruh reservoir tersebut terletak di bawah permukaan tanah.



Gambar 2. 27 Ground Reservoir

2. Reservoir Menara (*Elevated Reservoir*)

Reservoir menara adalah reservoir yang seluruh bagian penampungan dari reservoir tersebut terletak lebih tinggi dari permukaan tanah sekitarnya.



Gambar 2. 28 Elevated Reservoir

Sumber: (BPSDMM, 2010)

Sedangkan berdasarkan bahan konstruksinya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi 3 yaitu :

1. Reservoir Tangki Baja

Banyak reservoir menara dan “*standpipe*” atau reservoir tanah yang dikonstruksi dari bahan baja yang dibaut atau dilas. Karena baja beresiko terhadap karat dan mudah menyerap panas, maka perlu dicat dan dilindungi dengan “*Cathodic Protection*”. Biasanya tangki baja jauh lebih murah dari tangki beton.



Gambar 2. 29 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. 30 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 dimilikinyaitu rentan terhadap benturan dan dinding tanki mudah retak, tidak tahan terhadap UV dan oksidasi bila terjemur sinar matahari.



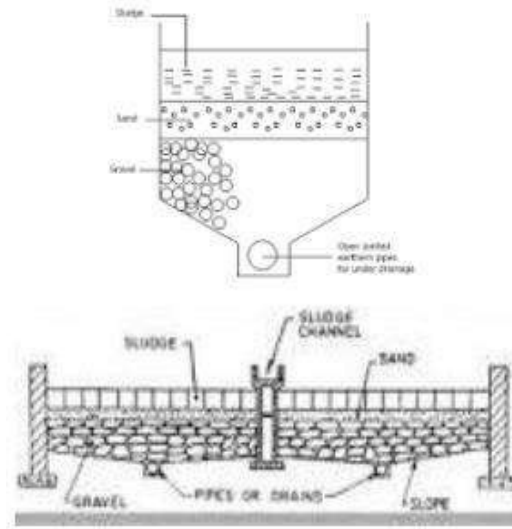
Gambar 2. 31 Reservoir FIBerglass

Sumber: (BPSDMM, 2010)

2.2.9 Sludge Drying Bed

Sludge Drying Bed merupakan salah satu teknik pengeringan lumpur konvensional yang banyak digunakan. 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 pengurusan 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. 32 Sludge Drying Bed

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

Padatan pada *sludge drying bed* hanya dapat dikuras dari bangunan *sludge drying bed* setelah sludge mengering. Sludge / lumpur yang telah mengering memiliki ciri yaitu memiliki permukaan yang terlihat retak dan mudah hancur serta berwarna hitam atau coklat gelap. Kadar air yang terkandung dalam sludge / lumpur yang telah mengering berkisar pada 60% pada rentang antara 10-15 hari. Proses pengurasan dapat dikatakan selesai apabila sludge / lumpur telah dikeruk menggunakan 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 reaktor dirancang untuk dibiarkan terbuka, hendaknya reaktor *sludge drying bed* dibangun pada jarak minimal 100 m

dari lokasi hunian penduduk guna mengantisipasi pencemaran udara yang diakibatkan oleh bau. (Metcalf & Eddy, 2003). Data tipikal untuk variasi sludge / lumpur yang dihasilkan akan ditunjukkan berikut ini.

Tabel 2. 18 Kebutuhan Luas Lahan Tipikal untuk Reaktor *Sludge Drying Bed* Terbuka dengan Berbagai Macam Solid

Tipe <i>Biosolid</i>	Luas Lahan*		Sludge Loading Rate	
	ft ² /person	km ² /person	lb lumpur kering/ft ² .tahun	kg lumpur kering/m ² .tahun
<i>Primary Digested</i>	1-1,5	0,1	25-30	120-150
<i>Humus Trickling Filter</i>	1,25-1,75	0,12-0,16	18-25	90-120
<i>Lumpur Activated Sludge</i>	1,75-2,5	0,16-0,23	12-20	60-100
<i>Lumpur Presipitasi Kimia</i>	2-2,5	0,19-0,23	20-33	100-160

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

Sumber: (Metcalf & Eddy, 2003)

2.3 Persen Removal

Unit	Parameter	Persen Removal	Sumber
Intake	-	-	-
Prasedimentasi	Kekeruhan	80%	<i>Reynolds/Richards 2nd, halaman 130</i>
Aerasi	Kekeruhan	20%	<i>Droste, 1997. Theory and Practice of water and wastewater Treatment chapter 9. halaman 224</i>
	Amonia	90%	<i>Ririn Arifah . Amonia Stripping 2016</i>

Koagulasi	-	-	-
Flokulasi	-	-	-
Sedimentasi	TSS	90%	<i>Metcalf & Eddy. 2003. Wastewater Engineering Treat and Reuse (fourth edition). Republic of China. McGraw Hill Companies, Inc. Page 479</i>
Rapid Sand Filter	Kekeruhan	75%	<i>Syed R Qasim, Wastewater Treatment hal 216</i>
	Kesadahan	63%	Ahmad Husaini, Efektivitas Filtrasi dan Adsorpsi dalam Menurunkan Kesadahan Air Sumur di Kecamatan Kota Baru Kota Jambi
Desinfeksi	Coliform	100%	<i>(Droste, 1997, Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment (hal.224))</i>
Reservoar	-	-	-

Data Perencanaan

2.4 Profil Hidrolis

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

- a. 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:
 1. Kehilangan tekanan pada bak.
 2. Kehilangan tekanan pada bak penangkap
 3. Kehilangan tekanan pada pintu air.
 4. Kehilangan tekanan pada weir, sekat dan lain-lain harus di hitung secara khusus.
- b. Kehilangan Tekanan pada Perpipaan dan Aksesoris Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris ada beberapa macam, yaitu:
 1. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris.
 2. Kehilangan tekanan pada perpipaan.
 3. Kehilangan tekanan pada aksesoris.
 4. Kehilangan tekanan pada pompa.