

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Baku

Dalam perencanaan pengolahan air minum ini, air baku yang digunakan yaitu air permukaan (air sungai Brantas, Mojokerto) mempunyai beberapa karakteristik sebagai berikut:

2.1.1 Total Koliform

Sumber air di alam pada umumnya mengandung bakteri. Jumlah dan jenis bakteri berbeda sesuai dengan tempat dan kondisi yang mempengaruhinya. Air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari harus bebas dari bakteri patogen. Bakteri golongan koliform tidak termasuk bakteri patogen (Cut Khairunnisa, 2012). Koliform termasuk golongan mikroorganisme yang sering digunakan sebagai indikator air. Bakteri ini mampu menentukan apakah suatu sumber air telah terkontaminasi oleh patogen atau tidak (Adrianto, 2018).

2.1.2 *Biological Oxygen Demand (BOD)*

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah gambaran kadar bahan organik, yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba aerob untuk mengoksidasi bahan organik menjadi karbon dioksida dan air. Dengan kata lain, BOD menunjukkan jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh proses respirasi mikroba aerob yang terdapat dalam botol besar daripada kadar bahan organik. Sebaliknya, perairan rawa memiliki kadar bahan organik yang lebih besar daripada kadar bahan anorganik terlarut (Effendi, 2003).

2.1.3 *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah bahan organik yang ada pada air yang dapat dioksidasi secara kimia menggunakan dikromat dalam keadaan asam. Nilai COD selalu lebih tinggi daripada BOD meskipun nilai keduanya bisa sama tetapi sangat jarang. Hal tersebut dapat terjadi karena banyak zat organik yang sulit teroksidasi secara biologis, contohnya lignin yang hanya dapat teroksidasi secara kimia, zat anorganik yang dioksidasi dikromat meningkatkan kandungan organik pada air. Zat organik tertentu dapat meracuni mikroorganisme yang dibutuhkan untuk pengujian BOD. Nilai COD yang tinggi

dapat terjadi karena adanya zat anorganik yang bereaksi dengan dikromat (Metcalf & Eddy, 2003).

2.1.4 Dissolved Oxygen (DO)

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

2.1.5 Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid atau total padatan tersuspensi adalah 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 (Samantha & Almalik, 2019).

2.1.6 Kekeruhan

Kekeruhan merupakan standar yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur kondisi suatu air baku dalam satuan skala NTU (*nephelometrix turbidy unit*). Kekeruhan diakibatkan oleh adanya benda yang tercampur didalam air. Kekeruhan juga dapat disebabkan karena adanya kandungan TSS baik yang bersifat organik maupun anorganik (Permenkes RI, 2010). Kekeruhan dalam air tidak boleh melebihi 5 NTU. Penurunan dalam kekeruhan ini diperlukan karena selain ditinjau dari segi estetika yang kurang baik juga sebagai proses untuk desinfeksi air keruh sangat susah. Hal ini disebabkan penyerapan beberapa koloid dapat melindungi organisme dari desinfektan yang diberikan (Tri Joko, 2010).

2.1.7 Besi (Fe)

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

2.1.8 Mangan (Mn)

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

2.1.9 pH (Derajat Keasaman)

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

2.1.10 Amonia

Amonia merupakan hasil dari penguraian zat organik oleh bakteri pengurai. Amonia di perairan dapat dijumpai dalam bentuk amonia total yang terdiri dari amonia bebas (NH_3) dan ion amonium (NH_4^+). Pada suhu dan tekanan normal amonia berada dalam bentuk gas dan membentuk kesetimbangan dengan ion amonium. Selain terdapat dalam bentuk gas, ammonia membentuk kompleks dengan beberapa ion logam. Amonia juga dapat terserap kedalam bahan-bahan

tersuspensi dan koloid sehingga mengendap di dasar perairan. Keseimbangan antara kedua bentuk amonia di atas bergantung pada kondisi pH dan suhu perairan (Midlen & Redding, 2000).

2.2 Bangunan Pengolahan Air Minum

2.2.1 Bangunan Penyadap (*Intake*)

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, *intake* adalah bangunan penangkap air atau tempat air masuk sungai, danau, atau sumber air lainnya. Kapasitas bangunan *intake* yang digunakan harus disesuaikan dengan kebutuhan air harian maksimum.

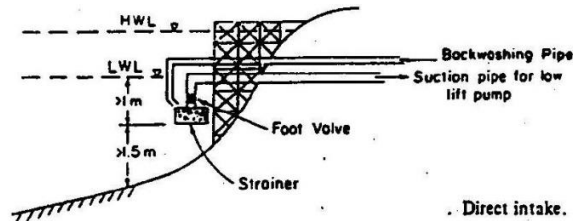
Persyaratan lokasi penempatan bangunan pengambilan (*intake*):

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

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

1) Bangunan Penyadap Langsung (*Direct Intake*)

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



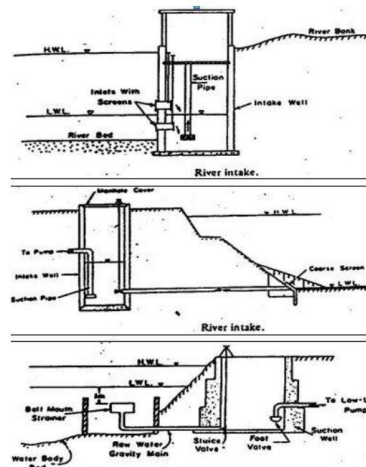
Gambar 2.1 *Direct Intake*

Sumber: Kawamura, 2000

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

a. *River Intake*

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

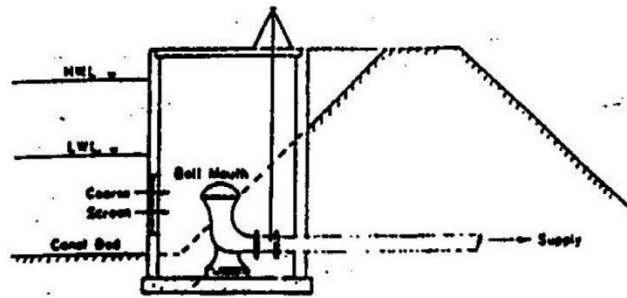


Gambar 2.2 *River Intake*

Sumber: Kawamura, 2000

b. *Canal Intake*

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

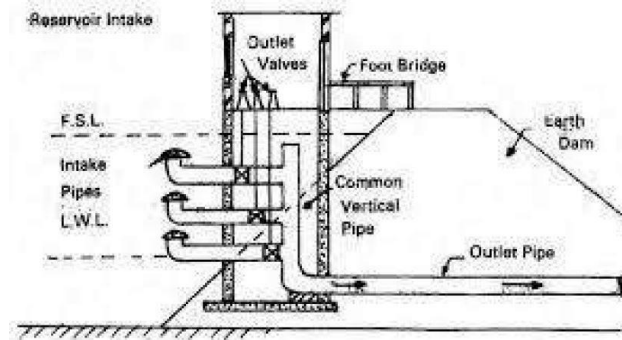


Gambar 2.3 Canal Intake

Sumber: Kawamura, 2000

c. Reservoir Intake

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



Gambar 2.4 Reservoir Intake

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

1. Mencari debit tiap intake

$$Q = \frac{Q \text{ kapasitas produksi}}{\Sigma \text{ pipa}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan: Q = debit (m³/s)

Σ pipa = jumlah pipa intake

2. Mencari luas penampang pipa intake

$$A = \frac{Q \text{ pipa intake}}{v} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan: A = luas penampang (m²)

Q = debit (m³/s)

v = kecepatan (m/s)

3. Mencari diameter pipa *intake*

$$D = \left[\frac{4 \times A}{\pi} \right]^{0,5} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan: D = diameter pipa (m)

A = luas penampang (m²)

4. Rumus umum kecepatan (v)

$$v = Q / A \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan: v = kecepatan (m/s)

Q = debit (m³/s)

A = luas penampang (m²)

5. Head losses mayor sepanjang pipa

$$H_f = \left[\frac{10,67 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \right] \times L \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan: H_f = headloss mayor (m)

Q = debit (m³/s)

L = panjang pipa (m)

C = koefisien kekasaran pipa

D = diameter pipa (m)

Tabel 2.1 Koefisien Kekasaran Pipa Haen-Williams

| Jenis Pipa | Nilai Kekasaran Pipa (C) |
|--------------------------------------------|--------------------------|
| <i>Extremely smooth and straight pipes</i> | 140 |
| <i>New Steel or Cast Iron</i> | 130 |
| <i>Wood, Concrete</i> | 120 |
| <i>New Riveted Steel; vitrified</i> | 110 |
| <i>Old Cast Iron</i> | 100 |
| <i>Very Old and Corroded Cast Iron</i> | 80 |

Sumber: Evett & Liu, 1987

6. Head losses minor (H_m)

$$H_m = \frac{K \times v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan: H_m = minor losses (m)

k = koefisien kehilangan energi

v = kecepatan (m/s)

g = percepatan gravitasi (m^2/s)

Tabel 2.2 Nilai k untuk Kehilangan Energi

| <i>Valve, Fittings, and Specials</i> | <i>k value</i> |
|---------------------------------------------|----------------|
| <i>Entrance, suction bell (32 in) 81 cm</i> | 0,004 |
| <i>90⁰ elbow (24 in) 61 cm</i> | 0,3 |
| <i>Gate valve (24 in) 61 cm</i> | 0,19 |
| <i>Reducer (14 in) 35,5 cm</i> | 0,25 |
| <i>Check vale (20 in) 51 cm</i> | 2,5 |
| <i>90⁰ elbow (20 in) 51 cm</i> | 0,3 |
| <i>Gate valve (20 in) 51 cm</i> | 0,19 |
| <i>Tee (20 in x 20 in) 50 cm x 50 cm</i> | 1,8 |

Sumber: Qasim, 2000

7. Mencari slope pipa

$$S = \frac{H_f}{L} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan: S = slope pipa (m/m)

H_f = head losses (m)

L = panjang pipa (m)

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

$$D = n \times d \times (n+1) \times r \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan: n = jumlah kisi

d = lebar batang kisi (m)

r = jarak antar kisi (m)

D = lebar screen (m)

9. Mencari velocity head (h_v)

$$h_v = \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan: h_v = velocity head (m)

v = kecepatan (m/s)

g = percepatan gravitasi (m^2/s)

10. Headloss melalui *screen* ($H_{f_{screen}}$)

$$H_{f_{screen}} = \beta \times \left(\frac{w}{b}\right)^{4/3} \times H_v \times \sin \alpha \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan: β = koefisien minor losses (m)

w = lebar bar (cm)

b = jarak antar bar (cm)

Tabel 2.3 Faktor Minor Losses Bar

| Bentuk Bar | Nilai Minor losses (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 |

Sumber: Qasim, 2000

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, $v_{horizontal}$ (v_h), bilangan Reynold partikel, serta karakteristik aliran (Reynolds & Richards, 1996).

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

1. Zona inlet

Tempat menghaluskan aliran transisi, dari aliran influen ke aliran steady uniform di zona settling (aliran laminer)

2. Zona pengendapan

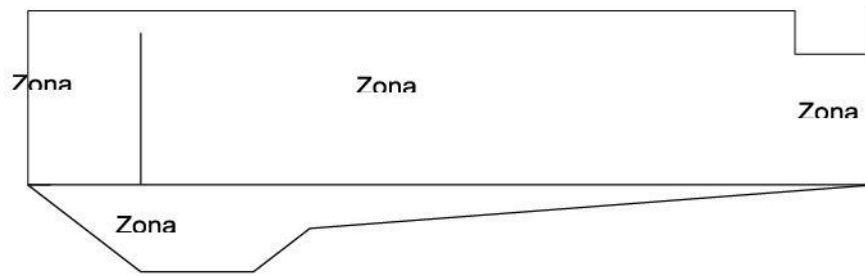
Tempat terjadinya proses pengendapan atau pemisahan partikel diskrit pada air

3. Zona lumpur

Tempat menampung material yang mengendap bersama lumpur

4. Zona outlet

Tempat menghaluskan aliran transisi, dari zona settling ke aliran efluen, serta mengatur debit efluen



Gambar 2.5 Tampak Samping Unit Prasedimentasi

Menurut Metcalf & Eddy (2003), ada kriteria yang perlu diperhatikan untuk mendesain unit prasedimentasi, antara lain: detention time, overflow rate, average flow, peak hourly flow, dan weir loading.

Tabel 2.4 Desain Tipikal Prasedimentasi

| Item | U.S. customary units | | | SI units | | |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|---------|-----------------------------------|---------|---------|
| | unit | range | typical | unit | range | typical |
| <i>Primary sedimentation tank followed by secondary treatment</i> | | | | | | |
| <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 | 10000-40000 | 20000 | m ³ /m ² .d | 125-500 | 250 |
| <i>Primary settling with waste activated-sludge return</i> | | | | | | |
| <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 | 10000-40000 | 20000 | m ³ /m ² .d | 125-500 | 250 |

Sumber: Metcalf & Eddy, 2003 (halaman 398)

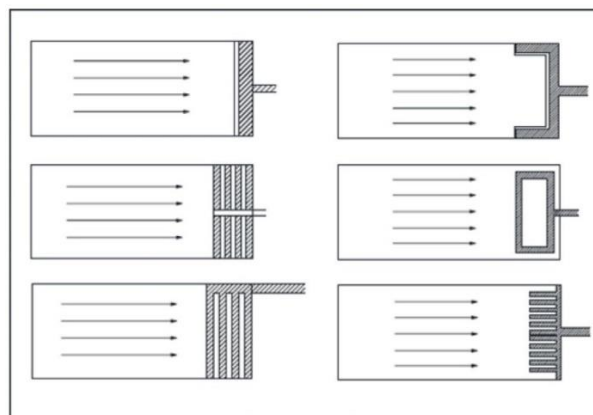
Desain outlet biasanya terdiri dari pelimpah yang dirancang untuk mengurangi terjadinya aliran pendek. *Weir loading rate* adalah beban pelimpah (dalam hal ini debit air) yang harus ditanggung per satuan waktu dan panjangnya. Berikut ini adalah beberapa kriteria desain untuk *weir loading rate* dari berbagai sumber.

Tabel 2.5 Ragam *Weir Loading Rate* dari Berbagai Sumber

| <i>Weir Loading Rate</i> (m ³ /hari.m) | Sumber | Keterangan |
|---------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------|
| 186 | Katz & Foulkes, 1962 | |
| 249,6 | Katz & Foulkes, 1962 | Pada daerah yang terpengaruh <i>density current</i> |
| 264 | Kawamura, 2000 | |

| | | |
|-------------|---------------|--|
| 125-250 | Droste, 1997 | |
| 172,8-259,2 | Huisman, 1977 | |

Berdasarkan kriteria desain dari berbagai sumber tentang *weir loading rate* di atas, dapat dilihat bahwa jika pada bak terjadi *density current*, *weir loading rate* diharapkan tidak terlalu besar karena dapat menyebabkan terjadinya penggerusan pada partikel yang mengendap di sekitar outlet, sehingga diharapkan *weir loading rate* dapat sekecil mungkin. Pada dasarnya satu pelimpah sudah cukup, namun jika hanya ada satu pelimpah, maka *weir loading rate* akan menjadi besar. Hal tersebut dapat mengganggu proses pengendapan, sebab terjadi aliran ke atas menuju pelimpah dengan kecepatan tinggi yang menyebabkan partikel yang bergerak ke bawah untuk mengendap terganggu. Terdapat beberapa alternatif untuk mendesain pelimpah agar luas yang dibutuhkan untuk zona outlet tidak terlalu besar dan beban pelimpah juga tidak terlalu besar, antara lain dapat dilihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Ragam Susunan Pelimpah pada Outlet

Sumber: Qasim et all, 2000

2.2.3 Netralisasi

Proses netralisasi bertujuan untuk menetralkan pH atau keasaman air baku sampai menjadi netral. Hal tersebut dimaksudkan agar proses pengolahan dapat berjalan dengan baik. Bahan kimia yang umum dipakai yaitu asam sulfat atau asam klorida untuk menetralkan air baku yang bersifat alkali. Sedangkan untuk air baku yang bersifat asam umumnya digunakan soda *ash* atau soda abu dan kapur tohor (Said, 2017).

Proses penetralan umumnya dilakukan dengan pengadukan di dalam bak pencampur dengan waktu detensi berkisar antara 5 sampai 30 menit, dan biasanya dilengkapi dengan kontrolir pH. Penetralan dengan memakai kapur dapat menimbulkan endapan garam kalsium (Said, 2017).

Dalam proses netralisasi, terdapat dua (2) sistem yang digunakan dalam menjalankan prosesnya. Sistem-sistem tersebut diantaranya sebagai berikut (W. Wesley Eckenfelder, 2000):

- Sistem *batch* biasa digunakan pada air limbah yang memiliki debit lebih kecil dari 380 m³/hari
- Sedangkan sistem *continue* membutuhkan pengaturan tingkat keasaman (pH). Apabila udara diperlukan untuk proses pengadukan, maka aliran udara minimum yang dibutuhkan berkisar antara 1-3 ft³/mm.ft² atau 0,3 - 0,9 m³/mm.m² dengan kedalaman 9 ft (2,7 m). Apabila sistem pengadukan dilakukan secara mekanis, maka daya yang dibutuhkan berkisar antara 0,2 - 0,4 hp/ribu.gal (0,04 - 0,08 kW/m³)

Banyak bahan asam kuat yang efektif digunakan untuk menetralkan air yang bersifat basa, biasanya yang digunakan adalah *sulfaric* atau *hydrochloric acid*. Asap gas yang terdiri dari 14% CO₂ dapat digunakan untuk netralisasi dengan melewati gelembung-gelembung gas melalui air. CO₂ ini terbentuk dari *carbonic acid* yang dapat bereaksi dengan basa. Reaksi ini lambat tapi cukup untuk mendapatkan pH antara 7 hingga 8. Cara lain yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan *spray tower*.

Adapun agen netralisan yang biasa digunakan untuk proses netralisasi air secara umum beserta klasifikasinya adalah sebagai berikut (W. Wesley Eckenfelder, 2000):

- Senyawa basa:
 - Lime dalam bentuk apapun (senyawa basa kuat)
 - Natrium Hidroksida (NaOH) (senyawa basa kuat)
 - Magnesium Hidroksida (Mg(OH)₂) (senyawa basa sedang)
 - Natrium Karbonat (Na₂CO₃) (senyawa basa lemah)
 - Natrium Bikarbonat (NaHCO₃) (senyawa basa lemah)
- Senyawa asam:

- Asam Sulfat (H₂SO₄) (senyawa asam kuat)
- Karbon Dioksida (CO₂) (senyawa asam lemah)

2.2.4 Aerasi

Aerasi adalah suatu proses penambahan udara/oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat, dengan cara menyemprotkan air ke udara (air ke dalam udara) atau dengan memberikan gelembung-gelembung halus udara dan membiarkannya naik melalui air (udara ke dalam air). Perpindahan gas dari atmosfer ke air (penambahan oksigen terlarut) akan meningkatkan oksidasi besi, mangan, dan logam lain ke tingkat oksidasi yang lebih tinggi dan lebih tidak larut. Endapan ini akan menjadi dibuang di bak sedimentasi dan unit filtrasi (Droste, 1997).

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. Tujuan aerasi adalah sebagai berikut:

1. Penambahan jumlah oksigen
2. Penurunan jumlah karbon dioksida (CO₂)
3. Menghilangkan hydrogen sulfide (H₂S), methan (CH₄) dan berbagai senyawa organik lain yang bersifat *volatile* (menguap)

Tujuan dari proses aerasi adalah meningkatkan konsentrasi oksigen yang berada didalam air yang berguna dalam pengolahan air. Terjadi kontak antara air dan oksigen dikarenakan adanya penambahan udara dalam air pada proses aerasi sehingga dapat membentuk endapan Fe(OH)₃, hal tersebut juga berlaku pada logam lain. Selain itu aerasi juga meningkatkan produksi oksigen ditandai dengan penurunan parameter organik dan chemical oxygen demand (COD). Berikut reaksi kimia yang terjadi pada besi saat aerasi berlangsung (Izzati Istihara, 2019):

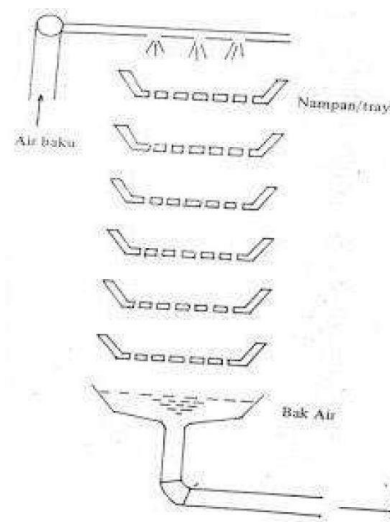


Pada jurnal Eko dkk, 2018, pengujian COD pada air wudhu setelah diaerasi menunjukkan penurunan kadar COD. Penurunan kadar COD terjadi karena terjadinya penambahan asupan oksigen ke dalam sampel limbah sehingga terjadi proses oksidasi oleh mikroorganisme yang menyebabkan penurunan senyawa organik pada sampel limbah. Sementara itu, sama seperti halnya pada pengujian BOD terjadi penurunan yang cukup besar. Hal ini disebabkan terjadinya asupan oksigen ke air limbah mengakibatkan meningkatnya laju penguraian yang diakibatkan oleh bertumbuhnya populasi organisme yang baik.

Jenis-jenis metode aerasi yakni sebagai berikut:

a. *Waterfall Aerator* (Aerasi Air Terjun)

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



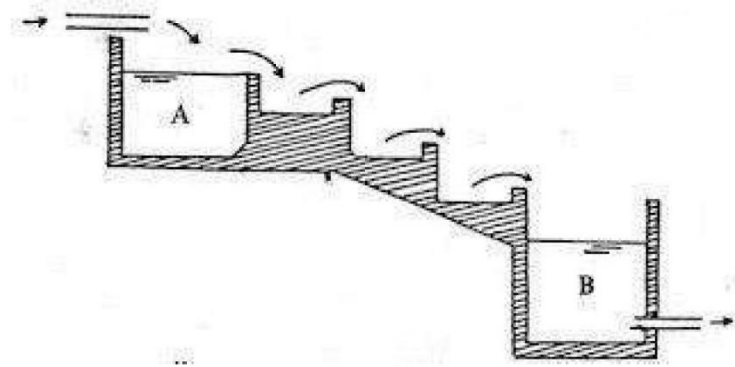
Gambar 2.7 *Multiple Tray Aerator*

Jenis aerator terdiri atas 4-8 tray dengan dasarnya penuh lubang-lubang pada jarak 30-50 cm. Melalui pipa berlubang air dibagi rata melalui atas tray, dari sini percikan-percikan kecil turun ke bawah 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 absetos cement berlubang-lubang,

pipa plastik yang berdiameter kecil atau lempengan yang terbuat dari kayu secara paralel.

b. *Cascade Aerator*

Pada dasarnya aerator ini terdiri atas 4-6 step/tangga, setiap step kira-kira ketinggiannya 30 cm dengan kapasitas kira-kira ketebalan $0,01 \text{ m}^3/\text{det}$ per m^2 . Untuk menghilangkan gerak putaran (*turbulence*) guna menaikkan efisiensi aerasi, hambatan sering di tepi peralatan pada setiap step. Dibanding dengan *tray aerators*, ruang yang diperlukan bagi *cascade aerators* lebih besar tetapi total kehilangan tekanan lebih rendah. Keuntungan lain adalah tidak diperlukan pemeliharaan.

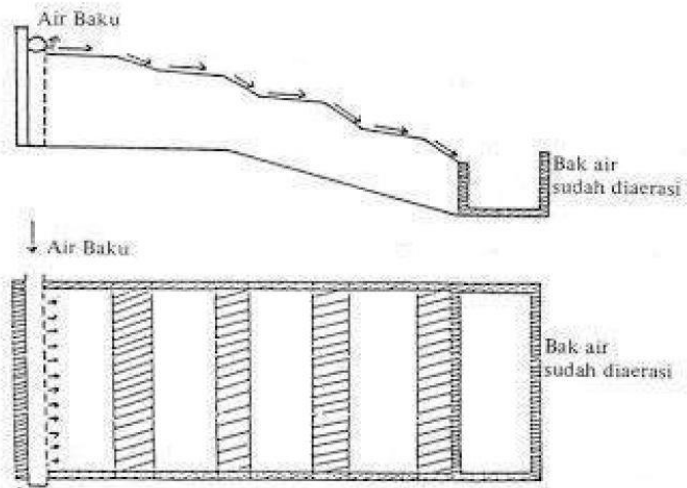


Gambar 2.8 *Cascade Aerator*

Keterangan: A = air baku D = lubang pembersih
 B = air sudah diaerasi E = *outlet*
 C = *inlet*

c. *Submerged Cascade Aerator*

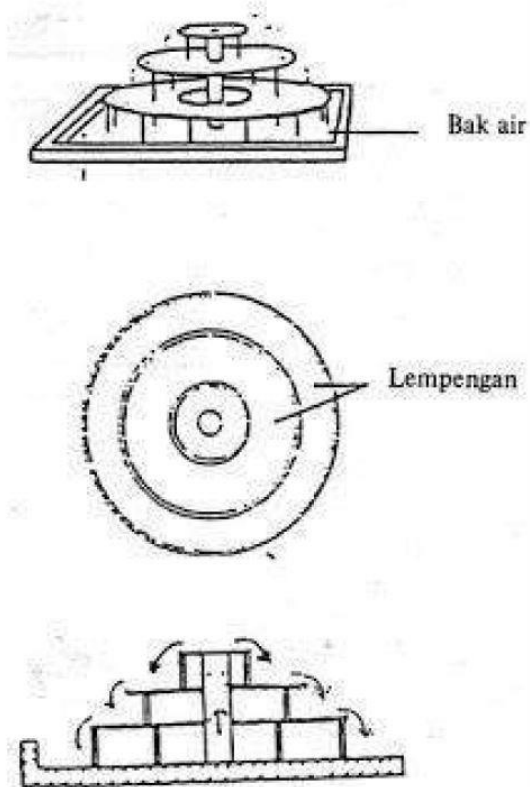
Aerasi tangga aerator seperti pada gambar di bawah ini penangkapan udaranya terjadi pada saat air terjun dari lempengan-lempengan trap yang membawanya. Oksigen kemudian dipindahkan dari gelembung-gelembung udara kedalam air. Total ketinggian jatuh kira-kira 1,5 m dibagi dalam 3-5 step. Kapasitas bervariasi antara $0,005$ dan $0,5 \text{ m}^3/\text{det}$ per m^2 .



Gambar 2.9 Aerasi Tangga Aerator

d. *Multiple Platform Aerator*

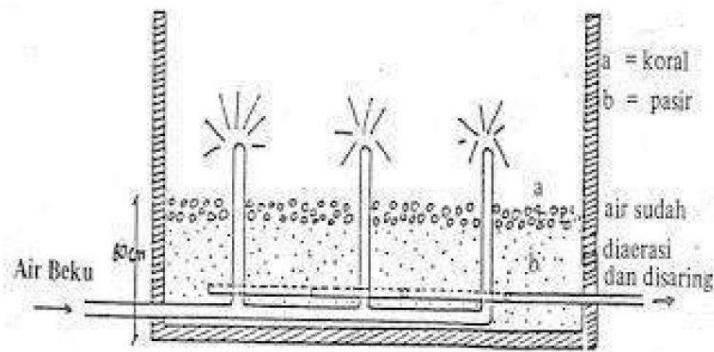
Memakai prinsip yang sama, lempengan-lempengan untuk menjatuhkan air guna mendapatkan kontak secara penuh udara terhadap air.



Gambar 2.10 *Multiple Platform Aerator*

e. *Spray Aerator*

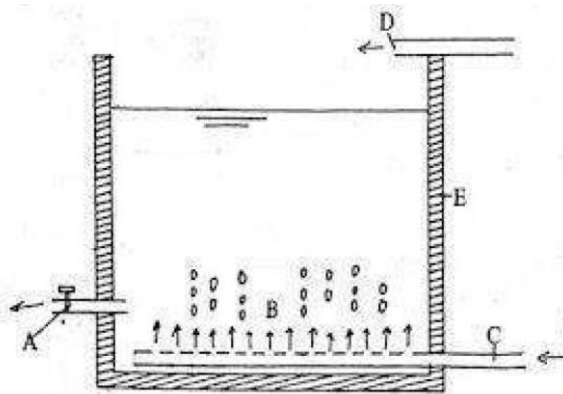
Terdiri atas nosel penyemprot yang tidak bergerak (*stationary nozzles*) dihubungkan dengan kisi lempengan yang mana air disemprotkan ke udara sekeliling pada kecepatan 5-7 m/detik. *Spray aerator* sederhana diperlihatkan pada gambar, dengan pengeluaran air kearah bawah melalui batang-batang pendek dari pipa yang panjangnya 25 cm dan diameter 15-20 mm. Piringan melingkar ditempatkan beberapa centimeter di bawah setiap 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 2.11 *Spray Aerator*

f. *Bubble Aerator* (Aerasi Gelembung Udara)

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



Gambar 2.12 *Bubble Aerator*

Keterangan: A = outlet

D = inlet air baku

B = gelembung udara

E = bak air

C = pipa berlubang untuk udara

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 ponds*). Pemerataan distribusi air diatas *tray* sangat penting untuk memperoleh efisiensi perpindahan gas secara maksimum. Media kasar seperti arang, batu atau bola keramik yang ukurannya berkisar antara 2-6 inch (5-15 cm) sangat penting untuk digunakan, karena dapat meningkatkan 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 akan berkurang, 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 2.6 Desain dan Karakteristik Operasional Aerasi

| <i>Aerator</i> | Penyisihan | Spesifikasi |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Aerator Gravitasi: Cascade</i> | 20-45% CO ₂ | Tinggi 1-3 m Luas: 85-105 m ² /m ² .det kecepatan aliran: 0,3 m/det |
| <i>Packing Tower</i> | >95% VOC >90% CO ₂ | Diameter kolom maksimum: 3 m Beban hidrolis: 2000 m ³ /m ² .hari |
| <i>Tray</i> | >90% CO ₂ | Kecepatan: 0,8-1,5 m ³ /m ² .menit Kebutuhan udara: 7,5 m ³ /m ³ air Jarak rak (<i>tray</i>): 30-75 cm Luas: 50-160 m ² /m ³ .det |
| <i>Spray Aerator</i> | 70-90% CO ₂ 25-40 H ₂ S | Tinggi: 1,2-9 m Diameter <i>nozzle</i> : 2,5-4 cm Jarak <i>nozzle</i> : 0,6-3,6 m Debit <i>nozzle</i> : 5-10L/det |

| | | |
|--------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Aerator</i> Berdifusi | 80% VOCs | Luas bak: 105-320 m ² /m ³ .det Tekanan semprotan: 70 kPa Waktu detensi: 10-30 menit Udara: 0,7-1,1 m ³ /m ² air Kedalaman: 2,7-4,5 Lebar: 3-9 m Lebar/kedalaman <2 Volume maksimum: 150 m ³ Diameter lubang <i>diffuser</i> : 2-5 mm |
| <i>Aerator</i> Mekanik | 70-90% CO ₂ 25-40 H ₂ S | Waktu detensi: 10-30 menit Kedalaman tangki: 2-4 m |

Sumber: Qasim, 2000

2.2.5 Koagulasi-Flokulasi

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

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

Pada tabel 2.7 berikut, data koagulan yang umum digunakan pada proses pengolahan air.

Tabel 2.7 Jenis Koagulan Dalam Pengolahan Air

| Nama | Formula | Bentuk | Reaksi Dengan Air | pH Optimum |
|------------------------------|--------------------------------------------|--------------------|-------------------|------------|
| Aluminium Sulfat | $Al_2(SO_4)_3 \cdot xH_2O$ x = 14,16,18 | Bongkah, bubuk | Asam | 6,0-7,8 |
| Sodium Aluminat | $Na_2Al_2O_4$ | Bubuk | Basa | 6,0-7,8 |
| Poly Aluminium Chloride, PAC | $Al_n(OH)_mCl_{3n-m}$ | Cairan, bubuk | Asam | 6,0-7,8 |
| Ferri Sulfat | $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$ | Kristal halus | Asam | 4-9 |
| Ferri Klorida | $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ | Bongkah, cairan | Asam | 4-9 |
| Ferro Sulfat | $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ | Kristal halus | Asam | >8,5 |

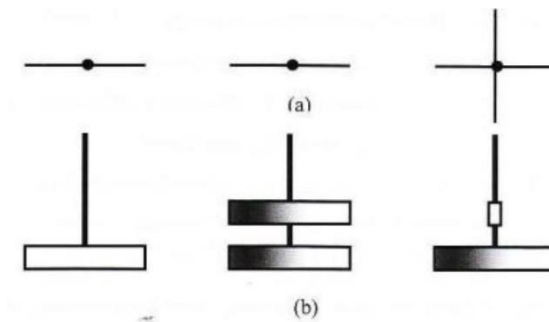
Sumber: Sugiarto, 2006

Penambahan dosis koagulan yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan kekeruhan yang lebih rendah. Dosis koagulan yang dibutuhkan untuk pengolahan air tidak dapat diperkirakan berdasarkan kekeruhan, tetapi harus ditentukan melalui percobaan pengolahan. Tidak setiap kekeruhan yang tinggi membutuhkan dosis koagulan yang tinggi. Jika kekeruhan dalam air lebih dominan disebabkan oleh lumpur halus atau lumpur kasar maka kebutuhan akan koagulan hanya sedikit, sedangkan kekeruhan air yang dominan disebabkan oleh koloid akan membutuhkan koagulan yang banyak. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi koagulan yaitu:

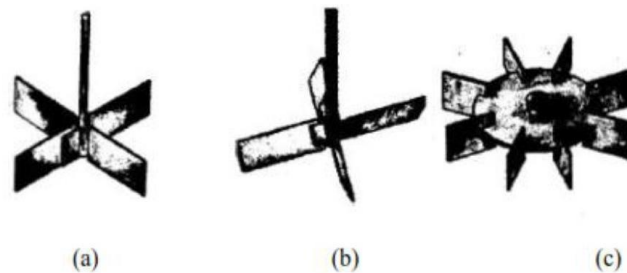
1. Pengaruh pH. Koagulan memiliki *range* pH optimum. Luasnya *range* pH koagulan ini dipengaruhi oleh jenis-jenis konsentrasi koagulan yang dipakai. Hal ini penting untuk menghindari adanya kelarutan koagulan. Proses koagulan pH yang terbaik adalah 7 (netral)
2. Pengaruh Temperatur. Temperatur rendah akan terjadi reaksi yang lebih lambat dan viskositas air menjadi lebih besar sehingga flok lebih sukar mengendap
3. Dosis Koagulan
4. Air dengan kekeruhan yang tinggi memerlukan dosis koagulan yang lebih banyak. Apabila tidak sesuai, maka kemungkinan tumbukan antara partikel akan berkurang dan netralisasi muatan tidak sempurna, sehingga mikroflok yang terbentuk hanya sedikit, akibatnya kekeruhan akan naik. Dosis koagulan yang berlebihan juga akan menimbulkan efek samping pada partikel sehingga kekeruhan akan meningkat
5. Pengadukan (*mixing*). Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Pada proses koagulasi ini pengadukan dilakukan dengan cepat. Air yang memiliki kekeruhan rendah memerlukan pengadukan yang lebih banyak dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan tinggi
6. Pengaruh Garam. Garam tersebut dapat mempengaruhi proses penggumpalan. Pengaruh yang diberikan akan berbeda-beda bergantung dengan macam garam (ion) dan konsentrasinya. Semakin besar valensi ion akan semakin besar pengaruhnya terhadap koagulan. Penggumpalan dengan garam Fe dan Al akan

banyak dipengaruhi oleh anion dibandingkan dengan kation. Jadi natrium, kalsium, dan magnesium relatif tidak mempengaruhi (Sutrisno, 1992)

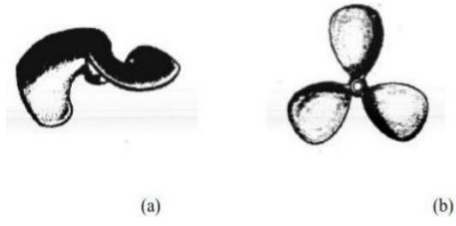
Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatis. Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor bertenaga listrik, poros pengaduk (*shaft*), dan alat pengaduk (*impeller*). Berdasarkan bentuknya terdapat tiga macam alat pengaduk, yaitu *paddle* (pedal), *turbine*, dan *propeller* (baling-baling). Bentuk ketiga impeller dapat dilihat pada gambar 2.13, gambar 2.14, dan gambar 2.15. Kriteria *impeller* dapat dilihat pada tabel 2.8. 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 K_L dan K_T yang dapat dilihat pada tabel 2.10.



Gambar 2.13 Tipe *Paddle*: (a) Tampak Atas; (b) Tampak Samping
 Sumber: Masduqi & Assomadi, 2012 hal.112



Gambar 2.14 Tipe Turbin: (a) *Paddle*; (b) *Propeller*; (c) Turbin
 Sumber: Qasim, 2000



Gambar 2.15 Tipe *Propeller*: (a) 2 blade; (b) 3 blade
Sumber: Qasim, 2000

Tabel 2.8 Kriteria *Impeller*

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

Sumber: Reynolds & Richards, 1996 hal. 185

Tabel 2.9 Nilai Waktu Pengadukan Mekanis dan Gradien Kecepatan

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

Sumber: Reynolds & Richards, 1996 hal. 184

Tabel 2.10 Konstanta KL dan KT untuk Tangki Berserat

| Jenis <i>Impeller</i> | KL | KT |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------|------|
| <i>Propeller, putch of 1, 3 blades</i> | 41 | 0,32 |
| <i>Propeller, putch of 2, 3 blades</i> | 43,5 | 1 |
| <i>Turbine, 4 flat blades, vaned disc</i> | 60 | 5,31 |
| <i>Turbine, 6 flat blades, vaned disc</i> | 65 | 5,75 |
| <i>Turbine, 6 curved blades</i> | 70 | 4,8 |
| <i>Fan turbine, 6 blades at 45⁰</i> | 70 | 1,65 |
| <i>Shrouded turbine, 6 curved blades</i> | 97,5 | 1,08 |
| <i>Shrouded turbine, with stator, no baffles</i> | 172,5 | 1,12 |
| <i>Flat paddles, 2 blades (single paddles), D₁/W₁=4</i> | 43 | 2,25 |
| <i>Flat paddles, 2 blades, D₁/W₁=6</i> | 36,5 | 1,7 |
| <i>Flat paddles, 2 blades, D₁/W₁=8</i> | 33 | 1,15 |
| <i>Flat paddles, 4 blades, D₁/W₁=6</i> | 49 | 2,75 |
| <i>Flat paddles, 6 blades, D₁/W₁=8</i> | 71 | 3,82 |

Sumber: Reynolds & Richards, 1996 hal. 188

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

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

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

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

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

7. Presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)
- Waktu detensi = 15-30 menit
 - $G = 20-75 \text{ detik}^{-1}$
 - $GTd = 10.000-100.000$ (Masqudi & Assomadi, 2012: 110)

Berikut rumus perhitungan unit koagulasi-flokulasi:

1. Kebutuhan Koagulan

$$\text{Koagulan} = \text{Dosis} \times Q \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

Koagulan = Kebutuhan Koagulan (kg/hari)

Dosis = Dosis Koagulan (mg/L)

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

2. Kadar Kebutuhan Koagulan

$$\text{Kadar Koagulan} = C \text{ Koagulan} \times \text{Koagulan} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

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

$C \text{ Koagulan} = \text{Kadar Koagulan (\%)}$

$\text{Koagulan} = \text{Kebutuhan Koagulan (kg/hari m}^3/\text{s)}$

3. Volume Koagulan

$$V \text{ koagulan} = \frac{\text{kadar kebutuhan koagulan}}{\rho \text{ koagulan}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

$V \text{ Koagulan} = \text{Volume Koagulan yang Dibutuhkan (L/hari)}$

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

$\rho \text{ Koagulan} = \text{Densitas Koagulan (kg/L)}$

2.2.6 Sedimentasi

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

- a. Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat

- b. Pengendapan air yang telah melalui proses prasedimentasi sebelum memasuki unit saringan cepat
- c. Pengendapan air yang telah melalui proses penyemprotan desinfektan pada instalasi yang menggunakan pipa dosing oleh alum, soda, NaCl, dan *chlorine*
- d. Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan

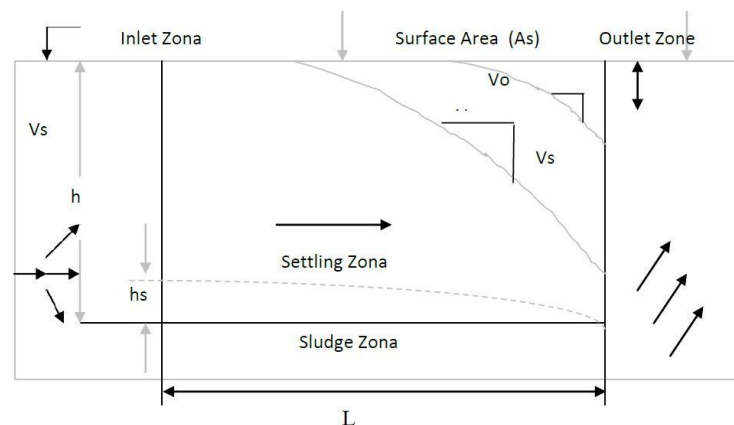
Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah:

- a. Pengendapan Tipe I (*Free Settling*)
- b. Pengendapan Tipe II (*Flocculent Settling*)
- c. Pengendapan Tipe III (*Zone/Hindered Settling*)
- d. Pengendapan Tipe IV (*Compression Settling*)

Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat empat zona:

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

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



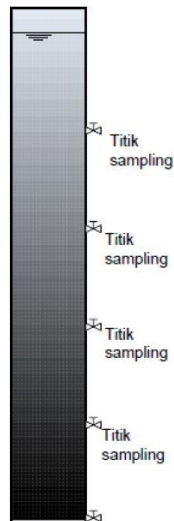
Gambar 2.16 Zona Pada Bak Sedimentasi

Sumber: Al Layla, *Water Supply Engineering Design*

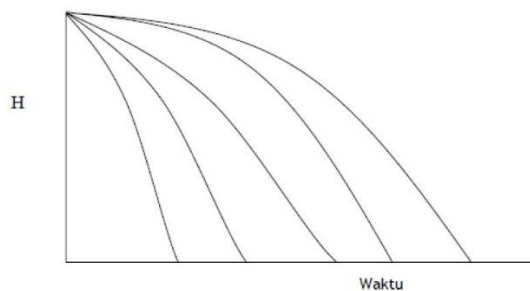
Dimana pada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut:

- 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* = menghasilkan air yang jernih tanpa suspensi yang ikut terbawa. Kecepatan pengendapan partikel tidak bisa ditentukan dengan persamaan *Stoke's* karena ukuran dan kecepatan pengendapan tidak tetap. Besarnya partikel yang mengendap di uji dengan column setting test dengan *multiple withdraw ports*. Dengan menggunakan kolom pengendapan tersebut, sampling dilakukan pada setiap port pada interval waktu tertentu, dan data removal partikel diplot pada grafik

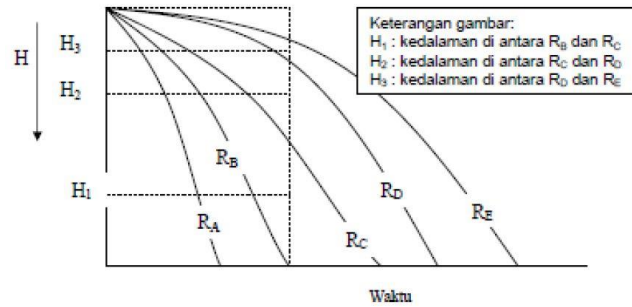


Gambar 2.17 Kolom Test Sedimentasi Tipe II



Gambar 2.18 Grafik *Isoremoval*

Grafik *isoremoval* dapat digunakan untuk mencari besarnya penyisihan total pada waktu tertentu. Titik garis vertikal dari waktu yang ditentukan tersebut. Dapat menentukan kedalaman H_1 , H_2 , H_3 .



Gambar 2.19 Penentuan Kedalaman H dan Seterusnya

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 mendisain bak pengendap (aliran kontinyu) setelah dilakukan penyesuain, yaitu dikalikan dengan faktor *scale up*. Untuk waktu detensi, faktor *scale up* yang digunakan pada umumnya adalah 1,75 dan untuk *overflow rate*, faktor *scale up* yang digunakan pada umumnya adalah 0,65 (Reynold dan Richards, 1996).

Ada dua jenis bak sedimentasi yang biasa digunakan:

a. *Horizontal - flow Sedimentation*

Desain yang baik pada bangunan ini dapat mengurangi lebih dari 95% dari kekeruhan air. Bentuknya yang persegi panjang yang tanpa menggunakan alat

pengambil lumpur mekanik mempunyai beberapa keuntungan misalnya, mempunyai kemampuan untuk menyesuaikan kondisi air seperti perubahan kekeruhan, laju aliran yang meningkat ataupun debit air yang meningkat secara tiba-tiba. Sedangkan pada bentuk yang circular biasanya menggunakan pengambil lumpur mekanik.

Cara kerja bak sedimentasi bentuk rectangular (persegi panjang) yaitu, air yang mengandung flok masuk ke zona inlet kemudian masuk ke zona settling melalui baffle/sekat agar alirannya menjadi 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 relatif kecil

2.2.7 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

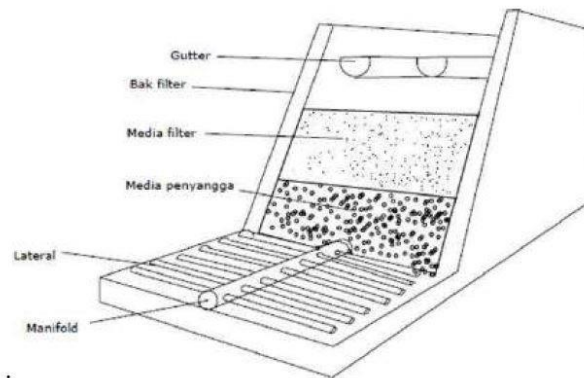
mana air dilewatkan pada pasir dan kombinasi kerikil-kerikil untuk mendapatkan hasil air yang lebih baik.

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 sebagai berikut:

- 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 eletrokinetik
- e. Proses koagulasi di dalam filter
- f. Proses biologis di dalam filter
- g. 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 2.20 dapat dilihat bagian-bagian filter.



Gambar 2.20 Bagian-Bagian Filter

Sumber: Reynolds/Richards, 1996

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. Sedangkan jenis filter berdasar sistem operasi dan media antara lain: single media, dual media, dan multi media. Filter single media adalah filter cepat tradisional yang menggunakan media pasir kwarsa. Penyaringan SS terjadi pada lapisan paling atas sehingga dianggap kurang efektif karena sering dilakukan pencucian. Filter dual media menggunakan media pasir kwarsa di lapisan bawah dan antrasit di lapisan atas. Hal ini memberikan keuntungan yakni kecepatan filtrasi lebih tinggi (10 – 15 m/jam), periode pencucian lebih lama, dan hemat biaya. Multi media filter biasanya terdiri dari media antrasit, pasir dan garnet atau dolomit. Media ini sering digunakan karena memiliki perbedaan densitas yang berbeda, dengan antrasit sebagai media filtrasi yang paling ringan per satuan volume, kemudian diikuti oleh pasir dan garnet. Fungsi multi media filter yakni untuk memaksimalkan seluruh lapisan filter agar berperan sebagai penyaring (Reynolds, 1992).

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 deviasi nya.

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

Single media pasir: UC = 1,3-1,7

$$ES = 0,45-0,7 \text{ mm}$$

Dual media: UC = 1,4-1,9

$$ES = 0,5-0,7 \text{ mm}$$

1. Filter Pasir Cepat

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, 2012:171). Kriteria desain pasir cepat dapat dilihat pada tabel 2.11.

Tabel 2.11 Kriteria Perencanaan Filter Pasir Cepat

| No. | Unit | Saringan Biasa (Gravitasi) | Saringan dengan Pencucian Antar Saringan |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Kecepatan penyaringan (m/jam) | 6-11 | 6-11 |
| 2 | Pencucian: <ul style="list-style-type: none"> • Sistem pencucian • Kecepatan (m/jam) • Lama pencucian (menit) • Periode antara dua pencucian (jam) • Ekspansi (%) | Tanpa/dengan blower & atau surface wash 36-50 10-15 18-24 30-50 | Tanpa/dengan blower & atau surface wash 36-50 10-15 18-24 30-50 |
| 3 | Dasar filter <ol style="list-style-type: none"> a. Lapisan penyangga dari atas ke bawah <ul style="list-style-type: none"> • Kedalaman (mm) ukuran butir (mm) • Kedalaman (mm) ukuran butir (mm) • Kedalaman (mm) ukuran butir (mm) • Kedalaman (mm) ukuran butir (mm) b. Filter nozel <ul style="list-style-type: none"> • Lebar slot nozel (mm) • Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%) | 80-100 2-5 80-100 5-10 80-100 10-15 80-150 15-30 <0,5 >4% | 80-100 2-5 80-100 5-10 80-100 10-15 80-150 15-30 <0,5 >4% |

Sumber: SNI 6774-2008

2. 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 milimeter 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). Kriteria perencanaan filter pasir lambat dapat dilihat pada tabel 2.12.

Tabel 2.12 Kriteria Filter Pasir Lambat

| Kriteria | Nilai/Keterangan |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Kecepatan filtrasi | 0,1-0,4 m/jam |
| Ukuran bed | Besar, 2000 m |
| Kedalaman bed | 30 cm kerikil, 90-110 cm pasir, berkurang 50-80 cm saat pencucian |
| Ukuran pasir | Effective size 0,25-0,3 mm, uniformity coefficient 2-3 |
| Distribusi ukuran media | Tidak terstratifikasi |
| Sistem underdrain | Sama dengan filter cepat atau batu kasar dan beton berlubang sebagai saluran utama |
| Kehilangan energi | 6 cm saat awal, hingga 120 cm saat akhir |
| Filter run | 20-60 hari |
| Metode pembersihan | Mengambil lapisan pasir dipermukaan dan mencucinya |
| Air untuk pembersihan | 0,2-0,6% dari air tersaring |
| Pengolahan pendahuluan | Biasanya tidak ada bila kekeruhan kurang dari 50 NTU |
| Biaya konstruksi | Relatif rendah |
| Biaya operasi | Relatif rendah |
| Biaya depresiasi | Relatif rendah |

Sumber: Schulz & Okun, 1984

3. 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. Kriteria filter bertekanan terdapat pada tabel 2.13.

Tabel 2.13 Kriteria Filter Bertekanan

| No. | Unit | Saringan Biasa (Gravitasi) |
|-----|------|----------------------------|
|-----|------|----------------------------|

| No. | Unit | Saringan Biasa (Gravitasi) |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Kecepatan penyaringan (m/jam) | 12-33 |
| 2 | Pencucian: <ul style="list-style-type: none"> • Sistem pencucian • Kecepatan (m/jam) • Lama pencucian (menit) • Periode antara dua pencucian (jam) • Ekspansi (%) | Tanpa/dengan blower & atau surface wash 72-198 - - 30-50 |
| 3 | Media pasir: <ul style="list-style-type: none"> • Tebal (mm) • Single media • Ganda media • Ukuran efektif, ES (mm) • Koefisien keseragaman, UC • Berat jenis (kg/L) • Porositas • Kadar SiO₂ | 300-700 600-700 300-600 - 1,2-1,4 2,5-2,65 0,4 >95% |
| 4 | Media antrasit: <ul style="list-style-type: none"> • Tebal (mm) • Ukuran efektif, ES (mm) • Koefisien keseragaman, UC • Berat jenis (kg/L) • Porositas | 400-500 1,2-1,8 1,5 1,35 0,5 |
| 5 | Dasar filer nozel: <ul style="list-style-type: none"> • Lebar slot nozal (mm) • Prosentase luas slot nozal terhadap luas filter (%) | <0,5 >4% |

Sumber: SNI 6774-2008

4. Hidrolika Pencucian (*Backwash*)

Setelah digunakan dalam kurun waktu tertentu, filter akan mengalami penyumbatan akibat tertahannya partikel halus dan koloid oleh media filter. Tersumbatnya media filter ditandai oleh:

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

Tujuan pencucian filter adalah melepaskan kotoran yang menempel pada media filter dengan aliran ke atas (*upflow*) hingga media terekspansi. Umumnya

tinggi sebesar 15 sampai 35% (Droste, 1997). Lama pencucian sekitar 3 hingga 15 menit. Ada beberapa sistem pencucian filter yaitu menggunakan menara air dan interfilter.

2.2.8 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 untuk sebagai berikut:

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

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

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

Berikut adalah berbagai macam desinfeksi dengan metode yang 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).

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 germicidal adalah UV-AC, dengan panjang gelombang 280-220 nm.

3. Desinfeksi dengan pembubuhan kimia

Metode ini menggunakan bahan kimia yang dicampurkan dalam air kemudian diberikan waktu yang cukup agar memberi kesempatan kepada zat untuk berkontak dengan bakteri. Desinfeksi air minum yang sering dilakukan yaitu dengan memanfaatkan klorin. Reaksi yang terjadi pada pembubuhan klorin yaitu: $Cl_2 + H_2O \rightarrow HOCl + Cl^- + H^+$ $HOCl \rightleftharpoons OCl^- + H^+$

4. Desinfeksi dengan gas klor

Metode ini bertujuan untuk mengoksidasi logam-logam, membunuh mikroorganisme seperti plankton dan juga membunuh spora dari lumut, jamur, dan alga. Konsentrasi yang diberikan adalah 2-3 gr/m³ air, tergantung pada turbiditas air (Aji, 2015). Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih besar dari aerasi, dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik pada 8-8,3 oksidasi besi membutuhkan waktu 15-30 menit. Pada umumnya proses standar penurunan Fe dan Mn menggunakan koagulasi dengan alum, flokulasi, pengendapan, dan filtrasi dengan didahului

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).

Berikut rumus perhitungan unit desinfeksi menggunakan klor:

1. Penetapan DPC = $([1000/250 \times V \times M] - D)$ mg/l
2. Hitung dosis klor = Dosis klor (mg/L) = DPC + sisa klor
3. Kebutuhan klor = $Q \times \text{Dosis klor} \times \text{Kemurnian}$
4. Volume klor = Kebutuhan klor / Berat jenis klor
5. Volume pelarut = $\frac{100 - \text{konsentrasi larutan}}{\text{konsentrasi larutan}} \times \text{vol kaporit}$
6. Volume Larutan klor = $\frac{100}{\text{konsentrasi larutan}} \times \text{vol kaporit}$
7. Dimensi Bak = p x l x t

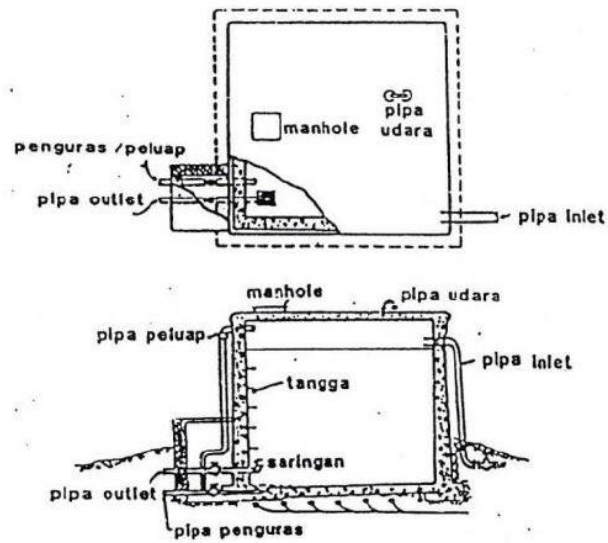
2.2.9 Reservoir

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

Berdasarkan tinggi relative reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Reservoir Permukaan (Ground Reservoir)

Reservoir permukaan adalah reservoir yang sebagian besar atau seluruh bagian reservoir tersebut terletak dibawah permukaan tanah



Gambar 2.21 Reservoir Permukaan

2. Reservoir Menara (Elevated Reservoir)

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



Gambar 2.22 Reservoir Menara

Sedangkan berdasarkan bahan konstruksinya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi empat, 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 2.23 Reservoar Tangki Baja

2. Reservoar Beton Cor

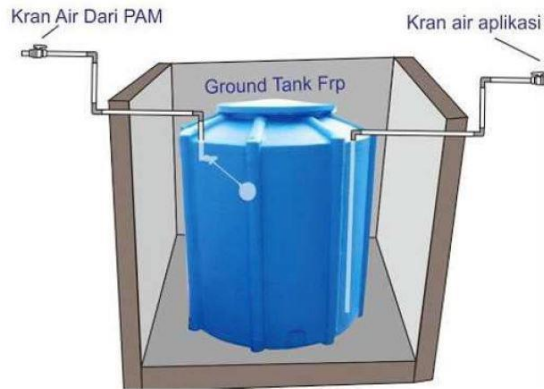
Tanki dan Reservoar beton pertama kali dibuat tanpa penutup. Perkembangan selanjutnya konstruksi ini memakai penutup dari kayu atau beton. Dengan tutup ini maka masalah sanitasi akan terselesaikan. Kelebihan dari menggunakan beton cor adalah kedap air dan tidak mudah bocor. Kelemahan umum dari bahan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



Gambar 2.24 Reservoar Beton Cor

3. Reservoar *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 2.25 Reservoar *Fiberglass*

2.3 Persen Removal

Berikut adalah persen *removal* yang diketahui pada unit bangunan pengolahan air minum yang akan dirancang:

Tabel 2.14 Persen *Removal* Unit Pengolahan

| Unit Bangunan | Parameter | Persen Removal | Sumber |
|----------------|-----------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prasedimentasi | Kekeruhan | 65-80% | Ali Masduqi, 2016. Operasi dan Proses Pengolahan Air. Hal. 171 |
| Aerasi | BOD | 35-95% | Azizah, Agnes. 2005. Perbedaan Kadar BOD, COD, TSS, dan MPN Coliform Pada Air Limbah, Sebelum dan Sesudah Pengolahan di RSUD Nganjuk. Jurnal Kesehatan Lingkungan. 2(1): 97-100 |
| | COD | 39-90% | Mirwan, dkk. 2010. Penurunan Kadar BOD COD TSS Air Sungai Martapura Menggunakan Tangki Aerasi Bertingkat. Jurnal Sains dan Teknologi. No. 76. Th. XXVIII. 72-77 |
| | Fe | 60-90% | Droste. 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9</i> , hal. 224 |
| | Mn | 0-60% | |
| | Amonia | 90-95% | Ririn Arifah. 2016. <i>Amonia Stripping</i> |
| Sedimentasi | TSS | 80-90% | Metcalf and Eddy. 2003. <i>Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition</i> , hal. 497 |
| | BOD | 50-80% | |
| | COD | 30-60% | Galuh Candra Dewi, Tri Joko. 2019. Kemampuan Tawas dan Serbuk Biji Asam Jawa untuk Menurunkan Kadar COD pada Limbah laundry. Universitas Diponegoro. (Jurnal) |
| | Kekeruhan | 65-80% | Ali Masduqi, 2016. Operasi dan |

| Unit Bangunan | Parameter | Persen Removal | Sumber |
|---------------|-----------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | Proses Pengolahan Air. Hal. 171 |
| | Mn | 20-100% | Droste. 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9</i> , hal. 224 |
| | Fe | 20-100% | Droste. 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9</i> , hal. 224 |
| Filtrasi | TSS | 90-100% | Droste. 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9</i> , hal. 224 |
| | BOD | 20-60% | Syed R. Qasim. 2000. <i>Wastewater Treatment Plants Design and Operation</i> |
| | COD | 60-80% | |
| Desinfeksi | Koliform | 90-100% | Droste. 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9</i> , 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 (head loss) yang terjadi akibat pengaliran pada bangunan. Beda tinggi setiap unit instalasi dapat ditentukan sesuai dengan sistem yang digunakan serta perhitungan kehilangan tekanan baik pada perhitungan yang telah dilakukan. Profil hidrolis IPA merupakan upaya penyajian secara grafis “*hydraulic grade line*” dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (*influent-effluent*) dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, mengetahui kebutuhan pompa, memastikan tidak terjadi banjir atau luapan air akibat aliran balik.

Hal yang perlu diperhatikan sebelum membuat profil hidrolis adalah memperhitungkan:

1. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan

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

a. Kehilangan tekanan pada pintu

- b. Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang, dan lain sebagainya
 - c. Kehilangan tekanan pada perpipaan
Rumus yang digunakan: $L \times S$
 - d. Kehilangan tekanan pada aksesoris
Mengekivalenkan aksesoris dengan panjang pipa, disini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekivalen sekaligus S
 - e. Kehilangan tekanan pada pompa
Hal ini dipengaruhi oleh jenis pompa, cara pemasangan, dan lain-lain
 - f. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok
Menghitung dengan bantuan monogram
2. Tinggi muka air
- Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat mengakibatkan kesalahan dalam penentuan elevasi bangunan pengolahan sehingga akan mempengaruhi proses pengolahannya. Kehilangan tekanan bangunan (saluran terbuka dan tertutup) tinggi terjunan yang direncanakan (jika ada) akan berpengaruh pada perhitungan tinggi muka air. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara:
- a. Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir
 - b. Menambahkan kehilangan tekanan antara *clear well* dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di *clear well*
 - c. Mendapatkan tinggi muka air bangunan sebelum *clear well* hingga bangunan pertama sesudah *intake*
 - d. Jika tinggi muka air bangunan setelah *intake* lebih tinggi dari pada tinggi muka air sumber maka diperlukan pompa di *intake* untuk menaikkan air