

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Baku

Air minum merupakan air yang telah melalui proses pengolahan yang telah memenuhi syarat Kesehatan dan dapat langsung diminum (Permenkes RI, 2010). Penyediaan air bersih selain harus memenuhi standart 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, kimia , radioaktid, dan mikrobiologis yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan yang telah diatur 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 Nomor 61 Tahun 2010 tentang pentapan 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 kegiatan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

4. Kelas empat

Air yang peruntukannya untuk mengairi pertanaman dan kegiatan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

2.1.1 Parameter Kimiawi

a) 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).

b) 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).

c) 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).

d) pH

pH merupakan derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan, yang dimaksudkan "keasaman" di sini adalah konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam pelarut air. Nilai pH berkisar dari 0 hingga 14. Suatu larutan dikatakan netral apabila memiliki nilai $pH=7$. Nilai $pH>7$ menunjukkan larutan memiliki sifat basa, sedangkan nilai $pH<7$ menunjukkan keasaman. Nama pH berasal dari potential of hydrogen. Secara matematis, pH didefinisikan dengan $H = -\log_{10}[H^+]$. Kebanyakan mikroorganisme dapat hidup pada pH antara 6-9. Umumnya indikator 7 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

e) Total Dissolved Solid

TDS (Total Dissolved Solids) adalah ukuran kandungan zat terlarut yang ada dalam air, baik zat organik maupun zat anorganik. TDS bisa berasal dari berbagai

sumber, seperti pelapukan dan pelarutan batuan dan tanah, limpasan pertanian dan perkotaan, limbah industri dan domestik, garam jalan, pupuk dan pestisida, dan sebagainya. Tingkat TDS mempengaruhi kesehatan dan kualitas air.

f) Fosfat

Fosfat adalah senyawa fosfor yang anionnya mempunyai atom fosfor yang dilengkapi oleh empat atom oksigen yang terletak pada sudut tertrahedron. Phospat total dapat diukur langsung dengan cara kalorimetri atau melalui proses digestasi lebih dahulu sebelum pengukuran sampel. Phospat berada pada air limbah dalam bentuk organik. Sebagai orthophospat anorganik atau sebagai phospat-phospat kompleks Phospat kompleks mewakili kira-kira separuh dari phospat air limbah perkotaan dan berasal dari penggunaan bahan-bahan detergen sintetis. Phospat kompleks mengalami hidrolisa selama pengolahan biologis menjadi bentuk orthophospat. Dari konsentrasi rata-rata fosfor keseluruhan sebanyak 10mg/L berada dalam air limbah perkotaan, kira-kira 10% dibuang sebagai bahan tak terpakai selama pengendapan primer dan 10% hingga 20% lainnya digabungkan ke dalam sel-sel bakteri selama pengolahan biologis. Sisa yang 70% dari fosfor yang masuk pada umumnya dilepaskan bersama buangan instalasi sekunder (Cunningham, 1992).

g) Nitrogen Total

Total nitrogen merupakan kadar total nitrogen yang membentuk senyawa nitrat (NO_3^-), nitrit (NO_2^-), amonia (NH_3), ion ammonium (NH_4^+) serta molekul organik lainnya yang mengandung nitrogen. Parameter ini perlu diukur kadarnya sebelum limbah dibuang ke lingkungan dan selama pengolahan limbah berlangsung. Disebutkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 bahwa terdapat nilai ambang batas terhadap beberapa senyawa nitrogen seperti amonia, nitrat dan nitrit sebelum limbah dilepaskan ke lingkungan. Hal ini karena jumlah nitrogen perlu dikontrol di lingkungan, jika nilainya melebihi ambang batas, maka mempercepat perkembangan biomassa sianobakteri atau alga hijau - biru yang berbahaya bagi lingkungan.

2.1.2 Parameter Fisik

a) Total Suspended Solid

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).

b) Kekeruhan

Kekeruhan merupakan standar yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur kondisi suatu air baku dalam satuan skala NTU (nephelometrix turbidity 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)

2.1.3 Parameter Biologis

a) 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).

2.2 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

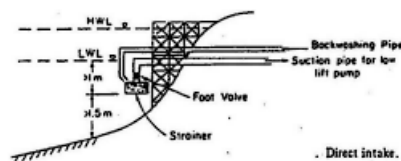
karakteristik sumber air baku;

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

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.

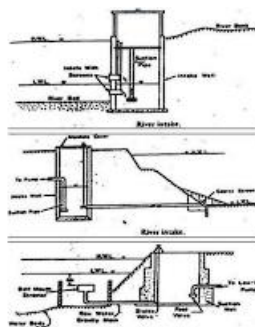


Gambar 2 . 1 direct intake

2. Bangunan penyadap tidak langsung(indirect intake)

- a) River intake

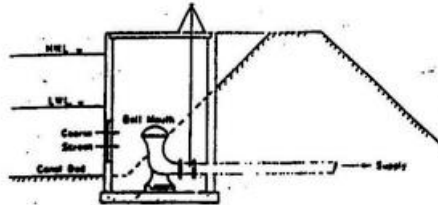
Menggunakan pipa penyadap dalam bentuk sumur pengumpul. Intake ini lebih ekonomis untuk air sungai yang mempunyai perbedaan level muka air pada musim hujan dan musim kemarau yang cukup tinggi.



Gambar 2 . 2 River intake

b) Canal intake

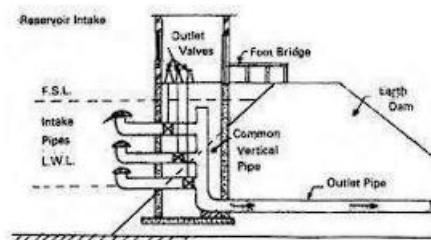
Digunakan untuk air yang berasal dari kanal. Dinding chamber Sebagian terbuka ke arah dan dilengkapi dengan pipa pengolahan selanjutnya



Gambar 2 . 3 canal intake

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

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

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>90° 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 valve (20 in) 51 cm</i>	2,5
<i>90° 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

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

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 al, 2000):

1. Zona inlet

Tempat menghaluskan aliran transisi dari aliran influent ke aliran steady uniform di zona settling (aliran laminar)

2. Zona pengendapan

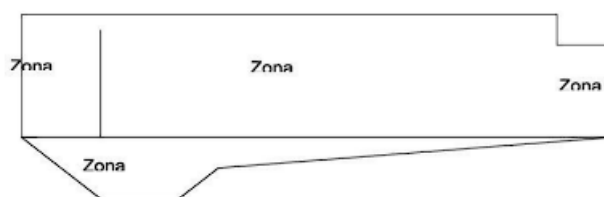
Tempat terjadinya proses pengendapan atau pemisahan partikel diskrit pada air

3. Zona lumpur

Tempat menampung material yang menendap Bersama lumpur

4. Zona outlet

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



Gambar 2 . 5 tampang 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, 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

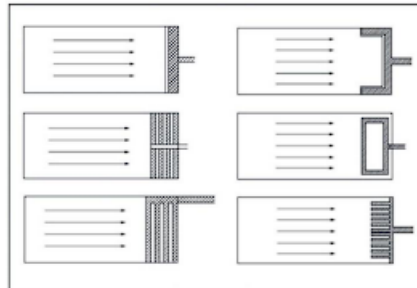
Desain outlet biasanya terdiri dari pelimpah yang dirancang untuk mengurangi terjadinya aliran pendek. Weir loading rate adalah beban pelimpah (dalam hal ini debit air) yang harus ditanggung per satuan waktu dan panjangnya. Berikut ini adalah beberapa kriteria desain untuk weir loading rate dari berbagai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

Tabel 2. 5 ragam weir loading rate dari berbagai sumber

Weir Loading Rate (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	

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

2.2.3 Aerasi

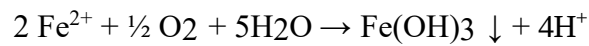
Aerasi adalah suatu proses penambahan udara/oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat, dengan cara menyemprotkan air ke udara (air ke dalam udara) atau dengan memberikan gelembung-gelembung halus udara dan membiarkannya naik melalui air (udara ke dalam air). Perpindahan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

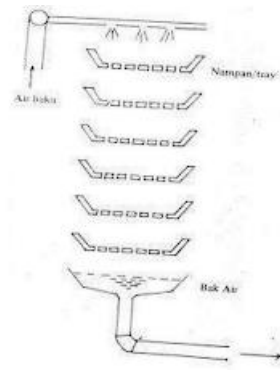


Pada jurnal Eko dkk, 2018, pengujian COD pada air wudhu setelah diaerasi menunjukkan penurunan kadar COD. Penurunan kadar COD terjadi karena terjadinya penambahan asupan oksigen ke dalam sampel limbah sehingga terjadi proses oksidasi oleh mikroorganisme yang menyebabkan penurunan senyawa organik pada 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.

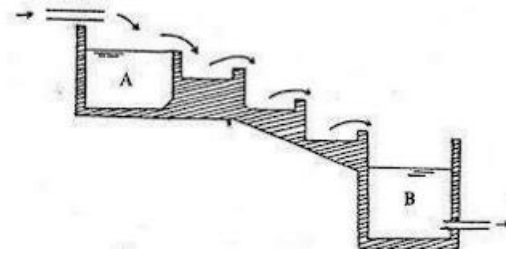


Gambar 2 . 7 multiple tray aerator

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 m^2 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. 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.

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

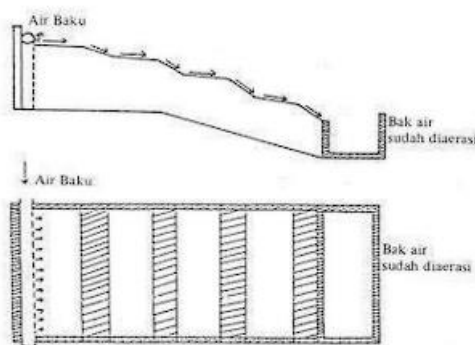
B = air sudah di aerasi

C = inlet

D = outlet

c. Submerged cascade aerator

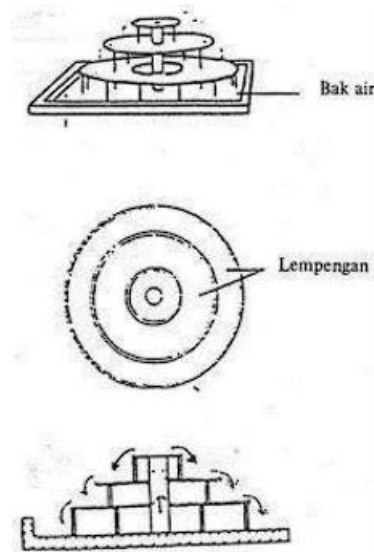
Aerasi tangga aerator seperti pada gambar di bawah ini penangkapan udaranya terjadi pada saat air terjun dari lempengan-lempengan trap yang membawanya. Oksigen kemudian dipindahkan dari gelembung-gelembung udara kedalam air. Total ketinggian jatuh kira-kira 1,5 m dibagi dalam 3-5 step. Kapasitas bervariasi antara 0,005 dan 0,5 m³/det per m².



Gambar 2 . 9 aerasi tangga aerator

d. Multiple platform aerator

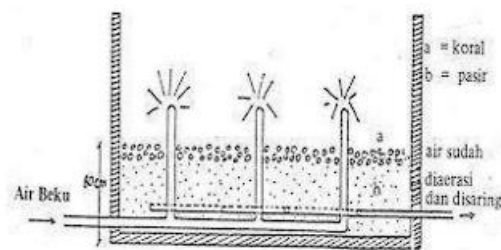
Memakai prinsip yang sama, lempengan-lempengan untuk menjatuhkan air guna mendapatkan kontak secara penuh udara terhadap air



Gambar 2 . 10 multiple platform aerator

e. Spray aerator

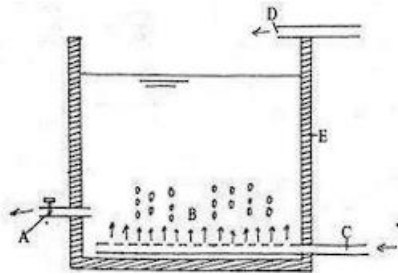
Terdiri atas nosel penyemprot yang tidak bergerak (stationary nozzles) dihubungkan dengan kisi lempengan yang mana air disemprotkan ke udara disekeliling pada kecepatan 5-7 m/detik. Spray aerator sederhana diperlihatkan pada gambar, dengan pengeluaran air kearah bawah melalui batang-batang pendek dari 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

Jumlah udara yang diperlukan untuk bubble aerator (aerasi gelembung udara) tidak banyak, tidak lebih dari $0,3-0,5 \text{ m}^3 \text{ udara/m}^3 \text{ air}$ 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

B = gelembung udara

C = pipa injeksi aerasi

D = inlet air baku

E = bak air

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 pons). 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.

Desain dan karakteristik operasional aerator dapat digolongkan menjadi beberapa macam diantaranya 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 hidrolik: 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 Berdifusi</i>	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 Mekanik</i>	70-90% CO ₂ 25-40 H ₂ S	Waktu detensi: 10-30 menit Kedalaman tangki: 2-4 m

2.2.4 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; Shammas & 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	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ $x = 14, 16, 18$	Bongkah, bubuk	Asam	6,0-7,8
Sodium Aluminat	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$	Bubuk	Basa	6,0-7,8
Poly Aluminium Chloride, PAC	$\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$	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

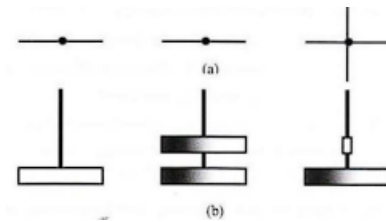
Penambahan dosis koagulan yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan kekeruhan yang lebih rendah. Dosis koagulan yang dibutuhkan untuk pengolahan air tidak dapat diperkirakan berdasarkan kekeruhan, tetapi harus ditentukan melalui percobaan pengolahan. Tidak setiap kekeruhan yang tinggi membutuhkan dosis 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. Air dengan kekeruhan yang tinggi memerlukan dosis koagulan yang

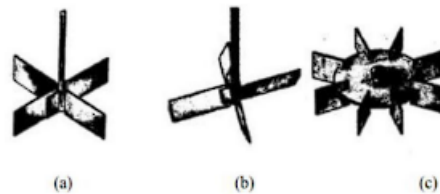
lebih banyak. Apabila tidak sesuai, maka kemungkinan tumbukan antara partikel akan berkurang dan netralisasi muatan tidak sempurna, sehingga mikroflok yang terbentuk hanya sedikit, akibatnya kekeruhan akan naik. Dosis koagulan yang berlebihan juga akan menimbulkan efek samping pada partikel sehingga kekeruhan akan meningkat

4. 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
5. 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)

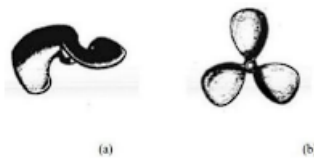
Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatis. Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor bertenaga listrik, poros pengaduk (shaft), dan alat pengaduk (impeller). Berdasarkan bentuknya terdapat tiga macam alat pengaduk, 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 KL dan KT yang dapat dilihat pada tabel 2.10.



Gambar 2 . 13 tipe paddle (a) tampak atas; (b) tampak samping



Gambar 2 . 14 tipe turbin (a) paddle; (b) propeller ; (c) turbin



Gambar 2 . 15 tipe propeller (a) 2 blade ; (b) 3 blade

Tabel 2. 8 kriteria impeller

Tipe Impeller	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

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

Tabel 2. 10konstanta KL dan KT untuk tangki berserat

<i>Jenis Impeller</i>	KL	KT
<i>Propeller, pitch of 1, 3 blades</i>	41	0,32
<i>Propeller, pitch 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 45°</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), $D_1/W_1=4$</i>	43	2,25
<i>Flat paddles, 2 blades, $D_1/W_1=6$</i>	36,5	1,7
<i>Flat paddles, 2 blades, $D_1/W_1=8$</i>	33	1,15
<i>Flat paddles, 4 blades, $D_1/W_1=6$</i>	49	2,75
<i>Flat paddles, 6 blades, $D_1/W_1=8$</i>	71	3,82

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

a) Air sungai

Waktu detensi minimal 20 menit

$$G = 10-50 \text{ detik}^{-1}$$

b) Air waduk

Waktu detensi minimal 30 menit

$$G = 10 - 75 \text{ detik}^{-1}$$

c) Air keruh

waktu detensi dan G lebih rendah

d) Jika menggunakan garam besi sebagai koagulan

$$G \text{ tidak lebih dari } 50 \text{ detik}^{-1}$$

e) Flokulator terdiri dari 3 kompartemen

G kompartemen 1 memiliki nilai terbesar

G kompartemen 2 40% dari kompartemen 1

G kompartemen 3 memiliki nilai terkecil

f) Penurunan kesadahan

Waktu detensi minimal 30 menit

$$G = 10- 50 \text{ detik}^{-1}$$

g) Presipitasi kimia(penurunan fosfat, logam berat dan lain lain)

Waktu detensi 15-30 menit

$$G = 20-75 \text{ detik}^{-1}$$

$$GTd = 10.000-100.000$$

Perhitungan koagulasi dan flokulasi :

Keterangan :

V koagulan = Volume koagulan yang dibutuhkan (L/hari)

Kadar kebutuhan koagulan = Kadar koagulan yang dibutuhkan (Kg/hari)

Koagulan = densitas koagulan (Kg/l)

2.2.5 Sedimentasi

Sedimentasi merupakan pemisahan padatan dan cairan 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 :

1. Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat
2. Pengendapan air yang telah melalui proses presedimentasi memasuki unit saringan cepat
3. Pengendapan air yang telah melalui proses penempuran desinfektan instalasi yang menggunakan pipa dosing oleh alum, soda, NaCl, dan Chlorine
4. Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan

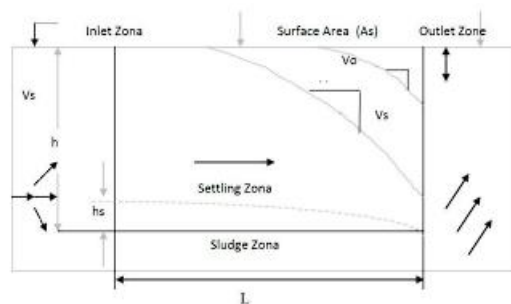
Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas . Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi . Keempat kelas itu diantaranya adalah :

- a) Pengendapan tipe I

- b) Pengendapan tipe II
- c) Pengendapan tipe III
- d) Pengendapan tipe IV

Pada setiap bangunan sedimentasi memiliki zona yang sama seperti prasedimentasi diantaranya

- 1. Zona inlet
- 2. Zona outlet
- 3. Zona settling
- 4. Zona sludge



Gambar 2 . 16 zona pada bak sedimentasi

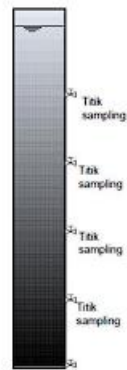
Dimana pada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut:

Zona inlet = terjadi distribusi aliran yang menuju zona settling

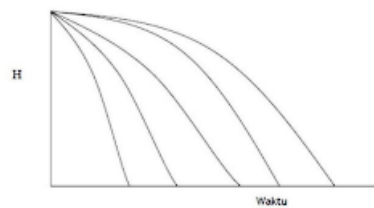
Zona settling = terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya

Zona sludge = sebagai ruang lumpur , diaman konfigurasi dan kedalamannya tergantung pada metode pengurusan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel 75% mengendap pada 1/5 volume bak

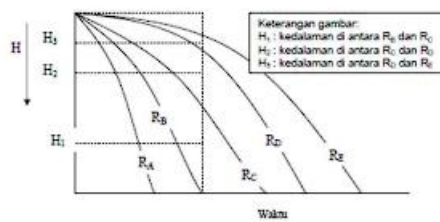
Zona outlet = menghasilkan air yang jernih tanpa suspense yang ikut terbawa
 kecepatan pengendapan partikel tidak bisa ditentukan dengan persamaan stokes karena ukuran dan kecepatan pengendapan tidak tetap. Besarnya Partikel yang mengendap di uji dengan column settling test dengan multiple withdraw ports. Dengan menggunakan kolom pengendapan tersebut , sapling 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



Gambar 2 . 19 penentuan kedalaman H dan seterusnya

Besarnya penyisihan total pada waktur tertentu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

Rumus

Grafk iso removal jufa dapat digunakan untuk menentukan lamanya waktu pengendapan .dan surface loading atau overflow rate bila diinginkan egisiensi 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 pendedapan (sebagai sumbu x)
3. Membuat grafik hubungan persen penyisihan total (sebagai sumbu) dengan over flow 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 gradik ini adalah nilai berdasarkan eksperimen di laboratorium (secara batch). Nilai ini dapat digunakan dalam bak pendamp (aliran kontinyu) setelah dilakukan penyesuaian , yaitu dikalikan dengan faktor scale up. Untuk waktu detensi, faktor scale up yang digunakan pada umumnya adalah 1,75 dan untuk over flow rate , faktor scale up yang digunakan pada umumnya adalah 0,65 (Reynold dan Richards, 1996).

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 32 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 hidrolik air
- Prosesnya memberikan bentuk yang dapat direncanakan sesuai dengan 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 adalah suatu proses dimana air dilewatkan pada pasir dan kombinasi kerikil-ketikel untuk mendapatkan hasil air yang lebih baik.

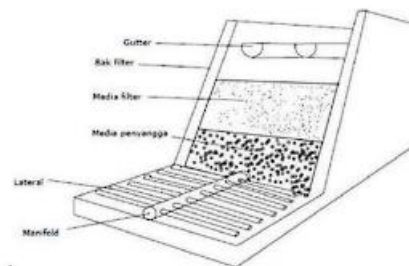
Bakteri dan sejenisnya dapat dengan efektif dihilangkan dengan menggunakan proses filtrasi. Selain itu filtrasi juga dapat mengurangi warna, rasa, bau, kadar besi juga kadar mangan yang terdapat di dalam air. Proses pengurangan kadar-kadar tersebut tidak lepas dengan adanya proses fisika dan kimia yang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

Beberapa faktor yang berkontribusi di dalam proses removal filter adalah sebagai berikut:

1. Proses penyaringan yang terjadi di setiap lapisan permukaan filter
2. Proses sedimentasi di dalam filter

3. Kontak antara partikel flok dengan lapisan kerikil atau dengan flok yang sudah terkumpul di atas lapisan filter
4. Proses adsorpsi atau proses elektrokinetik
5. Proses kaogulasi di dalam filter
6. Proses biologis di dalam filter
7. Penggabungan zat- zat koloid di dalam filter

Pada prosesnya, partikel tersuspensi yang ukurannya terlalu besar akan tetap tertahan di atas lapisan pasir. Namun jika ukuran partikel terlalu kecil (contohnya: partikel koloid dan bakteri) akan lebih sulit untuk dihilangkan karena akan lebih mudah lolos pada lapisan pasir ini. Pada lapisan kerikil, jarak di antara lapisan kerikil berfungsi sebagai area sedimentasi partikel tersuspensi. Namun dapat juga digunakan oleh partikel-partikel flok yang belum seratus persen terendapkan pada bak sedimentasi untuk mengendap pada lapisan kerikil ini. Pada gambar 2.20 dapat dilihat bagian-bagian filter.



Gambar 2 . 20 bagian bagian filer

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

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: • 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 a. Lapisan penyangga dari atas ke bawah • Kedalaman (mm) • ukuran butir (mm) • Kedalaman (mm) • ukuran butir (mm) • Kedalaman (mm) • ukuran butir (mm) • Kedalaman (mm) • ukuran butir (mm) b. Filter nozel • 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%

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

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)
1	Kecepatan penyaringan (m/jam)	12-33
2	Pencucian: • 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: • 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: • 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 filter nozel: • Lebar slot nozal (mm) • Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)	<0,5 >4%

4. hidrolika pencucian

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

2.2.7 Desinfeksi

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, gas klor dan gas ozon. Sedangkan disinfeksi secara fisik menggunakan gelombang mikro dan sinar ultraviolet. Untuk membunuh mikroorganisme bersifat patogen terkandung dalam air, desinfektan/bahan disinfeksi yang digunakan adalah kaporit, bromin klorida, gas klor, gas iod, ozon dan kalium permanganat. Kemampuan disinfeksi dalam pengolahan air minum adalah untuk sebagai berikut:

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

Berikut ini adalah macam macam faktor yang memengaruhi efisiensi disinfeksi adalah :

1. Waktu kontak
2. Konsentrasi disinfeksi
3. Jumlah mikroorganisme
4. Temperature air
5. pH
6. keberadaan senyawa lain dalam air

Berikut adalah berbagai macam disinfeksi dengan metode yang berbedabeda beserta penjelasannya

1. Disinfeksi dengan Ozon

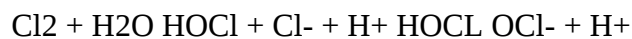
Ozon adalah zat pengoksidasi kuat sehingga dapat melakukan kerusakan bakteri antara 600 – 3000 lebih kuat dari klorin. Penggunaannya tidak dipengaruhi oleh pH air, sedangkan klorin sangat bergantung pada pH air. Mekanisme produksi ozon adalah eksitasi dan percepatan electron yang tidak beraturan dalam 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 garmicial adalah UV-AC, dengan panjang gelombang 280-220 nm

3. Desinfeksi dengan pembubuhan kimia

Metode ini menggunakan bahan kimia yang dicampurkan daam 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:



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 41 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 (Cl_2) 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
2. Hitung dosis klor
3. Kebutuhan volume klor
4. Volume klor
5. Volume pelarut
6. Volume larutan klor
7. Dimensi bak

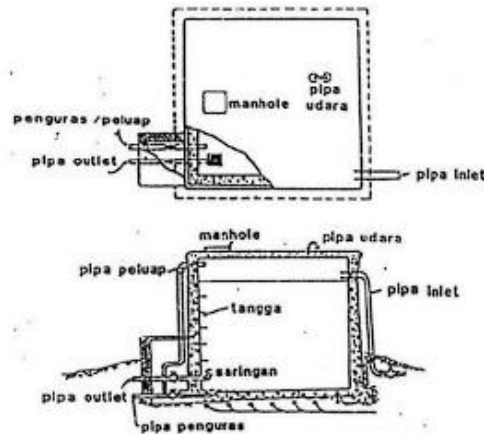
2.2.8 Reservoir

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 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

Reservoir Menara adalah reservoir yang seluruh bagian penampungannya terleteak lebih tinggi dari permukaan tanah sekitarnya



Gambar 2 . 22 reservoir menara

Sedangkan berdasarkan bahan konstruksinya, maka jenisreserviar dapat dibagi menjadi empat yaitu :

a) 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 . 23 reservoir tangki baja

b) 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 . 24 reservoir beton cor

c) Reservoir fiberglass

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



Gambar 2 . 25 reservoir fiberglass

2.2.9 Belt filter press

Sebagian besar dari jenis belt filter press, lumpur dikondisikan di bagian saluran gravitasi untuk dapat menebalkan lumpur. Pada bagian ini banyak air yang tersisihkan dari lumpur secara gravitasi. Di beberapa unit, bagian ini diberikan dengan bantuan vacuum yang menambah saluran dan membantu untuk mengurangi bau. Mengikuti saluran gravitasi, tekanan yang digunakan dalam bagian tekanan rendah, di mana lumpur diremas diantara pori kain sabuk. Di beberapa unit, bagian tekanan rendah diikuti bagian tekanan tinggi dimana lumpur mengalami pergeseran melewati penggulung. Peremasan dan penggeseran ini menginduksi dari penambahan air dari lumpur. Akhir pengeringan cake lumpur adalah penyisihan dari sabuk dengan scrapper blade. Sistem operasi jenis belt filter press dari pompa penyedot lumpur, peralatan polimer, tangki lumpur (flokulator), belt filter press, conveyor cake lumpur, dan sistem pendukung. Namun, ada beberapa unit yang tidak menggunakan tangki lumpur

Banyak variabel yang mempengaruhi cara kerja dari belt filter press, antara lain karakteristik lumpur, metode serta kondisi bahan kimia, tekanan, konfigurasi mesin (saluran gravitasi), porositas sabuk, kecepatan sabuk, dan lebar sabuk. Belt

filter press ini sensitif terhadap variasi karakteristik lumpur dan efisiensi mengurangi pengeringan lumpur. Fasilitas memadukan lumpur harus termasuk dalam desain sistem di mana karakteristik lumpur beraneka ragam. Belt filter press mempunyai ukuran lebar belt dari 0,5 – 3,5 m. Ukuran yang umum digunakan untuk lumpur perkotaan adalah 2 m. Beban lumpur dari 90 sampai 680 kg/m.h tergantung pada jenis lumpur dan konsentrasi lumpur yang masuk. Beban hidroulik pada lebar belt antara 1,6 – 6,3 L/m.s. Pertimbangan keamanan desain mencakup ventilasi untuk memindahkan hidrogen sulfida atau gas lainnya dan peralatan penjaga untuk mencegah hilangnya baju diantara rol.

2.3 Persen Removal

Berikut ini merupakan perser removal yang diketahui pada unit bangunan pengolahan air minum yang akan dirancangbenakni iki ngkok

Tabel 2. 14 persen removal unit pengolahan

Unit Bangunan	parameter	Unit Removal	sumber
Prasedimentasi	Kekeruhan	65-80%	Ali Masduqi,2016. Operasi dan Proses Pengolahan Air. Hal171.
Aerasi	BOD	10-30%	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	10-30%	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
Koagulasi & Flokulasi	fosfat	90%	Joanne E. - Water & wastewater treatment Hal 202

Bsedimentasi	TSS	80-90%	Metcalf & Eddy. WWET Disposal, and Reuse 4th Eddition.. Page 497)
	BOD	30-50%	Metcalf & Eddy. WWET Disposal, and Reuse 4th Eddition.. Page 497)
	COD	30-50%	Nelson Environmental Engineering Water Waste Hal 327
	KEKERUH AN	90-100%	Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater treatment Chapter 9,Hal 224
filtrasi	BOD	20 – 60%	Syed R. Qasim, Wastewater Treatment Plant Design and Operation)
	COD	60%-80%	Syed R. Qasim, Wastewater Treatment Plant Design and Operation)
desinfeksi	TOTAL COLIFORM	90-100%	Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater treatment Chapter 9,Hal 224

2.4 Profil Hidrolis

Profil hidrolis digambarkan untuk mendapatkan tinggi muka air pada masin masing unit instalasi . Profil ini menunjukkan adanya ehilangan tekanan 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 lune” dalam instalas pengolahan atau menya takan elveasi unit pengolahan (influen-effluent) dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, mengetahui kebutuhan pimpa, 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
 - 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 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