

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Baku

2.1.1 Status Mutu Air Baku

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, Mutu Air adalah ukuran kondisi air pada waktu dan tempat tertentu yang diukur dan/atau diuji berdasarkan parameter tertentu dan metode tertentu sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan. Penggolongan kualitas mutu air diklasifikasikan menjadi 4 kelas yaitu sebagai berikut:

1. Kelas I, yaitu air yang diperuntukkan sebagai air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
2. Kelas II, yaitu air yang diperuntukkan sebagai prasarana atau sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
3. Kelas III, yaitu air yang diperuntukkan sebagai media pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
4. Kelas IV, yaitu air yang diperuntukkan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Penentuan status mutu air Sungai Batang Merao menggunakan metode indeks pencemaran (IP). Parameter-parameter kualitas air dibandingkan dengan baku mutu air kelas I, II, III dan IV PP no 22 tahun 2021. Status mutu air ditentukan dengan metode Indeks Pencemaran (pollution index) sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Status Mutu Air.

2.1.2 Parameter Pencemar Air Baku

Kualitas air baku ditentukan oleh beberapa parameter air, Adapun parameter pencemar yang tidak memenuhi baku mutu dan harus dilakukan pengolahan pada wilayah studi yaitu sebagai berikut:

1. Parameter Fisik

a. Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) merupakan zat-zat padat yang berada dalam suspensi, dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai partikel tersuspensi koloid (partikel koloid) dan partikel tersuspensi biasa disebut partikel tersuspensi. Kadar TSS ini sangat berpengaruh terhadap tingkat kekeruhan suatu daerah dan berkorelasi dengan besarnya sedimen yang mengendap pada suatu daerah. Total Suspended Solid (TSS) atau padatan tersuspensi total adalah residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 μm atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Yang termasuk TSS adalah lumpur, tanah liat, logam oksida, sulfida, ganggang, bakteri, dan jamur (Yonar et al., 2021).

Padatan tersuspensi di perairan bisa terdiri dari lumpur, tanah liat, pasir, serta partikel lain, baik dari komponen hidup (biotik) seperti fitoplankton, maupun komponen mati (abiotik) seperti zooplankton, bakteri, dan partikel anorganik lainnya. Padatan ini menjadi tempat berlangsungnya reaksi kimia heterogen dan berperan sebagai bahan awal pembentukan endapan, yang dapat menghambat produksi zat organik di perairan. Penetrasi cahaya matahari ke dalam perairan menjadi tidak optimal sehingga proses fotosintesis terganggu. Partikel-partikel ini umumnya berukuran lebih dari 1 μm (Solihuddin, 2020).

Peningkatan konsentrasi padatan tersuspensi (TSS) dan tingkat kekeruhan perairan dapat mengganggu ekosistem. TSS menyerap panas matahari sehingga meningkatkan suhu perairan dan menurunkan kadar oksigen terlarut. Kurangnya penetrasi cahaya ke dalam kolom air juga menghambat proses fotosintesis. Selain itu, tingginya kekeruhan mempersulit cahaya mencapai bagian dalam perairan, yang pada akhirnya menyebabkan rendahnya produksi oksigen melalui fotosintesis (Solihuddin, 2020).

2. Parameter Kimia

a. pH (Derajat Keasaman)

pH (derajat keasaman) mempengaruhi tingkat kesuburan perairan karena pengaruhnya terdapat kehidupan jasad renik. pH dapat diukur berdasarkan jumlah ion hidrogen dengan rumus $pH = -\log (H^+)$. Air murni dengan kandungan ion H^+ dan OH^- dalam jumlah seimbang akan menghasilkan pH 7 (netral). Apabila jumlah kandungan OH^- dalam air makin banyak, maka nilai pH air tersebut juga akan tinggi (basa), begitu pula sebaliknya apabila kandungan ion H^+ dalam air makin tinggi maka pH air tersebut akan makin rendah (asam).

Dalam pengolahan air bersih, pH optimal untuk proses koagulasi biasanya berada pada kisaran 6,5 hingga 7,5, tergantung pada jenis koagulan yang digunakan. Proses ini melibatkan penambahan bahan kimia seperti aluminium sulfat atau besi klorida untuk menghilangkan partikel tersuspensi dan bahan organik. Selain itu, pH juga memengaruhi efektivitas klorinasi. Pada pH di bawah 7, efektivitas desinfeksi oleh klorin lebih tinggi karena sebagian besar klorin berada dalam bentuk asam hipoklorit ($HOCl$), yang lebih efektif dibandingkan ion hipoklorit (OCl^-) (Yehia & Said, 2021).

b. Biological Oxygen Demand (BOD)

BOD (Biochemical Oxygen Demand) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air selama periode waktu tertentu, pada suhu $20^\circ C$. Bahan organik yang diuraikan oleh BOD (Biochemical Oxygen Demand) adalah senyawa organik yang terdapat dalam air dan dapat dipecah oleh mikroorganisme, seperti bakteri dan jamur, dengan menggunakan oksigen. BOD digunakan sebagai indikator untuk mengukur tingkat pencemaran organik dalam air. Mikroorganisme dalam air menguraikan bahan-bahan organik ini dengan menggunakan oksigen dalam proses yang disebut respirasi biologis. Semakin banyak bahan organik yang ada dalam air, semakin tinggi nilai BOD-nya, yang menunjukkan adanya potensi pencemaran organik yang lebih besar. Semakin tinggi nilai BOD, semakin banyak oksigen yang dibutuhkan untuk mengurai bahan organik (Daroini et al., 2020).

Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan 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. Nilai BOD yang tinggi 9 menunjukkan adanya konsentrasi bahan organik yang tinggi, yang mempengaruhi kualitas air dengan mengurangi kadar oksigen terlarut (DO), sehingga dapat merusak ekosistem perairan (Daroini & Apri, 2020).

c. Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand atau COD adalah jumlah bahan organik yang ada pada air limbah yang dapat dioksidasi secara kimia menggunakan dikromat dalam keadaan/larutan asam. Nilai COD selalu lebih tinggi daripada BOD ultimate meskipun nilai keduanya bisa saja sama tetapi hal tersebut 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 sampel, 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.

Hubungan antara COD dan BOD mempengaruhi proses pengolahan air limbah. Rasio BOD/COD dari air limbah adalah berkisar dari 0.3 sampai 0.8. Dimana jika rasio BOD/COD ≥ 0.5 maka air limbah dapat diolah menggunakan proses biologi. Sedangkan jika rasio BOD/COD < 0.3 maka tidak dapat diolah menggunakan proses biologis karena memungkinkan terdapat banyak senyawa racun yang dapat membunuh bakteri (Royani et al., 2021).

d. Dissolved Oxygen (DO)

Menurut United States Environment Protection Agency (EPA), Dissolved Oxygen (DO) atau oksigen terlarut adalah jumlah oksigen yang ada dalam air. 10 Oksigen terlarut (Dissolved Oxygen = DO) dibutuhkan untuk oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik (Yuliantari et al., 2021). Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dan

hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut. Dalam pengolahan air, oksigen dapat disuplai menggunakan aerator

3. Parameter Biologi

a. Total Coliform

Sumber air di alam umumnya mengandung bakteri, dengan jumlah dan jenis bakteri yang bervariasi tergantung pada lokasi dan kondisi lingkungannya. Air yang dipakai untuk kebutuhan sehari-hari sebaiknya bebas dari bakteri patogen. Bakteri dari kelompok coliform bukanlah bakteri patogen (Cut Khairunnisa, 2022). Coliform sering digunakan sebagai indikator kualitas air, karena dapat menunjukkan apakah suatu sumber air telah terkontaminasi oleh patogen.

Total coliform adalah kelompok bakteri yang mencakup bakteri aerob dan anaerob fakultatif, serta merupakan bakteri gram negatif. Sebagian besar bakteri coliform bersifat heterotropik dan dapat berkembang di air maupun tanah. Total coliform dapat bertahan dan berkembang biak di sistem distribusi air jika kondisinya mendukung. Keberadaan total coliform bisa berasal dari tinja manusia atau hewan, tetapi juga dapat ditemukan secara alami di air. Coliform digunakan sebagai indikator potensi keberadaan mikroba lain, termasuk patogen seperti *Giardia*, *Cryptosporidium*, dan *E. coli* (Akili et al., 2018).

b. Amonia (NH₃)

Amonia adalah senyawa nitrogen yang umum ditemukan di perairan sungai sebagai hasil dari berbagai proses alami maupun aktivitas manusia. Amonia (NH₃) dalam air berasal dari sumber alami seperti dekomposisi bahan organik, ekskresi organisme air, serta aktivitas mikroorganisme. Selain itu, aktivitas manusia seperti penggunaan pupuk nitrogen di bidang pertanian, pembuangan limbah domestik, dan industri juga berkontribusi pada peningkatan konsentrasi amonia dalam perairan (Hamonangan & Yuniarto, 2022).

Dalam kondisi alami, konsentrasi amonia di perairan umumnya berada pada tingkat rendah. Namun, input dari limbah domestik dan industri, terutama yang kaya nitrogen, dapat meningkatkan kadar amonia melebihi ambang normal (Yang et al., 2019). Amonia dapat hadir dalam dua bentuk utama, yaitu amonia

bebas (NH_3) dan ion amonium (NH_4^+), tergantung pada pH dan suhu air. Amonia bebas (NH_3) bersifat lebih toksik bagi organisme air dibandingkan ion amonium (NH_4^+), sehingga pengaruhnya terhadap kualitas air dan kesehatan ekosistem sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu dan keasaman (Boyd, 2020).

Amonia sering digunakan sebagai parameter kualitas air untuk mengindikasikan tingkat pencemaran terutama dari limbah domestik. Amonia dalam air juga dapat mengakibatkan penurunan kadar oksigen terlarut. Proses oksidasi amonia menjadi nitrat melalui nitrifikasi membutuhkan oksigen, sehingga dapat mengurangi oksigen yang tersedia bagi organisme lain. Hal ini berpotensi menimbulkan kondisi hipoksia yang mengancam kehidupan akuatik (Paerl & Huisman, 2008). Standar kualitas air untuk amonia ditetapkan untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan keamanan air bagi keperluan manusia. Menurut Badan Kesehatan Dunia (WHO), konsentrasi amonia dalam air minum tidak boleh melebihi batas tertentu, mengingat toksisitasnya yang berpotensi membahayakan kesehatan manusia serta organisme perairan.

2.2 Bangunan Pengolahan Air Minum

2.2.1 Pengolahan Pendahuluan (Pre-treatment)

Proses pretreatment merupakan proses yang bertujuan untuk mempermudah proses pengolahan selanjutnya dengan menyaring sampah-sampah terapung yang ikut terbawa air. Misalnya seperti menghilangkan kerikil, lumpur, padatan dan memisahkan lemak. Selain itu, pretreatment juga berfungsi untuk menyalurkan air limbah dari pabrik menuju instalasi pengolahan air limbah. Unit pretreatment yang digunakan yaitu sebagai berikut.

a. 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 lainnya. Kapasitas bangunan intake yang digunakan harus disesuaikan dengan

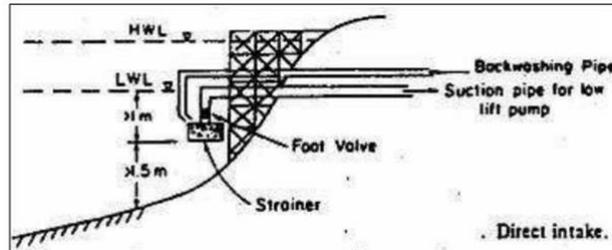
kebutuhan air harian maksimum. Persyaratan lokasi penempatan bangunan pengambilan (intake):

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 lainlain);
3. Konstruksi bangunan pengambilan harus aman terhadap banjir air sungai, terhadap gaya guling, gaya geser, rembesan, gempa dan gaya angkat air (uplift);
4. Penempatan bangunan pengambilan diusahakan dapat menggunakan sistem gravitasi dalam pengoperasiannya;
5. Dimensi bangunan pengambilan harus mempertimbangkan kebutuhan maksimum harian;
6. Dimensi inlet dan outlet dan letaknya harus memperhitungkan fluktuasi ketinggian muka air;
7. Pemilihan lokasi bangunan pengambilan harus memperhatikan karakteristik sumber air baku;
8. Konstruksi bangunan pengambilan direncanakan dengan umur pakai (lifetime) minimal 25 tahun;
9. Bahan / material konstruksi yang digunakan diusahakan menggunakan material lokal atau disesuaikan dengan kondisi daerah sekitar (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007).

Menurut Kawamura (2000) bangunan intake memiliki tipe yang beragam, antara lain yaitu:

1. Bangunan Penyadap Langsung (*Direct Intake*)

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



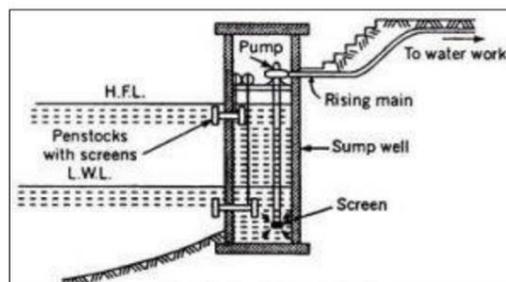
Gambar 2. 1 *Direct Intake*

Sumber: ([Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minu \(123dok.com\)](http://123dok.com))

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.

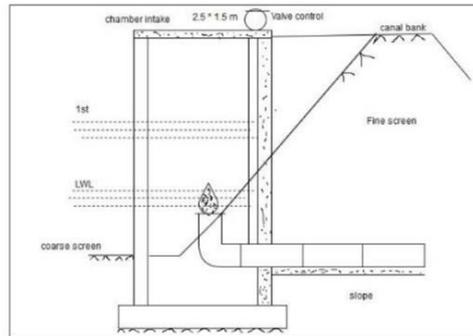


Gambar 2. 2 *River Intake*

Sumber: ([Intake Structure | Types Of Intake | Design And Construction Important Factors \(dreamcivil.com\)](http://dreamcivil.com))

b. *Canal Intake*

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

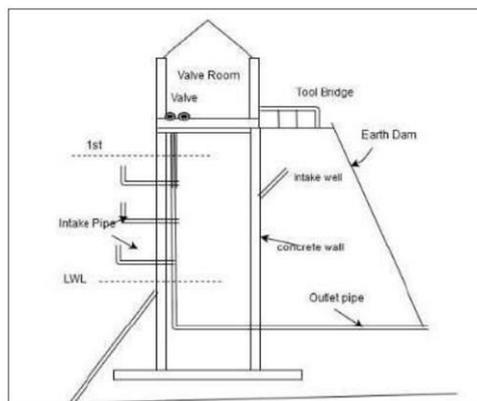


Gambar 2. 3 *Canal Intake*

Sumber: ([Explain various types of intake structures. \(ques10.com\)](https://www.quora.com/Explain-various-types-of-intake-structures))

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.

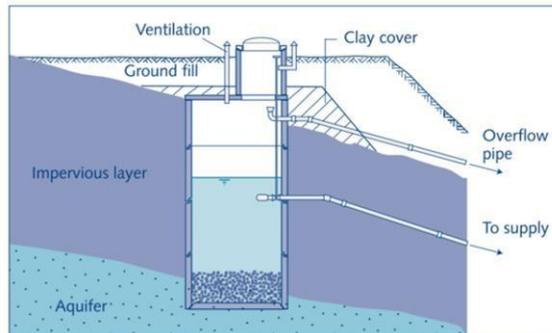


Gambar 2. 4 *Reservoir Intake*

Sumber: ([Explain various types of intake structures. \(ques10.com\)](https://www.quora.com/Explain-various-types-of-intake-structures))

d. *Spring Intake*

Spring Intake digunakan untuk air baku yang berasal dari mata air ataupun air tanah.

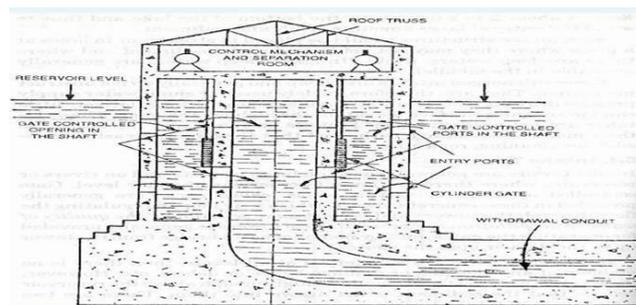


Gambar 2. 5 *Spring Intake*

Sumber: ([Springs | SSWM - Find tools for sustainable sanitation and water management!](#))

e. *Intake Tower*

Intake Tower digunakan untuk air permukaan.

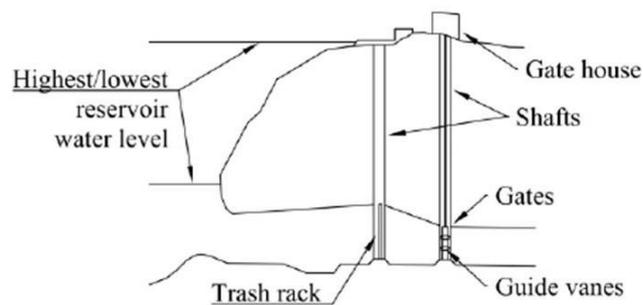


Gambar 2. 6 *Intake Tower*

Sumber: (gla.ac.in/pdf/intake-for-water-collection.pdf)

f. *Gate Intake*

Gate Intake berfungsi sebagai screen dan sebagai pintu air pada prasedimentasi.



Gambar 2. 7 *Gate Intake*

Sumber: ([Schematic side-view of the intake gates at Homstøl](#))

[reservoir.](#) | [Download Scientific Diagram \(researchgate.net\)](#)

Pada perancangan bangunan pengolahan air minum kali ini menggunakan indirect intake (bangunan penyadap tidak langsung) dengan tipe yang digunakan adalah river intake. Tipe ini mempunyai nilai yang lebih ekonomis untuk peruntukkan air baku dari air sungai dibandingkan dengan tipe – tipe intake lainnya. Dapat dinilai lebih ekonomis karena air sungai mempunyai level muka air pada musim hujan dan musim kemarau yang berbeda cukup tinggi. Rumus-rumus yang digunakan untuk mencari besaran intake dapat dilakukan menggunakan rumusan seperti di bawah ini:

1. Mencari debit tiap intake

$$Q = \frac{Q}{\text{jumlah bangunan}}$$

Keterangan :

Q : Debit (m³/s)

2. Menacari debit pipa sadap

$$Q = \frac{Q}{\text{jumlah pipa}}$$

3. Luas penampang pipa inlet

$$A_{HWL} = \frac{Q \text{ pipa intake}}{v_{HWL}}$$

$$A_{LWL} = \frac{Q \text{ pipa intake}}{v_{LWL}}$$

Keterangan :

v : Kecepatan (m/s)

Q : Debit (m³/s)

A : Luas Penampang (m²)

4. Diameter pipa inlet

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A_{HWL}}{\pi}}$$

5. Cek kecepatan aliran di dalam pipa

$$v = \frac{Q \text{ pipa intake}}{A_{HWL}}$$

6. Headloss mayor

$$H_f = \left(\frac{Q \text{ pipa intake}}{0,2785 \times C \times D^{2,62}} \right)^{1,85} \times L$$

7. Headloss minor

$$H_f = k \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

8. Total headloss

$$H_f = H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor}$$

9. Slope pipa inlet

Slope

$$H = \frac{\frac{1}{2} \times v^2}{g}$$

$$S = H_{\text{statis}} + H_f$$

Sedangkan untuk screen, pada perancangan ini akan menggunakan coarse screen. Screen bertujuan untuk menghilangkan sampah padat seperti kertas, plastik, atau kain yang dapat merusak dan menyumbat aliran air, pipa, dan pompa. Pemilihan coarse screen merupakan pilihan tepat dikarenakan dapat menghilangkan benda – benda berukuran besar yang memiliki ukuran 6 – 150 mm.

Tabel 2. 1 Koefisien Kekasaran Pipa Hazen-Williams

Jenis Pipa	Nilai Kekasaran Pipa (C)
Extremely smooth and straight pipes	140
New steel or cast iron	130
Wood, Concrete	120
New Riveted Steel; vitrified	110
Old Cast Iron	100
Very Old and Corroded Cast Iron	80

Sumber: (Qasim, 2000)

Tabel 2. 2 Nilai K untuk Kehilangan Energi

Valve, Fittings, and Specials	K value
Entrance, suction bell (32 inc) 81 cm	0,004
90° elbow (24 in) 61 cm	0,3
Gate valve (24 in) 61 cm	0,19
Reduce (14 in) 35,5 cm	0,25
Check valve (20 in) 51 cm	2,5
90° elbow (20 in) 51 cm	0,3
Gate valve (20 in) 51 cm	0,19
Tee (20 in x 20 in) 50 cm x 50 cm	1,8

Tabel 2. 3 Faktor Minor Losses Bar

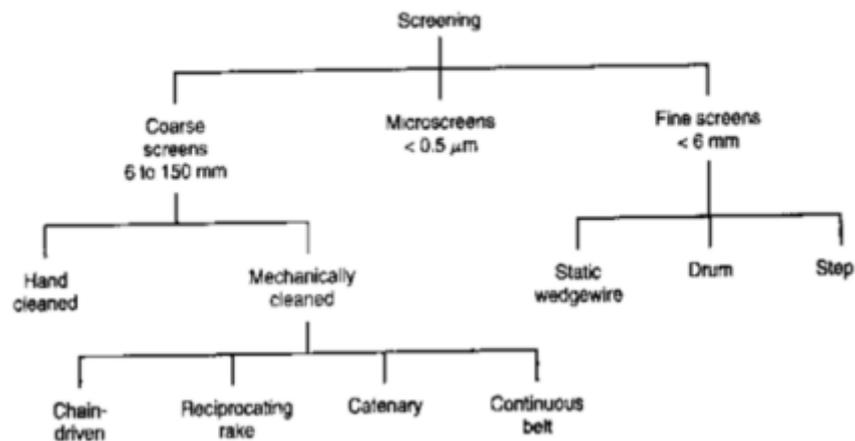
Bentuk Bar	Nilai Minor Losses (β)
Shaped edge rectangular	2,42
Rectangular with semicircular up stream face circular	2,83
Circular	1,79
Rectangular with semicircular up stream and down stream face	1,67
Tear Shape	0,76

Sumber: (Qasim, 2000)

b. Bar Screen

Penyaringan atau *screening* dilakukan pada tahap awal dalam pengolahan air limbah. Pada umumnya, tahap ini berfungsi untuk memisahkan benda-benda padat dalam air limbah, seperti kertas, plastik, kayu, kain, dan lainnya. Jika benda-benda ini tidak disaring, dapat

menyebabkan kerusakan pada sistem pompa, peralatan pemisah lumpur, serta jaringan perpipaan (Said, 2017). Tujuan dari unit ini adalah untuk menahan benda-benda padat berukuran besar yang terbawa dalam air limbah, sehingga tidak mengganggu dan mengurangi beban proses pada tahapan pengolahan berikutnya (Dirjen Cipta Karya, 2013).



Gambar 2. 8 Kriteria Screen

Sumber: (Metcalf & Eddy, 2003)

Screening terbagi menjadi tiga jenis. Alat-alat ini meliputi batang paralel, kawat atau kisi, kasa kawat, atau pelat berlubang dengan bukaan yang biasanya berbentuk lingkaran atau persegi panjang. Jenis *screen* yang terdiri dari batang paralel sering disebut "*bar rack*" atau *coarse screen* dan digunakan untuk menyaring padatan kasar (Metcalf & Eddy, 2003).

a. Coarse Screen

Penyaring kasar atau coarse screen digunakan untuk melindungi pompa, katup, saluran pipa, dan peralatan lainnya dari kerusakan atau tersumbat oleh sampah yang berukuran 6-150 mm. Pembersihan penyaring kasar dapat secara manual dengan memanfaatkan tenaga manusia atau dengan mekanis. Pembersihan secara manual biasanya dilakukan pada industri kecil ataupun sedang. Sampah padat yang berukuran sedang atau besar di saring dengan sederet baja yang diletakkan dan dipasang melintang arah aliran. Screening dengan

pembersihan secara mekanik, bahan nya terbuat dari stainless steel atau dari plastik.



Gambar 2. 9 Coarse Screen

Sumber: ([Inclined Mechanical Coarse Bar Screen For Municipal Wastewater Treatment - Buy Multi-rake Coarse Bar Screen, Multiple Rake Bar Screen Mechanical Wastewater Filtration, Mechanical Rotary Trash Rake Bar Screens Waste Water Treatment Plant Product on Alibaba.com](#))

b. Fine Screen

Fine screen atau penyaring halus berfungsi untuk menyaring partikel-partikel yang berukuran kurang dari 6 mm. Screen ini dapat digunakan untuk pengolahan pendahuluan (Pre-Treatment) maupun pengolahan pertama atau utama (Primary Treatment). Penyaring halus (Fine Screen) yang digunakan untuk pengolahan pendahuluan (Premilinary Treatment) adalah seperti, ayakan kawat 20 (static wedgewire), drum putar (rotary drum), atau seperti anak tangga (step type). Penyaring halus (Fine Screen) yang dapat digunakan untuk menggantikan pengolahan utama (seperti pada pengolahan pengendapan pertama/primary clarifier) pada instalasi kecil pengolahan air limbah dengan desain kapasitas mulai.



Gambar 2. 10 *Fine Screen*

Sumber: ([Fine Screens at Wastewater Treatment Plant' S Headworks Design Projects - China Fine Screening and Automatic Fine Screen \(made-in-china.com\)](#))

c. *Micro Screen*

Microscreens berfungsi untuk menyaring padatan halus, yang berukuran kurang dari $0,5 \mu\text{m}$. Prinsip dari microscreens ini adalah bahan padat kasar dihilangkan dengan sederet bahan baja yang diletakan dan dipasang melintang arah aliran. Kecepatan aliran harus lebih dari $0,3 \text{ m/detik}$, sehingga bahan padatan yang tertahan di depan tidak terjepit. Jarak antar batang adalah $20\text{-}40 \text{ mm}$ dan bentuk penampang batang tersebut persegi empat, dengan panjang berukuran $10 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$.



Gambar 2. 11 *Micro Screen*

Sumber : ([Microscreen - Hubert](#))

Adapun rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung screen pada bangunan pengolahan air limbah adalah sebagai berikut:

1. Jumlah Batang Kisi (n)

$$ws = (n+1) \times r + (n \times d)$$

Keterangan:

ws = lebar saluran (m)

n = jumlah batang

r = jarak antar kisi (m)

d = lebar kisi/bar (m)

2. Lebar bukaan screen (wc)

$$wc = ws - (n \times d)$$

Keterangan:

wc = lebar bukaan screen

n = jumlah batang

d = lebar kisi/bar (m)

3. Tinggi Kisi (γ)

$$\gamma = h + \text{freeboard}$$

Keterangan:

H = kedalaman/ketinggian kisi

4. Panjang Kisi (P)

$$P = \frac{\gamma}{\sin \alpha}$$

Keterangan:

α = kemiringan kisi

γ = tinggi kisi (m)

5. Jarak Kemiringan Kisi (x)

$$x = P \cdot \cos \alpha$$

Keterangan:

α = kemiringan kisi

P = panjang kisi (m)

6. Kecepatan Melalui Kisi (V_i)

$$V_i = \frac{Q}{wc \times h}$$

Keterangan:

Q = debit inlet air limbah

wc = lebar bukaan screen

h = tinggi muka air

7. Headloss pada Bar Screen

Saat non-clogging

$$H_f = \frac{1}{c} \times \left(\frac{V_{i1} - V_{i2}}{2 \times g} \right)$$

Saat clogging

$$H_f = \frac{1}{cc} \times \left(\frac{V_{i1} - V_{i2}}{2 \times g} \right)$$

c. Prasedimentasi

Prasedimentasi dapat 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 (vh), bilangan Reynold partikel, serta karakteristik aliran (Reynolds & Paul, 1996).

Bak Pengendap pertama (prasedimentasi) terdiri dari empat ruangan yaitu:

1. Zona Inlet

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

1. Debit tiap unit

$$Q = \frac{\text{Debit air baku}}{\text{jumalh unit}}$$

2. Luas permukaan

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

3. Dimensi saluran

$$A = W \times H$$

$$= W^2$$

$$W = \sqrt{A}$$

$$H_{\text{tot}} = H + F_b$$

4. Cek kecepatan

$$V_{\text{cek}} = \frac{Q}{A}$$

5. Cek bilangan Reynold

$$N_{RE} = \frac{\rho \times v \times L}{\mu}$$

6. Jari jari hidrolis

$$R = \frac{W \times H}{W + (2 \times H)}$$

7. Kemiringan dasar saluran

$$S = \left(\frac{n \times v}{R^{2/3}} \right)^2$$

8. Headloss saluran

$$H_f = n \times L$$

9. Cek bilangan Reynold

$$N_{RE} = \frac{\rho \times v \times L}{\mu}$$

2. Zona Pengendapan

Tempat terjadinya proses pengendapan atau pemisahan partikel diskrit pada air, dengan rumus yaitu:

1. Debit tiap unit

$$Q = \frac{\text{Debit air baku}}{\text{jumalh unit}}$$

2. Volume bak pengendapan

$$V = Q \times t_d$$

3. Luas permukaan

$$A = \frac{V}{H}$$

4. Dimensi bak pengendap

$$L = 2W$$

$$A = L \times W$$

$$= 2W \times W$$

$$= 2W^2$$

$$W = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

$$H_{\text{tot}} = H + \text{Freeboard}$$

5. Cek volume max

$$V_{\text{max}} = L \times W \times H_{\text{tot}}$$

6. Cek waktu detensi (td)

$$T_d \text{ cek} = \frac{V_{\text{max}}}{Q}$$

7. Kecepatan pengendapan partikel

$$\frac{V_s}{Q/A} = \text{nilai grafik}$$

8. Diameter partikel

$$D_p = \sqrt{\frac{V_s \times 18 \times v}{g(S_s - 1)}}$$

9. Jari jari hidrolis

$$R = \frac{W \times H}{W + (2 \times H)}$$

10. Massa jenis solid (ρ_s)

$$S_g = \frac{\rho_s}{\rho}$$

11. Kecepatan horizontal

$$V_h = \frac{Q}{W \times H}$$

12. Cek bilangan Reynold

$$N_{RE} = \frac{\rho \times v \times L}{\mu}$$

13. Cek bilangan Froude

$$N_{FR} = \frac{vh}{\sqrt{g \times H}}$$

14. Kecepatan penggerusan

$$V_{sc} = \sqrt{\frac{8 \times \beta \times g \times (sg-1) \times NFR}{f}}$$

15. Kemiringan dasar bak

$$S = 1\% \times L$$

3. Zona Lumpur

Tempat menampung material yang mengendap bersama lumpur, dengan rumus sebagai berikut:

1. Kekeruhan yang teremoval

Kekeruhan teremoval = %removal x kadar kekeruhan

2. Berat lumpur (Ws)

Ws = Q x TSS teremoval

3. Berat air

$$W_w = \frac{\text{kadar air dalam lumpur}}{\text{kadar padatan dalam lumpur}} \times W_s$$

Keterangan:

Ws = berat sludge (lumpur)

4. Berat jenis lumpur

$$\rho_s = (\text{berat jenis SS} \times 5\%) + (\text{berat jenis air} \times 95\%)$$

5. Volume Lumpur

$$V \text{ lumpur} = \frac{\text{berat lumpur} + \text{berat air}}{\text{berat jenis lumpur}} \times T_d$$

Keterangan:

Td = waktu detensi

6. Dimensi zona lumpur

a. Luas permukaan atas zona lumpur

$$A = L1 \times W1$$

b. Luas permukaan dasar zona lumpur

$$A = L2 \times W2$$

Keterangan:

A = luas zona

L = Panjang zona

W = lebar zona

H = tinggi zona

7. Cek volume zona lumpur

$$V = (A1 + A2) / 2 \times H$$

8. Debit lumpur pada pipa

$$Q_s = \frac{\text{volume lumpur}}{\text{periode pengurasan}}$$

9. Debit tiap pengurasan

$$Q_p = \frac{\text{volume lumpur}}{\text{waktu pengurasan}}$$

10. Luas permukaan pipa penguras

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

11. Diameter pipa penguras

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

4. Zona Outlet

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

1. Volume saluran pengumpul

$$V = Q \times T_d$$

2. Dimensi saluran

$$V = L \times W \times H$$

$$H_{\text{tot}} = H + \text{Freeboard}$$

Keterangan:

L = Panjang bak

W = lebar bak

H = tinggi bak

3. Jari jari hidrolis

$$R = \frac{L \times H}{L + (2 \times H)}$$

Keterangan:

W = lebar bak

H = tinggi bak

4. Luas penampang pipa

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

5. Diameter pipa

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{3,14}}$$

Keterangan:

A = Luas bak

6. Cek kecepatan (Vcek)

$$V_{\text{cek}} = \frac{\text{Debit air (Q)}}{\text{Luas penampang pipa (A)}}$$

Menurut Metcalf & Eddy (2003) terdapat beberapa kriteria yang perlu diperhatikan untuk mendesain unit prasedimentasi, antara lain yaitu detention time,

overflow rate, average flow, peak hourly flow, dan weir loading. Kriteria desain unit prasedimentasi dapat dilihat pada Tabel berikut

Tabel 2. 4 Kriteria Desain unit Prasedimentasi

Primary sedimentation tanks followed by secondary treatment						
<i>Detention time</i>	h	1,5-2,5	2	h	1,5-2,5	2
<i>Overflow rate</i>						
<i>Average flow</i>	<i>gal /ft².d</i>	800-1200	1000	m ² /m ³ .d	30-50	40
<i>Peak hourly flow</i>	<i>gal /ft².d</i>	2000-3000	2500	m ² /m ³ .d	80-120	100
<i>Weir loading</i>	<i>gal /ft².d</i>	10.000-40.000	20.000	m ² /m ³ .d	125-500	250
<i>Detention time</i>	h	1,5-2,5	2	h	1,5-2,5	2
<i>Overflow rate</i>						
<i>Average flow</i>	<i>gal /ft².d</i>	600-800	700	m ² /m ³ .d	24-32	28
<i>Peak hourly flow</i>	<i>gal /ft².d</i>	1200-1700	1500	m ² /m ³ .d	48-70	60
<i>Wier loading</i>	<i>gal /ft².d</i>	10.000-40.000	20.000		125-500	250

Sumber : (Metcalf & Eddy. 2003. page 398)

2.2.2 Pengolahan Pertama (Primary Treatment)

Pada proses pengolahan tahap pertama ini, proses yang terjadi yaitu secara fisika dan kimia. Pada proses ini bertujuan untuk menghilangkan zat padat yang tercampur melalui pengapungan dan pengendapan.

1. Aerasi

Aerasi adalah suatu proses penambahan udara ataupun 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).

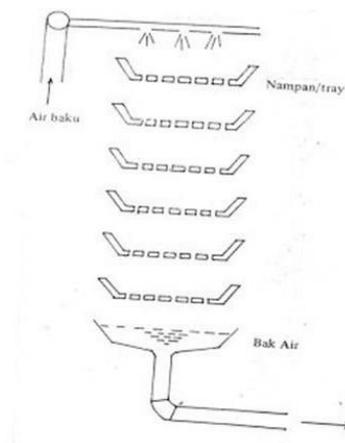
Tujuan dari proses aerasi adalah meningkatkan konsentrasi oksigen yang berada didalam air yang berguna dalam pengolahan air. Terjadi kontak antara air dan oksigen dikarenakan adanya penambahan udara dalam air pada proses aerasi sehingga dapat membentuk endapan $(OH)_3$, hal tersebut juga berlaku pada 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):



Jenis-jenis metode aerasi, antara lain:

1. *Waterfall aerator* (aerator air terjun)

Pengolahan aerasi dengan metode waterfall/multiple aerator seperti pada gambar, susunannya sangat sederhana dan tidak mahal serta memerlukan ruang yang kecil. Jenis aerator terdiri atas 4-8 tray dengan dasarnya penuh lubang-lubang pada jarak 30-50 cm. Melalui pipa berlobang 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 setaip tray berikutnya. Tray-tray ini bisa dibuat dengan bahan yang cocok seperti lempengan-lempengan abestos cement berlobang-lobang, pipa plastik yang berdiameter kecil atau lempengan yang terbuat dari kayu secara parallel.

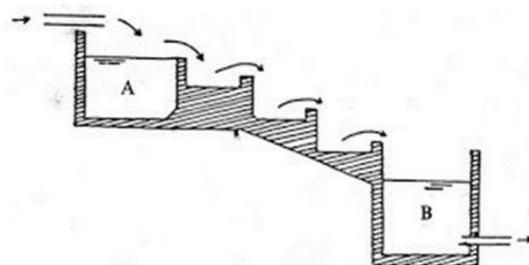


Gambar 2. 12 *Waterfall Aerator*

Sumber: ([Aerasi : Pengertian, Tujuan, dan Berbagai Macam Metoda Aerasi](#)
| [Informasi Kesling](#))

2. *Cascade Aerator*

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

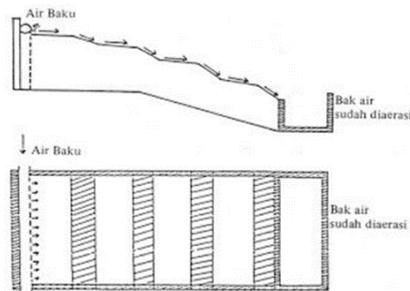


Gambar 2. 13 *Cascade Aerator*

Sumber: ([Aerasi : Pengertian, Tujuan, dan Berbagai Macam Metoda Aerasi](#)
| [Informasi Kesling](#))

3. *Submerged Cascade Aerator*

Aerasi tangga seperti pada gambar 2.16 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 meter luas.

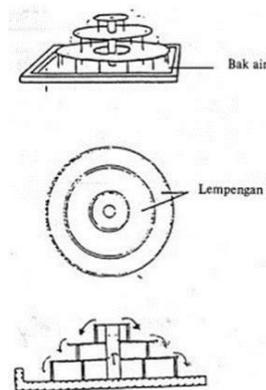


Gambar 2. 14 *Submerged Cascade Aerator*

Sumber: ([Aerasi : Pengertian, Tujuan, dan Berbagai Macam Metoda Aerasi](#)
| [Informasi Kesling](#))

4. *Multiple Plat Form Aerator*

Multiple Plat Form Aerator memakai prinsip yang sama, yaitu memiliki lempengan-lempengan untuk menjatuhkan air guna mendapatkan kontak secara penuh terhadap air.

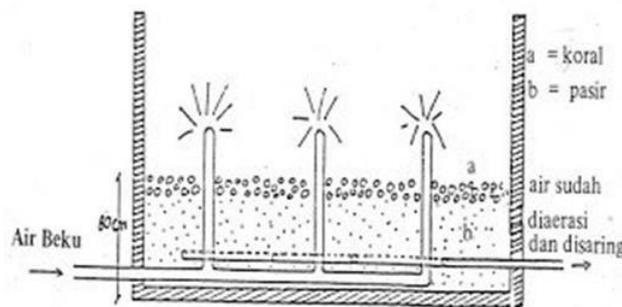


Gambar 2. 15 *Multiple Plat Form Aerator*

Sumber: ([Aerasi : Pengertian, Tujuan, dan Berbagai Macam Metoda Aerasi](#)
| [Informasi Kesling](#))

5. *Spray Aerator*

Spray Aerator terdiri atas *nozzle* penyemprot yang tidak bergerak (*stationary nozzles*) dihubungkan dengan kisi lempengan yang mana air disemprotkan ke udara di sekeliling pada kecepatan 5-7 m/detik. *Spray aerator* sederhana diperlihatkan pada gambar, dengan pengeluaran air ke arah bawah melalui batang-batang pendek dari pipa yang panjangnya 25 cm dan diameter 15- 20 mm. Piringan melingkar ditempatkan beberapa sentimeter di bawah setiap ujung pipa, sehingga bisa berbentuk selaput air tipis melingkar yang selanjutnya menyebar menjadi tetesan-tetesan yang halus. *Nozzle* untuk *spray aerator* bentuknya bermacam-macam, ada juga *nozzle* yang dapat berputar-putar.

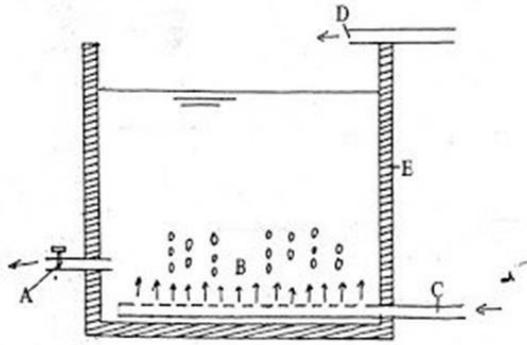


Gambar 2. 16 *Spray Aerator*

Sumber: ([Aerasi : Pengertian, Tujuan, dan Berbagai Macam Metoda Aerasi | Informasi Kesling](#))

6. *Bubble Aerator* (*Aerator* Gelembung Udara)

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



Gambar 2. 17 *Bubble Aerator*

Sumber: ([Aerasi : Pengertian, Tujuan, dan Berbagai Macam Metoda Aerasi | Informasi Kesling](#))

7. *Multiple Tray Aerator*

Multiple Tray Aerator terdiri dari suatu rangkaian bak yang disusun seperti rak (*tray*) dan dilubangi pada bagian dasarnya. Air dialirkan dari puncak berupa air terjun kecil yang kemudian didistribusikan secara merata pada masing-masing rak (*tray*) dan kemudian dikumpulkan pada suatu bak di bagian dasarnya (*collecting pans*). Pemerataan distribusi air diatas *tray* sangat penting untuk memperoleh efisiensi perpindahan gas secara maksimum. Media kasar seperti arang, batu atau bola keramik yang ukurannya berkisar antara 26 inch (5-15 cm) adalah sangat penting untuk digunakan, karena dapat meningkatkan efisiensi pertukaran gas, sebagai efek katalis dari mangan oksida.

Multiple tray aerator harus dilengkapi dengan sistem ventilasi yang cukup. Jika unit ini ditempatkan dalam suatu bangunan yang 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. 5 Desain Karakteristik Operasional Aerator

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
Aerator Gravitasi: Cascade	20-45% CO ₂	Tinggi: 1-3 m Luas: 85-105 m ² /m ² . det Kecepatan aliran: 0,3 m/det
Packing tower	>95% VOC >90% CO ₂	Diamer kolom maksimum: 3 m Beban hidrolis: 2000 m ³ /m ² . hari Kecepatan aliran: 0,3 m/det
Tray	>90% CO ₂	Kecepatan: 0,8-1,5 m ³ /m ² . menit Kebutuhan udara: 7,5 m ³ /m ³ . air Jarak rak (tray): 30-75 cm Luas: 50-160 m ² /m ³ . Det
Spray Aerator	70-90% CO ₂ 25-40 H ₂ S	Tinggi: 1-2,9 m Diameter nozzle: 2,5-4 cm Jarak nozzle: 0,6-3,6 m Debit nozzle: 5-10 l/det
Aerator Bedifusi	80% VOC ₈	Luas bak: 105-320 m ³ /m ² . det Tekanan semprotan: 70 kPa Waktu detensi: 10-30 menit Udara: 0,7-1,1 m ³ /m ² . air Tinggi kedalaman: 2,7-4,5 m Lebar: 3-9 m Lebar/kedalaman: <2 volume Maksimum: 150 m ³ Diameter lubang diffuser: 2-5 mm
Aerator mekanis	70-90% CO ₂ 25-40 H ₂ S	Waktu detensi: 10-30 menit Kedalaman tangki: 2-4 m

Sumber: (Qasim et al., 2000)

Berikut merupakan rumus yang diperlukan dalam merancang unit aerasi:

1. Debit tiap bak (Q)

$$Q = \frac{\text{Debit air baku (Q)}}{\text{Jumlah bak}}$$

2. Volume bak aerasi (V)

$$V = Q \times t_d$$

3. Dimensi bak aerasi

- Luas Bak Aerasi

$$A = (V)/(H \text{ total})$$

- Lebar Bak Aerasi

$$V = L \times W \times H$$

- Panjang Bak Aerasi

$$L = 2W$$

4. Kedalaman H total

$$H \text{ total} = H + \text{Freeboard}$$

$$= H + (20\% \times H)$$

5. Jari – Jari Hidrolis

$$R = \frac{W \times H}{W + (2 \times H)}$$

6. Pipa Outlet

- Luas Penampang Pipa Outlet

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

- Diameter Pipa Outlet

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

7. Kebutuhan udara untuk menghilangkan TDS dan Kekeruhan

- Beban TDS

$$\text{Beban TDS} = Q \times \text{total TDS yang disisihkan}$$

- Beban Kekeruhan

$$\text{Beban Kekeruhan} = Q \times \text{total Kekeruhan yang disisihkan}$$

- Beban BOD

$$\text{Beban BOD} = Q \times \text{total BOD yang disisihkan}$$

- Beban COD

$$\text{Beban COD} = Q \times \text{total BOD yang disisihkan}$$

- Beban Total

Total Beban = Beban TDS + Beban Kekerkuhan + Beban BOD + Beban COD

- Jumlah Kebutuhan Udara Teoritis

Jumlah kebutuhan udara teoritis = Beban total x Faktor keamanan

- Kebutuhan udara

$$\text{Kebutuhan udara} = \frac{\text{Kebutuhan udara teoritis}}{\text{Berat udara x jumlah oksigen}}$$

- Kebutuhan Udara Sebenarnya

$$\text{Kebutuhan udara sebenarnya} = \frac{\text{Kebutuhan udara}}{\text{Efisiensi difuser}}$$

- Cek Rasio Volume Udara / Volume Limbah

$$\text{Cek Rasio} = \frac{V \text{ udara}}{V \text{ air limbah}}$$

8. Luas Tiap *Plate Disk*

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

9. Jumlah Plate yang dibutuhkan

$$N = \frac{A}{\text{Service Area}}$$

10. Jarak Horizontal Antar Disk (*Sh*)

$$Sh = \frac{\text{Panjang} - (\text{Jumlah disc} \times \text{diameter})}{\text{Jumlah lubang} + 1}$$

11. Jarak Vertikal Antar Disk (*Sv*)

$$Sv = \frac{\text{Lebar} - (\text{Jumlah disc} \times \text{diameter})}{\text{Jumlah lubang} + 1}$$

12. Cek Volume (*V check*)

$$V = L \times W \times H_{\text{total}}$$

13. Cek waktu detensi (*td check*)

$$T_d = \frac{V}{Q} = \frac{20,808 \text{ m}^3}{0,013 \text{ m}^3/\text{s}}$$

2. Koagulasi

Koagulasi didefinisikan sebagai proses destabilisasi muatan koloid padatan tersuspensi termasuk bakteri dan virus dengan suatu koagulan, sehingga terbentuk

flok-flok halus yang dapat diendapkan. Koagulan atau flokulan sibubuhkan

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 2.6 dapat dilihat berbagai macam koagulan yang umum digunakan dalam pengolahan air.

Tabel 2. 6 Jenis-Jenis Koagulan

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan Air	pH Optimum
Aluminium Sulfat	$Al_2(SO_4)_3 \cdot X H_2O$ X = 14,16,18	Bongkah, bubuk	Asam	6,0-7,8
Sodium aluminat	$Na_2Al_2O_4$	Bubuk	Basa	6,0-7,8
Polyaluminium Chloride, PAC	$Al_n(OH)_mCl_{3-n-m}$	Cairan, bubuk	Asam	6,0-7,8
Ferric 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

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

2. Pengaruh Temperatur

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

3. Dosis Koagulan

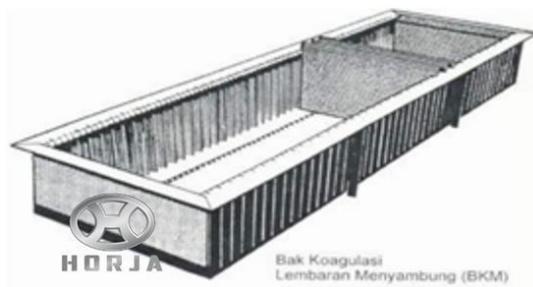
Air dengan kekeruhan yang tinggi memerlukan dosis koagulan yang lebih banyak. Dosis koagulan persatuan unit kekeruhan rendah, akan lebih kecil dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan yang tinggi, kemungkinan terjadinya tumbukan antara partikel akan berkurang dan netralisasi muatan tidak sempurna,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

4. Pengadukan (mixing)

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

5. Pengaruh Garam

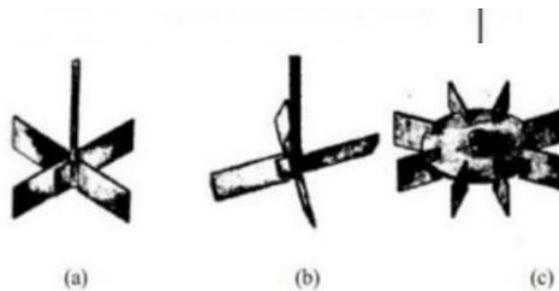
Garam dapat mempengaruhi proses penggumpalan. Pengaruh yang diberikan akan berbeda bergantung dengan macam garam (ion) dan konsentrasinya. Semakin besar valensi ion, semakin besar pengaruhnya terhadap koagulan. Penggumpalan dengan garam Fe dan Al akan banyak dipengaruhi oleh anion dibanding dengan kation.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



Gambar 2. 18 Bak Koagulasi

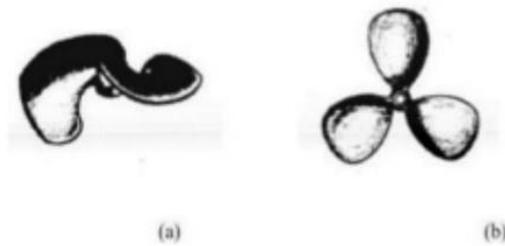
Sumber: ([Bak Koagulasi Lembaran Menyambung \(BKM\) | Pabrikasi Alat dan Mesin Pertanian \(alatpertanian.net\)](#))

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



Gambar 2. 19 Tipe Paddle: a) Tampak atas; b) Tampak samping

Gambar 2. 20 Tipe Turbin: a) Paddle; b) Propeller; c) Turbin



Gambar 2. 21 Tipe Propeller: a) 2 Blade; b) 3 Blade

Sumber: (Qasim, 2000)

Tabel 2. 7 Kriteria Impeller

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

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996:185)

Tabel 2. 8 Konstanta KL dan KT untuk tangki berserat

Jenis Impeller	KL	KT
Propeller, pitch of 1, 3 blades	41,0	0,32
Propeller, pitch of 2,3 blades	43,5	1,00
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	60,0	5,31
Turbine, 6 flat blades, vaned disc	65,0	5,75
Turbine, 6 curved blades	70,0	4,80
Fan turbine, 6 blades at 45°	70,0	1,65
Shrouded turbine, 6 curved blades	97,5	1,08
Shrouded turbine, with stator, no baffles	172,5	1,12

Jenis Impeller	KL	KT
Flat paddles, 2 blades (single paddles), Di/Wi=4	43,0	2,25
Flat paddles, 2 blades, Di/Wi=6	36,5	1,70
Flat paddles, 2 blades, Di/Wi=8	33,0	1,15
Flat paddles, 4 blades, Di/Wi=6	49,0	2,75
Flat paddles, 6 blades, Di/Wi=8	71,0	3,82

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996:188)

3. Flokulasi

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

1. Mikroflukasi (*flokulasi perikinetik*) terjadi ketika partikel teragregasi karena Gerakan termal acak dari molekul-molekul cairan yang disebut *Brownian Motion*.
2. Makroflokulasi (*flokulasi ortokinetik*) terjadi ketika partikel teragregasi karena adanya peningkatan gradien-gradien kecepatan dan pencampuran dalam media. Bentuk lain dari makroflokulasi disebabkan oleh pengendapan diferensial, yaitu ketika partikel-partikel besar menarik partikel-partikel kecil membentuk partikel-partikel yang lebih besar. Makroflokulasi belum efektif sampai partikel-partikel koloid mencapai ukuran 1-10 μm melalui kontak yang didorong oleh *Brownian Motion* dan sedikit pencampuran. (Kristijarti et al., 2013).

Pengadukan lambat (agitasi dan stirring) digunakan dalam 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 21000. 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 antara lain:

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

(Masduqi & Assomadi, 2012:110)

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

- Gradien kecepatan (G)
- *Headloss* saluran (Hf)
- Jumlah sekat/*baffle* (n) untuk *around the end*

Berikut merupakan rumus yang diperlukan dalam merancang unit flokulasi dengan pengadukan hidrolis:

1. Waktu detensi total

$$T_d \text{ total} = \sum T_d \text{ kompartmen}$$
2. Volume bak total

$$V_{\text{tot}} = Q \times T_d \text{ total}$$
3. Dimensi

$$V = P \times L \times H$$

$$H \text{ total} = H + F_b$$
4. Jari-jari hidrolis

$$R = \frac{L \times H}{L + 2H}$$
5. Lebar tiap kompartmen

$$L = \frac{L}{3}$$
6. Kompartmen X

Headloss

$$H_f = \frac{\mu \times t_d}{\rho \times g} \times G^2$$

Jumlah baffle

$$n = \left[\left(\frac{2 \times \mu \times t_d}{\rho (1,44 + f)} \right) \left(\frac{h \times P \times G}{Q} \right)^2 \right]^{1/3}$$

Jarak antar baffle

$$s = \frac{\text{Panjang}}{n + 1}$$

Jari-jari hidrolis

$$R = \frac{L \times H}{L + 2H}$$

Kecepatan Kompartemen

$$v_1 = \frac{Q}{H \times s}$$

Cek Nre

$$N_{re} = \frac{(v \times R)}{\mu}$$
7. Headloss total

$$H_f = H_f \text{ I} + H_f \text{ II} + H_f \text{ III}$$

$$= 0,04 \text{ m} + 0,02 \text{ m} + 0,01 \text{ m}$$

$$= 0,07 \text{ m}$$

8. Kemiringan dasar bak
s

$$= \frac{H_f \text{ total}}{P}$$

9. Cek Nre
Nre

$$= \frac{(v \times R)}{\mu}$$

10. Cek Nfr
Nfr

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

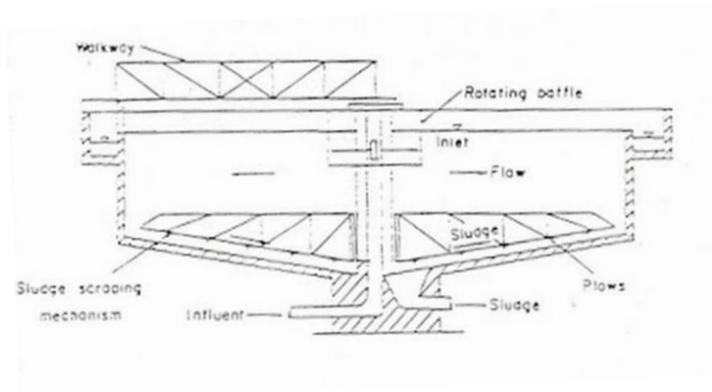
11. Pipa inlet dan outlet
D

$$= \left(\frac{Q}{v \times 1/4 \times \pi} \right)^{1/2}$$

4. Sedimentasi

Sedimentasi adalah pemisahan padatan dari 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:

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



Gambar 2. 22 Bak Sedimentasi

Sumber: ([Makalah PAM Sedimentasi - Cara Cararaaa](#))

Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas.

Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah:

1. Pengendapan Tipe I (*Free Settling*).
2. Pengendapan Tipe II (*Flocculent Settling*).
3. Pengendapan Tipe III (*Zone/Hindered Settling*).
4. Pengendapan Tipe IV (*Compression Settling*).

Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat empat zona:

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

Adapun zona-zona tersebut dapat digambarkan seperti di bawah ini, Dimana pada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut:

1. Zona Inlet
Pada zona inlet terjadi distribusi aliran yang menuju zona settling ($\pm 25\%$ panjang bak)
2. Zona Settling
Pada zona settling terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya

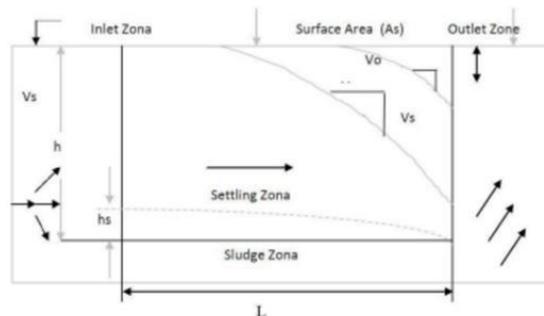
3. Zona Sludge

Zona sludge merupakan ruang lumpur, dimana konfigurasi dan kedalamannya tergantung pada metode pengurasan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel 75% mengendap pada 1/5 volume bak.

4. Zona Outlet

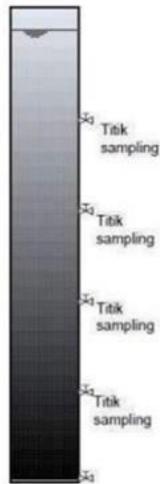
Zona outlet menghasilkan air yang jernih tanpa suspensi yang ikut terbawa.

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.



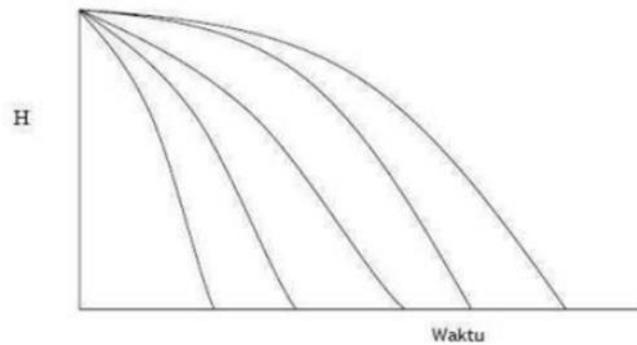
Gambar 2. 23 Zona pada Bak Sedimentasi

Sumber: (Al Layla, *Water Supply Engineering Design*)



Gambar 2. 24 Kolom Test Sedimentasi Tipe II

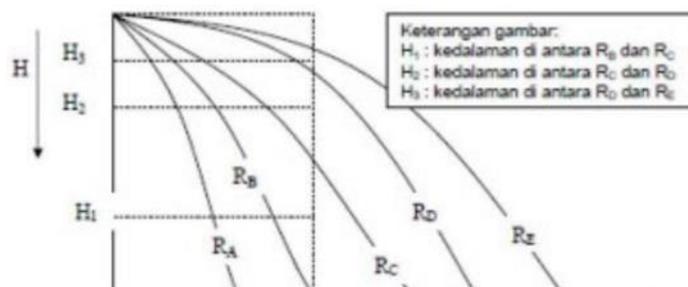
Sumber: (Al Layla, *Water Supply Engineering Design*)



Gambar 2. 25 Grafik Iso-removal

Sumber: (Al Layla, *Water Supply Engineering Design*)

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. 26 Penentuan Kedalaman (H) dan Seterusnya

Sumber: (Al Layla, *Water Supply Engineering Design*)

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 mendisian bak pengendap (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 overflow rate, faktor *scale up* yang digunakan pada umumnya adalah 0,65 (Reynold dan Richards, 1996). Ada dua jenis bak sedimentasi yang biasa digunakan:

1. *Horizontal - flow Sedimentation*

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

lumpur mekanik.

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

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

2. *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.

2.2.3 **Pengolahan kedua (Secondary-treatment)**

Menurut (Sugiharto, 1987), pada proses pengolahan tahap kedua ini, proses yang terjadi yaitu secara biologis. Pada proses ini bertujuan untuk mengurangi bahan-bahan organik melalui mikroorganisme yang ada di dalamnya. Pada proses ini dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain jumlah air limbah, tingkat kekotoran, jenis kekotoran, dan lain sebagainya.

a. 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.

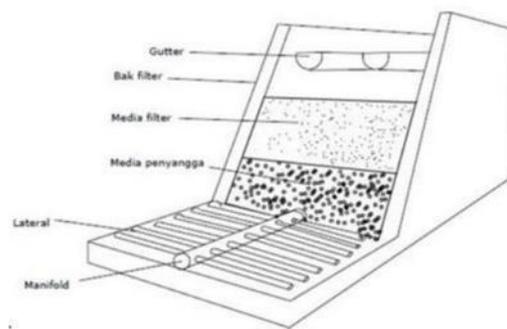
Beberapa faktor yang berkontribusi di dalam proses removal filter adalah sebagai berikut:

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 d. Proses adsorpsi atau proses elektrokinetik
4. Proses koagulasi di dalam filter
5. Proses biologis di dalam filter
6. Penggabungan zat-zat koloid di dalam filter

Terdapat beberapa macam jenis filter modifikasi yang telah digunakan di mancanegara, antara lain rapid sand filter, slow sand filter, pressure sand filter, multiple media filters, diatomaceous earth filters, upflow filters dan lain sebagainya. Menurut Al-Layla pada tahun 1980, 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 $4-5 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hr}$ (namun terkadang laju filtrasinya dapat lebih dari $6 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hr}$).

Ukuran pasir efektif yang digunakan pada filter ini berkisar antara 0,45-0,55 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 80cm. Proses backwash pada rapid sand filter berbeda dengan slow sand filter. Pada rapid sand filters waktu backwash ditentukan dari headloss filter saat itu.

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 2.29 dapat dilihat bagian-bagian filter.



Gambar 2. 27 Bagian-bagian filter

Sumber: (*Reynolds & Richard, 1996*)

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.

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 mm
- Dual media: UC = 1,4-1,9
ES = 0,5-0,7 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 berikut

Tabel 2. 9 Kriteria 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	Tanpa/dengan blower & atau surface wash	Tanpa/dengan blower & atau surface wash
	Kecepatan (m/jam)	36-50	36-50
	Lama pencucian (menit)	10-15	10-15
	Periode antara dua pencucian (jam)	18-24	18-24
	Ekspansi (%)	30-50	30-50

No.	Unit	Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan
3.	Dasar filter		
	Lapisan penyangga dari atas ke bawah		
	Kedalaman (mm)	80-100	80-100
	Ukuran butir (mm)	2-5	2-5
	Kedalaman (mm)	80-100	80-100
	Ukuran butir (mm)	5-10	5-10
	Kedalaman (mm)	80-100	80-100
	Ukuran butir (mm)	10-15	10-15
	Kedalaman (mm)	80-150	80-150
	Ukuran butir (mm)	15-30	15-30
	Filter Nozel		
	Lebar slot nozel (mm)	<0,5	<0,5
Presentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)	>4%	>4%	

Sumber: (SNI 6774-2008)

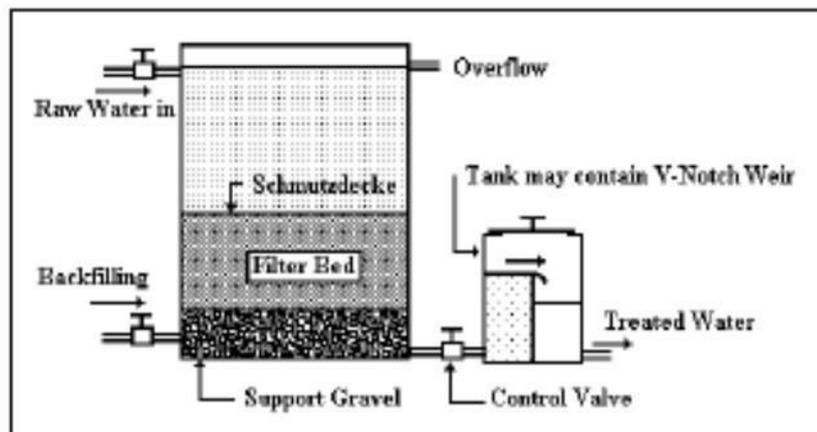
2. Filter Pasir Lambat

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 berikut.

Tabel 2. 10 Kriteria Filter Pasir Lambat

Kriteria	Nilai/Keterangan
Kecepatan filtrasi	0,1 -0,4 m ³ /jam
Ukuran bed	Besar,2000 m ²
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 di permukaan 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
Harga	Rp1.700.000,00

Sumber: (Schulz & Okun, 1984)



Gambar 2. 28 Filter Pasir Lambat

Sumber: (BAB II 62.pdf (undip.ac.id))

3. Filter Bertekanan (*Pressure Filter*)

Pada dasarnya Filter bertekanan (*pressure filter*) 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 2.12.

Tabel 2. 11 Kriteria Filter Pasir Bertekanan

No.	Unit	Nilai/Keterangan
1.	Kecepatan penyaringan (m/jam)	12-33
2.	Pencucian: Sistem pencucian Kecepatan (m/jam) Lama pencucian (menit) Periode antara dua pencucian (jam) Ekspansi (%)	Tanpa atau dengan <i>blower</i> & atau <i>surface wash</i> 72-198 - - 30-50
3.	Media pasir Tebal (mm) Single media Media ganda Ukuran efektif (ES) mm Koefisien keseragaman (UC) Berat jenis (kg/L) Porositas Kadar SiO ₂	300-700 600-700 300-600 - 1,2-1,4 2,5-2,65 0,4 >95%
4.	Media antrasit Tebal (mm) ES (mm) (UC) Berat jenis (kg/L) Porositas	400-500 1,2-1,8 1,5 1,35 0,5

No.	Unit	Nilai/Keterangan
5.	Dasar Filter	
	Nozel	
	Lebar slot nozel (mm)	<0,5
	Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)	>4%

Sumber: (SNI 6774-2008)

4. Hidrolika Pencucian (*Backwash*)

Apabila hidrolika pencucian (*Backwash*) 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 :

1. Menggunakan menara air
2. Interfilter

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

A. Zona Inlet

1. Debit Saluran pembawa (Q_s)

$$Q_s = \frac{Q}{n}$$

2. Luas Permukaan (A)

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

3. Dimensi saluran

Asumsi perbandingan L:H =1:2

$$A = B \times H$$

$$H = \sqrt{\frac{A}{2}}$$

$$B = 2H$$

$$H_{\text{total}} = H + F_b$$

4. Volume

$$V = Q \times t_d$$

5. Diameter

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

6. Cek Kecepatan (Vcek)

$$V_{\text{cek}} = \frac{Q}{A}$$

7. Jari-jari Hidrolis

$$R = \frac{\text{Luas Keliling Basah}}{\text{Keliling Penampang Basah}}$$

$$R = \frac{B \times H}{B + 2H}$$

8. Sloope

$$S = \left(\frac{n \times v}{R^{2/3}} \right)^2$$

9. Headloss Saluran

$$H_f = S \times L$$

10. Kehilangan tekanan pada pintu air

$$H = \sqrt[3]{\frac{Q \times 3}{2 \times C_d \times B \times H^{3/2} \times \sqrt{2 \times 9,81}}}$$

$$H_{\text{bukaan pintu}} = H_{\text{dinding}} - H$$

B. Bak Filtrasi

1. Debit saluran pembawa (Qs)

$$Q_s = \frac{Q}{n}$$

2. Luas Permukaan (A)

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

3. Dimensi saluran (W : L = 1 : 2)

$$A = W \times L$$

$$L = 2 \times W$$

C. Kehilangan Tekanan Media Filtrasi

a. Antrasit, Pasir, dan Garnet

1. Nilai bilangan Reynold (Nre)

$$Nre = \frac{\text{Shape factor } (\emptyset) \times \text{massa jenis } (\rho) \times \text{diameter } (d) \times \text{Kec.filtrasi } (Va)}{\text{Viskositas dinamik } (\mu)}$$

2. Koefisien drag (Cd)

$$Cd = \frac{24}{Nre} + \frac{3}{\sqrt{Nre}} + 0,34$$

3. Kehilangan tekanan (H₁)

$$H_1 = \frac{1.067}{\emptyset} + \frac{d}{g} + \frac{(Va^2)}{(g^4)} + \frac{Cd}{d}$$

D. Backwash

a. Antrasit, Pasir, dan Garnet

1. Nilai bilangan Reynold (Nre)

$$Nre = \frac{\text{Shape factor } (\emptyset) \times \text{massa jenis } (\rho) \times \text{diameter } (d) \times \text{Kec.filtrasi } (Va)}{\text{Viskositas dinamik } (\mu)}$$

2. Koefisien drag (Cd)

$$Cd = \frac{24}{Nre} + \frac{3}{\sqrt{Nre}} + 0,34$$

3. Kecepatan pengendapan partikel (Vs)

$$Vs = \left(\frac{4 \times g}{3 \times Cd} \times (Sg - 1) \times d \right)^{1/2}$$

4. Kecepatan backwash (Vb)

$$Vb = Vs \times \varepsilon^{4,5}$$

5. Debit backwash (Qb)

$$Qb = Vb \times 1000 \text{ L/m}^3$$

6. Kehilangan tekanan awal backwash (H_L)

$$H_L = (Sg - 1) \times (1 - \varepsilon) \times D$$

7. Tinggi ekspansi media (Le)

$$Le = D \times \frac{(1-d)}{\left(1 - \frac{Va^{0,22}}{Vs}\right)}$$

E. Sistem Manifold

a. Pipa Manifold

1. Luas Penampang pipa

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

2. Diameter pipa manifold

$$D_m = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

3. Cek kecepatan aliran pipa

$$V_{cek} = \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}$$

4. Panjang pipa manifold

$$L_m = \text{Panjang bak filtrasi}$$

b. Pipa Lateral

1. Diameter pipa lateral

$$D_L = \frac{1}{3} \times D_m$$

2. Luas penampang pipa

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D_L^2$$

3. Debit tiap pipa lateral

$$Q_L = V \times A$$

4. Jumlah pipa lateral

$$n = \frac{Q}{Q_L}$$

5. Jumlah lateral tiap sisi

$$n = \frac{\text{Jumlah pipa lateral}}{2}$$

6. Cek debit lateral

$$Q_{cek} = \frac{Q}{\text{jumlah pipa lateral}}$$

7. Panjang pipa lateral

$$L_L = \frac{\text{Lebar bak} - D_m \times (2 \times D_L)}{2}$$

c. Orifice

1. Luas lubang orifice

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D_o^2$$

2. Jumlah lubang orifice tiap bak filter

$$v = \frac{0,0025 \times \text{Luas penampang bak filtrasi}}{\text{luas lubang orifice}}$$

3. Jumlah orifice tiap pipa lateral

$$n = \frac{\text{Jumlah lubang orifice}}{\text{jumlah pipa lateral}}$$

F. Pipa Outlet

1. Luas penampang pipa

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D_m^2$$

2. Kecepatan aliran pipa outlet

$$v = \frac{\text{debit tiap bak filtrasi (Q)}}{\text{luas penampang pipa (A)}}$$

3. Headloss mayor pipa outlet (Hf mayor)

$$Hf \text{ mayor} = \frac{10,7 \times (Q)^{1,852}}{(C)^{1,852} \times (D)^{4,87}}$$

4. Head kecepatan pipa outlet (Hv)

$$Hv = \frac{v^2}{2 \times g}$$

5. Headloss minor pipa outlet (Hf minor)

$$Hf = K \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$Hf \text{ minor} = Hf \text{ elbow } 90^\circ + Hf \text{ gate valve} + Hf \text{ tee}$$

6. Headloss total pipa outlet (Hf total)

$$Hf \text{ total} = Hf \text{ mayor} + Hf \text{ minor}$$

G. Volume Air untuk Pencucian

1. Luas bak filtrasi

$$A = \text{Panjang bak (L)} \times \text{Lebar bak (W)}$$

2. Volume air untuk backwash

$$V_{bw} = A \times v \times t_{bw}$$

3. Debit backwash

$$Q_{bw} = \frac{v_{bw}}{t_{bw}}$$

H. Saluran Pelimpah (Gutter)

1. Kedalaman air pada gutter (H_o)

$$H_o = 1,73 \times \left(\frac{Q^2}{g \times W}\right)^{1/3}$$

2. Lebar gutter

$$W_w = 1,5 \times H_o$$

3. Tinggi gutter

$$H_w = H_o + (F_b \times H_o)$$

I. Tinggi Bak Filtrasi

1. Tinggi bak filtrasi

$$H = \text{tinggi ekspansi media} + \text{tinggi total gutter} + \text{diameter pipa manifold}$$

2. Tinggi total bak filtrasi

$$H_{\text{tot}} = H + (F_b \times H)$$

J. Ruang Penampung Backwash

1. Lebar bak penampung

$$W = (2 \times H_{\text{total}}) + \text{diameter pipa manifold}$$

2. Panjang bak penampung

$$V_{\text{total}} = \text{Lebar (W)} \times H_{\text{total}} \times L$$

K. Pipa Drain Backwash

1. Luas penampang pipa

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

2. Diameter pipa drain

$$D_d = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

3. Cek kecepatan aliran pipa

$$V_{cek} = \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}$$

2.2.4 Pengolahan Tersier (*Tertiary Treatment*)

Menurut (Sugiharto, 1987), pada proses pengolahan ini adalah kelanjutan dari pengolahan terdahulu, oleh karena itu pengolahan jenis ini akan digunakan apabila pada pengolahan pertama dan kedua, banyak zat tertentu yang masih berbahaya bagi masyarakat umum. Pengolahan ketiga ini merupakan pengolahan secara khusus sesuai dengan kandungan zat yang terbanyak dalam air limbah, biasanya dilaksanakan pada pabrik yang menghasilkan air limbah khusus diantaranya yang mengandung fenol, nitrogen, fosfat, bakteri patogen dan lainnya. Unit pengolahan tersier ini terdiri dari:

a. 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 disinfeksi 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 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 desinfeksi yang digunakan adalah kaporit, bromin klorida, gas klor, gas iod, ozon dan Kalium Permanganat. Kemampuan disinfeksi dalam pengolahan air minum adalah:

1. Menghilangkan bau.

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

Macam-macam faktor yang mempengaruhi efisiensi desinfeksi adalah:

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

Dalam perancangan kali ini, kami menggunakan metode desinfeksi dengan gas klor. Metode ini bertujuan untuk mengoksidasi logam-logam, membunuh mikroorganisme seperti plankton dan juga membunuh spora dari lumut, jamur, dan alga. Konsentrasi yang diberikan adalah 2-3 gr/m³ air, tergantung pada turbiditas air (Benny, 2008).

Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih besar dari aerasi, dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik pada 8-8. Oksidasi besi membutuhkan waktu 15-30 menit. Pada umumnya proses standar penurunan Fe dan Mn menggunakan koagulasi dengan alum, flokulasi, pengendapan, dan filtrasi dengan didahului proses preklorinasi. Dosis sisa klor yang dianjurkan 0,2-0,5 mg/l (Said, 2009).

Perlu dilakukan percobaan Daya Pengikat *Chlor* (DPC) untuk mengetahui dosis senyawa *chlor* (Cl₂) yang dibutuhkan oleh air untuk proses desinfeksi (membunuh bakteri). Daya Pengikat *Chlor* ditentukan cara selisih antara chlor yang dibubuhkan dengan sisa chlor setelah kontak setelah kontak selama 30 menit (Sawyer et al., 2003). Berikut adalah berbagai macam desinfeksi dengan metode yang berbedabeda 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

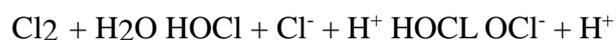
oleh pH air, sedangkan klorin sangat bergantung pada pH air. Mekanisme produksi ozon adalah eksitasi dan percepatan electron yang tidak beraturan dalam medan listrik tinggi. O₂ berarus bolak-balik melewati media arus listrik yang tinggi akan menghasilkan lompatan electron yang bergerak pada elektroda 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

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

A. Kebutuhan Klor

1. Kebutuhan Klor

Keb. Klor = Dosis klor x debit air baku (Q)

2. Kebutuhan kaporit

$$\text{Keb. Kaporit} = \frac{100\%}{60\%} \times \text{kebutuhan klor}$$

3. Debit kaporit

$$Q \text{ kaporit} = \frac{\text{Kebutuhan kaporit}}{\text{densitas}}$$

4. Debit air

$$Q \text{ air} = \frac{100\% - 5\%}{50\%} \times Q \text{ kaporit}$$

5. Debit larutan

$$Q \text{ larutan} = Q \text{ kaporit} + Q \text{ air}$$

6. Volume bak

$$\text{Volume bak} = Q \text{ larutan} \times \text{periode pelarutan}$$

7. Dimensi

$$H \text{ total} = H \text{ air} + (\text{Fb} \times H \text{ air})$$

$$\text{Volume} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times h$$

Keterangan:

Fb = Freeboard

D = diameter bak

h = tinggi bak

B. Pengadukan

1. Power

$$P = G^2 \times \mu \times \text{volume bak}$$

Keterangan:

G = gradien kecepatan

μ = viskositas absolut

2. Diameter paddle

$$D_i = \left(\frac{P \times g}{K T \times n^3 \times \rho} \right)^{1/5}$$

3. Cek Nre

$$N_{re} = \frac{D_i^2 \times n \times \rho}{\mu}$$

Keterangan:

Di = diameter impeller

n = kecepatan putaran propeller

p = massa jenis klor

μ = viskositas absolut

4. Tinggi impeller dari dasar

Tinggi impeller = 1 x Di

Keterangan:

Di = diameter impeller

5. Debit penetesan

$$Q \text{ penetesan} = \frac{\text{Volume}}{\text{Waktu}}$$

6. Diameter pipa injeksi

$$D \text{ pipa injeksi} = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times v}}$$

Keterangan:

Q = debit air

v = kecepatan aliran pipa

7. Cek kecepatan

$$V_{\text{cek}} = \frac{Q}{A}$$
$$= \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}$$

Keterangan:

Q = debit air

D = diameter pipa

8. Dosing pump

$$\text{Dosing pump} = \frac{\text{Debit kaporit} \times \rho}{60}$$

b. 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

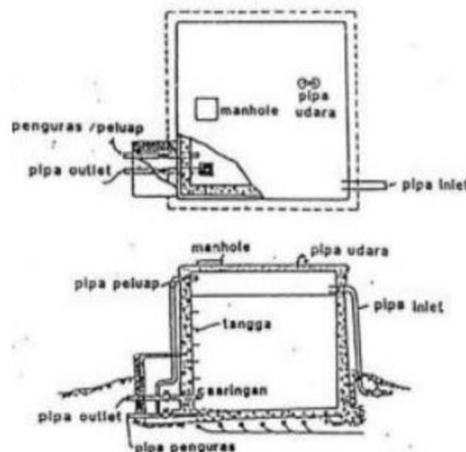
baik.

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. 29 Reservoir Permukaan

Sumber: (BPSDM PU)

2. Reservoir Menara (*Elevated Reservoir*)

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



Gambar 2. 30 Reservoir Menara

Sumber: (BPSDM PU)

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. 31 Reservoir Tangki Baja

Sumber: ([Qdhy Tangki Reservoir Penyimpanan Air Baja,Kaca Menyatu Dengan Tangki Baja Dirakit Berenamel - Buy Water Reservoir Storage Tank,Pvc Water Storage Tank,50 M3 Water Storage Tank Product on Alibaba.com](#))

2. Reservoir Beton Cor

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



Gambar 2. 32 Reservoir Beton Cor

Sumber: ([Aplikasi dan Fungsi Ground Tank Beton Berikut Pemeliharaan | Supplier Beton Cor \(readymix.co.id\)](#))

3. Reservoir Fiberglass

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



Gambar 2. 33 Reservoir Fiberglass

Sumber: (<http://www.pancawira.com/reservoir.html>)

2.2.5 Pengolahan lumpur (*Sludge-treatment*)

Dari pengolahan air limbah maka didapatkan hasil berupa lumpur yang perlu diadakan pengolahan secara khusus agar lumpur tersebut tidak mencemari lingkungan dan dapat dimanfaatkan kembali untuk keperluan kehidupan. Sludge dalam disposal sludge memiliki masalah yang lebih kompleks. Hal ini disebabkan karena:

1. Sludge sebagian besar dikomposisi dari bahan-bahan yang responsibel untuk menimbulkan bau.
2. Bagian sludge yang dihasilkan dari pengolahan biologis dikomposisi dari bahan organik.
3. Hanya sebagian kecil dari sludge yang mengandung solid (0.25% - 12% solid). Tujuan utama dari pengolahan lumpur adalah:

1. Mereduksi kadar lumpur
2. Memanfaatkan lumpur sebagai bahan yang berguna seperti pupuk dan sebagai penguruk lahan yang sudah aman.

Terdapat berbagai macam jenis pengolahan lumpur yang digunakan dalam industri-industri saat ini. Banyak hal yang perlu dipertimbangkan dalam memilih pengolahan lumpur yang sesuai dengan kuantitas lumpur yang dibuang, salah satu pertimbangan yang paling

penting yaitu efektifitas pengolahan lumpur dan waktu yang tidak terlalu lama dalam proses pengolahan lumpur. Berdasarkan hal tersebut, salah satu jenis pengolahan yang dapat digunakan yaitu belt-filter press, yang selengkapnya akan dijelaskan dibawah ini:

a. Screw Press

Mesin Dewatering Screw Press (DSP) merupakan teknologi mesin yang dirancang untuk pengentalan dan pengeringan lumpur cair lebih efisien yang berasal dari proses pengolahan air limbah kota dan industri (IPAL). Aplikasi khas untuk instalasi pengolahan air limbah termasuk pengeringan lumpur aktif limbah (WS) yang kental atau tidak kental, lumpur yang dicerna dari proses aerobik atau anaerobik, dan lumpur flotasi udara terlarut (DAF).

Sistem Screw Press terdiri dari tangki reaksi flokulasi, pencampuran polimer, sistem pencucian eksternal, dan panel kontrol. Drum dibuat dari baja tahan karat menggunakan wedge-wire screen profile khusus dengan permukaan besar untuk mendapatkan karakteristik drainase cairan yang optimal.

Adapun manfaat yang dapat dihasilkan dari penggunaan mesin screw press untuk pengolahan lumpur:

- a. Mesin screw press ini berkecepatan lambat dan bekerja pada tekanan yang relatif rendah sehingga biaya pengoperasian rendah karena konsumsi energi yang rendah.
- b. Unit silinder yang tertutup dan kecepatan lari yang rendah dapat mengurangi kebisingan.
- c. Pengoperasian dan perawatan yang mudah dengan operasi mekanis sederhana dan sistem kontrol otomatis yang dapat diprogram sesuai dengan kebutuhan pengguna dan memungkinkan untuk beroperasi selama 24 jam.

- d. Biaya investasi rendah; pemerasan lumpur cocok untuk air kecil hingga menengah dan instalasi pengolahan air limbah dari lumpur biologis tanpa pengaturan pengental lumpur (Sludge Thickening).
- e. Dengan bahan yang andal dan kuat, ini memastikan ketahanan korosi terhadap lumpur agresif, abrasi, dan ideal untuk mengeringkan lumpur berminyak.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan pada unit screw press, yaitu:

- Menghitung volume sludge yang akan diolah
- Penentuan kapasitas mesin screw press
Kapasitas mesin sesuai dengan jam operasionalnya
- Penentuan kebutuhan polime
Dosis: Standar Trchase 3 – 6 gr polymer/kg-DS (ambil 6 gr polymer/kg- DS)
 - Kebutuhan polymer
Kebutuhan Polymer = Dosis x total sludge
 - Pelarutan flokulant
Konsentrasi pelarutan floklant = 1%
 - Penentuan dossing pump
 - Penentuan besar tangki pembubuh poliemer

2.2.6 Aksesoris Perancangan Bangunan

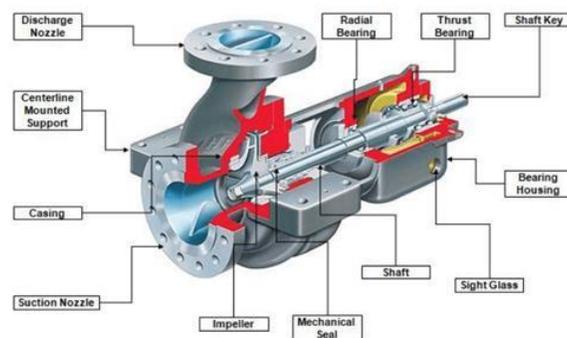
a. Pompa

Pompa merupakan suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari satu tempat ke tempat yang lain dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut. Kenaikan tekanan cairan digunakan untuk mengatasi hambatan pengaliran yang berupa perbedaan tekanan, ketinggian, atau hambatan gesek. Pada prinsipnya pompa dapat mengubah energi mekanik menjadi energi aliran fluida, energi yang diterima oleh fluida akan digunakan untuk menaikkan tekanan dan

mengatasi tahanan yang terdapat pada saluran yang dilalui. Pompa memiliki dua kegunaan, yaitu untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ketempat lainnya dan untuk mensirkulasikan cairan sekitar sistim. Pompa sendiri memiliki bermacam-macam jenis, yaitu:

1. *Sentrifugal Pump*

Sentrifugal Pump merupakan pompa dengan susunan atas sebuah impeller dan saluran inlet di tengah-tengahnya. Ketika impeller berputar, fluida akan mengalir menuju casing di sekitar impeller sebagai akibat dari gaya sentrifugal. Penggunaan pompa sentrifugal di dunia mencapai angka 80% karena penggunaannya yang cocok untuk mengatasi jumlah fluida yang besar daripada pompa *positive- displacement*.



Gambar 2. 34 *Sentrifugal Pump*

Sumber: ([Pengertian Pompa Sentrifugal Manfaat, Cara Kerja dan Keunggulannya \(serviceacjogja.pro\)](http://serviceacjogja.pro))

2. *Rotary Pump*

Rotary Pump adalah pompa yang menggerakkan fluida dengan menggunakan prinsip rotasi. Vakum terbentuk oleh rotasi dari pompa dan selanjutnya menghisap fluida masuk. Keuntungan dari pompa ini adalah efisiensi yang tinggi karena secara natural dapat mengeluarkan udara dari pipa alirannya, serta dapat mengurangi kebutuhan pengguna untuk mengeluarkan udara tersebut secara manual. Dan untuk kelemahan dari pompa ini adalah apabila pompa bekerja pada kecepatan yang terlalu

tinggi, maka fluida kerjanya justru dapat menyebabkan erosi pada sudut-sudut pompa.



Gambar 2. 35 *Rotary Pump*

Sumber: ([Rotary displacement pumps | The Best Chemical Handling Pumps - IWAKI \(iwakipumps.jp\)](#))

3. *Gear Pump*

Gear Pump merupakan jenis pompa roda gigi positif yang dapat memindahkan cairan dengan berulang kali menutup volume tetap menggunakan roda gigi yang saling mengunci, dan mentransfernya secara mekanis menggunakan pemompaan siklik yang memberikan aliran pulsa-halus mulus sebanding dengan kecepatan rotasi gir-nya.



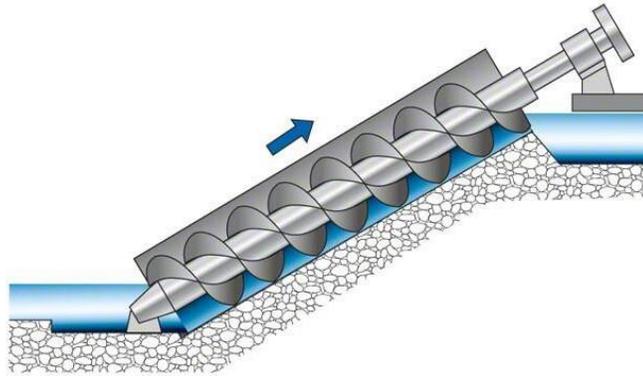
Gambar 2. 36 *Gear Pump*

Sumber: ([Chemical gear pumps GM-V series | The Best Chemical Handling Pumps - IWAKI \(iwakipumps.jp\)](#))

4. *Screw Pump*

Screw Pump merupakan pompa yang di gunakan untuk menangani cairan yang mempunyai viskositas tinggi, heterogen, sensitive terhadap geseran

dan cairan yang mudah berbusa. Perisn kerja *Screw* di temukan oleh seorang *engineer* prancis bernama *Rene Moneau*, sehinga sering di sebut juga dengan *Moneau pump*.



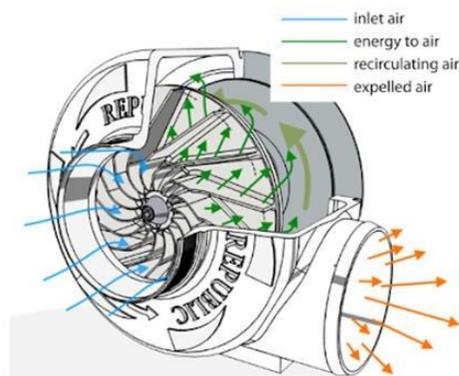
Gambar 2. 37 *Screw Pump*

Sumber: ([Archimedean screw pump \(ksb.com\)](http://ksb.com))

Blower merupakan mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan dalam suatu ruangan dan sebagai pengisapan atau pemvakuman udara atau gas tertentu. *Blower* juga merupakan mesin yang memampatkan udara atau gas oleh gaya sentrifugal ketekanan akhir melebihi dari 40 psig. Menurut klasifikasinya *blower* dibagi menjadi 2 jenis, yaitu:

1. *Blower* Sentrifugal

Blower Sentrifugal merupakan *blower* dengan memiliki impeller yang dapat berputar hingga 15.000 rpm. *Blower* sentrifugal dapat beroperasi melawan tekanan 0,35 sampai 0,70 kg/cm².



Gambar 2. 38 *Blower Sentrifugal*

Sumber: ([Mesin dan Proses: Prinsip Kerja Blower Centrifugal \(sarmansilverius.blogspot.com\)](http://Mesin dan Proses: Prinsip Kerja Blower Centrifugal (sarmansilverius.blogspot.com)))

2. *Blower Positive Displacement*

Blower Positive Displacement merupakan *blower* yang memiliki rotor yang menjebak udara dan mendorongnya melalui rumah *blower*. *Blower* ini menyediakan volume udara yang konstan bahkan jika tekanan system nya bervariasi. *Blower* ini berputar lebih pelan daripada *blower sentrifugal* hanya 3.600 rpm. Dan sering digerakkan oleh belt untuk memfasilitasi perubahan kecepatan.



Gambar 2. 39 *Blower Positive Displacement*

Sumber: ([Positive Displacement Blower series GM | Contact AERZEN FRANCE \(industry-plaza.com\)](http://Positive Displacement Blower series GM | Contact AERZEN FRANCE (industry-plaza.com)))