

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Kondisi Umum Kabupaten Kediri

Kabupaten Kediri adalah salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Timur. Kabupaten Kediri memiliki luas wilayah sebesar 1.386,05 Km² atau 138.605 Ha yang terbagi menjadi 26 kecamatan dan 343 desa. Posisi geografi Kabupaten Kediri terletak antara 111°47'05" sampai dengan 112°18'20" Bujur Timur dan 7°36'12" sampai dengan 8°0'32" Lintang Selatan. Kondisi topografi terdiri dari dataran rendah dan pegunungan yang dilalui aliran sungai Brantas yang membelah dari selatan ke utara. Suhu udara berkisar antara 23°C sampai dengan 31°C dengan tingkat curah hujan rata-rata sekitar 1.652 mm per hari (Dinas Kominfo Kabupaten Kediri, 2021).

Wilayah Kabupaten Kediri diapit oleh 5 Kabupaten, yaitu :

- Sebelah Barat : Tulungagung dan Nganjuk
- Sebelah Utara : Nganjuk dan Jombang
- Sebelah Timur : Jombang dan Malang
- Sebelah Selatan : Blitar dan Tulungagung

Ditinjau dari jenis tanahnya, Kabupaten Kediri dapat dibagi menjadi 5 (lima) golongan, yaitu:

1. Regosol coklat kekelabuan seluas 77.397 Ha atau 55,84%, merupakan jenis tanah yang sebagian besar ada di wilayah kecamatan Kepung, Puncu, Ngancar, Plosoklaten, Wates, Gurah, Pare, Kandangan, Kandat, Ringinrejo, Kras, Papar, Purwoasri, Pagu, Plemahan, Kunjang dan Gampengrejo
2. Aluvial kelabu coklat seluas 28,178 Ha atau 20,33%, merupakan jenis tanah yang dijumpai di Kecamatan Ngadiluwih, Kras, Semen, Mojo, Grogol, Banyakan, Papar, Tarokan dan Kandangan
3. Andosol coklat kuning, regosol coklat kuning, litosol seluas 4.408 Ha atau 3,18%, dijumpai di daerah ketinggian di atas 1.000 dpl seperti Kecamatan Kandangan, Grogol, Semen dan Mojo.

4. Mediteran coklat merah, grumosol kelabu seluas 13.556 Ha atau 9,78%, terdapat di Kecamatan Mojo, Semen, Grogol, Banyakan, Tarokan, Plemahan, Pare dan Kunjang.
5. Litosol coklat kemerahan seluas 15.066 Ha atau 10.87%, terdapat di kecamatan Semen, Mojo, Grogol, Banyakan, Tarokan dan Kandangan.

Selain itu, kondisi geografisnya diapit oleh dua gunung yang berbeda sifatnya, yaitu Gunung Kelud di sebelah Timur yang bersifat vulkanik dan Gunung Wilis di sebelah barat yang bersifat non vulkanik. Sedangkan tepat di bagian tengah wilayah Kabupaten Kediri melintas Sungai Brantas yang membelah wilayah Kabupaten Kediri menjadi dua bagian, yaitu bagian barat Sungai Brantas, yang merupakan perbukitan lereng Gunung Wilis dan Gunung Klotok, serta bagian timur Sungai Brantas.

Berdasarkan topografinya Kabupaten Kediri dibagi menjadi 4 (empat) golongan dari luas wilayah, yaitu ketinggian di atas 0 meter–100 meter dpl membentang seluas 32,45%, ketinggian di atas 100 meter–500 meter dpl membentang seluas 53,83%, ketinggian di atas 500 meter–1.000 meter dpl membentang seluas 9,98%, dan ketinggian di atas 1.000 meter dpl membentang seluas 3,73%.

II.2 Karakteristik Air Baku

Air baku merupakan bahan dasar dalam proses pengolahan air minum. Sumber air baku yang biasa digunakan berasal dari air hujan, air tanah, air permukaan dan air laut. Umumnya masyarakat lebih sering menggunakan air tanah dan air permukaan sebagai sumber air baku, sedangkan air laut jarang digunakan karena membutuhkan teknologi tinggi dan biaya yang mahal dalam pengolahannya.

Standar kualitas air minum di Indonesia diatur pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Dimana air yang tersalur harus memiliki mutu baik, bersih atau jernih dan dapat dinilai dari penglihatan bahwa air seharusnya bersih tanpa berbau, berwarna dan keruh dan layak untuk didistribusikan kepada pelanggan. Kualitas mutu air minum dapat diklasifikasikan menjadi 4 (empat)

kelas, yaitu:

- a. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- b. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- c. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- d. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

II.3 Parameter yang Terkandung dalam Air Baku

Dalam menentukan kualitas dari sebuah air dapat dilihat dari kandungan-kandungan yang ada didalamnya. Adapun beberapa parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui kandungan sebuah air adalah sebagai berikut:

1. Parameter Fisik

Sifat-sifat fisik air relatif mudah untuk diukur dan beberapa diantaranya mungkin dapat dinilai dengan cepat oleh orang awam. Yang termasuk kedalam parameter fisik adalah sebagai berikut :

a. Bau

Air minum yang berbau selain tidak estetis juga tidak akan disukai oleh masyarakat. Bau air dapat memberikan petunjuk akan kualitas air. Misalnya, bau amis dapat disebabkan oleh tumbuhan algae (Effendi, 2003).

b. Rasa

Air minum pada umumnya tidak memberikan rasa/ tawar. Air yang berasa dapat memberikan petunjuk bahwa didalamnya terkandung zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan. Rasa logam/ amis, rasa pahit, asin,

dan sebagainya. Efek yang diakibatkan pun berbeda-beda tergantung pada penyebab timbulnya rasa tersebut (Effendi, 2003)

c. Suhu

Suhu air sebaiknya sejuk atau tidak panas terutama agar: Tidak terjadi pelarutan zat kimia yang ada pada saluran/ pipa, yang dapat membahayakan kesehatan. Menghambat reaksi reaksi biokomia di dalam saluran/ pipa. Mikroorganisma patogen tidak mudah berkembang biak, dan Bila diminum dapat menghilangkan dahaga (Effendi, 2003).

d. Kekeruhan

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

e. *Total Suspended Solid (TSS)*

Total Suspended Solid atau total padatan tersuspensi adalah padatan yang tersuspensi pada air limbah yang mengandung bahan organik dan anorganik yang dapat disaring dengan kertas milipore berukuran pori-pori 0,45 μm . Padatan yang tersuspensi memiliki dampak buruk pada kualitas air karena menghalangi penetrasi matahari terhadap badan air, dan menyebabkan kekeruhan air meningkat karena terganggunya pertumbuhan organisme (Samantha & Almalik, 2019).

2. Parameter Kimiawi

Karakter kimia cenderung lebih khusus sifatnya dibandingkan dengan karakteristik fisis oleh karena itu dibutuhkan sebuah penelitian terlebih dulu untuk mengetahui zat-zat yang terkandung didalamnya. Parameter kimiawi yang

terdapat didalam air adalah sebagai berikut :

a. pH (Derajat Keasaman)

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

b. Dissolved Oxygen (DO)

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

c. Biological Oxygen Demand (BOD)

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 (Effendi, 2003).

d. Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah bahan organik yang ada pada air yang dapat dioksidasi secara kimia menggunakan dikromat dalam keadaan asam. Nilai COD selalu lebih tinggi daripada BOD meskipun nilai keduanya bisa sama tetapi sangat jarang. Hal tersebut dapat terjadi karena

banyak zat organik yang sulit teroksidasi secara biologis, contohnya lignin yang hanya dapat teroksidasi secara kimia, zat anorganik yang dioksidasi dikromat meningkatkan kandungan organik pada air. Zat organik tertentu dapat meracuni mikroorganisme yang dibutuhkan untuk pengujian BOD. Nilai COD yang tinggi dapat terjadi karena adanya zat anorganik yang bereaksi dengan dikromat (Metcalf & Eddy, 2003).

e. Amonia (NH_3)

Amonia merupakan hasil dari penguraian zat organik oleh bakteri pengurai. Amonia di perairan dapat dijumpai dalam bentuk amonia total yang terdiri dari amonia bebas (NH_3) dan ion amonium (NH_4^+). Pada suhu dan tekanan normal amonia berada dalam bentuk gas dan membentuk kesetimbangan dengan ion amonium. Selain terdapat dalam bentuk gas, ammonia membentuk kompleks dengan beberapa ion logam. Amonia juga dapat terserap kedalam bahan-bahan tersuspensi dan koloid sehingga mengendap di dasar perairan. Kesetimbangan antara kedua bentuk amonia di atas bergantung pada kondisi pH dan suhu perairan (Midlen & Redding, 2000).

Mekanisme removal amonia biasanya melalui proses pengolahan limbah cair dengan sistem biofilter dapat dilakukan secara aerobik, anaerobik atau gabungan proses anaerob-aerob. Proses aerobik dilakukan dalam kondisi adanya oksigen terlarut di dalam reaktor air limbah, dan proses anaerobik dilakukan tanpa adanya oksigen dalam reaktor air limbah. Amonia di alam akan dioksidasi menjadi bentuk nitrit (NO_2^-) dan kemudian menjadi nitrat (NO_3^-) yang dilakukan oleh dua macam bakteri autotrof melalui proses yang disebut nitrifikasi. Senyawa nitrit merupakan bahan peralihan yang terjadi pada siklus biologi. Senyawa ini dihasilkan dari suatu proses oksidasi biokimia ammonium, tetapi sifatnya tidak stabil karena pada kondisi aerobik, selama nitrit terbentuk, dengan cepat nitrit dioksidasi menjadi nitrat oleh bakteri nitrobacter. Sedangkan pada kondisi anaerobik atau pada proses dinitrifikasi, nitrat dapat direduksi menjadi nitrit yang selanjutnya hasil reduksi tersebut dilepaskan sebagai gas nitrogen ($\text{NO}_3^- \Rightarrow \text{N}_2$) (Marsidi

2002).

Selain itu, Kombinasi proses aerob-anaerob juga dapat menghilangkan BOD/COD secara bersamaan dengan baik. Selama berada pada kondisi aerob, senyawa terlarut akan diambil oleh bakteri/mikroorganisme dan disintesis menjadi polifosfat dengan menggunakan energi yang dihasilkan oleh proses oksidasi senyawa BOD/COD. Energi yang dihasilkan digunakan untuk menyerap BOD (senyawa organik) yang ada dalam air limbah (Satria, dkk. 2019).

f. Besi (Fe) dan Mangan (Mn)

Besi adalah salah satu dari lebih unsur-unsur penting dalam air permukaan dan air tanah. Perairan yang mengandung besi sangat tidak diinginkan untuk keperluan rumah tangga, karena dapat menyebabkan bekas karat pada pakaian, porselin, alat- alat lainnya serta menimbulkan rasa yang tidak enak dan menyebabkan warna air kekuningan/ kecoklatan pada air minum konsentrasi diatas kurang lebih 0,31 mg/l.

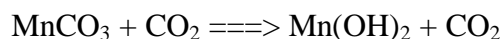
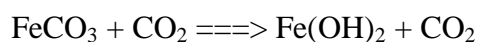
Mangan merupakan unsur berlimpah di kerak bumi (sekitar 0,1%) yang terjadi secara alamiah. Mangan merupakan logam keras dan sangat rapuh. Sulit untuk meleleh, tetapi mudah teroksidasi. Mangan bersifat reaktif ketika murni, sebagai bubuk akan terbakar dalam oksigen, bereaksi dengan air dan larut dalam asam encer (Rahayu dkk, 2020).

Di dalam proses penghilangan besi dan mangan dengan cara Aerasi, adanya kandungan alkalinity, (HCO₃)⁻ yang cukup besar dalam air, akan menyebabkan senyawa besi atau mangan berada dalam bentuk senyawa ferro bikarbonat, Fe(HCO₃)₂ atau mangano bikarbonat, Mn(HCO₃)₂. Oleh karena bentuk CO₂ bebas lebih stabil daripada (HCO₃)⁻, maka senyawa bikarbonat cenderung berubah menjadi senyawa karbonat.

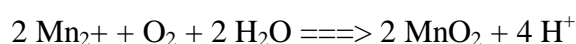
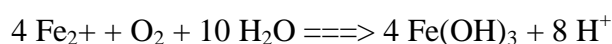


Dari reaksi tersebut dapat dilihat, jika CO₂ berkurang, maka kesetimbangan reaksi akan bergeser ke kanan dan selanjutnya reaksi akan

menjadi sebagai berikut :



Baik hidroksida besi (valensi 2) maupun hidroksida mangan (valensi 2) masih mempunyai kelarutan yang cukup besar, sehingga jika terus dilakukan oksidasi dengan udara atau aerasi akan terjadi reaksi (ion) sebagai berikut :



Sesuai dengan reaksi tersebut, maka untuk mengoksidasi setiap 1 mg/l zat besi dibutuhkan 0,14 mg/l oksigen dan setiap 1 mg/l mangan dibutuhkan 0,29 mg/l. Pada pH rendah, kecepatan reaksi oksidasi besi dengan oksigen (udara) relatif lambat, sehingga pada prakteknya untuk mempercepat reaksi dilakukan dengan cara menaikkan pH air yang akan diolah. Untuk aerator dengan difuser dilakukan dengan cara menyemburkan udara bertekanan ke dalam air melalui difuser yang berbentuk nozzle, pipa berlubang, atau difuser gelembung halus. Dengan cara demikian maka akan terjadi kontak yang efektif antara oksigen atau udara dengan zat besi atau mangan yang ada di dalam air sehingga terjadi reaksi oksidasi zat besi atau mangan membentuk oksida yang tak larut dalam air (Said, 2005).

g. Minyak Lemak

Minyak dan Lemak adalah salah satu kelompok yang termasuk golongan lipid yaitu senyawa organik yang terdapat dialam serta tidak larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut organik non-polar, contohnya dietil eter, kloroform dan hidrokarbon lainnya. Lemak dan Minyak dapat larut dalam pelarut yang disebut di atas karena lemak dan minyak mempunyai polaritas yang sama dengan pelarut tersebut (Herlina, 2009).

3. Parameter Biologi

Analisis Bakteriologi suatu sampel air bersih biasanya merupakan parameter kualitas yang paling sensitif. Kedalam parameter mikrobiologis ini hanya dicantumkan koliform tinja dan total koliform.

a. Total Coliform

Total coliform adalah kelompok bakteri yang termasuk di dalamnya bakteri jenis aerobik dan fakultatif anaerobik, dimana merupakan bakteri gram negative. Sebagian besar bakteri total coliform adalah heterotrophic dan dapat bertambah jumlahnya di air dan tanah. Total coliform juga dapat bertahan dan bertambah banyak jumlahnya di sistem distribusi air, terutama jika kondisinya memungkinkan. Keberadaan total coliform dapat berasal dari tinja manusia atau hewan dan dapat pula berada secara alamiah di dalam air. Total coliform hanyalah sebagai indikator yang digunakan untuk mengindikasikan bahwa bisa saja terdapat mikroba lain dalam air tersebut, misalnya mikroba patogen seperti Giardia, Cryptosporidium, E.coli, dan lain-lain (Asyina dkk, 2019).

II.4 Unit Instalasi Pengolahan Air

II.4.1 Intake (Saluran Pembawa)

Bangunan ini berfungsi sebagai penyadap air baku, Bangunan ini dilengkapi dengan Screen, agar dapat melindungi perpipaan dan pompa dari kerusakan atau penyumbatan – penyumbatan yang diakibatkan oleh adanya material melayang atau mengapung.

Dalam tugas ini intake yang digunakan adalah River Intake, karena air yang digunakan adalah air baku permukaan yang berasal dari sungai. Cara kerja River Intake yaitu :

- a. Dimulai dari Screen yang berfungsi untuk menyisihkan benda-benda besar misalnya ranting, daun dan sebagainya.
- b. Kemudian sumur pengumpul yang berfungsi untuk menampung air dari badan air melalui pipa inlet sesuai dengan debit yang dibutuhkan.
- c. Strainer yang berfungsi untuk menyaring benda-benda kecil misalnya kerikil, dan biji-bijian.
- d. Yang terakhir Suction pipe fungsinya untuk mengambil air dari sumur pengumpul setelah memulai strainer kemudian diolah.

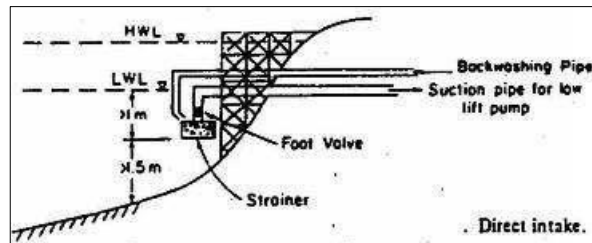
Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor

18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, *Intake* adalah bangunan penangkap air atau tempat air masuk sungai, danau, situ, atau sumber air lainnya. Kapasitas bangunan *intake* yang digunakan harus disesuaikan dengan kebutuhan air harian maksimum. Persyaratan lokasi penempatan bangunan pengambilan (*intake*):

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

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

a. Bangunan Penyadap Langsung (*Direct Intake*)



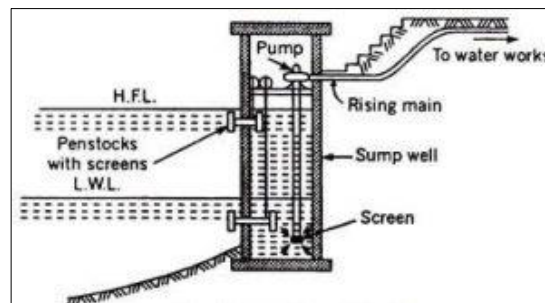
Gambar 2.1 Direct Intake

(Sumber : <https://123dok.com/document/q2k9v1eq-perencanaan-bangunan-pengolahan-air-minu.html>)

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

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

➤ *River Intake*



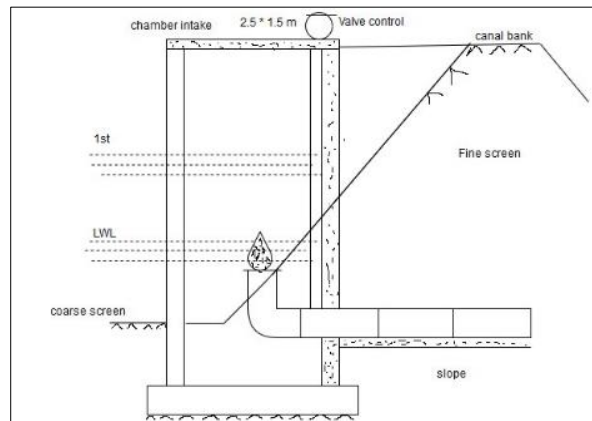
Gambar 2.2 River Intake

(Sumber : <https://dreamcivil.com/intake-structure/>)

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.

➤ *Canal Intake*

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

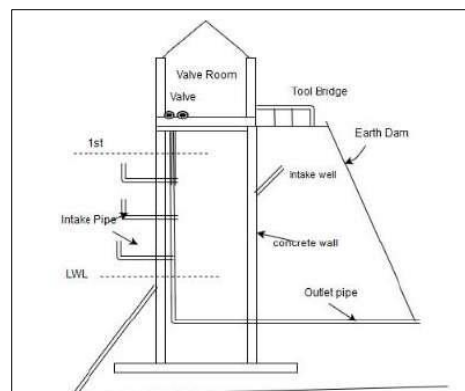


Gambar 2.3 Canal Intake

(Sumber : <https://www.ques10.com/p/34138/explain-various-types-of-intake-structures/>)

➤ *Reservoir Intake*

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

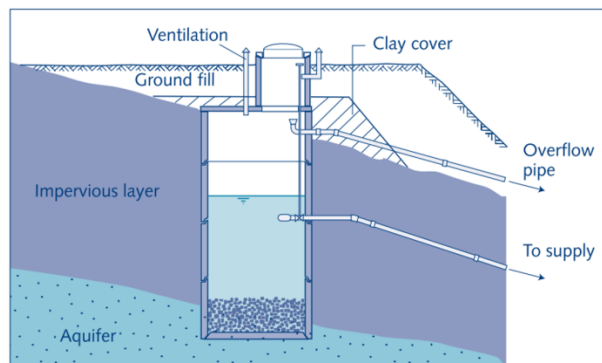


Gambar 2.4 Reservoir Intake

(Sumber : <https://www.ques10.com/p/34138/explain-various-types-of-intake-structures/>)

➤ *Spring Intake*

Digunakan untuk air baku dari mata air atau air tanah.

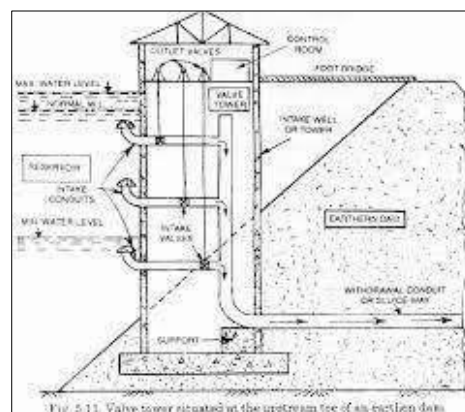


Gambar 2.5 Spring Intake

(Sumber : <https://sswm.info/es/arctic-wash/module-4-technology/further-resources-water-sources/springs>)

➤ *Intake Tower*

Digunakan untuk air permukaan.

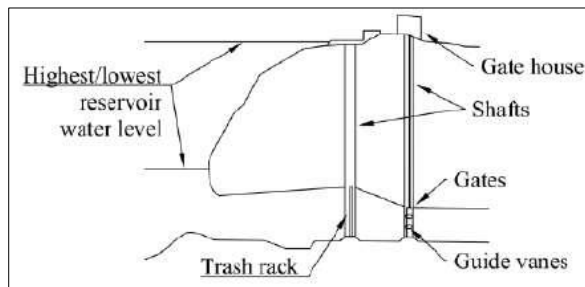


Gambar 2.6 Intake Tower

(Sumber : <https://www.gla.ac.in/pdf/intake-for-water-collection.pdf>)

➤ *Gate Intake*

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



Gambar 2.7 Gate Intake

(Sumber : https://www.researchgate.net/figure/Schematic-side-view-of-the-intake-gates-at-Homstol-reservoir_fig3_284727515)

Dalam perencanaan ini digunakan tipe *River Intake* karena ekonomis dan sesuai dengan kondisi air sungai yang memiliki perbedaan level muka air saat musim hujan dan musim kemarau. Rumus yang digunakan dalam perencanaan *River Intake* adalah sebagai berikut:

- a. Mencari Debit Tiap Intake

$$Q = \frac{Q \text{ Kapasitas Produksi}}{\Sigma \text{ Pipa}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

Q = Debit (m³/s)

ΣPipa = Jumlah Pipa Intake

- b. Mencari Luas Penampang Pipa Inlet

$$A = \frac{Q \text{ Pipa Intake}}{v} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

A = Luas Penampang (m²)

Q = Debit (m³/s)

v = Kecepatan (m/s)

- c. Mencari Diameter Pipa Inlet

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

Keterangan :

D = Diameter Pipa (m)

A = Luas Penampang (m²)

d. Rumus Umum Kecepatan (v)

$$v = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

v = Kecepatan (m/s)

Q = Debit (m³/s)A = Luas Penampang (m²)

e. Head Losses Mayor Sepanjang Pipa (Hf Mayor)

$$H_f \text{ mayor} = 10,7 \times \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,85} \times \left(\frac{L}{D^{4,87}}\right) \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

Hf Mayor = Headlosses Mayor (m)

Q = Debit (m³/s)

L = Panjang Pipa (m)

C = Koefisien Kekasaran Pipa

D = Diameter Pipa (m)

f. Head Losses Minor (Hf Minor)

$$H_f \text{ minor} = k \times \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

Hf Minor = Headlosses Minor (m)

k = Koefisien kehilangan energi

v = Kecepatan (m/s)

g = Percepatan Gravitasi (0,98 m²/s)

g. Mencari Slope Pipa

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

Keterangan :

S = Slope Pipa (m/m)

Hf = Headlosses (m)

L = Panjang Pipa (m)

h. Jumlah Kisi pada *Bar Screen*

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

Keterangan :

- D = Lebar Screen (m)
- n = Jumlah Kisi
- d = Lebar Batang Kisi (m)
- r = Jarak Antarkisi (m)

i. Mencari *Velocity Head* (hv)

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

Keterangan :

- hv = *Velocity Head* (m)
- v = Kecepatan (m/s)
- g = Percepatan Gravitasi (0,98 m²/s)

j. Headloss melalui screen (Hf Screen)

$$H_f = \left[\beta \left(\left(\frac{w}{b} \right)^{4/3} \right) \times V h \times \sin \alpha \right] \dots\dots\dots (2.10)$$

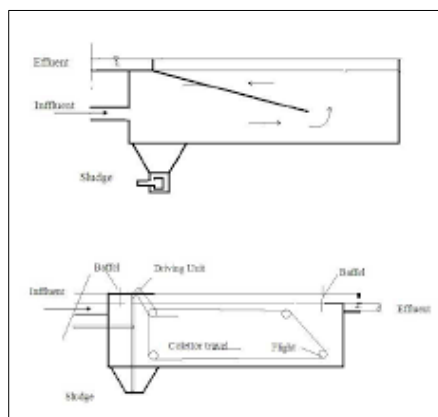
Keterangan :

- β = Koefisien Minor Losses (m)
- w = Lebar bar (cm)
- b = Jarak antarbar (cm)

II.4.2 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).

Unit prasedimentasi dapat dilihat pada **Gambar 2.8**.



Gambar 2.8 Unit Prasedimentasi

(Sumber : <http://caracararaaa.blogspot.com/2015/09/makalah-pam-sedimentasi.html>)

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

1. Zona inlet

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

2. Zona pengendapan

Tempat terjadinya proses pengendapan atau pemisahan partikel diskrit pada air

3. Zona lumpur

Tempat menampung material yang mengendap bersama lumpur

4. Zona outlet

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

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 2.1**.

Tabel 2.1 Desain Tipikal 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> | gal/ft ² .d | 800-1200 | 1000 | m ³ /m ² .d | 30-50 | 40 |
| <i>Peak hourly flow</i> | gal/ft ² .d | 2000-3000 | 2500 | m ³ /m ² .d | 80-120 | 100 |
| <i>Weir loading</i> | gal/ft ² .d | 10.000-40.000 | 20.000 | m ³ /m ² .d | 125-500 | 250 |
| Primary settling with waste activated-sludge return | | | | | | |
| <i>Detention time</i> | h | 1,5-2,5 | 2 | h | 1,5-2,5 | 2 |
| <i>Overflow rate</i> | | | | | | |
| <i>Average flow</i> | gal/ft ² .d | 600-800 | 700 | m ³ /m ² .d | 24-32 | 28 |
| <i>Peak hourly flow</i> | gal/ft ² .d | 1200-1700 | 1500 | m ³ /m ² .d | 48-70 | 60 |
| <i>Weir loading</i> | gal/ft ² .d | 10.000-40.000 | 20.000 | m ³ /m ² .d | 125-500 | 250 |

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

Berikut adalah rumus-rumus yang dipakai pada perencanaan unit prasedimentasi :

1) Zona Inlet

- a) Luas Permukaan Pintu Air

$$A = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

A = Luas Permukaan Pintu Air (m²)

Q = Debit (m³/s)

V = Kecepatan Aliran (m/s)

- b) Headloss di Saluran Pengumpul

$$v = \frac{1}{n} \left(\frac{w \times h}{w+2h} \right)^{2/3} \left(\frac{H_f}{L} \right)^{2/3} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

w = Lebar Saluran Pengumpul (m)

n = Koefisien Manning

- h = Tinggi Saluran Pengumpul (m)
 L = Panjang Saluran pengumpul (m)
 Hf = Headloss (m)

c) Headloss Pintu Air (Hf)

$$Hf = \frac{Q}{2,746 \times H^{4/3} \times Lp} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

- Hf = Headloss (m)
 Q = Debit (m³/s)
 h = Tinggi Saluran Pengumpul (m)
 Lp = Lebar Saluran Pengumpul (m)

2) Zona Pengendapan

a) Kecepatan Pengendapan

$$vs = \frac{g}{18} \times \frac{(ss-1)dp^2}{v} \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan :

- vs = Kecepatan Pengendapan (m/s)
 g = Percepatan Gravitasi (m/s²)
 ss = Berat Jenis Partikel
 dp = Diameter Partikel (m)
 v = Viskositas Kinematis (m²/s)

b) Kecepatan Aliran (Vh)

$$Vh = \frac{L}{td} \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan :

- Vh = Kecepatan Aliran (m/s)
 L = Panjang Bak (m)
 td = Waktu Detensi (s)

c) Bilangan Reynold (NRe)

$$NRe = \frac{Vh \times R}{\mu} \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan :

V_h = Kecepatan Aliran (m/s)

R = Jari-jari Hidrolis (m)

μ = Absolut Viskositas (m/s)

d) Bilangan Froude (NFr)

$$NFr = \frac{V_h^2}{g \times R} \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan :

V_h = Kecepatan Aliran (m/s)

R = Jari-jari Hidrolis (m)

g = Percepatan Gravitasi (m/s^2)

e) Kecepatan *Scouring*/Penggerusan (V_{sc})

$$V_{sc} = \sqrt{\frac{8 \cdot \beta \cdot g}{\lambda} \times \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} \times dp} \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan :

V_{sc} = Kecepatan Penggerusan (m/s)

Kontrol Penggerusan : $\beta = 0,02-0,12$; $\lambda = 0,03$

ρ sludge (ρ_s) = 2650 kg/m³

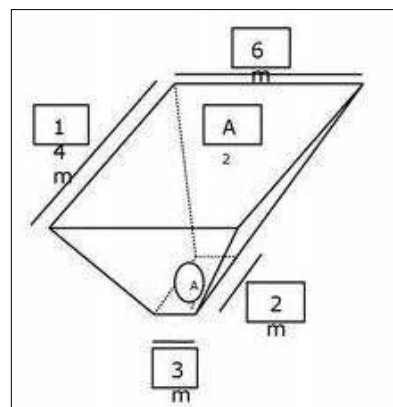
ρ air (ρ_w) = 997 kg/m³

dp = Diameter Partikel (m)

3) Zona Lumpur

Ruang lumpur berbentuk limas terpancung ditunjukkan pada **Gambar**

2.1.



Gambar 2.9 Ruang Lumpur Bentuk Limas Terpancung

(Sumber : <http://caracararaaa.blogspot.com/2015/09/makalah-pam-sedimentasi.html>)

$$V \text{ grit storage} = \frac{1}{3} h \times (A1 + A2 + \sqrt{A1 + A2}) \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan :

V : Volume Ruang Lumpur (m³)

t : Tinggi Ruang Lumpur (m)

A1 : Luas Atas (m²)

A2 : Luas Bawah (m²)

4) Zona Outlet

Apabila Menggunakan Saluran Pelimpah :

a) Tinggi Peluapan melalui V notch (H)

$$Q = \frac{8}{15} C_d \times \sqrt{2g} \times \tan \frac{\theta}{2} \times H^{2/5} \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan :

Q : Kapasitas Tiap Bak (m³/s)

C_d : Koefisien Drag

g : Percepatan Gravitasi (m/s²)

h : Tinggi Air di Atas Saluran Pelimpah (m)

b) Saluran Pengumpul

$$Q = 1,84 \times b \times h^{3/2} \dots\dots\dots(2.21)$$

Keterangan :

Q : Kapasitas Tiap Bak (m³/s)

b : Lebar Pelimpah/Gutter (m)

h : Tinggi Air di Atas Saluran Pelimpah (m)

II.4.3 Aerasi

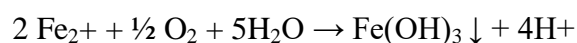
Aerasi adalah suatu proses penambahan udara/oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat, dengan cara menyemprotkan air ke udara (air ke dalam udara) atau dengan memberikan gelembung-gelembung halus udara dan membiarkannya naik melalui air (udara ke dalam air). Perpindahan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

oksigen terlarut) akan meningkatkan oksidasi besi, mangan, dan logam lain ke tingkat oksidasi yang lebih tinggi dan lebih tidak larut. Endapan ini akan menjadi dibuang di bak sedimentasi dan unit filtrasi (Droste, 1997).

Sumber lain menjelaskan bahwa aerasi adalah suatu proses atau usaha dalam menambahkan konsentrasi oksigen yang terkandung dalam air limbah, agar proses oksidasi biologi oleh mikroba akan dapat berjalan dengan baik. Dalam melakukan proses Aerasi ini perlu menggunakan alat yang dinamakan aerator. Prinsip kerja alat ini adalah untuk menambahkan oksigen terlarut di dalam air tersebut. Kemudian yang menjadi tugas utama dari aerator ini adalah memperbesar permukaan kontak antara air dan udara. Tujuan aerasi adalah sebagai berikut:

- a. Penambahan jumlah oksigen
- b. Penurunan jumlah karbon dioksida (CO₂)
- c. Menghilangkan hydrogen sulfide (H₂S), methan (CH₄) dan berbagai senyawa organik lain yang bersifat volatile (menguap)

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



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

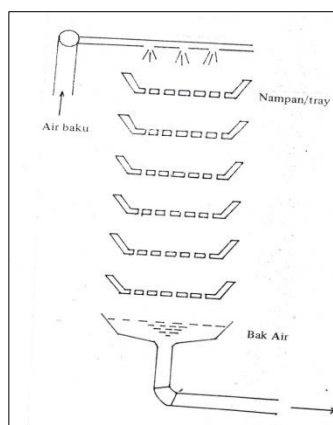
dkk, 2018).

Jenis-jenis metode aerasi yakni sebagai berikut:

a. Waterfall Aerator (Aerasi Air Terjun)

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

Jenis aerator terdiri atas 4-8 tray dengan dasarnya penuh lubang-lubang pada jarak 30-50 cm. Melalui pipa berlubang air dibagi rata melalui atas tray, dari sini percikan-percikan kecil turun ke bawah dengan kecepatan kira-kira 0,02 m/detik per m² permukaan tray. Tetesan yang kecil menyebar dan dikumpulkan kembali pada setiap tray berikutnya. Tray-tray ini bisa dibuat dengan bahan yang cocok seperti lempengan absetos cement berlubang-lubang, pipa plastik yang berdiameter kecil atau lempengan yang terbuat dari kayu secara paralel (Widarti, 2016).



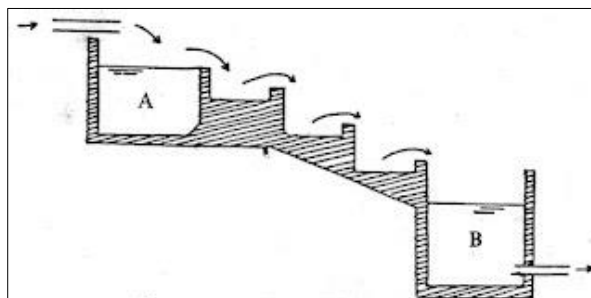
Gambar 2.10 Waterfall Aerator

(Sumber : <http://informasikesling.blogspot.com/2016/10/aerasi-pengertian-tujuan-dan-berbagai.html>)

b. Cascade Aerator

Pada dasarnya aerator ini terdiri atas 4-6 step/tangga, setiap step kira-kira ketinggiannya 30 cm dengan kapasitas kira-kira ketebalan 0,01 m³/det per m². Untuk menghilangkan gerak putaran (*turbulence*) guna menaikkan

efisiensi aerasi, hambatan sering di tepi peralatan pada setiap step. Dibanding dengan *tray aerators*, ruang yang diperlukan bagi *cascade aerators* lebih besar tetapi total kehilangan tekanan lebih rendah. Keuntungan lain adalah tidak diperlukan pemeliharaan.

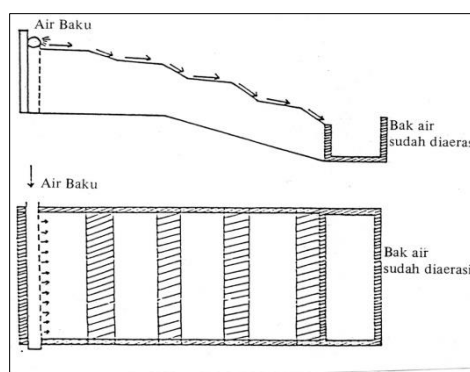


Gambar 2.11 Cascade Aerator

(Sumber : <http://informasikesling.blogspot.com/2016/10/aerasi-pengertian-tujuan-dan-berbagai.html>)

c. *Submerged Cascade Aerator*

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

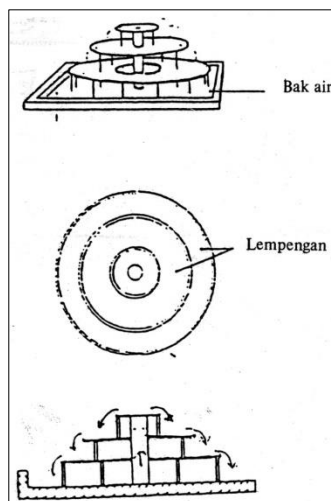


Gambar 2.12 Submerged Cascade Aerator

(Sumber : <http://informasikesling.blogspot.com/2016/10/aerasi-pengertian-tujuan-dan-berbagai.html>)

d. *Multiple Platform Aerator*

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

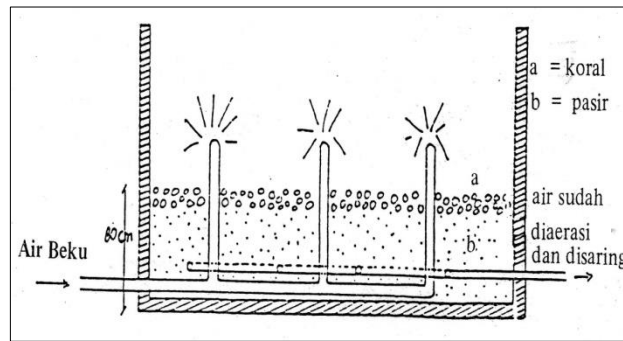


Gambar 2.13 Multiple Platform Aerator

(Sumber : <http://informasikesling.blogspot.com/2016/10/aerasi-pengertian-tujuan-dan-berbagai.html>)

e. *Spray Aerator*

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

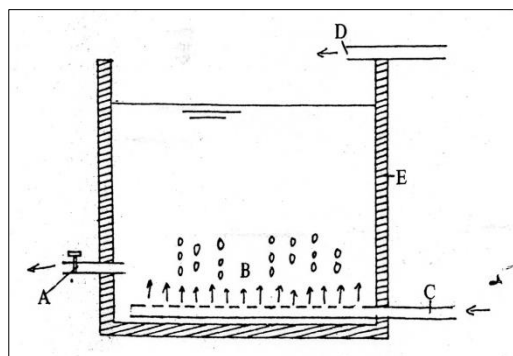


Gambar 2.14 Spray Aerator

(Sumber : <http://informasikesling.blogspot.com/2016/10/aerasi-pengertian-tujuan-dan-berbagai.html>)

f. *Bubble Aerator* (Aerasi Gelembung Udara)

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



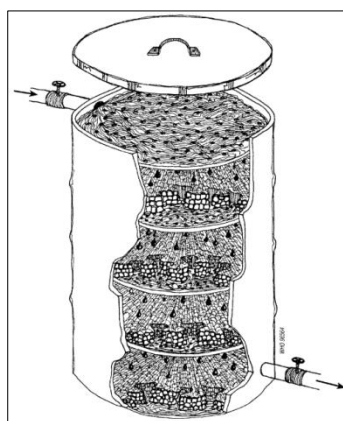
Gambar 2.15 Bubble Aerator

(Sumber : <http://informasikesling.blogspot.com/2016/10/aerasi-pengertian-tujuan-dan-berbagai.html>)

g. *Multiple-Tray Aerator*

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

maksimum. Media kasar seperti arang, batu atau bola keramik yang ukurannya berkisar antara 2-6 inch (5-15 cm) sangat penting untuk digunakan, karena dapat meningkatkan efisiensi pertukaran gas, sebagai efek katalisa dari mangan oksida.



Gambar 2.16 Multiple-Tray Aerator

(Sumber : https://www.researchgate.net/figure/Multiple-tray-aerator_fig19_253953119)

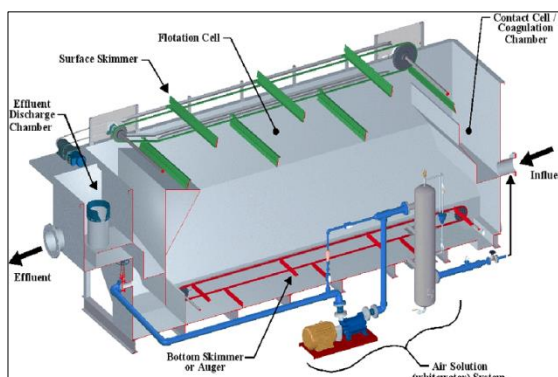
II.4.4 Dissolved Air Flotation (DAF)

DAF adalah proses penyisihan minyak dan lemak yang melibatkan proses pemecahan emulsi di dalamnya. Dalam prosesnya, emulsi pada minyak dan lemak pada limbah dapat dipecahkan menggunakan berbagai cara, diantaranya proses pemanasan, destilasi, pelepasan gelembung udara, pembubuhan senyawa kimia, sentrifugasi, hingga filtrasi. Di antara proses tersebut, proses ultrafiltrasi merupakan proses yang paling efektif dalam memisahkan minyak dan asam lemak dari limbah industri yang diolah.

Pada sistem (DAF), udara dilarutkan didalam cairan di bawah tekanan beberapa atmosfer sampai jenuh, kemudian dilepaskan ke tekanan atmosfer. Akibat terjadinya perubahan tekanan maka udara yang terlarut akan lepas kembali dalam bentuk gelembung yang halus (30-120 mikron).

Ukuran gelembung udara sangat menentukan dalam proses flotasi, makin besar ukuran gelembung udara, kecepatan naiknya juga makin besar, sehingga kontak antara gelembung udara dengan partikel tidak berjalan

dengan baik. Dengan demikian proses flotasi menjadi tidak efektif.



Gambar 2.17 Unit DAF

(Sumber :

https://akatechbiotama.com/Akatech/detail_product/2/25/daf-pemisah-lamak-minyak-ipal-stp-cooling-tower-cleaning-boiler-bioseptic-pt-akatech-water-wastewater)

Dalam unit DAF terdapat proses koagulasi-flokulasi dan flotasi. Serangkaian proses ini memungkinkan kinerja Instalasi Pengolah Air Minum yang cepat, efisien, dan tidak membutuhkan banyak ruang karena unit DAF dimodifikasi sedemikian rupa agar lebih ringkas. Proses pengolahan yang terjadi dalam DAF adalah sebagai berikut:

a. Koagulasi-Flokulasi

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

Koagulan atau Flokulan dibubuhkan ke dalam air yang dikoagulasi yang bertujuan untuk memperbaiki pembentukan flok dan untuk mencapai sifat spesifik flok yang diinginkan. Koagulan adalah zat kimia yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif partikel di dalam suspensi. Zat ini merupakan donor muatan positif yang digunakan untuk mendestabilisasi muatan negatif partikel (Mayasari, 2018).

Pada **Tabel 2.2** berikut, data koagulan yang umum digunakan pada proses pengolahan air.

Tabel 2.2 Jenis Koagulan Dalam Pengolahan Air

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

Sumber: Sugiarto, 2006

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

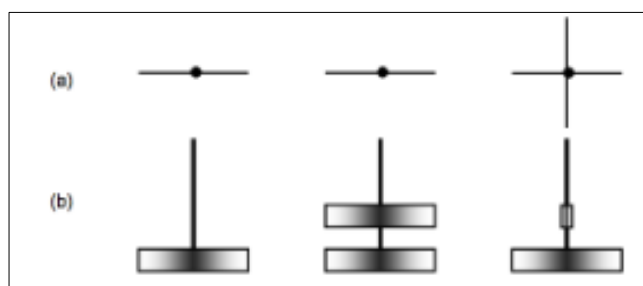
Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi koagulan yaitu:

- Pengaruh pH. Koagulan memiliki *range* pH optimum. Luasnya *range* pH koagulan ini dipengaruhi oleh jenis-jenis konsentrasi koagulan yang dipakai. Hal ini penting untuk menghindari adanya kelarutan koagulan. Proses koagulan pH yang terbaik adalah 7 (netral)
- Pengaruh Temperatur. Temperatur rendah akan terjadi reaksi yang lebih lambat dan viskositas air menjadi lebih besar sehingga flok lebih sukar mengendap
- Dosis Koagulan
- Pengadukan (*mixing*). Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara

partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Pada proses koagulasi ini pengadukan dilakukan dengan cepat. Air yang memiliki kekeruhan rendah memerlukan pengadukan yang lebih banyak dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan tinggi

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

Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatis. Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor bertenaga listrik, poros pengaduk (*shaft*), dan alat pengaduk (*impeller*). Berdasarkan bentuknya terdapat tiga macam alat pengaduk, yaitu *paddle* (pedal), *turbine*, dan *propeller* (baling-baling). Bentuk ketiga impeller dapat dilihat pada **Gambar 2.18** dan **Gambar 2.19**. Kriteria *impeller* dapat dilihat pada Tabel 2.8. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu G dan td . Tabel 2.9 dapat dijadikan patokan untuk menentukan G dan td . Sedangkan untuk menghitung besarnya tenaga (*power*) yang dibutuhkan, perlu memperhatikan jenis *impeller* yang digunakan dan nilai konstanta K_L dan K_T yang dapat dilihat pada Tabel 2.10.

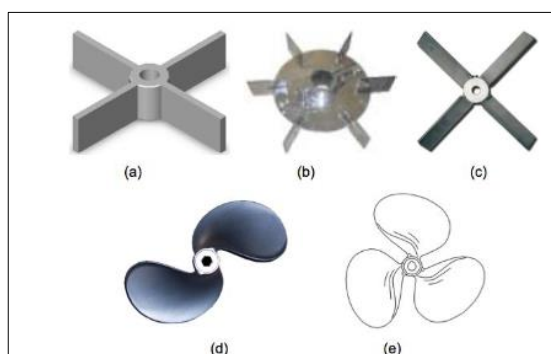


Gambar 2.18 Tipe Paddle

(a) tampak atas, (b) tampak samping

(Sumber : <https://slidetodoc.com/unit-pengadukan-ali-masduqi->

masduqiits-ac-id-unit/



Gambar 2.19 Tipe tuabiner dan propeller
 (a) turbin blade lurus, (b) turbine blade dengan piringan,
 (c) turbin dengan blade menyerong, (d) propeller 2 blade,
 (e) propeller 3 blade

(Sumber : Qasim et al, 2000)

Tabel 2.3 Kriteria Impeller

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

Sumber: Reynolds & Richards, 1996 hal. 185

Tabel 2.4 Nilai Waktu Pengadukan Mekanis dan Gradien Kecepatan

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

Sumber: Reynolds & Richards, 1996 hal. 184

Tabel 2.5 Konstanta KL dan KT untuk Tangki Berserat

| Jenis Impeller | KL | KT |
|---|-------|------|
| <i>Propeller, putch of 1, 3 blades</i> | 41 | 0,32 |
| <i>Propeller, putch of 2, 3 blades</i> | 43,5 | 1 |
| <i>Turbine, 4 flat blades, vaned disc</i> | 60 | 5,31 |
| <i>Turbine, 6 flat blades, vaned disc</i> | 65 | 5,75 |
| <i>Turbine, 6 curved blades</i> | 70 | 4,8 |
| <i>Fan turbine, 6 blades at 45o</i> | 70 | 1,65 |
| <i>Shrouded turbine, 6 curved blades</i> | 97,5 | 1,08 |
| <i>Shrouded turbine, with stator, no baffles</i> | 172,5 | 1,12 |
| <i>Flat paddles, 2 blades (single paddles), D₁/W₁=4</i> | 43 | 2,25 |
| <i>Flat paddles, 2 blades, D₁/W₁=6</i> | 36,5 | 1,7 |
| <i>Flat paddles, 2 blades, D₁/W₁=8</i> | 33 | 1,15 |
| <i>Flat paddles, 4 blades, D₁/W₁=6</i> | 49 | 2,75 |
| <i>Flat paddles, 6 blades, D₁/W₁=8</i> | 71 | 3,82 |

Sumber: Reynolds & Richards, 1996 hal. 188

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

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

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

Pengadukan lambat dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik⁻¹) selama 10 hingga 60 menit atau nilai GTd (bilangan Camp) berkisar 48000 hingga 210000. Gradien kecepatan diturunkan secara

bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak pecah dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar. Nilai G dan waktu detensi untuk proses flokulasi adalah:

1. Air sungai

- Waktu detensi = minimal 20 menit
- $G = 10-50 \text{ detik}^{-1}$

2. Air waduk

- Waktu detensi = minimal 30 menit
- $G = 10-75 \text{ detik}^{-1}$

3. Air keruh

- Waktu detensi dan G lebih rendah

4. Jika menggunakan garam besi sebagai koagulan

- G tidak lebih dari 50 detik^{-1}

5. Flokulator terdiri dari 3 kompartemen

- G kompartemen 1: nilai terbesar
- G kompartemen 2: 40% dari G kompartemen 1
- G kompartemen 3: nilai terkecil

6. Penurunan kesadahan

- Waktu detensi = minimal 30 menit
- $G = 10-50 \text{ detik}^{-1}$

7. Presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)

- Waktu detensi = 15-30 menit
- $G = 20-75 \text{ detik}^{-1}$
- $GTd = 10.000-100.000$ (Masqudi & Assomadi, 2012)

Berikut rumus perhitungan unit koagulasi-flokulasi:

a) Kebutuhan Koagulan

$$\text{Koagulan} = \text{Dosis} \times Q \dots\dots\dots(2.22)$$

Keterangan :

Koagulan = Kebutuhan Koagulan (kg/hari)

Dosis = Dosis Koagulan (mg/L)

Q = Debit Limbah (m^3/s)

b) Kadar Kebutuhan Koagulan

$$\text{Kadar Koagulan} = C \text{ Koagulan} \times \text{Koagulan} \dots\dots\dots(2.23)$$

Keterangan :

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

C Koagulan = Kadar Koagulan (%)

Koagulan = Kebutuhan Koagulan (kg/hari) m³/s))

c) Volume Koagulan

$$V \text{ koagulan} = \frac{\text{kadar kebutuhan koagulan}}{\rho \text{ koagulan}} \dots\dots\dots(2.24)$$

Keterangan :

V Koagulan = Volume Koagulan yang Dibutuhkan (L/hari)

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

 ρ Koagulan = Densitas Koagulan (kg/L)**b. Flotasi**

Flotasi adalah proses pengapungan unit memisahkan fasa cair atau fasa padat dari fasa cair. Pemisahan partikel tersebut didasarkan pada prinsip perbedaan massa jenis partikel dengan bantuan gelembung udara untuk mengangkat partikel ke permukaan air. Pada unit DAF, udara diinjeksikan pada air sehingga terbentuk gelembung-gelembung udara untuk mengangkat minyak-lemak dan partikel yang massa jenisnya lebih kecil dari air untuk naik ke permukaan. Partikel-partikel ini adalah hasil flok yang terbentuk akibat proses koagulasi-flokulasi. Setelah partikel dan flok mengapung, maka akan disisihkan dengan proses *skimming* yang selanjutnya disalurkan pada pengolahan lumpur/*sludge*.

II.4.5 Sedimentasi

Sedimentasi adalah pemisahan padatan dan cairan dengan menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk memisahkan partikel tersuspensi yang terdapat dalam cairan tersebut. Proses ini sangat umum

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

- a) Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat
- b) Pengendapan air yang telah melalui proses prasedimentasi sebelum memasuki unit saringan cepat
- c) Pengendapan air yang telah melalui proses penyemprotan desinfektan pada instalasi yang menggunakan pipa dosing oleh alum, soda, NaCl, dan chlorine
- d) Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan

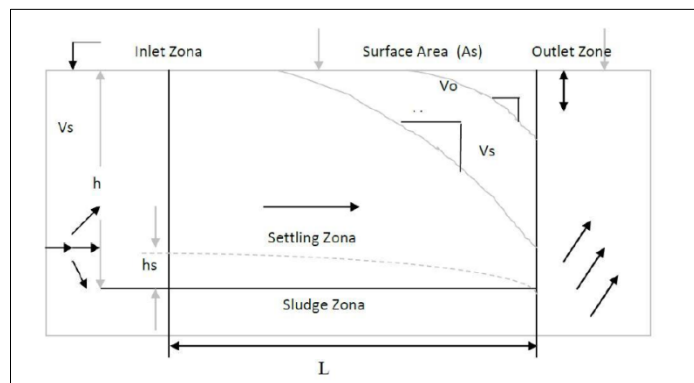
Pembagian bak sedimentasi didasarkan pada konsentrasi dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah:

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

Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat empat zona:

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

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

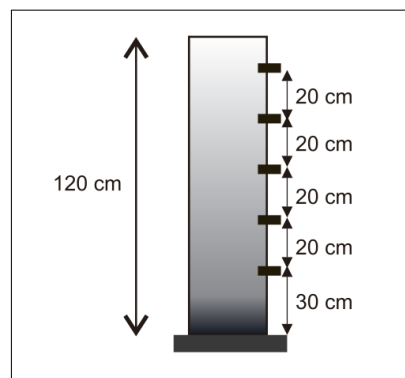


Gambar 2.20 Pembagian Zona Bak Sedimentasi
(Sumber: Al Layla, *Water Supply Engineering Design*)

Dimana pada setiap zona terjadi proses-proses sebagai berikut:

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

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



Gambar 2.21 Kolom Test Sedimentasi Tipe II

Ada dua jenis bak sedimentasi yang biasa digunakan:

a. *Horizontal -flow Sedimentation*

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

bentuk yang circular biasanya menggunakan pengambil lumpur mekanik.

Cara kerja bak sedimentasi bentuk rectangular (persegi panjang) yaitu, air yang mengandung flok masuk ke zona inlet kemudian masuk ke zona settling melalui baffle/sekat agar alirannya menjadi laminar. Di zona settling partikel mengendap, endapannya masuk ke zona lumpur, sedangkan supernatant (airnya) keluar melalui zona outlet.

Beberapa keuntungan *horizontal-flow* dibandingkan dengan *up flow* adalah:

- Lebih bisa menyesuaikan dengan variasi kualitas dan hidrolis air
- Prosesnya memberikan bentuk yang dapat direncanakan sesuai dengan operasional dan kondisi iklim
- Biaya konstruksi murah
- Operasional dan perawatannya mudah

b. *Upflow Sedimentation*

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

II.4.6 Filtrasi

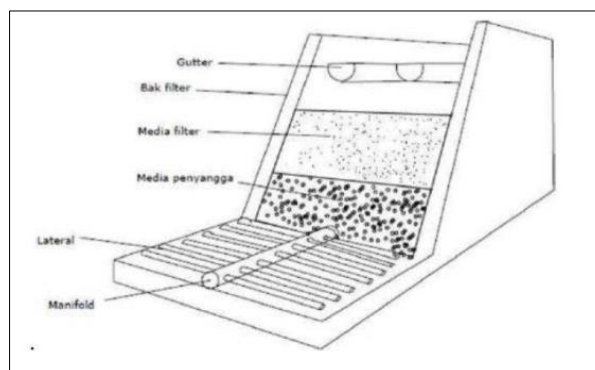
Menurut Al-Layla pada tahun 1978, partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air tidak bisa mengendap secara sempurna hanya dengan menggunakan proses sedimentasi. Untuk lebih menyempurnakan proses penyisihan partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air, dapat dilakukan dengan menggunakan proses filtrasi. Proses filtrasi sendiri adalah suatu proses di mana air dilewatkan pada pasir dan kombinasi kerikil-kerikil untuk mendapatkan hasil air yang lebih baik.

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

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

- a. Proses penyaringan yang terjadi di setiap lapisan permukaan filter
- b. Proses sedimentasi di dalam filter
- c. Kontak antara partikel flok dengan lapisan kerikil atau dengan flok yang sudah terkumpul di atas lapisan filter
- d. Proses adsorpsi atau proses elektrokinetik
- e. Proses koagulasi di dalam filter
- f. Proses biologis di dalam filter
- g. Penggabungan zat-zat koloid di dalam filter

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 2.22** dapat dilihat bagian-bagian filter.



Gambar 2.22 Bagian-Bagian Filter
(Sumber : Reynold & Richards, 1996)

Terdapat beberapa macam jenis filter modifikasi yang telah digunakan di mancanegara, antara lain *rapid sand filter*, *slow sand filter*, *pressure sand filter*, *multiple media filters*, *diatomaceous earth filters*, *upflow filters* dan lain sebagainya. Penyaringan SS terjadi pada lapisan paling atas sehingga dianggap kurang efektif karena sering dilakukan pencucian. Filter dual media menggunakan media pasir kwarsa di lapisan bawah dan antrasit di lapisan atas. Hal ini memberikan keuntungan yakni kecepatan filtrasi lebih tinggi (10 – 15 m/jam), periode pencucian lebih lama, dan hemat biaya. Multi media filter biasanya terdiri dari media antrasit, pasir dan garnet atau dolomit (Reynolds, 1992).

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

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

Media filter dapat tersusun dari pasir silika alami, anthrazit, atau pasir garnet. Media ini umumnya memiliki variasi dalam ukuran, bentuk dan komposisi kimia. Pemilihan media filter yang digunakan dilakukan dengan analisis ayakan. Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva

akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif dan keseragaman media yang diinginkan *Effective Size* (ES) atau ukuran efektif media filter adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10% dari total kedalaman lapisan media filter atau 10% dari fraksi berat, ini sering dinyatakan sebagai P10 (persentil 10). P10 yang dapat dihitung dari rasio ukuran rata – rata dan standar deviasi nya.

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

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

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

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

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

1. Filter Pasir Cepat

Filter pasir cepat atau *rapid sand filter* adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 6 hingga 11 m/jam. Filter ini selalu didahului dengan proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan pada influen filter pasir cepat berkisar 5-10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90-98% (Masduqi & Assomadi, 2012:171). Kriteria desain pasir cepat dapat dilihat pada **Tabel 2.6**.

Tabel 2.6 Kriteria Perencanaan Filter Pasir Cepat

| No | Unit | Saringan Biasa (Gravitasi) | Saringan dengan Pencucian Antar Saringan |
|----|---|--|--|
| 1. | Kecepatan penyaringan (m/jam) | 6-11 | 6-11 |
| 2. | Pencucian: • Sistem pencucian • Kecepatan (m/jam) | Tanpa/dengan blower & atau surface wash 36-50 | Tanpa/dengan blower & atau surface wash 36-50 |

| | | | |
|----|---|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Lama pencucian (menit) • Periode antara dua pencucian (jam) • Ekspansi (%) | <p>10-15</p> <p>18-24</p> <p>30-50</p> | <p>10-15</p> <p>18-24</p> <p>30-50</p> |
| 3. | <p>Dasar filter</p> <p>a. Lapisan penyangga dari atas ke bawah</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kedalaman (mm) ukuran butir (mm) • Kedalaman (mm) ukuran butir (mm) • Kedalaman (mm) ukuran butir (mm) • Kedalaman (mm) ukuran butir (mm) <p>b. Filter nozel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lebar slot nozel (mm) • Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%) | <p>80-100</p> <p>2-5</p> <p>80-100</p> <p>5-10</p> <p>80-100</p> <p>10-15</p> <p>80-150</p> <p>15-30</p> <p><0,5</p> <p>>4%</p> | <p>80-100</p> <p>2-5</p> <p>80-100</p> <p>5-10</p> <p>80-100</p> <p>10-15</p> <p>80-150</p> <p>15-30</p> <p><0,5</p> <p>>4%</p> |

(Sumber: SNI 6774-2008)

2. Filter Pasir Lambat

Filter pasir lambat atau slow sand filter adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi lambat yaitu sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Filter pasir lambat bekerja dengan cara pembentukan lapisan biofilm di beberapa milimeter bagian atas lapisan pasir halus yang disebut lapisan hypogeal atau schmutzdecke. Lapisan ini mengandung bakteri, fungi, protozoa, rotifera, dan larva serangga air. Schmutzdecke adalah lapisan yang melakukan pemurnian efektif dalam pengolahan air. Selama air melewati schmutzdecke, partikel akan terperangkap dan organik terlarut akan teradsorpsi, diserap, dan dicerna oleh bakteri, fungi, dan protozoa (Masduqi & Assomadi, 2012:176). Kriteria perencanaan filter pasir lambat dapat dilihat pada **Tabel 2.7**.

Tabel 2.7 Kriteria Filter Pasir Lambat

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

(*Sumber: Schulz & Okun, 1984*)

3. Filter Bertekanan

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

Filter bertekanan terdiri atas tangki tertutup, media filter, media penyangga, dan sistem underdrain. Kriteria filter bertekanan terdapat pada **Tabel 2.8**.

Tabel 2.8 Kriteria Filter Bertekanan

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

(Sumber: SNI 6774-2008)

4. Hidrolika Pencucian (*Backwash*)

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

- Penurunan kapasitas produksi
- Peningkatan kehilangan energi (*headloss*) yang diikuti oleh kenaikan

muka air di atas media filter

- Penurunan kualitas produksi

Tujuan pencucian filter adalah melepaskan kotoran yang menempel pada media filter dengan aliran ke atas (*upflow*) hingga media terekspansi. Umumnya tinggi sebesar 15 sampai 35% (Droste, 1997). Lama pencucian sekitar 3 hingga 15 menit. Ada beberapa sistem pencucian filter yaitu menggunakan menara air dan interfilter.

II.4.7 Desinfeksi

Salah satu persyaratan kualitas air minum adalah persyaratan mikrobiologis, yaitu air harus bebas dari mikroorganisme patogen. Desinfeksi merupakan proses membebaskan air minum dari mikroorganisme patogen. Metode desinfeksi secara umum ada dua, yaitu cara fisik dan cara kimiawi. Desinfeksi secara fisik adalah perlakuan fisik terhadap mikroorganisme yaitu panas dan cahaya yang mengakibatkan matinya mikroorganisme. Sedangkan metode desinfeksi secara kimiawi adalah memberikan bahan kimia ke dalam air sehingga terjadi kontak antara bahan tersebut dengan mikroorganisme yang berakibat matinya mikroorganisme tersebut.

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

- Menghilangkan bau
- Mematikan alga
- Mengoksidasi nitrit menjadi nitrat
- Mengoksidasi amonia menjadi senyawa amin
- Mengoksidasi fenol menjadi fenol yang tidak berbahaya

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

- Waktu kontak
- Konsentrasi desinfeksi
- Jumlah mikroorganisme
- Temperatur air
- pH
- Keberadaan senyawa lain dalam air

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

1. Desinfeksi dengan ozon

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

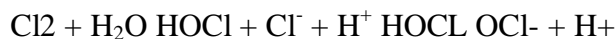
2. Desinfeksi dengan UV

Dapat terjadi dengan interaksi langsung menggunakan sinar UV dan tidak langsung menggunakan zat pengoksidasi. Biasanya sinar UV yang digunakan mampu mematikan semua mikroorganisme. Daerah yang berperan dalam efek 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. Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih besar dari aerasi, dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik pada 8-8,3 oksidasi besi membutuhkan waktu 15-30 menit. Pada umumnya proses standar penurunan Fe dan Mn menggunakan koagulasi dengan alum, flokulasi, pengendapan, dan filtrasi dengan didahului proses preklorinasi. Dosis sisa klor yang dianjurkan 0,2-0,5 mg/l. Perlu dilakukan percobaan Daya Pengikat Chlor (DPC) untuk mengetahui dosis senyawa chlor (Cl₂) yang dibutuhkan oleh air untuk proses desinfeksi (membunuh bakteri). Daya Pengikat Chlor ditentukan cara selisih antara chlor yang dibubuhkan dengan sisa chlor setelah kontak setelah kontak selama 30 menit (Sawyer et al., 1978).

Berikut rumus perhitungan unit desinfeksi menggunakan klor:

1. Penetapan DPC = $([1000/250 \times V \times M] - D)$ mg/l
2. Hitung dosis klor = Dosis klor (mg/L) = DPC + sisa klor
3. Kebutuhan klor = $Q \times \text{Dosis klor} \times \text{Kemurnian}$
4. Dimensi Bak = $p \times l \times t$

II.4.8 Reservoir

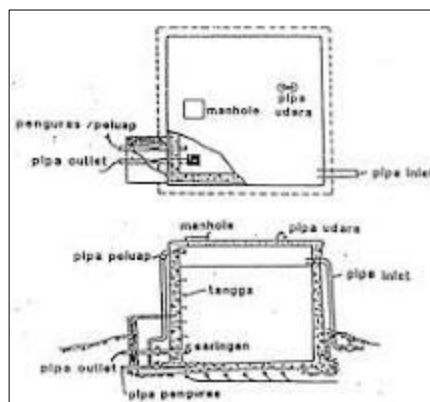
Reservoir adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya reservoir ini diperlukan pada suatu system penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Reservoir mempunyai fungsi dan peranan tertentu yang diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan dengan baik. Fungsi utama dari reservoir

adalah untuk menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air. Seringkali untuk waktu yang bersamaan, debit produksi air bersih tidak dapat selalu sama besarnya dengan debit pemakaian air. Pada saat jumlah produksi air bersih lebih besar daripada jumlah pemakaian air, maka kelebihan air tersebut untuk sementara disimpan dalam reservoir, dan digunakan kembali untuk memenuhi kekurangan air pada saat jumlah produksi air bersih lebih kecil daripada jumlah pemakaian air.

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

1. Reservoir Permukaan (*Ground Reservoir*)

Reservoir permukaan adalah reservoir yang sebagian besar atau seluruh bagian reservoir tersebut terletak dibawah permukaan tanah. Reservoir permukaan biasanya berbentuk bak atau tangki air yang ditanam di bawah tanah.



Gambar 2.23 Reservoir Permukaan

(*Sumber: BPSDM PU, 2018*)

2. Reservoir Menara (*Elevated Reservoir*)

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



Gambar 2.24 Reservoir Menara

(Sumber: BPSDM PU, 2018)

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

➤ 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 2.25 Reservoir Tanki Baja

(Sumber: <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/QDHY-Glass-fused-to-steel-water-1600460749134.html>)

➤ 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 2.26 Reservoir Beton Cor

(Sumber: <https://readymix.co.id/aplikasi-dan-fungsi-ground-tank-beton-berikut-pemeliharaan/>)

➤ 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.



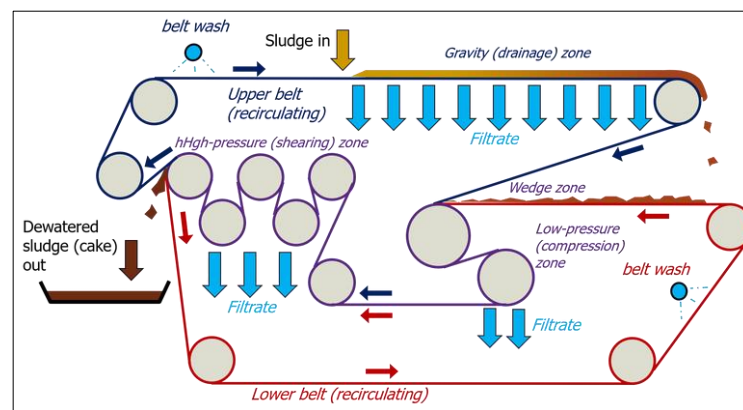
Gambar 2.27 Reservoir Fiberglass

(Sumber: <https://tangkipanel.co.id/>)

➤ Reservoir Pasangan Bata

Penggunaan bata merah sebagai bahan dinding reservoir sudah cukup lumrah digunakan karena material yang didapatkan sangat mudah. Selain itu, penggunaan batu bata memiliki kelebihan yaitu kuat, tahan lama, dan jarang terjadi keretakan. Namun, pasangan batu bata juga memiliki kekurangan yaitu sulitnya membuat pasangan batu bata yang rapi. Agar rapi, plesteran yang digunakan juga harus tebal agar menghasilkan dinding yang cukup rata dan kuat, selain itu biasanya juga terjadi kecenderungan pemborosan material.

II.4.9 Belt Filter Press



Gambar 2.28 Proses Belt Filter Press

(Sumber: <https://www.sludgeprocessing.com/sludge-dewatering/belt-filter-press/>)

Belt filter press (BFP) menyediakan *dewatering* lumpur dengan menekan lumpur untuk memaksa air melalui media permeabel. Proses menghasilkan *cake* (produk yang dikeringkan) yang memiliki kandungan padatan kering (DS) 30% atau lebih.

Sebagian besar dari jenis Belt-Filter Press, lumpur dikondisikan di bagian saluran gravitasi untuk dapat menebalkan lumpur. Pada bagian ini banyak air yang tersisihkan dari lumpur secara gravitasi. Dibeberapa unit, bagian ini diberikan dengan bantuan vacuum, yang menambah saluran dan

membantu untuk mengurangi bau. Mengikuti saluran gravitasi, tekanan yang digunakan dalam bagian tekanan rendah, dimana lumpur diremas diantara pori kain sabuk. Di beberapa unit, bagian tekanan rendah diikuti bagian tekanan tinggi dimana lumpur mengalami pergeseran melewati penggulung. Peremasan dan penggeseran ini menginduksi dari penambahan air dari lumpur. Akhir pengeringan cake lumpur adalah penyisihan dari sabuk dengan Scrapper blade.

Sistem operasi jenis belt-filter press dari pompa penyedot lumpur, peralatan polimer, tangki lumpur (flokulator), belt-filter press, conveyor cake lumpur, dan sistem pendukung (compressor, pompa pencuci). Namun, ada beberapa unit yang tidak menggunakan tangki lumpur.

II.5 Persen Removal

Tabel 2.9 Persen Removal

| Unit Bangunan | Parameter | Persen Removal | Sumber |
|-----------------|------------------|----------------|--|
| Bangunan intake | - | - | - |
| Prasedimentasi | Partikel Diskrit | - | - |
| Aerasi | BOD | 90% | Mirwan A, dkk. 2010. Penurunan Kadar BOS, COD, TSS, dan CO ₂ Air Sungai Martapura Menggunakan Tangki Aerasi Bertingkat. Vol. Oktober No.76. |
| | COD | 39-90% | Mirwan A, dkk. 2010. Penurunan Kadar BOS, COD, TSS, dan CO ₂ Air Sungai Martapura Menggunakan Tangki Aerasi Bertingkat. Vol. Oktober No.76. |
| | Fe | 60 – 90% | Ronald Droste. 1997. |

| | | | |
|-------------------------------|-----------------|------------------------------|---|
| | | | <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Section III Chapter 9 page 225.</i> |
| | Mn | 0 - 60% | Ronald Droste. 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Section III Chapter 9 page 225.</i> |
| | NH ₃ | 75% | Hasan, A., & Kadarusman, H. 202). Pengaruh Aerasi Terhadap Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Dengan Metode Constructed Wetland. Ruwa Jurai: Jurnal Kesehatan Lingkungan, 16(1), 41-49. |
| | Penambahan DO | 4,8 mg/L | Ali Masduqi. 2016. Operasi dan Proses Pengolahan Air. Hal 216. |
| Dissolved Air Flotation (DAF) | TSS | 90% (untuk koagulan alum) | Emmanuel Kweinor Tetteh. 2018. <i>Optimisation of Dissolved Air Flotation (DAF) for Separating Industrial Mineral Oil from Water.</i> Page 98 |
| | Minyak lemak | 65-98% | Syed R. Qasim, <i>WWT Planning, Desain and Operation.</i> Page 158 |
| Advance Sedimentasi | TSS | 60-80% | Prof. Dr. Ir. L. Huisman. 2004. <i>Sedimentation and Flotation 2nd Edition.</i> page 12 |
| Filtrasi | TSS | 60-90% | Yong Sin Sze et.al. 2021. <i>Performance of Sand Filtration System with Different Sand Bed Depth for Polishing Wastewater Treatment.</i> Vol. 9 No. 2. Page 452-457 |

| | | | |
|------------|----------------|---------|--|
| Disinfeksi | Total Coliform | 90-100% | Ronald Droste. 1997. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment. Section III Chapter 9</i> |
|------------|----------------|---------|--|

(Sumber : Hasil Analisis, 2022)

II.6 Profil Hidrolis

Profil hidrolis digambarkan untuk mendapatkan tinggi muka air pada masing-masing unit instalasi. Profil ini menunjukkan adanya kehilangan tekanan (head loss) yang terjadi akibat pengaliran pada bangunan. Beda tinggi setiap unit instalasi dapat ditentukan sesuai dengan sistem yang digunakan serta perhitungan kehilangan tekanan baik pada perhitungan yang telah dilakukan. Profil hidrolis IPA merupakan upaya penyajian secara grafis “*hydraulic grade line*” dalam instalasi pengolahan atau menyatakan elevasi unit pengolahan (*influent-effluent*) dan perpipaan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi, mengetahui kebutuhan pompa, memastikan tidak terjadi banjir atau luapan air akibat aliran balik.

Hal yang perlu diperhatikan sebelum membuat profil hidrolis adalah memperhitungkan:

1. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan

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

- a. Kehilangan tekanan pada pintu
- b. Kehilangan tekanan pada weir, sekat, ambang, dan lain sebagainya
- c. Kehilangan tekanan pada perpipaan

Rumus yang digunakan: $L \times S$

d. Kehilangan tekanan pada aksesoris

Mengekivalenkan aksesoris dengan panjang pipa, disini juga digunakan monogram untuk mencari panjang ekivalen sekaligus S

e. Kehilangan tekanan pada pompa

Hal ini dipengaruhi oleh jenis pompa, cara pemasangan, dan lain-lain

f. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok

Menghitung dengan bantuan monogram

2. Tinggi muka air

Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat mengakibatkan kesalahan dalam penentuan elevasi bangunan pengolahan sehingga akan mempengaruhi proses pengolahannya. Kehilangan tekanan bangunan (saluran terbuka dan tertutup) tinggi terjunan yang direncanakan (jika ada) akan berpengaruh pada perhitungan tinggi muka air. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara:

- a. Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir
- b. Menambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di clear well
- c. Mendapatkan tinggi muka air bangunan sebelum clear well hingga bangunan pertama sesudah intake
- d. Jika tinggi muka air bangunan setelah intake lebih tinggi dari pada tinggi muka air sumber maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air