

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Baku

2.1.1 Kekeruhan

Kekeruhan merupakan standar yang menggunakan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur kondisi suatu air baku dalam satuan skala NTU (nephelometric turbidity unit) atau FTU (formazin turbidity unit). Kekeruhan ini diakibatkan oleh adanya benda yang tercampur atau benda koloid di dalam air. Hal ini membuat perbedaan nyata dari segi estetika maupun dari segi kualitas air baku itu sendiri. Kekeruhan juga dapat disebabkan karena adanya kandungan TSS (total suspended solid) baik yang bersifat organik maupun anorganik. Zat organik dapat berasal dari pelapukan tanaman dan hewan, sedangkan zat anorganik biasanya dapat menjadi makanan bakteri sehingga mendukung perkembangannya. Kekeruhan dalam air tidak boleh melebihi 3 NTU. Penurunan dalam kekeruhan ini diperlukan karena selain ditinjau dari segi estetika yang kurang baik juga sebagai proses untuk desinfeksi air keruh sangat susah. Hal ini disebabkan penyerapan beberapa koloid dapat melindungi organisme dari adanya desinfektan yang diberikan (Abdullah,2018).

2.1.2 Karbon Organik

Karbon Organik adalah senyawa kimia yang mengandung atom karbon (C) yang terikat pada atom hidrogen (H) dan sering juga dengan oksigen (O), nitrogen (N), fosfor (P), dan unsur lainnya. Senyawa-senyawa ini pada dasarnya merupakan molekul pembangun kehidupan, karena berasal dari sisa-sisa atau hasil metabolisme organisme hidup, baik yang sudah mati maupun yang masih aktif. Dalam konteks air (seperti sungai, danau, atau laut), karbon organik biasanya diklasifikasikan berdasarkan ukurannya yaitu Karbon Organik Terlarut (Dissolved Organic Carbon/DOC) dengan ukuran partikel sangat kecil (< 0.45 mikrometer) yang larut dalam air. DOC memberi warna kuning-coklat pada air. Karbon Organik Partikulat (Particulate Organic Carbon/POC) dengan ukuran partikel

lebih besar (> 0.45 mikrometer) yang tersuspensi dalam air, seperti potongan kecil daun, sel organisme, atau serpihan organik lainnya.

2.1.3 Fosfat

Fosfat dalam air dapat ditemukan di berbagai lokasi, baik di lingkungan alami maupun akibat aktivitas manusia. Fosfat anorganik umumnya berasal dari limbah domestik, sebagai hasil akhir metabolisme protein dan lemak dalam tubuh manusia. Sementara itu, senyawa polifosfat banyak dijumpai dalam limbah industri, terutama dari produk deterjen dan proses pencucian. Di sisi lain, ortofosfat sering kali berasal dari pupuk pertanian yang digunakan di lahan pertanian. Dalam kondisi tertentu, polifosfat dapat diubah menjadi ortofosfat melalui proses hidrolisis yang dilakukan oleh bakteri.

Kandungan polifosfat dalam air dapat dihitung dengan mengurangi jumlah total fosfat anorganik dengan kadar ortofosfat. Dalam praktik analisis kualitas air, fosfat umumnya diukur dalam bentuk ortofosfat karena bentuk inilah yang paling mudah terdeteksi dan memiliki peran langsung dalam aktivitas biologis. Kandungan fosfat juga digunakan sebagai indikator adanya aktivitas mikroorganisme dalam badan air seperti sungai, danau, atau waduk. Oleh karena itu, pemantauan kadar fosfat secara berkala menjadi penting, baik dalam sistem pengolahan air limbah maupun di badan air permukaan, mengingat fosfat merupakan unsur hara makro esensial yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan organisme biologis (Listantia, 2020).

2.1.4 Amonia

Keberadaan amonia di perairan sungai yang melampaui batas yang diperbolehkan dapat menimbulkan dampak serius terhadap keseimbangan ekosistem akuatik serta membahayakan kehidupan organisme lain yang bergantung pada lingkungan tersebut. Amonia dikenal sebagai senyawa yang sangat toksik bagi hampir seluruh bentuk kehidupan. Pada manusia, amonia dapat menjadi zat berbahaya apabila masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang melebihi kemampuan sistem detoksifikasi tubuh untuk menanganinya. Paparan utama terhadap amonia pada manusia umumnya terjadi melalui inhalasi uapnya, yang dapat menimbulkan berbagai gangguan, termasuk iritasi pada kulit, mata,

dan saluran pernapasan. Dalam konsentrasi tinggi, penghirupan uap amonia bahkan dapat menyebabkan efek yang bersifat fatal (Tang dan Hadibarata, 2021).

2.1.5 Total Coliform

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

Total coliform adalah kelompok bakteri yang termasuk di dalamnya bakteri jenis aerobik dan fakultatif anaerobik, dimana merupakan bakteri gram negatif. 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).

2.2 Bangunan Pengolahan Air Minum

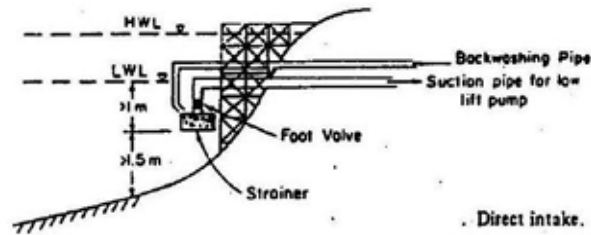
2.2.1 Intake

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, 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:

1. Bangunan Penyadap Langsung (Direct Intake)
Digunakan untuk sumber air seperti sungai atau danau dengan kedalaman yang cukup tinggi. Intake jenis ini memungkinkan terjadinya erosi pada dinding dan pengendapan di bagian dasarnya



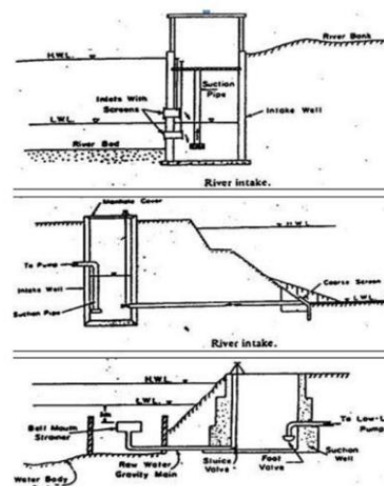
Gambar 2.1 Direct Intake

Sumber: Kawamura, 2000

2. Bangunan Penyadap Tidak Langsung (Indirect Intake)

a. River Intake

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



Gambar 2.2 River Intake

Sumber: Kawamura, 2000

2.2.2 Bar Screen

Screening atau biasa disebut dengan bar screen digunakan dalam pengolahan air baik air bersih maupun air limbah untuk menghilangkan padatan kasar berupa potongan-potongan kayu, bahan-bahan dari plastik, kain, dan lain sebagainya yang berukuran $> 0,5 - 1$ cm agar tidak mengganggu proses

pengolahan pada bangunan pengolahan air selanjutnya (Metcalf & Eddy, 2003). Padatan yang disaring kemudian dibuang ke wadah yang terletak di belakang screen untuk disimpan, dikeringkan, dan diakumulasi/dipadatkan sebelum akhirnya dibuang. Peran utama screening adalah untuk menghilangkan bahan-bahan kasar dari aliran air yang mampu merusak peralatan unit pengolahan berikutnya, mengurangi kinerja dan efektivitas unit dan proses pengolahan secara keseluruhan, dan mencemari saluran air. Pada umumnya screen dilakukan pada tahap awal dalam pengolahan. Saringan sebagai penggunaan umum dapat dipakai untuk memisahkan berbagai macam benda padat dengan ukuran besar yang terdapat pada air baku, misalnya seperti kertas, plastik, kayu dan lainnya. Screen atau saringan dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu saringan kasar dan saringan halus. Saringan kasar diletakkan pada awal proses. Tipe yang umumnya digunakan antara lain bar rack atau bar screen, coarse woven-wire screen dan communitor. Beberapa kriteria yang harus diperhatikan dalam merencanakan bar screen antara lain adalah:

- a. Kecepatan atau kapasitas rencana
- b. Jarak antar Bar
- c. Ukuran bar (batang)
- d. Sudut inklinasi
- e. Headloss yang diperbolehkan

Adapun jenis dari bar screen adalah fine screen (saringan halus) dan coarse screen (saringan kasar). Sedangkan menurut mekanisme operasinya terdapat 2 jenis bar screen yaitu dengan pembersihan manual dan mekanik (Reynolds & Richards, 1995). Umumnya unit bar screen dibuat dari batangan besi/baja dengan lapisan anti karat yang dipasang pada kerangka yang melintang di saluran air dengan posisi miring ke arah masuknya air (inlet) dengan kemiringan 30° - 45° dari horizontal (Metcalf & Eddy, 2003). Tebal batang biasanya 5-15 mm dengan jarak antar batang 25-50 mm yang diatur sedemikian rupa sehingga lolos untuk parameter/limbah yang diinginkan. Bar screen dirancang dan dihitung menggunakan debit pada aliran puncak (S. R. Qasim, 2000).

2.2.3 Bak Pengumpul

Bak pengumpul merupakan bangunan yang berfungsi untuk menampung dan menyeragamkan variasi laju aliran setiap jam dan beberapa parameter terkait untuk mencapai suatu karakteristik dan laju aliran air limbah yang konstan dan dapat diterapkan dalam sejumlah situasi yang berbeda sesuai dengan unit pengolahan yang digunakan berikutnya. Waktu detensi di bak penampung maksimum adalah 30 menit untuk mencegah terjadinya pengendapan dan dekomposisi air limbah. Tinggi muka air saat kondisi puncak harus berada di bawah aliran masuk (inlet) atau saluran pembawa agar tidak terjadi aliran balik. Setelah keluar dari bak penampung, debit air buangan yang berfluktuasi setiap jamnya akan menjadi debit rata-rata. Pada bak pengumpul debit air diatur agar dapat memenuhi kriteria perencanaan pada unit bangunan selanjutnya (Metcalf & Eddy et al., 2003).

2.2.4 Aerasi

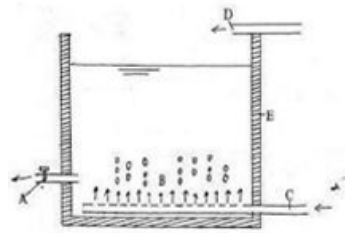
Aerasi adalah suatu proses penambahan udara/oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat, dengan cara menyemprotkan air ke udara (air ke dalam udara) atau dengan memberikan gelembung-gelembung halus udara dan membiarkannya naik melalui air (udara ke dalam air). Aerasi merupakan suatu bentuk perpindahan gas dan dipergunakan dalam berbagai bentuk variasi operasi meliputi:

- a. Tambahan oksigen untuk mengoksidasi besi dan mangan terlarut
- b. Pembuangan karbon dioksida\
- c. Pembuangan hydrogen sulfida untuk menghapuskan bau dan rasa
- d. Pembuangan minyak yang mudah menguap dan bahan – bahan penyebab bau dan rasa serupa yang dikeluarkan oleh ganggang serta mikroorganisme serupa.

Dalam melakukan proses Aerasi ini perlu menggunakan alat yang dinamakan aerator. Prinsip kerja alat ini adalah untuk menambahkan oksigen terlarut di dalam air tersebut. Kemudian yang menjadi tugas utama dari aerator ini adalah memperbesar permukaan kontak antara air dan udara. Adapun tujuan dari aerasi adalah :

- a. Penambahan jumlah oksigen.
- b. Penurunan jumlah carbon dioxide (CO_2)
- c. Menghilangkan hydrogen sulfide (H_2S), methan (CH_4) dan berbagai senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau.

Pada penelitian kali ini, digunakan *bubble aerator* dalam proses aerasi. *Bubble aerator* adalah jenis unit aerator yang digunakan dalam pengolahan air dan air limbah untuk menginfuskan udara ke dalam air dalam bentuk gelembung gelembung kecil. Proses ini membantu meningkatkan kandungan oksigen dalam air dengan menyediakan permukaan kontak yang besar antara udara dan air. Bubble aerator sering digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pengolahan air limbah, pengolahan air minum, serta dalam sistem budidaya ikan dan akuakultur untuk meningkatkan kualitas air dan mendukung kehidupan akuatik.



Gambar 2.3 Bubble Aerator

Sumber : Rahmawati, 2010

2.2.5 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 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 men-destabilisasi muatan negatif partikel (Pulungan, 2012).

Pada proses koagulasi terjadi destabilisasi koloid dan partikel dalam air sebagai akibat dari pengadukan cepat dan pembubuhan bahan kimia (disebut

koagulan). Akibat pengadukan cepat, koloid dan partikel yang stabil berubah menjadi tidak stabil karena terurai menjadi partikel yang bermuatan positif dan negatif. Pembentukan ion positif dan negatif juga dihasilkan melalui proses penguraian koagulan. Proses ini dilanjutkan dengan pembentukan ikatan antara ion positif dari koagulan (misal Al^{3+}) dengan ion negatif dari partikel (misal OH^-) dan antara ion positif dari partikel (misal Ca^{2+}) dengan ion negatif dari koagulan (misal SO_4^{2-}) yang menyebabkan pembentukan inti flok (presipitat) (Masduqi & A.F. Assomadi, 2012).

Pemilihan koagulan dan konsentrasinya dapat ditentukan berdasarkan studi laboratorium menggunakan jar test apparatus untuk mendapatkan kondisi optimum (Masduqi & A.F. Assomadi, 2012).



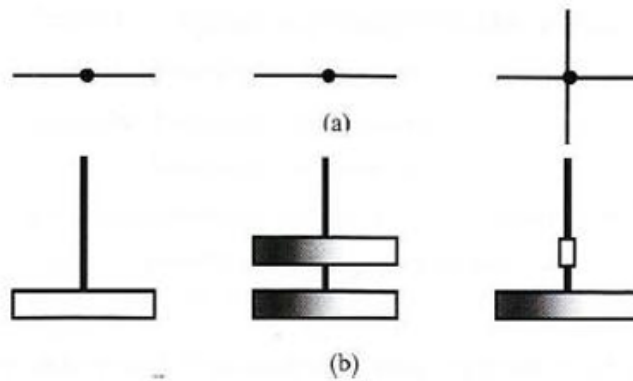
Gambar 2.4 Peralatan Jar Test

Sumber : Sumber Aneka Karya Abadi, 2023

Adapun jenis-jenis koagulan dan pengadukan cepat unit koagulasi yaitu sebagai berikut.

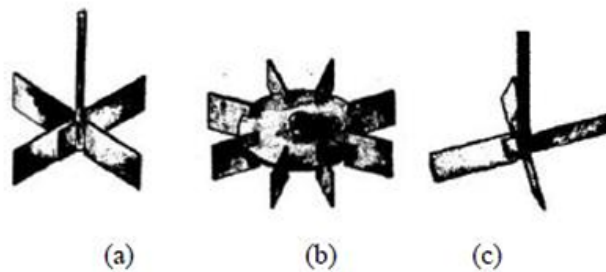
1. Pengadukan mekanis

Pengadukan mekanis dengan tujuan pengadukan cepat umumnya dilakukan dalam waktu singkat dalam satu bak. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan, yaitu G dan td . Pengadukan mekanis biasanya menggunakan 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 berikut:



Gambar 2.5 Tipe Paddle (a) Tampak Atas, (b) Tampak Samping

Sumber : Masduqi & A.F. Assomadi, 2012



Gambar 2.6 Tipe turbine (a) turbine blade lurus, (b) turbine blade dengan piringan, (c) turbine dengan blade menyerong

Sumber : S. R. , Qasim et al., 2000



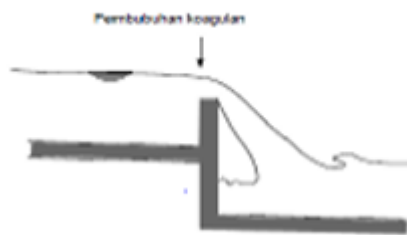
Gambar 2.7 Tipe propeller (a) propeller 2 blade, (b) propeller 3 blade

Sumber : S. R. , Qasim et al., 2000

2. Pengadukan hidrolis

Pengadukan hidrolis adalah pengadukan yang memanfaatkan aliran air sebagai tenaga pengadukan. Tenaga pengadukan ini dihasilkan dari energi hidrolik yang dihasilkan dari suatu aliran hidrolik. Energi hidrolik dapat berupa energi gesek, energi potensial (jatuhan) atau adanya lompatan

hidrolik dalam suatu aliran (Masduqi & A.F. Assomadi, 2012). Jenis pengadukan hidrolis yang digunakan pada pengadukan cepat haruslah aliran air yang menghasilkan energi hidrolik yang besar titik Dalam hal ini dapat dilihat dari besarnya kehilangan energi tutup atau perbedaan muka air. Dengan tujuan menghasilkan turbulensi yang besar tersebut maka jenis aliran yang sering digunakan sebagai pengadukan cepat adalah tersusun, loncatan hidrolik dan pashall flume (Masduqi & A.F. Assomadi, 2012).



Gambar 2.8 Pengadukan Cepat dengan Terjunan

Sumber : Masduqi & A.F. Assomadi, 2012

2.2.6 Flokulasi

Flokulasi adalah proses lanjutan dari proses koagulasi, yaitu penggabungan inti flok atau flok kecil menjadi flok yang berukuran besar. Pada flokulasi, kontak antar partikel melalui tiga mekanisme, yaitu:

- Thermal motion, yang dikenal dengan Brownian Motion atau difusi atau disebut dengan Flocculation Perikinetik.
- Gerakan cairan oleh pengadukan
- Kontak selama pengendapan (Hartono, 2016)

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 – 100 detik-1) selama 10- 60 menit atau nilai GTd (bilangan Camp) berkisar 48000-210000. Gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah

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

- a. Air sungai
 - Waktu detensi = minimum 20 menit
 - $G = 10 - 75 \text{ detik}^{-1}$
- b. Air Waduk
 - Waktu detensi = 30 menit
 - $G = 10 - 75 \text{ detik}^{-1}$
- c. Air Keruh
 - Waktu detensi dan G lebih rendah
- d. Jika menggunakan garam besi sebagai koagulan
 - G tidak lebih dari 50 detik^{-1}
- e. Flokulator terdiri dari 3 kompartemen
 - G Kompartemen 1 : Nilai terbesar -
 - G Kompartemen 2 : 40% dari G kompartemen 1
 - G Kompartemen 3 : nilai terkecil
- f. Penurunan kesadahan
 - Waktu detensi = 30 menit
 - $G = 10 - 50 \text{ detik}^{-1}$
- g. Presipitasi Kimia (Penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)
 - Waktu detensi = 15 -30 menit

2.2.7 Sedimentasi

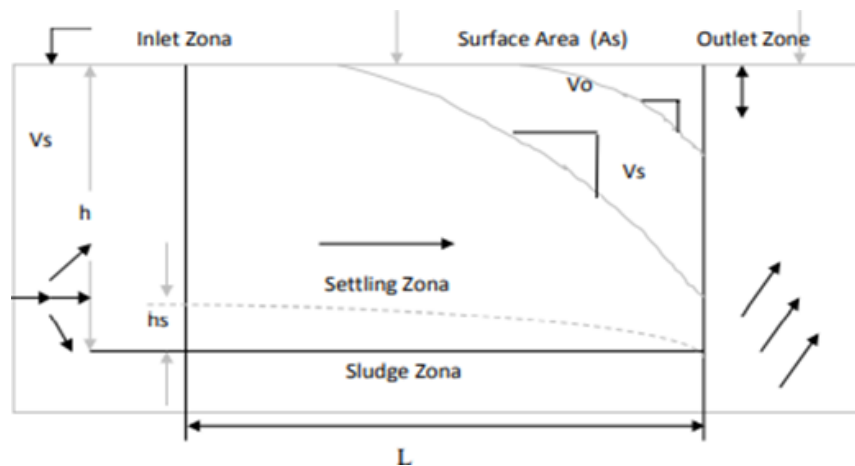
Bak sedimentasi adalah bak yang digunakan untuk proses pengendapan (sedimentasi) partikel flokulen dalam suspensi, dengan pengendapan yang terjadi akibat interaksi antar partikel. Selama operasi pengendapan, ukuran partikel flokulen bertambah besar, sehingga kecepatannya juga meningkat. Sebagai contoh ialah pengendapan koagulasi-flokulasi (Masduqi & A.F. Assomadi, 2012). 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:

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

Pada setiap bangunan sedimentasi terdapat empat zona :

- Zona Inlet
- Zona Outlet
- Zona Settling
- Zona Sludge

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



Gambar 2.9 Zona Pada Bak Sedimentasi

Sumber : Al Layla, Water Supplay Engineering Design ,1980

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 pengurusan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel 75% mengendap pada 1/5 volume bak.
- Zona Outlet = Pada zona ini dihasilkan air yang jernih tanpa suspensi yang ikut terbawa.

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 hidrolik 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.

2.2.8 Filtrasi

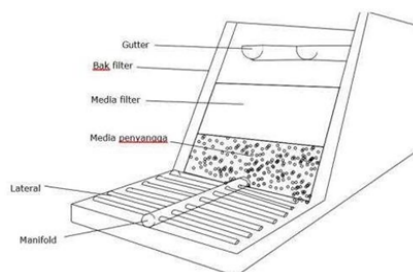
Menurut (Al-Layla, 1978), partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air tidak bisa mengendap secara sempurna hanya dengan menggunakan proses sedimentasi. Untuk lebih menyempurnakan proses penyisihan partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air, dapat dilakukan dengan menggunakan proses 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:

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

Pada prosesnya, partikel tersuspensi yang ukuran nya 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 2.10 dapat dilihat bagian-bagian filter.



Gambar 2.10 Bagian-Bagian Filter

Sumber : Reynold & Richards, 1996

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 0,45-0,55 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 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.

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

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).

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)

3. Filter Bertekanan

Filter bertekanan (pressure filter) pada dasarnya mempunyai prinsip yang sama dengan filter gravitasi (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.

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 (head loss) 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.

2.2.9 Desinfeksi

Salah satu persyaratan kualitas air minum adalah persyaratan mikrobiologis, (harus bebas mikroorganisme patogen). Desinfeksi adalah 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 kedalam 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:

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

Adapun jenis-jenis desinfeksi yaitu sebagai berikut. Berikut adalah berbagai macam desinfeksi dengan metode yang berbeda-beda beserta penjelasannya.

A. Desinfeksi dengan ozon

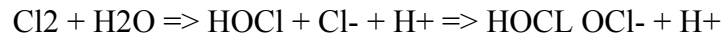
Ozon adalah zat pengoksidasi kuat sehingga dapat melakukan kerusakan bakteri antara 600–3000 lebih kuat dari klorin. Penggunaannya tidak dipengaruhi oleh pH air, sedangkan klorin sangat bergantung pada pH air. Mekanisme produksi ozon adalah eksitasi dan percepatan elektron yang tidak beraturan dalam medan listrik tinggi. O_2 berarus bolak-balik melewati media arus listrik yang tinggi akan menghasilkan lompatan elektron 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 O_3 (ozon).

B. 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.

C. Desinfeksi dengan pembubuhan kimia

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



D. 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 (Fatimah, et al., 2021). Perlu dilakukan percobaan Daya Pengikat Chlor (DPC) untuk mengetahui dosis senyawa chlor (Cl₂) yang dibutuhkan oleh air untuk proses desinfeksi (membunuh bakteri). Daya Pengikat Chlor ditentukan cara selisih antara chlor yang dibubuhkan dengan sisa chlor setelah kontak setelah kontak selama 30 menit (Sawyer et al., 1978).

2.2.10 Reservoir

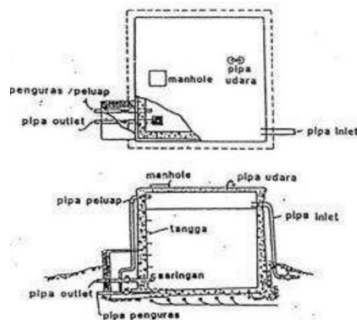
Reservoir adalah tempat penampungan air bersih, pada sistem penyediaan air bersih. Umumnya Reservoir ini diperlukan pada suatu sistem penyediaan air bersih yang melayani suatu kota. Reservoir mempunyai fungsi dan peranan tertentu yang diperlukan agar sistem penyediaan air bersih tersebut dapat berjalan dengan baik. Fungsi utama dari Reservoir adalah untuk menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air. Seringkali untuk waktu yang bersamaan, debit produksi air bersih tidak dapat selalu sama besarnya dengan debit pemakaian air. Pada saat jumlah produksi air bersih lebih besar daripada jumlah

pemakaian air, maka kelebihan air tersebut untuk sementara disimpan dalam Reservoir, dan digunakan kembali untuk memenuhi kekurangan air pada saat jumlah produksi air bersih lebih kecil daripada jumlah pemakaian air.

Berdasarkan tinggi relative Reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis Reservoir dapat dibagi menjadi 2 yaitu:

- Reservoir Permukaan (Ground Reservoir)

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



Gambar 2.11 Reservoir Permukaan

Sumber : Aero Engineering, 2021

- Reservoir Menara (Elevated Reservoir)

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



Gambar 2.12 Reservoir Menara

Sumber : Aero Engineering, 2021

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

1. Reservoir Tangki Baja

Reservoir tangki baja adalah komponen vital dalam sistem pengelolaan air bersih. Desain yang tepat, pemilihan material, dan perencanaan yang matang akan memastikan bahwa reservoir dapat berfungsi secara optimal dalam memenuhi kebutuhan masyarakat akan air bersih. Banyak reservoir menara dan “stand pipe” atau reservoir tanah yang dikonstruksi dari bahan baja dibaut atas dilas. Karena baja berisiko terhadap karat dan mudah menyerap panas, maka perlu dicat dan dilindungi dengan “Cathodic Protection”. Biasanya tangki baja jauh lebih murah dari beton



Gambar 2.13 Reservoir Tangki Baja

Sumber : Aero Engineering, 2021

2. Reservoir Beton Cor

Reservoir beton cor, merupakan struktur penting dalam sistem penyimpanan dan distribusi air. Struktur ini dirancang untuk menampung air dalam jumlah besar dan sering digunakan dalam aplikasi komersial dan domestik. Tangki 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 mahal.

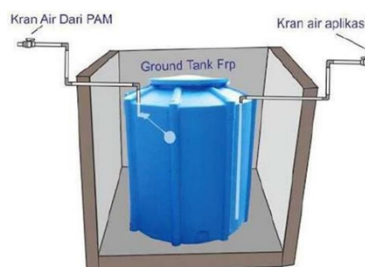


Gambar 2.14 Reservoir Beton Cor

Sumber : Aero Engineering, 2021

3. Reservoir Fiberglass

Reservoir fiberglass, yang juga dikenal sebagai tangki panel FRP (Fiber Reinforced Plastic), merupakan solusi inovatif untuk penyimpanan air bersih dan bahan kimia. Material ini terdiri dari serat kaca yang diperkuat dengan resin. Penggunaan fiberglass sebagai bahan untuk membuat reservoir memiliki beberapa kelebihan yaitu beratnya yang ringan, tekstur dinding tangki kaku dan terlihat kuat. Namun, dari kelebihan yang dimiliki, adapun kekurangan yang dimiliki yaitu rentan terhadap benturan dan dinding tangki mudah retak, tidak tahan terhadap UV dan oksidasi bila terjemur sinar matahari



Gambar 2.15 Reservoir Fiberglass

Sumber : Aero Engineering, 2021

2.2.11 Sludge Drying Bed

Sludge Drying Bed pada umumnya digunakan untuk pengumpulan padatan lumpur/sludge dengan ukuran padatan yang relatif kecil hingga sedang. Dalam prosesnya, lumpur/sludge diletakkan pada kolam memiliki kedalaman lapisan lumpur yang berkisar antara 200-300 mm. Selanjutnya lumpur tersebut dibiarkan mengering. Pengurangan kadar air dalam sludge drying bed terjadi karena adanya saluran drainase yang terletak di dasar kolam dan akibat proses penguapan. Kebanyakan hilangnya kadar air dari *sludge drying bed* diakibatkan oleh pengurasan pada saluran drainase. Oleh karena itu, kecermatan dalam penentuan dimensi pipa drainase sangat dibutuhkan. Sludge drying bed pada umumnya dilengkapi dengan saluran drainase lateral (pipa PVC berpori atau pipa yang diletakkan di dasar dengan open join) (Metcalf & Eddy, 2003) Saluran drainase memiliki persyaratan minimal kemiringan yaitu sekitar 1% (0,01 m/m) dengan jarak antar saluran drainase pada masing-masing partisi sekitar 2,5 – 6 m. Saluran drainase juga harus terlindung dari lumpur secara langsung sehingga diperlukan

media yang mampu menutupi saluran drainase pada *sludge drying bed*. Media tersebut pada umumnya berupa kerikil dan juga pecahan batu yang disusun dengan ketebalan antara 230 – 300 mm. Ketebalan yang diatur sedemikian rupa memiliki fungsi guna menghambat laju air dan meminimasi masuknya lumpur/sludge ke dalam saluran drainase. Pasir yang digunakan pada media penyangga juga memiliki batasan koefisien keseragaman yang tidak lebih dari 4 dan memiliki effective size antara 0,3 – 0,75. Area pengeringan memiliki dimensi lebar yang dibatasi pada 6 m dengan panjang yang berkisar antara 6 – 30 m dan kedalaman yang berkisar antara 380 – 460 mm. Bahan beton disarankan digunakan sebagai bahan penyusun bangunan *sludge drying bed* (Metcalf & Eddy, 2003).



Gambar 2.16 *Sludge Drying Bed*

Sumber : Waste and Wastewater, 2022

Pipa inlet pada bangunan *sludge drying bed* harus dirancang dengan kecepatan minimal 0,75 m/s dan memungkinkan untuk terjadinya proses pengurasan pada saluran drainase. Pipa besi dan PVC merupakan jenis pipa yang paling sering digunakan. Sistem penyaluran sludge dilakukan dengan mengalirkan air tegak lurus dengan posisi *sludge drying bed* guna mengurangi kecepatan alir saat sludge memasuki bangunan pengering (Metcalf & Eddy, 2003). Padatan pada *sludge drying bed* hanya dapat dikuras dari bangunan *sludge drying bed* setelah sludge mengering. Lumpur yang telah mengering memiliki ciri yaitu memiliki permukaan yang terlihat retak dan mudah hancur serta berwarna hitam atau coklat gelap. Kadar air yang terkandung dalam sludge/lumpur yang telah mengering berkisar pada 60% pada rentang antara 10 – 15 hari. Proses pengurasan dapat dikatakan selesai apabila lumpur telah dikeruk menggunakan scrapper atau secara

manual dan diangkut menggunakan truk keluar dari lokasi pengolahan (Metcalf & Eddy, 2003).

2.3 Persen Removal

Tujuan utama dari proses pengolahan air minum adalah untuk mengurangi kadar pencemar yang terdapat dalam air sungai sebagai sumber air baku. Tingkat keberhasilan pengolahan ini diukur melalui persentase penurunan beban pencemar, yang berfungsi sebagai indikator efektivitas instalasi pengolahan air dalam menurunkan kadar polutan. Pada tabel berikut disajikan data persentase penurunan beban pencemar berdasarkan berbagai sumber literatur yang relevan :

Tabel 2.1 Persen Removal

Unit Pengolahan	Beban Tercemar	Persen Removal	Sumber
Intake dan <i>Screen</i>	-	-	-
Bak Pengumpul	-	-	-
Aerasi	Amonia	60-100%	Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9. Halaman 233.
Koagulasi	-	-	-
Flokulasi	-	-	-
Sedimentasi	Kekeruhan	80 - 90%	Droste, 1997. Theory and Practice of water and Waste Water Treatment Chapter 9. Halaman 224
	Fosfat	75 - 95%	Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4 th, Halaman 506
	Karbon	40-80%	Crittenden. mwh's water

	Organik		treatment: principles and design, third edition: principles and design. Halaman 576
Filtrasi	Kekeruhan	90-100%	Droste, 1997. Theory and Practice of water and Waste Water Treatment Chapter 9. Halaman 224
Desinfeksi	Total Coliform	90-100%	Droste. 1997. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment Chapter 9. Halaman 224
Reservoir	-	-	-

2.4 Profil Hidrolis

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

Hal yang perlu diperhatikan sebelum membuat profil hidrolis adalah memperhitungkan:

1. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan

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

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

Rumus yang digunakan: $L \times S$

- d. Kehilangan tekanan pada aksesoris

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

- e. Kehilangan tekanan pada pompa

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

- f. Kehilangan tekanan pada alat pengukur flok

Menghitung dengan bantuan monogram

2. Tinggi muka air Kesalahan dalam perhitungan tinggi muka air dapat mengakibatkan kesalahan dalam penentuan elevasi bangunan pengolahan sehingga akan mempengaruhi proses pengolahannya. Kehilangan tekanan bangunan (saluran terbuka dan tertutup) tinggi terjunan yang direncanakan (jika ada) akan berpengaruh pada perhitungan tinggi muka air. Perhitungan dapat dilakukan dengan cara:
 - a. Menentukan tinggi muka air bangunan pengolahan yang paling akhir
 - b. Menambahkan kehilangan tekanan antara clear well dengan bangunan sebelumnya pada ketinggian muka air di clear well
 - c. Mendapatkan tinggi muka air bangunan sebelum clear well hingga bangunan pertama sesudah intake
 - d. Jika tinggi muka air bangunan setelah intake lebih tinggi dari pada tinggi muka air sumber maka diperlukan pompa di intake untuk menaikkan air