

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Baku

Penyediaan air bersih, selain kuantitas, kualitasnya pun harus memenuhi standar yang berlaku. Untuk ini perusahaan air minum selalu memeriksa kualitas air bersih sebelum didistribusikan kepada pelanggan sebagai air minum. Air minum yang ideal seharusnya jernih, tidak berbau, tidak berwarna, tidak berasa. Air minum pun seharusnya tidak mengandung kuman patogen dan segala makhluk yang membahayakan kesehatan manusia. Tidak mengandung zat kimia yang dapat merubah fungsi tubuh, tidak dapat diterima secara estetis dan dapat diperoleh secara ekonomis. Air itu seharusnya tidak korosif, tidak meninggalkan endapan pada seluruh jaringan distribusinya (Effendi, 2003).

Dalam hal air bersih, sudah merupakan praktek umum bahwa dalam menetapkan kualitas dan karakteristik dikaitkan dengan standart baku mutu air (standar kualitas air). Untuk memperoleh gambaran yang nyata tentang karakteristik air baku, seringkali diperlukan pengukuran sifat-sifat air atau biasa disebut parameter kualitas air, yang beraneka ragam. Formulasi-formulasi yang dikemukakan dalam angka-angka standar tentu saja memerlukan penilaian yang kritis dalam menetapkan sifat-sifat dari tiap parameter kualitas air (Slamet, 1994).

Standar kualitas air adalah baku mutu yang ditetapkan berdasarkan sifat-sifat fisik, kimia, radioaktif maupun bakteriologis yang menunjukkan persyaratan kualitas air tersebut. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 20 Tahun 1990 Tentang pengendalian pencemar air menjadi beberapa golongan menurut peruntukannya. Adapun penggolongan air menurut peruntukannya adalah berikut ini:

- Golongan A : Air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung, tanpa pengolahan terlebih dahulu.

- Golongan B : Air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum.
- Golongan C: Air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan.
- Golongan D: Air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian, usaha di perkotaan, industri, dan pembangkit listrik tenaga air.

2.1.1 Karakteristik yang Terkandung dalam Air Baku

Adapun beberapa parameter - parameter yang biasanya digunakan untuk menentukan kualitas air adalah sebagai berikut:

1. Parameter Fisik

Sifat-sifat fisik air adalah relatif mudah untuk diukur dan beberapa diantaranya mungkindengan cepat dapat dinilai oleh orang awam.

a. Bau

Air minum yang berbau selain tidak estetik 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 biasanya tidak memberi rasa / tawar. Air yang tidak tawar dapat menunjukkan kehadiran berbagai zat yang dapat membahayakan kesehatan. Rasa logam/ amis, rasa pahit, asin, dan sebagainya. Efeknya tergantung pula pada penyebab timbulnya rasatersebut (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. Warna

Air minum sebaiknya tidak berwarna untuk alasan estetis dan untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun mikroorganisme yang berwarna. Warna dapat disebabkan adanya tannin dan asam humat yang terdapat secara alamiah di air rawa, berwarna kuning muda, menyerupai urine, oleh karenanya orang tidak mau menggunakannya. Selain itu, zat organik ini bila terkena khlor dapat membentuk senyawa- senyawa khloroform yang beracun. Warna pun dapat berasal dari buanganindustry (Effendi, 2003).

e. Kekeruhan

Material penyebab kekeruhan adalah *silt/clay* atau bahan organik yang berasal dari limbah, mikroorganisme seperti *algae*. Pada musim kemarau, air sungai lebih jernih bila dibandingkan pada saat musim hujan (meskipun belum tentu lebih mudah dijernihkan dengan tawas/alum) kekeruhan maksimum untuk air minum menurut USEPA adalah 10 mg/l.

Kekeruhan air disebabkan oleh adanya zat padat yang tersuspensi, baik yang bersifat anorganik maupun yartg organik. Zat anorganik, biasanya berasal dari lapukan batuan dan logam, sedangkan yang organik dapat berasal dari lapukan lapukan tanaman atau hewan. Buangan industri dapat juga menyebabkan sumber kekeruhan. Zat organik dapat menjadi makanan bakteri, sehingga mendukung perkembangbiakannya. Bakteri ini juga merupakan zat tersuspensi, sehingga pertambahannya akan menambah pula kekeruhan air. Demikian pula dengan algae yang berkembang biak karena adanya zat hara N, P, K akan menambah kekeruhan air. Air yang keruh sulit didesinfeksi, karena mikroba terlindung oleh zat tersuspensi tersebut. Hal ini tentu berbahaya bagi kesehatan, bila mikroba itu patogen (Effendi,2003).

f. Jumlah zat padat tersuspensi TSS (Total Suspended Solid)

Materi yang tersuspensi adalah materi yang mempunyai ukuran lebih kecil daripada molekul/ ion yang terlarut. Materi tersuspensi ini

dapat digolongkan menjadi dua, yakni zat padat dan koloid. Zat padat tersuspensi dapat mengendap apabila keadaan air cukup tenang, ataupun mengapung apabila sangat ringan; materi inipun dapat disaring. Koloid sebaliknya sulit mengendap dan tidak dapat disaring dengan (filter) air biasa.

Materi tersuspensi mempunyai efek yang kurang baik terhadap kualitas air karena menyebabkan kekeruhan dan mengurangi cahaya yang dapat masuk ke dalam air. Oleh karenanya, manfaat air dapat berkurang, dan organisme yang butuh cahaya akan mati. Setiap kematian organisme akan menyebabkan terganggunya ekosistem akuatik. Apabila jumlah materi tersuspensi ini banyak dan kemudian mengendap, maka pembentukan lumpur dapat sangat mengganggu dalam saluran, pendangkalan cepat terjadi, sehingga diperlukan pengerukan lumpur yang lebih sering. Apabila zat-zat ini sampai di muara sungai dan bereaksi dengan air yang asin, maka baik koloid maupun zat terlarut dapat mengendap di muara muara dan proses inilah yang menyebabkan terbentuknya delta. Dapat dimengerti, bahwa pengaruhnya terhadap kesehatan pun menjadi tidak langsung.

2. Parameter Kimiawi

Karakteristik kimia cenderung lebih khusus sifatnya dibandingkan dengan karakteristik fisis dan oleh karena itu lebih cepat dan tepat untuk menilai sifat-sifat air dari suatu sampel.

a. Nitrat/Nitrogen

Air permukaan yang tercemar limbah domestik atau limbah industri amoniak bisa mengandung nitrat tinggi karena proses nitrifikasi. Beberapa bentuk senyawa nitrogen yaitu nitrogen organik (dalam bentuk protein, asam amino dan urea), nitrogen amoniak (seperti garam ammonium dan amoniak), nitrogen nitrit, dan nitrogen nitrat, melalui reaksi kimiawi. Air baku dengan kadar org-N dan ammonia-N yang

tinggi namun sedikit sekali NO₃-N, menunjukkan adanya limbah yang baru saja dibuang di badan air (Adisuasono et al., 2014).

b. Timbal (Pb)

Air dengan kadar 0,3-0,5 mg/l Pb menyebabkan keracunan pada manusia. Batas maximum pada kadar Pb dalam air minum adalah 0,1 mg/l. umumnya Pb di dalam air terjadi karena bahan penambal sambungan pipa lama (Permenkes 492/MENKES/PER/2010).

c. Fluor (F)

Fluor (F) merupakan salah satu unsur yang melimpah pada kerak bumi. Fluor adalah halogen yang sangat reaktif sehingga selalu terdapat dalam bentuk senyawa. Unsur ini ditemukan dalam bentuk ion fluorida (F⁻). Fluor yang berikatan dengan kation monovalen, misalnya NaF, AgF, dan KF bersifat mudah larut; sedangkan fluor yang berikatan dengan kation divalen, misalnya CaF₂ dan PbF₂ bersifat tidak larut dalam air. Sumber fluorida di alam adalah *fluorspar* (CaF₂), *cryolite* (Na₃AlF₆), dan *fluorapatite*. Keberadaan fluorida juga dapat berasal dari pembakaran batu bara. Fluorida banyak digunakan dalam industri besi baja, gelas, pelapisan logam, aluminium, dan pestisida (Eckenfelder, 1989).

d. Alkalinity / Acidity

Air pada umumnya bersifat basa (alkalin) dengan pH sedikit diatas netral. Penyebabnya adalah kalsium/ kalium/ atau magnesium karbonat/ bikarbonat. Pada umumnya, *alkalinity/ acidity* dinyatakan dalam mg/l CaCO₃. alkalinity penting dalam proses koagulasi. jenis koagulan harus tepat agar reksi sempurna. Bila alkalinity di dalam air baku kurang, maka diperlukan tambahan kapur atau Na₂CO₃. Namun kelebihan alkalinity dapat mengganggu proses koagulasi.

Alkalinity terkait dengan keberadaan anion bikarbonat, karbonat dan hidroksida. Pada umumnya alkalinity alami terkait dengan anion bikarbonat, sebagai proses pelarutan kapur dalam air. Penyebab acidity adalah CO₂, baik secara alami atau karena proses pelunakan. CO₂

dinyatakan dalam mg/l CaCO_3 yang diperlukan untuk netralisasi asam karbonat. CO_2 bereaksi dengan air membentuk asam karbonat (H_2CO_3).

e. pH

pH merupakan suatu parameter penting untuk menentukan kadar asam/basa dalam air. Penentuan pH merupakan tes yang paling penting dan paling sering digunakan pada kimia air. pH digunakan pada penentuan alkalinitas, CO_2 , serta dalam kesetimbangan asam basa. Pada temperatur yang diberikan, intensitas asam atau karakter dasar suatu larutan diindikasikan oleh pH dan aktivitas ion hidrogen. Perubahan pH air dapat menyebabkan berubahnya bau, rasa, dan warna. Pada proses pengolahan air seperti koagulasi, desinfeksi, dan pelunakan air, nilai pH harus dijaga sampai rentang dimana organisme partikulat terlibat. Asam dan basa pada dasarnya dibedakan dari rasanya kemudian dari efek yang ditimbulkan pada indikator.

Pengertian pH (power of Hydrogen) sebenarnya adalah sebuah ukuran tingkat asam (acidity) atau basa (alkalinity) dari air tersebut. Tingkat pH pada air laut berkisar antara 7,6-8,4 (Nursaiful, 2004). Kenaikan pH pada perairan akan menurunkan konsentrasi CO_2 terutama pada siang hari ketika proses fotosintesis sedang berlangsung.

f. Kesadahan

Kesadahan air adalah kandungan-kandungan mineral tertentu di dalam air, pada umumnya ion kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) dalam bentuk garam karbonat penyebab utama dari kesadahan sementara. Air yang mengandung ion atau senyawa-senyawa tersebut dapat dihilangkan dengan pemanasan air, sehingga air tersebut terbebas dari ion (Ca) dan (Mg) (Pujriani, 2008).

Kesadahan air tetap adalah air sadah yang mengandung anion selain anion bikarbonat berupa senyawa kalsium klorida (CaCl_2), kalsium nitrat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, kalsium sulfat (CaSO_4), magnesium klorida (MgCl_2). Kesadahan air yang mengandung senyawa tersebut tidak bisa dihilangkan dengan pemanasan (Fillaeli, 2012).

g. Besi dan Mangan

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 pada konsentrasi diatas kurang lebih 0,31mg/l (Juniar & Sari, 2019).

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 (Fisika et al., 2013).

h. Klorida

Unsur klor dalam air terdapat dalam bentuk ion klorida (Cl⁻). Ion klorida adalah salah satu anion anorganik utama yang ditemukan di perairan alami. Klorida biasanya terdapat dalam bentuk senyawa natrium klorida (NaCl), kalium klorida (KCl) dan kalsium klorida (CaCl₂) (Hefni Effendi, 2003).

Kelebihan garam-garam klorida ini dapat menyebabkan penurunan kualitas air yang disebabkan oleh tingginya salinitas. Air ini tidak layak untuk pengairan dan keperluan rumah tangga (Achmad,R. 2004).

i. 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 (dissolved oxygen), 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. Satuan DO dinyatakan dalam persentase saturasi (Salmin, 2003).

j. 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 karbondioksida 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).

k. Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical oxygen demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan agar bahan buangan yang ada di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimiawi atau banyaknya oksigen-oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik menjadi CO₂ dan H₂O.

3. Parameter Biologi

Analisis Bakteriologi suatu sampel air bersih biasanya merupakan parameter kualitas yang paling sensitif. Di dalam parameter mikrobiologis ini hanya dicantumkan koliform tinja dan total koliform. Sebetulnya kedua macam parameter ini hanya berupa indikator bagi berbagai mikroba yang dapat berupa parasit (protozoa, metazoa, tungau), bakteri patogen dan virus.

a. Bakteri

Pengukuran kualitas air bersih secara bakteriologis dilakukan dengan melihat keberadaan organisme golongan coli (Coliform) sebagai indikator karena mudah dideteksi dalam air, lebih tahan hidup di air

sehingga dapat dianalisis keberadaannya di dalam air yang bukan merupakan medium yang ideal untuk pertumbuhan bakteri (Marsono, 2009).

Walaupun hasil pemeriksaan bakteri Coli tidak dapat secara langsung menunjukkan adanya bakteri patogen, tetapi adanya bakteri Coli dalam air dapat digunakan sebagai indikator adanya jasad patogen (Marsono, 2009). Salah satu bakteri golongan Coliform adalah bakteri *Escherichia coli*.

b. Virus

Virus merupakan mikroorganisme yang lebih kecil dari pada bakteri yang memerlukan media coli untuk hidup dan beraktifitas. Yang perlu diwaspadai adalah virus penyebab penyakit poliomyelitis, infectious hepatitis, dan kemungkinan gastroenteritis.

c. Algae / ganggang

Tumbuhan bersel tunggal dengan berbagai bentuk dan ukuran ini hidup dalam air yang tenang/ tergenang dengan kadar nutrient yang memadai. Beberapa jenis algae membentuk filament yang menimbulkan kekeruhan/ warna, sehingga menyebabkan filter cepat buntu. Akibat buruk yang ditimbulkannya adalah rasa dan bau dalam air minum.

Ada beberapa jenis algae, yaitu chlorophycene atau ganggang hijau, cyanophyceae/ ganggang biru dan diatomeae. Algae memerlukan cahaya matahari yang cukup untuk hidup. Sumner makanan utama algae adalah bahan organik senyawa nitrogen dan fospor serta CO₂. Algae tidak menyebabkan penyakit pada manusia. Bau/ rasa yang ditimbulkannya berasal dari minyak dari pembuangan limbah organik atau cell setelah kematiannya. Pengendalian populasi dengan pemberian CuSO₄.

d. Protozoa

Protozoa merupakan binatang bersel tunggal, berinti sejati (eukarotik) dan tidak memiliki dinding sel. Bentuk sel dan ukuran tubuhnya protozoa sangat bervariasi. Habitat protozoa hidup di air atau di

tempat yang basah yang pada umumnya hidup bebas dan terdapat di lautan, lingkungan air tawar, atau daratan. Klasifikasi protozoa dibagi menjadi 4 kelas, yaitu rhizopoda (sarcodina), flagellata (mastigophora), ciliata (ciliophora), sporozoa.

Protozoa yang perlu diwaspadai adalah dari jenis endamoeba dapat mengganggu kesehatan manusia yang menyebabkan penyakit disentri dan diare. Disinfeksi adalah memusnahkan mikro-organisme yang dapat menimbulkan penyakit. Disinfeksi merupakan benteng manusia terhadap paparan mikro-organisme patogen penyebab penyakit, termasuk di dalamnya virus, bakteridan protozoa parasit (Bitton, 1994).

e. Fungi / jamur

Jamur merupakan tumbuhan yang tidak mempunyai klorofil sehingga sehingga dapat hidup tanpa memerlukan cahaya. Jamur dapat bertahan hidup dengan lingkunganyang memiliki kelembapan berlebihan, kurangnya ventilasi, atau suhu yang rendah sehingga jamur dapat hidup dalam pipa distribusi air minum dengan debit aliran air yangrendah dengan jangka waktu yang lama. Jamur yang mati pada dalam pipa dapat menimbulkan bau tidak sedap. Proses pemberian desinfeksi dapat memusnahkan adanyajamur.

f. Actinomycetes

Actinomycetes adalah organisme tanah yang memiliki sifat-sifat umum yang dimiliki oleh bakteri dan jamur tetapi juga mempunyai ciri khas yang cukup berbeda yang membatasinya menjadi satu kelompok yang jelas berbeda (Rao,1994). *Actinomycetes* menyebabkan air minum berbau tanah, dan lumpur. Apabila air yang memiliki bau dan rasa tidak sedap maka air tersebut tidak baik untuk dikonsumsi oleh manusia.

g. Cacing

Pada umumnya konsumen air mengeluh tentang cacing kecil di dalam air yang berwarna merah atau abu-abu di dasar tendon atau bak mandi. Jenis yang merah merupakan larvae lalat chironomus. Cacing jenis ini tidak

menimbulkan rasa/ bau pada air minum. Pada umumnya, pengendalian dilakukan dengan menguras dan membersihkan unit pengolahan yang mengandung larva dalam jumlah besar tersebut. Cacing jenis ini tidak mati hanya dengan klorinasi, sehingga sulit dalam pengendaliannya (Wahyono Hadi, 2012).

2.2 Bangunan Pengolahan Air Minum

2.2.1 Proses Pengolahan Air Minum

Secara umum, pengolahan air minum secara lengkap dapat dibagi menjadi tiga tahap pengolahan, yaitu tahap pendahuluan/pertama (*pretreatment/primary*), tahap kedua (*secondary treatment*), dan lanjutan (*advanced treatment*). Pembagian tahapan pengolahan ini didasarkan pada konsep pengolahan berdasar pada dimensi polutan. Pengolahan tahap pendahuluan ditujukan untuk menghilangkan polutan berdimensi besar seperti sampah (plastik, kertas, kayu, bangkai, dll), lumpur, kasar (*grit*), dan partikel diskret. Jenis pengolahan pada pengolahan pada tahap pendahuluan ini didominasi oleh proses fisik, seperti penyaringankasar (*screening*), pencacahan (*comminution*), penyisihan *grit*, prasedimentasi, dan sebagainya (Ali Masduqi, 2012).

Pengolahan tahap kedua ditujukan untuk menghilangkan polutan berdimensi lebih kecil yang lebih sulit dihilangkan dengan cara fisik, misal partikel yang membentuk koloid ini dapat diendapkan setelah mengalami proses penggabungan partikel. Proses fisik-kimia untuk menghilangkan partikel jenis ini adalah koagulasi – flokulasi – sedimentasi – filtrasi (Ali Masduqi, 2012).

Pengolahan tahap lanjutan ditujukan untuk menghilangkan polutan berdimensi molekuler dan ionic. Polutan seperti bahan organik, mineral/logam, nutrient, gas terlarut, dan sebagainya. Jenis pengolahan yang diperlukan relative lebih kompleks dan melibatkan proses fisik, kimia, dan biologi (Ali Masduqi, 2012).

Pengolahan lengkap dilakukan bila air baku tidak memenuhi persyaratan

fisika, kimia, dan biologis. Untuk air minum, air baku berasal dari air permukaan (misalnya air sungai). Urut – urutan proses pengolahan yang akan diterapkan antara lain :

1. Penyaringan dan pengendapan

Penyaringan pada air baku menggunakan screen yang berfungsi untuk memisahkan air dari sampah-sampah dalam ukuran besar, seperti daun, rumput, pasir dan lain - lain. Berdasarkan ukurannya *screen* dibagi menjadi tiga, yaitu *mikro screen*, *fine screen*, *coarse screen*. Benda - benda yang tersaring oleh *screen* akan dibersihkan secara rutin, oleh sebab itu *screen* dibagi menjadi dua berdasarkan metode pembersihannya, yaitu manual screen dan mekanik *screen*. Pengendapan dimaksudkan untuk memisahkan *solid-liquid* menggunakan pengendapan secara gravitasi. Ditinjau dari jenis partikel yang diendapkan, pengendapan dibedakan menjadi dua macam, yaitu prasedimentasi dan sedimentasi.

2. Koagulasi dan Flokulasi

Air baku dari air permukaan mengandung bahan-bahan yang tersusun oleh partikel koloid yang merupakan partikel yang tidak dapat mengendap secara alami karena adanya stabilitas suspensi koloid. Stabilitas koloid terjadi karena gaya tarik . gaya tolak/*repulsive* elektrostatik serta gerak *brown*.

Kestabilan koloid dapat dikurangi dengan proses koagulasi (proses destabilisasi) melalui penambahan bahan kimia dengan muatan berlawanan. Terjadinya muatan pada partikel menyebabkan antar partikel yang berlawanan cenderung bergabung membentuk inti flok. Proses koagulasi selalu diikuti oleh proses flokulasi, yaitu penggabungan inti flok atau flok kecil menjadi flok yang berukuran besar.

Proses koagulasi-flokulasi terjadi pada unit pengaduk cepat dan pengaduk lambat. Pada bak pengaduk cepat, dibubuhkan bahan kimia (disebut koagulan). Pengadukan cepat dimaksudkan agar koagulan yang dibubuhkan dapat tercampur secara merata/homogen. Pada bak pengaduk

lambat, terjadi pembentukan flok yang berukuran besar hingga mudah diendapkan pada bak sedimentasi.

3. Sedimentasi

Sedimentasi bertujuan untuk memisahkan *solid* dari *liquid* menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk menyisahkan *suspended solid*. Sedimentasi dimaksudkan untuk menyisahkan padatan tersuspensi dalam air dengan cara mengendapkannya secara gravitasi. Jenis partikel yang diendapkan adalah partikel flokulen, yaitu partikel yang dihasilkan dari koagulasi-flokulasi.

4. Penyaringan/Filtrasi

Filtrasi merupakan proses alami yang terjadi di dalam tanah, yaitu air tanah melewati media berbutir dalam tanah dan terjadi proses penyaringan. Dengan meniru proses ala mini, dikembangkan rekayasa dalam bentuk unit filter. Tujuan filtrasi adalah untuk menghilangkan partikel yang tersuspensi dan koloid dengan cara menyaringnya menggunakan media filter. Selain itu filtrasi juga dapat menghilangkan bakteri secara efektif dan juga membantu penyisihan warna, rasa, bau, besi dan mangan (Ali Masduqi, 2012).

Karena pada proses pengendapan tidak semua gumpalan kotor dapat diendapkan. Butiran gumpalan kotoran dengan ukuran yang besar dan berat akan mengendap, sedangkan yang berukuran kecil dan ringan masih melayang - layang ke dalam air. Untuk mendapatkan air yang jernih, perlu dilakukan proses penyaringan dengan mengalirkan air yang telah diendapkan kotorannya ke bak penyaring yang terdiri dari saringan pasir silika.

5. Reservoir

Reservoir berfungsi sebagai tempat penampungan air bersih yang telah disaring melalui filter, air ini sudah menjadi air yang bersih yang siap digunakan dan harus dimasak terlebih dahulu untuk kemudian dapat dijadikan air minum.

Pengolahan tidak lengkap dilakukan bila kualitas air baku sebagian telah memenuhi persyaratan dan sebagian kecil belum memenuhi persyaratan. Proses pengolahan air minum yang umum dilakukan untuk air

tanah (misalnya air tanah dalam) adalah proses yang tidak selengkap pengolahan air permukaan. Adapun bangunan pengolahan yang diperlukan sangat tergantung dari proses yang diperlukan. Biasanya air baku yang akan diolah mempunyai karakteristik yang spesifik, misalnya konsentrasi Fe dan Mn yang tinggi memerlukan aerasi sehingga diperlukan bangunan aerasi.

2.2.2 Unit Instalasi Pengolahan Air Minum

A. Intake

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. Jenis – Jenis Intake :

- a. River intake
- b. Direct intake
- c. Canal intake
- d. Dam intake (reservoir intake)
- e. Spring intake

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 :

- Screen : menyisihkan benda – benda besar misalnya ranting, daun dan sebagainya.
- Sumur pengumpul : Untuk menampung air dari badan air melalui pipa inlet sesuai dengan debit yang dibutuhkan.
- Strainer: Menyaring benda – benda kecil misalnya : kerikil, biji – bijian.
- Suction Pipe : mengambil air dari sumur pengumpul setelah melalui 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.

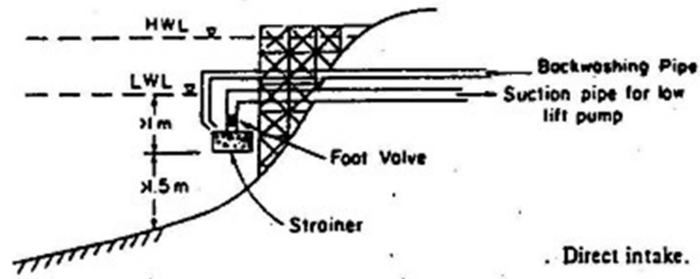
Persyaratan lokasi penempatan bangunan pengambilan (*intake*):

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 disusahakan 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 disusahakan 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 yang dalam seperti sungai atau danau dengan kedalaman yang cukup tinggi. *Intake* jenis ini memungkinkan terjadinya erosi padadinding dan pengendapan di bagian dasarnya.

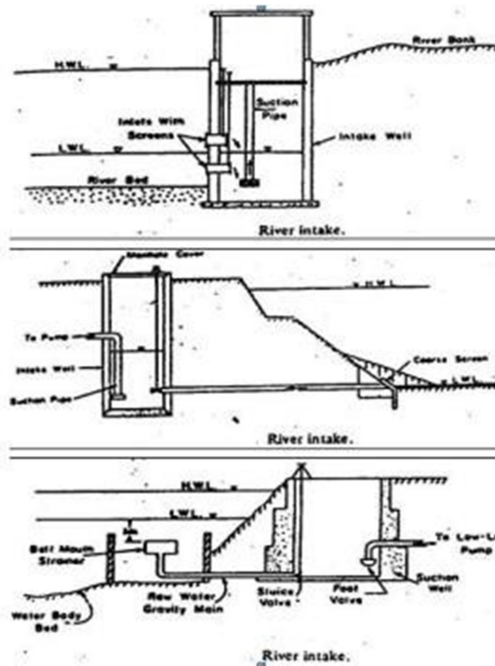


Gambar 2.1 *Direct Intake*

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

a. *River Intake*

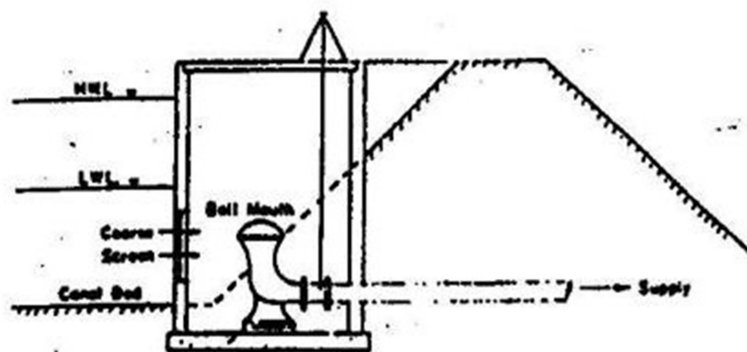
Menggunakan pipa penyadap dalam bentuk sumur pengumpul. Intake ini lebih ekonomis untuk air sungai yang mempunyai perbedaan level muka air pada musim hujan dan musim kemarau yang cukup tinggi.



Gambar 2. 2 River Intake

b. Canal Intake

Digunakan untuk air yang berasal dari kanal. Dinding chamber sebagian terbuka ke arah kanal dan



dilengkapi dengan pipa pengolahan selanjutnya.

Gambar 2. 3 Canal River

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.

3. ***Spring Intake***

Digunakan untuk air baku dari mata air/air tanah.

4. ***Intake Tower***

Digunakan untuk air permukaan dimana kedalaman air berada diatas level tertentu.

5. ***Gate Intake***

Berfungsi sebagai screen dan merupakan pintu air pada prasedimentasi.

A. 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).

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. Adapun tujuan dari aerasi adalah

1. Penambahan jumlah oksigen
2. Penurunan jumlah karbon dioxide (CO₂) dan
3. Menghilangkan hydrogen sulfide (H₂S),methan (CH₄) dan

berbagai senyawa organik yang bersifat volatil (menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau.

Hasil pengolahan air dengan metoda aerasi bermanfaat untuk menghasilkan air minum yang baik. Penurunan jumlah karbon dalam air sehingga bisa berbentuk dengan calcium karbonat (CaCO_3) yang dapat menimbulkan masalah.

Aerasi secara luas telah digunakan untuk pengolahan air yang mempunyai kandungan jumlah besi dan mangan terlalu tinggi zat tersebut memberikan rasa pahit pada air, menghitamkan pemasakan beras dan memberikan noda hitam kecoklat-coklatan pada pakaian yang dicuci.

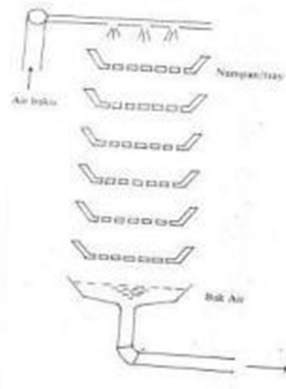
Oksigen yang berada di udara, melalui proses aerasi ini akan selanjutnya akan bereaksi dengan senyawa ferus dan manganous terlarut merubah menjadi ferric (Fe) dan maganic oxide hydrates yang tidak bisa larut. Setelah itu dilanjutkan dengan pengendapan (sendimentasi) atau penyaringan (filtrasi). Perlu dicatat bahwa oksidasi terhadap senyawa besi dan mangan di dalam air yang kecil (*waterfall aerators/aerator* air terjun). Atau dengan mencampur air dengan gelembung-gelembung udara (*bubble aerator*). Dengan kedua cara tersebut jumlah oksigen pada air bisa dinaikan 60 – 80% (dari jumlah oksigen yang tertinggi, yaitu air yang mengandung oksigen sampai jenuh) pada aerator air terjun (*waterfall aerator*) cukup besar bisa menghilangkan gas-gas yang terdapat dalam air.

Penurunan carbon dioxide (CO_2) oleh *waterfall aerators* cukup berarti, tetapi tidak memadai apabila dari yang sangat corrosive. Pengelolaan selanjutnya seperti pembubuhan kapur atau dengan sarigan marmar atau dolomite yang dibakar masih dibutuhkan.

Jenis-Jenis Metode Aerasi

a. *Waterfall aerator* (aerator air terjun).

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



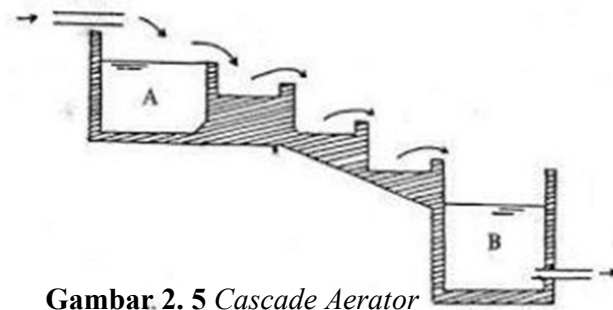
Gambar 2. 4 *Canal River*

Jenis aerator terdiri atas 4-8 *tray* dengan dasarnya penuh lobanglobang pada jarak 30-50 cm. Melalui pipa berlobang air dibagi rata melalui atas tray, dari sini percikan-percikan kecil turun kebawah 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- lempengan absetos cement berlobang-lobang, pipa

b. *Cascade Aerator*

Pada dasarnya aerator ini terdiri atas 4-6 step/tangga, setiap step kira- kira ketinggian 30 cm dengan kapasitas kira-kira ketebalan 0,01 m³/det per meter². Untuk menghilangkan gerak putaran (*turbulence*) guna menaikkan effesien aerasi, hambatan sering ditepi peralatan pada

setiap step. Dibanding dengan *tray aerators*, ruang (tempat) yang diperlukan bagi casade aerators agak lebih besar tetapi total kehilangan tekanan lebuuh rendah. Keuntungan lain adalah tidak diperlukan pemeliharaan.



Gambar 2. 5 *Cascade Aerator*

B. Prasedimentasi

Prasedimentasi biasa digunakan untuk menghilangkan partikel padat seperti kerikil dan pasir yang berasal dari air sungai sebelum dipompa ke unit pengolahan. Prasedimentasi merupakan salah satu unit pada bangunan pengolahan air minum yang umumnya digunakan sebagai pengolahan pendahuluan. Bentuk unit prasedimentasi yang umum digunakan adalah rectangular dan circular serta terdiri dari empat zona, yaitu zona inlet, zona pengendapan, outlet, dan zona lumpur. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengendapan adalah *overflow rate*,

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

Bak pengendap pertama terdiri dari empat ruangan fungsional yaitu:

1. Zona Inlet

Tempat memperhalus aliran transisi dari aliran

influen ke aliran steadyuniform di zona settling (aliran laminar).

2. Zona Pengendapan

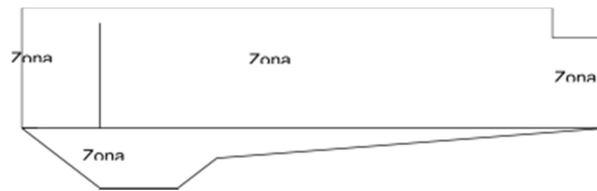
Tempat berlangsungnya proses pengendapan/pemisahan partikel-partikel diskrit di dalam air buangan.

3. Zona Lumpur

Tempat menampung material yang diendapkan bersama lumpurendapan.

4. Zona Outlet

Tempat memperhalus aliran transisi dari zona settling ke aliran efluenserta mengatur debit efluen (Qasim et al., 2000).



Gambar 2. 6 Tampak Samping Unit Prasedimentasi

Menurut Metcalf & Eddy (2003) terdapat beberapa kriteria yang perlu diperhatikan untuk mendesain unit prasedimentasi, antarlain: detention time, overflow rate, average flow, peak hourly flow, dan weir loading. Kriteria desain unit prasedimentasi dapat dilihat pada **table 2.1**

Tabel 2. 1 Desain Tipikal Prasedimentasi

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

Sumber : Metcalf & Eddy (2003 hal 398)

C. Koagulasi – Flokulasi

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

Koagulan atau Flokulan dibubuhkan ke dalam air yang dikoagulasi yang bertujuan untuk memperbaiki pembentukan flok dan untuk mencapai sifat spesifik flok yang diinginkan. Koagulan adalah zat kimia yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif partikel di dalam suspensi. Zat ini merupakan donor muatan positif yang digunakan untuk mendestabilisasi muatan negatif partikel (Pulungan, 2012). Pada tabel 2.2 dapat dilihat koagulan yang umum digunakan pada pengolahan air.

Tabel 2. 2 Beberapa Jenis Koagulan dalam Praktik Pengolahan Air Minum

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan Air	pH Optimum
Alumunium 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
Polyaluminium Chloride, PAC	$Aln(OH)mCl_{3n-m}$	Cairan, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
Ferri sulfat	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	Kristal halus	Asam	4 – 9
Ferri klorida	$FeCl_3 \cdot 6 H_2O$	Bongkah, cairan	Asam	4 – 9
Ferro Sulfat	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	Kristal halus	Asam	> 8,5

Sumber : Sugiarto, 2006

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

1. Pengaruh pH

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

koagulan. Proses koagulan pH yang terbaik adalah 7 (netral).

2. Pengaruh Temperatur

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

3. Dosis Koagulan

4. Air dengan kekeruhan yang tinggi memerlukan dosis koagulan yang lebih banyak. Dosis koagulan persatuan unit kekeruhan rendah, akan 38 lebih kecil dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan yang tinggi, kemungkinan terjadinya tumbukan antara partikel akan berkurang dan netralisasi muatan tidak sempurna, sehingga mikroflokk yang terbentuk hanya sedikit, akibatnya kekeruhan akan naik. Dosis koagulan yang berlebihan akan menimbulkan efek samping pada partikel sehingga kekeruhan akan meningkat.

5. Pengadukan (*mixing*)

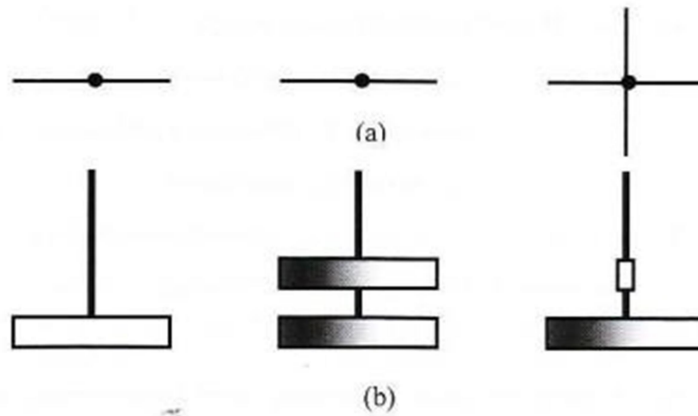
Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Distribusi dalam air cukup baik dan merata, serta masukan energi yang cukup untuk tumbukan antara partikel yang telah netral sehingga terbentuk mikroflokk. Pada proses koagulasi ini pengadukan dilakukan dengan cepat.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

6. Pengaruh Garam

Garam-garam ini dapat mempengaruhi proses suatu 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).

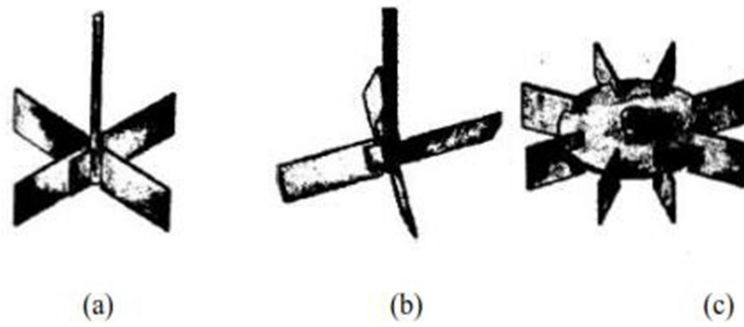
Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga

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 2.6, gambar 2.7, dan gambar 2.8. Kriteria *impeller* dapat dilihat pada tabel 2.3. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu G dan td . Tabel 2.4 dapat dijadikan patokan untuk menentukan G dan td . Sedangkan untuk menghitung besarnya tenaga (*power*) yang dibutuhkan, perlu memperhatikan jenis *impeller* yang digunakan dan nilai konstanta KL dan KT yang dapat dilihat pada table 2.5



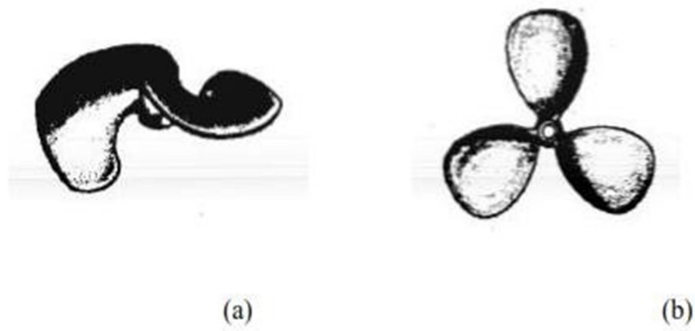
Gambar 2. 7 Tipe paddle (a) tampak atas, (b) tampak samping

Sumber : (Masduqi & Assomadi, 2012 hal 112)



Gambar 2. 8 Tipe turbine (a) turbine blade lurus, (b) turbine blade dengan piringan,

Sumber : (Qasim, et al., 2000)



Sumber : (Qasim, et al., 2000)

Tabel 2. 3 Kriteria Impeller

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

Sumber: (Reynolds & Richards, 1996:185)

Tabel 2. 4 Nilai Gradien Kecepatan dan Waktu Pengadukan Mekanis

Waktu Pengadukan, td (detik)	Gradien Kecepatan (detik⁻¹)
20	1000
30	900
40	790
50 ≥	700

sumber: Reynolds & Richards (1996:184)

Tabel 2.5 Konstanta KL dan KT untuk tangki bersekat

Jenis Impeller	KL	KT
Propeller, putch of 1, 3 blades	41,0	0,32
Propeller, putch of 2, 3 blades	43,5	1,00
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	60,0	5,31
Turbine, 6 flat blades, vaned disc	65,0	5,75
Turbine, 6 curved blades	70,0	4,80
Fan turbine, 6 blades at 45°	70,0	1,65
Shrouded turbine, 6 curved blades	97,5	1,08
Shrouded turbine, with stator, no baffles	172,5	1,12
Flat paddles, 2 blades (single padlles), $D_i/W_i=4$	43,0	2,25
Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i=6$	36,5	1,70
Flat paddles, 2 blades, $D_i/W_i=8$	33,0	1,15
Flat paddles, 4 blades, $D_i/W_i=6$	49,0	2,75
Flat paddles, 6 blades, $D_i/W_i=8$	71,0	3,82

sumber: Reynolds & Richards (1996:188)

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

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

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

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

1. Air sungai
 - Waktu detensi = minimum 20 menit
 - $G = 10-50 \text{ detik}^{-1}$
2. Air waduk
 - Waktu detensi = 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 = 30 menit
 - $G = 10-50 \text{ detik}^{-1}$
7. Presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)
 - Waktu detensi = 15-30 menit
 - $G = 20-75 \text{ detik}^{-1}$
 - $GTd = 10.000-100.000$ (Masduqi & Assomadi, 2012:110)

D. Sedimentasi

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

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

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

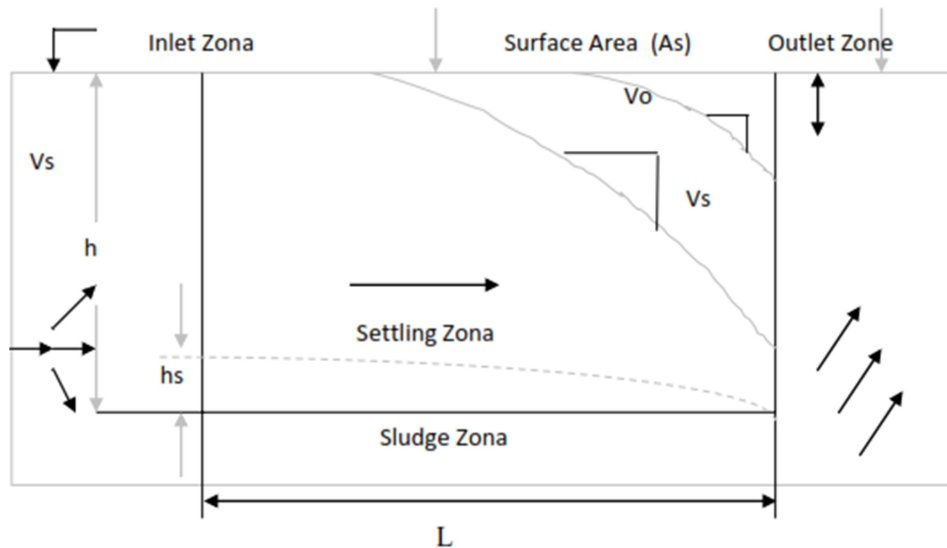
- a. Pengendapan Tipe I (*Free Settling*)
- b. Pengendapan Tipe II (*Flocculent Settling*)
- c. Pengendapan Tipe III (*Zone/Hindered Settling*)
- d. Pengendapan Tipe IV (*Compression Settling*)

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. 9 Zona Pada Bak Sedimentasi

(Sumber : Al Layla, *Water*

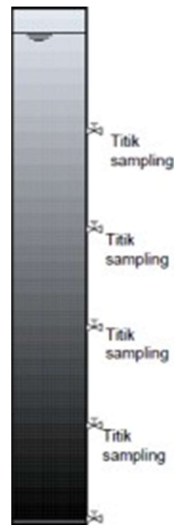
Supplay Engineering Design) Dimana

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 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.

Kecepatan pengendapan partikel tidak bisa ditentukan dengan persamaan uran dan kecepatan pengendapan tidak tetap. Besarnya partikel yang mengendap di uji dengan columnsetting 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. 10
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 laminer. Di zona settling partikel mengendap, endapannya masuk ke zona lumpur, sedangkan supernatant (airnya) keluar melalui zona outlet. Beberapa keuntungan horizontal-flow dibandingkan dengan up flow adalah :

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

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.

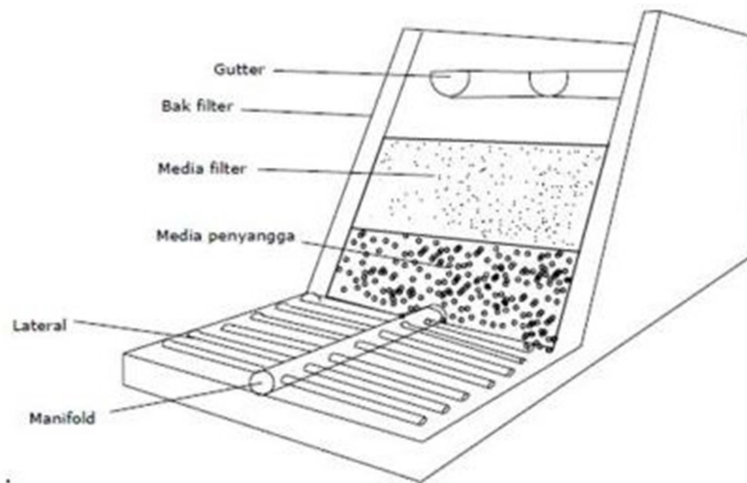
E. Filtrasi

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 padapasir 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 :

- 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. Pada prosesnya, partikel tersuspensi yang ukurannya terlalu besar akan tetap tertahan di atas lapisan pasir. Namun jika ukuran partikel terlalu kecil (contohnya: partikel koloid dan bakteri) akan lebih sulit untuk dihilangkan karena akan lebih mudah lolos pada lapisan pasir ini. Pada lapisan kerikil, jarak di antara

lapisan kerikil berfungsi sebagai area sedimentasi partikel tersuspensi. Namun dapat juga digunakan oleh partikel-partikel flokyang belum seratus persen terendapkan pada bak sedimentasi untuk mengendap pada lapisan kerikil ini. Pada gambar 2.11 dapat dilihat bagian-bagian filter.



Gambar 2. 11 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, diatomateous earth filters, upflow filters dan lain sebagainya.

Menurut Al-Layla pada tahun 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 80cm. Proses *backwash* pada *rapid sand filter* berbeda dengan slow sand filter. Pada *rapid sand filters* waktu *backwash* ditentukan dari *headloss 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, 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.

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 ratio ukuran rata – rata dan standar deviasinya.

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 : Singel media pasir :

- UC = 1,3 – 1,7
- ES = 0,45 – 0,7 mm

Untuk dual media :

- UC = 1,4 – 1,9
- ES = 0,5 – 0,7 mm
-

1. Filter Pasir Cepat

Filter pasir cepat atau *rapid sand filter* adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 6 hingga 11 m/jam. Filter ini selalu didahului dengan proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan pada influen filter pasir cepat berkisar 5- 10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90-98% (Masduqi & Assomadi, 2012:171). Kriteria desain pasir cepat dapat dilihat pada tabel 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: <ul style="list-style-type: none"> • Sistem pencucian • Kecepatan (m/jam) • Lama pencucian (menit) • Periode antara dua pencucian (jam) • Ekspansi (%) 	Tanpa/dengan blower & atau <i>surface wash</i> 36 – 50 10 – 15 18 – 24 30 – 50	Tanpa/dengan blower & atau <i>surface wash</i> 36 – 50 10 – 15 18 – 24 30 – 50
3	Dasar filter <ol style="list-style-type: none"> a. Lapisan penyangga dari atas ke bawah <ul style="list-style-type: none"> • Kedalaman (mm) ukuran butir (mm) • Kedalaman (mm) ukuran butir (mm) • Kedalaman (mm) ukuran butir (mm) • Kedalaman (mm) ukuran butir (mm) b. Filter Nozel <ul style="list-style-type: none"> • Lebar slot nozel (mm) • Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%) 	80 – 100 2 – 5 80 – 100 5 – 10 80 – 100 10 – 15 80 – 150 15 – 30 < 0,5 > 4%	80 – 100 2 – 5 80 – 100 5 – 10 80 – 100 10 – 15 80 – 150 15 – 30 < 0,5 > 4%

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 *schmutzdeecke*. Lapisan ini mengandung bakteri, fungi, protozoa, rotifera, dan larva serangga air. *Schmutzdeecke* adalah lapisan yang melakukan pemurnian efektif dalam pengolahan air. Selama air melewati *schmutzdeecke*, 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. 6 Kriteria Filter Pasir Lambat

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

Sumber : Schulz & Okun (1984)

Pada dilter 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.

No	Unit	Nilai / Keterangan
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 atau dengan blower & atau <i>surface wash</i> 72 – 198 - - 30 – 50
3	Media pasir <ul style="list-style-type: none"> • Tebal (mm) • Single media • Media ganda • 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 antransit <ul style="list-style-type: none"> • Tebal (mm) • ES (mm) • UC • Berat jenis (kg/L) • Porositas 	400 – 500 1,2 – 1,8 1,5 1,35 0,5
5	Dasar filter Filter Nozel <ul style="list-style-type: none"> • Lebar slot nozel (mm) • Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%) 	< 0,5 > 4%

Tabel 2. 8 Kriteria Filter Bertekanan

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 :

1. Menggunakan menara air
2. Interfilter

F. 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 :

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

yang tidak berbahaya Macam – macam faktor

yang mempengaruhi efisiensi desinfeksi adalah

:

1. Waktu kontak
2. Konsentrasi desinfeksi
3. Jumlah mikroorganisme
4. Temperature air
5. pH
6. Adanya 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

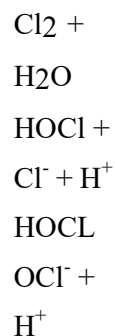
tinggi. O₂ berarus bolak-balik melewati media arus listrik yang tinggi akan menghasilkan lompatan electron yang bergerak pada elektroda satu dan yang lain. Jika elektroda mencapai kecepatan cukup, maka akan menyebabkan molekul oksigen splitting ke bentuk atom oksigen radikal bebas. Atom-atom ini akan 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 kemudia diberikan waktu yang cukup agar memberi kesempatan kepada zat untuk berkontak dengan bakteri. Desinfeksi air minum yang sering dilakukan yaitu dengan memanfaatkan klorin. Reaksi yang terjadi pada pembubuhan klorin yaitu :



4. Desinfeksi dengan gas klor

Metode ini bertujuan untuk mengoksidasi logam-logam, membunuh mikroorganisme seperti plankton dan juga membunuh spora dari lumut, jamur, dan alga. Konsentrasi yang diberikan adalah 2-3 gr/m³ air,

tergantung pada turbiditas air (Aji, 2015).

Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih besar dari aerasi, dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik pada 8-8,3 oksidasi besi membutuhkan waktu 15-30 menit. Pada umumnya proses standar penurunan Fe dan Mn menggunakan koagulasi dengan alum, flokulasi, pengendapan, dan filtrasi dengan didahului proses preklorinasi. Dosis sisa klor yang dianjurkan 0,2-0,5 mg/l (Fatimah, et al., 2007).

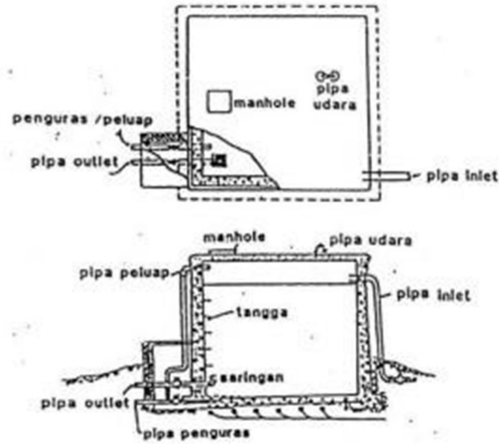
Perlu dilakukan percobaan Daya Pengikat Chlor (DPC) untuk mengetahui dosissenyawa chlor (Cl_2) yang dibutuhkan oleh air untuk proses desinfeksi (membunuh bakteri). Daya Pengikat Chlor ditentukan cara selisih antara chlor yang dibubuhkandengan sisa chlor setelah kontak setelah kontak selama 30 menit (Sawyer et al., 1978).

G. 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 airbersih tidak dapat selalu sama besarnya dengna debit pemakaian air. Pada saat jumlah produksi air bersih lebih besar daripada jumlah pemakaian air, maka kelebihan air tersebut untuk sementara disimpan dalam reservoir, dan digunakan kembali untuk memenuhi kekurangan air pada saat jumlah produksi air bersih lebih kecil daripada jumlah pemakaian air. Berdasarkan tinggi relative reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi 2 yaitu :

1. Reservoir Permukaan (*Ground Reservoir*)

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



2. Reservoir Menara (*Elevated Reservoir*)

Reservoir menara adalah reservoir yang seluruh bagian penampungannya reservoir tersebut terletak lebih tinggi dari



permukaan tanah sekitarnya.

Gambar 2. 13 Reservoir Menara

Sedangkan berdasarkan bahan konstruksinya, maka jenis reservoir dapat dibagi menjadi 4 yaitu :

1. Reservoir Tanki Baja

Banyak reservoir menara dan “*standpipe*” atau reservoir tanah yang dikonstruksi dari bahan baja yang dibaut atau dilas. Karena baja beresiko terhadap karat dan mudah menyerap panas, maka perlu dicat dan dilindungi

2.3 Persen Removal

Berikut adalah persen removal yang diketahui pada unit bangunan pengolahan air minum yang akan digunakan.

Tabel 2. 8 Persen Removal

Bangunan Pengolahan	Parameter	Persen Removal	Sumber
Intake	-	-	-
Aerasi	- Fe - Total Kromium - Warna - Kesadahan - Klorida - Sulfat	- 20 - 60% - 0 – 20 % - 0 – 20 % - 0 – 20 % - 0 – 20 % - 0 – 20 %	- <i>Droste, Ronald L, 1997 hal 224- 225</i>
Prasedimentasi	- TSS - BOD	- 30 – 60 % - 30 – 40 %	- <i>Syed R. Qasim, Water Treatment Plant (hal. 156)</i>
Koagulasi/ Flokulasi, Sedimentasi	- TSS - Fe - BOD - Sulfat - Warna - Klorida - Total Kromium - Kesadahan	- 40 – 80 % - 20 – 90 % - 40 – 70 % - 0 – 20 % - 20 – 90 % - 0 – 20 % - 0 – 90 % - 0 -20 %	- - <i>Droste, Ronald L, 1997 hal 224- 225</i>

2.3 Profil Hidrolis

Untuk membuat profil hidrolis perlu perhitungan kehilangan tekanan pada bangunan dan kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air di dalam bangunan pengolahan. 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:

- Kehilangan tekanan pada bak.
 - Kehilangan tekanan pada bak penangkap.
 - Kehilangan tekanan pada pintu air.
 - Kehilangan tekanan pada weir, sekat dan lain-lain harus di hitung secara khusus.
- b. Kehilangan Tekanan pada Perpipaan dan Aksesoris Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris ada beberapa macam, yaitu: x Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris. x Kehilangan tekanan pada perpipaan. x Kehilangan tekanan pada aksesoris. x Kehilangan tekanan pada pompa.