

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Baku

Air baku merupakan bahan dasar dalam proses pengolahan air bersih. Sumber air baku yang biasa digunakan berasal dari air hujan, air tanah, air permukaan dan air laut. Umumnya masyarakat lebih sering menggunakan air tanah dan air permukaan sebagai sumber air baku, sedangkan air laut jarang digunakan karena membutuhkan teknologi tinggi dan biaya yang mahal dalam pengolahannya. Dalam sistem pengolahan air bersih, penting untuk mengetahui klasifikasi kelas badan air yang akan digunakan, karena hal tersebut sangat mempengaruhi jenis pengolahan yang akan digunakan. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 telah membagi golongan air menurut perentukannya seperti berikut ini :

- Golongan A/I : Air yang dapat digunakan sebagai air minum tanpa pengolahan terlebih dahulu
- Golongan B/II : Air yang bisa digunakan sebagai air baku air minum
- Golongan C/III : Air yang dapat digunakan untuk pertanian dan perikanan
- Golongan D/IV : Air yang dapat digunakan untuk pertanian, usaha di perkotaan, industri , dan pembangkit tenaga listrik

2.1.1 Persyaratan Penyediaan Air Baku

Dalam penyediaan air baku, tentu terdapat beberapa persyaratan yang harus terpenuhi dalam air baku tersebut:

1. Persyaratan Kualitas

Persyaratan kualitas menggambarkan mutu dari air baku air bersih. Persyaratan tersebut adalah sebagai berikut (Agustina, 2007).

- a) Dalam persyaratan fisik, air bersih harus jernih, tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, dan memiliki suhu sama dengan suhu udara atau kurang lebih $\pm 25^{\circ}\text{C}$.
- b) Dalam persyaratan kimia, air bersih tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas. Beberapa

persyaratan antara lain adalah pH, total solid, zat organik, CO₂ agresif, kesadahan, kalsium (Ca), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), chlorida (Cl), nitrit, flourida (F), dan logam berat.

- c) Dalam persyaratan biologis, air bersih tidak boleh mengandung kuman patogen dan parasitik yang mengganggu kesehatan. Persyaratan biologis ditandai dengan tidak adanya bakteri *E. coli* dalam air.
- d) Dalam persyaratan radioaktif, air bersih tidak boleh mengandung zat yang menghasilkan bahan-bahan radioaktif, misalnya sinar alfa, beta, dan gamma.

2. Persyaratan Kuantitas

Persyaratan kuantitas dalam penyediaan air bersih adalah ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Artinya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan kebutuhan daerah dan jumlah penduduk yang akan dilayani. Persyaratan kuantitas juga dapat ditinjau dari standar debit air bersih yang dialirkan ke konsumen sesuai dengan jumlah kebutuhan air bersih. Kebutuhan air bersih masyarakat bervariasi, tergantung pada letak geografis, kebudayaan, tingkat ekonomi, dan skala perkotaan tempat tinggalnya (Agustina, 2007).

3. Persyaratan Kontinuitas

Air baku untuk air bersih harus dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap baik pada saat musim kemarau maupun musim hujan. Kontinuitas juga dapat diartikan bahwa air bersih harus tersedia 24 jam perhari atau setiap saat diperlukan, kebutuhan air tersedia. Akan tetapi, kondisi ideal tersebut hampir tidak dapat dipenuhi pada setiap wilayah di Indonesia sehingga untuk menentukan tingkat kontinuitas pemakaian air dapat dilakukan dengan cara pendekatan aktifitas konsumen terhadap prioritas pemakaian air. Prioritas pemakaian air yaitu minimal selama 12 jam perhari, yaitu pada jam-jam aktivitas kehidupan sekitar pukul 06.00–18.00.

Sebagian besar konsumen memerlukan air untuk kehidupan dan pekerjaannya dalam jumlah yang tidak ditentukan. Oleh karena itu, diperlukan reservoir pelayanan dan fasilitas energi yang siap setiap saat. Sistem jaringan perpipaan didesain untuk membawa suatu kecepatan aliran tertentu. Kecepatan dalam pipa tidak boleh melebihi 0,6–1,2 m/s. Ukuran pipa harus tidak melebihi dimensi yang diperlukan dan tekanan dalam sistem harus tercukupi. Dengan analisis jaringan pipa distribusi, dapat ditentukan dimensi atau ukuran pipa yang diperlukan sesuai dengan tekanan minimum yang diperbolehkan agar kuantitas aliran terpenuhi (Agustina, 2007)

2.2 Karakteristik Air Baku Berdasarkan Parameter Parameter

2.2.1 Karakteristik Air Baku pada Parameter Fisik

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

1) Bau

Air bersih 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).

2) Rasa

Air bersih pada umumnya tidak memberikan rasa/ tawar. Air yang berasa dapat memberikan petunjuk bahwa didalamnya terkandung zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan. Rasa logam/ amis, rasa pahit, asin, dan sebagainya. Efek yang diakibatkan pun berbeda-beda tergantung pada penyebab timbulnya rasa tersebut (Effendi, 2003)

3) 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 biokimia di dalam

saluran/ pipa. Mikroorganisma patogen tidak mudah berkembang biak, dan Bila diminum dapat menghilangkan dahaga (Effendi, 2003).

4) Warna

Air bersih 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 buangan industri (Effendi, 2003)

5) Kekeruhan

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

Material penyebab kekeruhan adalah silt/clay atau bahan organik yang berasal dari limbah, mikroorganisme seperti algae. Selain itu faktor musim juga dapat mempengaruhi kekeruhan, dimana pada musim kemarau air sungai akan lebih jernih dibandingkan pada musim hujan. Kekeruhan maksimum untuk air bersih 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).

6) Jumlah zat padat tersuspensi TSS (*Total Suspended Solid*)

Materi yang tersuspensi adalah materi yang mempunyai ukuran lebih kecil dari pada 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 kedalam 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 diperiukan pengerukan lumpur yang lebih sering. Apabila zat-zat ini sampai di muara sungai dari bereaksi dengan air yang asiri, maka baik koloid maupun zat terlarut dapat mengendap di muara muara dan proses inilah yang menyebabkan terbentuknya delta delta. Dapat dimengerti, bahwa pengaruhnya terhadap kesehatanpun menjadi tidak langsung.

2.2.2 Karakteristik Air Baku pada Parameter Kimawi

Karakter kimia cenderung lebih khusus sifatnya dibandingkan dengan karakteristik fisis oleh karena itu dibutuhkan sebuah penelitian terlebih dulu untuk

mengetahui zat-zat yang terkandung didalamnya. Parameter kimiawi yang terdapat didalam air adalah sebagai berikut :

1) 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 $\text{NO}_3^{-\text{N}}$, menunjukkan adanya limbah yang baru saja dibuang di badan air (Adisuasono et al., 2014).

2) Timbal (Pb)

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

3) Fluor (F)

Fluor (F) merupakan salah satu unsur yang melimpah di kerak Bumi. Unsur ini ditemukan dalam bentuk ion fluorida (F). Fluor yang berikatan dengan kation monovalen, misalnya NaF, AgF, dan KF bersifat mudah terlarut; sedangkan fluor yang berikatan dengan kation divalen bersifat tidak larut dalam air, contohnya CaF_2 , dan PbF_2 . Sumber fluorida di alam adalah fluorspar (CaF_2), cryolite (Na_3AlF_6), dan fluorapatite. Selain itu fluorida juga dapat berasal dari pembakaran batu bara. Fluorida sendiri banyak dimanfaatkan dalam industri besi baja, gelas, pelapisan logam dan aluminium, dan pestisida (Eckenfelder, 1989)

4) Alkalinitas Asiditas

Air pada umumnya memiliki sifat basa (alkalin) dengan pH sedikit diatas normal, hal ini disebabkan oleh kandungan Kalsium/ kalium/ atau magnesium karbonat/bikarbonat. Alkalinity ini penting dalam proses koagulasi, bila alkalinity dalam air baku kurang maka perlu dilakukan

penambahan kapur atau Na_2CO_3 , bila kelebihan maka akan mengganggu proses koagulasi. Oleh karena itu, perlu dipertimbangkan dengan baik jenis koagulan yang digunakan agar reaksi dapat berjalan dengan sempurna.

Alkalinitas 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 CO_2 , baik secara alami atau karena proses pelunakan. CO_2 dinyatakan dalam mg/l CaCO_3 yang diperlukan untuk netralisasi asam karbonat. CO_2 bereaksi dengan air membentuk asam karbonat (H_2CO_3)

5) Derajat Keasaman (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 dari pemberian 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.

6) Kesadahan

Kesadahan air adalah kandungan-kandungan mineral tertentu di dalam air, pada umumnya ion kalsium (Ca) dan Magnesium (Mg) dalam bentuk garam karbonat merupakan penyebab utama dari kesadahan sementara. Air yang mengandung ion Ca dan Mg dapat dihilangkan dengan

melakukan pemanasan air (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).

7) Besi (Fe) dan Mangan (Mn)

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

8) 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 (CaCl_2) (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).

9) *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).

10) 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).

11) Chemical Oxygen Demand (COD)

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

2.2.3 Karakteristik Air Baku pada Parameter Biologi

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

1) 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*

2) 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.

3) 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 bersih. Ada beberapa jenis algae, yaitu *Chlorophycene* atau ganggang hijau, *Cyanophyceae/* ganggang biru dan diatomae.

Algae memerlukan cahaya matahari yang cukup untuk hidup. Sumber 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 hasil pembuangan limbah organic atau cell setelah kematiannya. Pengendalian populasi dengan pemberian CuSO₄.

4) 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*), cilliata (*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, bakteri dan protozoa parasit (Bitton, 1994).

5) Fungi/Jamur

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

6) 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 bersih berbau tanah, dan lumpur. Apabila air yang memiliki bau dan rasa tidak sedap maka air tersebut tidak baik untuk dikonsumsi oleh manusia.

7) 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 larva lalat *chironomus*. Cacing jenis ini tidak menimbulkan rasa/ bau pada air bersih. 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).

2.3 Proses Pengolahan Air Bersih

2.3.1 Filtrasi

Filtrasi adalah menghilangkan partikel padat dari fluida dengan cara memindahkan partikel padat ke media filter atau septum, dan padatan tersebut akan diendapkan pada media filter atau septum. Filtrasi adalah operasi atau proses dimana campuran heterogen partikel fluida dan padat dipisahkan oleh media filter yang melewati fluida tetapi tetap mempertahankan partikel padat. Filtrasi adalah penggunaan media filter atau filter untuk memisahkan partikel koloid atau padat dari suatu fluida. Air yang mengandung padatan atau koloid dialirkan melalui media filter dengan ukuran pori lebih kecil dari ukuran padatan.

Tujuan filtrasi adalah proses pemisahan padatan dari padatan pembawa cairan (cair atau gas) menggunakan media berpori atau bahan berpori lainnya untuk menghilangkan sebanyak mungkin padatan halus dan koloid tersuspensi. Dalam pengolahan air bersih, filtrasi digunakan untuk menyaring air hasil proses koagulasi-flokulasi-sedimentasi untuk menghasilkan air bersih yang berkualitas tinggi. Selain mengurangi kandungan padatan, filtrasi juga dapat menurunkan kandungan bakteri, menghilangkan warna, rasa, bau, zat besi, dan mangan. Sistem filter yang dir.ancang untuk pengolahan air tergantung pada tujuan pengolahan dan pengolahan awal air baku sebagai filter influen.

Pada filtrasi dengan media berbutir, terdapat beberapa mekanisme filtrasi sebagai berikut:

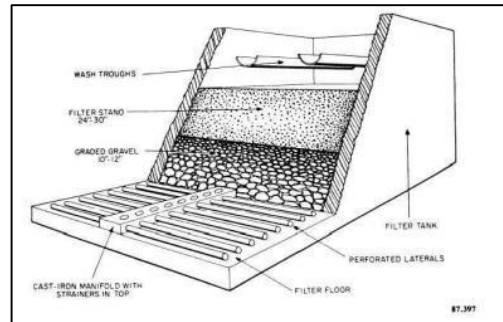
- Penyaringan secara mekanis (*mechanical straining*)
- Sedimentasi
- Adsorpsi atau gaya elektrokinetik
- Koagulasi di dalam filter bed
- Aktivitas biologis.

Berdasarkan pada kapasitas produksi air yang terolah, filter pasir dapat dibedakan menjadi dua, yaitu filter pasir cepat dan filter pasir lambat.

1. Filter Pasir Cepat

Filter pasir cepat atau rapid sand filter adalah filter dengan laju filtrasi cepat 4 hingga 21 m/jam. Sebelum filter ini, proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan dilakukan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan influen saringan pasir cepat antara 5-10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhan bias mencapai 90 – 98%. Bagian-bagian dari saringan pasir cepat termasuk (**Gambar 2.1**):

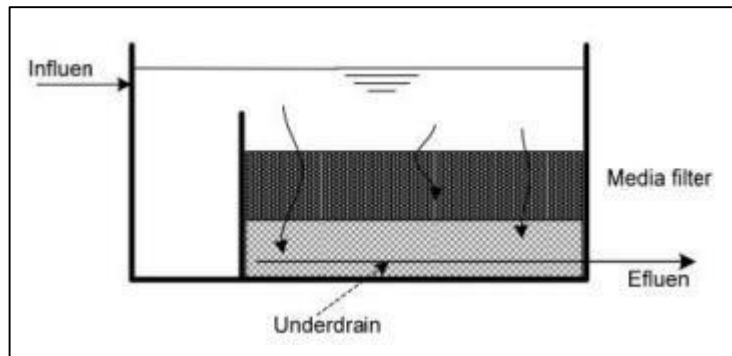
- **Bak Filter**
Merupakan tempat proses filtrasi berlangsung. Jumlah dan ukuran bak tergantung debit pengolahan.
- **Media Filter**
Media filter merupakan bahan berbutir/granular yang membentuk pori-pori di antara butiran media. Pada pori-pori inilah air mengalir dan terjadi proses penyaringan.
- **Sistem *Underdrain***
Underdrain merupakan system pengaliran air yang telah melewati proses filtrasi yang terletak di bawah media filter. *Underdrain* terdiri dari :
 - *Orifice*, yaitu lubang pada sepanjang pipa lateral sebagai jalan masuknya air dari media filter ke dalam pipa
 - *Lateral*, yaitu pipa cabang yang terletak di sepanjang pipa manifold
 - *Manifold*, yaitu pipa utama yang menampung air dari lateral dan mengalirkannya ke bangunan penampung air.



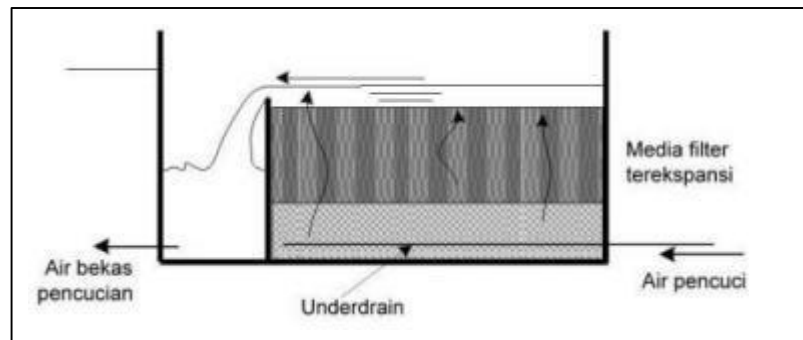
Gambar 2. 1 Bagian-bagian Rapid Sand Filter
(Sumber : Reynolds & Richards, 1996)

Sistem operasi filter pasir cepat adalah sebagai berikut :

- 1) Selama proses filtrasi berlangsung, partikel yang terbawa air akan tersaring di media filter. Sementara itu, air terus mengalir melewati media pasir dan penyangga, masuk lubang/orifice, ke pipa lateral, terkumpul di pipa manifold, dan akhirnya air keluar menuju bak penampung (**Gambar 2.2**)
- 2) Partikel yang tersaring di media lama kelamaan akan menyumbat pori-pori media sehingga terjadi *clogging* (penyumbatan). *Clogging* ini akan meningkatkan headloss aliran air di media. Peningkatan *headloss* dapat dilihat dari meningkatnya permukaan air di atas media atau menurunnya debit filtrasi. Untuk menghilangkan *clogging*, dilakukan pencucian media.
- 3) Pencucian dilakukan dengan cara memberikan aliran balik pada media (backwash) dengan tujuan untuk mengurai media dan mengangkat kotoran yang menyumbat pori-pori media filter . Aliran air dari manifold, ke lateral, keluar orifice, naik ke media hingga media terangkat, dan air dibuang melewati gutter yang terletak di atas media (**Gambar 2.3**)
- 4) Bila media filter telah bersih, filter dapat dioperasikan kembali



Gambar 2. 2 Aliran air pada saat operasi filter
(Sumber: Reynolds & Richards, 1996)



Gambar 2. 3 Aliran air pada saat pencucian filter
(Sumber Reynolds & Richards, 1996)

Tipe filter pasir cepat dapat dibedakan dalam beberapa kategori:

- a. Menurut system kontrol kecepatan filtrasi, dikelompokkan menjadi
 - *Constant rate* : Debit hasil proses filtrasi konstan sampai pada level tertentu. Hal ini dilakukan dengan memberikan kebebasan kenaikan level muka air di atas media filter.
 - *Declining rate atau constant head* : Debit hasil proses filtrasi menurun seiring dengan waktu filtrasi, atau level muka air di atas media filter dirancang pada nilai yang tetap.
- b. Menurut arah aliran, dikelompokkan menjadi
 - Filter aliran *down flow* (kebawah)
 - Filter aliran *upflow* (keatas)
 - Filter aliran horizontal

- c. Menurut sistem pengaliran, dikelompokkan menjadi
 - Filter dengan aliran secara gravitasi (*gravity filter*)
 - Filter dengan aliran bertekanan (*pressure filter*)

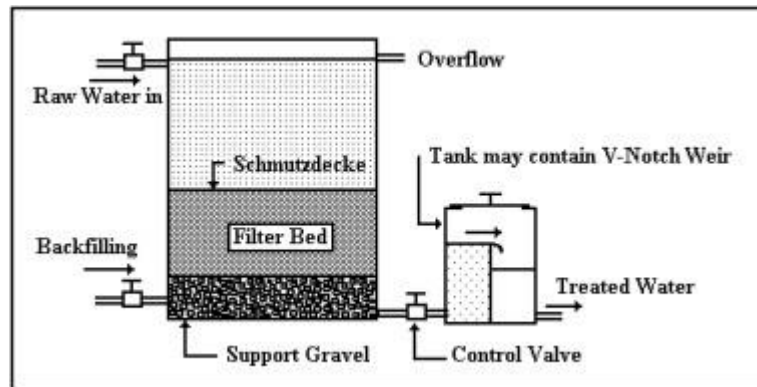
2. Filter Pasir Lambat

Saringan pasir lambat atau slow sand filter adalah saringan dengan laju filtrasi yang lebih lambat, sekitar 0,1 – 0,4 m/jam. Kecepatan yang lebih lambat ini disebabkan oleh ukuran medium pasir yang kecil (ukuran efektif = 0,15 – 0,35 mm). Saringan pasir lambat adalah sistem penyaringan yang paling awal digunakan untuk pengolahan air, yang telah dikembangkan sejak tahun 1800 SM. Sebelum proses filtrasi, air baku diendapkan terlebih dahulu.

Saringan pasir lambat sangat efektif untuk menghilangkan bahan organik dan organisme patogen pada air baku dengan kekeruhan yang relatif rendah. Filter pasir lambat banyak digunakan dalam pengolahan air dengan kekeruhan air baku di bawah 50 NTU. Efisiensi saringan pasir lambat bergantung pada distribusi ukuran partikel pasir, rasio luas permukaan terhadap kedalaman saringan, dan laju filtrasi.

Prinsip kerja slow sand filter adalah membentuk lapisan biofilm beberapa milimeter di atas lapisan pasir halus yang disebut lapisan “*hygegeal*” atau “*schmutzdecke*”. Lapisan ini mengandung bakteri, fungi, protozoa, rotifer dan larva serangga air. *Schmutzdecke* adalah cat yang secara efektif dapat memurnikan dalam pengolahan air bersih. Saat air melewati *schmutzdecke*, partikel akan ditangkap dan bahan organik terlarut akan diserap, dan dicerna oleh bakteri, jamur, dan protozoa. Proses yang terjadi di *schmutzdecke* sangat kompleks dan dapat diubah, tetapi masalah utamanya adalah regangan mekanis dari sebagian besar bahan tersuspensi berada pada lapisan tipis dengan pori-pori yang sangat kecil (kurang dari 1 mikron). Ketebalan lapisan ini meningkat seiring waktu hingga mencapai sekitar 25 mm, yang mengakibatkan penurunan aliran. Ketika kecepatan penyaringan turun ke tingkat tertentu, penyaring harus dibersihkan dengan mengambil lapisan pasir atas setebal 25 mm.

Secara umum, filter pasir lambat hamper sama dengan filter pasir cepat. Filter lambat terusun oleh bak filter, media pasir, dan sistem *underdrain* (**Gambar 2.4**). Perbedaan filter pasir cepat dan filter pasir lambat dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.



Gambar 2. 4 Skema filter pasir lambat

(Sumber Wood, n.d.)

Tabel 2. 1 Perbedaan Kriteria Filter Pasir Cepat dan Filter Pasir Lambat

Kriteria	Filter Pasir Cepat	Filter Pasir Lambat
Kecepatan filtrasi	4 – 21 m/jam	0,1 – 0,4 m/jam
Ukuran bed	Kecil, 40 – 400 m ²	Besar, 2000 m ²
Kedalaman bed	30 – 45 cm kerikil, 60 – 70 cm pasir, tidak berkurang saat pencucian	30 cm kerikil, 90 – 110 cm pasir, berkurang 50 – 80 cm saat pencucian
Ukuran pasir	Effective size >0,55 mm, uniformity coefficient <1,5	Effective size 0,25-0,3 mm, uniformity coefficient 2-3
Distribusi ukuran media	Terstratifikasi	Tidak terstratifikasi

Sistem underdrain	Pipa lateral berlubang yang mengalirkan air ke pipa utama	Sama dengan filter cepat atau batu kasar dan beton berlubang sebagai saluran utama
Kehilangan energi	30 cm saat awal, hingga 275 cm saat akhir	6 cm saat awal, hingga 120 cm saat akhir
Filter run (jarak waktu pencucian)	12 – 72 jam	20 – 60 hari
Metoda pembersihan	Mengangkat kotoran dan pasir ke atas dengan backwash	Mengambil lapisan pasir di permukaan dan mencucinya
Jumlah air untuk pembersihan	1 – 6% dari air tersaring	0,2 – 0,6% dari air tersaring
Pengolahan pendahuluan	Koagulasi; Flokulasi; sedimentasi	Biasanya tidak ada bila kekeruhan kurang dari 50 NTU
Biaya konstruksi	Relatif tinggi	Relatif rendah
Biaya operasi	Relatif tinggi	Relatif rendah
Biaya depresiasi	Relatif tinggi	Relatif rendah

(Sumber : Christopher R. Schulz and Daniel Alexander Okun, 1984)

Bagian filter yang berperan penting dalam melakukan penyaringan adalah media filter. Media filter dapat terusun dari pasir silika alami, antrasit, atau pasir garnet. Media ini umumnya memiliki variasi dalam ukuran, bentuk dan komposisi kimia. Pemilihan media filter yang akan digunakan dilakukan dengan analisa ayakan (*sieve analysis*). Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif (*Effective size*) dan keseragaman media yang diinginkan (dinyatakan sebagai Uniformity Coefficient).

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 d10 (diameter pada persentil 10).

Uniformity Coefficient (UC) atau koefisien keseragaman adalah angka keseragaman media filter yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60% fraksi berat terhadap ukuran efektif atau dapat ditulis : ($UC = d_{60}/d_{10}$).

Berdasarkan jenis dan jumlah media yang digunakan dalam penyaringan, media filter dikategorikan menjadi:

- Single media, merupakan satu jenis media dimana media yang digunakan seperti pasir silica, atau dolomit saja. Filter cepat tradisional biasanya menggunakan pasir kwarsa. Pada sistem ini penyaringan SS terjadi pada lapisan paling atas sehingga dianggap kurang efektif karena sering dilakukan pencucian
- Dual media, filter dual media sering digunakan media pasir kwarsa di lapisan bawah dan anthrasit pada lapisan atas.
- Multi media, fungsi multi media adalah untuk memfungsikan seluruh lapisan filter agar berperan sebagai penyaring.

Pada **Tabel 2.2** mencantumkan beberapa jenis dan jumlah ukuran efektif media filter dan standar nilai keseragaman media. Jika pasir tidak memenuhi standar, maka ukuran harus dipilih untuk memenuhi standar tersebut. Metode penghitungan persentase pasir yang tersedia, pasir terlalu kecil dan pasir terlalu besar adalah sebagai berikut :

1. Presentase stok pasir yang dapat digunakan

$$P_{use} = 2(P_{st60} - P_{st10})$$

2. Presentase pasir yang terlalu kecil

$$P_f = P_{st10} - 0,1$$

$$P_{use}$$

3. Presentase ukuran pasir yang terlalu besar

$$P_c = 100 - P_f - P_{use}$$

Keterangan :

- P_{st10} adalah persentase pasir stok yang memenuhi ES sesuai kriteria yang diminta
- P_{st60} adalah persentase pasir stok yang memenuhi ES x UC sesuai kriteria yang diminta.

Setelah dilakukan pemilihan ukuran butiran pasir stok, maka pasir stok dapat digunakan sebagai media filter yang memenuhi kriteria.

Tabel 2. 2 Perbedaan Karakteristik Media

NO	Karakteristik	Nilai	
		Nilai	Rekomendasi
1	Single media		
	A. Media pasir		
	• kedalaman	610 - 760	685
	• ES (mm)	0,35 – 0,70	0,60
	• UC	<1,7	<1,7
	B. Media Antrasit		
	• kedalaman	610 - 760	685
	• ES (mm)	0,70 – 0,75	0,75
	• UC	<1,75	<1,75
	C. Rate Filtrasi (l/det.m ²)	1,36 – 3,40	2,72
2	Dual media		
	A. Media pasir		
	• kedalaman	150 -205	150
	• ES (mm)	0,45 – 0,55	0,50
	• UC	1,5 – 1,7	1,6
	B. Media Antrasit		
	• kedalaman	410 - 610	610
	• ES (mm)	0,9 – 1,1	1,0
	• UC	1,6 – 1,8	1,7
	C. Rate Filtrasi (l/det.m ²)	2,04 – 5,44	3,4
3	Multi media		
	A. Media pasir		
	• kedalaman	150 - 250	230
	• ES (mm)	0,45 – 0,55	0,50
	• UC	1,50 – 1,65	1,60
	B. Media Antrasit		
	• kedalaman	420 - 530	460
	• ES (mm)	0,95 – 1,00	1,00

	• UC	1,55 – 1,75	< 1,75
	C. Garnet		
	• kedalaman	75 - 115	75
	• ES (mm)	0,20 – 0,35	0,20
	• UC	1,6 – 2,0	< 1,6
	D. Rate Filtrasi (l/det.m ²)	2,72 – 6,80	4,08

(Sumber: Tom D. Reynolds, 1996)

a. Dimensi Bak Filter

Luas permukaan bak filter tergantung pada jumlah bak, debit pengolahan, dan kecepatan (rate) filtrasi. Jumlah bak ditentukan berdasarkan debit pengolahan dengan rumus pendekatan $N = 1,2 Q^{0,5}$, dengan Q adalah debit pengolahan (mgd). Jumlah bak juga dapat ditentukan dengan batasan luas permukaan maksimum 100 m² per bak. Berdasarkan luas permukaan bak, ukuran bak (panjang dan lebar, atau diameter) dapat ditentukan. Ratio lebar terhadap panjang berkisar 1 : 1 hingga 1 : 2. Tinggi bak filter ditentukan dari tinggi total bahan yang terdapat di bak, meliputi *underdrain*, media penyangga, media filter dan air di atas media ditambah dengan tinggi jagaan (*freeboard*). Tinggi air di atas media direncanakan sekitar 90 – 120 cm.

b. Hidrolikas Filtrasi

1. Headloss (Hf)

Pada prinsipnya aliran pada media berbutir (filter pasir) dianggap sebagai aliran dalam pipa berjumlah banyak. Kehilangan tekanan dalam pipa akibat gesekan aliran mengikuti persamaan Darcy – Weisbach.

2. Bilangan Reynold, Nre

Bilangan Reynold, Nre merupakan fungsi diameter dan kecepatan aliran.

3. Koefisien Drag

Merupakan koefisien yang besarnya tergantung bilangan Reynold (Nre)

c. Hidrolika Pencucian (Backwashing)

Filter pasir cepat yang digunakan dalam jangka waktu tertentu, maka akan tersumbat karena media filter menahan partikel halus dan koloid. Media filter yang tersumbat ditandai oleh:

1. Penurunan kapasitas produksi (digunakan untuk filter head tekanan konstan).
2. Kehilangan energi (*headloss*) meningkat, dan kemudian ketinggian air di atas media filter meningkat (untuk *filter constant rate*).
3. Mengurangi kualitas air produksi.

Jika tujuan ini tercapai (seperti yang ditunjukkan oleh head tekanan negatif), filter harus dibersihkan. Teknologi pembersihan filter yang cepat dapat dilakukan dengan menggunakan kecepatan backwashing tertentu untuk memfluidisasi media filter dan bertabrakan di antara media. Benturan antar media akan menyebabkan kotoran menempel pada media, dan kotoran yang terkelupas akan terbawa aliran air. Untuk meningkatkan kinerja backwash, biasanya permukaan harus dibersihkan terlebih dahulu dan/atau tekan dari bawah dengan blower (pembersihan udara).

Tujuan pembersihan filter adalah untuk mengeluarkan kotoran pada media filter ke atas hingga media mengembang. Biasanya, ketinggian ekspansi adalah 15% hingga 35% (Droste, 1997). Lama pencucian sekitar 3 hingga 15 menit. Ada beberapa sistem pencucian filter, yaitu:

1. Menggunakan menara air
2. Interfilter
3. Pompa *backwash*

Untuk menghitung head pompa pencucian atau tinggi menara, maka harus dihitung headloss melalui media, dasar filter (under drain), dan sistem perpipaan pada saat awal *backwash*. Saat awal *backwash*, tekanan air backwash harus mampu memecahkan media yang kemungkinan memadat akibat adanya kotoran yang melekat pada permukaan media. Tekanan air *backwash* juga harus mampu mengangkat pasir hingga ketinggian tertentu (terfluidasi).

Tabel 2. 3 Kriteria Pencucian Media Filter untuk Pengolahan Air Bersih

NO	Unit	Jenis saringan		
		Saringan biasa (gravitasi)	Saringan dengan pencucian antar saringan	Saringan bertekanan
1	Jumlah bak saringan	$N = 1,2 Q^{0,5}$	Minimum 5 bak	
2	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6-11	6-11	12-33
3	Pencucian			
	<ul style="list-style-type: none"> Sistem pencucian 	Tanpa/dengan blower & atau surface wash	Tanpa/dengan blower & atau surface wash	Tanpa/dengan blower & atau surface wash
	<ul style="list-style-type: none"> Kecepatan (m/jam) 	36-50	36-50	72 - 198
	<ul style="list-style-type: none"> Lama pencucian (menit) 	10 - 15	10 - 15	-
	<ul style="list-style-type: none"> Periode antar pencucian (jam) 	18 - 24	18 - 24	
	<ul style="list-style-type: none"> Ekspansi (%) 	30 – 50%	30 – 50%	30 – 50%
4	Media pasir			
	<ul style="list-style-type: none"> Tebal (mm) 	300 – 700	300 – 700	300 – 700
	<ul style="list-style-type: none"> Single media 	600 – 700	600 – 700	600 – 700
	<ul style="list-style-type: none"> Media ganda 	300 – 600	300 – 600	300 – 600
	<ul style="list-style-type: none"> ES (mm) 	0,3 – 0,7	0,3 – 0,7	
	<ul style="list-style-type: none"> UC 	1,2 – 1,4	1,2 – 1,4	1,2 – 1,4
	<ul style="list-style-type: none"> Berat jenis (kg/dm^3) 	2,6 – 2,65	2,6 – 2,65	2,6 – 2,65
	<ul style="list-style-type: none"> Kadar SiO_2 	> 95 %	> 95 %	> 95 %
5	Media antrasit			
	<ul style="list-style-type: none"> Tebal (mm) 	400 - 500	400 - 500	400 - 500
	<ul style="list-style-type: none"> ES (mm) 	1,2 – 1,8	1,2 – 1,8	1,2 – 1,8
	<ul style="list-style-type: none"> UC 	1,5	1,5	1,5
	<ul style="list-style-type: none"> Berat jenis (kg/dm^3) 	1,35	1,35	1,35
	<ul style="list-style-type: none"> Porositas 	0,5	0,5	0,5
6	Filter bottom/ dasar saringan			
	<ul style="list-style-type: none"> Kedalaman (mm) 	80 - 100	80 - 100	-

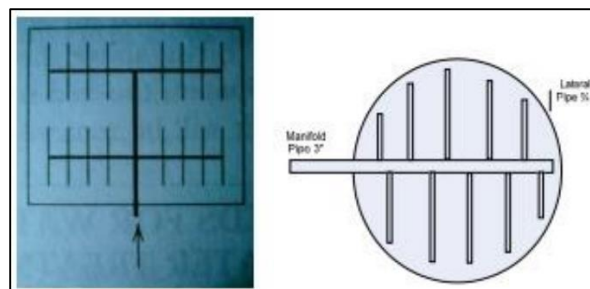
	• Ukuran butir (mm)	2-5	2-5	
--	---------------------	-----	-----	--

(Sumber : SNI 6774-, 2008)

d. Sistem Underdrain

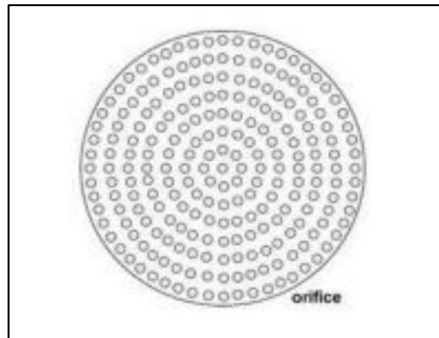
Sistem underdrain adalah sistem pengaliran air di bawah media filter setelah air melewati proses penyaringan. Kriteria untuk sistem underdrain adalah sebagai berikut :

1. Dasar filter dapat terdiri dari sistem perpipaan yang tersusun dari lateral dan manifold, dimana air diterima melalui lubang orifice yang diletakkan pada pipa lateral.
2. Kecepatan pencucian ± 36 m/jam ($600 \text{ L/m}^2 \cdot \text{menit}$), dengan tinggi ekspansi sebesar 15 cm sehingga headloss = 25 cm.
3. Manifold dan lateral ditujukan agar distribusi merata, headloss 1 – 3 m dengan kriteria sistem manifold – lateral:
 - a. Perbandingan luas orifice/filter = 0,0015 – 0,005
 - b. Perbandingan luas lateral/ orifice = 2 – 4
 - c. Perbandingan luas manifold/lateral = 1,5 – 3
 - d. Diameter orifice = 0,6 – 2 cm.
 - e. Jarak antara orifice = 7,5 – 30 cm
 - f. Jarak antara lateral = orifice.



Gambar 2. 5 Sistem underdrain dengan model manifold pipe

(Sumber : Wood, n.d.)



Gambar 2. 6 Sistem underdrain dengan model perforated plate
(Sumber : Wood, n.d.)



Gambar 2. 7 Sistem underdrain dengan model nozzle dan strainer
(Sumber : Wood, n.d.)

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

- Perhitungan Bak Filtrasi

1. Debit saluran pembawa (Q_s)

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

2. Luas Permukaan (A)

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

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

$$A = W \times L$$

$$L = 2 \times W$$

- Kehilangan Tekanan Media Filtrasi (Antrasit, Pasir, dan Garnet)

1. Nilai bilangan Reynold (N_{re})

$$N_{re} =$$

shape factor (Φ) \times *massa jenis* (ρ) \times *diameter*(d) \times *kecepatan filtrasi* (v_a)

viskositas dinamik (μ)

2. Koefisien drag (Cd)

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

3. Kehilangan tekanan (Hf)

$$Hf = \frac{1,067}{\phi} \times \frac{d}{g} \times \frac{Va^2}{\varepsilon^4} \times \frac{Cd}{d}$$

- Backwash (Antrasit, Pasir, dan Garnet)

1. Nilai bilangan Reynold (Nre)

$$Nre =$$

shape factor (ϕ) \times *massa jenis* (ρ) \times *diameter* (d) \times *kecepatan filtrasi* (va)
viskositas dinamik (μ)

2. Koefisien drag (Cd)

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

3. Kecepatan pengendapan partikel (vs)

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

4. Kecepatan backwash (vb)

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

5. Debit backwash (Qb)

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

6. Kehilangan tekanan awal backwash (Hf)

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

7. Tinggi ekspansi media (Le)

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

- Sistem Manifold

- Pipa Manifold

1. Luas penampang pipa

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

2. Diameter pipa manifold

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

3. Cek kecepatan aliran pipa

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

4. Panjang pipa manifold

L_m = panjang bak filtrasi

○ Pipa Lateral

1. Diameter pipa lateral

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

2. Luas penampang pipa

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

3. Debit tiap pipa lateral

$$QL = V \times A$$

4. Jumlah pipa lateral

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

5. Jumlah lateral tiap sisi

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

6. Cek debit lateral

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

7. Panjang pipa lateral

$$LL = \frac{\text{Lebar bak} - D_m \times (2 \times DL)}{2}$$

○ Orifice

1. Luas lubang orifice

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

2. Jumlah lubang orifice tiap bak filter

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

3. Jumlah orifice tiap pipa lateral

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

2.3.3 Desinfeksi

Salah satu persyaratan kualitas air bersih adalah persyaratan mikrobiologis, yaitu air harus bebas dari mikroorganisme patogen. Desinfeksi merupakan proses membebaskan air bersih 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 bersih adalah :

- a. Menghilangkan bau
- b. Mematikan alga
- c. Mengoksidasi nitrit menjadi nitrat
- d. Mengoksidasi ammonia menjadi senyawa amin
- e. Mengoksidasi fenol menjadi fenol yang tidak berbahaya

Macam – macam faktor yang mempengaruhi efisiensi desinfeksi adalah :

- a. Waktu kontak
- b. Konsentrasi desinfeksi
- c. Jumlah mikroorganisme
- d. Temperatur air
- e. pH
- f. Adanya senyawa lain dalam air

Berikut adalah berbagai macam desinfeksi dengan metode yang berbeda-beda :

1) Desinfeksi dengan Ozon

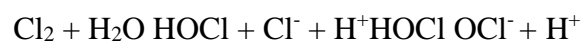
Ozon adalah zat pengoksidasi kuat sehingga dapat melakukan perusakan bakteri antara 600 – 3000 lebih kuat dari klorin. Penggunaannya tidak dipengaruhi oleh pH air, sedangkan klorin sangat bergantung pada pH air. Mekanisme produksi ozon adalah eksitasi dan percepatan electron yang tidak beraturan dalam 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 Bahan Kimia

Metode ini menggunakan bahan kimia yang dicampurkan daam air kemudia diberikan waktu yang cukup agar memberi kesempatan kepada zat untuk berkontakdengan bakteri. Desinfeksi air bersih 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, danalga. Konsentrasi yang diberikan adalah 2-3 gr/m³ air, tergantung pada turbiditas air (Aji, 2015).

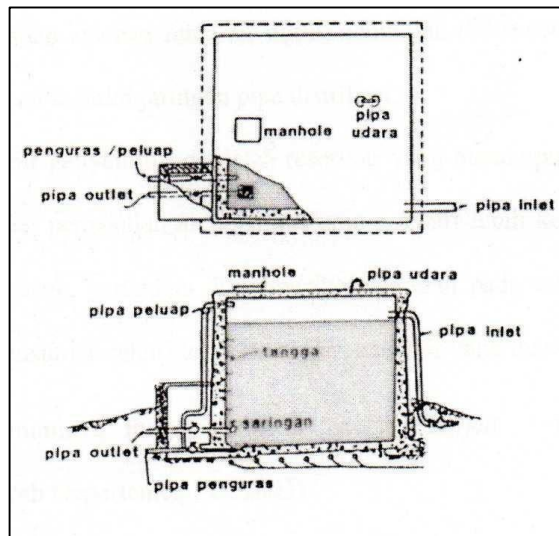
Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih besar dari aerasi, dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan dengan zat organik. pH yang baik pada 8-8,3 oksidasi besi membutuhkan waktu 15-30 menit. Pada umumnya proses standar penurunan Fe dan Mn menggunakan koagulasi dengan alum, flokulasi,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

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

2.3.4 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 dan reservoir menara.

a. Reservoir Permukaan (*Ground Reservoir*)



Gambar 2. 8 Reservoir permukaan

(*Sumber: BPSDM PU, 2018*)

Reservoir permukaan adalah penampung air yang sebagian besar atau seluruhnya berada di bawah permukaan tanah. Reservoir permukaan biasanya berbentuk bak atau tangki air yang ditanam di bawah tanah.

b. Reservoir Menara (*Elevated Reservoir*)



Gambar 2. 9 Reservoir menara

(*Sumber : AED Design Requirements: Water Tanks & System Distribution, 2009.*
)

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

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

1) Reservoir Tanki Baja



Gambar 2. 10 Reservoir tanki baja

(Sumber : *BPSDM PU, 2018*)

Banyak Reservoir menara dan “standpipe” atau Reservoir tanah yang dikonstruksi dari bahan baja yang dibaut atau dilas. Karena baja beresiko terhadap karat dan mudah menyerap panas, maka perlu dicat dan dilindungi dengan “Cathodic Protection”. Biasanya tangki baja jauh lebih murah dari tangki beton

2) Reservoir Beton Cor



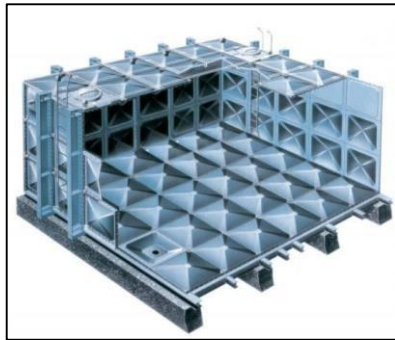
Gambar 2. 11 Reservoir beton cor

(Sumber : *Google.com*)

Tanki dan Reservoir beton pertama kali dibuat tanpa penutup. Perkembangan selanjutnya konstruksi ini memakai penutup dari kayu atau beton. Dengan tutup ini maka masalah sanitasi akan terselesaikan. Kelebihan dari menggunakan beton cor adalah kedap

air dan tidak mudah bocor. Kelemahan umum dari bahan beton adalah biaya konstruksi yang relatif lebih tinggi.

3) Reservoir *Fiberglass*



Gambar 2. 12 Reservoir fiberglass

(Sumber : *Fiberglass Water Tanks, n.d.*)

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