

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian air

Air merupakan bahan alam yang diperlukan untuk kehidupan manusia, hewan dan tanaman yaitu sebagai media pengangkutan zat-zat makanan, juga merupakan sumber energi serta berbagai keperluan lainnya (Arsyad, 1989). Berdasarkan Permenkes No. 416/MENKES/PER/XI/1990 pengertian air bersih adalah air yang digunakan keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 14/PRT/M/2010 tentang Standar Pelayanan Minimal Bidang Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang menyebutkan bahwa kebutuhan air rata-rata secara wajar adalah 60 l/orang/hari untuk segala keperluannya. Kebutuhan akan air bersih dari tahun ke tahun diperkirakan terus meningkat.

Menurut Suripin (2002), pada tahun 2000 dengan jumlah penduduk dunia sebesar 6,121 miliar diperlukan air bersih sebanyak 367 km³ per hari, maka pada tahun 2025 diperlukan air bersih sebanyak 492 km³ per hari, dan pada tahun 2100 diperlukan air bersih sebanyak 611 km³ per hari. Masalah utama yang dihadapi berkaitan dengan sumber daya air adalah kuantitas air yang sudah tidak mampu memenuhi kebutuhan yang terus meningkat dan kualitas air untuk keperluan domestik yang semakin menurun dari tahun ke tahun. Kegiatan industri, domestik, dan kegiatan lain berdampak negatif terhadap sumber daya air, termasuk penurunan kualitas air. Kondisi ini dapat menimbulkan gangguan, kerusakan, dan bahaya bagi makhluk hidup yang bergantung pada sumber daya air (Effendi, 2003). Penurunan kualitas air tidak hanya diakibatkan oleh limbah industri, tetapi juga diakibatkan oleh limbah rumah tangga baik limbah cair maupun limbah padat (Lallanilla, 2013).

2.2 Sumber Air

Berdasarkan Undang - Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air, Sumber Air adalah tempat atau wadah air alami dan/atau buatan yang terdapat pada, di atas, atau di bawah permukaan tanah. Berikut adalah beberapa sumber air yang dapat digunakan :

1. Air Hujan

Air hujan (*rainfall*) adalah air yang jatuh dari atmosfer ke permukaan bumi akibat proses siklus hidrologi. Air hujan merupakan sumber air utama di bumi dan salah satu yang paling bersih bahkan hampir tidak ada kandungan kontaminan pada air hujan dan bebas dari kandungan mikroorganisme. Namun, pada saat air hujan turun melalui udara, air hujan cenderung mudah tercemar dan melarutkan benda - benda di udara seperti partikel debu, mikroorganisme, dan gas karbon dioksida, nitrogen, dan amonia. Sehingga air hujan tidak lagi menjadi air bersih setelah sampai di permukaan bumi. Pemanfaatan air hujan masih sangat minim dan cenderung dibiarkan begitu saja. Kuantitas air hujan bergantung pada musim yang terjadi yang mempengaruhi besar kecilnya curah hujan, sehingga air hujan tidak dapat terus menerus menjadi sumber penyediaan air bersih.

2. Air Permukaan

Air permukaan atau *surface water* adalah air yang berada di atas tanah meliputi air sungai, danau, waduk, rawa, maupun genangan air yang tidak mengalami infiltrasi akibat tanah yang sudah jenuh. Sebagian besar air permukaan bersumber dari air hujan yang turun ke permukaan. Menurut Hefni Effendi (2003), air hujan yang jatuh ke permukaan bumi akan mengalami kontak dengan tanah dan melarutkan bahan - bahan yang ada dalam tanah. Air permukaan sering mengalami pencemaran dimana derajat pencemarannya bergantung pada lokasi air permukaan.

3. Air Tanah

Air tanah atau *ground water* adalah air yang berada di dalam permukaan tanah. Terdapat dua macam air tanah, yaitu air artesis dan mata air biasa. Sedangkan berdasarkan kedalaman air tanah maka air tanah dapat dibedakan menjadi air

tanah dangkal dan air tanah dalam, dimana air tanah dangkal memiliki kualitas lebih rendah dibandingkan kualitas air tanah dalam. Hal tersebut terjadi karena air tanah dangkal lebih mudah terkontaminasi pencemar.

4. Mata Air

Mata air atau *spring water* adalah keluarnya air tanah dan muncul ke permukaan tanah. Mata air ini terjadi akibat adanya air tanah yang mengalir melalui celah dan retakan tanah akibat terpotongnya bentuk topografi sehingga air dapat keluar dari batuan. Mata air biasanya berada di daerah kaki bukit, perbukitan, lereng, maupun lembah berupa celah kecil ataupun gua bawah tanah.

2.3 Air Baku

Berdasarkan SNI 6774:2008 tentang tata cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air pada bagian istilah dan definisi, air baku adalah air yang berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan atau air hujan yang memenuhi ketentuan baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air mengklasifikasikan mutu air menjadi empat kelas, yaitu :

1. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
2. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
3. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;

4. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Dalam pemilihan sumber air baku untuk air minum harus mempertimbangkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Kualitas

Sumber air yang dipilih harus memenuhi ketentuan kualitas air baku yang sudah ditetapkan pemerintah yaitu, baik secara fisik, kimia, maupun biologis.

2. Kuantitas

Kapasitas sumber atau debit yang dihasilkan akankah memenuhi kebutuhan dan jumlah permintaan.

3. Kontinuitas

Sumber air baku harus dipilih yang memiliki debit kontinu sehingga terjamin ketersediaannya sepanjang tahun dengan fluktuasi debit relatif tetap pada musim hujan maupun musim kemarau.

2.4 Air Produksi

Air produksi adalah air yang dihasilkan oleh Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) di PDAM yang telah melalui proses pengolahan, mulai dari pengambilan air baku di bangunan intake sampai proses penambahan gas chlor sehingga siap untuk didistribusikan ke pelanggan melalui sistem perpipaan. Air produksi hasil proses pengolahan air oleh Instalasi Pengolahan Air Minum di PDAM Surya Sembada termasuk dalam kategori air bersih. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan No. 416 Tahun 1990 Tentang Syarat-syarat Dan Pengawasan Kualitas Air, Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak. Oleh karena itu, meskipun air produksi yang dihasilkan oleh IPAM di PDAM sudah memenuhi persyaratan kualitas air minum yang tertera dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, masyarakat yang ingin mengkonsumsi air produksi IPAM PDAM disarankan untuk merebus air terlebih dahulu sebelum dikonsumsi. Hal tersebut

dilakukan untuk menghindari kemungkinan kontaminasi yang terjadi di perpipaan akibat kebocoran pipa atau pipa yang korosif dan berkurangnya kadar chlor saat sampai di rumah pelanggan yang mengakibatkan munculnya bakteri coliform atau E. Coli.

2.5 Air Minum

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Air minum merupakan kebutuhan pokok semua makhluk hidup untuk dapat melangsungkan kehidupan sehingga penting untuk memastikan kualitas air minum yang diminum sudah aman dan terjamin. Air minum dikatakan aman dan tidak berbahaya bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan.

2.6 Karakteristik Air

Sumber daya alam yang satu ini menutupi sekitar 70% permukaan bumi, dengan jumlah sekitar 1368 juta km³ (Angel dan Wolseley, 1992). Air terdapat dalam berbagai bentuk, misalnya uap air, es, cairan dan salju. Air tawar terutama terdapat di sungai, danau, air tanah (*groundwater*) dan gunung es. Semua badan air di daratan dihubungkan dengan laut dan atmosfer melalui siklus hidrologi yang berlangsung secara kontinu.

2.6.1 Sifat Air

Air memiliki karakteristik yang khas yang tidak dimiliki oleh senyawa kimia yang lain. Karakteristik tersebut adalah sebagai berikut (Dugan, 1972). Pada kisaran suhu yang sesuai bagi kehidupan, yakni 0°C merupakan titik beku (*freezing point*) dan suhu 100°C merupakan titik didih (*boiling point*) air (Pecl, 1990)

1. Perubahan suhu air berlangsung lambat sehingga air memiliki sifat sebagai penyimpan panas yang sangat baik. Sifat ini memungkinkan air tidak menjadi

panas atau dingin dalam seketika. Perubahan suhu air yang lambat mencegah terjadinya stress pada makhluk hidup karena adanya perubahan suhu yang mendadak dan memelihara suhu bumi agar sesuai bagi makhluk hidup. Sifat ini juga menyebabkan air sangat baik digunakan sebagai pendingin mesin.

2. Air memerlukan panas yang tinggi dalam proses penguapan. Penguapan (evaporasi) adalah proses perubahan air menjadi uap air. Proses ini memerlukan energi panas dalam jumlah besar. Sebaliknya, proses perubahan uap air menjadi cairan (kondensasi) melepaskan energi panas yang besar. Pelepasan energi ini merupakan salah satu penyebab mengapa kita merasa sejuk pada saat berkeringat. Sifat ini juga merupakan salah satu faktor utama yang menyebabkan terjadinya penyebaran panas secara baik di bumi.
3. Air merupakan pelarut yang baik. Air mampu melarutkan berbagai jenis senyawa kimia. Air hujan mengandung senyawa kimia dalam jumlah sedikit, sedangkan air laut dapat mengandung senyawa kimia hingga 35.000 mg/liter (Tebbut, 1992). Sifat ini memungkinkan unsur hara (nutrien) terlarut diangkut ke seluruh jaringan tubuh makhluk hidup dan memungkinkan bahan-bahan toksik yang masuk ke dalam jaringan tubuh makhluk hidup dilarutkan kembali. Sifat ini memungkinkan air digunakan sebagai pencuci yang baik dan pengencer bahan pencemar (polutan) yang masuk ke badan air (Ningrum, 2016).

2.6.2 Persyaratan Kualitas

Air bersih merupakan air yang dapat dimanfaatkan manusia dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Air merupakan kebutuhan pokok manusia untuk dikonsumsi. Air minum adalah air yang digunakan untuk konsumsi dan aman diminum. Menurut Kepmenkes Nomor 907 Tahun 2002 air minum adalah air yang melalui proses pengolahan ataupun tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Tidak semua air dapat dikonsumsi oleh manusia. Air yang layak untuk dikonsumsi mempunyai persyaratan yang harus dipenuhi, syarat tersebut antara lain :

- A. Berdasarkan Kepmenkes Nomor 907 Tahun 2002, syarat air minum yaitu:

1. Tidak berbau
 2. Tidak berasa
 3. Tidak berwarna
 4. Tidak mengandung mikroorganisme berbahaya
 5. Tidak mengandung logam berat
- B. Berdasarkan Permenkes No. 492 Tahun 2010, terdapat parameter kualitas air yang secara detailnya telah terlampir dalam lampiran.
- a. Parameter Fisika

Parameter - parameter yang biasa digunakan untuk menentukan kualitas air meliputi:

1. Warna air

Kadar maksimum warna yang diperbolehkan berdasarkan Permenkes No. 492 Tahun 2010 adalah sebesar 15 TCU. Pengaruh warna air dapat menghambat penetrasi cahaya yang menembus ke dalam air. Air yang berwarna ini dapat berasal dari proses biologis maupun non-biologis. Dari proses biologis ini dapat menghasilkan produk seperti humus, gambut, dan lain-lain. Pada proses non-biologis dapat berupa senyawa-senyawa kimia yang mengandung unsur Fe, Ni, Co, Mn dan lain-lain. Selain itu, perubahan warna pada air ini dapat disebabkan oleh kegiatan manusia yang menghasilkan limbah.

2. Intensitas Cahaya

Tidak hanya intensitas cahaya pada ruangan saja yang penting, namun juga intensitas cahaya pada air. Intensitas cahaya matahari merupakan sumber energi bagi semua kehidupan organisme perairan. Secara ilmu biologis proses kehidupan di muka bumi ini dapat berlangsung karena adanya sinar matahari. Sedangkan, dari sudut fisika, cahaya matahari merupakan sumber energi bagi terjadinya arus, gelombang, pemanasan perairan dan lain - lain.

3. Suhu

Kadar maksimum suhu yang diperbolehkan berdasarkan Permenkes No. 492 Tahun 2010 adalah suhu udara ± 3 °C Secara ilmu fisika,

intensitas dan kualitas cahaya yang masuk ke dalam air inilah yang diserap menghasilkan panas (suhu). Dari sudut ekologi, energi panas ini dan hubungannya dengan hal-hal yang terjadi di dalam air, merupakan faktor yang sangat penting dalam mempertahankan air sebagai suatu lingkungan hidup bagi hewan dan tumbuhan.

4. Kekeruhan

Kadar maksimum kekeruhan yang diperbolehkan berdasarkan Permenkes No. 492 Tahun 2010 adalah sebesar 5 NTU. Terciptanya kekeruhan ini disebabkan oleh bahan padatan terlarut seperti partikel tanah liat, lumpur, koloid tanah dan organisme perairan (mikroorganisme). Bahaya padatan terlarut tersuspensi ini menyebabkan air tidak produktif yang menghalangi masuknya sinar matahari untuk fotosintesis. Padatan tersuspensi juga membahayakan ekosistem dan ikan dalam perairan tersebut.

5. Salinitas

Salinitas didefinisikan sebagai jumlah bahan padat yang terkandung dalam tiap kilogram air laut, dengan asumsi semua karbonat diubah menjadi bentuk oksida, bromin, dan iodine diganti dengan chlorida dan satuan salinitas dinyatakan dalam gram per kilogram atau sebagai perseribu yang lazim "ppt". Air laut juga mengandung butiran - butiran halus dalam suspensi. Sebagian zat ini akan terlarut dan sebagian lagi akan mengendap ke dasar laut dan sisanya diuraikan oleh bakteri laut. Semua zat - zat terlarut inilah yang mempengaruhi dan menyebabkan rasa asin pada air laut.

Parameter fisika kualitas air ini erat hubungannya dengan sifat fisik yang dapat mempengaruhi kualitas pada air tersebut.

b. Parameter Kimia

Parameter-parameter kimia yang biasa digunakan untuk menentukan kualitas air meliputi :

1. PH

Kadar maksimum pH yang diperbolehkan berdasarkan Permenkes

No. 492 Tahun 2010 adalah sebesar 6,5 – 8,5. pH merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan intensitas keadaan asam atau basa suatu larutan (Sutrisno, 2004). Skala pH diukur dengan pH meter atau lakmus. Air murni memiliki pH 7. Apabila dibawah 7 maka air bersifat asam, sedangkan apabila di atas 7 maka bersifat basa (rasanya pahit) (Kusnaedi, 2010).

2. Tidak mengandung bahan kimia beracun

Air yang berkualitas baik tidak mengandung bahan kimia beracun seperti sianida sulfida, fenolik (Kusnaedi, 2010).

3. Tidak mengandung bahan organik

4. Tidak mengandung garam - garam atau ion - ion logam

Air yang berkualitas baik tidak mengandung garam atau ion-ion logam (Kusnaedi, 2010).

a) Besi (Fe)

Kadar maksimum besi yang diperbolehkan berdasarkan Permenkes No. 492 Tahun 2010 adalah sebesar 0,3 mg/l. Besi atau Ferrum (Fe) adalah metal berwarna abu-abu, liat, dan dapat dibentuk. Besi merupakan elemen kimiawi yang dapat ditemukan hampir di setiap tempat di bumi pada semua lapisan - lapisan geologis, namun besi juga merupakan salah satu logam berat yang berbahaya apabila kadarnya melebihi ambang batas (Soemirat, 2009). Besi dapat larut pada pH rendah. Kadar besi dalam air tidak boleh melebihi 1,0 mg/L, karena dapat menimbulkan rasa, bau dan dapat menyebabkan air yang berwarna kekuningan, menimbulkan noda pakaian dan tempat berkembang biaknya bakteri *Creonothrix* yaitu bakteri besi (Soemirat, 2009). Besi dibutuhkan tubuh dalam pembentukan hemoglobin. Banyaknya Fe di dalam tubuh dikendalikan pada fase absorpsi. Tubuh manusia tidak dapat mengekskresikan Fe. Karenanya mereka yang sering mendapat transfusi darah, warna kulitnya menjadi hitam karena akumulasi Fe. Sekalipun Fe itu diperlukan oleh

tubuh, tetapi dosis besar dapat merusak dinding usus (Soemirat,2009). Kelebihan logam besi dalam tubuh dapat menimbulkan efek-efek kesehatan seperti serangan jantung, gangguan pembuluh darah bahkan kanker hati. Logam ini bersifat akumulatif terutama di organ penyaringan sehingga dapat mengganggu fungsi fisiologis tubuh. Nilai estetika juga dapat dirusak oleh keberadaan logam-logam ini karena dapat menimbulkan bercak-bercak hitam pada pakaian. Air yang tercemar oleh logam ini biasanya nampak pada intensitas warna yang tinggi pada air, berwarna kuning bahkan berwarna merah kecoklatan, dan terasa pahit atau asam (Wardhana, 2004).

b) Nitrat dan nitrit

Kadar maksimum nitrat yang diperbolehkan berdasarkan Permenkes No. 492 Tahun 2010 adalah sebesar 50 mg/l, sedangkan nitrit sebesar 3 mg/l. Nitrat dan nitrit dalam jumlah besar dapat menyebabkan gangguan GI (Gastro Intestinal), diare campur darah, disusul oleh konvulsi, koma, dan bila tidak tertolong akan menyebabkan kematian. Keracunan kronis menyebabkan depresi umum, sakit kepala, dan gangguan mental. Nitrit terutama bereaksi dengan hemoglobin dan membentuk methemoglobin (methHb). Dalam jumlah melebihi normal Methemoglobin akan menimbulkan Methemoglobinemia. Pada bayi Methemoglobinemia sering dijumpai karena pembentukan enzim untuk mengurai Methemoglobinemia menjadi Haemoglobin masih belum sempurna. Sebagai akibat Methemoglobinemia, bayi akan kekurangan oksigen maka mukanya akan berwarna biru, karenanya penyakit ini juga dikenal sebagai penyakit “blue babbies” (Wardhana, 2004). Salah satu contoh sumber pencemaran nitrat terhadap air minum yakni akibat kegiatan pertanian. Meskipun pencemaran nitrat juga dapat terjadi secara alami, tetapi yang paling sering yakni akibat

pencemaran yang berasal dari air limbah pertanian yang banyak mengandung senyawa nitrat akibat pemakaian pupuk nitrogen (urea) (Wardhana, 2004). Senyawa nitrat dalam air minum dalam jumlah yang besar dapat menyebabkan Methemoglobinemia, yakni kondisi dimana hemoglobin di dalam darah berubah menjadi Methemoglobin sehingga darah menjadi kekurangan oksigen. Hal ini dapat mengakibatkan pengaruh yang fatal, serta dapat mengakibatkan kematian khususnya pada bayi (Wardhana, 2004).

c) Mangan

Kadar maksimum mangan yang diperbolehkan berdasarkan Permenkes No. 492 Tahun 2010 adalah sebesar 0,4 mg/l. Mangan (Mn) merupakan logam yang memiliki karakteristik kimia serupa dengan besi. Mangan sebagian besar banyak terdapat di dalam tanah. Mangan berada dalam bentuk manganous dan manganik. Apabila manganik bereaksi dengan oksigen yang berkadar tinggi maka akan menjadi manganous yang mudah larut di dalam air. Air yang mengandung mangan biasanya berwarna coklat gelap sehingga air menjadi keruh. Mangan dalam air berguna untuk menghambat pertumbuhan microalgae *Nitschia clostorium* dan membuat air berwarna hijau dan dapat meningkatkan kesadahan dalam air. Sekitar 90% mangan di dunia digunakan untuk metalurgi, yaitu untuk proses produksi besi-baja, sedangkan kegunaan lain untuk tujuan non-metalurgi antara lain untuk produksi baterai, keramik dan gelas. Kadar mangan yang diperkenankan pada air minum adalah 0,1 mg/liter (Brown, 2001) Dampak akumulasi mangan di dalam tubuh manusia menurut (Eckenfelder, 1989 dalam Santosa 2010) yaitu:

- 1) Pertumbuhan tubuh terhambat
- 2) Penyumbatan pada sistem saraf
- 3) Proses reproduksi terganggu

4) Pengeroposan tulang dini

c. Parameter Biologi

Berdasarkan Kepmenkes RI Nomor 907/ MENKES/SK/VII/2002, persyaratan bakteriologis air minum adalah dilihat dari Coliform per 100 ml sampel air dengan kadar maksimum yang diperbolehkan adalah 50. Analisa coliform merupakan tes untuk mendeteksi keberadaan dan memperkirakan jumlah bakteri coliform dalam air yang diteliti. Terdapat tiga metode yang dapat digunakan dalam menganalisa coliform yaitu *Standard Plate Count* (SPC), metode tabung fermentasi atau sering disebut *Most Probable Number* (MPN), dan metode penyaringan pada membran. Gangguan yang dapat menyebabkan tidak akurat hasil analisa coliform dalam air minum adalah adanya konsentrasi sisa chlor dalam air. Chlor dapat membunuh bakteri sehingga dapat mengganggu analisa coliform. Pada air yang mengandung chlor, sebelum analisa harus ditambahkan 0,1 ml larutan pereduksi per 125 ml. Contoh air larutan pereduksi adalah 10 gram $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ per 100 ml air suling yang steril. Dengan penambahan larutan ini, kadar residu chlor dapat dinetralkan sampai 15 mg Cl_2/l . Jika contoh air mengandung logam berat seperti Cu^{2+} dan Cr (VI) dengan kadar lebih dari 0,01 mg/l, diperlukan penambahan larutan EDTA 0,15 g/ml sebanyak 3 ml dalam contoh air.

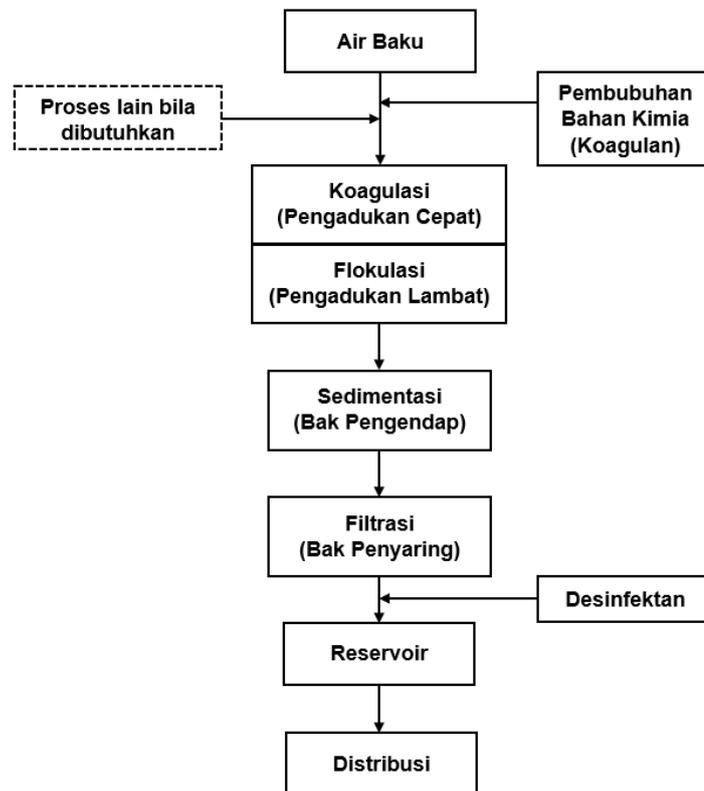
2.7 Pengolahan Air

Pengolahan air adalah suatu kegiatan yang bertujuan untuk mendapatkan air bersih dan sehat dengan standar mutu air yang memenuhi syarat kesehatan. Proses pengolahan air minum tergantung pada kualitas sumber air yang digunakan sebagai air baku dan kualitas air yang diinginkan. Menurut Budiyo dan Sumardiono (2013) pengolahan air dapat dibagi menjadi 2 (dua) berdasarkan jenisnya antara lain :

1. Pengolahan Lengkap

Pengolahan lengkap adalah proses pengolahan air yang melibatkan pengolahan fisik, kimia, dan biologi dengan bangunan pengolahan meliputi intake,

prasedimentasi, pengadukan cepat, pengadukan lambat, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi, dan reservoir. Air baku yang digunakan dalam proses pengolahan lengkap adalah air permukaan.

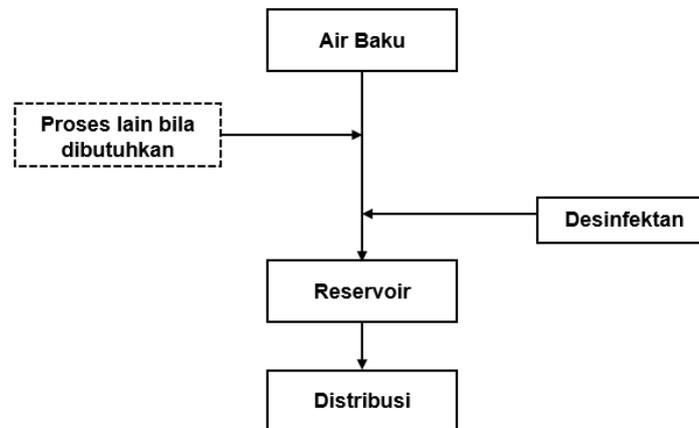


Gambar 2.1 Skema Pengolahan Air Secara Lengkap

Sumber : Permen PU NO. 18/PRT/M/2007

2. Pengolahan Tidak Lengkap

Pengolahan tidak lengkap adalah proses pengolahan air yang hanya melibatkan satu atau dua proses diantara tiga proses pengolahan yang ada dengan bangunan pengolahan meliputi intake, aerasi, filtrasi, desinfeksi, dan reservoir. Sumber air baku yang digunakan dalam proses pengolahan tidak lengkap adalah air tanah atau mata air.



Gambar 2.2 Skema Pengolahan Air Secara Tidak Lengkap

Sumber : Permen PU NO. 18/PRT/M/2007

Proses pengolahan air dibedakan menjadi 3 (tiga), yaitu pengolahan fisik, pengolahan kimia, dan pengolahan biologi.

1. Pengolahan Fisik

Pengolahan fisik adalah pengolahan air yang bertujuan untuk menurunkan dan menghilangkan parameter - parameter fisik dengan memanfaatkan sifat mekanis air dan tanpa penambahan bahan kimia lain untuk memisahkan partikelnya, seperti Warna, Bau, Total Dissolved Solid (TDS), Kekeruhan, Rasa, dan Suhu. Contoh pengolahan secara fisika adalah penyaringan (filtrasi) dan pengendapan (sedimentasi).

2. Pengolahan Kimia

Pengolahan kimia adalah pengolahan yang dilakukan dengan penambahan bahan kimia baik berupa padat, cair, maupun gas untuk menurunkan atau menghilangkan parameter kimiawi seperti Kesadahan, Nitrat, Magnesium, Mn, Fe, dan lain - lain. Contoh pengolahan secara kimia adalah koagulasi dan flokulasi, dimana terjadi penambahan bahan kimia di dalam prosesnya untuk membantu mengendapkan flok - flok yang terbentuk.

3. Pengolahan Biologi

Pengolahan biologi adalah pengolahan yang bertujuan untuk menurunkan atau menghilangkan parameter - parameter biologi seperti bakteri dan E-coli.

2.8 Unit Pengolahan Air Minum

Berikut ini merupakan unit – unit pada Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) :

2.8.1 Intake

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, intake atau bangunan penyadap adalah bangunan penangkap air atau tempat air masuk sungai, danau, situ, atau sumber air lainnya. Tipe bangunan intake, tergantung pada sumber air bakunya, yaitu:

- a. Tipe bangunan penyadap (Intake) untuk sumber mata air:
 - Bangunan penangkap mata air (broncaptering), untuk mata air yang mengalir/muncul secara horizontal.
 - Bangunan pengumpul (sumuran) untuk mata air yang muncul ke permukaan secara vertikal, dan untuk air baku yang berada dibawah permukaan tanah (sumur dangkal dan sumur dalam).
- b. Tipe Intake untuk Sumber Air Permukaan.
 - Intake bebas, adalah tipe intake dimana air permukaan mengalir secara bebas ke bak/sumuran penampung.



Gambar 2.3 Gambar Intake Bebas

Sumber : <https://bpsdm.pu.go.id/>

- Intake dengan bendung, adalah tipe dimana permukaan air dibagian hilir dari lokasi bangunan intake ditinggikan dengan bangunan bendung (dapat disamping intake atau dibagian hilir).



Gambar 2.4 Gambar Intake Bendung

Sumber : <https://bpsdm.pu.go.id/>

- Intake Ponton, adalah tipe intake untuk pengambilan air permukaan yang mempunyai fluktuasi muka air yang cukup tinggi.



Gambar 2.5 Gambar Intake Ponton

Sumber : <https://www.gosumsel.com/>

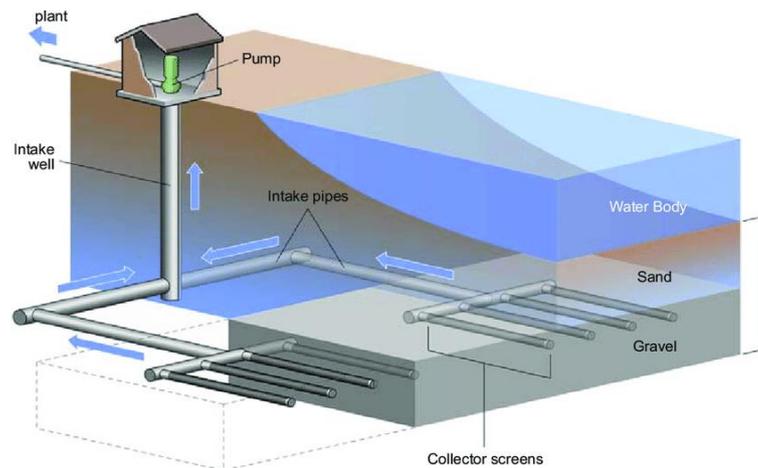
- Intake jembatan, adalah tipe Intake pada air sungai/danau dengan bentuk tebing yang curam dan bantaran yang sempit.



Gambar 2.6 Gambar Intake Bendung

Sumber : <https://bpsdm.pu.go.id/>

- Intake *Infiltration Galleries*, digunakan pada kondisi dimana air permukaan sungai sangat tipis, dengan tanah dasar yang cukup porous dan berpasir.



Gambar 2.7 Gambar Intake Bendung

Sumber : <https://www.researchgate.net>

Persyaratan lokasi penempatan dan konstruksi bangunan pengambilan:

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 (uplift);
4. Penempatan bangunan pengambilan diusahakan dapat menggunakan sistem gravitasi dalam pengoperasiannya;
5. Dimensi bangunan pengambilan harus mempertimbangkan kebutuhan maksimum harian;
6. Dimensi inlet dan outlet dan letaknya harus memperhitungkan fluktuasi ketinggian muka air;
7. Pemilihan lokasi bangunan pengambilan harus memperhatikan karakteristik sumber air baku;
8. Konstruksi bangunan pengambilan direncanakan dengan umur pakai (lifetime) minimal 25 tahun;
9. Bahan/material konstruksi yang digunakan diusahakan menggunakan material lokal atau disesuaikan dengan kondisi daerah sekitar.

2.8.2 Sumur Pengumpul (*Surge well*)

Sumur pengumpul adalah bagian dari bangunan intake yang berfungsi untuk penampungan air sementara. Berdasarkan Dinas Cipta Karya Pekerja Umum yang bersumber dari PP No. 16 tahun 2005, Petunjuk Teknis Pengelolaan SPAM Perkotaan & Perdesaan 1998, dan Pelaksanaan dan Pengawasan Pembangunan SPAM Perkotaan 1998, sumur pengumpul adalah sumur pengumpul/penampung sementara air baku dari sumber sebelum dipompakan ke Instalasi Pengolahan Air (IPA).

2.8.3 Aerator

Aerator adalah bangunan tempat terjadinya proses aerasi dalam pengolahan air minum. 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) (Ketrin, 2021).

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 (CO_2) dan
3. Menghilangkan hydrogen sulfide (H_2S), methan (CH_4) dan berbagai senyawa senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan dengan rasa dan bau

2.8.4 Sedimentasi

Secara garis besar, proses sedimentasi adalah proses pemisahan antara padatan dan cairan menggunakan perbedaan besar jenis. Lumpur yang mengendap dikumpulkan pada dasar bak yang memiliki kemiringan yang curam atau menggunakan penyapu lumpur (SCRAPPER) kemudian dibuang.

Terdapat beberapa jenis sedimentasi, sebagai berikut:

1. Sistem sedimentasi dengan aliran horizontal:
 - a. Horizontal memanjang.
 - b. Bak dengan inlet di pusat (bundar atau persegi).
 - c. Bak dengan inlet di tepi (bundar).

2. Sistem sedimentasi dengan aliran vertical (*upflow clarifier*).
3. Reactor (*reactor clarifier*).
4. Sistem sedimentasi dengan plat/tabung pengendap.

(Siahaan, Rahim, 2014)

Tabel 2.1 Kriteria Perencanaan Unit Sedimentasi

Kriteria Umum	Bak persegi (aliran horizontal)	Bak persegi aliran vertikal (menggunakan pelat/tabung pengendap)	Bak bundar - (aliran vertikal - radial)	Bak bundar - (kontak padatan)	Clarifier
Bak permukaan (m ³ /m ² /jam)	0,8 - 2,5	3,8 - 7,5 *)	1,3 - 1,9	2 - 3	0,5 - 1,5
Kedalaman (m)	3 - 6	3 - 6	3 - 5	3 - 6	0,5 - 1,0
Waktu tinggal (jam)	1,5 - 3	0,07**)	1 - 3	1 - 2	2 - 2,5
Lebar / Panjang	> 1/5	-	-	-	-
Beban pelimpah (m ³ /m/jam)	< 11	< 11	3,8 - 15	7 - 15	7,2 - 10
Bilangan Reynold	< 2000	< 2000	-	-	< 2000
Kecepatan pada pelat / tabung pengendap (m/menit)	-	max 0,15	-	-	-
Bilangan Fraude	> 10 ⁽⁻⁵⁾	> 10 ⁽⁻⁵⁾	-	-	> 10 ⁽⁻⁵⁾
Kecepatan vertikal (cm/menit)	-	-	-	< 1	< 1
Sirkulasi Lumpur	-	-	-	3 - 5 % dari input	-

Kriteria Umum	Bak persegi (aliran horizontal)	Bak persegi aliran vertikal (menggunakan pelat/tabung pengendap)	Bak bundar - (aliran vertikal - radial)	Bak bundar - (kontak padatan)	Clarifier
Kemiringan dasar bak (tanpa scraper)	45° - 60°	45° - 60°	45° - 60°	> 60°	45° - 60°
Periode antar pengurasan lumpur (jam)	12 - 24	8 - 24	12 - 24	Kontinyu	12 - 24 ***
Kemiringan tube/plate	30° / 60°	30° / 60°	30° / 60°	30° / 60°	30° / 60°

Sumber : SNI 6774:2008

CATATAN:

*) luas bak yang tertutupi oleh pelat/tabung pengendap

**) waktu retensi pada pelat/tabung pengendap

***) pembuangan lumpur Sebagian

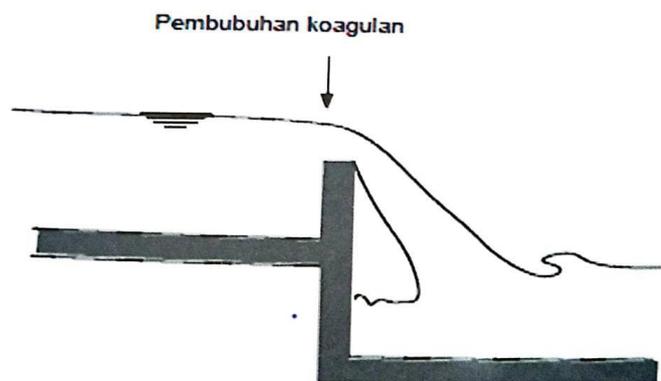
2.8.5 Flash Mixer

Pengadukan cepat berfungsi untuk menghasilkan turbulensi air sehingga bahan kimia atau koagulan yang akan dilarutkan ke dalam air baku menjadi homogen, dimana proses ini disebut dengan proses koagulasi. Pengadukan cepat umumnya memiliki gradien kecepatan berkisar antara 100 – 1000 per detik dengan waktu tendensi selama 20 – 60 detik.

Keberhasilan pengadukan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu : jenis koagulan yang digunakan, dosis pembubuhan koagulan, dan pengadukan bahan kimia (Sutrisno, 2002). Proses pengadukan cepat dapat dilakukan secara hidrolis (terjunan dan pengadukan dalam pipa) ataupun secara mekanis yang dijelaskan sebagai berikut :

1. Pengadukan Hidrolis

Pengadukan hidrolis memanfaatkan energi hidrolik yang dihasilkan oleh aliran air sebagai tenaga pengadukannya. Contoh pengadukan hidrolis adalah terjunan air, *flumes*, dan *weir*.



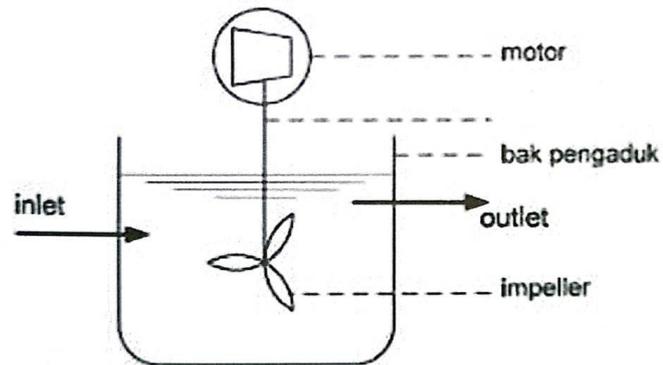
Gambar 2.8 Gambar Pengadukan Cepat dengan Terjunan

Sumber : Firsta, 2022

2. Pengadukan Mekanis

Pengadukan mekanis menggunakan alat pengaduk *impeller* yang bergerak dengan motor bertenaga listrik dan umumnya terdiri dari poros pengaduk, motor, dan gayung pengaduk (*impeller*). Durasi pengadukan mekanis berlangsung secara singkat. Beberapa contoh alat pengaduk (*impeller*) menurut Reynold dan Richards (1996) adalah :

- *Paddle* dengan putaran 2 – 150 rpm
- *Turbine* dengan putaran 10 – 150 rpm
- *Propeller* dengan putaran 150 – 1500 rpm



Gambar 2.9 Gambar Pengadukan Cepat dengan Alat Pengaduk

Sumber : Firsta, 2022

Tabel 2.2 Kriteria Perencanaan Unit Koagulasi (Pengaduk Cepat)

Unit	Kriteria
Pengaduk cepat	
Tipe	Hidrolis : - Terjunan - Saluran Bersekat - Dalam Instalasi Pengolahan Air Bersekat Mekanis : - Bilah (Blade), Pedal (Paddle) - Flotasi
Waktu Pengadukan (detik)	1-5
Nilai G/detik	>750

Sumber : SNI 6774:2008

2.8.6 Clearator

Clearator/Clarifier berfungsi sebagai tempat pembentukan flok dengan penambahan larutan Alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) sebagai koagulan. Pada clarifier terdapat mesin agitator yang berfungsi sebagai alat untuk mempercepat pembentukan flok. Pada clarifier terjadi pemisahan antara air bersih dan air kotor. Air bersih ini kemudian disalurkan dengan menggunakan pipa yang besar untuk kemudian dipompakan ke filter. Clarifier terbuat dari beton yang berbentuk bulat yang dilengkapi dengan penyaring dan sekat.

Dari inlet pipa clarifier, air masuk ke dalam *primary reaction zone*. Didalam *primary reaction zone* dan *secondary reaction zone*, air dan bahan kimia (Koagulan yaitu tawas) diaduk dengan alat *agitator blade* agar tercampur/homogen. Maka koloid akan membentuk butiran-butiran flokulasi.

Air yang telah bercampur dengan koagulan membentuk ikatan flokulasi, masuk melalui *return flocc zone* dialirkan ke *clarification zone*. Sedimen yang mengendap dalam concentrator dibuang. Hal ini berlangsung secara otomatis yang akan terbuka setiap satu jam sekali dalam waktu 1 menit. Air yang masuk ke dalam *clarification zone* sudah tidak dipengaruhi oleh gaya putaran oleh agitator, sehingga lumpurnya mengendap. Air yang berada dalam *clarification zone* adalah air yang sudah jernih (Hanum, 2020).

Tabel 2.3 Kriteria Perencanaan Unit Flokulasi (Pengaduk Lambat)

Kriteria Umum	Flokulator Hidrolis	Flokulator Mekanis		Flokulator Clarifier
		sumbu horizontal dengan pedal	sumbu vertikal dengan bilah	
G (gradien kecepatan) 1/detik	60 (menurun) - 5	60 (menurun) - 10	70 (menurun) - 10	100 - 10
Waktu tinggal (menit)	30 - 45	30 - 40	20 - 40	20 - 100
Tahap flokulasi (buah)	6 - 10	3 - 6	2 - 4	1
Pengendalian energi	Bukaan pintu/sekat	Kecepatan putaran	Kecepatan putaran	Kecepatan aliran air
Kecepatan aliran max (m/det)	0,9	0,9	1,8 - 2,7	1,5 - 0,5
Luas bilah/pedal dibandingkan luas bak (%)	-	5 - 20	0,1 - 0,2	-
Kecepatan perputaran sumbu (rpm)	-	1 - 5	8 - 25	-
Tinggi (m)				2 - 4 *

Sumber : SNI 6774:2008

Keterangan : * termasuk ruang sludge blanket

2.8.7 Filtrasi

Filtrasi adalah proses memisahkan padatan dari supernatant melalui media penyaring. Pada umumnya terdapat 2 (dua) jenis sistem saringan pipa cepat, yaitu saringan gravitasi dan saringan bertekanan. Keduanya secara prinsip tidak memiliki perbedaan proses dan operasi yang berarti.

Berdasarkan cara pencucian balik (*back washing*) terdapat 4 (empat) jenis, yaitu :

1. Menggunakan menara air
2. Pemompaan langsung
3. Pencucian antar saringan (*intern filter back washing/self backwashing*)
4. Pencucian kontinu (*continous back washing*).

Tabel 2.4 Kriteria Perencanaan Unit Filtrasi

No	Unit	Jenis Saringan		
		Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan	Saringan Bertekanan
1	Jumlah bak saringan	$N = 12 Q^{0,5 *}$	minimum 5 bak	-
2	Kecepatan penyaringan (m/jam)	6 - 11	6 - 11	12 - 33

No	Unit	Jenis Saringan		
		Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan	Saringan Bertekanan
3	Pencucian: - 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	Tanpa/dengan blower & atau <i>surface wash</i> 72 - 198 - - 30 - 50
4	Media pasir : - Tebal (mm) - Singel media - Media ganda - Ukuran efektif, ES (mm) - Koefisien keseragaman, UC - Berat jenis (kg/dm ³) - Porositas - Kadar SiO ₂	300 - 700 600 - 700 300 - 600 0,3 - 0,7 1,2 - 1,4 2,5 - 2,65 0,4 > 95 %	300 - 700 600 - 700 300 - 600 0,3 - 0,7 1,2 - 1,4 2,5 - 2,65 0,4 > 95 %	300 - 700 600 - 700 300 - 600 - 1,2 - 1,4 2,5 - 2,65 0,4 > 95 %
5	Media antrasit : - Tebal (mm) - ES (mm) - UC - Berat jenis (kg/dm ³) - Porositas	400 - 500 1,2 - 1,8 1,5 1,35 0,5	400 - 500 1,2 - 1,8 1,5 1,35 0,5	400 - 500 1,2 - 1,8 1,5 1,35 0,5

No	Unit	Jenis Saringan		
		Saringan Biasa (Gravitasi)	Saringan dengan Pencucian Antar Saringan	Saringan Bertekanan
6	Filter botom/dasar saringan			
	1) Lapisan penyangga dari atas ke bawah	80 - 100	80 - 100	-
	- Kedalaman (mm)	2 - 5	2 - 5	-
	Ukuran butir (mm)	80 - 100	80 - 100	-
	- Kedalaman (mm)	5 - 10	5 - 10	-
	Ukuran butir (mm)	80 - 100	80 - 100	-
	- Kedalaman (mm)	10 - 15	10 - 15	-
	Ukuran butir (mm)	80 - 150	80 - 150	-
	- Kedalaman (mm)	15 - 30	15 - 30	-
	Ukuran butir (mm)			
2) Filter Nozel				
- Lebar slot nozel (mm)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	
- Prosentase luas slot nozel terhadap luas filter (%)	> 4%	> 4%	> 4%	

Sumber : SNI 6774:2008

CATATAN:

*) untuk saringan dengan jenis kecepatan menurun

***) untuk saringan dengan jenis kecepatan konstan, harus dilengkapi dengan pengatur aliran otomatis.

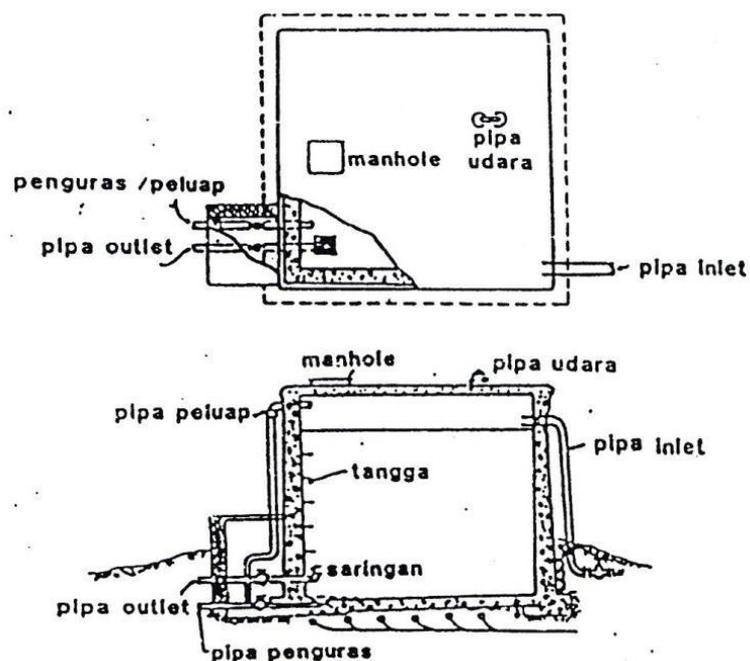
2.8.8 Reservoir

Reservoir pada Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) berfungsi untuk menampung debit produksi dan debit pemakaian, meratakan aliran, dan mengatur tekanan sebelum didistribusikan ke pelanggan atau konsumen. Reservoir diperlukan karena debit air yang diproduksi tidak selalu sama dengan debit pemakaian air. Reservoir dapat dibagi berdasarkan bentuk, fungsi, tinggi reservoir terhadap permukaan tanah sekitarnya, dan bahan konstruksinya.

Berdasarkan tinggi reservoir terhadap permukaan tanah di sekitarnya, reservoir dibagi menjadi :

1. Ground Reservoir (Reservoir Permukaan)

Merupakan jenis reservoir yang sebagian besar atau seluruhnya terletak di bawah permukaan tanah.



Gambar 2.10 Ground Reservoir

Sumber : <https://bpsdm.pu.go.id/>

2. Elevated Reservoir (Reservoir Menara)

Merupakan jenis reservoir yang seluruh bagian penampungannya terletak lebih tinggi dari permukaan tanah sekitarnya.



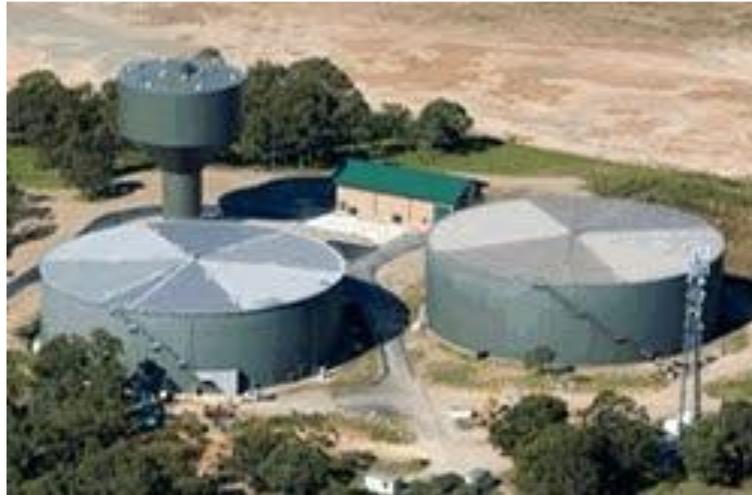
Gambar 2.11 Elevated Reservoir

Sumber : <https://bpsdm.pu.go.id/>

Berdasarkan bahan konstruksinya, reservoir dibagi menjadi :

1. Reservoir Tangki Baja

Tangki baja relatif lebih murah dari tangki beton. Namun, perlu dicat dan dilindungi dengan “*Cathodic Protection*” karena baja beresiko terhadap karat dan mudah menyerap panas.



Gambar 2.12 Reservoir Tangki Baja

Sumber : <https://bpsdm.pu.go.id/>

2. Reservoir Beton Cor

Reservoir beton cor memiliki kelebihan kedap air dan tidak mudah bocor. Namun biaya konstruksi relatif lebih tinggi.



Gambar 2.13 Reservoir Beton Cor

Sumber : <https://bpsdm.pu.go.id/>

3. Reservoir Pasangan Bata

Reservoir pasangan bata memiliki kelebihan yaitu kekuatan dan kekokohan serta tahan lama sehingga jarang terjadi keretakan dinding. Namun, pembuatannya cukup sulit dan cenderung lebih boros material perekat karena

harus membuat pasangan bata yang rapi sehingga membutuhkan plesteran yang cukup tebal agar menghasilkan dinding yang cukup rata.



Gambar 2.14 Reservoir Pasangan Bata

Sumber : <https://bpsdm.pu.go.id/>

4. Reservoir Fiber

Reservoir fiberglass lebih ringan, tekstur dinding tangki kaku dan terlihat kuat. Namun, rentan terhadap benturan dan dinding tangki mudah retak, tidak tahan terhadap UV dan oksidasi bila terjemur sinar matahari.



Gambar 2.15 Reservoir Fiber

Sumber : <https://bpsdm.pu.go.id/>

Lokasi dan tinggi reservoir ditentukan berdasarkan pertimbangan sebagai berikut:

1. Reservoir pelayanan ditempatkan sedekat mungkin dengan pusat dasar pelayanan, kecuali kalau keadaan tidak memungkinkan, selain itu harus dipertimbangkan pemasangan pipa paralel.
2. Tinggi reservoir pada sistem gravitasi ditentukan sedemikian rupa sehingga tekanan minimum sesuai hasil perhitungan hidrolis jaringan pipa distribusi. Muka air reservoir rencana diperhitungkan berdasarkan tinggi muka air minimum.

3. Jika elevasi muka tanah wilayah pelayanan bervariasi maka wilayah pelayanan dapat dibagi menjadi zona wilayah pelayanan yang dilayani masing-masing dengan satu reservoir

Volume reservoir pelayanan (*service reservoir*) ditentukan berdasarkan:

1. Jumlah volume air maksimum yang harus ditanggung pada saat pemakaian air minimum ditambah volume air yang harus disediakan pada saat pengaliran jam puncak karena adanya fluktuasi pemakaian air di wilayah pelayanan dan periode pengisian reservoir.
2. Cadangan air untuk pemadam kebakaran kota sesuai dengan peraturan yang berlaku untuk daerah setempat dinas kebakaran.
3. Kebutuhan air khusus, yaitu penggunaan reservoir, taman, dan peristiwa khusus.