

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Air merupakan elemen terpenting bagi kehidupan manusia di desa maupun kehidupan di perkotaan, oleh karena itu manusia sangat memerlukan air bersih dimana mereka tinggal. Sehubungan dengan perkembangan suatu kota atau daerah dan pertumbuhan penduduk yang semakin padat maka kebutuhan akan air akan bertambah banyak oleh karena itu PDAM harus bersikap bijak dalam menanggapi daerah layanannya masing-masing. Untuk itu diperlukan suatu sistem jaringan dan pendistribusian yang lebih baik.

Sistem pipa yang digunakan untuk mendistribusikan air ke suatu daerah pelayanan bisa menjadi sangat rumit sekali jika kendala-kendala yang dapat mempengaruhi perencanaan terlalu banyak, misalnya kondisi medan, debit air yang diproduksi serta peralatan penunjang jaringan perpipaan (Soemarto, 1987).

Pada suatu kota yang memerlukan perluasan penyediaan air minumnya, pertama kali para teknisi akan berusaha mencari sumber air. Setelah sumber air didapat maka kita harus menaksir kemampuan sumber tersebut untuk penyediaan air minum. hal-hal yang harus diperhatikan adalah:

1. Besar hujan yang jatuh pada daerah pengaliran sumber air
2. Besar kehilangan air akibat adanya evaporanspirasi
3. Ukuran pipa penyalur air

Peradaban suatu kota tergantung pada penyediaan air bersih. Jika suatu kota cenderung akan tumbuh menjadi besar dan pertumbuhan industrinya juga ikut berkembang, maka peranan hidrologi juga akan semakin penting untuk dipakai sebagai alat menganalisa besarnya permintaan dan penyediaan air bagi penduduk yang semakin besar jumlahnya. Meningkatnya jumlah penduduk akan menyebabkan pula meningkatnya keperluan akan air bersih, air industri, air untuk pembangkit tenaga listrik dan irigasi untuk meningkatkan penyediaan pangan (Soemarto, 1987).

Dalam membuat suatu pengolahan air minum, kita harus mengetahui dari mana sumber air baku yang akan digunakan untuk air tersebut.

3.2 Sumber Air

Pada saat ini sumber air untuk air minum penduduk sebagian besar berasal dari air atmosfer (air hujan). Oleh karena itu pengolahan air tanah menjadi air bersih sangat diperlukan. Air bersih merupakan kebutuhan pokok bagi manusia seperti : untuk mandi, untuk memasak, untuk minum dan mencuci. Air yang dikonsumsi masyarakat bukanlah air sembarangan, apalagi air untuk minum harus memenuhi syarat standar kesehatan dari dinas terkait. Pada prinsipnya, jumlah air di alam ini tetap.

Dengan adanya penyinaran matahari, maka semua air yang ada di permukaan bumi akan menguap dan membentuk uap air. Karena adanya angin, maka uap air ini akan bersatu dan berada ditempat yang tinggi yang sering dikenal dengan nama awan. Oleh angin, awan ini akan terbawa makin lama makin tinggi dimana suhu di atas semakin rendah, ini menyebabkan titik-titik air dan jatuh ke bumi sebagai hujan.

Air hujan ini sebagian mengalir kedalam tanah, jika mempunyai lapisan rapat air, maka peresapan akan berkurang dan sebagian air akan mengalir di atas permukaan bumi, umumnya berbentuk sungai-sungai dan jika melalui suatu tempat rendah (cekung) maka air akan berkumpul, membentuk suatu danau atau telaga. Banyak di antaranya yang mengalir kelaut kembali dan kemudian akan mengikuti siklus hidrologi ini (Al-Layla, 1977). Dalam membuat suatu pengolahan air minum, kita harus mengetahui dari mana sumber air baku yang akan digunakan untuk air tersebut. Namun sebelumnya kita harus mengetahui sumber air minum yang dapat digunakan adalah sebagai berikut :

A. Air Tanah

Air tanah adalah air yang mengalir di bawah permukaan tanah yang terdapat didalam ruang-ruang antara butir-butir tanah dan retak-retak dari batuan. Air tanah merupakan sumber persediaan air yang sangat penting, terutama di daerah-daerah dimana musim kemarau atau kekeringan yang panjang

menyebabkan berhentinya aliran sungai. Air tanah yang melebihi kapasitas akifer setempat akan dilepaskan melalui evapotranspirasi dan pengaliran di permukaan tanah. Bilamana lapisan kapiler mencapai jaringan akar tanaman, maka didapatkan suatu jalan untuk transpirasi langsung ke udara. Beberapa jenis tanaman padang pasir (*phreatophytes*) mempunyai jaringan akar yang menyebar jauh ke bawah hingga lebih dari 10 meter untuk mencapai air tanah. Dalam beberapa contoh, suatu fluktuasi harian dari elevasi permukaan air tanah diamati sebagai akibat dari transpirasi di siang hari. Bila lapisan kapiler dekat sekali dengan permukaan tanah, jumlah air yang bertambah besar dapat diuapkan langsung dari tanah yang bersangkutan. Bila permukaan air tanah (akifer) memotong permukaan tanah, maka air akan dilepaskan sebagai aliran permukaan.

Bila kecepatan pelepasannya rendah, maka aliran akan tersebar pada daerah yang luas, dan yang akan terjadi adalah rembesan tersebar sehingga air hanya akan sedikit membasahi tanah dan kemudian menguap. Walaupun demikian, rembesan tersebar di sepanjang tebing sungai atau danau dapat berkumpul dalam volume yang besar dan seringkali menjadi sumber utama bagi aliran sungai pada musim kering. Aliran yang besar dari suatu akifer yang terpusat dalam suatu daerah yang kecil disebut mata air. Air tanah ini terbagi atas 3 macam, yaitu (Sutrisno,2002) :

1. Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal terjadi karena adanya proses peresapan air dari permukaan tanah. Peresapan-peresapan tersebut terjadi melalui beberapa lapisan tanah, lapisan tanah ini berfungsi sebagai saringan. Setelah menemui lapisan rapat air, air yang akan terkumpul merupakan air tanah dangkal dimana air tanah dimanfaatkan sebagai sumber air minum. Air tanah dangkal ini terdapat pada kedalaman 15 meter. Sebagai sumber air minum, air tanah dangkal ini di tinjau dari segi kualitas cukup baik. Kuantitas air dangkal dipengaruhi oleh musim, pada musim hujan jumlah air dangkal melimpah, tetapi jumlahnya terbatas pada saat musim kemarau.

2. Air Tanah Dalam

Pengambilan air tanah dalam ini tak semudah pada air tanah dangkal. Dalam hal ini harus digunakan bor dan memasukkan pipa kedalamnya sehingga mencapai suatu kedalaman 100-300 meter akan didapatkan suatu lapisan air. Jika tekanan air ini besar maka air akan menyembur ke luar dari sumur ini disebut artesis. Jika air tidak bisa keluar dengan sendirinya, maka digunakan pompa untuk membantu pengeluaran air tanah dalam ini. Kualitas air tanah dalam ini lebih baik dari air dangkal, karena penyaringannya lebih sempurna dan bebas dari bakteri. Kuantitas air tanah dalam dapat cukup besar dan tidak terlalu dipengaruhi oleh musim, sehingga air tanah dalam dapat digunakan untuk kepentingan industri dan dapat digunakan dalam waktu yang cukup lama.

3. Mata air

Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari dalam tanah, hampir tidak terpengaruh oleh musim dan kualitasnya sama dengan air tanah dalam.

Berdasarkan keluarnya atau munculnya air dari permukaan tanah terbagi atas 2 bagian, yakni :

- a) Rembesan merupakan mata air yang airnya keluar dari lereng-lereng.
- b) Umbul merupakan mata air yang airnya keluar ke permukaan pada suatu dataran.

B. Air permukaan

Air permukaan adalah air yang mengalir di permukaan bumi. Air permukaan bersal dari air hujan yang meresap dan membentuk mata air di gunung atau hutan, kemudian mengalir di permukaan bumi. Pada umumnya air permukaan ini akan mendapat pengotoran selama pengalirannya, misalnya oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, kotoran industri kota dan lain sebagainya. Jenis pengotorannya adalah merupakan kotoran fisik, kimia dan bakteriologi. Setelah mengalami suatu pengotoran, pada suatu saat air permukaan itu akan mengalami suatu proses pembersihan sendiri. Air permukaan banyak digunakan untuk

berbagai kepentingan, antara lain untuk diminum, kebutuhan rumah tangga, irigasi, pembangkit listrik, industri, dan sebagainya.

Air permukaan ini terbagi 2 macam, yaitu :

1. Air Sungai

Air sungai berasal dari mata air dan air hujan yang mengalir pada permukaan tanah. Secara fisik, air sungai terlihat berwarna coklat dengan tingkat kekeruhan yang tinggi karena bercampur dengan pasir, lumpur, kayu, dan kotoran lainnya. Kualitas air sungai juga dipengaruhi oleh lingkungan disekitar aliran sungai.

Secara umum, kualitas air sungai di daerah hilir (muara) lebih rendah dibandingkan di daerah hulu (mata air). Hal ini terjadi akibat limbah industri dan rumah tangga yang dibuang langsung ke sungai tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu terkumpul di muara sungai. Akibatnya, secara kualitas fisika, kimia, maupun biologi, air di daerah muara sungai sangat rendah dan tidak layak di jadikan air baku air minum.

2. Air Rawa / Danau

Air rawa atau danau merupakan air permukaan yang mengumpul pada cekungan permukaan tanah. Permukaan air danau biasanya berwarna hijau kebiruan. Warna ini disebabkan oleh banyaknya lumut yang tumbuh dipermukaan air maupun didasar danau atau rawa. Selain lumut, warna pada air danau dapat juga dipengaruhi oleh bahan organik (kayu, daun, dan bahan organik lainnya) yang membusuk akibat proses dekomposisi oleh mikroorganisme dalam air. Akibat proses pembusukan, air danau memiliki kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) yang relatif tinggi. Hal tersebut disebabkan tingkat pencemaran didanau relatif lebih kecil dibandingkan di aliran sungai. Jadi untuk pengambilan air rawa atau danau unu sebaiknya pada kedalaman tertentu agar alga (lumut) yang ada pada permukaan air tidak terbawa.

C. Air Atmosfir, air *meteorologi* (Air Hujan)

Air hujan yang jatuh kebumi sebenarnya merupakan air murni yang steril, namun karena adanya pengotoran udara yang disebabkan oleh asap-asap industri/

debu dan lain sebagainya, maka untuk menjadikan air hujan sebagai sumber air minum hendaknya pada waktu menampung air hujan jangan dimulai pada saat hujan mulai turun karena masih mengandung banyak kotoran.

Air hujan mempunyai sifat agresif terutama terhadap pipa-pipa penyalur maupun bak-bak reservoir, sehingga hal ini akan mempercepat terjadinya korosi (karat).

D. Air Laut

Air laut memiliki sifat yang khas, yaitu terasa asin karena mengandung garam NaCl. Kadar garam (NaCl) dalam air laut 3 %. Dalam keadaan ini, maka air laut tidak memenuhi syarat untuk air minum. Tetapi air laut bisa juga dijadikan sebagai sumber air bersih dengan cara penyulingan (destilasi). Sumber air baku yang akan diolah ditentukan dengan penelitian yang teliti agar sistem penyediaan air minum yang direncanakan memenuhi persyaratan yang berlaku dan memenuhi kebutuhan konsumen serta tidak merusak kelestarian sumber. Ada 3 sumber yang dapat dijadikan sumber air baku (Sutrisno, 2002):

1. Air permukaan

Air permukaan ini terdiri dari air sungai, danau, laut, rawa, dan mata air. Air permukaan kualitasnya tergantung pada sumber air dan aktivitas pencemaran yang ada di sekitarnya dan apabila dijadikan sebagai sumber air minum maka perlu dilakukan pengolahan kualitas air sebelum didistribusikan ke konsumen. Air permukaan sumber air baku yang banyak dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan akan air minum.

2. Air tanah

Air tanah mempunyai kualitas yang baik, tetapi kuantitasnya sedikit dan apabila dijadikan sumber air baku air minum memerlukan pengolahan yang sederhana. Air tanah terdiri dari air tanah dangkal dan air tanah dalam.

3. Air Angkasa / Air Hujan

Air hujan ini kuantitasnya tidak terbatas, tapi tidak kontinu jika digunakan sebagai sumber air baku untuk air minum dan dari segi kualitas kandungan

mineralnya kurang, sehingga jarang digunakan sebagai sumber air baku untuk air minum dan biasanya hanya digunakan untuk sistem individual.

3.3 Persyaratan Umum Penyedia Air Bersih

Dalam merencanakan penyediaan air bersih harus memenuhi konsep 3K yaitu Kualitas, Kuantitas dan Kontinuitas. Kualitas menyangkut mutu air, baik air baku maupun air hasil pengolahan yang siap didistribusikan. Kuantitas menyangkut jumlah atau ketersediaan air baku yang akan diolah. Perlu pertimbangan apakah sumber air baku tersebut dapat memenuhi kebutuhan air baku selama umur rencana. Kontinuitas menyangkut kebutuhan air yang terus menerus. Artinya sumber air baku tersebut apakah dapat memasok kebutuhan air secara terus menerus terutama ketika musim kemarau.

Dalam penggunaan yang sangat luas dalam segala segi kehidupan dan aktivitas manusia, maka suatu penyediaan air untuk suatu komunitas harus memenuhi syarat:

1. Aman dari segi higienisnya.
2. Baik dan dapat diminum.
3. Tersedia dalam jumlah yang cukup.
4. Cukup murah/ ekonomis (terjangkau).

3.3.1 Persyaratan Kualitatif

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.492/Menkes/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum, menyatakan bahwa air yang layak dikonsumsi dalam kehidupan sehari-hari adalah air yang mempunyai kualitas yang baik sebagai sumber air minum, antara lain harus memenuhi persyaratan secara fisik, tidak berbau, tidak berasa, tidak keruh, serta tidak berwarna. Pada umumnya syarat fisik ini diperhatikan untuk estetika air.

Untuk menjamin bahwa suatu sistem penyediaan air minum aman, higienis dan baik serta dapat diminum tanpa kemungkinan dapat menginfeksi penyakit pada pemakai air maka haruslah terpenuhi suatu persyaratan kualitasnya.

Persyaratan kualitatif menggambarkan mutu/kualitas dari air bersih. Syarat - syarat yang digunakan sebagai standar kualitas air antara lain(Sutrisno, 2002):

1. Persyaratan Fisik Air

a. Suhu

Temperatur air akan mempengaruhi penerimaan masyarakat akan air tersebut dan dapat pula mempengaruhi reaksi kimia dalam pengolahannya terutama apabila temperatur sangat tinggi. Temperatur yang diinginkan adalah ± 30 suhu udara disekitarnya yang dapat memberikan rasa segar, tetapi iklim setempat atau jenis dari sumber-sumber air akan mempengaruhi temperatur air. Disamping itu, temperatur pada air mempengaruhi secara langsung toksisitas banyaknya bahan kimia pencemar, pertumbuhan mikroorganisme, dan virus. Temperatur atau suhu air diukur dengan menggunakan termometer air.

b. Bau dan Rasa

Bau dan rasa biasanya terjadi secara bersamaan dan biasanya disebabkan oleh adanya bahan-bahan organik yang membusuk, tipe-tipe tertentu organisme mikroskopik, serta persenyawaan-persenyawaan kimia seperti phenol. Bahan-bahan yang menyebabkan bau dan rasa ini berasal dari berbagai sumber. Intensitas bau dan rasa dapat meningkat bila terdapat klorinasi. Karena pengukuran bau dan rasa ini tergantung pada reaksi individu maka hasil yang dilaporkan tidak mutlak. Untuk standard air minum sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/Menkes/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum menyatakan bahwa air minum tidak berbau dan tidak berasa.

c. Kekeruhan

Air dikatakan keruh apabila air tersebut mengandung begitu banyak partikel bahan yang tersuspensi sehingga memberikan warna/rupa yang berlumpur dan kotor. Bahan-bahan yang menyebabkan

kekeruhan ini meliputi tanah liat, lumpur, bahan-bahan organik yang tersebar dari partikel-partikel kecil yang tersuspensi. Kekeruhan pada air merupakan satu hal yang harus dipertimbangkan dalam penyediaan air bagi umum, mengingat bahwa kekeruhan tersebut akan mengurangi segi estetika, menyulitkan dalam usaha penyaringan, dan akan mengurangi efektivitas usaha desinfeksi (Sutrisno, 1991).

Tingkat kekeruhan air dapat diketahui melalui pemeriksaan laboratorium dengan metode Turbidimeter. Untuk standard air minum ditetapkan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/Menkes/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum, yaitu kekeruhan yang dianjurkan maksimum 5 NTU (Depkes RI, 2002).

2. Persyaratan Kimia

- a. Nilai pH merupakan faktor penting bagi air minum, pada $\text{pH} < 6,5$ dan $> 8,5$ akan mempercepat terjadinya korosi pada pipa distribusi air bersih/ minum.
- b. Zat pada total (*Total Solid*) merupakan bahan yang tertinggal sebagai residu pada penguapan dan pengeringan pada suhu $103-105\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- c. Zat organik sebagai KMnO_4 dalam air berasal dari alam (tumbuh-tumbuhan, alkohol, sellulosa, gula dan pati), sistesa (proses-proses produksi) dan fermentasi. Zat organik yang berlebihan dalam air akan mengakibatkan timbulnya bau tidak sedap.
- d. CO_2 agresif yang terdapat dalam air berasal dari udara dan hasil dekomposisi zat organik. CO_2 agresif yaitu CO_2 yang dapat merusak bangunan, perpipaan dalam distribusi air bersih.
- e. Kesadahan total (*Total Hardness*) adalah sifat air yang disebabkan oleh adanya ion-ion (kation) logam valensi, misalnya Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{+} , dan Mn^{+} . Kesadahan total adalah kesadahan yang disebabkan oleh adanya ion-ion Ca^{2+} dan Mg^{2+}

secara bersama-sama. Air sadah menyebabkan pemborosan pemakaian sabun pencuci dan mempunyai titik didih yang lebih tinggi dibandingkan dengan air biasa.

- f. Besi, keberadaan besi dalam air bersifat terlarut, menyebabkan air menjadi merah kekuning-kuningan, menimbulkan bau amis, dan membentuk lapisan seperti minyak. Besi merupakan logam yang menghambat proses desinfeksi. Hal ini disebabkan karena daya pengikat klor (DPC) selain digunakan untuk mengikat zat organik, juga digunakan untuk mengikat besi, akibatnya sisa klor menjadi lebih sedikit dan hal ini memerlukan desinfektan yang lebih banyak pada proses pengolahan air. Dalam air minum kadar maksimum besi yaitu 0,3 mg/l, sedangkan untuk nilai ambang rasa pada kadar 2 mg/l. Besi dalam tubuh dibutuhkan untuk pembentukan hemoglobin namun dalam dosis yang berlebihan dapat merusak dinding halus.
- g. Mangan dalam air bersifat terlarut, biasanya membentuk MnO_2 . Kadar mangan dalam air maksimum yang diperbolehkan adalah 0.1 mg/l. Adanya mangan yang berlebihan dapat menyebabkan flek pada benda-benda putih oleh deposit MnO_2 , menimbulkan rasa dan menyebabkan warna (ungu/ hitam) pada air minum, serta bersifat toksik.
- h. Tembaga (Cu) pada kadar yang lebih besar dari 1 mg/l akan menyebabkan rasa tidak enak pada lidah dan dapat menyebabkan gejala ginjal, muntaber, pusing, lemah dan dapat menimbulkan kerusakan pada hati. Dalam dosis rendah menimbulkan rasa kesat, warna dan korosi pada pipa.
- i. Seng (Zn), tubuh memerlukan seng untuk proses metabolisme, tetapi pada dosis tinggi dapat bersifat racun. Pada air minum kelebihan kadar $Zn > 3$ mg/l dalam air minum menyebabkan rasa kesat/ pahit dan bila dimasak timbul endapan seperti pasir dan menyebabkan muntaber.

- j. Klorida mempunyai tingkat toksisitas yang tergantung pada gugus senyawanya. Klor biasanya digunakan sebagai desinfektan dalam penyediaan air minum. Kadar klor yang melebihi 250 mg/l akan menyebabkan rasa asin dan korosif pada logam.
- k. Nitrit, kelemahan nitrit dapat menyebabkan *methemoglobinemia* terutama pada bayi yang mendapat konsumsi air minum yang mengandung nitrit.
- l. Flourida (F), Kadar F < 2 mg/l menyebabkan kerusakan pada gigi, sebaliknya bila terlalu banyak juga akan menyebabkan gigi berwarna kecoklatan.
- m. Logam-logam berat (Pb, As, Se, Cd, Hg, CN), Adanya logam-logam berat dalam air akan menyebabkan gangguan pada jaringan syaraf, pencernaan, metabolisme oksigen, dan kanker.

3. Persyaratan Mikrobiologis

Persyaratan mikrobiologis yang harus dipenuhi oleh air adalah sebagai berikut:

- a. Tidak mengandung bakteri patogen, misalnya: bakteri golongan coli, *Salmonella typhi*, *Vibrio cholera* dan lain-lain. Kuman-kuman ini mudah tersebar melalui air.
- b. Tidak mengandung bakteri non patogen seperti: *Actinomycetes*, *Phytoplankton* coliform, *Cladocera* dan lain-lain

4. Persyaratan Radioaktifitas

Persyaratan radioaktifitas mensyaratkan bahwa air bersih tidak boleh mengandung zat yang menghasilkan bahan-bahan yang mengandung radioaktif, seperti sinar alfa, beta dan gamma. Air baku yang digunakan untuk menghasilkan air bersih harus memenuhi aturan yang tertuang dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Pada pasal 8 PP mengenai klasifikasi dan kriteria mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas :

- a. Kelas Satu, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum.
- b. Kelas Dua, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi peternakan.
- c. Kelas Tiga, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian.
- d. Kelas Empat, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian.

3.3.2 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. Syarat kuantitas air bersih artinya air bersih harus memenuhi standar yang disebut standar kebutuhan air. Standar kebutuhan air adalah kapasitas air yang dibutuhkan secara normal oleh manusia untuk memenuhi hajat hidupnya sehari-hari. Standar kebutuhan air diperhitungkan berdasarkan pengamatan pemakaian air bersih dalam kehidupan sehari-hari para konsumen. Kuantitas air bersih harus dapat dimaksimalkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada masa sekarang dan masa mendatang.

3.3.3 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 per hari, 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 per hari, yaitu pada jam-jam aktifitas kehidupan, yaitu pada pukul 06.00 – 18.00. Kontinuitas aliran sangat penting ditinjau dari dua aspek. Pertama adalah kebutuhan konsumen. Sebagian besar konsumen memerlukan air untuk kehidupan dan pekerjaannya dalam jumlah yang tidak ditentukan. Karena itu, diperlukan pada waktu yang tidak ditentukan, diperlukan reservoir pelayanan dan fasilitas energi yang siap setiap saat. Sistem jaringan pemipaan didesain untuk membawa suatu kecepatan aliran tertentu. Kecepatan dalam pipa tidak boleh melebihi 0,6–1,2 m/dt. Ukuran pipa harus tidak melebihi dimensi yang diperlukan dan juga 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.

3.4 Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM)

Sistem penyediaan air minum (SPAM) merupakan satu kesatuan sistem fisik (teknik) dan non teknik dari sarana dan prasarana air minum. Pengembangan SPAM adalah kegiatan yang bertujuan membangun, memperluas dan meningkatkan sistem fisik (teknik) dan non fisik berupa kelembagaan, manajemen, keuangan, peran masyarakat dan hukum dalam kesatuan yang utuh untuk melaksanakan penyediaan air minum kepada masyarakat menuju keadaan yang lebih baik.

SPAM dapat dilakukan melalui sistem jaringan perpipaan dan bukan jaringan perpipaan. SPAM dengan jaringan perpipaan melalui unit air baku, unit produksi, unit distribusi, unit pelayanan dan unit pengelolaan. SPAM bukan jaringan pipa meliputi sumur dangkal, sumur pompa tangan, bak penampungan air hujan, terminal air, mobil tangki air, instalasi air kemasan atau bangunan perlindungan mata air. Air minum yang dihasilkan dari SPAM yang digunakan oleh masyarakat pengguna/pelanggan harus memenuhi syarat kualitas berdasarkan

peraturan menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang kesehatan (PP RI No.16, 2005). Berdasarkan bentuk dan teknik pengolahan air minum, sistem penyediaan air minum dapat di bagi atas 2 macam,antara lain :

1. Sistem individual/setempat (*individual water supply system*)

Sistem ini penggunaanya untuk individu dan pelayanan yang terbatas. Sistem ini pada umumnya sangat sederhana mulai dari sistem yang hanya terdiri dari satu sumur atau satu sumber sebagai sistem, seperti :

- a. Sumur yang digunakan dalam satu rumah tangga.
- b. Sistem yang memiliki komponen yang lengkap, tetapi kapasitas dan daerah pelayanannya terbatas, baik untuk suatu lingkungan perumahan tertentu ataupun suatu kawasan industri.

2. Sistem perkotaan atau komunitas (*municipality/community water supply system*)

Sistem ini digunakan untuk suatu komunitas atau kota, serSistem ini digunakan untuk suatu komunitas atau kota, serta pelayanan yang menyeluruh, baik keperluan domestik, perkotaan maupun industri. Sistem ini sumber untuk melayani satu atau beberapa komunitas dengan pelayanan berbeda-beda.

3.5 Kebutuhan Air Bersih

Air bersih merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi kehidupan manusia, kebutuhan tersebut berupa keperluan sehari-hari seperti untuk mandi, untuk mencuci, dan yang paling penting untuk air minum, karena apabila air yang dikonsumsi tidak bersih maka akan menyebabkan timbulnya berbagai macam penyakit.

Dalam menganalisa aliran pada jaringan perpipaan, hal pertama yang harus dihitung adalah kebutuhan air bersih rata-rata tiap orang per harinya untuk kebutuhan daerah layanan. Dari hasil tersebut didapat debit air rata-rata tiap orang pada setiap harinya, sudah diatur dalam standar tingkat pelayanan air minum kota yang dikeluarkan oleh direktorat Jendral Cipta Karya yang dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Kriteria Perencanaan Sistem Penyediaan Air Minum untuk Perhitungan Sistem Distribusi

no	Uraian	Satuan	jumlah penduduk			
			20.000 s.d 100.000 kecil	100.000 s.d 500.000 sedang	500.000 s.d 1.000.000 besar	> 1.000.000 Metropolitan
a	B	C	d	e	F	G
1	Kepadatan	Jiwa/ha	100	200	300	400
2	Bentuk Kota		Persegi Pjg	Persegi Pjg	Persegi Pjg	Bujur Sangkar
3	Tingkat Pelayanan	%	80	80	80	80
4	Kebocoran Air	%	25	25	25	25
5	Pelayanan Domestik	%	90	85	80	70
6	Rasio Pelayanan SR	%	90	90	90	90
7	Rasio Pelayanan HU/TA	%	10	10	10	10
8	Faktor Maksimum Day	-	1,1	1,1	1,1	1,1
9	Faktor Peak Hour	-	1,5	1,5	1,5	1,5
10	Pelayanan per SR	Jiwa/SR	5	5	6	6
11	Konsumsi SR	Ljiwa/hr	100	125	150	200
12	Pelayanan per HU/TA	Jiwa/HU	50	50	50	50
13	Konsumsi HU	Ljiwa/hr	30	30	30	30
14	Pelayanan Non Domestik	%	20	10	10	10
15	Konsumsi Non Domestik	Lunit/hr	2000	2000	2000	2000
16	Jam Operasi	Jam	24	24	24	24
17	Volume Reservoar	%	20	20	20	20
18	Kemiringan Lahan	%	Relatif Datar	Relatif Datar	Relatif Datar	Relatif Datar

Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2004

Menghitung kebutuhan air bersih pada suatu daerah pelayanan dilakukan dengan cara (Noerbambang, 2005 dalam irwon, 2011):

1. Menentukan jumlah penduduk daerah pelayanan dan pertumbuhannya, cakupan pelayanan pipa.

Jumlah konsumsi rata- rata tiap penduduk yang dilayani sistem perpipaan.

Menghitung kebutuhan air bersih berdasarkan jumlah penduduk

$$SR = \text{Tingkat pelayanan} \times \text{Jumlah penduduk} \times RSR \times KSR \dots\dots\dots(3.1)$$

$$SU = \text{Tingkat pelayanan} \times \text{Jumlahh penduduk} \times RSU \times KSU \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\text{Total kebutuhan domestik} = SR + SU \dots\dots\dots(3.3)$$

Untuk perhitungan kebutuhan non domestik dan kehilangan air,dimana sesuai dengan kriteria pada tabel 3.1 adalah sebagai berikut :

Kebutuhan non domestik :

$$20 \% \times \text{total kebutuhan domestik} \dots\dots\dots(3.4)$$

Kehilangan air :

$$25\% \times (\text{total kebutuhan domestik} + \text{kebutuhan non domestik}) \dots\dots\dots(3.5)$$

Total kebutuhan air :

$$\text{Kebutuhan domestik} + \text{kebutuhan non domestik} + \text{kehilangan air} \dots\dots\dots(3.6)$$

Dimana :

SR = Sambungan Rumah (liter/hari)

SU = Sambungan Umum / Hidran Umum (liter/hari)

RSR = Rasio Sambungan Rumah yang digunakan 90 %

RSU = Rasio Sambungan Umum / Hidran Umum yang digunakan 10 %

KSR = Konsumsi air Sambungan Rumah per orang (liter/hari)

KSU = Konsumsi air Sambungan Umum / Hidran Umum per orang
(liter/hari)

Kebutuhan air bersih di kota besar berbeda dengan kota sedang atau kota kecil. Karena pemakaian air oleh suatu masyarakat bertambah dengan kemajuan masyarakat tersebut, sehingga pemakaian air juga seringkali digunakan sebagai salah satu tolak ukur tinggi rendahnya tingkat kemajuan suatu masyarakat. Adapun kriteria perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut.

Perhitungan debit rata-rata berdasarkan pada total kebutuhan pemakaian air rata-rata perhari, dijadikan kedalam detik ($24 \times 60 \times 60$). Total kebutuhan air adalah keseluruhan pemakaian air yang digunakan untuk domestik yang ditambahkan dengan non domestik.

$$1 \text{ hari} = 24 \text{ jam} \times 60 \text{ jam} \times 60 \text{ detik} = 86400 \text{ detik}$$

$$\text{Debit rata-rata} = \frac{\text{Kebutuhan total per hari (liter)}}{86400 \text{ detik}} \dots\dots\dots(3.7)$$

Perhitungan debit puncak berdasarkan pemakaian air jam puncak yang ditetapkan sebesar 140 % dari pemakaian rata-rata.

$$\text{Debit puncak (liter/detik)} = \text{debit rata-rata (liter/detik)} \times 1,4 \dots\dots\dots(3.8)$$

Perhitungan debit air maksimum sebesar 113% dari pemakaian air rata-rata. Maka perencanaan debit terdiri dari :

$$\text{Debit hari maksimum (liter/detik)} = \text{Debit rata-rata (liter/detik)} \times 1,13 \dots\dots\dots(3.9)$$

3.5.1 Faktor Yang Mempengaruhi Kebutuhan Air

Kebutuhan air bersih adalah banyaknya air yang diperlukan untuk melayani penduduk, faktor – faktor yang mempengaruhi kebutuhan air bersih, yaitu (Soemarto, 1987) :

1. Iklim

Iklim yang panas akan menyebabkan kebutuhan air meningkat, terutama untuk mandi dan menyiram tanaman, dibandingkan pada iklim lembab. Sedangkan pada iklim yang sangat dingin, air dialirkan untuk menghindari bekunya pipa distribusi.

2. Karakteristik Penduduk

Karakteristik penduduk sangat dipengaruhi tingkat ekonomi masyarakat. Pada masyarakat ekonomi menengah keatas, penggunaan air sangat besar bahkan sangat boros, sedangkan masyarakat ekonomi menengah kebawah penggunaan air sedikit berhemat.

3. Masalah Lingkungan Hidup

Penggunaan air yang berlebihan menyebabkan berkembangnya teknologi yang menyebabkan pengurangan jumlah air.

4. Industri dan Perdagangan

Pada kawasan sentral industri dan bisnis lebih banyak membutuhkan air dibanding daerah lainnya. Hal ini disebabkan pegunungan air pada kawasan ini untuk proses industri selain kebutuhan rumah tangga. Hal ini berarti lebih banyak dibutuhkan air dibanding daerah lainnya.

5. Iuran dan meteran

Iuran dan meteran dalam hal ini terkait dengan harga air. Harga air yang mahal akan berakibat kosumen berusaha untuk berhemat dan bahkan berusaha membangun instalasi sendiri. Sedangkan harga air yang murah mengakibatkan masyarakat cenderung boros air.

6. Ukuran wilayah

Wilayah yang besar akan menggunakan air yang sangat besar dibanding wilayah yang kecil. Hal ini sangat di pengaruhi besarnya konsumen pada daerah tersebut.

7. Kebutuhan konservasi alam

Musim kering yang lama mengakibatkan masyarakat berusaha menghemat penggunaan air. Instalasi terkait akan berusaha menyediakan cadangan air untuk mengantisipasi kekurangan air. Kebiasaan ini akan berlanjut manakala musim hujan telah tiba. Kebiasaan masyarakat ini akan berlangsung sepanjang tahun.

3.5.2 Faktor Pencemaran dan Penyalahgunaan Air Bersih

Sumber air yang berada disekeliling kita biasanya terganggu akibat penggunaan dan penyalahgunaan sumber air seperti (Triadmojo, 2003) :

1. Pertanian

Penghamburan air akibat ketiadaannya penyaluran air yang baik pada lahan yang diairi dengan irigasi (untuk penghematan dalam jangka pendek) dapat berakibat terjadinya kubangan dan penggaraman yang akhirnya dapat menyebabkan hilangnya produktivitas air dan tanah.

2. Industri

Walaupun industri menggunakan air jauh lebih sedikit dibandingkan dengan irigasi pertanian, namun penggunaan air oleh bidang industri mungkin membawa dampaknya yang lebih parah dipandang dari dua segi. Pertama, penggunaan air bagi industri sering tidak diatur dalam kebijakan sumber daya air nasional, maka cenderung berlebihan. Kedua, pembuangan limbah industri yang tidak diolah dapat menyebabkan pencemaran bagi air permukaan atau air bawah tanah, sehingga menjadi terlalu berbahaya untuk dikonsumsi. Air buangan industri sering dibuang langsung ke sungai dan saluran-saluran, mencemarinya, dan pada akhirnya juga mencemari lingkungan laut, atau kadang-kadang buangan tersebut dibiarkan saja meresap ke dalam sumber air tanah tanpa melalui proses pengolahan apapun. Kerusakan yang diakibatkan oleh buangan ini sudah melewati proporsi volumenya. Banyak bahan kimia modern begitu kuat sehingga sedikit

kontaminasi saja sudah cukup membuat air dalam volume yang sangat besar tidak dapat digunakan untuk minum tanpa proses pengolahan khusus.

3.6 Metode Analisa Data Penduduk

Kependudukan merupakan aspek yang sangat penting dalam suatu perencanaan, baik sebagai objek maupun dalam pertumbuhan suatu daerah. Dengan demikian akan dapat direncanakan kebutuhan penduduk dimasa yang akan datang. Untuk itu perlu diketahui kenaikan jumlah penduduk rata-rata pertahun dan proyeksi jumlah penduduk pada daerah tersebut.

3.6.1 Kenaikan penduduk rata-rata pertahun

Untuk dapat mengetahui kenaikan jumlah penduduk pertahun yang biasa dinyatakan dalam % diperlukan data dan jumlah penduduk yang ada sejak 5 tahun terakhir.

Perhitungan memakai rumus (Noerbambang, 2005):

$$r = \frac{\sum ri}{n-1} \dots\dots\dots(3.10)$$

dimana :

r = Kenaikan jumlah penduduk rata-rata pertahun (%)

n = Jumlah tahun penduduk

$\sum ri$ = Jumlah r_n (%)

Untuk mencari r_n dipakai rumus :

$$r_n = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100\% \dots\dots\dots(3.11)$$

dimana :

r_n = Jumlah penduduk pada “n” tahun (%)

t_1 = Jumlah penduduk tahun pertama (jiwa)

t_2 = Jumlah penduduk tahun kedua (jiwa)

3.6.2 Proyeksi Jumlah Penduduk

Suatu kawasan cenderung mengalami pertumbuhan penduduk dan peningkatan sarana dan prasarana umum yang direncanakan secara bertahap. Besarnya kapasitas suatu sistem pengolahan air minum sangat ditentukan oleh proyeksi kebutuhan air dikawasan tersebut. Untuk menghitung proyeksi kebutuhan air, maka terlebih dahulu dilakukan proyeksi jumlah penduduk sesuai jangka waktu (periode desain) yang direncanakan. Jumlah penduduk merupakan faktor yang penting untuk mengestimasi kebutuhan air di masa yang akan datang.

Proyeksi jumlah penduduk adalah menentukan perkiraan jumlah penduduk pada beberapa tahun yang akan datang. Data yang diperlukan adalah persentase kenaikan jumlah penduduk rata-rata pertahun yang diperoleh dari hasil analisa jumlah penduduk yang ada sejak 5 tahun terakhir.

Rumus proyeksi penduduk yang dipakai adalah rumus geometrik (Noerbambang, 2005).

$$P_n = P_o (1 + r)^n \dots\dots\dots(3.12)$$

Dimana :

P_n = Jumlah penduduk pada “n” tahun yang mendatang (jiwa)

P_o = Jumlah penduduk pada saat ini atau pada awal tahun perencanaan

r = Kenaikan jumlah penduduk rata-rata pertahun pada 5 tahun terakhir (%)

n = Jumlah tahun proyeksi yang direncanakan.

3.7 Sistem Transmisi

Sistem transmisi merupakan sistem yang mengalirkan air baku dari sumber air ke distribusi atau sumber ke unit pengolahan atau dari sumber ke reservoir distribusi. Dalam perencanaan dibuat beberapa jalur alternatif dan dipilih yang paling menguntungkan ditinjau dari segi teknis dan ekonomis. Saluran transmisi ini dapat berupa saluran terbuka dan dengan sistem perpipaan, sebagai berikut (Al-Layla, 1977):

1. Saluran Terbuka (*open channel*)

Merupakan saluran yang bekerja pada tekanan atmosfer dimana permukaannya langsung berhubungan dengan udara bebas. Saluran terbuka ini jarang digunakan, karena :

- a. Harus mengikuti kontur,
- b. Kemungkinan kehilangan air sangat besar,
- c. Kemungkinan terjadinya gangguan,
- d. Kecepatan aliran dipengaruhi oleh kemiringan saluran.

Keuntungannya dari saluran terbuka ini adalah memiliki kapasitas yang besar dan ukurannya sangat bervariasi. Bentuk saluran yang umumnya dipakai adalah berbentuk trapesium, karena perubahan kecepatan tidak terlalu berfluktuasi dan dapat mengurangi pengendapan.

2. Perpipaan

Sistem perpipaan merupakan saluran tertutup yang bekerja dibawah tekanan atmosfer dan kapasitasnya terbatas. Karakteristik dari sistem perpipaan adalah :

- a. Tidak dipengaruhi oleh tekanan udara, tapi dipengaruhi oleh tekanan hidrolis,
- b. Dimensi pipa dihitung berdasarkan debit maksimum. Bahan pipa yang digunakan dapat berupa besi tuang, besi baja campur, besi baja, asbes, PVC, *polyethylen* dan semen.

Pemilihan bahan pipa berdasarkan :

1. Diameter,
2. Kekuatan dan daya tahan,
3. Tekanan,
4. Ketahanan terhadap lingkungan (korosifitas),
5. Kemudahan dalam pengadaan, pengangkutan dan pemasangan,
6. Harga dan biaya pemeliharaan,
7. Kekasaran pipa.

Perletakan pipa harus mempertimbangkan :

- a. Jalur yang terpendek,

- b. Sedapat mungkin menghindari hambatan, seperti : jembatan, pemakaian *crossing*, pompa, *cut & cover*,
- c. Lokasi mudah untuk dikontrol (operasi & *maintenance*),
- d. Memungkinkan perletakan sistem perpipaan,
- e. Memenuhi kebutuhan hidrolis.

Langkah-langkah untuk perletakan pipa adalah :

1. Pelajari peta situasi,
2. Penggunaan lahan,
3. Jalur jalan umum,
4. Peta topografi dan kontur,
5. Rencana awal perletakan,
6. Survei lapangan,
7. Konfirmasi lapangan guna mencocokkan *point c* dan *c*,
8. Pengukuran profil panjang dan melintang,
9. Melengkapi gambar perletakan dengan peralatan dan perlengkapan pipa yang dibutuhkan.

Dimensi dan tekanan dari pipa transmisi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

1. persamaan Hazen-William dalam McGhee (1991):

$$Q = 0,2785 \times C_{HW} \times D^{2,63} \times S^{0,5} \dots\dots\dots(3.13)$$

Maka, untuk mencari diameter pipa rumus ini menjadi :

$$D^{2,63} = \frac{Q}{0,2783.C_{HW} .S^{0,54}} \dots\dots\dots(3.14)$$

$$D = \sqrt[2,63]{\frac{Q}{0,2783.C_{HW} .S^{0,54}}} \dots\dots\dots(3.15)$$

Dimana :

Q = debit aliran dalam pipa (m³ / det)

C = koefisien kekasaran pipa Hazen William

D = diameter pipa (m)

S = slope pipa

Δt = beda elevasi

Sebelum diketahui sloop (S) pipa pada daerah tersebut, dimana beda elevasinya sebesar 0,5 meter, sehingga :

$$S = \frac{\Delta T}{1000 \text{ m}} = \frac{0,5}{1000 \text{ m}} = 0,0005 \quad \dots\dots\dots(3.13)$$

2. Persamaan Darcy Weisbach

Persamaan Darcy dapat ditulis secara matematis :

$$h_1 = f \cdot \left(\frac{L}{d}\right) \cdot \left(\frac{v_1^2}{2g}\right) \quad \dots\dots\dots(3.14)$$

Kemudian secara empiris ditentukan suatu faktor f.

$$f = \frac{\varepsilon}{D} \quad \dots\dots\dots(3.15)$$

Dimana :

H_1	= Headloss	(m)
f	= Faktor gesekan	
L	= Panjang pipa	(m)
D	= Diameter pipa	(m)
v	= Kecepatan aliran	(m/s)
g	= Percepatan gravitasi	(m/s ²)

Perumusan koefisien f yang paling lazim dipakai adalah metode Colebrook, nilai ε untuk koefisien Colebrook pada pipa jenis HDPE adalah 0,007.

Perumusan ini dipakai untuk aliran yang lebih laminar sehingga lebih cocok untuk pipa dengan diameter kecil (<50 mm). Tetapi untuk diameter yang lebih besar biasa dipakai perumusan Hazen William.

3. Persamaan De Chezy dengan Koefisien Manning

Persamaan ini umum dipakai di saluran terbuka, tetapi dapat pula dipakai di jaringan perpipaan.

$$V = \frac{1}{N} R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad \dots\dots\dots(3.16)$$

$$S = \frac{H_L}{L} \cdot R = \frac{A}{P} \quad \dots\dots\dots(3.17)$$

Dimana :

v	= Kecepatan aliran	(m/s)
n	= Koefisien Manning.	
R	= Jari – jari Hidrolis	(m)
S	= Slope/Kemirinan	(m/km)
H_l	= Headloss	(m)
L	= Panjang saluran	(m)
A	= Luas penampang basah saluran	(m ²)
P	= Keliling penampang basah saluran	(m)

Persamaan ini biasa digunakan untuk saluran terbuka (irigasi / drainase)

Peralatan - Peralatan Sistem Transmisi (Al-Layla, 1977)

1. Bangunan Pelepas Tekanan (BPT)

Berfungsi untuk mengembalikan tekanan menjadi tekanan atmosfer,

2. Bangunan Penguras dan Penutup

Bangunan penguras berfungsi untuk mengeluarkan endapan yang terdapat dalam saluran. Bangunan penutup berfungsi pada saat ada kerusakan atau kebocoran sehingga saluran harus ditutup. Penempatannya pada tempat terendah pada jaringan pipa dan pada jaringan mendatar (tanpa cabang) yang mempunyai jarak 1 km – 1,25 km,

3. Bangunan Pelepas Udara (*Air Valve*)

Bangunan pelepas udara berfungsi untuk mengeluarkan udara yang terperangkap dalam jaringan pipa dan untuk memasukkan udara pada pipa jika pipa dikosongkan. Penempatannya pada titik tertinggi pada jalur pipa, pada pipa mendatar dengan jarak 750 – 1000 m, dan pada jembatan pipa,

4. Jembatan pipa

Jembatan pipa digunakan jika pipa harus melewati sungai atau lembah,

5. *Crossing*

Crossing digunakan apabila pipa melintasi jalan dan jalur kereta api,

6. *Check Valve / Surge Tank*

Check Valve adalah *valve* yang berfungsi untuk mencegah aliran balik. Penempatannya setelah pompa dan jalur pipa

7. *Gate Valve /Stop Valve*

Gate Valve berfungsi untuk menutup dan membuka aliran pada saat pengetesan, perbaikan, dan pemeliharaan jalur pipa,

8. Sambungan (*Fitting*)

Jenis- jenis sambungan beserta fungsinya adalah :

- a. *Joint*, berfungsi untuk menyambung pipa dengan diameter sama,
- b. *Reducer*, berfungsi untuk menyambung pipa dengan diameter pipa yang berbeda,
- c. *Elbow/bend/knee*, berfungsi untuk merubah aliran sedangkan *tee/cross*, berfungsi untuk membagi arah aliran,
- d. *Caps, plug/blind flange*, berfungsi untuk menutup dan menghentikan aliran pada ujung saluran pipa.

9. *Thrust Block (Angker block /Penjangkaran)*

berfungsi untuk menahan sambungan pipa agar tidak bergerak akibat gaya dorong aliran air dalam pipa maupun gaya dari luar pipa. Penempatan *thrust block* ini yaitu pada pipa yang berubah arah baik horizontal maupun vertikal, pada pipa yang berubah diameternya, pada akhir perpipaan, pada sambungan-sambungan pipa dan katup, dan pada tanah pendukung yang tidak stabil.

3.8 Sistem Distribusi

Sistem distribusi adalah sistem yang langsung berhubungan dengan konsumen, yang mempunyai fungsi pokok mendistribusikan air yang telah memenuhi syarat ke seluruh daerah pelayanan. Sistem ini meliputi unsur sistem perpipaan dan perlengkapannya, hidran kebakaran, tekanan tersedia, sistem pemompaan (bila diperlukan), dan *reservoir* distribusi.

Sistem distribusi air minum terdiri atas perpipaan, katup-katup, dan pompa yang membawa air yang telah diolah dari instalasi pengolahan menuju pemukiman, perkantoran dan industri yang mengkonsumsi air. Juga termasuk

dalam sistem ini adalah fasilitas penampung air yang telah diolah (*reservoir* distribusi), yang digunakan saat kebutuhan air lebih besar dari suplai instalasi, meter air untuk menentukan banyak air yang digunakan, dan keran kebakaran.

Dua hal penting yang harus diperhatikan pada sistem distribusi adalah tersedianya jumlah air yang cukup dan tekanan yang memenuhi (kontinuitas pelayanan), serta menjaga keamanan kualitas air yang berasal dari instalasi pengolahan.

Sistem pendistribusian air ke masyarakat, dapat dilakukan secara langsung dengan gravitasi maupun dengan sistem pompa. Pembagian air dilakukan melalui pipa-pipa distribusi, seperti:

1. Pipa primer, tidak diperkenankan untuk dilakukan tapping.
2. Pipa sekunder, diperkenankan tapping untuk keperluan tertentu, seperti: *fire hydrant*, bandara, pelabuhan dan lain-lain.
3. Pipa tersier, diperkenankan tapping untuk kepentingan pendistribusian air ke masyarakat melalui pipa kuartier.

Sistem distribusi air bersih adalah pendistribusian atau pembagian air melalui sistem perpipaan dari bangunan pengolahan (*reservoir*) ke daerah pelayanan (konsumen). Dalam perencanaan sistem distribusi air bersih, beberapa faktor yang harus diperhatikan antara lain adalah :

1. Daerah layanan dan jumlah penduduk yang akan dilayani.

Daerah layanan ini meliputi wilayah IKK (Ibu kota Kecamatan) atau wilayah kabupaten/ Kotamadya. Jumlah penduduk yang akan dilayani tergantung pada kebutuhan, kemauan (minat), dan kemampuan atau tingkat sosial ekonomi masyarakat. Sehingga dalam suatu daerah belum tentu semua penduduk terlayani.

2. Kebutuhan air.

Kebutuhan air adalah debit air yang harus disediakan untuk distribusi daerah pelayanan

3. Letak topografi daerah layanan

Letak topografi daerah layanan akan menentukan sistem jaringan dan pola aliran yang sesuai.

4. Jenis sambungan sistem

Jenis sambungan dalam sistem distribusi air bersih dibedakan menjadi :

- a. Sambungan halaman yaitu pipa distribusi dari pipa induk/ pipa utama ke tiap- tiap rumah atau halaman.
 - b. Sambungan rumah yaitu sambungan pipa distribusi dari pipa induk/ pipa utama ke masing- masing utilitas rumah tangga.
 - c. Hidran umum merupakan pelayanan air bersih yang digunakan secara komunal pada suatu daerah tertentu untuk melayani 100 orang dalam setiap hidran umum.
 - d. Terminal air adalah distribusi air melalui pengiriman tangki- tangki air yang diberikan pada daerah-daerah kumuh, daerah terpencil atau daerah yang rawan air bersih.
 - e. Kran umum merupakan pelayanan air bersih yang digunakan secara komunal pada kelompok masyarakat tertentu, yang mempunyai minat tetapi kurang mampu dalam membiayai penyambungan pipa ke masing - masing rumah. Biasanya satu kran umum dipakai untuk melayani kurang lebih dari 20 orang.
- (Sumber: Joko, Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air Minum)

3.8.1 *Reservoir*

Reservoir merupakan bak penampungan air yang telah diolah, yang letaknya didalam tanah.

Fungsi dari *reservoir* distribusi adalah (Al-Layla, 1977) :

- a. Pemerataan air,
- b. Untuk menyeimbangkan aliran air yang masuk dan keluar:
- c. Penyimpanan air,
- d. Untuk menutupi kebutuhan saat terjadi gangguan, kebutuhan puncak, dan kehilangan air. Penyimpanan harus sebanding dengan pemakaian,
- e. Pengaturan tekanan,

- f. Muka air yang bebas di permukaan *reservoir* berfungsi untuk menghentikan gradien tekanan. Adanya *reservoir* ini akan dapat digunakan untuk membatasi tekanan di perpipaan.

Berdasarkan elevasinya *reservoir* dapat dibedakan menjadi 2, yaitu :

1. *Ground Reservoir*

Jika tinggi muka air lebih rendah dari daerah pelayanan dan diperlukan pompa untuk menaikkan tekanan. Posisi di atur berdasarkan posisi instalasi,

2. *Elevated Reservoir*

Jika muka air daerah pelayanan lebih tinggi dan tekanan cukup. *Elevated reservoir* diletakkan pada posisi tanah yang tinggi atau sebagai menara air. Untuk penyisihan zat-zat kimia tertentu atau warna dan bau dari air, dapat digunakan metode sebagai berikut :

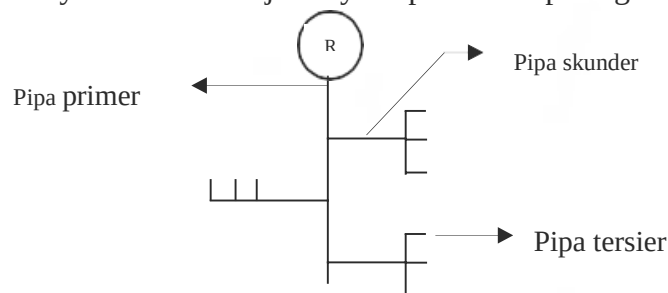
- Adsorbsi*, berfungsi untuk penyisihan warna dan abu,
- Presipitasi secara kimia, berfungsi untuk penyisihan zat terlarut, seperti besi, mangan dan kesadahan,
- Ion Exchange*, berfungsi untuk menuar ion garam tertentu yang ada didalam air dengan ion yang ada dalam media penukar.

3.8.2 Perpipaan Distribusi

Ada 2 pola jaringan perpipaan distribusi, yaitu (Al-Layla, 1977) :

1. Pola cabang (*branch pattern*)

Pola cabang terdiri dari pipa induk (*main feeder*) yang disambungkan langsung ke *secondary feeders* dan disambungkan lagi dengan pipa cabang berikutnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Sistem Perpipaan Distribusi Pola Cabang (Al-Layla, 1977)

Keuntungan :

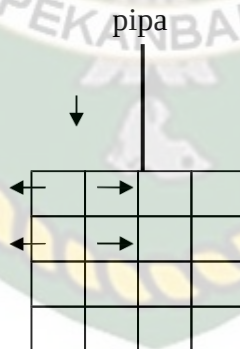
- a. Merupakan metode yang paling sederhana dalam mendistribusikan air ke konsumen,
- b. Mudah dalam mendesain jaringan pipa.

Kerugian :

- a. Kemungkinan terjadinya sisa tekanan air yang tidak cukup ketika penambahan sambungan,
- b. Jika ada perbaikan pipa, maka daerah lain yang berada di hilir pipa yang sedang diperbaiki tidak memperoleh air sampai pekerjaan tersebut selesai.

2. Pola *Grid*

Pada pola *grid* ini semua pipa dihubungkan tanpa memiliki ujung yang mati sehingga air bias mencapai satu titik dari beberapa arah. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Sistem perpipaan distribusi pola grid (Al-Layla, 1977)

Keterangan :

—————> = arah aliran

Keuntungan :

- a. Air yang didistribusikan bebas mengalir ke beberapa arah

- b. Jika terjadi kerusakan pipa, daerah yang berada pada pipa yang rusak tetap memperoleh air.

Kerugian :

- a. Perhitungan dimensi pipa lebih sulit.
- b. Menggunakan pipa dan aksesoris yang lebih banyak.

3.8.3 Jenis Pipa

Pada suatu system jaringan air bersih, pipa merupakan komponen yang utama. Pipa ini berfungsi sebagai sarana untuk mengalirkan air dari sumber air ke tendon, maupun dari tendon ke konsumen. Pipa tersebut memiliki bentuk penampang lingkaran dengan diameter yang bermacam – macam. Dalam pelayanan penyediaan air bersih lebih banyak menggunakan pipa bertekanan karena lebih sedikit kemungkinan tercemar dan biayanya lebih murah dibandingkan menggunakan saluran terbuka atau talang. Suatu pipa yang umumnya dipakai untuk sistem jaringan air dibuat dari bahan – bahan seperti dibawah ini (Al-Layla, 1977)

1. Besi Tuang (*cast iron*)

Pipa besi tuang telah digunakan lebih dari 200 tahun yang lalu. Pipa ini biasanya dicelupkan dalam larutan kimia untuk perlindungan terhadap karat. Panjang biasa dari suatu pipa adalah 4m dan 6m. tekanan maksimum pipa sebesar 25 kg/cm^2 dan umur pipa dapat mencapai 100 tahun.

Keuntungan dari pipa ini adalah :

- a. Pipa cukup murah
- b. Pipa mudah disambung
- c. Pipa tahan karat

Kerugian dari pipa ini adalah Pipa berat sehingga biaya pengangkutan mahal.

2. Besi Galvanis (*galvanized iron*)

Pipa jenis ini bahannya terbuat dari pipa baja yang dilapisi oleh seng. Umur pipa pendek yaitu antara 7 – 10 tahun. Pipa berlapis seng digunakan secara luas untuk jaringan pelayanan yang kecil di dalam system distribusi.

Keuntungan dari pipa ini adalah :

- a. Harga murah dan banyak tersedia di pasaran
- b. Ringan sehingga mudah diangkut
- c. Pipa mudah disambung

Kerugian dari pipa ini adalah Pipa mudah berkarat.

3. Plastik (PVC)

Pipa ini lebih dikenal dengan sebutan pipa PVC (*Poly Vinyl Chloride*) dan di pasaran mudah didapat dengan berbagai ukuran. Panjang pipa 4 m dan 6 m dengan ukuran diameter pipa mulai 16 mm hingga 350 mm. Umur pipa dapat mencapai 75 tahun, namun berdasarkan pengalaman yang ada di lapangan umur efektif pipa ini hanya sekitar 20 tahun.

Keuntungan dari pipa ini adalah :

- a. Harga murah dan banyak tersedia dipasaran
- b. Ringan sehingga mudah diangkut
- c. Mudah dalam pemasangan dan penyambungan
- d. Pipa tahan karat

Kerugian dari pipa ini adalah :

- a. Pipa jenis ini mempunyai koefisien muai besar sehingga tidak tahan panas
- b. Mudah bocor dan pecah

4. Baja

Pipa ini terbuat dari baja lunak. Pipa baja telah digunakan dengan berbagai ukuran hingga lebih dari 6 m diameternya. Umur pipa baja ini cukup terlindungi paling sedikit 40 tahun.

Keuntungan dari pipa ini adalah :

- a. Tersedia dalam berbagai ukuran panjang
- b. Mudah dalam pemasangan dan penyambungan

Kerugian dari pipa ini adalah :

- a. Pipa tidak tahan karat
- b. Pipa berat sehingga biaya pengangkutan mahal.

Koefisien kekasaran pipa tergantung pada jenis, kondisi dan besarnya pipa tersebut yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut :

Tabel 3.2 Harga Koefisien Pipa

No	Jenis Pipa	Harga Koefisien Kekasaran
1.	ACP	130
2.	DUCTILE,CAST IRON,GIP	120
3.	PVC	140
4.	DCIP,MSCL	130
5.	FIBER	120 – 140

Sumber : Triatmodjo, 2003

Pipa-pipa yang digunakan untuk mengalirkan air bersih pada sistem jaringan distribusi air antara lain (Triadmodjo, 2003):

- a. Pipa primer

Pipa primer berfungsi untuk membawakan air bersih dari instalasi pengolahan air atau reservoir kemudian didistribusikan ke daerah pelayanan. Jenis pipa primer yang digunakan pada umumnya adalah DCIP, GIP, ACP dan PVC.

- b. Pipa sekunder

Pipa sekunder berfungsi untuk penyambungan ke pipa sekunder atau pipa primer yang digunakan untuk melayani pipa service (pipa pelanggan). Jenis pipa yang dipakai adalah PVC dan GIP.

- c. Pipa tersier

Pipa tersier berfungsi untuk menyambung ke pipa sekunder atau pipa primer yang digunakan untuk melayani pipa servis (pipa pelanggan), jenis pipa yang

dipakai adalah PVC dan GIP.

d. *Pipa Service* (Pipa Pelanggan)

Pipa servis berfungsi untuk disambungkan pada pipa sekunder atau pipa tersier yang dihubungkan ke pelanggan. Jenis pipa servis yang di pakai adalah PVC dan GIP. Untuk mencetak pipa jaringan distribusi, harus ditinjau terlebih dahulu tata letak dari pipa induk yang telah ada. Pipa-pipa tersebut biasanya berada pada :

1. Sebelah kiri atau kanan jalan
2. Jalur trotoar, bahu jalan

Jaringan pipa tersebut berada dibawah permukaan tanah. Untuk itu perlu diadakan penggalian tanah tempat peletakan pipa yang akan ditanam. Dalam hal ini kedalaman minimal satu meter dari elevasi muka tanah aspal sampai dibagian atas dari diameter luar pipa yang ditanam. Kedalaman penggalian pipa tersebut bertujuan agar tekanan yang akan datang dari atas tidak berpengaruh pada pipa. Setelah pipa diletakkan dalam galian tersebut, sekeliling pipa yang ditanam dilapisi atau dibalut pasir dengan ketebalan 10 – 15 cm lalu ditutup dengan tanah asal yang di padatkan.

Perlindungan terhadap pipa perlu diperhatikan, untuk lebih jelasnya diuraikan sebagai berikut (Noerbambang, 2005) :

1. Pengaman terhadap karat

Pipa besi dan baja akan berkarat baik disebelah luar maupun dalam. Korosi pada bagian dalam terutama disebabkan oleh kualitas air dalam pipa tersebut. Pipa baja (kecuali baja anti karat) dikatakan paling mudah berkarat, terutama pada bagian yang diulir. Oleh karena itu setelah pipa yang diulir disambungkan pada pipa atau peralatan lain, bagian berulir yang masih kelihatan dilapis dengan aspal atau cat untuk menahan karat. Korosi terjadi umumnya setelah pipa ditanam dalam tanah atau dalam beton.

2. Pengamanan Terhadap Perubahan bentuk

Akibat perpanjangan atau penyusutan pipa, maka ada kemungkinan

terjadi kerusakan oleh karena perubahan bentuk, pembengkokan dan bahkan pipa bisa patah. Cara untuk mengatasinya adalah dengan memasang sambungan ekspansi.

Ekspansi adalah pertambahan panjang sesuatu bahan untuk setiap unit perubahan temperatur dan setiap unit panjang. Nilai koefisien ekspansi ini berbeda-beda untuk setiap bahan, dan untuk sesuatu bahan dapat pula berubah bergantung pada temperatur bahan tersebut.

Pipa penyediaan air panas akan mengalami ekspansi pada waktu temperatur pipa naik karena air panas mulai mengalir di dalamnya. Untuk pipa yang panjang, pertambahan panjang pipa tidak akan dapat diserap oleh sambungan-sambungan yang ada pada ujung pipa tersebut. Tegangan yang timbul akibat pertambahan panjang pipa akan menyebabkan kerusakan pada perlengkapan pipa dan sambungannya.

Sambungan pipa ekspansi tidak hanya dipasang pada pipa air panas, tetapi sering pula dipasang pada pipa tegak dalam gedung bertingkat tinggi, bahkan pada pipa tegak air buangan, untuk menjaga kemungkinan perpanjangan atau penyusutan pipa akibat perubahan temperatur dari lantai-lantai yang berbeda-beda. Sambungan ekspansi ini, jika penempatannya dirancang dengan baik, juga akan dapat mencegah patahnya pipa.



Dokumen ini adalah Arsip Mlik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau