

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Defenisi dan Persyaratan Air Bersih

2.1.1 Defenisi Air Bersih

Air adalah elemen yang tak ternilai bagi kelangsungan hidup di bumi, dan air bersih adalah jenis sumber daya air yang memiliki kualitas terbaik, yang digunakan manusia untuk keperluan konsumsi dan berbagai kegiatan sehari-hari, termasuk dalam hal sanitasi.

Departemen Kesehatan telah menetapkan persyaratan khusus untuk air minum yang aman, yang meliputi ketiadaan rasa, bau, warna, dan penghilangan logam berat. Meskipun air yang diambil dari alam dapat diminum, terdapat risiko potensial bahwa air tersebut mungkin telah terkontaminasi oleh bakteri atau zat berbahaya.

2.1.2 Definisi Air Bersih Menurut Parah Ahli/Pakar

1. Menurut Kodoatie, J. (2003),
air bersih merujuk pada air yang digunakan dalam berbagai aktivitas harian, mulai dari mandi, mencuci, hingga memasak. Lebih dari itu, air ini juga aman untuk diminum setelah dimasak, menjadikannya sumber utama untuk kebutuhan hidup sehari-hari.
2. Menurut Slamet Riyadi (2002),
air bersih adalah air yang tampak jernih, tidak mengeluarkan bau, tidak memiliki rasa, dan tidak berwarna, serta bebas dari segala zat kimia berbahaya.

2.1.3 Persyaratan Kuantitas (Debit)

Kebutuhan kuantitas pasokan air bersih bergantung pada volume air mentah yang tersedia. Oleh karena itu, sangat penting bahwa ketersediaan air mentah mencukupi untuk memenuhi kebutuhan penduduk dan kondisi dari daerah yang dilayani.

Selain itu, persyaratan kuantitas dapat dievaluasi berdasarkan laju aliran standar air bersih yang akan didistribusikan kepada konsumen, dengan penyesuaian dilakukan untuk memperhitungkan kebutuhan total. Kebutuhan akses terhadap air yang tidak terkontaminasi dalam suatu komunitas sangat dipengaruhi oleh faktor geografis, pengaruh budaya, tingkat ekonomi, dan ukuran kota atau desa tempat penduduk tinggal.

2.1.4 Persyaratan Kuantitas Menurut Para Ahli/Pakar

1. Menurut Haryanto, T. 2006

Disesuaikan dengan kebutuhan sektor pengguna (domestik, irigasi, industri), serta memperhitungkan variabilitas musiman dan jangka waktu penggunaan.

2. Menurut Soemarto, C.D. 1995

Debit air merujuk pada volume air yang mengalir melalui suatu saluran atau pipa dalam periode waktu tertentu. Ini menggambarkan seberapa banyak air yang dapat dipindahkan atau disalurkan, yang menjadi salah satu faktor penting dalam perencanaan dan pengelolaan sistem distribusi air. Perlu memperhitungkan kebutuhan per kapita, harus mengakomodasi beban puncak, dan harus memperhitungkan pertumbuhan penduduk.

2.2 Proyeksi Pertumbuhan Jumlah Penduduk

Untuk menentukan kebutuhan air bersih di masa depan, langkah pertama yang perlu diambil adalah mengevaluasi kondisi saat ini dan memperkirakan proyeksi jumlah penduduk di masa yang akan datang. Memahami dinamika yang ada saat ini sangat penting agar dapat merencanakan kebutuhan dengan lebih akurat. Oleh karena itu, metode yang di implementasikan guna untuk memprediksi jumlah penduduk di masa yang akan datang sangatlah krusial dan akan dibahas lebih lanjut di bawah ini: (Soemarto, 1999)

- a. Metode Aritmatik

Metode proyeksi aritmatik mengasumsikan bahwa populasi di masa depan akan meningkat dengan jumlah yang konsisten setiap tahun. Rumus yang diterapkan dalam metode proyeksi aritmatik adalah:

$$P_t = P_0 (1+r.t) \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

- P_t = adalah jumlah penduduk pada tahun t
- P₀ = adalah jumlah penduduk pada tahun dasar
- r = merupakan laju pertumbuhan penduduk
- t = adalah periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)

b. Metode Geometrik

Proyeksi populasi dengan metode geometrik mengasumsikan bahwa jumlah penduduk akan meningkat secara geometrik, dengan dasar perhitungan bunga majemuk (rate of growth) yang dianggap konstan setiap tahun.

Berikut adalah rumus yang diterapkan dalam metode geometrik.

k.

$$P_t = P_0 (1+r)^t \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

- P_t = jumlah penduduk pada tahun t
- P₀ = jumlah penduduk pada tahun dasar
- r = laju pertumbuhan penduduk
- t = periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)

c. Metode Eksponensial

Metode eksponensial menggambarkan pertumbuhan populasi yang berlangsung secara bertahap sepanjang tahun, berbeda dengan metode geometrik yang mengasumsikan bahwa pertumbuhan populasi terjadi hanya pada satu titik waktu dalam periode tertentu.

Rumus yang diterapkan dalam metode eksponensial adalah:

$$P_t = P_0 e^{rt} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

- P_t = jumlah penduduk pada tahun t
- P₀ = jumlah penduduk pada tahun dasar
- r = laju pertumbuhan penduduk

- t = periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)
- e = bilangan pokok dari sistem logaritma natural ($\ln$) yang besarnya adalah 2,7182818

2.3 Sumber Air

1. Air Permukaan

Air permukaan didefinisikan sebagai air hujan yang mengalir di permukaan Bumi. Air permukaan mencakup berbagai jenis badan air, termasuk sungai, danau, kolam, bendungan, rawa, air terjun, dan sumur permukaan. Sebagian besar badan air permukaan ini terbentuk dari curah hujan yang menumpuk di permukaan Bumi. Air hujan ini kemudian terkontaminasi oleh kotoran, sampah, dan berbagai unsur lingkungan, termasuk polusi dari aktivitas manusia dan zat-zat alami. Proses ini menyebabkan fluktuasi kualitas air permukaan berdasarkan kondisi lingkungan sekitar dan aktivitas yang dilakukan. Oleh karena itu, pengelolaan air permukaan sangat penting untuk menjaga keberlanjutan dan kualitas air yang tersedia untuk penggunaan masyarakat.

2. Air Laut

Air laut memiliki karakteristik khas berupa rasa asin yang diakibatkan oleh kandungan garam, terutama natrium klorida (NaCl). Konsentrasi NaCl dalam air laut pada umumnya mencapai hingga tiga persen (3%). Dalam keadaan tersebut, air laut tidak memenuhi kriteria atau syarat untuk dikonsumsi sebagai air minum akibat salinitas yang tinggi. Namun, air laut dapat berfungsi sebagai sumber alternatif air minum di beberapa negara yang mengalami kekurangan sumber air tawar, setelah menjalani proses desalinasi. Proses desalinasi ini memungkinkan penghilangan garam dan mineral lainnya, menghasilkan air yang dapat dikonsumsi. Namun, proses tersebut masih dianggap mahal dan memerlukan teknologi canggih, sehingga tidak sepenuhnya dapat diakses oleh semua negara atau wilayah. (Sutrisno, 2010).

3. Air Angkasa (Hujan)

Air di angkasa terbentuk melalui proses evaporasi dari permukaan air dan transpirasi dari tumbuhan, yang dipicu oleh sinar matahari, diikuti oleh kondensasi, dan akhirnya jatuh ke bumi dalam bentuk hujan, salju, atau embun. Air angkasa memiliki karakteristik sebagai air lunak karena rendahnya kandungan garam dan mineral, sehingga terasa kurang segar dan lebih boros dalam penggunaan sabun. Udara di ruang angkasa juga bersifat korosif, terutama terhadap pipa-pipa distribusi dan wadah-wadah reservoir, sehingga mempercepat proses korosi. Air angkasa, yang juga dikenal sebagai air hujan, merupakan sumber air utama di Bumi. Meskipun air dianggap berada dalam keadaan paling murni saat hujan, air tersebut sering kali terkontaminasi oleh polutan atmosfer. Kehadiran polutan atmosfer dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk partikel debu, bakteri, dan gas seperti karbon dioksida, nitrogen, dan amonia.. (Chandra, 2007).

4. Air Tanah

Air tanah merupakan air yang terletak di bawah permukaan tanah dan tersimpan dalam pori-pori batuan atau lapisan tanah yang dikenal sebagai akuifer. Air ini berasal dari hujan atau permukaan yang meresap ke dalam tanah melalui proses yang disebut infiltrasi. Air tanah menjadi salah satu sumber air bersih utama untuk kehidupan manusia, terutama di wilayah yang tidak memiliki akses langsung ke sungai atau danau. (Chandra, 2007).

2.4 Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air, oleh karena itu, merujuk pada volume air yang diperlukan untuk berbagai keperluan atau kegiatan di dalam suatu komunitas atau wilayah tertentu. Dalam konteks ini, perhitungan kebutuhan air mencakup kebutuhan dari kegiatan domestik, fasilitas umum seperti kantor dan lembaga pendidikan (non-domestik), ternak, industri, irigasi, serta pemeliharaan atau pembersihan sungai. Menurut Direktur Jenderal Pekerjaan Umum Cipta Karya (1996), permintaan air domestik dihitung berdasarkan jumlah penduduk kota atau desa, yang kemudian dikalikan dengan standar permintaan air yang ditetapkan. Selain itu, permintaan air perkotaan dapat ditentukan dengan mengalikan persentase standar permintaan air

non-domestik dengan permintaan air domestik yang dihitung, di mana standar permintaan air non-domestik untuk kota besar adalah 40% dari permintaan air domestik.

2.4.1 Kebutuhan Air Bersih Domestik

Air domestik merujuk pada air yang digunakan untuk kegiatan rumah tangga, termasuk makan, memasak, dan mencuci. Permintaan air domestik dipengaruhi oleh konsumen domestik, didasarkan pada data demografis, tren perilaku, dan standar hidup, serta didorong oleh kemajuan sosioekonomi yang seringkali meningkatkan permintaan akan air bersih. Permintaan air harian per kapita disesuaikan sesuai dengan standar dan kriteria layanan yang berlaku untuk klasifikasi perkotaan.

Manfaat air bersih adalah sebagai berikut:

- a. Dapat memenuhi cairan dalam tubuh.
- b. Membantu kegiatan sehari-hari.
- c. Irigasi pertanian.
- d. Menjaga ekosistem lingkungan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kebutuhan air, meliputi:

- a. Besarnya kecilnya daerah.
- b. Jumlah penduduk
- c. Harga air.
- d. Iklim.
- e. Tekanan air.
- f. Sistem penyambungan.
- g. Kualitas air.
- h. Sistem manajemen penyediaan air.

Permintaan air diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori Sistem klasifikasi ini terdiri dari lima kategori, yaitu:

- 1) Kota kategori I (Metropolitan);
- 2) Kota kategori II (Kota Besar);
- 3) Kota kategori III (Kota Sedang);
- 4) Kota kategori IV (Kota Kecil);

5) Kota kategori V (Desa)

Berdasarkan Ditjen Cipta Karya Dep. PU, kebutuhan air bersih terbagi atas 2 kategori, yaitu:

1) Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air untuk aktivitas rumah tangga sehari-hari, termasuk minum, memasak, mandi, mencuci, dan sejenisnya. The demand for domestic water is significantly influenced by the population size and per capita water consumption.

Kategori kebutuhan air bersih untuk keperluan domestik dapat diamati pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Kebutuhan Air Domestik

URAIAN	KATEGORI KOTA BERDASARKAN JUMLAH PENDUDUK (JIWA)				
	>1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	<20.000
	Kota metropolitan	Kota besar	Kota sedang	Kota kecil	Desa
1	2	3	4	5	6
1. Konsumsi unit Sambungan rumah (SR) (liter/orang/hari)	190	170	150	130	100
2. Konsumsi unit hidran (HU) (unit/orang/hari)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
3. Konsumsi unit non domestic (unit/orang/hari)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
4. Kehilangan air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
5. Faktor hari maksimum	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
6. Faktor jam puncak	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
7. Jumlah jiwa per SR (jiwa)	5	5	5	5	5
8. Jumlah jiwa per HU (jiwa)	100	100	100	100-200	200

URAIAN	KATEGORI KOTA BERDASARKAN JUMLAH PENDUDUK (JIWA)				
	>1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	<20.000
	Kota metropolitan	Kota besar	Kota sedang	Kota kecil	Desa
9. Sisa tekanan di penyediaan distribusi (meter)	10	10	10	10	10
10. Jam operasi (jam)	24	24	24	24	24
11. Volume reservoir (% max day demand)	20	20	20	20	20
12. SR : HU	80:20	80:20	80 : 20	70 : 20	70 : 20
13. Cakupan pelayanan (%)	90	90	90	90	90

Sumber : kriteria perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU,2000

2.4.2 Kebutuhan Air Non Domestik (Qnd)

Permintaan air non-domestik mencakup penggunaan air untuk berbagai keperluan di luar penggunaan domestik, termasuk kegiatan industri, objek wisata, tempat ibadah, fasilitas sosial, dan tempat-tempat komersial serta publik lainnya. Permintaan ini dipengaruhi oleh keberadaan konsumen non-domestik yang memanfaatkan berbagai fasilitas yang tersedia:

2) Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan air untuk non-domestik meliputi beberapa kategori kegiatan, antara lain:

- Kebutuhan Institusional, Air yang dibutuhkan untuk keperluan perkantoran dan sekolah.
- Kebutuhan untuk bisnis dan industri. Air bersih diperlukan untuk kegiatan bisnis seperti hotel, pasar, dan kantor. Air bersih digunakan untuk pendingin dan bahan baku proses untuk kebutuhan industri..
- Kebutuhan fasilitas umum. Kebutuhan air bersih untuk berbagai kegiatan di fasilitas umum, seperti tempat ibadah, pusat rekreasi, dan terminal.

Kebutuhan air non domestik menurut kriteria perencanaan pada Dinas PU dapat dilihat dalam tabel berikut ini :

Tabel 2. 2 Kebutuhan air non domestik untuk kategori v (Desa)

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Sekolah	5	Liter/murid/hari
Mesjid	3000	Liter/unit/hari
Musholla	2000	Liter/unit/hari
Rumah Sakit	200	Liter/bed/hari
Puskesmas	1200	Liter/hari
Hotel	90	Liter/hari
Kawasan industri	10	Literhari

Sumber : Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU,2000.

Tabel 2. 3 Standar Pemakaian Air Minum Berdasarkan Fasilitas

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Sekolah	5	Liter/orang/hari
Gereja	5	Liter/orang/hari
Posyandu	1200	Liter/bed/hari
Kantor/industri	10	Liter/pegawai/hari

Sumber : Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU,1996

2.4.3 Perhitungan Kebutuhan Domestik dan Non Domestik

Menurut Mashuri, dkk. (2015), perhitungan kebutuhan domestik dan non-domestik dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Kebutuhan domestik mengacu pada pemakaian air untuk keperluan rumah tangga, seperti untuk mencuci pakaian, mandi, dan aktivitas rumah tangga lainnya.

Rumus untuk menghitung kebutuhan domestik (Q_{domestik}) adalah:

$$Q_{\text{domestik}} = \% \text{ pelayanan} \times a \times b \dots\dots(2.4)$$

Dimana:

a = Jumlah air yang digunakan per orang per hari (dalam liter)

b = Jumlah penduduk yang berada dalam area pelayanan tersebut

2. Kebutuhan non domestik

Kebutuhan non-domestik merujuk pada penggunaan air untuk kepentingan publik, seperti kantor, dan tempat ibadah, dan fasilitas-fasilitas lainnya. Dalam kondisi tidak adanya konsumen non-domestik di suatu wilayah, persyaratan air minum non-domestik harus didasarkan pada asumsi tertentu, yang menunjukkan bahwa persentasenya harus berkisar antara 15% hingga 20% dari permintaan air domestik. Untuk menghitung kebutuhan non-domestik, rumus yang digunakan adalah:

$$Q_{non-domestik} = Q_{domestik} \times \text{Asumsi kebutuhan non-domestik} \dots\dots(2.5)$$

3. Kebutuhan air total

Kebutuhan air total mencakup interaksi antara konsumsi domestik dan non-domestik. Kebutuhan air secara keseluruhan dapat diwakili oleh persamaan.

$$Q_{total} = \text{Kebutuhan domestik} + \text{kebutuhan non domestik} \dots\dots\dots(2.6)$$

4. Kehilangan air

Kehilangan air umumnya disebabkan oleh kebocoran pada jaringan pipa transmisi dan distribusi. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18 Tahun 2007 tentang Pelaksanaan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, kehilangan air yang diperbolehkan tidak boleh melebihi batas toleransi, yaitu 20% dari kapasitas debit produksi. Rumus berikut dapat digunakan untuk menghitung total kehilangan air:

$$\text{Kehilangan air} = \text{Asumsi tingkat kehilangan air} \times Q_{total} \dots\dots\dots(2.7)$$

1. Kebutuhan air rata-rata

Istilah “permintaan air rata-rata” didefinisikan sebagai jumlah total air yang diperlukan untuk mengganti laju kehilangan air. Perhitungan permintaan air rata-rata di suatu wilayah perencanaan yang ditentukan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kebutuhan air rata-rata } (Q_{rata-rata}) = Q_{total} + \text{Kehilangan air} \dots\dots(2.8)$$

2. Kebutuhan air maksimum

Jumlah air maksimum yang digunakan dalam satu hari selama setahun dikenal sebagai permintaan air maksimum. Untuk menghitung permintaan air maksimum di suatu wilayah yang direncanakan, persamaan berikut dapat digunakan. Kebutuhan air maksimum = $Q_{rata-rata} \times \text{Faktor harian maksimum}$.(2.9)

3. Kebutuhan jam puncak

Jam-jam sibuk dalam periode 24 jam adalah saat penggunaan air mencapai puncaknya. Rumus berikut dapat digunakan untuk menentukan permintaan air di wilayah yang direncanakan selama jam-jam sibuk.

Kebutuhan jam puncak = $Q_{rata-rata} \times \text{Faktor jam puncak}$(2.10)

2.5 Perhitungan Kapasitas Reservoir

Reservoir adalah bangunan yang di gunakan untuk menampung air baku sebelum disalurkan ke setiap bak penampungan tiap-tiap blok. Kapasitas yang akan ditampung reservoir ditentukan berdasarkan kebutuhan air maksimum. Dengan menghitung kapasitas reservoir, maka digunakan rumus persamaan :

Kapasitas Reservoir = $Q_{mak} \times 25\%$(2.4)

Untuk menghitung kapasitas reservoir dengan dimensi di lapangan maka menggunakan rumus persamaan :

Volume reservoir = $P \times L \times T$(2.5)

Volume Freeboard = $P \times L \times T(10\% \text{ dari tinggi kapasitas Reservoir})$

2.6 Fungsi Reservoir

Fungsi reservoir antara lain :

1. Cadangan air disimpan untuk keadaan darurat dan aliran air diseimbangkan menggunakan aliran penyeimbang.
2. Penyeimbang tekanan yaitu diperlukan karena permintaan air yang fluktuatif di wilayah distribusi. Penyeimbangan tekanan hanyalah proses menyeimbangkan tekanan.
3. Sebagai penyedia layanan, distributor, atau pusat
Varian tangki penampungan disesuaikan dengan sistem distribusi, khususnya: a. Tangki penampungan tinggi, di mana gravitasi digunakan

untuk distribusi. Untuk menjaga tekanan di lokasi-lokasi kunci, ketinggian tangki penampungan atap (roof tank) ini harus ditentukan.

b. Tangki penampungan rendah, yang berbentuk tangki tanah dan digunakan untuk mengalirkan distribusi melalui pompa.

c. Penggunaan tangki penampungan tambahan, misalnya karena batasan konstruksi, sehingga volume yang keluar dari tangki penampungan tidak mencukupi.

2.7 Volume Reservoir

Kapasitas penampungan atau *reservoir* ini harus ditentukan dengan mempertimbangkan perannya sebagai bendungan aliran penyeimbang, yang diperlukan untuk menyeimbangkan fluktuasi harian tingkat air guna memenuhi permintaan jam maksimum. Fluktuasi harian penggunaan air di wilayah tersebut dapat digunakan untuk menghitung kapasitas bendungan ini. Cara menghitung volume reservoir yang berdasarkan Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Republik Indonesia (kimpraswi) tahun 2002 volume efektif reservoir ditentukan minimum 20% dari kebutuhan air maksimum. Reservoir yang digunakan berbentuk persegi dengan rumusa sebagai berikut:

$$\text{Dimensi reservoir} = P.L.T \dots \dots \dots (2.13)$$

Dengan :

P = Panjang (m)

L = Lebar (m)

T = Tinggi (m)

2.8 Pipa Transmisi

Untuk merencanakan pipa transmisi ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu :

- a) Perencanaan jalur pipa transmisi harus memenuhi syarat atau ketentuan yang di sepakati antara lain sebagai berikut:
 - 1) Jalur pipa harus direncanakan sejauh mungkin agar lebih efisien
 - 2) Menghindari jalur yang dapat menyebabkan kesulitan atau biaya konstruksi yang tinggi.

- 3) Pipa harus memiliki ketinggian hidrolis minimum 5 meter di atasnya, untuk memastikan bahwa aliran air dapat berjalan dengan lancar
 - 4) Menghindari perbedaan elevasi yang terlalu signifikan (80% tekanan kerja pipa), agar tidak menimbulkan perbedaan kelas pipa.
- b) Penentuan ukuran pipa harus memenuhi persyaratan berikut:
- 1) Pipa yang direncanakan harus mampu mengalirkan aliran harian maksimum yang diperlukan.
 - 2) Penurunan tekanan dalam pipa tidak boleh melebihi total ketinggian statis pada sistem transmisi yang memanfaatkan pompa. Dalam sistem gravitasi, kehilangan tekanan maksimum adalah 5 meter per 1000 meter atau 80% dari tekanan kerja, sesuai dengan spesifikasi teknis pipa.
- c) Perlengkapan jaringan pipa transmisi:
- 1) Katup (Value), memiliki peran penting dalam mengatur aliran air dalam pipa dengan cara membuka dan menutupnya. Katup ini dipasang pada:
 - Ujung pipa, baik di tempat air masuk maupun keluar Setiap percabangan
 - Setiap titik percabangan dalam sistem pipa.
 - Pipa outlet yang terhubung dengan pompa.
 - Pipa penguras atau wash out untuk memudahkan pembersihan
 - 2) Pipa pembuangan (pembersihan/pengosongan) dipasang pada ketinggian relatif rendah sepanjang pipa horizontal dan menurun, serta pada titik awal jembatan.
 - 3) Katup udara dipasang pada titik tertinggi pipa transmisi dan pada jembatan pipa, terletak sekitar seperempat panjang rentang pipa dari arah aliran secara lurus. Katup-katup ini dipasang pada interval yang telah ditentukan, berkisar antara 750 m hingga 1000 m. Meter induk
 - 4) Bak pelepas tekanan dipasang pada sistem pipa transmisi yang menghadapi perbedaan tekanan besar, yang disebabkan oleh perbedaan topografi. Alat ini berfungsi untuk menurunkan tekanan berlebih hingga mencapai tingkat yang sesuai dengan persyaratan. Selain itu, bak pelepas tekanan juga berperan dalam mengurangi kerugian air yang terjadi akibat kebocoran fisik pada pipa transmisi.

2.9 Pipa Distribusi

Untuk merencanakan pipa distribusi adapun yang harus diperhatikan yaitu:

1. Perencanaan tata letak jaringan pipa distribusi harus mempertimbangkan hal-hal berikut:
 - a. Lokasi jaringan jalan di area layanan. Jika jalan-jalan di area tersebut tidak selalu terhubung, sistem cabang tidak cocok untuk digunakan. Namun, jika jalan-jalan secara konsisten membentuk jalur tertutup dan melingkar, sistem tertutup lebih cocok, bahkan jika kepadatan penduduk di area tersebut rendah.
 - b. Tata letak pipa yang digunakan di area dengan kepadatan penduduk rendah cenderung menggunakan sistem cabang.
 - c. Topografi dan batas-batas alam wilayah layanan, serta
 - d. Tata guna lahan yang ada di wilayah pelayanan
2. Jaringan pipa distribusi harus terdiri dari beberapa komponen untuk memudahkan pengendalian kebocoran air.
 - a. Jaringan distribusi utama terdiri dari serangkaian pipa distribusi berdiameter besar yang membentuk zona distribusi, yang merupakan area layanan yang terdiri dari lima hingga enam sel utama. Faktor-faktor berikut dapat menjadi batasan untuk zona distribusi ini
 - Rencana pengembangan tidak mencakup beberapa area, termasuk taman umum..
 - Kehadiran batas-batas alami dan buatan merupakan ciri khas lanskap, dengan sungai, kanal, rel kereta api, dan jalan raya utama sebagai contoh yang menonjol.
 - Sel utama (primary cell), yang merupakan area yang dibatasi oleh jaringan distribusi pembagi yang membentuk jaringan tertutup dengan sekitar 5 hingga 6 sel utama.
 - Sel dasar (elementary zone), yang merupakan unit pelayanan dalam sel utama, dengan 500 hingga 1000 sambungan pelanggan per sel dasar, dan dilengkapi dengan meter distrik untuk pengukuran aliran.
 - b. Dimensi dan Panjang pipa distribusi

- Diameter pipa distribusi ditentukan dengan mengukur tekanan sisa di jalur distribusi berdasarkan jam puncak. Pipa harus mampu memasok air untuk kebutuhan harian maksimum dan menyediakan aliran yang memadai untuk tiga hydran kebakaran, masing-masing dengan kapasitas 250 gmp dan jarak maksimum 300 meter di antara mereka. Sebagai pendekatan dalam perencanaan, faktor jam puncak terhadap debit rata-rata dihitung berdasarkan jumlah orang yang terdaftar. Diameter minimum pipa pembawa adalah 100 mm, sedangkan diameter maksimum pipa pembagi adalah 500 mm. Faktor maksimum yang digunakan berkisar antara 1,10 dan 1,15, dan jam puncak berkisar antara 1,50 dan 2,0.
- Panjang maksimum yang diperbolehkan untuk pipa distribusi yang menghubungkan node layanan di dalam sel utama tunggal adalah 1.500 meter.
- c. Distribusi air di antara node-node sel primer dan jaringan sel dasar dilaksanakan sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan:
 - Area layanan dibagi menjadi beberapa bagian atau blok layanan kecil.
 - Untuk wilayah yang memiliki karakteristik tipikal, alokasi kebutuhan air di setiap node dihitung berdasarkan persentase luas wilayah pelayanan.
 - Sedangkan untuk wilayah yang tidak tipikal, alokasi kebutuhan air dihitung berdasarkan fungsi atau peruntukannya. Sebagai contoh, taman umum, kawasan industri besar, dan sebagainya.
- d. Besar tekanan air minimum di jaringan pipa distribusi sebagai berikut:
 - Jaringan distribusi utama : 15 m
 - Jaringan distribusi pembagi : 11 m
 - Sambungan pelanggan : 7,5 m

Tekanan air diukur dari permukaan tanah, sedangkan pada sambungan pelanggan diukur pada sambungan pipa pelanggan.
- e. Perlengkapan jaringan pipa distribusi
 - 1) Katup bertanggung jawab untuk mengatur aliran air di dalam pipa dan dipasang di:
 - Ujung terminal pipa di mana air masuk atau keluar

- Setiap percabangannya
- Pipa outlet pompa
- Pipa penguras atau wash out atau Pipa drainase atau pembersihan

Katup gerbang adalah jenis katup yang dapat digunakan dalam jaringan distribusi.

- 2) Pembersihan/pengosongan, yang dilakukan di area relatif kering antara semua pipa yang mendatar, menurun, dan titik awal jembatan.
- 3) Katup udara, juga dikenal sebagai katup udara, ditempatkan di bagian atas pipa distribusi. Dijembatan pipa melibatkan pengangkatan $\frac{1}{4}$ panjang bentang pipa dari arah aliran di tepi masing-masing jarak (750 m–1000 m).
- 4) Katup, juga dikenal sebagai bak pelepas tekanan, digunakan dalam jaringan pipa distribusi yang memerlukan pengurangan tekanan akibat perbedaan topografi yang sangat besar, berbeda dengan persyaratan tekanan sisa dalam jaringan pipa distribusi yang mengalami tekanan berlebih.

2.10 Analisis Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih dengan Aplikasi Software

Menganalisis sistem distribusi udara merupakan tantangan yang rumit dan memerlukan perencanaan yang sangat detail. Hal ini disebabkan oleh banyaknya eksperimen atau percobaan yang perlu dilakukan pada setiap komponen dalam sistem distribusi udara. Namun, dengan kemajuan perangkat lunak, kini analisis kinerja sistem dapat dilakukan dengan lebih mudah dan akurat. Program komputer di bidang ini telah berkembang sedemikian rupa sehingga proses percobaan dapat dijalankan dalam satu sesi, dengan ambang batas masalah yang relatif kecil, berkat kemampuan aplikasi untuk melakukan analisis secara otomatis. Beberapa perangkat lunak yang banyak digunakan untuk rekayasa dan pemeliharaan sistem distribusi udara termasuk LOOPS, WADISO, EPANET 1.1, EPANET 2.2, WaterCAD, dan WaterNet

2.11 Program Epanet 2.2

Menurut Rossman (2000), EPANET 2.2 adalah perangkat lunak yang dikembangkan oleh Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (EPA) dan dirancang untuk digunakan dalam jaringan komputer. Program ini memiliki

sejumlah keunggulan dalam menganalisis jaringan distribusi udara, termasuk kemampuan menghitung laju aliran menggunakan metode linier dan menghitung tekanan yang dihasilkan oleh gesekan menggunakan rumus Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, dan Manning. Selain itu, EPANET 2.2 mampu mensimulasikan kualitas udara dalam jaringan pipa bertekanan dan sistem hidrologi. Ramana dkk. (2015) juga mencatat bahwa EPANET 2.2 memiliki kemampuan untuk meminimalkan gangguan kecil, menyesuaikan dengan variasi permintaan seiring waktu, dan mendeteksi pola permintaan yang berbeda di setiap node jaringan.