

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

Sistem jaringan distribusi air bersih adalah jaringan yang berfungsi untuk mengalirkan air melalui sistem perpipaan dari unit produksi (Reservoir) menuju daerah pelayanan (Finanda, Nurhuda, Kadir, & Salamun, 2013). Sistem pengaliran pada jaringan distribusi dilakukan dengan menggunakan pipa yang memiliki aliran bertekanan, dimana disepanjang perpipaannya dihubungkan dengan sambungan pelanggan. Biasanya jenis sambungan pelanggan tersebut berupa Sambungan Rumah (SR), sambungan Hidran Umum (HU) maupun sambungan untuk pelanggan usaha komersial.

Menurut Singal & Jamal (2022), Dalam melakukan perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih, ada beberapa syarat yang harus dipenuhi agar air tersebut bisa dibilang layak, syarat tersebut antara lain sebagai berikut:

1. Persyaratan kuantitas dalam penyediaan air bersih adalah ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Artinya air baku yang tersedia harus mampu digunakan untuk memenuhi kebutuhan air di daerah tersebut atau dapat memenuhi kebutuhan air sesuai dengan jumlah penduduk yang dilayani. (Singal & Jamal, 2022)
2. Kontinuitas air untuk keperluan air bersih harus tersedia untuk digunakan secara terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap, baik pada saat terjadinya musim penghujan maupun musim kemarau. Kontinuitas juga dapat diartikan bahwa air bersih dapat tersedia dalam kurun waktu 24 jam per hari, atau dapat tersedia setiap saat air akan dibutuhkan. Namun kondisi ideal tersebut hampir tidak bisa dipenuhi pada setiap wilayah di Indonesia, sehingga untuk menentukan tingkat kontinuitas pemakaian air dilakukan dengan melakukan pendekatan aktifitas konsumen terhadap prioritas pemakaian air. (Singal & Jamal, 2022)

2.2 Sumber-sumber Air Bersih

Sutrisno (2010) berpendapat pada bukunya yang berjudul Teknologi Penyediaan Air Bersih, bahwa sumber air bersih terdiri dari berbagai macam, antara lain sebagai berikut :

2.2.1 Air Tanah

Air Tanah merupakan air yang terletak didalam lapisan tanah. Air tanah mempunyai peran yang penting seperti dalam menjaga keseimbangan serta ketersediaan bahan baku air untuk keperluan rumah tangga juga dalam memenuhi kebutuhan industri. (Sutrisno, 2010)

Sutrisno (2010) membedakan lagi air tanah menjadi beberapa jenis, antara lain sebagai berikut :

1. Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal dapat ditemukan pada kedalaman 15 m. Memiliki fungsi sebagai sumber air minum, jika ditinjau dari segi kuliatas agak baik. Kuantitas air tanah ini dinilai kurang cukup karena ketersediaan air ini sangat bergantung pada musim.

2. Air Tanah Dalam

Air tanah dalam terletak pada kedalaman 100 hingga 300 meter. Untuk melakukan pengambilan pada air tanah dalam harus digunakan bor dan dimasukan pipa kedalamnya. dalam sumur artesis air tanah dalam memiliki kemampuan untuk mengalir ke permukaan dengan sendirinya. Namun jika air tidak dapat keluar dengan sendirinya maka diperlukan pompa untuk mengalirkan air menuju permukaan.

3. Mata Air

Mata air merupakan air tanah yang mengalir dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air memiliki kelebihan dimana ketersediaan air ini hampir tidak terpengaruh oleh musim.

2.2.2 Air Permukaan

Air permukaan merupakan air hujan yang mengalir di permukaan bumi, umumnya air permukaan ini tercampur dengan kotoran selama proses pengaliran,

contohnya tercampur dengan lumpur, sampah organik dan juga kotoran yang terbawa aliran air. (Sutrisno, 2010)

Air permukaan terdiri dari beberapa macam yaitu :

1. Air sungai, sebelum digunakan air sungai harus melalui proses pengolahan yang baik terlebih dahulu, karena pada umumnya air sungai memiliki tingkat kadar kotor yang sangat tinggi.
2. Air danau atau rawa, air yang berasal dari danau atau rawa biasanya memiliki warna hijau hal ini disebabkan karena adanya tumbuhan yang membusuk dan lumut yang menimbulkan warna hijau tersebut.

2.2.3 Air Laut

Air laut pada dasarnya memiliki sifat asin, hal tersebut dikarenakan air laut memiliki kandungan garam (NaCl), kadar garam yang ada pada kandungan air laut adalah 3%. Jika air laut masih memiliki kandungan garam tersebut maka air laut tersebut tidak mempunyai syarat dijadikan sumber air bersih. (Sutrisno, 2010)

2.2.4 Air Hujan

Pada saat keadaan murni air hujan memiliki kualitas yang bersih, tetapi karena adanya proses yang bercampur dengan kotoran saat di udara, menyebabkan air hujan menjadi tercemar. Oleh karena itu Ketika ingin menggunakan air hujan untuk sumber air bersih baiknya jangan memulai penampungan pada saat awal turun hujan dikarenakan masih banyak mengandung kotoran. (Sutrisno, 2010)

2.3 Pertumbuhan Penduduk

Pertumbuhan penduduk adalah proses keseimbangan yang dinamis antara komponen kependudukan yang dapat menambah dan mengurangi jumlah penduduk. Pertumbuhan penduduk berguna untuk memprediksi jumlah penduduk di masa yang akan datang. (Azulaidin, 2021)

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Nomor 18 (2007) Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum. Proyeksi pertumbuhan penduduk harus dilakukan dengan interval 5 tahun dalam periode perencanaan. Ada beberapa metoda proyeksi penduduk yang dapat digunakan antara lain metode geometrik, aritmatika dan eksponensial, di mana

pemilihan metode yang digunakan sangat tergantung kecenderungan pertumbuhan penduduk dan karakteristik kota perencanaan.

2.3.1 Metode Aritmatika

Proyeksi penduduk dengan metode aritmatik mengasumsikan bahwa jumlah penduduk pada masa depan akan bertambah dengan jumlah yang sama setiap tahun. Formula yang digunakan pada metode proyeksi aritmatik adalah:

$$P_t = P_0(1 + rt) \text{ dengan } r = \frac{1}{t} \left(\frac{P_1}{P_0} - 1 \right) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

- P_t = Jumlah penduduk tahun t atau jumlah penduduk pada tahun yang diproyeksikan
 P_0 = Jumlah penduduk pada awal proyeksi.
 r = Laju pertumbuhan penduduk.
 t = Periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)

2.3.2 Metode Geometrik

Proyeksi penduduk dengan metode geometrik menggunakan asumsi bahwa jumlah penduduk akan bertambah secara geometrik menggunakan dasar perhitungan bunga majemuk (Adioetomo dan Samosir, 2010). Laju pertumbuhan penduduk (rate of growth) dianggap sama untuk setiap tahun. Berikut formula yang digunakan pada metode geometrik:

$$P_t = P_0(1 + r)^t \text{ dengan } r = \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

- P_t = Jumlah penduduk tahun t atau jumlah penduduk pada tahun yang diproyeksikan
 P_0 = Jumlah penduduk pada awal proyeksi.
 r = Laju pertumbuhan penduduk.
 t = Periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)

2.3.3 Metode Eksponensial

Menurut Adioetomo dan Samosir (2010), metode eksponensial menggambarkan pertumbuhan penduduk yang terjadi secara sedikit-sedikit sepanjang tahun, berbeda dengan metode geometrik yang mengasumsikan bahwa pertumbuhan penduduk hanya terjadi pada satu saat selama kurun waktu tertentu. Formula yang digunakan pada metode eksponensial adalah sebagai berikut:

$$P_t = P_0 e^{rt} \text{ dengan } r = \frac{1}{t} \ln \left(\frac{P_t}{P_0} \right) \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

- P_t = Jumlah penduduk pada tahun yang direncanakan.
- P₀ = Jumlah penduduk awal rencana
- e = Bilangan pokok dari sistem logaritma natural (e = 2,7182818)
- r = Laju pertumbuhan penduduk rata – rata per tahun.
- t = Periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)

2.4 Analisis Kebutuhan air

Analisis kebutuhan air bersih untuk masa mendatang menggunakan standar standar perhitungan yang telah ditetapkan. Kebutuhan air untuk fasilitas-fasilitas sosial ekonomi harus dibedakan sesuai peraturan PDAM dan memperhatikan kapasitas produksi sumber yang ada, tingkat kebocoran dan pelayanan. Faktor utama dalam analisis kebutuhan air adalah jumlah penduduk pada daerah studi. Jumlah penduduk diproyeksi beberapa tahun mendatang yang diinginkan. (Mashuri, Fauzi, & Sandhyavitri, 2015)

2.4.1 Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air bersih untuk pemenuhan kegiatan sehari-hari atau rumah tangga seperti untuk minum, memasak, kesehatan individu (mandi, cuci dan sebagainya), menyiram tanaman, halaman, pengangkutan air buangan (buangan dapur dan toilet). (Mashuri dkk., 2015)

Menurut Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya PU (1996) kategori kota sesuai tingkat pemakaian air rumah tangga dapat dilihat melalui **Tabel 2.1** :

Tabel 2. 1 Klasifikasi Kebutuhan Air

URAIAN	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduknya				
	Kota Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil	Desa
	> 1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	< 20.000
1	2	3	4	5	6
1. Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) (liter/orang/hari)	> 150	120 - 150	90 - 120	80 - 90	60 - 80
2. Konsumsi Unit Hidran (HU) (liter/orang/hari)	20 - 40	20 - 40	20 - 40	20 - 40	20 - 40
3. Konsumsi Unit non Domestik					
a. Niaga Kecil (liter/unit/hari)	600 - 900	600 - 900		600	
b. Niaga Besar (liter/unit/hari)	1000 - 5000	1000 - 5000		1500	
c. Industri Besar (liter/detik/hari)	0,2 - 0,8	0,2 - 0,8		0,2 - 0,8	
d. Pariwisata (liter/detik/hari)	0,1 - 0,3	0,1 - 0,3		0,1 - 0,3	
4. Kehilangan Air (%)	20 - 30%	20 - 30%	20 - 30%	20 - 30%	20 - 30%
5. Faktor Hari Maksimum	1,15 - 1,25 *Harian	1,15 - 1,25 *Harian	1,15 - 1,25 *Harian	1,15 - 1,25 *Harian	1,15 - 1,25 *Harian
6. Faktor Jam Puncak	1,75 - 2,0 *Harian	1,75 - 2,0 *Harian	1,75 - 2,0 *Harian	1,75 *Harian	1,75 *Harian
7. Jumlah Jiwa per SR (jiwa)	5	5	5	5	5
8. Jumlah jiwa per HU (jiwa)	100	100	100	100	100
9. Sisa Tekan Di penyediaan Distribusi (Meter)	10	10	10	10	10
10. Jam Operasi (jam)	24	24	24	24	24
11. Volume Reservoir (% Max Day Demand)	15 - 25	15 - 25	15 - 25	15 - 25	15 - 25
12. SR : HU	50 : 50 s/d 80 : 20	50 : 50 s/d 80 : 20	80 : 20	70 : 30	70 : 30
13. Cakupan Pelayanan	90	90	90	90	70

Sumber: Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya PU, 1996

Dari kriteria diatas maka kebutuhan air domestik bisa di hitung mrnggunakan rumus berikut:

- a. Kebutuhan Air Bersih tiap Sambungan Rumah (SR)

$$SR = \text{Jumlah Penduduk} \times \text{Konsumsi SR} \times \text{Presentase SR}$$

- b. b. Kebutuhan Air pada Hidrasi Umum (HU)

$$HU = \text{Jumlah Penduduk} \times \text{Konsumsi HU} \times \text{Presentase HU}$$

Keterangan:

SR = Sambungan Rumah (lt/dt)

HU = Hidran Umum (lt/dt)

2.4.2 Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan non domestik adalah kebutuhan air baku yang digunakan untuk beberapa kegiatan seperti Kebutuhan institusional, Kebutuhan fasilitas umum, Kebutuhan komersial dan industri. (Mashuri dkk., 2015)

Kebutuhan non domestik didasarkan pada jumlah data sarana umum, sosial, tempat ibadah, perdagangan, industri, perkantoran dll yang berada di daerah perencanaan, jika tidak terdapat data yang valid dapat dilakukan dengan pendekatan sebesar 15-30% kebutuhan domestiknya. Sebagai standar kebutuhan non-domestik seperti **tabel 2.2** :

Tabel 2. 2 Kebutuhan Air Non Domestik

No	Parameter	Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil
1	Target Layanan	100%	100%	100%	20%
2	Pemakaian Air (l/org/hari)				
	Sambungan Rumah	190	170	150	130
	Hidran Umum (HU)	30	30	30	30
3	Kebutuhan Nondomestik				
	Industri Berat (l/s)	0,5-1,00			
	Industri Sedang (l/s)	0,25-0,5			
	Industri Ringan (l/s)	0,15-0,25			
	Komersil				
	Pasar	0,1-1,00			
	Hotel Lokal (l/km/hari)	400			
	Hotel Internasional	1000			
	Sosial				
	Universitas (l/org/hari)	22			
	Sekolahs	15			
	Masjid (l/hari)	1000-2000			
	Rumah sakit (l/kamar/hari)	400			
	Puskesmas (l/hari)	1000-2000			
	Kantor (l/detik)	0.01			
	Militer (l/hari/ha)	10000			
4	Kebutuhan Air Maksimum	Kebutuhan rerata x 1.15			
5	Kehilangan Air Sistem Baru	20% kebutuhan rerata			
5	Kehilangan Air Sistem Lama	30%-40% kebutuhan rerata			
6	Kebutuhan jam puncak	165% s/d 200%			

Sumber: DPU Ditjen Cipta Karya

Kebutuhan air non domestik dihitung berdasarkan jumlah fasilitas umum yang ada pada kawasan dengan nilai konsumsi air per satuan unit. Berikut rumus yang digunakan dalam menghitung kebutuhan air domestik.

$$Q_{nd} = \sum \text{Fasilitas Umum} \times \text{Nilai Konsumsi Air}$$

Keterangan:

$$Q_{nd} = \text{Kebutuhan Air Non Domestik (lt/dt)}$$

2.4.3 Kebutuhan Air Rata-Rata

Kebutuhan harian rata-rata merupakan gabungan dari kebutuhan domestik dan kebutuhan non domestik.

$$Q_{rt} = Q_d + Q_{nd}$$

Keterangan :

Q_{rt} = Kebutuhan Harian Rata-Rata (lt/dt)

Q_d = Kebutuhan Domestik (lt.dt)

Q_{nd} = Kebutuhan non-domestik (lt/dt)

2.4.4 Debit Rencana Kebutuhan Air Bersih

Jumlah kebutuhan menentukan rencana air bersih yang diperlukan dari kebutuhan domestic, kebutuhan non domestic, kebutuhan hidran umum dan kebutuhan kehilangan air.

$$Q_r = Q_d + Q_{nd} + Q_{hu} + Q_{ha}$$

Keterangan :

Q_r = Debit Rencana Kebutuhan Air Bersih

Q_d = Kebutuhan domestic (lt/dt)

Q_{nd} = Kebutuhan non-domestik (lt/dt)

Q_{hu} = Hidran umum (lt/dt)

Q_{ha} = Kehilangan Air (lt/dt)

2.5 Kehilangan air

Pengertian Kehilangan Air adalah selisih antara air yang masuk pipa transmisi dan jaringan distribusi dengan air yang terjual dan pemakaian air tanpa meter. (Herlina, Fuad, & Andayani, 2017.)

Kehilangan air dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Kehilangan Air Tercatat Merupakan rangkaian operasi dan pemeliharaan system penyediaan air minum. (Herlina dkk., 2017.)
2. Kehilangan Air Tidak Tercatat adalah Kehilangan air berupa kebocoran, kebocoran dibagi menjadi 2 yaitu Kebocoran fisik (nyata) seperti pipa transmisi, reservoir, pipa distribusi dan Kebocoran non fisik (tidak nyata) seperti kesalahan meter pelanggan, kesalahan meter produksi, sambungan liar (pencurian air),serta kesalahan meter adminisrasi. (Herlina dkk., 2017.)

2.6 Sistem Pendistribusian

Sistem distribusi adalah sistem yang langsung berhubungan dengan konsumen, yang mempunyai fungsi pokok mendistribusikan air yang telah memenuhi syarat ke seluruh daerah pelayanan. (Joko, 2010)

Joko (2010) mengatakan ada dua hal penting yang harus diperhatikan pada sistem distribusi yaitu tersedianya jumlah air yang cukup dan tekanan yang memenuhi (kontinuitas pelayanan), serta menjaga keamanan kualitas air yang berasal dari instalasi pengolahan.

2.7 Sistem Pengaliran

Menurut Joko (2010), Distribusi air dapat dilakukan dengan beberapa cara, tergantung kondisi topografi yang menghubungkan sumber air dengan konsumen.

Berikut penjelasan dari masing masing sistem pengaliran distribusi air bersih:

- Secara Gravitasi

Cara gravitasi dapat digunakan apabila elevasi sumber air mempunyai perbedaan cukup besar dengan elevasi daerah pelayanan, sehingga tekanan yang diperlukan dapat dipertahankan. (Joko, 2010)

- Cara Pemompaan

Pada cara ini pompa digunakan untuk meningkatkan tekanan yang diperlukan untuk mendistribusikan air dari *reservoir* distribusi ke konsumen. Cara ini digunakan jika daerah pelayanan merupakan daerah yang datar dan tidak ada daerah yang berbukit. (Joko, 2010)

- Cara Gabungan

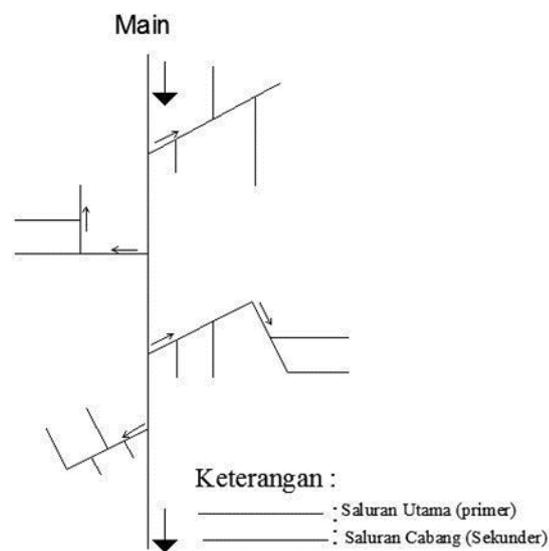
Pada cara gabungan, *reservoir* digunakan untuk mempertahankan tekanan yang diperlukan selama periode pemakaian tinggi dan pada kondisi darurat, misalnya saat terjadi kebakaran, atau tidak adanya energi. Selama periode pemakaian rendah, sisa air dipompakan dan disimpan dalam *reservoir* distribusi. Karena *reservoir* distribusi digunakan sebagai cadangan air selama periode pemakaian tinggi atau pemakaian puncak, maka pompa dapat dioperasikan pada kapasitas debit rata-rata. (Joko, 2010)

2.7.1 Jaringan Distribusi

Bentuk cabang dengan jalur buntu (dead-end) menyerupai cabang sebuah pohon. Pipa induk utama, tersambung pipa induk sekunder, seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 2.1** di bawah ini :

1 Sistem Cabang

Bentuk cabang dengan jalur buntu (dead-end) menyerupai cabang sebuah pohon. Pipa induk utama, tersambung pipa induk sekunder. (Joko, 2010)



Gambar 2.1 Sistem Cabang

Sumber: Joko Tri, 2010

Kelebihan sistem cabang :

- Sistem ini sederhana dan desain jaringan perpipaan jugasederhana.
- Cocok untuk daerah yang sedang berkembang.
- Pengambilan dan tekanan pada titik manapun dapat dihitung dengan mudah.
- Pipa dapat ditambah bila diperlukan (pengembangan kota).
- Dimensi pipa lebih kecil karena hanya melayani populasiyang terbatas.
- Membutuhkan beberapa katup untuk mengoperasikan sistem.

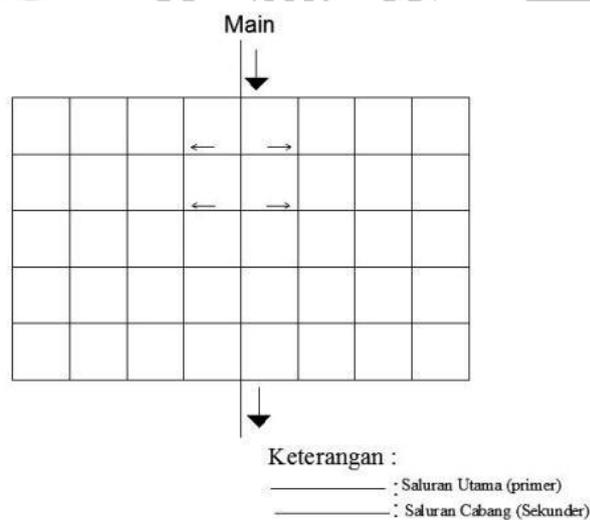
Kekurangan sistem cabang:

- Saat terjadi kerusakan, air tidak tersedia untuk sementara waktu.
- Tidak cukup air untuk memadamkan kebakaran karena suplai air hanya dari pipa tunggal.
- Pada jalur buntu, mungkin terjadi pencemaran dan sedimentasi jika tidak ada penggelontoran.
- Tekanan tidak mencukupi ketika dilakukan penambalan areal ke dalam sistem penyediaan air minum.

2. Sistem Gridiron

Pipa induk utama dan pipa induk sekunder terletak dalam kotak, dengan pipa induk utama, pipa induk sekunder, serta pipapelayanan utama saling terhubung.

(Joko, 2010)



Gambar 2. 2 Sistem Gridiron

Sumber: Joko Tri, 2010

Kelebihan sistem *Gridiron*:

- Air dalam sistem mengalir bebas ke beberapa arah dan tidak terjadi stagnasi seperti cabang.
- Ketika ada perbaikan pipa, air yang tersambung dengan pipa tersebut tetap mendapatkan air dari bagian yang lain.

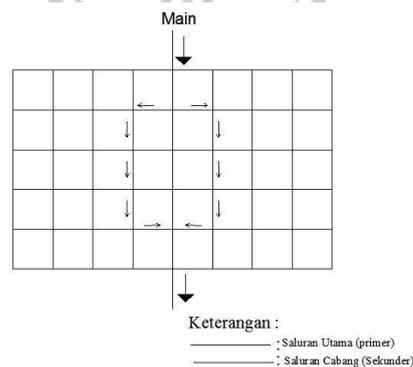
- Ketika terjadi kebakaran, air tersedia di semua arah.
- Kehilangan tekanan pada semua titik dalam sistem minimum.

Kekurangan sistem *Gridiron*:

- Perhitungan pipa lebih rumit.
- Membutuhkan lebih banyak pipa dan sambungan pipasehingga lebih mahal.

3. Sistem Melingkar (*loop*)

Pipa induk utama terletak mengelilingi daerah layanan. Pengambilan dibagi menjadi dua dan masing-masing mengelilingi batas daerah layanan dan keduanya bertemu kembali di ujung. Di dalam daerah layanan, pipa pelayanan utama terhubung dengan pipa induk utama. (Joko, 2010)



Gambar 2. 3 Sistem Melingkar (*Loop*)

Sumber: Joko Tri, 2010

Kelebihan Sistem Melingkar :

- Setiap titik mendapatkan suplai dari dua arah.
- Saat terjadi kerusakan pipa, air dapat disediakan dariarah lain..
- Untuk memadamkan kebakaran, air tersedia dari segalaarah.
- Desian pipa mudah. Kerugian sistem melinkar.
- Membutuhkan lebih banyak pipa.

2.8 Perpipaan

Pipa merupakan komponen utama dalam jaringan perpipaan meliputi transmisi dan distribusi. Pipa yang digunakan dalam berbagai macam jenisnya. (Tambingon, Hendratta, & Sumarauw, 2016)

Jenis pipa ditentukan berdasarkan material pipanya seperti CI, beton (*concrete*), baja, AC, GI, plastic dan PVC. Kelebihan dan kekurangan pemakaian pipa-pipa tersebut :

1. *Cast-Iron Pipe*

Pipa CI tersedia untuk ukuran panjang 3,7 sampai 5,5 meter dengan diameter 50 – 900 mm, serta dapat menahan tekanan air hingga 240 m tergantung besar diameter pipa.

Kelebihan :

- Harga tidak terlalu mahal.
- Ekonomis karena berumur panjang (bisa mencapai 100 tahun).
- Kuat dan tahan lama.
- Tahan korosi jika dilapisi.
- Mudah disambung.
- Dapat menahan tekanan tanpa mengalami kerusakan.

Kekurangan :

- Bagian dalam pipa lama kelamaan menjadi kasar sehingga kapasitas pengangkutan berkurang.
- Pipa berdiameter besar berat dan tidak ekonomis.
- Cenderung patah selama pengangkutan atau penyambungan.

2. *Concrete Pipe*

Pipa beton biasa digunakan jika tidak berada dalam tekanan dan kebocoran pada pipa tidak terlalu dipersoalkan. Diameter pipa beton mencapai 610 mm. Pipa RCC digunakan untuk diameter lebih dari 2,5 m dan didesain untuk tekanan 30 m.

Kelebihan :

- Bagian dalam pipa sangat halus dan kehilangan akibatfriksi paling sedikit.
- Tahan lama, sekurangnya 75 tahun.
- Tidak berkarat atau terbentuk lapisan di dalamnya.
- Biaya pemeliharaan murah.

Kekurangan :

- Pipanya berat dan sulit diangkat.
- Cenderung patah saat pengangkutan.
- Sulit diperbaiki.

3. *Steel Pipe*

Pipa baja digunakan untuk memenuhi kebutuhan pipa yang berdiameter besar dan bertekanan tinggi. Pipa ini dibuat dengan ukuran dan diameter standar. Pipa baja kadang-kadang dilindungi dengan lapisan mortar.

Kelebihan :

- Lebih ringan dari pada pipa CI.
- Mudah dipasang dan disambung.
- Dapat menahan tekanan hingga 70 mka (meter kolom air).

Kekurangan :

- Mudah rusak karena air yang asam dan basa.
- Daya tahan hanya 25 – 30 tahun kecuali dilapisai bahan tertentu.

4. *Asbestos-Cement Pipe*

Pipa ini dibuat dengan mencampurkan serat asbes dengan semen pada tekanan tinggi. Diameternya berkisar 50 -90 mm dan dapat menahan tekanan antara 50 – 250 mka tergantung kelas dan tipe pembuatan.

Kelebihan :

- Ringan dan mudah digunakan.
- Tahan terhadap air yang asam dan basa.

- Bagian dalamnya tahan halus dan tahan terhadap korosi.
- Tersedia dengan ukuran yang lebih panjang sehinggasambungannya lebih sedikit.
- Dapat dipotong menjadi beberapa ukuran panjang dandisambung seperti pipa CI.

Kekurangan :

- Rapuh dan mudah patah.
 - Tidak dapat digunakan untuk tekanan tinggi.
5. *Galvanised- Iron Pipe*
- Pipa GI banyak digunakan untuk saluran dalam gedung. Tersedia untuk ukuran diameter 60 – 750 mm.

Kelebihan :

- Murah.
- Ringan, sehingga mudah digunakan dan diangkut.
- Mudah disambung.
- Bagian dalamnya halus sehingga kehilangan tekanan akibatgesekan kecil.SS

Kekurangan :

- Umur pendek 7 – 10 tahun.
- Mudah rusak karena air yang asam dan basa serta mudah terbentuk lapisan kotoran di bagian dalamnya.
- Mahal dan sering digunakan untuk kebutuhan pipa dengan diameter kecil.

6. *Plastic Pipe*

Pipa pelastik memiliki banyak kelebihan, seperti tahan terhadap korosi, ringan dan murah. Pipa *Polytene* tersedia dalam warna hitam. Pipa ini lebih tahan terhadap bahan kimia, kecuali asam nitrat dan asam kuat, lemak dan minyak.

Pipa plastic terdiri atas 2 (dua) tipe :

- *Low-Density Polytene Pipe.* Pipa ini lebih fleksibel, diameter yang tersedia mencapai 63 mm, digunakan untuk jalur panjang, dan tidak cocok untuk penyediaan air minum dalam gedung.
- *High-Density Polytene Pipe.* pipa ini lebih kuat dibandingkan *Low-Density Polytene Pipe.* Diameter pipaberkisar antara 16 – 400 mm. Pipa plastik tidak bisa memenuhi standar lingkungan, yaitu jika terjadi kontak dengan bahan-bahan seperti asam organik, keton, ester, alkohol, dan sebagainya.

7. *PVC Pipe (Unplasticised)*

Kekurangan pipa PVC (Polivinyl Chloride) adalah tiga kali kekuatan pipa polythene biasa. Pipa PVC lebih kuat dan dapat menahan tekanan lebih tinggi. Sambungan lebih mudah dibuat dengan car las.

Pipa PVC tahan terhadap asam organik, alkali dan garam, senyawa organik, serta korosi. Pipa ini banyak digunakan untuk penyediaan air dingin di dalam maupun di luar sistem penyediaan air minum, sistem pembuangan, dan drainase bawah tanah. Pipa PVC tersedia dalam ukuran yang bermacam-macam.

2.9 Reservoir

2.9.1 Lokasi dan Tinggi Reservoir

Menurut (Peraturan Menteri Pekerja Umum Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum No. 18 (2007) Lokasi dan tinggi reservoir ditentukan berdasarkan pertimbangan sebagai berikut:

- a. Reservoir pelayanan di tempat sedekat mungkin dengan pusat daerah pelayanan, kecuali kalau keadaan tidak memungkinkan. (Peraturan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2007)
- b. Tinggi reservoir pada sistem gravitasi ditentukan sedemikian rupa sehingga tekanan minimum sesuai hasil perhitungan hidrolis di jaringan pipa distribusi. Muka air reservoir rencana diperhitungkan berdasarkan tinggi muka air minimum. (Peraturan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2007)

- c. Jika elevasi muka tanah wilayah pelayanan bervariasi, maka wilayah pelayanan dapat dibagi menjadi beberapa zona wilayah pelayanan yang dilayani masing-masing dengan satu reservoir. (Peraturan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2007)

2.9.2 Volume Reservoir

a. Reservoir Pelayanan

Menurut Peraturan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2007) volume reservoir pelayanan ditentukan berdasarkan:

1. Jumlah volume air maksimum yang harus ditampung 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 pengurusan reservoir, taman dan peristiwa khusus.

b. Reservoir Penyeimbang

Volume efektif reservoir penyeimbang ditentukan berdasarkan keseimbangan aliran keluar dan aliran masuk reservoir selama pemakaian air di daerah pelayanan. Sistem pengisian reservoir dapat dengan sistem pompa maupun gravitasi. Suplai air ke konsumen dilakukan secara gravitasi. (Peraturan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2007)

Dalam Peraturan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2007) dijelaskan beberapa metode perhitungan volume efektif reservoir, antara lain sebagai berikut :

1. Secara Tabulasi

Dengan cara tabulasi, volume efektif adalah jumlah selisih terbesar yang positif (M_3) dan selisih terbesar yang negatif (M_3) antara fluktuasi pemakaian air dan suplai air ke reservoir. Hasil perhitungan nilai kumulatif dibuat dalam bentuk tabel.

2. Metoda Kurva Masa

Volume efektif didapat dari jumlah persentase akumulasi surplus terbesar pemakaian air ditambah akumulasi defisit terbesar pemakaian air terhadap akumulasi pengaliran air ke reservoir (bila pengaliran air ke reservoir dilakukan selama 24 jam).

3. Secara Persentase

Volume efektif ditentukan sebesar sekian persen dari kebutuhan air maksimum per hari minimal 15%. Penentuan dengan cara ini tergantung pada kebiasaan kota yang bersangkutan, karena itu harus berdasarkan pengalaman.

2.10 Hukum Kontinuitas

Apabila zat cair tak kompresibel mengalir secara kontinyu melalui pipa atau saluran, dengan tampang aliran konstan ataupun tidak konstan maka volume cairan yang lewat tiap satuan waktu adalah sama di semua penampang. (Triatmodjo, 2016)

$$Q_{in} = Q_{out}$$

$$A \times V = A \times V \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

Q = Debit aliran (m³/det)

A = Luas penampang (m²)

V = kecepatan aliran (m/det)

2.11 Kecepatan Rerata

Menurut Triatmodjo (2015 : 33) untuk mencari kecepatan rerata, dipandang suatu pias kecil aliran. Apabila debit aliran melalui pipa dengan diameter D adalah Q, maka Kecepatan Rerata V diberikan oleh:

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

Q = Debit Aliran (m³/detik)

V = Kecepatan Aliran (m/detik)

D = Diameter Pipa (m)

2.12 Kehilangan Tenaga Aliran Melalui Pipa

Pada zat cair mengalir di dalam bidang batas (pipa, saluran terbuka atau bidang datar) akan terjadi tegangan geser dan gradien kecepatan pada seluruh medan aliran karena adanya kekentalan. (Triatmodjo, 2015)

Tegangan geser tersebut akan menyebabkan kehilangan tenaga selama pengaliran. Persamaan Bernouli

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

h_1 = Elevasi Pipa 1 dari datum (m)

h_2 = Elevasi Pipa 2 dari datum (m)

P_1 = Tekanan di titik 1 (kg/m^2)

V = Kecepatan aliran (m/det)

G = Gravitasi (m/det^2)

γ_w = Berat jenis air (kg/m^3)

H_f = Head Loss (m)

2.13 Kehilangan Energi Utama (Major Losses)

Menurut Triatmadja (2016 : 288) Dalam perjalanan sepanjang pipa, air kehilangan energy. Hal ini disebabkan antar lain oleh gesekan atau friksi dengan dinding pipa.

1. Persamaan Dary Wesbach

Kehilangan energi utama sepanjang pipa karena gesekan menurut Dary Wesbach di berikan persamaan :

$$h_f = f \frac{L \cdot V}{D \cdot 2g} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

H_f = Kehilangan energi (m)

f = koefisien gesek (Darcy)

V = Kecepatan Aliran Air (m/detik)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/dt²)

D = Diameter Pipa (m)

L = Panjang Pipa (m)

2. Persamaan Hazen Williams

Persamaan ini sangat dikenal di USA. Persamaan kehilangan energi sedikit lebih sederhana dibandingkan Persamaan Dary Wesbach karena koefisien kehilangan (CHW)-nya tidak berubah terhadap angka Reynold. Persamaan ini hanya bisa digunakan untuk air.

$$Q = C_u \times C_{HW} \times d^{2.63} \times i^{0.54} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dari turunan rumus di atas di dapat persamaan 2.10

$$H_f = \frac{Q^{1,85}}{(0,2785 \cdot D^{2,63} \cdot C)^{1,85}} \times L \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

$C_u = 0,2785$

CHW = Koefisien Hazen Williams

I = Kemiringan atau slope garis tenaga ($i = H_f/L$)

Q = Debit (m³/detik)

D = Diameter pipa (m)

H_f = Kehilangan Energi (m)

L = Panjang Pipa (m)

2.14 Kehilangan Tenaga Sekunder dalam Pipa

Kehilangan tenaga yang terjadi pada tempat yang memungkinkan adanya perubahan penampang pipa, sambungan, belokan dan katup (kehilangan tenaga skunder).

Kehilangan tenaga dalam tikungan yang diiris biasanya menjadi oleh gesekan dinding pipa dan perubahan arah aliran. Kombinasi koefisien gesekan dan koefisien perubahan arah aliran adalah kehilangan kepala total pada tikungan irisan. Jika K_b adalah koefisien kerugian total dalam tikungan irisan, maka nilai akhirnya adalah Persamaan (8) + Persamaan (9), dan nilai K_b adalah: (Abduh, Suhardjono, Sumiadi, & Dermawan, 2020)

$$Kb = \delta a + \delta b = f n R \sin \theta D \cos \alpha + [1 - (\cos 2\alpha \cdot \cos(n-1)2\alpha)] \dots \dots (2.11)$$

Jadi kehilangan kepala dari tikungan yang diiris menjadi :

$$hL = Kb \frac{v^2}{2g} = [f n R \sin \theta D \cos \alpha + [1 - (\cos 2\alpha \cdot \cos(n-1)2\alpha)]] \frac{v^2}{2g} \dots (2.12)$$

2.15 *Software* EPANET

Menurut Lewis A. Rossman (2000) *Software* EPANET adalah program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir di dalam jaringan pipa. Jaringan itu sendiri terdiri dari Pipa, Node (titik koneksi pipa), pompa, katub, dan tangki air atau reservoir. EPANET menajaki aliran air di tiap pipa, kondisi tekanan air di tiap titik dan kondisi konsentrasi bahan kimia yang mengalir di dalam pipa selama dalam periode pengaliran. Sebagai tambahan, usia air (water age) dan pelacakan sumber dapat juga disimulasikan.

Lewis A. Rossman (2000) juga menjelaskan bahwa EPANET di design sebagai alat untuk mencapai dan mewujudkan pemahaman tentang pergerakan dan nasib kandungan air minum dalam jaringan distribusi. Juga dapat digunakan untuk berbagai analisa berbagai aplikasi jaringan distribusi. Sebagai contoh untuk pembuatan design, kalibrasi model hidrolis, analisa sisa khlor, dan analisa pelanggan. EPANET dapat membantu dalam memanage strategi untuk merealisasikan kualitas air dalam suatu system.

Fasilitas yang lengkap serta pemodelan hidrolis yang akurat adalah salah satu langkah yang efektif dalam membuat model tentang pengaliran serta kualitas air. EPANET adalah alat bantu analisis hidrolis yang didalamnya terkandung kemampuan seperti :

1. Kemampuan analisa yang tidak terbatas pada penempatan jaringan.
2. Perhitungan harga kekasaran pipa menggunakan persamaan Hazen-Williams, Darcy Weisbach, atau Chezy-Manning.
3. Termasuk juga minor head losses untuk bend, fitting, dsb.
4. Pemodelan terhadap kecepatan pompa yang konstant maupun variable

5. Menghitung energi pompa dan biaya (cost).
6. Pemodelan terhadap variasi tipe dari valve termasuk shutoff, check, pressure regulating, dan flow control valve
7. Tersedia tangki penyimpan dengan berbagai bentuk (seperti diameter yang bervariasi terhadap tingginya).
8. Memungkinkan dimasukkannya kategori kebutuhan (demand) ganda pada node, masing-masing dengan pola tersendiri yang bergantung pada variasi waktu.
9. Model pressure yang bergantung pada pengeluaran aliran dari emitter (Sprinkler head).
10. Dapat dioperasikan dengan system dasar pada tangki sederhana atau kontrol waktu, dan pada kontrol waktu yang lebih kompleks

