

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Umum

Menurut (Tambingon, Hendratta and Sumarauw, 2016) Distribusi air melalui sistem sanitasi di gedung pengolahan air (reservoir) dalam area layanan dikenal sebagai sistem distribusi air bersih. (Consumers).

Menurut (Gunawan, Wuisan and Tandjaja, 2018) mendefinisikan sistem dari sebaran sebagai sebuah rangkain atau sistem yang terhubung secara direct dengan pelanggan dan sebagai tugas utamanya adalah mengalirkan air yang sesuai dengan standar kepada daerah layanan. Melakukan penjagaan terhadap kualitas air yang bersumber dari perawatan, serta memastikan bahwa ada cukup air yang tersedia dan pada tekanan yang tepat untuk memenuhi permintaan (kesinambungan layanan), adalah dua aspek penting dari pemeliharaan sistem distribusi.

Untuk menyediakan air minum kepada konsumen dari reservoir distribusi, jaringan distribusi terdiri dari jaringan sistem drainase (Badan Standardisasi Nasional, 2011). Banyak faktor yang perlu dipertimbangkan ketika merencanakan sistem distribusi air bersih, seperti jumlah orang yang terlayani, area dari layanan, persyaratan air, jenis dari koneksi sistem, topografi dari wilayah, pipa, berbagai jenis konektivitas sistem, pola dari jaringan, jenis aliran, peralatan rangkaian air bersih dan pemberlakuan jenis kebocoran. Kebutuhan air harus dipenuhi melalui jaringan distribusi dalam sistem air bersih.

Sebuah daerah atau kota membutuhkan sistem pasokan air yang dapat mendukung lingkungan yang didistribusikan dengan baik karena pertumbuhan populasi tahunan membuatnya diperlukan.

## 2.2 Perkembangan Penduduk

Peningkatan populasi merupakan pertimbangan yang paling krusial dalam merencanakan dari adanya kebutuhan akan air bersih di masa datang. Strategi untuk memenuhi meningkatnya permintaan air bersih tiap tahunnya adalah dengan memprediksi tingkat pertumbuhan populasi dan peningkatan jumlah penggemar distribusi air bersih melalui Perumda. Oleh karena itu, sangat penting untuk memiliki proyeksi populasi untuk tahun perencanaan untuk menganalisis keberadaan jaringan saat ini dengan kecepatan perkembangan populasi. Ada banyak cara untuk memprediksi populasi yaitu :

### 2.2.1 Metode Aritmatik

Menurut (PUPR, 1996) Pendekatan ini dianggap cocok untuk wilayah di mana pertumbuhan populasi terus-menerus, dengan rumus.

$$P_n = P_o + a \cdot n \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

$P_n$  = Jumlah penduduk pada tahun proyeksi (jiwa)

$P_o$  = Jumlah penduduk pada awal tahun dasar (jiwa)

$a$  = Rata-rata penambahan penduduk (jiwa/tahun)

$n$  = Kurun waktu proyeksi (tahun)

### 2.2.2 Metode Geometri

Menurut (PUPR, 1996) Proyeksi metode ini membuat asumsi bahwa peningkatan populasi tidak dapat dihindari menyebabkan dua kali lipat perkembangan populasi. Probabilitas perkembangan yang memburuk akibat kepadatan populasi mendekati maksimum tidak diperhitungkan oleh metode ini. Karena sederhana dan akurat, pendekatan ini sering digunakan, dengan rumus:

$$P_n = P_o + (1 + r) n \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

$P_n$  = Jumlah penduduk pada tahun proyeksi (jiwa)

$P_o$  = Jumlah penduduk pada awal tahun dasar (jiwa)

a = Rata-rata pertambahan penduduk (%)

n = Selisih antara tahun proyeksi dengan tahun dasar (tahun)

### 2.2.3 Metode Least Square

Menurut (PUPR, 1996) Metode ini dapat diterapkan pada daerah di mana pertumbuhan populasi menunjukkan kecenderungan pertumbuhan linear, bahkan ketika tren pertumbuhan tidak meningkat secara konsisten, dengan rumus:

$$P_n = a + b \cdot x \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

$P_n$  = Banyaknya penduduk di tahun proyeksi (jiwa)

$$a = \frac{\sum P \cdot \sum x^2 - \sum x \cdot \sum P \cdot x^2}{N \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{N \cdot \sum P \cdot x - \sum x \cdot \sum P}{N \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

### 2.3 Kebutuhan Air Bersih

Menurut (PUPR, 1996) memberikan pengertian terhadap kebutuhan air meliputi kerugian air dan jumlah yang dibutuhkan untuk petugas pemadam kebakaran, dan dihitung sebagai jumlah air yang dibutuhkan untuk satu unit konsumsi air atau kebutuhan dasar. Sepanjang tahun, tuntutan dan kerugian fundamental ini berubah setiap waktunya. Penggunaan air adalah jumlah total air yang dikonsumsi untuk banyak tujuan ini. Ada sejumlah faktor yang mempengaruhi berapa banyak air yang digunakan, termasuk:

- Jumlah, kontinuitas, dan kualitas air yang tersedia.
- kebiasaan komunitas
- Kebutuhan dan pola mereka
- Aspek teknis dari ketersediaan air, seperti sistem penghapusan dan distribusi limbah, memiliki dampak pada aksesibilitas dan kualitas air bersih.
- kondisi sosial-ekonomi regional

### 2.3.1 Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik didefinisikan bentuk dari kebutuhan air bersih untuk kebutuhan rumah tangga yang dipenuhi oleh Home Connection (SR) dan kebutuhan umum yang dipuaskan oleh General Hydrant (HU) atau General Crane (KU) (Anastasya Feby Makawimbang Lambertus Tanudjaja, 2017). Oleh karena itu, antara lain, kita perlu tahu berapa banyak orang yang akan ada di masa depan untuk memperkirakan jumlah air yang akan dibutuhkan.

- Jumlah populasi masa depan dihitung menggunakan populasi yang ada sebagai dasar.
- Pertumbuhan Populasi

Dengan menggunakan statistik yang disebutkan di atas, kita dapat memprediksi pertumbuhan populasi masa depan dan kebutuhan air. Lebih banyak air akan dibutuhkan seiring dengan pertumbuhan populasi. Kebutuhan air domestik kota jatuh ke dalam beberapa kategori, termasuk: Kategori Kota I (Metropolitan)

- Kota di Kategori II (Kota Besar)
- Kota di Kategori III (Kota Sedang)
- Kota di Kategori IV (Kota Kecil)
- Kota di Kategori V (Desa)

Tabel 2.1 memberikan informasi tentang kriteria perencanaan air bersih untuk masing-masing kategori

**Tabel 2.1** Kriteria Perencanaan Air Bersih

NO	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
		Metro	Besar	Sedang	Kecil	Desa
1.	Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) 1/org/hari	>150	120-150	90-120	80-120	60-80
2.	Konsumsi Unit Hidran Umum (HU) 1/org/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/ha)	0,2-0,8	0,2-0,8		0,2-0,8	
	d. Pariwisata (liter/detik/ha)	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 Maksimum Perhari	1,15-1,25	1,15-1,25	1,15-1,25	1,15-1,25	1,15-1,25
6.	Faktor Pada Jam Puncak	1,75-2,0	1,75-2,0	1,75-2,0	1,75	1,75
7.	Jumlah Jiwa Per SR	5	5	5	5	5
8.	Jumlah Jiwa Per HU	100	100	100	100-200	200
9.	Sisa tekan di Jaringan Distribusi (meter)	10	10	10	10	10
10.	Jam Operasi (jam)	24	24	24	24	24
11.	Volume Reservoir (%)	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	80:20:00	70:30:00	70:30:00
13.	Cakupan Pelayanan (%)	90	90	90	70	70

Sumber: Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 1996

### 2.3.2 Kebutuhan Air Non Domestik

Menurut (Anastasya, 2017) Kebutuhan air bersih untuk fasilitas dan fasilitas di daerah yang ditunjuk yang ada atau akan ada berdasarkan rencana perencanaan spasial dikenal sebagai kebutuhan air non domestik. Selain melayani kepentingan komersial seperti akomodasi, kantor, restoran, dan sejenisnya, komoditas dan persediaan juga memiliki kepentingan sosial dan umum untuk hal-hal seperti pendidikan, tempat ibadah, dan kesehatan.

Memahami rencana pembangunan perkotaan dan operasinya penting dalam melakukan analisis perkembangan kebutuhan air diluar perumahan.

**Tabel 2.2** Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kota Kategori I, II, III, dan IV

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Sekolah	10	liter/murid/hari
Rumah Sakit	200	liter/bed/hari
Puskesmas	2000	liter/unit/hari
Masjid	3000	liter/unit/hari
Kantor	10	liter/pegawai/hari
Pasar	12000	liter/hektar/hari
Hotel	150	liter/bed/hari
Rumah Makan	100	liter/tempat duduk/hari
Komplek Militer	60	liter/orang/hari
Kawasan Industri	0,2-0,8	liter/detik/hektar
Kawasan Pariwisata	0,1-0,3	liter/detik/hektar

**Sumber:** Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 1996

**Tabel 2.3** Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kategori V (Desa)

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Sekolah	5	liter/murid/hari
Rumah Sakit	200	liter/bed/hari
Puskesmas	1200	liter/unit/hari
Masjid	3000	liter/unit/hari
Mushola	2000	liter/unit/hari
Pasar	12000	liter/hektar/hari
Komersial/industri	10	liter/hari

**Sumber:** Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 1996

**Tabel 2.4** Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kategori

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Lapangan Terbang	10	liter/orang/detik
Pelabuhan	50	liter/orang/detik
Stasiun KA dan Terminal Bus	10	liter/orang/detik
Kawasan Industri	0,75	liter/detik/hektar

**Sumber:** Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 1996

Jadi, kita harus menyadari jenis dan jumlah sumber daya yang akan tersedia, atau, untuk mengatakannya dengan cara lain, kita seharusnya menyadari:

- Jenis dan jumlah sumber daya yang diperkirakan saat ini tersedia ditentukan dengan menggunakan jenis dan kuantitas sumber daya saat ini yang tersedia sebagai dasar.

- Pengembangan sumber daya masa depan diperkirakan dalam hal jumlah dan jenis.

## 2.4 Kebocoran Air

Salah satu alasan utama yang berkontribusi adalah kebocoran air, yang diartikan ketidaksesuaian antara dari jumlah air yang dihasilkan dengan jumlah yang dijual seperti yang ditunjukkan oleh data pada meter air mereka. Kebocoran air dibagi menjadi dua bagian:

- Halaman fisik

Kebocoran fisik terjadi oleh layanan air tanpa meter air yang dapat mengakibatkan koneksi yang tidak tercatat, pemadam kebakaran, pencuci jalan, pipa yang bocor, reservoir yang menguap, dan pembersih jalan.

- Kegagalan dalam administrasi

Kebocoran air administratif disebabkan oleh pengukuran yang tidak terdaftar, kegagalan dalam sistem pembaca, dan air yang digunakan melebihi yang diizinkan.

## 2.5 Fluktuasi Kebutuhan Air

Perubahan musim adalah satu aspek yang secara signifikan mempengaruhi berapa banyak air yang dibutuhkan; biasanya, selama musim hujan, kebutuhan air meningkat karena suhu yang relatif lebih hangat. Jumlah air yang dibutuhkan setiap hari bervariasi.

Peningkatan permintaan air dimulai pada jam 4 sore dan puncaknya pada jam 6 sore karena peningkatan aktivitas warga, yang mencakup mandi, membersihkan, dan mencuci. Tidak akan ada banyak kegiatan yang membutuhkan air selama jam berikutnya setelah jam 7 pagi ketika orang mulai bekerja dan melakukan hal-hal lain, oleh karena itu selama beberapa jam kebutuhan masyarakat akan air akan relatif rendah. Orang-orang akan mulai pulang setelah hari kerja yang panjang setelah jam 4 sore, yang berarti mereka akan mandi dan membersihkan. Bisa dihitung bahwa dari 16:00 hingga 19:00,

konsumsi air akan meningkat sekali lagi (Triatmadja, 2018).

## 2.6 Kualitas Air Baku

### 2.6.1 Sistem Pendistribusian

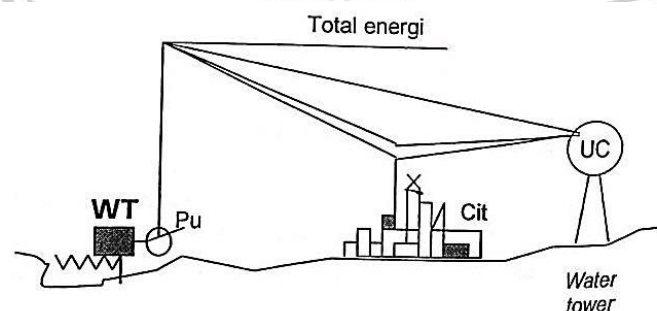
Menurut (Tambingon, Hendratta and Sumarauw, 2016) Distribusi air melalui sistem sanitasi di gedung pengolahan air (reservoir) dalam area layanan dikenal sebagai sistem distribusi air bersih. (Consumers). Sedangkan (Anastasya, 2017) mendefinisikan sistem distribusi sebagai sistem yang terhubung langsung dengan pelanggan dan yang tujuan utamanya adalah menyalurkan air yang sesuai kriteria ke seluruh daerah layanan. Menjaga keamanan dan kemurnian air yang berasal dari fasilitas perawatan, serta memastikan bahwa ada cukup air yang tersedia dan pada tekanan yang tepat untuk memastikan kontinuitas layanan, adalah dua aspek penting dari manajemen sistem distribusi.

### 2.6.2 Sistem Pengaliran

Berbagai metode distribusi udara ada, tergantung pada topografi yang menghubungkan sumber udara dan pengguna akhir. Udara dapat disalurkan ke konsumen dengan tekanan yang cukup dengan gravitasi, pompa, atau campuran pompa dan gravitasi (Joko, 2010:15). Berikut adalah gambaran dan penjelasan dari setiap sistem distribusi air bersih menurut (Joko, 2010) :

#### 1. Sistem Gravitasi

Ketika ketinggian sumber air berbeda secara signifikan dari ketinggian area layanan untuk memungkinkan tekanan yang diperlukan untuk dipenuhi, metode gravitasi ini dapat digunakan.



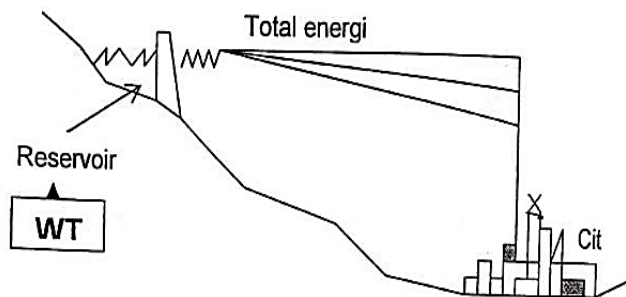
**Gambar 2.1 Sistem Gravitasi**



Sumber : Joko, 2010

## 2. Sistem Pemompaan

Ketika tidak ada bukit di area layanan dan wilayahnya datar, sistem pompa digunakan untuk meningkatkan tekanan dalam mentransfer air dari reservoir ke masyarakat.

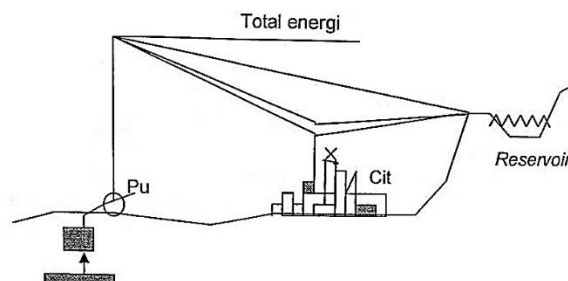


**Gambar 2.2 Sistem Pemompaan**

Sumber : Joko, 2010

## 3. Sistem Gabungan

Adalah mungkin untuk menentukan aliran sistem gabungan dengan menggunakan tangki untuk tujuan tekanan. Ketika penggunaan tertinggi, pompa berjalan pada kapasitas pelepasan rata-rata, dan reservoir berfungsi sebagai cadangan air.



**Gambar 2.3 Sistem Gabungan**

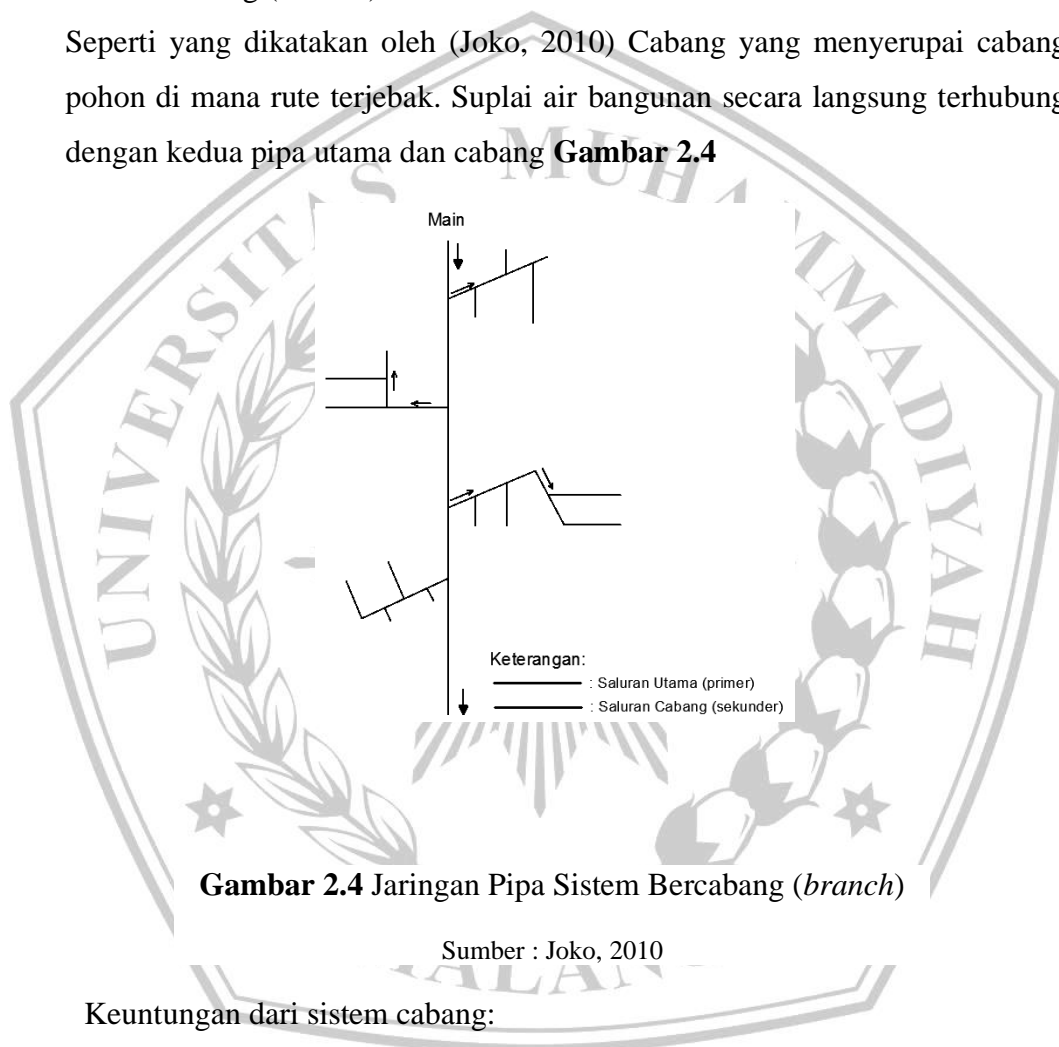
Sumber : Joko, 2010

### 2.6.3 Sistem Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi adalah sistem pipa yang saling terhubung yang menyediakan air untuk pengguna akhir. Topografi wilayah layanan dan lokasi situs pemrosesan mendikte tata letak distribusi. Mengingat bahwa itu dikategorikan sebagai:

#### 1. Sistem Cabang (*branch*)

Seperti yang dikatakan oleh (Joko, 2010) Cabang yang menyerupai cabang pohon di mana rute terjebak. Suplai air bangunan secara langsung terhubung dengan kedua pipa utama dan cabang **Gambar 2.4**



**Gambar 2.4** Jaringan Pipa Sistem Bercabang (*branch*)

Sumber : Joko, 2010

Keuntungan dari sistem cabang:

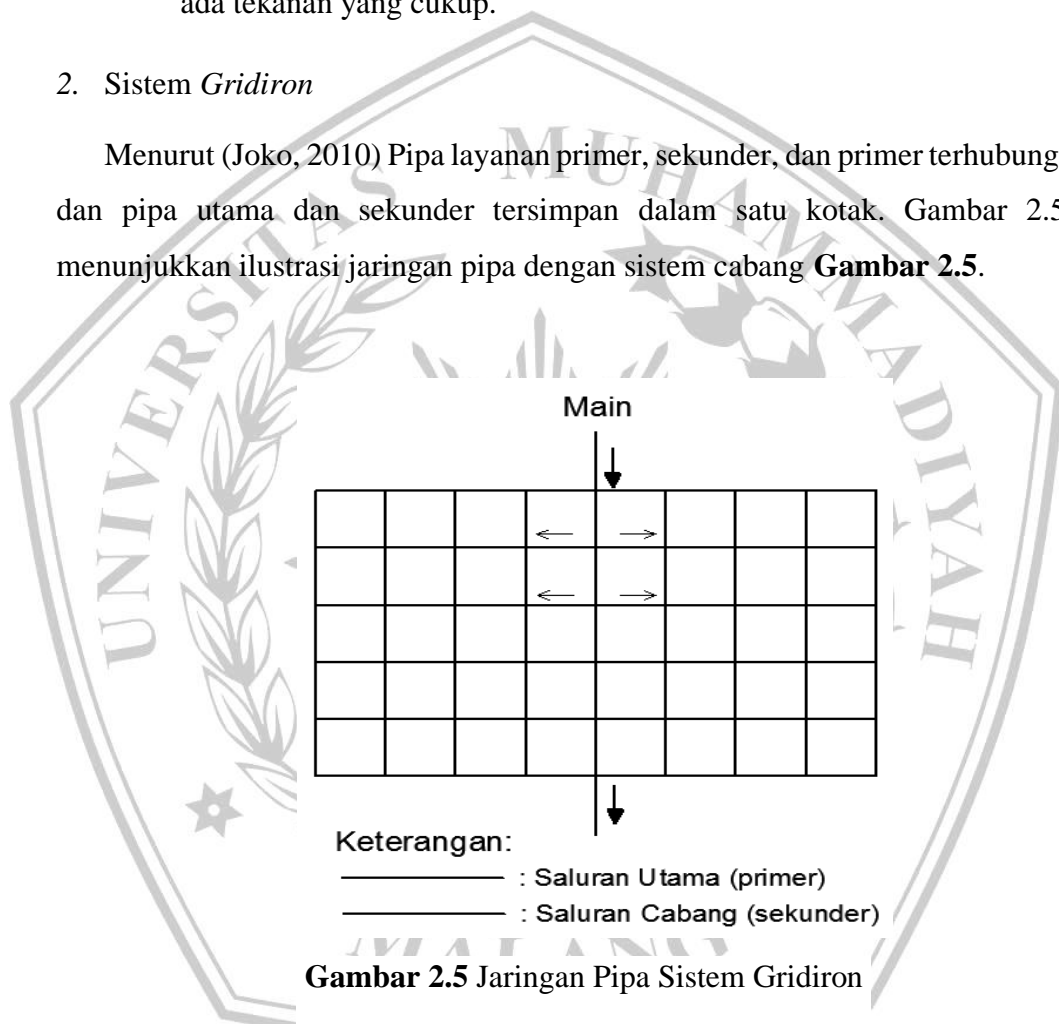
- Sistem untuk desain pipa mudah dipahami.
- Ideal untuk digunakan di negara-negara miskin.
- Sangat mudah untuk menghitung tekanan dan penyerapan pada posisi tertentu.
- Jika diperlukan, lebih banyak pipa dapat dipasang (pengembangan kota).
- Karena melayani populasi yang lebih kecil, ukuran pipa lebih kecil.
- Butuh beberapa gelombang untuk berfungsi.

Aspek negatif dari sistem cabang

- Air tidak tersedia untuk beberapa saat setelah kerusakan.
- Tidak cukup air untuk memadamkan api karena hanya ada satu pipa yang menyediakan air.
- Jika tidak ada kebocoran pada kekacauan, kontaminasi dan sedimentasi dapat terjadi.
- Ketika daerah ini terhubung ke sistem pengiriman air minum, tidak ada tekanan yang cukup.

## 2. Sistem Gridiron

Menurut (Joko, 2010) Pipa layanan primer, sekunder, dan primer terhubung, dan pipa utama dan sekunder tersimpan dalam satu kotak. Gambar 2.5 menunjukkan ilustrasi jaringan pipa dengan sistem cabang **Gambar 2.5**.



Sumber : Joko, 2010

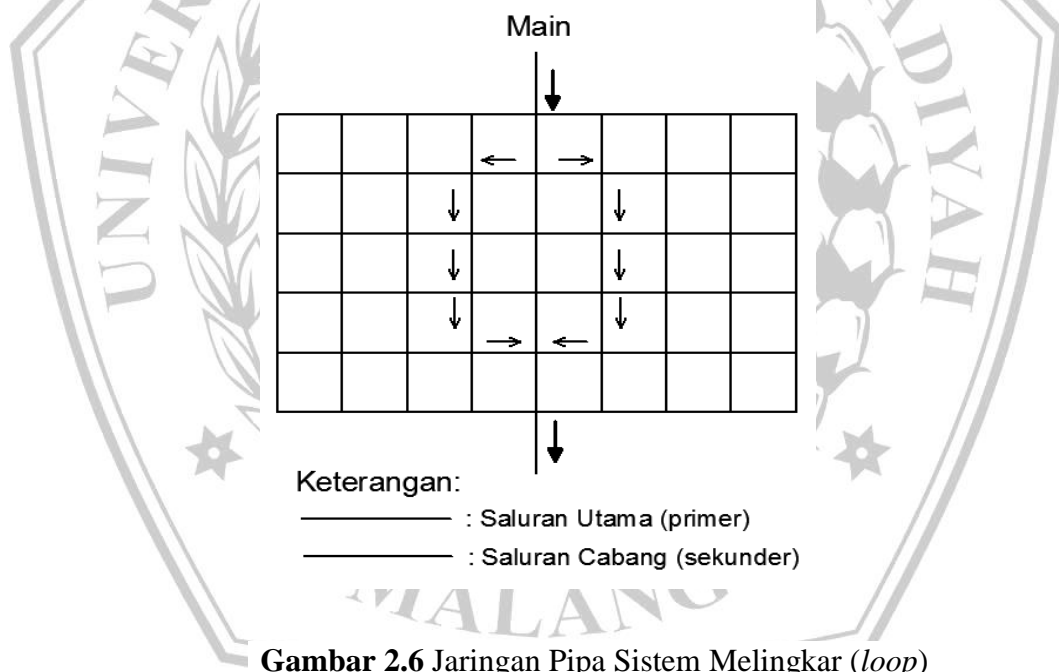
Manfaat Sistem Gridiron

- Tidak ada stagnansi dalam sistem, tidak seperti cabang, dan air mengalir bebas ke semua arah.
- Air yang terhubung ke pipa terus mendapatkan air dari bagian lain bahkan setelah perbaikan.

- Air tersedia di setiap arah saat terjadi kebakaran.
- Ada sangat sedikit kehilangan tekanan di seluruh sistem.\
- Beberapa kelemahan dengan sistem Gridiron
- Perhitungan untuk pipa lebih rumit.
- Harganya lebih mahal karena membutuhkan lebih banyak pipa dan koneksi pipa..

### 3. Sistem Melingkar (*loop*)

Menurut (Joko, 2010) Area layanan dikelilingi oleh pipa utama. Pickup dibagi menjadi dua, masing-masing mengelilingi perimeter area layanan sebelum bergabung di finish. Pipa layanan utama terhubung ke pipa master utama di area layanan. Sistem yang paling sempurna adalah ini. Gambar 2.6 menunjukkan ilustrasi jaringan pipa menggunakan sistem loop.



**Gambar 2.6** Jaringan Pipa Sistem Melingkar (*loop*)

Sumber : Joko, 2010

Sistem loop memiliki keuntungan sebagai berikut:

- Setiap titik menerima pasokan dari dua sumber.
- Air dapat disediakan dari arah yang berlawanan jika pipa rusak.
- Air tersedia di semua arah untuk memadamkan api.

- Desain pipa sederhana.

Sistem loop memiliki kelemahan berikut:

- Dibutuhkan lebih banyak pipa.

## 2.7 Perpipaan

### 2.7.1 Perpipaan Transmisi

Menurut (Joko, 2010:153) Pipa transmisi adalah sistem aliran air sebelum memasuki bangunan perawatan, biasanya dibangun berdasarkan kebutuhan maksimum tergantung pada kebutuhan populasi.

Jenis pipa ditentukan oleh bahan pipa seperti CI, beton, baja, AC, GI, plastik, dan PVC. Keuntungan dan kerugian menggunakan pipa ini:

#### 1. *Cast-Iron Pipe*

Ada pipa besi cast dalam panjang mulai dari 3,7 meter hingga 5,5 meter dan diameter mulai dari 50 hingga 900 milimeter. Tergantung pada ukuran diameter pipa, pipa CI dapat mentolerir tekanan hingga 240 meter.

Manfaat

- Biaya yang wajar keuangan
- jika ditutupi dengan zat anti-korosi, tahan terhadap korosi
- Koneksi pipa cukup sederhana untuk digunakan.
- mampu menahan tekanan air tanpa mengalami kerusakan.

Kekurangan

- Interior pipa kuno rusak, yang menurunkan kapasitas transitnya.
- Pipa diameter besar mahal dan berat.
- mudah rusak saat diangkut atau dihubungkan.

#### 2. *Concrete Pipe*

Ketika tidak ada tekanan pada pipa dan kebocoran tidak menjadi masalah utama, pipa beton biasanya digunakan. Pipa beton memiliki diameter 610 mm. Pipa RCC dapat memiliki diameter hingga 2,5 meter dan dimaksudkan untuk tekanan hingga 30 meter.

**Keuntungan:**

- Interior pipa sangat halus dan kehilangan karena ada gesekan minimal.
- Memiliki masa pakai minimal 75 tahun
- Tahan terhadap karat dan pembentukan lapisan internal Biaya pemeliharaan yang rendah

**Kelemahan:**

- Berat dan menantang untuk mengangkat;
- Mudah pecah saat diangkut;
- Sulit untuk memperbaiki

**3. *Steel Pipe***

Persyaratan untuk pipa dengan diameter besar dan tekanan tinggi dipenuhi oleh pipa baja. Kadang-kadang lapisan mortir digunakan untuk melindungi pipa baja.

**Manfaat Kuat**

- Kurang berat dari pipa CI
- Mudah dihubungkan dan dipasang
- Dapat menahan tekanan hingga 70 mka (water column meter)
- Satu kelemahan adalah bahwa air dasar dan asam dapat dengan mudah merusaknya.
- Hanya tahan 25-30 tahun jika tidak ditutupi dengan bahan tertentu.

**4. *Asbestos-Cement Pipe***

Tekanan tinggi digunakan untuk menggabungkan serat asbestos untuk membuat pipa ini. Tergantung pada kelas dan jenis manufaktur, diameternya berkisar dari 50 hingga 90 mm, dan tekanan yang dapat ditahan antara 50 dan 250mka.

**Manfaat**

- Mudah digunakan dan ringan
- Toleransi terhadap air dasar dan asam
- Terbuat dari bahan yang lembut dan tahan korosi di dalamnya.
- Ukuran yang lebih panjang tersedia untuk mengurangi konektivitas
- dapat dibagi menjadi beberapa panjang dan disatukan seperti pipa CI

Untuk Drawbacks:

- Sensitif dan cepat rusak
- Tidak cocok untuk penggunaan tekanan tinggi.

#### 5. *Galvanised-Iron Pipe*

Saluran internal sangat digunakan dengan pipa GI. Tersedia dalam diameter dari 60 hingga 750 mm.

Manfaat

- Biaya Rendah
- Cahaya, begitu muda, diangkat, dan digunakan
- Mudah untuk membuat koneksi

Kelemahan

- Sebagian kecil gesekan menyebabkan bagian dalam kehilangan tekanan karena sangat halus.
- Untuk Drawbacks (7–10 years old)
- Air asam dan basal dapat dengan mudah menghancurkannya, dan kotoran bisa dengan mudah menumpuk di dalamnya.
- mahal dan sering diterapkan pada pipa dengan diameter sederhana.

#### 6. *Plastic Pipe*

Pipa plastik ringan, tahan korosi, dan harga yang wajar, di antara banyak manfaatnya. Pipa politen datang dalam warna hitam. Dengan pengecualian asam kuat, lemak, dan minyak dan asam nitrat, pipa ini lebih tahan terhadap bahan kimia.

Ada dua jenis pipa plastic :

- Pipa Politen dengan Densitas Rendah Pipa-pipa ini digunakan untuk rute yang panjang, memiliki diameter 63 mm, lebih fleksibel, dan tidak boleh digunakan untuk menciptakan pasokan air minum.
- Pipa yang dikemas dengan tipis. Dibandingkan dengan Pipa Politen Densitas Rendah, pipa ini lebih kuat. Diameter pipa bervariasi dari 16 hingga 400 mm. Ketika pipa plastik bersentuhan dengan senyawa seperti asam organik, keton, ester, alkohol, dan sebagainya, mereka tidak dapat menahan lingkungan biasa.

## 7. PVC Pipe (*Unplasticised*)

PVC (polyvinyl chloride) pipa memiliki kelemahan menjadi tiga kali lebih kuat daripada pipa politen biasa. Pipa PVC lebih tahan lama dan mampu menahan tekanan yang meningkat. Melakukannya dengan menggunakan mobil pengelasan lebih mudah. PVC pipa tahan terhadap korosi, bahan kimia organik, alkali dan garam, dan asam organik. Pipa-pipa ini sering digunakan dalam drainase bawah permukaan, sistem sanitasi, dan sistem pengiriman air minum untuk memasok udara dingin baik di dalam maupun di luar. Pipa PVC hadir dalam berbagai ukuran.

### 2.7.2 Pipa Distribusi

#### 1. Penanaman Pipa

Pipa distribusi utama dipasang sejauh mungkin di tanah. Ketebalan tanah minimum dari penutup pipa ditetapkan pada delapan puluh cm dalam keadaan normal dan seratus cm bagi yang berada di bawah jalan. Pemasangan di lakukan di sepanjang jalan guna kemudahan inspeksi .

#### 2. Perlengkapan Pipa

Ada berbagai peralatan untuk aliran air di rancangan distribusi air mentah diluar pipa, antara lain:

##### a. Air Valve

*Air Valves* (katup udara ) berguna untuk membiarkan udara keluar dari pipa. Secara umum, peralatan ini tidak diperlukan untuk pipa distribusi di jembatan pipa atau pada jalur distribusi utama yang sangat panjang.

##### b. Pengurasan

Peralatan drainase diperlukan untuk menghilangkan kotoran di dalam pipa. Ini biasanya dipasang di titik terendah di pipa distribusi dan di jembatan pipa.

##### c. Hidran Kebakaran (Fire Hydrant)

Unit ini harus disediakan di fasilitas distribusi sebagai tempat untuk mengumpulkan air yang dibutuhkan dalam kasus kebakaran.



d. Menggunakan *Stop/Gate Valve*

*Gate Valve* harus dipasang di area perencanaan yang dibagi menjadi blok layanan, tergantung pada kondisi topografis dan fasilitas yang ada. Peralatan ini diperlukan untuk memisahkan/lokalisasi blok / layanan / jalur yang berperan penting pada proses perawatan.

e. Alat (*fitting*)

Alat-alat (tees, kurva, reduktor, dll) harus dipasang di platform yang diperuntukan distribusi sesuai kebutuhan lapangan.

f. Peralatan kontrol pada aliran

Bagian peralatan ini terdiri dari situs drainase dan gerbang katup dan dari perangkat yang memasukkan agen pembersihan ke dalam pipa. Peralatan ini harus dipasang di ruang yang cukup besar, dengan saluran yang lebih rendah atau area di mana air dari drainase tersebut dapat bergerak.

g. Jalan Pipa Sekunder/Tersier

Sambungan rumahan/hubungan yang memakai bangunan lain tidak diperkenankan dihubungkan ke pipa distribusi utama dengan diameter yang melebihi dari seratus lima puluh mili meter. Dalam hal ini, pipa sekunder/tertiary dengan diameter 80 mm atau 50 mm harus dipasang (seperti yang berlaku) secara paralel dengan diameternya pipa utama untuk pemasangan koneksi perumahan. (Joko, 2010:23).

## **2.8 Perpipaan**

### **2.8.1 Lokasi dan Tinggi Reservoir**

Sesuai dengan Peraturan Kementerian Pekerjaan Umum Nomor 18 Tahun 2007 tentang Pemeliharaan Sistem Sanitasi Air Minum, faktor-faktor berikut.

a. Menentukan lokasi dan tingkat reservoir

Kecuali jika situasi sangat tidak biasa, reservoir layanan harus terletak sejauh mungkin dekat dengan pusat area layanan. Instalasi pipa paralel juga harus dipertimbangkan

b. Ketinggian reservoir sistem gravitasi dipilih sehingga tekanan minimum sesuai dengan hasil perhitungan hidrolisis di jaringan pipa distribusi.

- c. Jika ketinggian permukaan tanah area layanan bervariasi, area dapat dibagi menjadi banyak zona area layanan, masing-masing disediakan oleh cadangan terpisah.

### 2.8.2 Volume Reservoir

#### a. Reservoir Pelayanan

Jumlah air maksimum yang harus disimpan ketika dibutuhkan air minum, bersama dengan volume air yang perlu disalurkan selama jam puncak karena variasi dalam konsumsi air di area layanan dan waktu pengisian tangki, adalah faktor yang menentukan volume tangki layanan.

- Kebutuhan air khusus, seperti irigasi cadangan, taman, dan acara khusus;
- Pengiriman air oleh departemen pemadam kebakaran kota sesuai dengan peraturan yang berlaku di wilayah departemen Pemadam Kebakaran lokal..

#### b. Reservoir Penyeimbang

Berdasarkan keseimbangan arus masuk dan keluar dari reservoir selama konsumsi air di area layanan, volume efisien reservoir penyeimbangan dihitung. Metode dipompa atau gravitasi tersedia untuk mekanisme pengisian reservoir. Teknik untuk mengetahui volume efisien reservoir:

- Totalnya

Perbedaan positif terbesar ( $m^3$ ) dan perbedaan negatif terbesar ( $M^3$ ) antara variasi pasokan air dan penggunaan ke reservoir menambah volume efektif melalui tabulasi. Sebuah tabel diproduksi sebagai hasil dari perhitungan nilai kumulatif.

- Teknik Kurva Waktu

Penggunaan air defisit terbesar ditambah penggunaan air kelebihan terbesar, dinyatakan sebagai persentase, ditambahkan ke aliran air reservoir untuk menentukan volume efektif (bila pengaliran air ke reservoir dilakukan selama 24 jam).

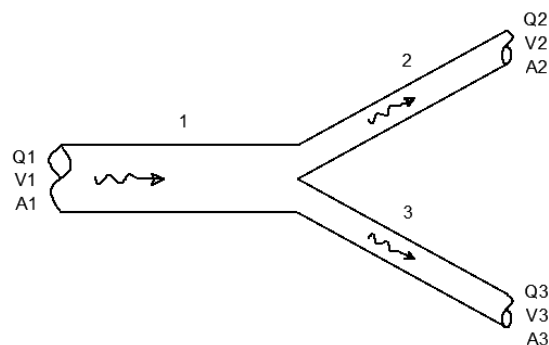
- Persentase

Volume efektif ditentukan sebagai persentase dari kebutuhan air harian maksimum (setidaknya 15%). Jenis tindakan ini ditentukan oleh

kebiasaan lokal, karena harus didasarkan pada pengalaman sebelumnya. Peraturan Meteri Pekerjaan Umum, 2007.

## 2.9 Hukum Kontinuitas

Triatmodjo (1993:136) menyatakan bahwa ketika materi cair mengalir melalui saluran atau pipa terbuka - dengan atau tanpa aliran konstan - keadaan hukum kontinuitas dalam hal ini adalah bahwa volume materi cairan yang mengalir melalui setiap waktu tetap konstan sepanjang persimpangan..



**Gambar 2.7 Saluran Pipa pada Diameter Berbeda**

Sumber : Triatmodjo, 2016

$$A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2 \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

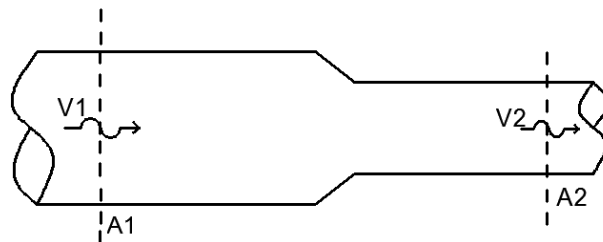
$V_1$  = Kecepatan aliran penampang 1 (m/detik)

$A_1$  = Luas penampang 1 ( $m^2$ )

$V_2$  = Kecepatan aliran penampang 2 (m/detik)

$A_2$  = Luas penampang 2 ( $m^2$ )

Pada pipa bercabang, besarnya debit yang masuk ke cabang harus sama besar dengan debit yang ditinggalkan.



**Gambar 2.8 Persamaan Kontinuitas Pipa Bercabang**

Sumber : Triatmodjo, 2016

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \dots\dots\dots(2.5)$$

### 2.10 Kecepatan Rerata

Triatmodjo (Hydraulika II 2010:33) menyatakan bahwa seseorang harus mencari kecepatan rerata, yang dianggap sebagai segmen kecil aliran. Kecepatan Rerata  $V$  diberikan oleh ketika aliran melalui pipa dengan diameter  $D$  adalah  $Q$  :

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

Dimana:

$Q$  = Debit aliran ( $m^3/det$ )

$V$  = Kecepatan Aliran ( $m/det$ )

$D$  = Diameter Pipa ( $m$ )

### 2.11 Kehilangan Tenaga Aliran Melalui Pipa

Triatmodjo (2008:25-26) menyatakan bahwa keberadaan blokade menyebabkan gradient kecepatan dan tegangan meluncur terjadi di sepanjang jalur aliran dalam pipa atau saluran terbuka yang membawa zat cair. Pipa yang melengkung, seperti pada gambar di atas, hanya mengakibatkan hilangnya daya. Pipa ini tersedia dalam tiga gaya berbeda: meluncur, gravitasi, dan tekanan. Persamaan Bernoulli untuk aliran pipa ditunjukkan di sini:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + hf \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

$h_1$  = Elevasi Pipa 1 dari datum (m)

$h_2$  = Elevasi Pipa 2 dari datum (m)

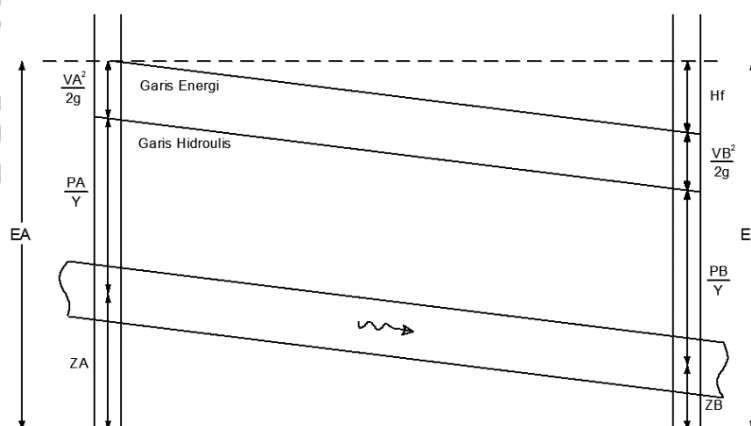
$P_1$  = Tekanan di titik 1 ( $\text{kg/m}^2$ )

$V$  = Kecepatan aliran (m/det)

$g$  = Gravitasi ( $\text{m/det}^2$ )

$\gamma_w$  = Berat jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )

$H_f$  = Head Loss (m)



**Gambar 2.9** Garis Energi dan Hidrolis Zat Cair

Sumber : Triatmodjo, 2008

## 2.12 Kehilangan Energi Utama (Mayor)

kehilangan energi yang signifikan sebagai akibat dari gesekan di dalam pipa atau dengan dindingnya. Kekerasan cairan dan kelembaban yang tidak sempurna dari dinding pipa mengakibatkan hilangnya energi dari gesekan (Anastasya Feby Makawimbang Lambertus Tanudjaja, 2017)

### 2.12.1 Mayor Losses

Kerugian tekanan yang disebabkan oleh gesekan antara air dan dinding pipa dianggap kerugian besar. Dinding pipa yang tidak halus dan cairan tebal adalah penyebab gesekan ini. Biasanya, dua rumus berikut digunakan untuk menghitung hilangnya gesekan:

a. Persamaan Darcy Wesbach

Kehilangan energi utama sepanjang pipa karena gesekan menurut Darcy Wesbach diberikan persamaan:

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

Dimana:

Hf = Kehilangan energi (m)

f = Koefisien gesek (Darcy)

V = Kecepatan Aliran Air (m/detik)

g = Percepatan Gravitasi (9,81 m/d<sup>2</sup>)

D = Diameter Pipa (m)

L = Panjang Pipa (m)

Diagram sumber digunakan untuk menentukan nilai f.

b. Persamaan Hazen Williams

Di Amerika Serikat, persamaan ini diakui secara luas. Koefisien kerugian persamaan kehilangan energi (CHW) tetap konstan dengan bilangan Reynolds, menjadikannya sedikit lebih mudah untuk dipahami daripada persamaan Dary Wesbach. Hanya air yang dapat digunakan dengan persamaan ini.

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

Dari turunan rumus diatas didapat persamaan 2.9

$$hf = \frac{Q^{1.85}}{(0.2785 \times D^{2.63} \times C)^{1.85}} \times L \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

C<sub>u</sub> = 0,2785

C<sub>HW</sub> = Koefisien Hazen Williams

i = Kemiringan atau slope garis tenaga ( $i = \frac{Hf}{L}$ )

- Q = debit (m<sup>3</sup>/detik)
- D = Diameter pipa (m)
- Hf = Kehilangan Energi (m)
- L = Panjang pipa (m)

### 2.12.2 Minor Losses

Kerugian energi kecil atau sekunder relatif lebih kecil daripada kerugian yang signifikan, menurut Triatmadja (2016:234). Ketika air mengalir, hambatan seperti perubahan mendadak di persimpangan, katup, putaran, dll menyebabkan kerugian kecil.

$$h_f = K \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana:

- h<sub>f</sub> = Kehilangan energi (m)
- K = Konstanta kontraksi (berdasarkan karakteristik pipa)
- V = Kecepatan aliran (m/detik)
- G = Gravitasi = 9,81 m/detik<sup>2</sup>

### 2.13 Kriteria Desain

Uraian	Satuan	Kriteria
Kecepatan Aliran (Velocity)	m/s	0.3 - 4.5
Headloss	m/Km	0 - 10
Pressure	atm	1 - 8

Sumber : Peraturan Menteri PU No. 27/RT/M/2016

Peraturan Menteri No. 27/RT/M/2016 menyatakan bahwa pipa harus memiliki diameter yang berkurang jika kecepatan aliran kurang dari 0,3 m/s. Jika sebuah node dalam sistem jaringan mengalami tekanan kurang dari 0,5 atm, menjadi penting untuk meningkatkan diameter pipa yang terhubung ke node atau memasukkan pompa ke dalam sistem. Sebaliknya, jika pipa node yang terhubung mengalami tekanan melebihi 8 atm, diameter mereka harus dikurangi atau katup

reduktor tekanan (PRV) dipasang. Untuk memenuhi syarat, setiap pipa di jaringan dengan gradient headloss lebih dari 15 m/km harus memiliki diameter yang meningkat.

## **2.14 Software Epanet**

Menurut (Agustina, 2007) Sebuah program komputer berbasis jendela yang disebut Epanet meniru waktu profil hidrolisis dan perawatan kualitas air bersih dalam jaringan pipa distribusi. Pipa-pipa ini terdiri dari pompa, katup (aksesoris), titik pipa / node / ikatan, tangki menara, dan tangki, baik di atas maupun di bawah tanah. Pembuangan yang mengalir melalui pipa, tekanan udara di setiap titik, node, dan persimpangan yang dapat digunakan sebagai analisis untuk menentukan bagaimana instalasi, pompa, dan reservoir bekerja, serta jumlah konsentrasi unsur kimia dalam air bersih yang didistribusikan dan potensi untuk digunakan sebagai simulasi lokasi dan arah pengembangan sumber, termasuk hasil dari program Epanet.

### **2.14.1 Kegunaan EPANET dalam Analisa Jaringan Distribusi Air Bersih**

Program epanet mudah digunakan :

- Ini dimaksudkan untuk berfungsi sebagai alat untuk memantau perkembangan dan pergerakan udara, serta kerusakan komponen kimia yang ditemukan dalam sistem distribusi pipa udara.
- berfungsi sebagai dasar untuk berbagai tugas analisis, termasuk sistem distribusi, spesifikasi desain, model kalibrasi hidrolik, studi residu klorin, dan banyak lagi.
- Dapat membantu mengidentifikasi pendekatan manajemen alternatif dan jaringan pipa distribusi air bersih.
- Ketika ada beberapa sumber atau instalasi, sebagai sumber cadangan atau pengaturan instalasi.
- sebagai simulasi untuk mengidentifikasi cara yang berbeda pompa dapat bekerja untuk mengisi tangki atau menyuntikkan cairan ke dalam sistem distribusi.