

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Pengetahuan Umum**

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan yang sangat vital untuk makhluk hidup salah satunya pada manusia serta bersifat berkelanjutan yang harus terpenuhi. Pertumbuhan penduduk yang setiap tahunnya mengalami peningkatan sehingga menyangkut debit air yang dibutuhkan harus mencukupi kebutuhan masyarakat yang terlayani. Menurut Sumantri (2015) Ketersediaan air sangat penting untuk kelangsungan hidup manusia dan memiliki dampak signifikan terhadap kesehatan dan kesejahteraan masyarakat.

Menurut Slamet (2004), air merupakan 50% hingga 70% dari berat tubuh manusia. Namun, jumlah air bersih yang digunakan di daerah pedesaan dan perkotaan berbeda-beda. Dalam Pedoman Teknis Upaya Penyediaan Air, Direktorat Jenderal P2PLP, Departemen Kesehatan Republik Indonesia (1996), disebutkan bahwa jumlah air bersih yang dibutuhkan di daerah perkotaan adalah 150 liter per orang per hari, sedangkan di daerah pedesaan adalah 80 liter per orang per jam. Air digunakan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari.

Menurut Peraturan Pemerintah No.27 Tahun 2016 menjelaskan bahwa :

1. Istilah "air baku" mengacu pada air yang berasal dari sumber air permukaan, air tanah, curah hujan, dan laut yang memenuhi persyaratan kualitas tertentu untuk digunakan sebagai air minum di rumah.
2. Air minum didefinisikan sebagai air yang memenuhi standar kesehatan dan dapat langsung dikonsumsi setelah diproses atau tanpa diproses.

#### **2.2 Sumber-sumber Air Bersih**

Menurut Undang-undang No. 17 pasal 1 Tahun 2019 menyatakan bahwa Semua air, baik yang berada di atas maupun di bawah permukaan tanah, disebut air. Ini termasuk air tanah, air permukaan, air hujan, dan air laut di daratan.

### 2.2.1 Air Permukaan

Air permukaan diartikan sebagai air yang berasal dari curah hujan yang jatuh ke permukaan tanah, menguap, kemudian mengalir ke sungai (Soegianto, 2005) yang terkumpul di rawa, danau, dan waduk.

#### a. Air Sungai

Menurut para ahli geografi, sungai merupakan sistem aliran yang memiliki alur yang jelas dan membentuk lembah yang berada di dalam permukaan bumi.

b. Menurut Dinas PU No. 28 Pasal 1 Tahun 2015 menjelaskan bahwa sungai adalah aliran air alami atau buatan yang terdiri dari jaringan pengaliran air serta air didalamnya. Dialiri mulai dari hulu hingga hilir dibatasi dengan garis sempadan disisi kanan dan kiri.

#### c. Air Danau

d. Menurut USGS (*Unite States Geological Survey*) danau adalah tempat impasan air permukaan dan rembesan air tanah menumpuk di titik rendah, relative terhadap pedesaan dan sekitarnya.

#### e. Air waduk

Waduk merupakan suatu tempat di atas permukaan tanah yang berfungsi untuk menampung air guna digunakan pada musim kemarau atau untuk menyimpan kelebihan air pada musim hujan.

### 2.2.2 Air Tanah

Air tanah menurut Chandra (2006) adalah sebagian besar hujan menyerah hingga ke dalam lapisan air tanah setelah mencapai permukaan bumi. Air hujan akan melewati beberapa lapisan tanah sebelum mencapai lapisan air tanah, sehingga air menjadi keras dan konsentrasi mineral meningkat. Mineral tersebut meliputi kalsium, magnesium, dan logam berat seperti besi dan mangan.

#### a. Air tanah dangkal

Menurut Vebrianto (2016:27) Air tanah jenuh di atas lapisan kedap air disebut air tanah dangkal. Karena air tanah dangkal dekat dengan

permukaan tanah dan dipengaruhi oleh musim, maka air tanah dangkal dimanfaatkan untuk eksplorasi air tanah.

b. Air Tanah Dalam

Menurut Vebrianto (2016:27) Air bawah tanah yang terperangkap di antara dua lapisan kedap air dan mendapat tekanan dari berat timbunan atau dukungan dari air tanah dangkal di dekatnya dikenal sebagai air tanah dalam. Akuifer adalah pori-pori bantuan di mana air bawah tanah ini ditemukan.

c. Mata air

Menurut Arsyad (2008:231) Karena medan dan formasi batuan setempat, mata air merupakan aliran air tanah yang muncul secara alami di permukaan bumi. Mata air biasanya muncul di daratan, di lembah bukit, dan di kaki bukit atau lereng.

### **2.2.3 Air Hujan**

Menurut Pinarigan (2022:163) Air hujan adalah cairan yang jatuh dari hydrometeor atau resipitasi ke bumi.

### **2.2.4 Air Laut**

Air laut, yang sering mengalir dari daratan ke laut, didefinisikan sebagai air yang rasanya asin dan biasanya mengandung garam. Garam, gas terlarut, senyawa organik, dan partikel yang tidak larut membentuk 3,5% air laut, yang terdiri dari 96,5% air murni. Konsentrasi garam rata-rata air laut adalah 3,5%, yang berarti bahwa untuk setiap kilogram air laut, terdapat 35 gram garam. Karakteristik fisik utama air laut terbentuk dari 96,5% air bersih.

## **2.3 Perkembangan penduduk**

Jumlah penduduk suatu wilayah akan mengalami fluktuasi sehingga akan berpengaruh dengan pelayanan untuk penentu kebutuhan air bersih, misalnya pada area pelayanan Sumber Alam Selokambang. Seiring dengan pertambahan populasi suatu wilayah dan meluasnya aktivitas, kebutuhan akan air bersih pun akan meningkat.

Perencanaan masa depan untuk kebutuhan air bersih sangat bergantung pada pertumbuhan populasi. Kebutuhan akan air bersih akan meningkat sebagai akibat dari aktivitas tahunan dan pertumbuhan populasi. Untuk memenuhi kebutuhan yang semakin meningkat ini, diperlukan perencanaan untuk prediksi laju pertumbuhan penduduk dan prediksi kebutuhan airnya.

### 2.3.1 Metode Aritmatika

Dengan asumsi bahwa populasi akan terus tumbuh dengan jumlah yang sama setiap tahunnya, metode matematika ini sebanding dengan salah satu metode yang digunakan untuk proyeksi populasi. Rumus metode proyeksi aritmatika adalah

$$P_t = P_0 (1 + rt)$$

Dimana :

$P_t$  = jumlah penduduk pada tahun t

$P_0$  = Jumlah penduduk pada tahun dasar

r = Laju pertumbuhan penduduk

t = Periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)

### 2.3.2 Metode Geometrik

Metode geometrik untuk menghitung populasi didasarkan pada asumsi bahwa populasi akan meningkat secara geometris. Metode ini didasarkan pada perhitungan bunga majemuk. Diharapkan laju pertumbuhannya tetap konsisten dari tahun ke tahun. Ini adalah rumus metode geometrik :

$$P_t = P_0 (1 + r)^t$$

Dimana :

$P_t$  = jumlah penduduk pada tahun t

$P_0$  = Jumlah penduduk pada tahun dasar

r = Laju pertumbuhan penduduk

t = Periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)

### 2.3.3 Metode Eksponensial

Berbeda dengan teknik geometrik yang menyatakan bahwa penambahan penduduk hanya terjadi satu kali dalam kurun waktu tertentu, metode eksponensial menggambarkan penambahan penduduk yang terjadi secara terus-menerus sepanjang tahun. Dalam teknik eksponensial, rumusnya adalah :

$$P_t = P_0 e^{rt}$$

Dimana :

$P_t$  = jumlah penduduk pada tahun  $t$

$P_0$  = 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

## 2.4 Jenis-jenis Evaluasi Performa Model pada Data Science

### 2.4.1 Mean Squared Error (MSE)

Salah satu metode evaluasi tambahan adalah MSE, yang menghitung rata-rata deviasi kuadrat antara nilai aktual dan nilai yang diantisipasi, merupakan teknik evaluasi tambahan.. Semakin kecil nilai MSE, semakin kecil nilai prediksi, semakin baik kualitas model tersebut. Adapun formula yang disajikan:

$$MSE = \sum \frac{(Y' - Y)^2}{n}$$

Keterangan :

$Y'$  = Nilai Prediksi

$Y$  = Nilai Sebenarnya

$n$  = Jumlah Data

### 2.4.2 Root Mean Squared Error (RMSE)

RMSE adalah turunan dari MSE, dengan akar kuadratnya diambil dari MSE dengan merata-ratakan kuadrat perbedaan antara nilai aktual dan nilai yang diantisipasi. Kualitas model meningkat dengan pengurangan nilai RMSE. Kualitas model meningkat seiring dengan penurunan nilai RMSE.. Formula yang digunakan sebagai berikut :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F)^2}{(n)}}$$

Keterangan :

$A_t$  = Nilai Data Aktual

$F_t$  = Nilai Data Prediksi

$n$  = Jumlah data

## 2.5 Kebutuhan Air

Air merupakan kebutuhan dasar manusia yang menunjang segala usaha manusia, termasuk kebutuhan rumah tangga, irigasi pertanian, dan perikanan.

Berikut jenis kebutuhan air pada masyarakat :

- a. Kebutuhan air domestik : kebutuhan sehari-hari (rumah tangga)
- b. Kebutuhan air non domestik : industri, pertanian, komersial, publik

### 2.5.1 Kebutuhan Air Domestik

Salah satu definisi kebutuhan air rumah tangga adalah jumlah air yang dikonsumsi setiap hari, terutama di rumah. Perbedaan kebutuhan air berdasarkan usia digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas yang dilakukan setiap kelompok usia, sehingga hal ini dapat mempengaruhi banyak sedikitnya kebutuhan air.

penggunaan air untuk mencuci, mandi, dan minum. Satuan yang digunakan adalah liter per orang per hari. Tabel 2.1 menunjukkan jumlah air yang dibutuhkan untuk keperluan rumah tangga.

**Tabel 2.1** Tingkat Konsumsi/ Pemakaian Air Rumah Tangga Sesuai Kategori

Kota		
Jumlah Penduduk (jiwa)	Jenis Kota	Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) (lt/org/hari)
> 2.000.000	Metropolitan	>210
1.000.000-2.000.000	Metropolitan	150-210
500.000-1.000.000	Besar	120-150
100.000-500.000	Besar	100-120
20.000-100.000	Sedang	90-100
3.000-20.000	Kecil	60-90

Sumber : SNI 6728.1 : 2015

**Tabel 2.2** Standar Pemakaian Air Berdasarkan Kategori Kota

No	Uraian	KATEGORI KOAT 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
	Unit SR (l/o/hr)	190	170	150	130	30
	Unit HU (l/o/h)	30	30	30	30	30
	Unit non domestic	20 - 30	20 - 30	20 - 30	20 - 30	20 - 30
	Kehilangan Air (%)	20 - 30	20 - 30	20 - 30	20 - 30	20
	Faktor Maximum Day	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
	Faktor Peak - Hour	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	Jumlah Jiwa Per SR	5	5	5	5	5
	Jumlah Jiwa Per HU	100	100	100	100-200	200
	Sisa tekanan di jaringan distribusi (mka)	10	10	10	10	10
	Jam operasi	24	24	24	24	24
	Volume reservoir (%) (Maks Day Demand)	20	20	20	20	20
	SR : HU	50:50 s/d 80:20	50:50 s/d 80:20	80:20	70:30	70:30
	Cakupan Pelayanan (*)	** 90	** 90	** 90	** 90	** 70

Sumber : Petunjuk Teknis Perencanaan Ditjen Cipta Karya PU, 1998

### 2.5.2 Kebutuhan Air Non Domestik

Menurut PP No. 27 Tahun 2016 menjelaskan bahwa Air minum yang digunakan untuk tujuan selain memenuhi kebutuhan air minum domestik di wilayah pemukiman disebut sebagai air minum nondomestik.

Kebutuhan penyediaan air tidak hanya kebutuhan domestic, akan tetapi juga kebutuhan non domestic. Kebutuhan air domestik didefinisikan sebagai kebutuhan air yang terjadi di luar rumah dan mencakup hal-hal berikut :

Industri : pabrik, manufaktur, pembangkit listrik, dan industri kimia

Pertanian : air berperan penting dalam hal ini, selain itu untuk pemeliharaan hewan ternak

Komersial : hotel resto, pusat perbelanjaan, perkantoran

Publik : taman kota, kolam renang umum, pemadam kebakaran

Menurut yendri, dkk (2023) kebutuhan air non domestic, untuk penggunaan komersial dan sosial seperti toko, sekolah, rumah sakit, hotel, dan lain-lain. Diasumsikan mewakili antara 15% s.d 30% dari total konsumsi air domestik. Semakin padat penduduk suatu wilayah, semakin besar kemungkinan memiliki area komersial dan sosial, sehingga kebutuhan air akan lebih tinggi.

**Tabel 2.3** Kebutuhan Air Non Domestik

No	Parameter	Metro	Besar	Sedang	Kecil
1	Tingkat Pelayanan (Target)	100%	100%	100%	80%
2	Tingkat Pemakaian Air (lt/orang/hari): * Sambungan Rumah (SR) * Hidran Umum (Kran Umum)	190 30	170 30	150 30	130 30
3	Kebutuhan Non Domestik * Industri (lt/orang/hari) - Berat - Sedang - Ringan * Komersial (lt/orang/hari) - Pasar - Hotel (lt/kamar/hari) ~ lokal ~ Internasional * Sosial dan Institusi - Universitas (lt/siswa/hari) - Sekolah (lt/siswa/hari) - Masjid (m <sup>3</sup> /hari/unit) - Rumah Sakit (lt/orang/hari) - Puskesmas (m <sup>3</sup> /hari/unit) - Kantor (lt/orang/hari) - Militer (m <sup>3</sup> /hari/unit)	0,5-1,00 0,25-0,50 0,1-1,00  400 1000  20 15 1 s/d 2 400 1 s/d 2 0,01 10		15% s/d 30% (kebutuhan domestik)	
4	Kebutuhan Harian rata-rata	Kebutuhan Domestik + Non Domestik			
5	Kebutuhan Harian Maksimum	Kebutuhan rata-rata x 1,15-1,20 (faktor jam maksimum)			
6	Kehilangan Air * Sistem Baru * Sistem Lama	* 20% x kebutuhan rata-rata * 30% x kebutuhan rata-rata			
7	Kebutuhan Jam Puncak	Kebutuhan rata-rata x faktor jam puncak (165% s/d 200%)			

Sumber : DPU Dirjen Cipta Karya

### 2.5.3 Kebutuhan Air Harian Rata-rata

Kebutuhan air bersih rata-rata harian terdiri dari kebutuhan rumah tangga dan non rumah tangga

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

Keterangan :

$Q_{rt}$  = Kebutuhan rata-rata per hari (lt/dt)

$Q_d$  = Kebutuhan domestic (lt/dt)

$Q_{nd}$  = Kebutuhan non domestic (lt/dt)

#### 2.5.4 Kehilangan Air

Kesenjangan antara pasokan dan konsumsi air dikenal sebagai kehilangan air. Ada berbagai macam kehilangan air, seperti :

##### 1. Kehilangan fisik

Kebocoran pada pipa distribusi, luapan reservoir, atau kebocoran pada pipa sambungan rumah hingga meteran pelanggan merupakan penyebab utama kehilangan air fisik.

##### 2. Kehilangan non fisik

Kehilangan non fisik adalah kebocoran yang tidak realistis, sehingga menyebabkan pengukur air yang kurang baik. Contoh penyebab kehilangan air non fisik yaitu kurang akuratnya *water meter*, penggunaan air pada konsumen tidak tercatat dikarenakan meteran yang sedang mengalami kerusakan.

#### 2.5.5 Debit Rencana Kebutuhan Air Bersih

Untuk menentukan kebutuhan perencanaan air bersih dapat dihitung dari sejumlah kebutuhan rumah tangga, kebutuhan kehilangan air, kebutuhan non domestic, dan kebutuhan hidran umum

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

Keterangan :

$Q_r$  = Debit Kebutuhan Air Bersih Rencana

$Q_d$  = Kebutuhan domestic (lt/dt)

$Q_{nd}$  = Kebutuhan non domestic (lt/dt)

$Q_{hu}$  = Hidran Umum (lt/dt)

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

#### 2.6 Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih

Direktorat Jendral Cipta Kerja mengatakan kebutuhan harian 38% lebih besar dari rata-rata. Ketika aktivitas mandi, mencuci, dan membersihkan meningkat, konsumsi air meningkat pada pukul 4:00 pagi dan mencapai

puncaknya pada pukul 6:00 pagi. Permintaan air menurun sekitar pukul 7:00 pagi karena beberapa orang mulai meninggalkan rumah mereka untuk melakukan aktivitas lain. Karena aktivitas setelah pukul 8 pagi dan 4 sore tidak memerlukan banyak air, permintaan air biasanya tidak terlalu tinggi selama waktu tersebut. Namun, orang-orang mulai membersihkan dan mandi setelah pukul 4 sore, yang menyebabkan permintaan air meningkat sekali lagi.

Seiring dengan perkembangan penduduk, kebutuhan air akan mengalami fluktuasi. Pada umumnya kebutuhan air terbagi menjadi 3 kategori, diantaranya:

1. Kebutuhan air rata-rata

Baik kebutuhan air rumah tangga maupun non-rumah tangga termasuk dalam kebutuhan air rata-rata, yang ditentukan dengan cara merata-ratakan kebutuhan air harian setiap orang.

2. Kebutuhan air pada jam puncak

Baik kebutuhan air rumah tangga maupun non-rumah tangga termasuk dalam kebutuhan air rata-rata, yang ditentukan dengan cara merata-ratakan kebutuhan air harian setiap orang:  $(1,4 - 2,00 \times \text{kebutuhan air bersih})$

(Dirjen Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum, 1996 )

3. Kebutuhan air harian maksimum

Kebutuhan air tertinggi dalam seminggu yang terjadi pada hari-hari ketika kebutuhan air harian maksimum ditentukan dengan menggunakan faktor pengali berikut berdasarkan kebutuhan harian rata-rata dikenal sebagai kebutuhan air harian maksimum: Jumlah tertinggi per hari yang digunakan: (Kebutuhan air bersih: 1,5 kali)

## 2.7 Kualitas Air Baku

Pada peraturan pemerintah RI No. 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, untuk digunakan, air baku harus menghasikan air yang telah memenuhi syarat. Pada Lampiran VI Peraturan Pemerintah terkait kriteria dan klasifikasi air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas :

1. Air kelas I Air yang diperuntukkan untuk keperluan minum
2. Air kelas II meliputi air untuk peternakan, budidaya ikan air tawar, air untuk mengairi tanaman, dan prasarana serta sarana untuk menikmati air .
3. Air kelas III Air yang diperuntukkan untuk budidaya ikan air tawar, peternakan, dan irigasi kebun.
4. Air kelas IV Air yang diperuntukkan untuk irigasi pertanian.

## **2.8 Sistem Distribusi**

Sistem distribusi mengalir air dari reservoir ke area konsumen melalui sistem perpipaan. Paul (2016). Kegunaan utamanya adalah menyalurkan air ke seluruh penduduk yang membutuhkan air demi kebutuhan sehari-hari.

Dalam sistem distribusi, ada dua faktor yang perlu diperhatikan, yaitu kuantitas minimal air yang disalurkan kepada konsumen sesuai dengan kebutuhan yang diantisipasi dan potensi aliran air yang tidak terputus selama dua puluh empat jam. Bunyamin (2020).

## **2.9 Sistem Pengaliran**

Beberapa cara yang dilakukan untuk mendistribusikan air, menurut Arsyad (2010:4). Berikut ini dijelaskan berbagai jenis sistem penyediaan air bersih :

1. Sistem pengaliran gravitasi

Sistem ini dapat menghasilkan sejumlah besar energi potensial jika elevasi sumber air baku atau fasilitas pengolahan jauh lebih tinggi daripada elevasi wilayah layanan. Sistem ini dimungkinkan oleh wilayah layanan yang paling jauh.. Karena mudah dioperasikan dan dipelihara, sistem ini adalah yang paling menguntungkan.

2. Sistem pemompaan

Teknik ini digunakan ketika tekanan air yang memadai tidak memungkinkan karena perbedaan ketinggian antara area layanan dan sumber air atau instalasi. Jaringan distribusi menerima pompa

langsung untuk memasok air. Karena sistem ini memerlukan pompa untuk beroperasi, biayanya yang tinggi menjadi kekurangannya.

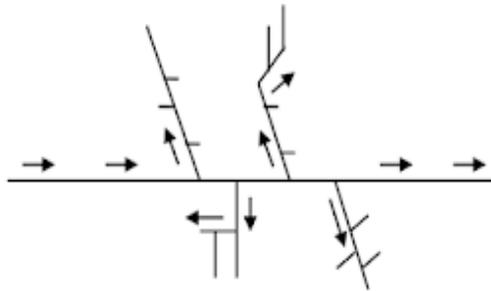
### 3. Sistem kombinasi

Pompa atau reservoir distribusi, baik secara terpisah maupun gabungan, digunakan untuk menyalurkan air baku dari sumber air atau fasilitas pengolahan ke jaringan pipa distribusi. Topografi wilayah layanan diperhitungkan saat merancang sistem distribusi ini.

## 2.10 Sistem Jaringan dan Perpipaan

Sistem distribusi menyalurkan atau membagi air dari reservoir ke area konsumen melalui sistem perpipaan, paul (2016). Adapun jenis-jenis distribusinya sebagai berikut :

### 1. Sistem Cabang (Branch)



**Gambar 2.1** Sistem Jaringan Cabang (Branch)

Sejumlah konfigurasi jaringan pipa yang berbeda digabungkan untuk membentuk sistem jaringan perpipaan bercabang. Ketika suatu jaringan memiliki beberapa cabang dan satu sumber. Permintaan masyarakat dapat dipenuhi secara memadai oleh sistem ini, dan hanya membutuhkan sedikit pengeluaran. Arsyad (2015).

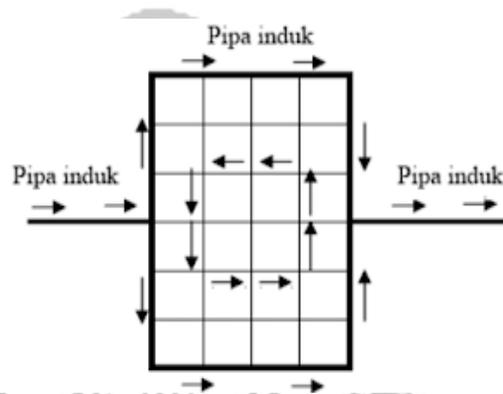
Kelebihan :

- Arsitektur dan struktur jaringan perpipaan ini sederhana
- Cocok untuk daerah yang sedang berkembang
- Pengukuran tekanan pada titik manapun mudah dihitung

Kekurangan

- Air tidak tersedia untuk sementara waktu jika terjadi kebocoran pipa
- Karena pasokan air berasal dari satu pipa, maka tidak ada cukup air untuk memadamkan api
- Tekanan juga tidak cukup untuk menambah area baru ke sistem pasokan air

## 2. Sistem Melingkar (Loop)



**Gambar 2.2** Sistem Jaringan Melingkar (Loop)

Sistem jaringan pipa *Loop* merupakan sistem di mana jaringan terhubung dan node-node menerima lebih dari sebagian aliran air. Sistem ini dapat menangani masalah yang terjadi secara bercabang, seperti masalah tekanan, Arsyad (2015).

Kelebihan :

- Setiap titik mendapat suplai dari dua arah
- Jika terjadi kerusakan atau kebocoran pipa, air dapat disediakan dari arah lain
- Desain pipa lebih mudah

Kekurangan :

- Membutuhkan lebih banyak pipa dan sambungan pipa sehingga lebih mahal

Dalam perencanaan sistem distribusi air minum, berbagai jenis pipa digunakan, diantaranya :

- Pipa primer atau pipa induk (*Supply main pipe*)

Salah satu fungsi pipa ini adalah mengalirkan air minum dari reservoir distribusi atau stasiun pengolahan ke area layanan. Diameter pipa utama ini sangat besar.

b. Pipa sekunder (*Arterial main pipe*)

Pipa primer terhubung langsung ke pipa sekunder ini, yang diameternya sama dengan pipa primer atau lebih kecil.

c. Pipa tersier

Karena pemasangan pipa langsung pada pipa primer memiliki beberapa kelemahan, termasuk potensi mengganggu aliran air dan lalu lintas di area pemasangan, pipa ini berfungsi sebagai pipa servis. Pipa primer atau sekunder dapat langsung disambungkan ke pipa tersier.

d. Pipa service

Sambungan langsung ke pipa sekunder atau tersier, yang kemudian disambungkan ke pipa di rumah konsumen, dikenal sebagai pipa servis. Pipa ini memiliki diameter yang relatif kecil.

### 2.11 Struktur Reservoir

Waduk adalah tempat untuk menampung air olahan yang siap didistribusikan. Biasanya diposisikan seperti menara, baik di atas maupun di bawah tanah. Tujuan utama waduk adalah untuk menyeimbangkan pembuangan penggunaan air dan produksi.

### 2.12 Kecepatan Aliran

Selama jam sibuk, kecepatan aliran pipa 0,3 hingga 0,6 m/s diperbolehkan dalam sistem perencanaan air bersih, ketika kecepatan aliran terlalu rendah untuk mendorong isi pipa. Lebih jauh lagi, kecepatan yang berlebihan dapat mengakibatkan kehilangan tekanan yang tinggi dan kerusakan pipa yang cepat karena diameter pipa yang lebar, sehingga meningkatkan harga reservoir.. Untuk mengetahui kecepatan aliran pipa, maka digunakan rumus kontinuitas

$$Q = A \times V = \frac{1}{4} \pi D^2 \times V$$

$$V = \frac{Q}{\pi D^2}$$

Dimana :

Q = debit Aliran (m<sup>3</sup>/detik)

V = Kecepatan Aliran (m/detik)

D = diameter pipa (m)

(Bambang Triatmodjo, 2014, *Hidraulika I*, halaman 136.)

### 2.13 Persamaan Hukum Bernoulli

Hipotesis Bernoulli menyatakan bahwa air pipa akan selalu mengalir dari lokasi berenergi tinggi ke lokasi berenergi rendah. Karena hanya gaya tekanan sederhana yang digunakan dalam hidrostatis, mudah untuk menghitung gaya yang bekerja pada zat yang diam. Masalah menjadi lebih rumit dengan cairan yang mengalir, ketika jarak antara cairan dan dinding batas diperhitungkan selain kecepatan dan arah partikel cairan.

Aplikasi persamaan Bernoulli untuk kedua titik didalam meda aliran akan memberikan :

$$Z_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} = Z_B + \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + H_f$$

Dimana :

Z1, Z2 = Tinggi elevasi di titik 1 dan 2 (m)

P1, P2 = Tekanan di titik 1 dan 2 (kg/m<sup>2</sup>)

V1, V2 = Kecepatan aliran di titik 1 dan 2 (m/det)

$\gamma_w$  = Berat jenis air (kg/m<sup>3</sup>)

Hf = Kehilangan energi pada pipa (m)

(Bambang Triatmodjo, 2014, *Hidraulika I*)

### 2.14 Kehilangan Tekanan Air (*Headloss*)

Menurut Triatmaja (2016:288) Saat air mengalir di sepanjang pipa, air akan mengalami kehilangan energi. Hal ini disebabkan oleh gesekan pada dinding pipa, antara lain.

### 2.14.1 *Mayor Losses*

Kehilangan tekanan sepanjang pipa lurus dianggap sebagai kehilangan tekanan utama. Perhitungan Hazen William (Ronald V. Giles, 1986:121 dalam Is Mayosa 2010:34)

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

Dimana :

$H_f$  = *Mayor Losses* sepanjang pipa lurus (m)

$L$  = Panjang Pipa (m)

$Q$  = Debit (m<sup>3</sup>/detik)

$C$  = Konstanta *Hazen William*

$D$  = Diameter (m)

(Bambang Triatmadja, 2008, *Hidraulika II*)

### 2.14.2 *Minor Losses*

Kehilangan tekanan yang terjadi saat sifat aliran berubah disebut sebagai kehilangan minor. Beberapa contohnya adalah tikungan, variasi diameter, perubahan penampang pada pipa, dan katup.

Rumus berikut diterapkan :

$$H_f = K \times \frac{v^2}{2g}$$

Dimana :

$K$  = Konstanta kontraksi (sudah tertentu) untuk setiap jenis pipa berdasarkan diameternya

### 2.14.3 Hazen - William

Menurut persamaan Hazen-Williams, yang dinyatakan sebagai berikut, debit yang mengalir melalui pipa sebanding dengan diameter dan kemiringan hidroliknya :

$$I = \frac{Hf}{L}$$

$$Hf = \left( \frac{Q \times L^{0,54}}{0,2785 \times CH \times D^{2,63}} \right)^{1/0,54}$$

Rumus umum Hazen – William adalah sebagai berikut :

$$Q = 0,2785 \times CH \times I^{0,54} \times D^{2,63}$$

$$V = 0,354 \times CH \times I^{0,54} \times D^{2,63}$$

Dimana :

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

CH = Koefisien Hazen William (mm)

D = Diameter pipa (m)

I = Kemiringan hidrolis

Hf = Kehilangan enegi (m)

L = Panjang pipa (m)

V = Kecepatan (m/s)

### 2.15 Program EPANET

Aplikasi komputer yang disebut EPANET menjelaskan simulasi hidrolis dan kecenderungan aliran kualitas air dalam pipa. Jaringan tersebut terdiri dari tangki air (reservoir), pompa, katup, pipa, dan node (lokasi penghubung pipa). Salah satu cara yang paling efisien untuk membuat model aliran dan kualitas air adalah dengan memiliki fasilitas yang lengkap dan pemodelan hidrolis yang tepat. Di EPANET, alat analisis hidrolis dapat diakses :

1. Kemampuan untuk analisis di luar instalasi jaringan
2. Menggunakan persamaan Hazen-William, Darcy Weisbach, atau Chezy-Manning untuk menghitung harga kekasaran pipa
3. mempertimbangkan kerugian tekanan kecil untuk fitting, tikungan, dll.

4. Pemodelan kecepatan pompa, baik konstan maupun variabel
5. Mencari tahu biaya dan energi pompa
6. Pemodelan beberapa jenis katup, seperti kontrol aliran, pemeriksaan, penghentian, dan katup pengatur tekanan
7. Berbagai bentuk tangki penyimpanan tersedia, termasuk yang diameternya berubah seiring ketinggian
8. Memungkinkan untuk memasukkan beberapa kategori permintaan di simpul, masing-masing dengan pola unik yang bervariasi seiring waktu
9. Model tekanan yang bergantung pada keluaran aliran emitor (kepala Spinkler)
10. dapat dioperasikan dengan sistem dasar pada tangga sederhana atau control waktu, dan pada kontrol waktu yang lebih kompleks

Sistem distribusi air digambarkan oleh EPANET sebagai jaringan kabel yang menghubungkan node-node. Kabel-kabel tersebut merupakan tangki, servois, pompa, dan pipa.. Berikut komponen fisik yang ada didalam distribusi :

- Sambungan adalah lokasi pada jaringan tempat air masuk atau keluar dan saluran bertemu. Ketinggian, permintaan air, dan kualitas air adalah masukan mendasar yang dibutuhkan untuk sambungan. Kualitas air, tekanan hidrolis, dan tekanan adalah hasil perhitungan sambungan..
- Reservoir, Node yang dikenal sebagai reservoir merupakan representasi dari sumber eksternal yang terus-menerus memasuki jaringan. Danau, sungai, akuifer air tanah, dan tautan dari sistem lain semuanya direpresentasikan oleh simbol ini. Selain itu, reservoir berfungsi sebagai sumber kualitas air. Input reservoir meliputi tekanan hidrolis (yang, dalam kasus reservoir bertekanan, sebanding dengan elevasi permukaan air) dan kualitas air awal untuk Analisis Kualitas Air

- Tanki, membutuhkan node dengan informasi kapasitas, karena jumlah air yang ditampung dapat berubah selama simulasi berlangsung.
- Pipa, Sambungan yang mengalirkan air ke seluruh jaringan disebut pipa. EPANET berasumsi bahwa setiap pipa selalu terisi air. Aliran diarahkan dari titik tekanan hidrolik (energi internal per berat air) ke titik tekanan hidrolik.
- Pompa, mata rantai yang memberikan daya fluida untuk menaikkan tekanan hidroliknya adalah pompa. Titik awal dan akhir serta kurva pompa—campuran tekanan dan aliran yang perlu dihasilkan pompa—adalah parameter inputnya. Pompa berenergi konstan, yang memberikan fluida energi konstan (baik tenaga kuda maupun kilowatt) untuk semua kombinasi aliran dan tekanan, dapat digunakan sebagai pengganti kurva pompa.

