

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Keaslian penelitian yang akan dilakukan dapat diketahui setelah melakukan penelusuran hasil penelitian sejenis yang dilakukan antara lain sebagai berikut.

##### 1. Hasil Penelitian Taofik Budiman (2020)

Penelitian Taofik Budiman (2020), berjudul “Analisis Kapasitas Sistem Hidrolis Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Menggunakan Aplikasi *WaterCad* V8i (studi kasus PDAM Tirta Galuh Ciamis)”. Penelitian tersebut memiliki perbedaan dalam lokasi studi kasus, aplikasi yang digunakan (*WaterCad*), metode perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk dan kehilangan tinggi tekan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa, Kebutuhan air bersih pada tahun akhir rencana (tahun 2024) di wilayah pelayanan PDAM Tirta Galuh Ciamis Cabang Ciamis dengan kebutuhan air rata-rata 0,0025 lt/dtk/jiwa dan kebutuhan air pada jam puncak adalah 0,00562 lt/dtk/jiwa. Kapasitas produksi air bersih pada tahun 2024 adalah 0,00318 lt/dtk/jiwa, dengan demikian kebutuhan air yang memenuhi hanya kebutuhan air rata-rata saja, untuk kebutuhan air pada jam puncak belum terpenuhi.

##### 2. Hasil Penelitian Sonia Rosa Aldina (2020)

Penelitian Sonia Rosa Aldina (2020), berjudul “Studi Evaluasi dan Perencanaan Jaringan Distribusi Air Bersih Pada Zona Bangkon di Jalan Kertoraharjo Kota Malang (Studi Kasus : Zona Bangkon Kota Malang, Pada DMA Bangkon 1B untuk daerah wilayah Jalan Kertoraharjo Malang)”. Penelitian tersebut

memiliki perbedaan dalam lokasi studi kasus, aplikasi yang digunakan (*WaterCad*), metode perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk dan kehilangan tinggi tekan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa, Kebutuhan debit air bersih pada tahun 2019 di daerah studi antara lain sebagai berikut dengan presentase pelayanan sebesar 80% dengan jumlah penduduk sebesar 12.484 jiwa, jumlah jiwa yang terlayani sebesar 9987 dan untuk jumlah pelanggan yang terlayani setiap sambungan rumah sebesar 1248 unit didapatkan kebutuhan air rata-rata perhari sebesar 4.1 lt/dt, kebutuhan air maksimal perhari sebesar 4.6 lt/dt, dan kebutuhan air pada jam puncak perhari sebesar 6.2 lt/dt. Untuk air yang dihasilkan dari sumber Banyuning adalah sebesar 10.01 lt/dt, dan kebutuhan air pada kondisi rata-rata, kebutuhan air pada kondisi maksimal, maupun pada kondisi jam puncak pada tahun 2019 di daerah layanan zona Bangkon 1B masih tercukupi untuk memenuhi kebutuhan debit air bersih pelanggan.

### 3. Hasil Penelitian Nur Syahkti Mala Sari (2019)

Penelitian Nur Syahkti Mala Sari (2019), berjudul “Studi Perencanaan Jaringan Distribusi Air Bersih di Desa Babulu Darat Kecamatan Babulu Kabupaten Penajam Paser Utara Provinsi Kalimantan Timur”. Penelitian tersebut memiliki perbedaan dalam lokasi studi kasus, aplikasi yang digunakan (*WaterNet*), metode perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk dan kehilangan tinggi tekan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa, Kebutuhan air bersih pada tahun 2028 adalah 19,162 l/dtk, untuk kebutuhan air maksimum 22,036 l/dtk, dan untuk kebutuhan air pada jam puncak adalah 28,743 l/dtk dengan

jumlah penduduk sebanyak 11.497 jiwa, yang artinya kapasitas sumber air yang ada saat ini dapat memenuhi kebutuhan air bersih sampai tahun 2028.

#### 4. Hasil Penelitian Mohammad Taufik Prabowo (2018)

Penelitian Mohammad Taufik Prabowo (2018), berjudul “Studi Evaluasi Dan Perencanaan Pengembangan Penyediaan Jaringan Air Bersih Pada Kecamatan Jabung Kabupaten Malang”. Penelitian tersebut memiliki perbedaan dalam lokasi studi kasus, aplikasi yang digunakan (*WaterNet*), metode perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk dan kehilangan tinggi tekan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa, Kebutuhan air bersih pada tahun 2016 di daerah studi adalah sebesar, kebutuhan air rata-rata 16,15 l/dt, kebutuhan air harian maksimum 18,57 l/dt dan kebutuhan air jam puncak 24,23 l/dt, sumber yang digunakan pada tahun 2016 adalah sumber Jengglong dengan kapasitas 40 l/dt tetapi untuk debit produksinya adalah 20 l/dt. Untuk kebutuhan rata rata dan harian maksimum masih mencukupi sedangkan untuk kebutuhan jam puncak masih belum mencukupi untuk debit produksinya. PDAM unit Jabung sudah mempunyai sumber tambahan untuk membantu mendistribusikan air ke pelanggan, dengan kapasitas sumber Pitu 135 l/dt tetapi akan digunakan 40 l/dt.

#### 5. Hasil Penelitian Habel Robinson Natara (2018)

Penelitian Habel Robinson Natara (2018), berjudul “Perencanaan Distribusi Air Bersih Kecamatan Loura Kabupaten Sumba Barat Daya – NTT”. Penelitian tersebut memiliki perbedaan dalam lokasi studi kasus, aplikasi yang digunakan (*WaterCad*), mencantumkan kualiras air bersih dan kehilangan tinggi tekan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa, Hasil simulasi kondisi pemanan *WaterCad* v.4.5 menunjukkan bahwa proses running telah menunjukkan warna hijau berarti proses simulasi telah berhasil dan menunjukkan kontinuitas aliran selama 24 jam hingga pada lokasi atau daerah terjauh dari tandon. Hasil simulasi dengan program *WaterCad* v.4.5 untuk kondisi pengembangan tahun 2021 pukul 07.00 dari satu alternatif di dapatkan tekanan sisa terkecil sebesar 11 mH<sub>2</sub>O dan tekanan sisa terbesar sebesar 16 mH<sub>2</sub>O. sedangkan untuk Headloss Gradient terkecil pada semua pipa sebesar 0,010 m/km dan terbesar sebesar 1.657 m/km. berarti secara umum seluruh komponen sistem jaringan distribusi yang direncanakan dengan satu alternatif sesuai dengan kriteria perencanaan.

## **2.2 Kebutuhan Air Bersih**

Kebutuhan air bersih akan selalu meningkat sebanding dengan pertumbuhan penduduk dan peningkatan kebutuhan berbagai aspek sosial baik bidang kesehatan, pendidikan, pertanian, industri dan bidang lainnya yang membutuhkan air dengan kuantitas yang besar. Sedangkan penyediaan air bersih semakin berkurang, hal ini diikuti oleh kualitas air yang menunjukkan kecenderungan menurun. Semakin banyaknya penduduk di kota mengakibatkan cepatnya pencemaran air akibat limbah yang dihasilkan. Untuk mendapatkan penyediaan air bersih perlu dipikirkan pendirian suatu instalasi, misal dengan membangun perusahaan air minum.

Berdasarkan PERMEN PU No. 18 tahun 2007 perkiraan kebutuhan air hanya berdasar pada data sekunder sosial ekonomi dan kebutuhan air diklasifikasikan berdasarkan aktifitas perkotaan atau masyarakat, yaitu domestik (rumah tangga dan sosial) dan nondomestik (komersial, perkotaan, fasilitas umum, industri, pelabuhan, dan lain-lain).

Target analisis kebutuhan air bersih ini adalah kebutuhan air bersih masyarakat dapat dipenuhi dengan tingkat pelayanan hingga 100 % dari jumlah pelanggan PDAM Tirta Galuh Ciamis Cabang Kawali pada masa mendatang dimana dengan menggunakan data penduduk terakhir tahun 2020 dan kemudian sampai dengan 5 tahun ke depan yaitu tahun 2025.

### **2.2.1 Air Bersih**

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dengan kualitas yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat digunakan atau diminum apabila telah dimasak. Persyaratan air bersih adalah air yang memenuhi salah satu dari syarat air minum baik secara fisika, kimia, mikrobiologi, maupun radioaktif.

#### **1. Parameter Fisika**

- a. Tidak berbau, air yang berbau dapat disebabkan proses penguraian bahan organik yang terdapat di dalam air.
- b. Jernih, air keruh mengandung partikel padat tersuspensi yang dapat berupa zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan. Disamping itu, air yang keruh sulit didesinfeksi, karena mikroba pathogen dapat terlindung oleh partikel tersebut.
- c. Tidak berasa, air yang tidak tawar mengindikasikan adanya zat-zat tertentu di dalam air tersebut.
- d. Suhu, air yang baik tidak boleh memiliki perbedaan suhu yang mencolok dengan udara sekitar (udara ambien). Suhu air minum di Indonesia idealnya  $\pm 3$  °C dari suhu udara di atas atau di bawah suhu udara berarti mengandung zat-zat tertentu (misalnya fenol yang terlarut) atau sedang terjadi proses biokimia yang mengeluarkan atau menyerap energi air.

- e. TDS (*Total Dissolved Solid*), adalah bahan-bahan yang terlarut (diameter  $<10^{-6}$  -  $10^{-3}$  mm) berupa senyawa-senyawa kimia dan bahan-bahan lain. Bila TDS bertambah maka kesadahan akan naik. Kesadahan mengakibatkan terjadinya endapan/kerak pada sistem perpipaan.

## 2. Parameter Kimia

Parameter kimiawi dikelompokkan menjadi kimia organik dan kimia anorganik.

- a. Zat kimia anorganik dapat berupa logam, zat reaktif, zat-zat berbahaya dan beracun serta derajat keasaman (pH).
- b. Zat kimia organik dapat berupa insektisida dan herbisida, *volatile organic chemicals* (zat kimia organik mudah menguap) zat-zat berbahaya dan beracun maupun zat pengikat oksigen.

Sumber logam pada air dapat berasal dari kegiatan industri, pertambangan ataupun proses pelapukan secara alamiah, atau karena korosi dari pipa penyalur air. Bahan kimia organik dalam air minum dapat dibedakan menjadi 3 kategori. Kategori 1 adalah bahan kimia yang mungkin bersifat *carcinogen* bagi manusia, kategori 2 bahan kimia yang tidak bersifat *carcinogen* bagi manusia dan kategori 3 adalah bahan kimia yang dapat menyebabkan penyakit kronis tanpa ada fakta *carcinogen*.

## 3. Parameter Mikrobiologi

Indikator organisme yang dipakai sebagai parameter mikrobiologi digunakan bakteri koliform (*indicator organism*). Secara laboratoris *total coliform* digunakan sebagai indikator adanya pencemaran air bersih oleh tinja, tanah atau sumber

alamiah lainnya. Sedangkan *fecal coliform* (koliform tinja) digunakan sebagai indikator adanya pencemaran air bersih oleh tinja manusia atau hewan. Parameter mikrobiologi tersebut dipakai sebagai parameter untuk mencegah mikroba patogen dalam air minum.

#### 4. Parameter Radioaktivitas

Zat radioaktivitas dapat menimbulkan efek kerusakan sel. Kerusakan tersebut dapat berupa kematian dan perubahan komposisi genetik. Sel yang mati dapat tergantikan asalkan belum seluruh sel mati, sedangkan perubahan genetis dapat menimbulkan penyakit seperti kanker atau mutasi sel.

### **2.2.2 Sistem Penyediaan Air Bersih**

Sistem jaringan perpipaan tidak hanya berupa pipa-pipa yang saling sambung dari mata air atau tangki ke rumah penduduk atau lokasi yang membutuhkan. Jalannya air perlu diusahakan, diatur, dan diamati. Pompa terkadang sangat diperlukan untuk menaikkan tinggi tenaga yang habis atau hampir habis sehingga tidak mampu mengairi daerah rencana apabila daerah rencana memiliki ketinggian yang melebihi sumber air atau *reservoirnya*.

Sistem penyediaan air bersih harus dapat menyediakan jumlah air yang cukup untuk kebutuhan yang diperlukan. PERMEN PU No. 18 Tahun 2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum menyebutkan bahwa sistem penyediaan air minum terdiri dari unit air baku, unit produksi, unit distribusi dan unit pelayanan.

### 1. Unit Air Baku

Unit air baku adalah sarana dan prasarana pengambilan dan/atau penyedia air baku, meliputi bangunan penampungan air, bangunan pengambilan/penyadapan, alat pengukuran, dan peralatan pemantauan, sistem pemompaan, dan/atau bangunan sarana pembawa serta perlengkapannya.

### 2. Unit Produksi

Unit produksi adalah sarana dan prasarana yang dapat digunakan untuk mengolah air baku menjadi air minum melalui proses fisik, kimiawi dan/atau biologi, meliputi bangunan pengolahan dan perlengkapannya, perangkat operasional, alat pengukuran dan peralatan pemantauan, serta bangunan penampungan air minum.

### 3. Unit Distribusi

Unit distribusi adalah sarana untuk mengalirkan air minum dari pipa transmisi air minum sampai unit pelayanan.

### 4. Unit Pelayanan

Unit pelayanan adalah sarana untuk mengambil air minum langsung oleh masyarakat yang terdiri dari sambungan rumah, hidran umum, dan hidran kebakaran.

Secara lebih terperinci, komponen sistem jaringan air minum meliputi berbagai aksesoris tambahan yang digunakan untuk keperluan monitoring dan pengukuran serta kontrol atau pengendalian.

### 2.2.3 Jumlah Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air adalah jumlah air yang digunakan untuk menunjang segala kegiatan manusia, meliputi air bersih domestik dan nondomestik, air irigasi baik pertanian maupun perikanan, dan air untuk penggelontoran kota. Air bersih digunakan untuk memenuhi kebutuhan :

#### 1. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan domestik merupakan kebutuhan air minum untuk rumah tangga dan sambungan kran umum. Jumlah kebutuhan didasarkan pada banyaknya penduduk, prosentase yang diberi air dan cara pembagian air yaitu dengan sambungan rumah, jumlah dari sambungan rumah dihitung berdasarkan jumlah sambungan baru.

Kebutuhan air perorang perhari disesuaikan dengan standar yang biasa digunakan dan kriteria pelayanan berdasarkan pada kategori kotanya. Dalam kategori tertentu kebutuhan air perorang perhari berbeda-beda.

Tabel 2.1 Kriteria Perencanaan Air Bersih berdasarkan SNI tahun 1997

No.	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk ( Jiwa )				
		>1.000.000	500.000 - 1.000.000	100.000 - 500.000	20.000 - 100.000	< 20.000
		Metropolitan	Besar	Sedang	Kecil	Desa
1.	Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) l/org/hari	190	170	150	130	100
2.	Konsumsi Unit Hidran Umum (HU) l/org/hri	30	30	30	30	30
3.	Konsumsi Unit Non Domestik (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	10-20
4.	Kehilangan Air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20

No.	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk ( Jiwa )				
		>1.000.000	500.000 - 1.000.000	100.000 - 500.000	20.000 - 100.000	< 20.000
		Metropolitan	Besar	Sedang	Kecil	Desa
5.	Faktor Maksimum Perhari	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
6.	Faktor Pada Jam Puncak	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
7.	Jumlah Jiwa Per SR	5	5	6	6	10
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 <i>Reservoir</i> (%)	20	20	20	20	20
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 : Dirjen Cipta Karya, 1997)

## 2. Kebutuhan Air Nondomestik

Kebutuhan air nondomestik meliputi pemanfaatan komersial, kebutuhan institusi dan kebutuhan industri. Kebutuhan air komersial untuk suatu daerah cenderung meningkat sejalan dengan peningkatan penduduk dan perubahan tataguna lahan. Kebutuhan ini bisa mencapai 20% sampai 30% dari total suplai sesuai dengan kategori kota.

Kebutuhan institusi antarlain meliputi kebutuhan-kebutuhan air untuk sekolah, rumah sakit, gedung-gedung pemerintah, tempat ibadah dan lain-lain.

Untuk penentuan besaran kebutuhan ini cukup sulit karena sangat tergantung dari perubahan tataguna lahan dan populasi.

Kebutuhan air domestik atau non domestik untuk kota dapat dibagi dalam beberapa kategori antarlain :

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

#### **2.2.4 Fluktuasi Kebutuhan Air**

Kebutuhan air tidak akan selalu sama, tetapi akan berfluktuasi. Konsumsi air akan berubah sesuai dengan perubahan musim dan aktivitas masyarakat. Pada umumnya kebutuhan air dibagi dalam tiga kelompok :

1. Kebutuhan harian rata-rata adalah kebutuhan air untuk keperluan domestik dan domestik termasuk kehilangan air. Biasanya dihitung berdasarkan kebutuhan air rata-rata perorang perhari dihitung dari pemakaian air setiap jam selama sehari (24) jam.
2. Kebutuhan pada jam puncak adalah pemakaian air yang tertinggi dalam satu hari. Kebutuhan air pada jam puncak dihitung berdasarkan kebutuhan air harian rata-rata dengan menggunakan faktor pengali sebagai berikut:  
Kebutuhan jam puncak:  $(1,5 - 1,75 \times \text{kebutuhan air bersih})$ . (PERMEN PU No 18 Tahun 2007:55).

3. Kebutuhan harian maksimum adalah banyaknya air yang dibutuhkan terbesar dalam satu tahun. Kebutuhan harian maksimum dihitung berdasarkan kebutuhan harian rata-rata dengan menggunakan faktor pengali kebutuhan harian maksimum dipakai : (1,1 - 1,3 x kebutuhan air bersih). (PERMEN PU No 18 Tahun 2007:30).

### 2.2.5 Analisis Kebutuhan Air Bersih

Kriteria untuk mengerjakan proyeksi kebutuhan air bersih PDAM Tirta Galuh Ciamis Cabang Ciasaga mengacu pada PDAM Tirta Galuh Ciamis dan PERMEN PU No 18 Tahun 2007 sebagai berikut :

1. Pemakaian Air

Berdasarkan acuan dari PDAM Tirta Galuh Ciamis, untuk pemakaian air itu sama dengan air bersih terjual :

$$\text{Pemakaian Air} = \text{Air Bersih Terjual} \quad (2.1)$$

2. Kehilangan Air

Berdasarkan acuan dari PDAM Tirta Galuh Ciamis rumus kehilangan air sebagai berikut :

$$\text{Kehilangan Air} = \text{Distribusi Air Bersih} - \text{Air Bersih Terjual} \quad (2.2)$$

3. Persentase Kehilangan Air

Berdasarkan acuan dari PDAM Tirta Galuh Ciamis, rumus presentase kehilangan air sebagai berikut :

$$\text{Kehilangan Air (\%)} = \frac{\text{Distribusi Air Bersih}}{\text{Kehilangan Air Bersih}} \times 100 \quad (2.3)$$

#### 4. Kebutuhan Air Rata-rata

Kebutuhan air rata-rata merupakan kebutuhan air dipakai rata-rata setiap hari. Perhitungan kebutuhan air rata-rata berdasarkan PERMEN PU No. 18 tahun 2007 sebagai berikut :

$$\text{Kebutuhan Air Rata-rata} = \text{Air Bersih Terjual} \quad (2.4)$$

#### 5. Kebutuhan Air Maksimum

Kebutuhan air maksimum merupakan kebutuhan rata-rata air yang terpakai maksimum pada satu hari. Perhitungan kebutuhan air maksimum berdasarkan PERMEN PU No. 18 tahun 2007 berkisar antara  $f_m = 1,1-1,5$  :

$$\text{Kebutuhan Air Max} = f_m \times \text{Kebutuhan Air Rata-rata} \quad (2.5)$$

#### 6. Kebutuhan Air Jam Puncak

Kebutuhan air jam puncak merupakan kebutuhan air terpakai tertinggi yang terjadi pada jam tertentu setiap hari. Perhitungan kebutuhan air jam puncak berdasarkan dan PERMEN PU No. 18 tahun 2007 berkisar antara  $f_p = 1,15-3$  :

$$\text{Keb. Air Jam Puncak} = f_p \times \text{Kebutuhan Air Rata-rata} \quad (2.6)$$

### 2.2.6 Proyeksi Jumlah Penduduk

Pertumbuhan penduduk merupakan salah satu faktor penting dalam perencanaan kebutuhan air bersih, proyeksi ini biasa dilakukan dengan interval waktu 5 tahun selama periode perencanaan. Analisis perkembangan jumlah penduduk digunakan untuk memperkirakan tingkat air bersih yang akan disediakan. Metode yang digunakan adalah menghitung tingkat pertumbuhan penduduk dengan proyeksi. Beberapa metode yang digunakan antarlain :

## 1. Metode Geometrik

Proyeksi penduduk dengan metode geometrik menggunakan asumsi bahwa jumlah penduduk akan bertambah secara geometrik menggunakan dasar perhitungan bunga majemuk. Metode ini tidak memperhatikan adanya penurunan atau jumlahnya tetap, disebabkan kepadatan penduduk yang mendekati maksimum. Berikut formula yang digunakan pada metode geometrik :

### a. Menghitung tingkat pertumbuhan penduduk

$$r = \frac{P_{n+1} - P_n}{P_n} \quad (2.7)$$

Dimana :

$P_{n+1}$  = Jumlah penduduk pada tahun ke  $n+1$  (data)

$P_n$  = Jumlah penduduk pada tahun ke  $n$  (data)

$r$  = Tingkat pertumbuhan penduduk (diambil rata-rata)

### b. Memperkirakan jumlah penduduk pada tahun akhir rencana

$$P_n = P_0 \cdot (1+r)^n \quad (2.8)$$

Dimana :

$P_n$  = Perkiraan jumlah penduduk pada tahun akhir rencana

$P_0$  = Jumlah penduduk pada tahun awal perencanaan (tahun akhir data)

$n$  = Periode waktu perencanaan

$r$  = Tingkat pertumbuhan penduduk (data hitungan sebelumnya)

## 2. Metode Eksponensial

Metode ini memberikan variasi pertambahan dari pertambahan penduduk sedikit demi sedikit sepanjang tahun dengan menggunakan bilangan pokok eksponen. Perhitungan metode eksponensial dapat dihitung dengan persamaan :

$$P_n = P_0 \cdot e^{r \cdot n} \quad (2.9)$$

Dimana :

$P_n$  = Perkiraan jumlah penduduk pada tahun akhir rencana

$P_0$  = Jumlah penduduk pada tahun awal perencanaan (tahun akhir data)

$n$  = Periode waktu perencanaan

$r$  = Tingkat pertumbuhan penduduk (data hitungan sebelumnya)

$e$  = Bilangan pokok dari sistem logaritma natural (2,7182818)

### 3. Metode Aritmatik

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:

$$P_t = P_0(1+rt) \quad (2.10)$$

Dengan :

$$r = \frac{1}{t} \left( \frac{P_t}{P_0} - 1 \right) \quad (2.11)$$

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)

#### 4. Standar Deviasi

Rumus standar deviasi sebagai berikut :

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2.12)$$

atau

$$s = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{n(n-1)}} \quad (2.13)$$

Dimana :

$s$  = Standar deviasi

$X_i$  = Variabel independen X (jumlah penduduk)

$\bar{x}$  = Rata-rata X

$n$  = Jumlah data

Metode perhitungan proyeksi penduduk yang paling tepat adalah metoda yang memberikan harga standar deviasi terkecil.

### 2.3 Sistem Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih

Jaringan distribusi adalah rangkaian pipa yang berhubungan dan digunakan untuk mengalirkan air ke konsumen. Tata letak distribusi ditentukan oleh kondisi topografi daerah layanan dan lokasi pengolahan biasanya diklasifikasikan sebagai :

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

Sistem jaringan bercabang terdiri dari pipa induk utama (*main feeder*) disambungkan dengan pipa sekunder, lalu di sambungkan lagi dengan pipa cabang lainnya sampai akhirnya pada pipa yang menuju konsumen. Dari segi ekonomis sistem bercabang ini sangat menguntungkan, karena jalur pipa lebih pendek dan

diameter yang kecil, namun dari segi operasional mempunyai keterbatasan diantaranya :

- a. Jika terjadi kerusakan, akan terdapat daerah pelayanan yang tidak mendapatkan air karena tidak adanya sirkulasi air.
- b. Jika terjadi kebakaran, suplai air pada hidran lebih sedikit karena alirannya satu arah.

Sistem ini biasanya digunakan pada daerah dengan sifat-sifat berikut :

- a. Perkembangan kota ke arah memanjang dan terpisah.
- b. Sarana jaringan jalannya tidak berhubungan satu sama lain.
- c. Keadaan topografi memiliki perbedaan tinggi dengan kemiringan medan yang menuju ke satu arah.
- d. Luas daerah pelayanan relatif kecil.

## 2. Sistem Melingkar (*Loop*)

Sistem jaringan perpipaan melingkar terdiri dari pipa induk dan cabang yang saling berhubungan satu sama lain dan membentuk suatu *loop* (jaringan yang melingkar), sehingga terjadi sirkulasi air ke seluruh jaringan distribusi, dari pipa induk dilakukan penyadapan oleh pipa cabang dan selanjutnya dari pipa cabang dilakukan pendistribusian kepada konsumen. Dari segi ekonomis sistem ini kurang menguntungkan karena diperlukan katup dan diameter pipa yang bervariasi, sedangkan dari segi hidrolis sistem ini lebih baik karena jika terjadi kerusakan pada sebagian sistem, selama masa perbaikan daerah layanan masih dapat disuplai melalui *loop* lainnya.

Sistem melingkar ini bisanya diterapkan pada :

- a. Daerah yang mempunyai jaringan jalan yang berhubungan.
- b. Daerah yang arah perkembangannya menyebar ke segala arah.
- c. Daerah dengan topografi yang relatif datar.

### 3. Sistem Jaringan Kombinasi

Sistem jaringan perpipaan kombinasi merupakan gabungan dari sistem jaringan perpipaan bercabang dan melingkar. Sistem ini diterapkan untuk daerah pelayanan dengan karakteristik sebagai berikut.

- a. Kota yang sedang berkembang.
- b. Bentuk perluasan kota yang tidak teratur, demikian pula jaringan jalannya tidak berhubungan satu sama lain pada bagian tertentu.
- c. Terdapat daerah pelayanan yang terpencil.
- d. Elevasi muka tanah yang bervariasi.

Macam-macam jaringan pipa yang umumnya tersedia pada sistem distribusi air bersih adalah :

#### 1. Pipa primer atau pipa induk

Pipa primer adalah pipa yang mempunyai diameter yang relatif besar, yang fungsinya membawa air dari instalasi pengolahan atau *reservoir* distribusi.

#### 2. Pipa sekunder

Pipa sekunder merupakan pipa yang mempunyai diameter sama dengan atau kurang dari pada pipa primer, yang disambungkan pada pipa primer.

### 3. Pipa tersier

Pipa tersier dapat disambungkan langsung ke pipa sekunder atau primer, yang gunanya untuk melayani pipa service ke induk sangat tidak menguntungkan, disamping dapat mengganggu lalu lintas kendaraan.

### 4. Pipa *service*

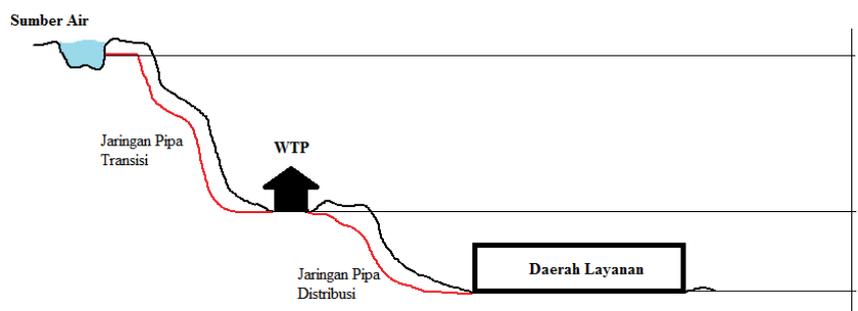
Pipa *service* mempunyai diameter yang relatif lebih kecil. Pipa disambungkan langsung pada pipa sekunder atau tersier, yang dihubungkan pada pipa pengguna.

## 2.3.1 Sistem Pengaliran Air Bersih

Distribusi air bersih dapat dilakukan dengan beberapa cara, tergantung kondisi topografi yang menghubungkan sumber air dengan konsumen. Berikut beberapa cara pengaliran distribusi air bersih:

### 1. Sistem Gravitasi

Sistem gravitasi dapat digunakan apabila elevasi sumber air mempunyai perbedaan cukup besar dengan elevasi daerah pelayanan, sehingga tekanan yang diperlukan dapat dipertahankan. Sistem ini dianggap cukup ekonomis, karena hanya memanfaatkan beda ketinggian lokasi.

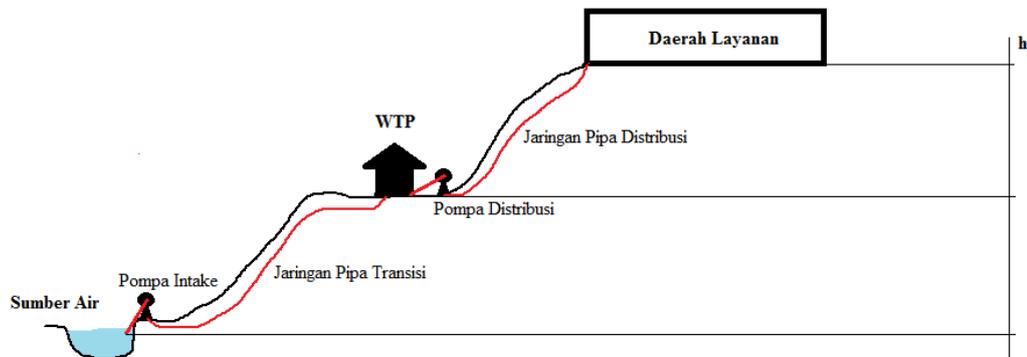


Gambar 2.1 Sistem Pengaliran Gravitasi

(Sumber : Dokumen Pribadi, 2020)

## 2. Sistem Pemompaan

Pada sistem ini pompa digunakan untuk meningkatkan tekanan yang diperlukan untuk mendistribusikan air ke konsumen. Sistem ini digunakan jika daerah pelayanan merupakan daerah yang lebih tinggi dari sumber air.

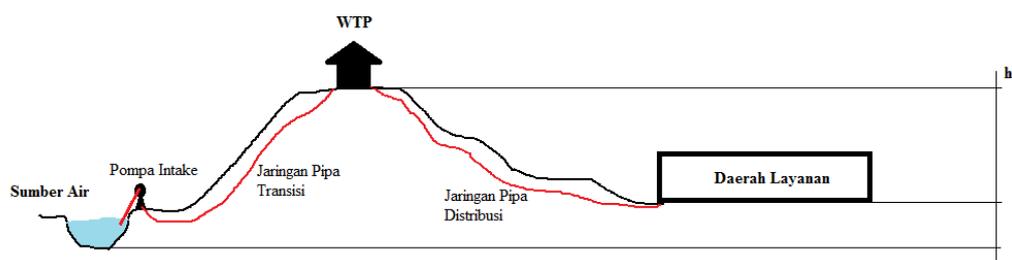


Gambar 2.2 Sistem Pengaliran Pemompaan

(Sumber : Dokumen Pribadi, 2020)

## 3. Sistem Gabungan

Pada sistem gabungan, *reservoir* digunakan untuk mempertahankan tekanan yang diperlukan selama periode pemakaian tinggi dan pada kondisi darurat. Selama periode pemakaian rendah, sisa air akan dipompakan dan disimpan. *Reservoir* digunakan sebagai cadangan air selama periode pemakaian tinggi atau pemakaian puncak, maka pompa dapat dioperasikan pada kapasitas debit rata-rata.



Gambar 2.3 Sistem Pengaliran Gabungan

(Sumber : Dokumen Pribadi, 2020)

## 2.3.2 Hidraulika Aliran Jaringan Pipa Air Bersih

### 2.3.2.1 Kecepatan Aliran

Nilai kecepatan aliran dalam pipa yang diijinkan adalah 0,3-0,25 m/detik pada jam puncak. Kecepatan yang terlalu kecil menyebabkan endapan yang ada dalam pipa tidak dapat terdorong. Selain itu pemborosan biaya, karena diameter pipa besar, sedangkan pada kecepatan terlalu tinggi mengakibatkan pipa cepat rusak dan mempunyai *head loss* yang tinggi, sehingga biaya pembuatan *reservoir* naik. Untuk menentukan kecepatan aliran dalam pipa digunakan rumus kontinuitas. (Hidraulika II Bambang Triatmodjo, 2020:50).

$$Q = A \cdot V = \frac{1}{4}\pi \cdot D^2 \cdot V \quad (2.14)$$

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \quad (2.15)$$

Dimana :

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

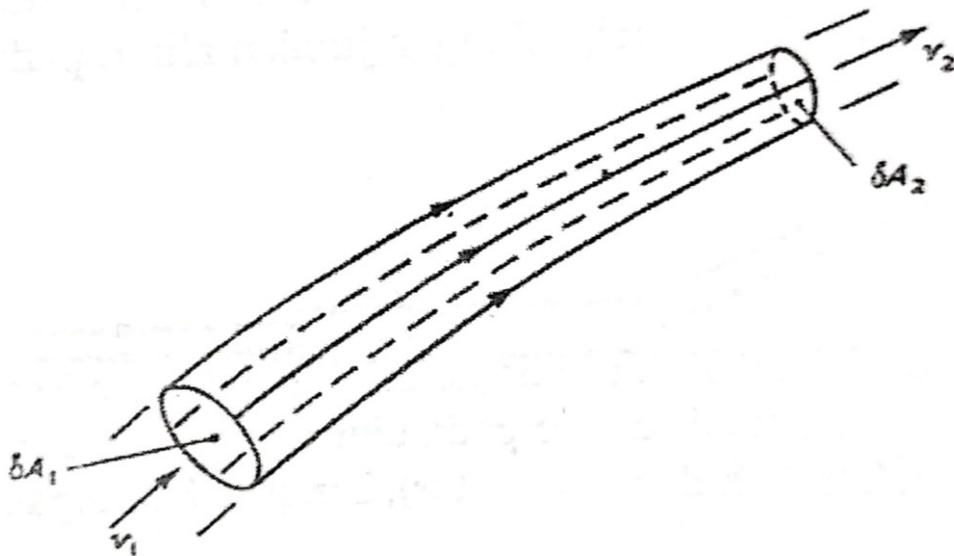
A = Luas Penampang Pipa (m<sup>2</sup>)

V = Kecepatan Aliran (m/detik)

D = Diameter Pipa (m)

### 2.3.2.2 Hukum Kontinuitas

Menurut Triatmodjo (1993) apabila zat cair tak kompresible mengalir secara kontinyu melalui pipa atau saluran terbuka, dengan tampang aliran konstan ataupun tidak konstan, maka volume zat cair yang lewat tiap satuan waktu adalah sama disemua tampang.



Gambar 2.4 Tabung Aliran untuk Menurunkan Persamaan Kontinuitas

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2018)

Keadaan ini disebut dengan hukum kontinuitas aliran zat cair.

$$Q_{\text{masuk}} = Q_{\text{keluar}}$$

$$V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2 \quad (2.16)$$

Atau

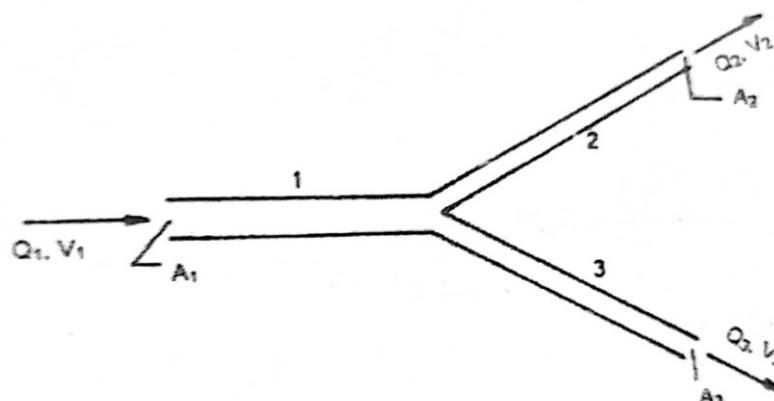
$$Q = A \cdot V = \text{konstan} \quad (2.17)$$

Dimana :

$V_1 A_1$  = Volume zat cair yang masukampang 1 tiap satuan waktu.

$V_2 A_2$  = Volume zat cair yang masukampang 2 tiap satuan waktu.

Menurut Triatmodjo (1993) untuk pipa bercabang berdasarkan persamaan kontinuitas, debit aliran yang menuju titik cabang harus sama dengan debit yang meninggalkan titik tersebut.



Gambar 2.5 Persamaan Kontinuitas Pada Pipa Bercabang  
(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2018)

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \quad (2.18)$$

Atau

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 + A_3 \cdot V_3 \quad (2.19)$$

(Hidraulika I Beta Offset Bambang Triatmodjo, 2018:137)

### 2.3.3 Komponen Jaringan Distribusi Air Bersih

#### 1. Pipa

Jenis pipa ditentukan berdasarkan material pipanya, seperti CI, beton (*concrete*), baja (*steel*), AC, GI, plastik dan PVC.

##### a. *Cast-Iron Pipe*

Pipa CI tersedia untuk ukuran panjang 3,7 dan 5,5 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.

b. *Concrete Pipe*

Pipa beton biasa digunakan jika tidak berada dalam tekanan dan kebocoran pada pipa tidak terlalu dipersoalkan. Diameter pipa beton mencapai 610 mm.

Kelebihan:

- Bagian dalam pipa halus dan kehilangan akibat friksi paling sedikit.
- Tahan lama, sekurangnya 75 tahun.
- Tidak berkarat atau terbentuk lapisan didalamnya.
- Biaya pemeliharaan murah.

Kekurangan :

- Pipanya berat dan sulit digunakan.
- Cenderung patah selama pengangkutan.
- Sulit diperbaiki

c. *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 semen mortar.

Kelebihan :

- Kuat.
- Lebih ringan daripada 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 dilapis dengan bahan tertentu.

d. *Asbestos-Cement Pipe*

Pipa ini dibuat dengan mencampurkan serat asbes dengan semen pada tekanan tinggi. Diameternya berkisar antara 50 – 900 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 halus dan tahan terhadap korosi.
- Tersedia untuk ukuran yang panjang sehingga sambungannya lebih sedikit.

- Dapat dipotong menjadi berbagai ukuran panjang dan disambungkan seperti pipa CI.

Kekurangan :

- Rapuh dan mudah patah.
- Tidak dapat digunakan untuk tekanan tinggi.

e. *Galvanised-Iron Pipe*

Pipa GI banyak digunakan untuk saluran dalam gedung. Tersedia untuk diameter 60 – 750 mm.

Kelebihan :

- Ringan, sehingga mudah digunakan dan diangkut.
- Mudah disambung.
- Bagian dalamnya halus sehingga kehilangan tekanan akibat gesekan kecil.

Kekurangan :

- Umurnya 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

f. *Plastic Pipe*

Pipa plastik memiliki banyak kelebihan, seperti tahan terhadap korosi, ringan dan murni. Pipa *Polyethylene* tersedia dalam warna hitam. Pipa ini

lebih tahan terhadap bahan kimia, kecuali asam nitrat dan asam kuat, lemak dan minyak.

Pipa plastik terdiri atas 2 (dua) tipe :

- *Low-Density Polyethylene 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 Polyethylene Pipe*. Pipa ini lebih kuat dibandingkan *lowdensity polyethylene*. Diameter pipa berkisar antara 16-400 mm tetapi pipa berdiameter besar hanya digunakan jika terdapat kesulitan menyambung pipa berdiameter kecil. Pipa ini juga bisa dipakai untuk mengangkut air dalam jalur yang panjang.

Pipa plastik tidak bisa memenuhi standar lingkungan, yaitu jika terjadi kontak dengan bahan-bahan seperti *asam organic, keton, ester, alcohol* dan sebagainya. *High-density pipe* lebih buruk dibandingkan *low-density* dalam permasalahan ini.

g. *PVC Pipe (Unplasticised)*

Kekakuan pipa PVC (*polyvinyl chloride*) adalah tiga kali kekakuan pipa *polyethylene* 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. Pompa

Pompa merupakan peralatan yang digerakkan secara mekanis untuk melakukan kerja pada sistem zat cair (fluida) dan kemudian mengubah energi mekanik menjadi energi fluida. Pompa berfungsi untuk memindahkan cairan dari satu tempat ke tempat yang lain, dan banyak diterapkan pada pekerjaan seperti :

- a. Memindahkan air dari sumber air atau sungai untuk keperluan irigasi, suplai air minum, air drainase dan sebagainya.
- b. Memompa air pada pelaksanaan bangunan seperti terowongan, *cofferdam*, penggalian pondasi, dan sebagainya.
- c. Keperluan industri seperti pengolahan dan pembuangan limbah, pengeboran minyak dan sebagainya.

Dalam memilih suatu pompa terlebih dahulu harus diketahui kapasitas aliran serta *head* yang diperlukan untuk mengalirkan zat cair yang akan dipompa.

## 3. Tangki

Untuk mengetahui kapasitas volume dimensi tangki yang dibutuhkan untuk menghasilkan produksi yang besarnya tertentu dapat menggunakan rumus :

$$V = P \cdot L \cdot T \quad (2.20)$$

Dimana :

V = Volume tangki (m<sup>3</sup>)

P = Panjang tangki (m)

L = Lebar tangki (m)

T = Tinggi tangki (m)

#### 4. *Valve*

*Valve* merupakan sebuah perangkat yang mengatur, mengarahkan maupun mengontrol suatu proses aliran pada saluran tertutup dari aliran dengan membuka, menutup, atau menutup sebagian dari jalan alirannya. *Valve* berdasarkan fungsinya dibagi dalam beberapa jenis diantaranya sebagai berikut :

##### a. *Pressure Reducing Valve*

Fungsi utama dari *Pressure Reducing Valve* ini ialah untuk menjaga agar tekanan dalam sistem perpipaan selalu konstan, cara kerjanya ialah dengan menurunkan tekanan dari sumber yang mempunyai tekanan lebih tinggi.

##### b. *Pressure Sustaining Valve*

*Pressure Sustaining Device* digolongkan sebagai *safety valve*, dipakai untuk mencegah terjadinya tekanan berlebihan pada sistem perpipaan saat beroperasi dan mencegah terjadinya kerusakan pada peralatan. *Valve* ini bekerja saat adanya tekanan yang berlebih didesain untuk membuka katup yang keluar dari jaringan pipa secara proporsional dan akan menutup kembali saat tekanannya normal.

##### c. *Flow Control Valve*

*Flow Control Valve* adalah *valve* yang otomatis dapat mengatur aliran dalam sebuah sistem perpipaan secara presisi. Pada *flow control valve* biasanya menggunakan tanda / sinyal dari komponen yang terpasang di sistem perpipaan untuk kemudian diteruskan kedalam bukaan *valve* sesuai kebutuhan dari jumlah alirannya.

### 2.3.4 Kriteria Jaringan Pipa Air Bersih

Analisis pada jaringan distribusi pipa air bersih harus memenuhi kriteria sesuai dengan standar yang ada. Adapun kriteria jaringan distribusi pipa air bersih ditampilkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.2 Kriteria Jaringan Pipa

KRITERIA JARINGAN PIPA AIR BERSIH	
Kriteria	Perubahan
1. Kecepatan (0,3 - 4,5 m/dtk)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kecepatan kurang dari 0,3m/dtk               <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Diameter pipa diperkecil</li> <li>b. Ditambahkan pompa</li> <li>c. Elevasi hulu pipa hendaknya lebih tinggi (d disesuaikan di lapangan)</li> </ul> </li> <li>- Kecepatan lebih dari 4,5 m/dtk               <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Diameter pipa diperbesar</li> <li>b. Elevasi pipa bagian hulu terlalu besar dibandingkan dengan hilir</li> <li>c. Pemasangan <i>Flow Control Valve</i> (FCV)</li> </ul> </li> </ul>
2. <i>Headloss Gradient</i> (0 – 15 m/km)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Headloss Gradient</i> lebih dari 15 m/km               <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Diameter pipa diperbesar</li> <li>b. Elevasi pipa bagian hulu terlalu besar dibandingkan dengan hilir pipa</li> </ul> </li> </ul>
3. Tekanan ( 0,5 – 8 atm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tekanan kurang dari 0,5 atm               <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Diameter pipa diperbesar</li> <li>b. Ditambahkan pompa</li> </ul> </li> <li>- Tekanan lebih dari 8 atm               <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Diameter pipa diperkecil</li> <li>b. Ditambahkan bangunan bak pelepas tekan</li> <li>c. Pemasangan <i>Pressure Reducer Valve</i> (PRV)</li> </ul> </li> </ul>

(Sumber : PERMEN PU No. 18 Tahun 2007)

## 2.4 Kehilangan Tekanan Air

### 2.4.1 Kecepatan Aliran

Nilai kecepatan aliran dalam pipa yang diijinkan adalah 0,3-4,5 m/detik. Kecepatan yang terlalu kecil akan menyebabkan endapan dalam pipa, sedangkan pada kecepatan terlalu tinggi mengakibatkan pipa cepat rusak dan mempunyai *headloss* yang tinggi. Untuk menentukannya digunakan rumus kontinuitas.

$$Q = A \cdot V = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \cdot V \quad (2.21)$$

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \quad (2.22)$$

Dimana :

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

A = Luas Penampang Pipa (m<sup>2</sup>)

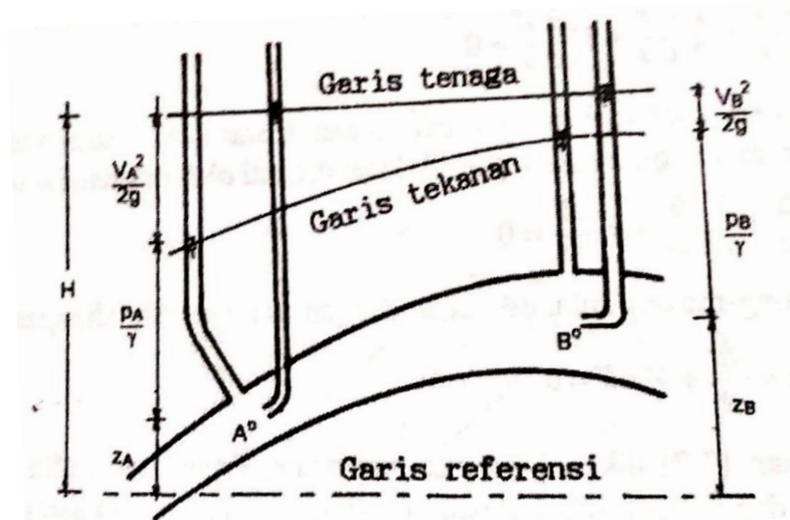
V = Kecepatan Aliran (m/detik)

D = Diameter Pipa (m)

(Hidraulika I Beta Offset, Bambang Triatmodjo 2018:136)

### 2.4.2 Tekanan dan Tenaga

Menurut Triatmodjo (1993) persamaan Bernoulli dapat digunakan untuk menentukan garis tekan dan tenaga. Garis tenaga dapat ditunjukkan oleh elevasi muka air pada tabung Pitot yang besarnya sama dengan tinggi total dari konstanta Bernoulli, sedang garis tekan dapat ditunjukkan oleh elevasi muka air di dalam tabung vertikal yang disambung pada pipa.

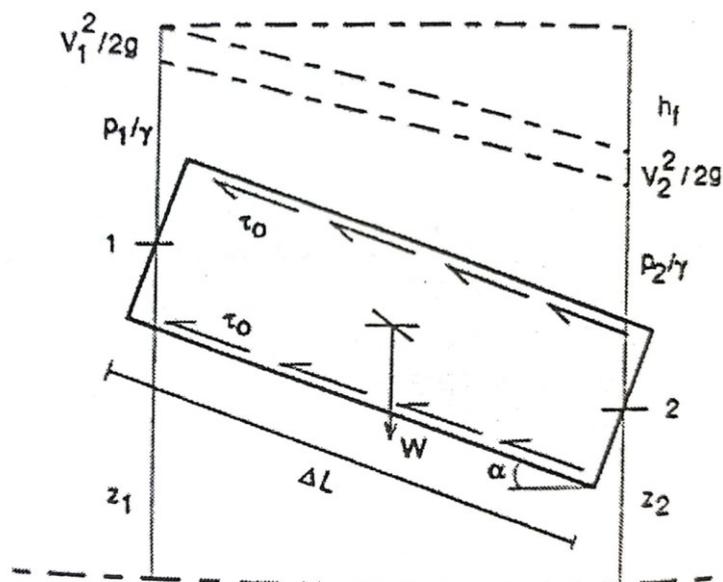


Gambar 2.6 Garis Tenaga dan Tekanan pada Zat Cair Ideal  
(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2018)

Aplikasi persamaan Bernoulli untuk kedua titik di dalam medan aliran akan memberikan :

$$Z_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} = Z_B + \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} \quad (2.23)$$

(Hidraulika I Beta Offset, Bambang Triatmodjo 2018:145)



Gambar 2.7 Penurunan Rumus Bernoulli  
(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2020)

$$Z1 + \frac{P1}{\gamma} + \frac{V1^2}{2g} = Z2 + \frac{P2}{\gamma} + \frac{V2^2}{2g} + Hf \quad (2.24)$$

Dimana :

Z = Elevasi Pipa Datum (m)

P = Tinggi Tekanan (Pa)

V = Kecepatan Aliran (m/detik)

g = Gravitasi (m/detik<sup>2</sup>)

$\gamma$  = Massa Jenis Air (kg/m<sup>3</sup>)

Hf = Kehilangan Tinggi Tekan (m)

(Hidraulika II Beta Offset, Bambang Triatmodjo 2020:26)

### 2.4.3 Kehilangan Tinggi Tekan

Prinsip kehilangan energi akibat gesekan (friksi) dalam saluran pipa dapat dijelaskan pada persamaan *Darcy-Weisbach* berikut :

$$Hf = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2.25)$$

Dengan

$$f = \frac{64}{Re} \text{ untuk } Re < 2.000 \quad (2.26)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2,0 \log \left( \frac{\epsilon/d}{3,7} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}} \right) \text{ untuk } Re \text{ 2.000-4.000} \quad (2.27)$$

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}} \text{ untuk } Re \text{ 3.000-100.000} \quad (2.28)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2,0 \log \left( \frac{Re\sqrt{f}}{2,51} \right) \text{ untuk } Re > 100.000 \quad (2.29)$$

Dimana :

$H_f$  = Kehilangan energi (m)

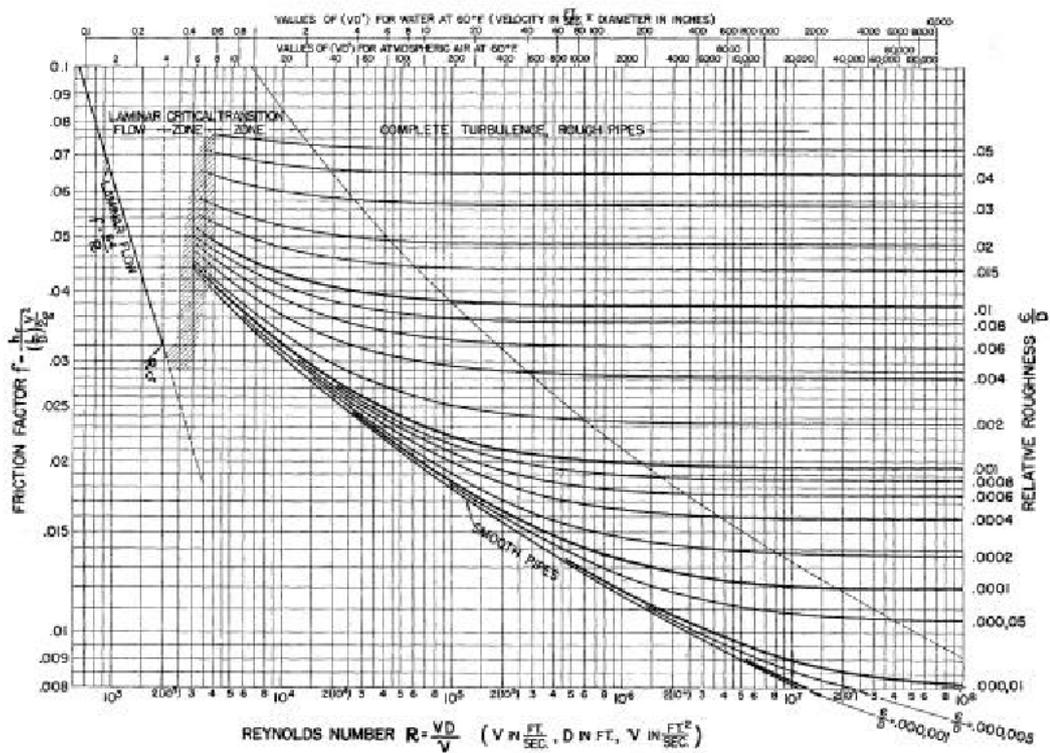
$f$  = Faktor gesekan, yang tergantung dari angka Reynolds, diameter dan kekasaran pipa

$v$  = Kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/s)

$d$  = Diameter pipa (m)

$g$  = Gaya gravitasi ( $9,8 \text{ m/s}^2$ )

(Mekanika Fluida I, Orianto dan Pratikto 1989:75)



Gambar 2.8 Diagram *Moody*

(Sumber : Orianto dan Pratikto, 1989)

Tabel 2.3 Nilai Kekasaran Pipa

Jenis Pipa Baru	Nilai $\epsilon$ (mm)
Kaca ( <i>smooth pipes</i> )	0,0015
Besi dilapis aspal	0,06 – 0,24
Besi tuang	0,18 – 0,90
Plester semen	0,27 – 1,20
Beton	0,30 – 3,00
Baja	0,03 – 0,09
Baja dikeling	0,90 – 9,00
Pasangan batu	6,00

(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2020)

## 2.5 *WaterGEMS*

### 2.5.1 Pengertian *WaterGEMS*

*WaterGEMS* adalah aplikasi permodelan hidrolis untuk sistem distribusi air bersih yang berlisensi di bawah perusahaan perangkat lunak yang berbasis di Amerika bernama *Bentley*. *WaterGEMS* dilengkapi dengan interoperabilitas canggih, pembuatan model geospasial, pengoptimalan jaringan, dan lain-lain. *WaterGEMS* juga menggunakan *interface* yang memudahkan pengguna untuk melakukan analisis, perancangan, pengoptimalan jaringan distribusi air bersih, dan lainnya seperti:

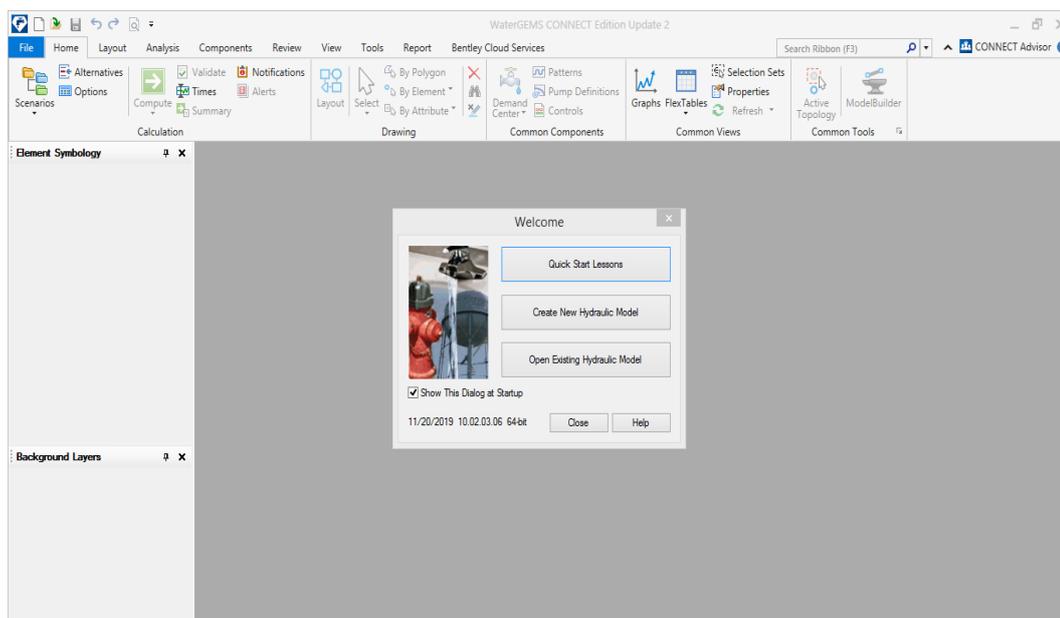
1. Menganalisis sistem jaringan distribusi air pada satu kondisi waktu (kondisi permanen).
2. Menganalisis tahapan-tahapan atau periodisasi simulasi pada sistem jaringan terhadap adanya kebutuhan air yang berfluktuatif menurut waktu (kondisi tidak permanen).

3. Menganalisis skenario perbandingan atau alternatif jaringan pada kondisi yang berlainan pada satu file kerja.
4. Menganalisis kondisi jaringan pada saat kondisi ekstrim untuk keperluan pemadam kebakaran atau hydrant (fire flow analysis).
5. Menganalisis kualitas air pada sistem jaringan distribusi air baku.
6. Menghitung konstruksi biaya dari sistem jaringan distribusi air baku yang dibuat.

## 2.5.2 Tahapan-tahapan Penggunaan Aplikasi *WaterGEMS*

### 2.5.2.1 Membuat Lembar Kerja Baru

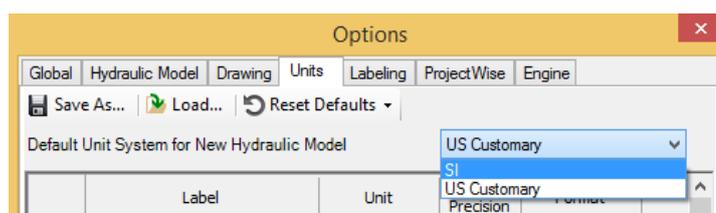
1. Buka aplikasi *WaterGEMS*. Aplikasi ini bisa ditemukan di *Start Menu* >> *Programs* >> *Bentley* >> *WaterGEMS*, atau klik dua kali di *icon WaterGEMS* pada *desktop*.
2. Akan muncul *dialog box* seperti di bawah ini.



Gambar 2.9 *Welcome Dialog*

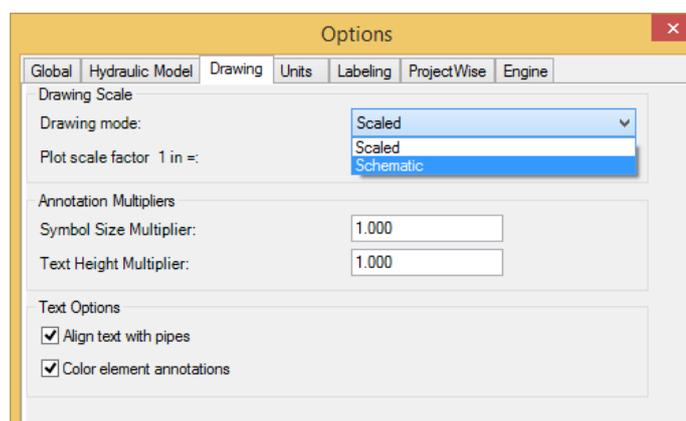
(Sumber : Program Aplikasi *WaterGEMS Update 3*, 2020)

3. Klik *Create New Project*, akan muncul bidang gambar dengan nama *untitled1.wtg*
4. Sebelum memulai sebuah model, pilih satuan kerja yang akan digunakan. Klik *Tools >> Options >> Units*. Pilih apakah akan menggunakan Sistem International Unit atau *United State Unit*. Untuk contoh pada modul ini, pilih satuan kerja Sistem International unit.



Gambar 2.10 Pengaturan Satuan (*units*) dalam *WaterGEMS*  
(Sumber : Program Aplikasi *WaterGEMS Update 3*, 2020)

5. Klik tab *Drawing*, anda dapat menentukan apakah akan menggunakan penggambaran dengan skala (*scaled*) atau manual (*schematic*). Penggunaan *drawing scaled* dapat dilakukan apabila tersedia peta jaringan dalam file *AutoCad*, sehingga anda tidak perlu melakukan input data panjang pipa. Namun apabila peta jaringan tidak tersedia, pilih *drawing schematic*, dan anda diharuskan melakukan input data panjang pipa.

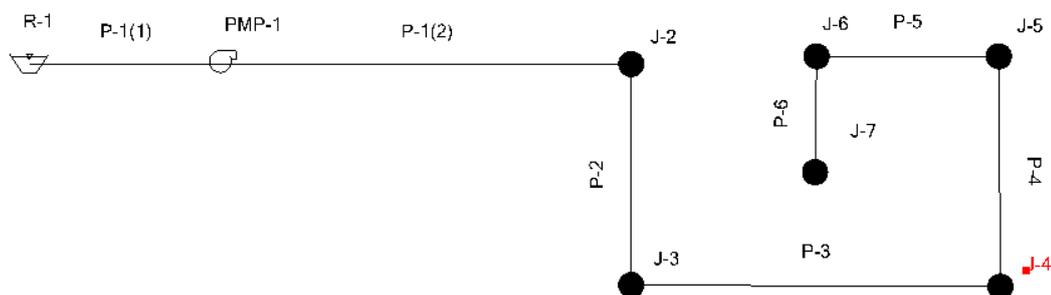


Gambar 2.11 Pengaturan Penggambaran (*Drawing*) dalam *WaterGEMS*  
(Sumber : Program Aplikasi *WaterGEMS Update 3*, 2020)

6. Klik OK.
7. Klik File > **Save As**. Untuk menyimpan dan memberi nama model yang akan dibuat. Pada *dialog box*, akan muncul folder *WaterGEMS* dengan nama file *Untitled1*, ubah nama file sesuai dengan yang diinginkan kemudian simpan di folder yang anda inginkan, lalu klik *Save*.

### 2.5.2.2 Membuat *Layout Jaringan*

1. Pilih lambang pipa  dari *layout toolbar*.
2. Pilih lambang *reservoir*  dari *layout toolbar*.
3. Kemudian klik kiri pada bidang gambar untuk menempatkan *reservoir*.
4. Kemudian klik kiri pada lambang *pump*  untuk menempatkan *pump* dari *layout toolbar*.
5. *Junction* akan dengan otomatis termasuk ke dalam jaringan pipa pada tiap ujung pipa atau tiap sambungan antar pipa.



Gambar 2.12 *Layout Jaringan* dalam *WaterGEMS*  
(Sumber : Program Aplikasi *WaterGEMS Update 3*, 2020)

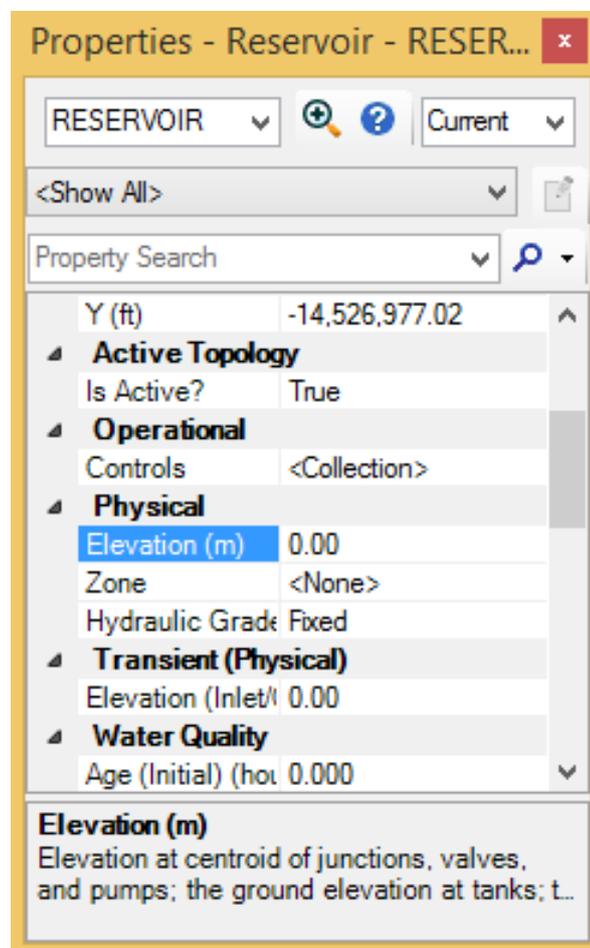
### 2.5.2.3 Melakukan Input Data

Ada 2 cara untuk melakukan input data:

1. Melalui *dialog box* properties, klik kiri 2 kali pada elemen yang akan di input lalu akan muncul *dialog box properties*, kemudian input data yang diinginkan.

Input data *reservoir* :

- Klik 2 kali pada elemen *reservoir*, anda akan melihat *dialog box* seperti di bawah.
- Masukkan angka elevasi pada kolom *elevation*.

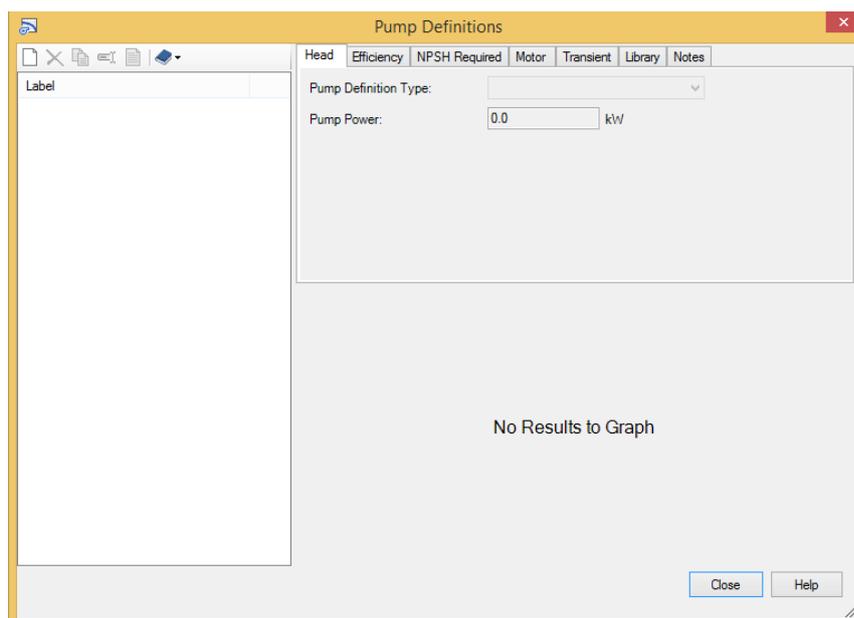


Gambar 2.13 *Dialog Box* pada Elemen *Reservoir*

(Sumber : Program Aplikasi *WaterGEMS Update 3*, 2020)

Input data pompa :

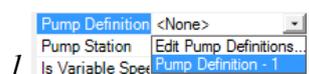
- Klik 2 kali pada elemen pompa, lalu anda akan melihat *dialog box* seperti di bawah.
- Masukkan angka elevasi pada kolom *elevation*.
- Klik pada kolom isian *Pump Definition*, dan pilih *Edit Pump Definition*, akan keluar *dialog box pump definition* seperti dibawah ini.



Gambar 2.14 *Dialog Box Pump Definition*

(Sumber : Program Aplikasi *WaterGEMS Update 3*, 2020)

- Klik New  untuk membuat definisi/karakteristik pompa (*pump definition*)
- Klik kolom isian *pump definition type*, pilih *standard (1 point)*. Kemudian isikan data sesuai yang dibutuhkan.
- Pindahkan isian *Pump Definition* dari <None> menjadi *Pump Definition-*

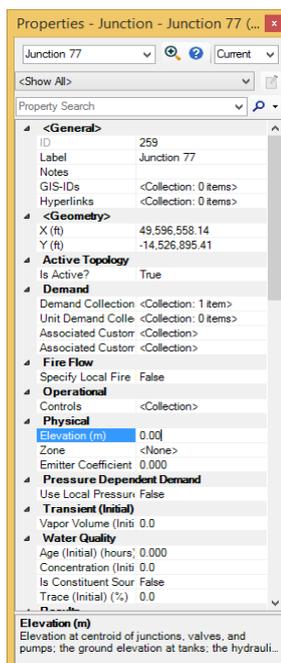


- Tutup *dialog box*

- Pastikan satuan yang anda masukkan sudah benar, anda dapat mengubah satuan kerja dengan cara klik kanan pada kolom yang akan diubah, pilih *unit and formating*, kemudian ubah satuan sesuai dengan yang anda inginkan .

Input data *Junction* :

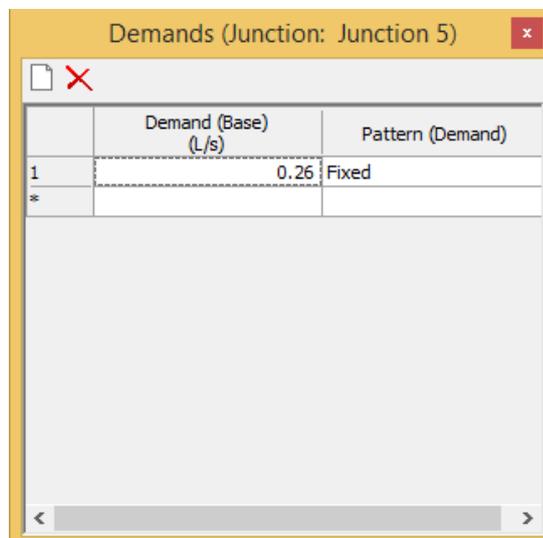
- Klik pada salah satu elemen *junction*
- Input data minimal yang harus diisikan pada *junction* adalah *elevation* dan *Demand Collection*.
- Untuk melakukan *input* data *elevation*, klik pada kolom isian *elevation*, kemudian masukkan data yang diinginkan.
- Untuk melakukan input data *demand collection*, klik kolom isian *demand collection* (sebelumnya tertulis collection: 0 items).
- Klik *new*, kemudian isikan data yang *demand (base)* yang diinginkan.



Gambar 2.15 *Dialog Box* pada Elemen *Junction*

(Sumber : Program Aplikasi *WaterGEMS Update 3*, 2020)

- Untuk melakukan *input* data *demand collection* klik  pada kolom isian *demand collection* (sebelumnya tertulis *collection: 0 items*).
- Klik *new* , kemudian isikan data *demand (base)* yang diinginkan.



Gambar 2.16 *Input Data Demand Collection*

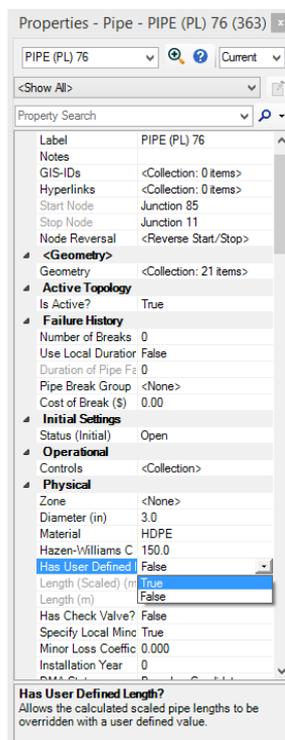
(Sumber : Program Aplikasi *WaterGEMS Update 3*, 2020)

- Perhatikan satuan yang anda gunakan
- Masukkan data kebutuhan air berdasarkan hasil perhitungan pada tiap-tiap *junction*.
- Tutup *dialog box junction properties*.

Input data Pipa :

- Klik 2 kali pada salah satu elemen pipa, akan muncul *dialog box Pipe Properties*
- Input data minimal yang harus diisikan pada pipa adalah diameter, jenis material, dan panjang pipa.
- Klik pada kolom isian diameter untuk input data diameter pipa.
- Klik pada kolom isian material untuk input jenis pipa.

- Klik pada *Has User Defined Length?* Kemudian ubah dari *false* menjadi *true*, input data panjang pipa pada baris di bawahnya/*length* (*User Defined*).



Gambar 2.17 *Dialog Box* pada Elemen *Pipe*

(Sumber : Program Aplikasi *WaterGEMS Update 3*, 2020)

- Input data berikut pada pipa yang telah anda buat.
- Apabila anda memiliki peta *AutoCad* yang terskala, maka input data panjang pipa tidak perlu dilakukan, pilih *false* pada kolom isian *Has User Defined Length?*, maka *WaterGEMS* akan menghitung panjang pipa secara otomatis mengikuti gambar yang anda buat.
- **Perhatikan** satuan yang anda gunakan
- Untuk input data pada elemen yang sama, anda tidak perlu menutup *dialog box*, klik pada element berikutnya, kemudian lakukan input data pada *dialog box* yang sama.