

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Pengertian Air**

Air adalah salah satu zat yang paling penting dalam kehidupan kita sehari-hari. Pengertian air sendiri merujuk pada senyawa kimia yang terdiri dari dua atom hidrogen (H) dan satu atom oksigen (O). Air memiliki rumus kimia  $H_2O$ . Air dapat berbentuk cair, padat (es), atau gas (uap air) tergantung pada suhu dan tekanan. Air merupakan zat yang paling melimpah di Bumi, dengan sekitar 71% permukaan Bumi terdiri dari air.

##### **2.1.1 Air Bersih**

Air bersih adalah air yang bebas dari kontaminasi dan dapat digunakan untuk berbagai keperluan manusia, seperti minum, memasak, mandi, mencuci, dan keperluan lainnya. Air bersih harus memenuhi standar kualitas yang ditetapkan oleh badan pengawas kesehatan setempat, seperti Kementerian Kesehatan atau Badan Lingkungan Hidup. Pentingnya air bersih tidak dapat dipungkiri. Manusia membutuhkan air bersih setiap hari untuk memenuhi kebutuhan hidrasi tubuh. Air bersih juga sangat penting dalam menjaga kebersihan dan kesehatan manusia. Selain itu, air bersih juga diperlukan dalam proses produksi makanan dan minuman, serta dalam kegiatan industri.

##### **2.1.2 Air minum**

Air minum adalah air yang digunakan untuk konsumsi manusia dan aman diminum. Jumlah air minum yang dibutuhkan untuk menjaga kesehatan yang baik bervariasi, dan tergantung pada tingkat aktivitas fisik, usia, masalah yang berhubungan dengan kesehatan, dan kondisi lingkungan. Pada 2017, sebanyak 71% penduduk dunia memiliki akses air minum yang tersedia setiap saat dan bebas kontaminasi dan 90% penduduk dunia setidaknya memiliki akses air minum mendasar yang setidaknya dapat dijangkau dalam kurang dari 30 menit. Bahkan, sebanyak 785 juta orang tidak memiliki layanan air minum dasar,

termasuk 144 juta orang yang bergantung pada air permukaan. Lebih lanjut berdasarkan data global, setidaknya 2 miliar orang menggunakan sumber air minum yang terkontaminasi tinja. Air yang tercemar ini dapat menularkan penyakit seperti diare, kolera, disentri, tipus, dan polio. Air minum yang terkontaminasi diperkirakan menyebabkan 485.000 kematian akibat diare.

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

macam-macam sumber air yang dapat digunakan untuk air bersih adalah sebagai berikut :

### **1. Air Laut**

Mempunyai sifat asam, karena mengandung garam (NaCl) kadar garam NaCl dalam air laut 3%. Dalam keadaan ini air laut tidak mempunyai syarat untuk air bersih.

### **2. Atmosfir**

Dalam keadaan murni air hujan sangat bersih, tetapi karena adanya pengotoran udara yang disebabkan oleh kotoran-kotoran industri, dan lainnya maka air ini menjadi tercemar. Maka dari itu untuk menyediakan air hujan sebagai sumber air bersih hendaknya pada waktu menampung air hujan, jangan dimulai pada saat hujan mulai turun, karena masih banyak mengandung kotoran yang diakibatkan adanya pencemaran udara.

### **3. Air permukaan**

Air permukaan adalah air hujan yang mengalir dipermukaan bumi, pada umumnya air permukaan ini akan mendapat pengotoran selama pengalirannya, misalnya oleh lumpur, batang-batang kayu, kotoran industri, dan sebagainya.

Air permukaan terdiri dari beberapa macam yaitu :

- a. Air sungai, dalam penggunaannya sebagai air bersih haruslah melalui suatu pengolahan yang sempurna, karena air sungai ini pada umumnya tingkat kotorannya sangat tinggi.

- b. Air danau/Rawa, kebanyakan air danau atau rawa ini berwarna, hal ini disebabkan oleh adanya benda-benda yang membuat seperti tumbuhan, lumut yang menimbulkan berwarna hijau.

#### 4. Air Tanah

Air tanah merupakan salah satu sumber air bagi kehidupan di permukaan bumi, adapun jenis-jenis air tanah yaitu :

- a. Air tanah dangkal

Air tanah dangkal ini terjadi karena adanya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, demikian pula dengan benda lain sehingga air tanah akan jernih. Air tanah ini terdapat pada kedalaman  $\pm 15$  meter. Sebagai sumber air bersih, air tanah dangkal ini ditinjau dari segi kualitasnya agar baik, tetapi kuantitas kurang tergantung pada musim.

- b. Air tanah dalam

Setelah lapisan air yang pertama, pengambilan air tanah dalam tidak sama dengan mata air tanah dangkal. Dalam hal ini harus digunakan bor dan memasukan pipa kedalamnya, kedalaman 100-300 meter. Jika terkena air tanah besar air akan menyembur keluar, sehingga dalam keadaan ini disebut sumur artesis. Jika air tidak dapat keluar dengan sendirinya maka digunakan pompa untuk membuat air bisa naik ke permukaan.

- c. Mata air adalah tempat dimana mata air keluar ke permukaan tanah. Sehingga mata air yang berasal dari tanah dalam, hampir tidak terpengaruh oleh musim. (Teknologi Penyediaan Air Bersih, Sutrisno Totok 2010:14-19)

## **2.3 Analisis Pertumbuhan Penduduk**

Jumlah penduduk mempengaruhi tingkat kebutuhan air bersih. Peningkatan jumlah penduduk dari masa-kemasa memberikan pengaruh signifikan terhadap tingkat kebutuhan air bersih untuk mengetahui kebutuhan air bersih dimasa yang akan datang, maka diperlukan data proyeksi jumlah penduduk dimasa yang akan datang yang diperoleh dari data jumlah penduduk sebelumnya.

### **2.3.1 Kriteria Pertumbuhan Penduduk**

Dalam menganalisis tinggi rendahnya pertumbuhan penduduk, maka diperlukan adanya indikator atau kriteria yang membatasi sejauh mana pertumbuhan penduduk. Ada 3 klasifikasi pertumbuhan penduduk yang harus dipahami, yakni :

- a. Pertumbuhan penduduk termasuk cepat apabila pertumbuhan 2% lebih dari jumlah penduduk tiap tahun.
- b. Pertumbuhan penduduk termasuk sedang apabila pertumbuhan itu antara 1%-2%.
- c. Pertumbuhan penduduk termasuk lambat apabila pertumbuhan itu antara 1% atau kurang.

Angka pertumbuhan penduduk adalah angka yang menunjukkan tingkat pertumbuhan penduduk per tahun dalam jangka waktu tertentu yang dinyatakan dengan persen (%) angka tersebut (dalam persen) dapat dijadikan indikator setelah menghitung angka pertumbuhan penduduk.

### **2.3.2 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk**

Agar dapat menentukan kebutuhan air bersih di masa mendatang perlu terlebih dahulu diperhatikan keadaan yang ada pada saat ini dan proyeksi jumlah penduduk di masa mendatang. Metode yang digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk di masa mendatang yaitu:

1. Metode Aritmatika

Metode ini biasanya disebut juga dengan rata-rata hilang. Metode ini digunakan apabila data berkala menunjukkan jumlah penambahan yang relatif sama tiap tahun. Hal ini terjadi pada kota dengan luas

wilayah yang kecil, tingkat pertumbuhan ekonomi kota rendah dan perkembangan kota tidak terlalu pesat.

$$P_n = P_0(1 + m) \dots\dots\dots(2.1)$$

Ket:

$P_n$  = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)

$P_0$  = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)

$r$  = angka pertambahan penduduk per tahun (%)

$n$  = jumlah tahun proyeksi (tahun)

## 2. Metode Eksponensial

Proyeksi jumlah penduduk dengan metode eksponensial menggunakan persamaan berikut :

$$P_n = P_0.e^{r.n} \dots\dots\dots(2.2)$$

Ket:

$P_n$  = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)

$P_0$  = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)

$r$  = angka pertambahan penduduk (%)

$n$  = periode tahun yang ditinjau (tahun)

$e$  = bilangan logaritma natural (2,7182818)

## 3. Metode Geometrik

Untuk keperluan proyeksi penduduk, metode ini digunakan bila data jumlah penduduk menunjukkan peningkatan yang pesat.

$$P_n = P_0(1 + r)^n \dots\dots\dots(2.3)$$

Ket:

$P_n$  = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)

$P_0$  = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)

$r$  = angka pertambahan penduduk tiap tahun (%)

$n$  = jumlah tahun proyeksi (tahun)

## 2.4 Kebutuhan Air Bersih

Air bersih adalah salah satu kebutuhan pokok manusia yang dibutuhkan secara berkelanjutan. Penggunaan air bersih sangat penting untuk konsumsi rumah tangga, kebutuhan industri dan tempat umum.

Kebutuhan air bersih merupakan kebutuhan yang tidak terbatas dan berkelanjutan. Sedangkan kebutuhan akan penyediaan dan pelayanan air bersih dari waktu ke waktu semakin meningkat yang terkadang tidak dimbangi oleh kemampuan pelayanan. Peningkatan kebutuhan air disebabkan oleh peningkatan jumlah penduduk, peningkatan derajat kehidupan warga serta perkembangan kota/kawasan pelayanan ataupun hal-hal yang berhubungan dengan peningkatan kondisi sosial ekonomi warga.

#### 2.4.1 Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan domestik adalah kebutuhan air bersih untuk pemenuhan kebutuhan sehari-hari atau rumah tangga seperti untuk minum, memasak, kesehatan individu (mandi, cuci dan sebagainya), menyiram tanaman, halaman dan pengangkutan air buangan (buangan dapur dan toilet). . Besarnya kebutuhan domestik yang diperlukan untuk perencanaan dapat dilihat dengan cara menghitung rerata kebutuhan air liter/orang/hari. Kebutuhan air perorangan tentunya akan berbeda sesuai dengan dimana orang tersebut tinggal. Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan air bersih bagi keperluan rumah tangga yang dilakukan melalui Sambungan Rumah (SR) dan kebutuhan umum yang disediakan melalui fasilitas Hidran Umum (HU).

**Tabel 2. 1** Standar kebutuhan air domestik

| No | URAIAN  | Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Jiwa |                   |                |                |        |
|----|---|---------------------------------------|-------------------|----------------|----------------|--------|
|    |   | 1.000.000                             | 500.000–1.000.000 | 100.00–500.000 | 20.000–100.000 | 20.000 |
|    |   | METRO                                 | BESAR             | SEDANG         | KECIL          | DESA   |
| 1  | Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) liter/orang/hari | 190                                   | 170               | 150            | 130            | 100    |

| No | URAIAN                                      | Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Jiwa |                   |                |                |        |
|----|---|---------------------------------------|-------------------|----------------|----------------|--------|
|    |   | 1.000.000                             | 500.000–1.000.000 | 100.00–500.000 | 20.000–100.000 | 20.000 |
|    |   | METRO                                 | BESAR             | SEDANG         | KECIL          | DESA   |
| 2  | Konsumsi Unit Non Domestik liter/orang/hari | 30                                    | 30                | 30             | 30             | 30     |
| 3  | Konsumsi Unit Non Domestik liter/orang/hari | 20-30                                 | 20-30             | 20-30          | 20-30          | 20-30  |
| 4  | Kehilangan Air (%)                          | 20-30                                 | 20-30             | 20-30          | 20-30          | 20-30  |
| 5  | Faktor Harian Maksimum                      | 1,1                                   | 1,1               | 1,1            | 1,1            | 1,1    |
| 6  | Faktor Jam Puncak                           | 1,5                                   | 1,5               | 1,5            | 1,5            | 1,5    |
| 7  | Jumlah Jiwa Per SR                          | 5                                     | 5                 | 5              | 5              | 5      |
| 8  | Jumlah Jiwa Per HU                          | 100                                   | 100               | 100            | 100            | 100    |
| 9  | Sisa Tekan di Jaringan Pipa                 | 10                                    | 10                | 10             | 10             | 10     |
| 10 | Jam Operasi                                 | 24                                    | 24                | 24             | 24             | 24     |
| 11 | Volume Reservoir                            | 20                                    | 20                | 20             | 20             | 20     |
| 12 | SR : HU                                     | 80:20                                 | 80:20             | 80:20          | 70:20          | 70:20  |
| 13 | Cakupan Pelayanan                           | 90                                    | 90                | 90             | 90             | 70     |

Sumber : kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, tahun 2000

#### 2.4.2 Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan non domestik adalah kebutuhan air baku yang digunakan untuk beberapa kegiatan seperti untuk kebutuhan nasional,

komersial, industry dan fasilitas umum. Kebutuhan air non domestik sering di sebut dengan kebutuhan air perkotaan. Besar kebutuhan air bersih ini di tentukan dari banyaknya konsumen non domestik yang meliputi fasilitas perkantoran (pemerintahan), tempat ibadah (gereja, masjid dll) pendidikan (sekolah), tempat umum (pasar dan terminal). Besarnya kebutuhan air penduduk dapat di tentukan oleh banyaknya fasilitas pada suatu daerah maka di perlukan data data lengkap tentang fasilitas pendukung pada suatu daerah dan di analisis sektor non domestik kebutuhan air diluar keperluan rumah tangga atau fasilitas. Penggunaan air untuk fasilitas juga berbeda tergantung dengan jenis gedungnya dan jumlah kebutuhan pelayanan.

**Tabel 2. 2** Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kota Kategori I, II, III, IV

| No. | Sektor             | Nilai   | Satuan                  |
|-----|--------------------|---------|-------------------------|
| 1   | Sekolah            | 10      | Liter/murid/hari        |
| 2   | Rumah Sakit        | 200     | Liter/bed/hari          |
| 3   | Puskesmas          | 2000    | Liter/hari              |
| 4   | Masjid             | 3000    | Liter/hari              |
| 5   | Kantor             | 10      | Liter/pegawai/hari      |
| 6   | Pasar              | 12000   | Liter/hektar/hari       |
| 7   | Hotel              | 150     | Liter/bed/hari          |
| 8   | Rumah Makan        | 100     | Liter/tempat duduk/hari |
| 9   | Kompleks Militer   | 60      | Liter/orang/hari        |
| 10  | Kawasan Industri   | 0,2-0,8 | Liter/detik/hari        |
| 11  | Kawasan Parawisata | 0,1-0,3 | Liter/detik/hari        |

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

**Tabel 2. 3** Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kota Kategori V (Desa).

| No. | Sektor  | Nilai | Satuan           |
|-----|---------|-------|------------------|
| 1   | Sekolah | 5     | Liter/murid/hari |



| No. | Sektor           | Nilai | Satuan          |
|-----|------------------|-------|-----------------|
| 2   | Mesjid           | 3000  | Liter/unit/hari |
| 3   | Mushollah        | 2000  | Liter/unit/hari |
| 4   | Rumah Sakit      | 200   | Liter/bed/hari  |
| 5   | Puskesmas        | 1200  | Liter/hari      |
| 6   | Hotel            | 90    | Liter/hari      |
| 7   | Kawasan industri | 10    | Liter/hari      |

*Sumber : Ditjen Cipta Karya Dinas PU, tahun 2000*

**Tabel 2. 4** Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kota Kategori V (Desa)

| No | Jenis Fasilitas | Nilai | Satuan             |
|----|-----------------|-------|--------------------|
| 1  | Gereja          | 5     | Liter/orang/hari   |
| 2  | Sekolah         | 5     | Liter/orang/hari   |
| 3  | Posyandu        | 1200  | Liter/unit/hari    |
| 4  | Kantor/Industri | 10    | Liter/pegawai/hari |

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

### 2.4.3 Perhitungan Kebutuhan Domestik dan Non Domestik

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

1. Kebutuhan domestik Kebutuhan domestik adalah kebutuhan air yang digunakan untuk keperluan rumah tangga seperti mencuci pakaian, mandi, dan lain-lain. Kebutuhan domestik ( $Q_{\text{domestik}}$ ) = % pelayanan x a x b.....(2.4)

Dimana:

a. = Jumlah pemakaian air (liter/org/hari)

b. = Jumlah penduduk daerah pelayanan

2. kebutuhan non domestik digunakan untuk kepentingan umum seperti tempat ibadah, kantor dan lain-lain. Namun, jika suatu wilayah tidak memiliki pelanggan non domestik maka Kebutuhan non domestik Kebutuhan non domestik adalah kebutuhan air yang

untuk kebutuhan non domestik harus menggunakan asumsi yang telah ditetapkan dalam yaitu berkisar antara 15-20% dari kebutuhan domestik. Adapun untuk menghitung kebutuhan non domestik dapat dilihat pada persamaan

$$Q_{\text{non domestik}} = Q_{\text{domestik}} \times \text{Asumsi kebutuhan non domestik.} \quad (2.5)$$

3. Kebutuhan air total Kebutuhan air total merupakan gabungan dari kebutuhan domestik dan non domestik. Adapun untuk menghitung kebutuhan air total, dapat dilihat pada persamaan  $Q_{\text{total}} = \text{Kebutuhan domestik} + \text{kebutuhan non domestik.} \dots \dots \dots (2.6)$
4. Kehilangan air Kehilangan air umumnya disebabkan oleh kebocoran pada jaringan pipa transmisi dan distribusi. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18 Tahun 2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, kehilangan air yang diperbolehkan tidak melebihi angka toleransi sebesar 20% dari kapasitas debit produksi. Adapun untuk menghitung kehilangan air dapat dilihat pada persamaan  $\text{Kehilangan air} = \text{Asumsi tingkat kehilangan air} \times Q_{\text{total.}} \dots \dots \dots (2.7)$
5. Kebutuhan air rata-rata Kebutuhan air rata-rata adalah banyaknya total jumlah air ditambahkan dengan tingkat kehilangan air. Untuk menghitung kebutuhan air rata-rata disuatu wilayah perencanaan, maka dapat digunakan persamaan  $\text{Kebutuhan air rata-rata} (Q_{\text{rata-rata}}) = Q_{\text{total}} + \text{Kehilangan air.} \dots \dots \dots (2.8)$
6. Kebutuhan air maksimum Kebutuhan air maksimum adalah banyaknya jumlah pemakaian air terbanyak dalam satu hari selama satu tahun. Untuk menghitung kebutuhan air maksimum disuatu wilayah perencanaan, maka dapat digunakan persamaan  $\text{Kebutuhan air maksimum} = Q_{\text{rata-rata}} \times \text{Faktor harian maksimum.} \dots \dots \dots (2.9)$
7. Kebutuhan jam puncak Jam puncak merupakan jam dimana terjadinya pemakaian air terbesar dalam 24 jam. Untuk menghitung

kebutuhan air jam puncak disuatu wilayah perencanaan, maka dapat digunakan persamaan Kebutuhan jam puncak = Qrata-rata x Faktor jam puncak.....(2.10)

#### 2.4.4 Analisa Debit Air

Debit air ialah jumlah zat cair yang melewati jarak penampang setiap satuan waktu. Debit air memiliki satuan volume per waktu atau liter/detik, ml/detik, m<sup>3</sup>/detik, liter/jam, dan lain-lain.

Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung debit air ialah sebagai berikut :

$$Q = V.A \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan

Q= debit aliran (m<sup>3</sup>/s)

V= kecepatan aliran (m/s)

A= luas penampang (m<sup>2</sup>)

$$Q = v/t \dots\dots\dots(2.12)$$

Q= debit aliran (liter/detik)

V= volume tampung (liter)

T= waktu (detik)

#### 2.5 Perencanaan Reservoir

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

##### 2.5.1 Kriteria Desain Reservoir

Dalam satu distribusi reservoir memegang peranan penting, instalasi pengolahan air memberikan kapasitas berdasarkan kebutuhan air maksimum per hari, sedangkan sistem distribusi direncanakan dengan berdasarkan pada debit puncak per jam. Dalam hal ini ada persediaan yang besar antara kapasitas yang satu dengan kapasitas yang lainnya. Untuk menyeimbangkan perbedaan tersebut diperlukan suatu tempat

penampungan air yaitu reservoir. Kelebihan air yang diakibatkan oleh pemakaian air yang tidak maksimal disimpan dalam reservoir.

### 2.5.2 Fungsi Reservoir

1. Fungsi reservoir antara lain:
  - a. *Equalizing Flows* yaitu untuk penyeimbangan aliran-aliran serta untuk menyiapkan cadangan air untuk keadaan darurat.
  - b. *Equalizing pressure* atau penyimpangan tekanan, pemerataan tekanan diperlukan akibat bervariasinya pemakaian air di daerah distribusi.
  - c. Sebagai distributor, pusat atau sumber pelayanan.
2. Variasi Reservoir disesuaikan sistem pengaliran yaitu :
  - a. Reservoir tinggi, yaitu pengaliran distribusi dilakukan secara gravitasi, reservoir ini berupa reservoir menara (*roof tank*) yang ketinggiannya harus diperhitungkan agar pada titik kritis masih ada sisa tekanan.
  - b. Reservoir rendah yaitu, pengaliran distribusi dilakukan dengan pemompaan, reservoirnya berupa ground tank.
  - c. Penggunaan reservoir pembantu, misalkan karena adanya batasan konstruksi, sehingga volume yang keluar dari reservoir tidak mencukupi.

### 2.6 Perhitungan Volume Reservoir

Untuk menghitung kapasitas reservoir ini, maka reservoir ditinjau dari fungsinya sebagai *equalizing flow* Reservoir diperlukan untuk penyeimbangan fluktuasi permukaan air harian, sehingga kebutuhan maksimum per jam dapat dipenuhi. Kapasitas reservoir ini dapat ditentukan bila diketahui fluktuasi pemakaian air harian di daerah tersebut. Cara menghitung volume reservoir yaitu kapasitas pengguna sebesar 20% (0,20) yang diambil dari total kebutuhan air harian dikali dengan kebutuhan air total dalam  $\text{m}^3/\text{detik}$  dan waktu pengalirannya (detik).

## 2.7 Jaringan Pipa Distribusi

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18 Tahun 2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, perencanaan jaringan pipa distribusi memerlukan ketelitian yang baik agar tercapainya sistem distribusi yang efektif dan efisien. Adapun kriteria pipa distribusi yang baik dapat dilihat pada Tabel 2.5.

**Tabel 2. 5** Kriteria Pipa Distribusi

| No | Uraian   | Notasi  | Kriteria  |
|----|--|---|---|
| 1  | Debit Perencanaan  | Q puncak                                      | Kebutuhan air jam puncak Q  |
| 2  | Faktor jam Puncak  | F puncak                                      | 1,15-3  |
| 3  | Kecepatan aliran air dalam pipa<br>a) Kecepatan minimum<br>b) Kecepatan maksimum<br>- Pipa PVC atau ACP<br>- Pipa baja atau DCPI                         | V min<br><br>V max<br>V max                   | 0,3-0,6 m/det<br><br>3,0-4,5 m/det<br>6,0 m/det   |
| 4  | Tekanan air dalam pipa<br>a) Tekanan minimum<br><br>b) Tekanan maksimum<br>- Pipa PVC atau ACP<br>- Pipa baja atau DCPI<br>- Pipa PE 100<br>- Pipa PE 80 | h min<br><br>h max h<br>max h<br>max h<br>max | (0,5 – 1,0) atm, pada titik jangkauan pelayanan terjauh<br><br>6-8 atm<br>10 atm<br>12,4 Mpa<br>9,0 MPa |

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18 Tahun 2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18 Tahun 2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, ada 4 (empat) ketentuan yang perlu diperhatikan pada saat melakukan kegiatan perencanaan sistem distribusi air bersih, antara lain sebagai berikut:

- a. Denah (Lay-out) Denah (Lay-out) sistem distribusi yang akan direncanakan harus memperhatikan keadaan topografi wilayah yang akan dilayani dan lokasi instalasi instalasi pengolahan air.
- b. Tipe sistem distribusi Tipe sistem distribusi yang akan direncanakan ditentukan berdasarkan keadaan topografi wilayah pelayanan.
- c. Keadaan topografi Jika keadaan topografi wilayah pelayanan tidak bisa menggunakan sistem gravitasi dalam mengaliri air, maka bisa menggunakan sistem kombinasi gravitasi dan pompa sebagai alternatif untuk mengaliri air.
- d. Perbedaan elevasi Jika terdapat perbedaan elevasi yang cukup besar atau lebih 40 m pada wilayah pelayanan, maka wilayah pelayanan tersebut diusulkan untuk dibagi menjadi beberapa zona dengan tujuan agar bisa memenuhi persyaratan tekanan minimum.

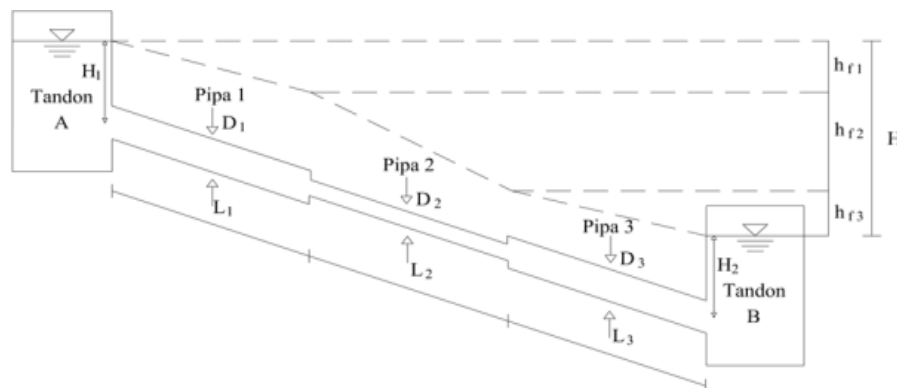
### **2.7.1 Sistem Pipa Distribusi**

Sistem perpipaan berfungsi untuk mengalirkan zat cair dari satu tempat ke tempat yang lain. Aliran terjadi karena adanya perbedaan tinggi tekanan di kedua tempat, yang bisa terjadi karena adanya perbedaan elevasi muka air atau karena digunakannya pompa. Beberapa contoh sistem pemipaan adalah pengaliran minyak antar kota/daerah, pipa pembawa dan pipa pesat dari waduk ke turbin pembangkit listrik tenaga air, jaringan air minum di perkotaan, dan sebagainya, (Triatmodjo, 1996)

Sistem pengaliran dalam pipa pada jaringan distribusi air bersih dapat dibagi menjadi dua yaitu hubungan seri dan hubungan paralel sebagai berikut :

a. Pipa Sistem Seri

Pada hubungan seri, debit aliran di semua titik adalah sama sedangkan kehilangan tekanan di semua titik berbeda. Hal tersebut ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

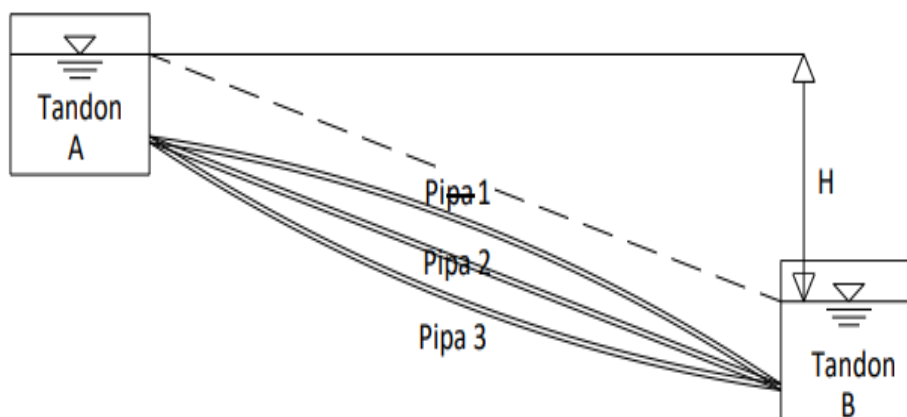


**Gambar 2. 1** hubungan pipa seri

Sumber : Triatmodjo (2003 :74)

b. Pipa Sistem Paralel

Pada keadaan dimana aliran melalui dua atau lebih pipa dihubungkan secara paralel seperti yang ditunjukkan pada gambar maka persamaan kontinuitasnya dapat dituliskan sebagai berikut (Triatmodjo, 2003) :



**Gambar 2. 2** hubungan pipa paralel

### 2.7.2 Jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih

Jaringan perpipaan air bersi distribusi dapat dikalsifikasikan sebagai berikut:

## 1. Pipa Hantar Distribusi (Feeder System)

Pipa hantar dalam pipa distribusi biasanya memberikan bentuk atau kerangka dasar sistem distribusi. Pipa hantar dapat dibedakan sebagai berikut :

### a. Pipa Induk Utama (Primary Feeder)

Pipa induk utama merupakan pipa distribusi yang mempunyai jangkauan terluas dan diameter terbesar. Pipa ini melayani dan membagikan ke tiap blok-blok pelayanan di daerah tersebut, dan setiap blok mempunyai satu atau dua titik penyadap (tapping) yang dihubungkan dengan pipa induk sekunder (secondary feeder). Dengan mengunakan trial and eror untuk menentukan diameter pipa induk utama (primary feeder) di hitung dengan persamaan berikut:

$$D = \sqrt{\frac{Q}{\frac{1}{4}\pi \cdot V}} \dots \dots \dots (2.13)$$

Untuk menentukan kecepatan aliran maka harus dihitung luas penampang (A) dengan persamaan berikut:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \dots \dots \dots (2.14)$$

Setelah mendapat nilai luas penampang maka kecepatan aliran di hitung dengan persamaan berikut:

$$V = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots (2.15)$$

Keterangan:

D = Diameter

V = kecepatan aliran (m/detik)

Q = debit aliran yang tersedia (liter/detik)

## 2.8 Kehilangan Tekanan Pada Pipa

### 2.8.1 Minor Losses

Menurut Maukari, dkk. (2016), terdapat beberapa aliran normal atau gangguan lokal yang dapat mempengaruhi kehilangan energi minor losses di antaranya adalah adanya perubahan bentuk penampang yang yang bisa mengakibatkan penyempitan dan pembesaran pipa secara tiba-tiba,



belokan pipa, lubang masuk dan keluar ke dan dari dalam pipa, halangan berupa pintu air. Kehilangan energi akibat penyempitan ( contraction)

Untuk melihat nilai koefisien kekasaran pipa Chw (Hazen-William) dapat dilihat pada Tabel 2.6.

**Tabel 2. 6** Nilai Koefisien Kekasaran Pipa Chw (Hazen William)

| Jenis Pipa     | Nilai “C” Perencanaan |
|----------------|-----------------------|
| Asbes Cemen    | 120                   |
| ACP            | 120                   |
| UPVC           | 130                   |
| Hight HDPE     | 130                   |
| Medium DPE     | 110                   |
| Ductile (DCIP) | 110                   |
| Besi Tuang     | 110                   |
| GIP            | 110                   |
| Baja           | 120                   |

#### 1. Kehilangan energi akibat penyempitan tampang

$$h_c = K_c \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.16)$$

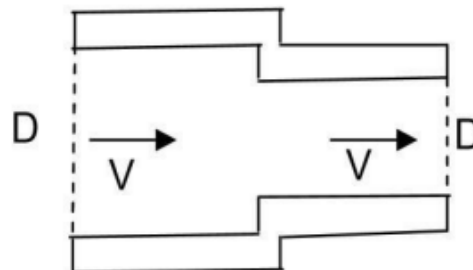
Dimana:

$h_c$  = kehilangan energi akibat penyempitan tampang (m)

$k_c$  = koefisien kehilangan energi akibat penyempitan tampang

$V_c$  = kecepatan aliran dengan  $d_2$  (m/dtk) (di hilir penyempitan)

$G$  = percepatan gravitasi (9,81m/dtk)



**Gambar 2. 3** Penyempitan pipa

2. Kehilangan energi akibat pembesaran tampang (Expansions) Berikut perhitungan untuk mengetahui kehilangan energi akibat pembesaran tampang.

$$ke = \left( \frac{A_1}{A_2} - 1 \right)^2 \dots \dots \dots (2.17)$$

Dimana:

ke = koefisien kehilangan energi akibat pembesaran tampang

A<sub>2</sub> = luas penampang pipa 2 (m<sup>2</sup>)

A<sub>1</sub> = luas penampang pipa 1 (m<sup>2</sup>)

3. Kehilangan energi akibat belokan

$$H_b = n K_b \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana:

H<sub>b</sub> = kehilangan energi akibat belokan pipa (m)

n = jumlah belokan k<sub>b</sub> = koefisien kehilangan pada belokan pipa

V<sup>2</sup> = kecepatan aliran dalam pipa (m/dtk)

g = percepatan gravitasi (m/dtk<sup>2</sup>)

4. Kehilangan tenaga primer akibat gesekan pada pipa dapat ditentukan dengan persamaan:

$$H_f = \frac{10,67 \times Q^{1,95}}{10,67 \times Q^{1,95} CHW^{1,95} D^{4,97}} \times L \dots \dots \dots (1.19)$$

Dimana:

D = diameter pipa (m)

L = Panjang Pipa (m) CHW = Koefisien Hazen-Wiliams

Q = Debit (m<sup>3</sup> /det)

## 2.9 Model Penyediaan Sistem Pipa Distribusi

Sistem pipa distribusi adalah sistem pembagian air kepada konsumen dengan menggunakan pipa. Jaringan yang dipakai pada jaringan pipa distribusi adalah sambungan keran umum. Kriteria teknis yang perlu diperhatikan dalam menggunakan system pipa distribusi, yaitu:

1. Memperhatikan keadaan profil muka tanah di daerah perencanaan. Diusahakan untuk menghindari penempatan jalur pipa

yang sulit sehingga pemilihan lokasi penempatan jalur pipa tidak akan menyebabkan penggunaan perlengkapan yang terlalu banyak.

2. Lokasi jalur pipa dipilih dengan menghindari medan yang sulit, seperti bahaya tanah longsor, banjir 1-2 tahunan atau bahaya lainnya yang dapat menyebabkan lepas atau pecahnya pipa.
3. Jalur pipa sedapat mungkin mengikuti pola jalan seperti jalan yang berada di atas tanah milik pemerintah, sepanjang jalan raya atau jalan umum, sehingga memudahkan dalam pemasangan dan pemeliharaan pipa.
4. Jalur pipa diusahakan sesedikit mungkin melintasi jalan raya, sungai, dan lintasan kereta, jalan yang kurang stabil untuk menjadi dasar pipa, dan daerah yang dapat menjadi sumber kontaminasi.
5. Jalur pipa sedapat mungkin menghindari belokan tajam baik yang vertikal maupun horizontal, serta menghindari efek syphon yaitu aliran air yang berada diatas garis hidrolis.
6. Menghindari tempat-tempat yang memungkinkan terjadinya kontaminasi selama pengaliran.
7. Diusahakan pengaliran dilakukan secara gravitasi untuk menghindari penggunaan pompa.
8. Untuk jalur pipa yang panjang sehingga membutuhkan pompa dalam pengalirannya, katup atau tangki pengaman harus dapat mencegah terjadinya water hammer/kemampatan pada saluran pipa.

#### **2.10 Software EPANET 2.2**

Menurut Rossman (2000), *EPANET 2.2* merupakan sebuah program yang dikembangkan oleh U.S. Environmental Protection Agency (*EPA*) pada jaringan komputer. *EPANET 2.2* memiliki berbagai macam keunggulan dalam proses menganalisis jaringan distribusi seperti halnya laju aliran dengan menggunakan metode linear, dan kehilangan tekanan akibat gesekan dihitung dengan menggunakan rumus *Hazen William*, *Darcy-Weisbach*, dan *Manning*. *EPANET 2.2* juga mampu mensimulasikan bagaimana kualitas air di dalam jaringan pipa bertekanan

dan melakukan simulasi dengan sistem hidrolik. Menurut Ramana, dkk. (2015), mempertimbangkan minor losses, menduplikasi variasi tuntutan dari waktu ke waktu serta menyelesaikan pola permintaan yang berbeda untuk setiap node merupakan kemampuan yang dimiliki oleh *Software EPANET*.