

## **BAB III**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

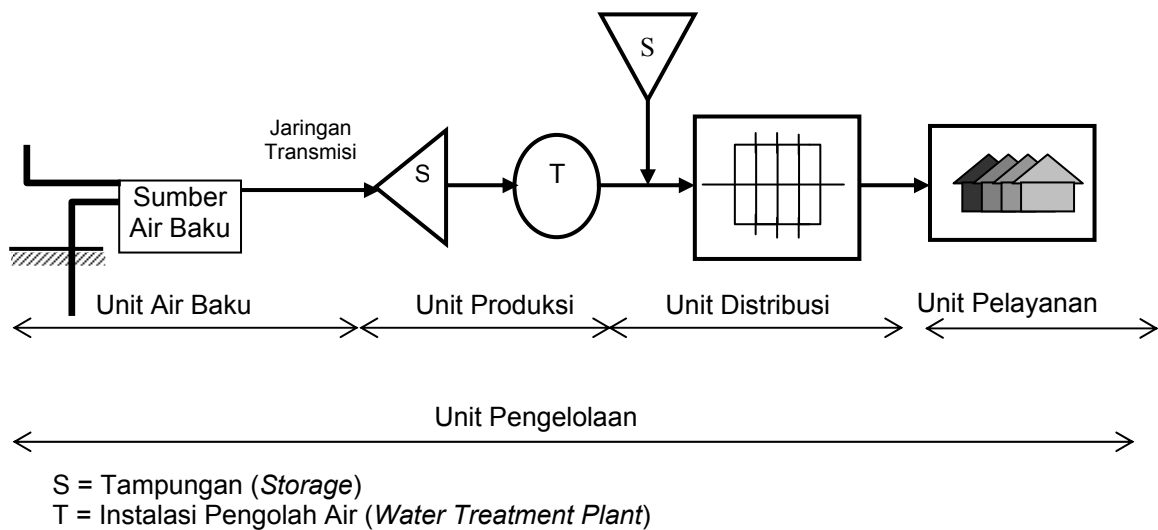
#### **3.1. DASAR HUKUM PENYEDIAAN AIR BAKU**

Pelaksanaan kegiatan penyediaan air baku harus mengacu kepada dasar hukum yang berlaku. Undang-undang No. 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air, didalamnya juga mengatur beberapa hal mengenai penyediaan air baku. Dalam Pasal 34 UU No. 7 Tahun 2004, dinyatakan bahwa pengembangan sumber daya air pada wilayah sungai ditujukan untuk peningkatan kemanfaatan fungsi sumber daya air guna memenuhi kebutuhan air baku untuk rumah tangga, pertanian, industri, pariwisata, pertahanan, pertambangan, ketenagaan, perhubungan, dan untuk berbagai keperluan lainnya. Mengenai pemenuhan kebutuhan air baku, lebih lanjut dijelaskan dalam pasal 40 UU No. 7 Tahun 2004, bahwa pemenuhan kebutuhan air baku untuk air minum rumah tangga dilakukan dengan pengembangan sistem penyediaan air minum.

Sebagai tindak lanjut pasal 40 UU No. 7 Tahun 2004, telah berlaku Peraturan Pemerintah No. 16 Tahun 2005 tentang Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM). Dalam Peraturan Pemerintah tersebut, yang dimaksud dengan air baku untuk air minum rumah tangga, yang selanjutnya disebut air baku adalah air yang dapat berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan/atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum.

Dalam Pasal 5, Peraturan Pemerintah No 16 Tahun 2005 tersebut, dinyatakan bahwa sistem penyediaan air minum (SPAM) dapat dilakukan melalui sistem jaringan perpipaan dan/atau bukan jaringan perpipaan. SPAM dengan jaringan perpipaan dapat meliputi unit air baku, unit produksi, unit distribusi, unit pelayanan, dan unit pengelolaan. Sedangkan SPAM bukan jaringan perpipaan, dapat meliputi sumur dangkal, sumur pompa tangan, bak penampungan air hujan, terminal air, mobil tangki air instalasi air kemasan, atau bangunan perlindungan mata air.

Lebih lanjut dalam Peraturan Pemerintah No. 16 Tahun 2005 Tentang Sistem Pengembangan Air Minum menyebutkan bahwa sistem penyediaan air minum terdiri dari unit air baku, unit produksi, unit distribusi, unit pelayanan, dan unit pengelolaan. Gambar 3.1 memperlihatkan Sistem Penyediaan Air Minum.



**Gambar 3.1. Skematik Sistem Penyediaan Air Minum**

*Sumber : Anonim,*

1. **Unit Air Baku**, dapat terdiri dari bangunan penampungan air, bangunan penampungan air, bangunan pengambilan/penyadapan, alat pengukuran dan peralatan pemantauan, sistem pemompaan, dan/atau bangunan sarana pembawa serta perlengkapannya. Unit air baku, merupakan sarana pengambilan dan/atau penyediaan air baku. Air baku wajib memenuhi baku mutu yang ditetapkan untuk penyediaan air minum sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
2. **Unit Produksi**, merupakan prasarana dan sarana yang dapat digunakan untuk mengolah air baku menjadi air minum melalui proses fisik, kimiawi, dan/atau biologi. Unit produksi, dapat terdiri dari bangunan pengolahan dan perlengkapannya, perangkat operasional, alat pengukuran dan peralatan pemantauan, serta bangunan penampungan air minum.
3. **Unit Distribusi**, terdiri dari sistem perpompaan, jaringan distribusi, bangunan penampungan, alat ukur dan peralatan pemantauan. Unit distribusi wajib memberikan kepastian kuantitas, kualitas air, dan kontinuitas pengaliran, yang memberikan jaminan pengaliran 24 jam per hari.
4. **Unit Pelayanan**, terdiri dari sambungan rumah, hidran umum, dan hidran kebakaran. Untuk mengukur besaran pelayanan pada sambungan rumah dan hidran umum harus dipasang alat ukur berupa meter air. Untuk menjamin keakurasiannya, meter air wajib ditera secara berkala oleh instansi yang berwenang.

**5. Unit Pengelolaan**, terdiri dari pengelolaan teknis dan pengelolaan nonteknis. Pengelolaan teknis terdiri dari kegiatan operasional, pemeliharaan dan pemantauan dari unit air baku, unit produksi dan unit distribusi. Sedangkan pengelolaan nonteknis terdiri dari administrasi dan pelayanan.

### **3.2. DAERAH PERENCANAAN PELAYANAN AIR BAKU**

Inventarisasi pelayanan air dilakukan berdasarkan data sekunder yang diperoleh. Beberapa kriteria yang digunakan untuk menetapkan daerah sulit air bersih yang digunakan antara lain :

- Potensi sumber air terbatas,
- Pemanfaatan terbatas,
- Kualitas air kurang memenuhi syarat,
- Merupakan daerah yang terpencil, perbukitan
- Kekurangan pemanfaatan dan pemeliharaan fasilitas sarana air baku yang ada.

### **3.3. INVENTARISASI SUMBER – SUMBER AIR BAKU**

Inventarisasi sumber air baku dimaksudkan untuk mendeskripsikan sumber air yang memungkinkan dikembangkan untuk keperluan penyediaan air baku. Inventarisasi sumber air baku yang dilaksanakan meliputi air permukaan, air bawah permukaan, dan mata air.

#### **1. Air Permukaan**

Air permukaan yang memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai sumber air baku adalah air sungai, waduk, telaga, rawa, dan sumber air permukaan lainnya. Pada wilayah perencanaan tidak ditemui waduk, telaga/rawa yang telah digunakan sebagai sumber air baku.

#### **2. Air Bawah Permukaan**

Air bawah permukaan adalah air yang bisa dimanfaatkan untuk sumber air baku yang berasal dari air tanah dalam (artesis) dan air tanah dangkal. Air tanah dangkal ini memiliki kedalaman 4 – 10 meter dibawah permukaan tanah.

#### **3. Mata Air**

Mata air adalah sumber air baku yang keluar dari permukaan tanah tanpa menggunakan mesin, tetapi mata air ini biasanya terdapat di tepi – tepi bukit.

Debit yang dikeluarkan oleh mata air relatif sama tiap waktunya karena debit mata air tidak terpengaruh langsung oleh air hujan yang turun dipermukaan tanah.

### 3.4. PEMILIHAN LOKASI SUMBER AIR BAKU RENCANA

Potensi sumber air baku yang memungkinkan dikembangkan adalah mata air yang berada didaerah yang kekurangan *supply* air baku. Penentuan prioritas mata air yang akan dimanfaatkan berdasarkan beberapa kriteria – kriteria. Kriteria – kriteria yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Hidrologi  
Menyangkut kuantitas debit mata air, dan kualitas air dari mata air itu sendiri
2. Aksesibilitas
  - a. Jarak lokasi mata air ke pengguna
  - b. Akses jalan menuju lokasi mata air
3. Sistem penyedia eksisting air baku di daerah layanan mata air

Dalam rangka penentuan prioritas pada masing-masing kriteria, dilakukan pembobotan terhadap komponen parameter pemilihan. Setiap komponen parameter dapat dibagi menjadi beberapa kondisi sesuai dengan jenisnya, dan diberi bobot. Pembobotan untuk masing-masing tahapan parameter sebagai berikut ini.

**Tabel 3.1. Pembobotan Analisis Penentuan Prioritas Perencanaan Air Baku Kabupaten Kendal**

Komponen	Kriteria	Bobot
Kuantitas Air Baku	5 sd. 10 lt/dt	1
	10 sd. 15 lt/dt	3
	Lebih dari 15 lt/dt	5
Sistem Penyediaan Air Baku Eksisting	Sudah mencukupi	1
	Kurang Mencukupi	3
	Belum ada	5
Akses jalan menuju lokasi mata air	Berat (pegunungan)	1
	Sedang (jalan setapak)	3
	Mudah (jalan lebar)	5
Jarak Mata Air ke pengguna	5 – 7,5 km	1
	2,5 – 5 km	3
	< 2,5 km	5

Sumber : Hasil perhitungan dan pengolahan data

### **3.5. ANALISIS KEBUTUHAN AIR**

Pemakaian air oleh suatu masyarakat bertambah besar dengan kemajuan masyarakat tersebut, sehingga pemakaian air seringkali dipakai sebagai salah satu tolak ukur tinggi rendahnya kemajuan suatu masyarakat.

#### **3.5.1. Macam Kebutuhan Air Baku**

Menurut Terence (1991) kebutuhan air baku dalam suatu kota diklasifikasikan antara lain :

##### **1. Kebutuhan domestik**

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

##### **2. Kebutuhan non domestik**

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

- 1) Kebutuhan institusional,
- 2) Kebutuhan komersial dan industri,
- 3) Kebutuhan fasilitas umum, adalah kebutuhan air bersih untuk kegiatan tempat-tempat ibadah, rekreasi, terminal.

##### **3. Kebocoran dan kehilangan air**

Besarnya kebutuhan air akibat kebocoran dan kehilangan air cukup signifikan. Kebocoran dan kehilangan air disebabkan karena adanya sambungan ilegal dan kebocoran dalam sistem yang sebagian besar terjadi di aksesoris dan sambungan pipa.

#### **3.5.2. Standar Kebutuhan Air**

Standar kebutuhan air ada 2 (dua) macam yaitu :

##### **3.5.2.1. Standar kebutuhan air domestik**

Standar kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air yang digunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari-hari seperti ; memasak, minum, mencuci dan keperluan rumah tangga lainnya. Satuan yang dipakai adalah liter/orang/hari. Besarnya kebutuhan air untuk keperluan domestik dapat dilihat pada tabel dibawah ini. (Kamala dan Rao, 1988).

**Tabel 3.2. Pemakaian Air Domestik 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
		Metro	Besar	Sedang	Kecil	Desa
1.	Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) L/o/h	190	170	150	130	30
2.	Konsumsi Unit Hidran Umum (HU) L/o/h	30	30	30	30	30
3.	Konsumsi Unit Non Domestik (%) <sup>*</sup>	20-30	20-30	20-30	20-30	20-10
4.	Kehilangan Air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20
5.	Faktor Maximum Day	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
6.	Faktor Peak-Hour	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 (mka)	10	10	10	10	10
10.	Jam Operasi	24	24	24	24	24
11.	Volume Reservoir (%) (Max Demand)	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

### 3.5.2.2. Standar kebutuhan air non domestik

Standar kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air bersih diluar keperluan rumah tangga. Kebutuhan air non domestik antara lain :

#### 1. Penggunaan komersil dan industri

Yaitu penggunaan air oleh badan-badan komersil dan industri.

#### 2. Penggunaan umum

Yaitu penggunaan air untuk bangunan-bangunan pemerintah, rumah sakit, sekolah-sekolah dan tempat-tempat ibadah.

Kebutuhan air non domestik untuk kota dapat dibagi dalam beberapa kategori antara lain :

- 1) Kota kategori I (Metro)
- 2) Kota kategori II (Kota besar)
- 3) Kota kategori III (Kota sedang)
- 4) Kota kategori IV (Kota kecil)
- 5) Kota kategori V (Desa)

**Tabel 3.3. Kategori kebutuhan air non domestik**

NO	URAIAN	KATEGORI KOTA BERDASARKAN JUMLAH JIWA				
		>1.000.000	500.000 S/D 1.000.000	100.000 S/D 500.000	20.000 S/D 100.000	<20.000
		METRO	BESAR	SEDANG	KECIL	DESA
1.	Konsumsi unit sambungan rumah (SR) l/o/h	190	170	130	100	80
2.	Konsumsi unit hidran umum (HU) l/o/h	30	30	30	30	30
3.	Konsumsi unit non domestik l/o/h (%)	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 hari 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 penyediaan distribusi (mka)	10	10	10	10	10
10.	Jam operasi	24	24	24	24	24
11.	Volume reservoir (% max day demand)	20	20	20	20	20
12.	SR : HR	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

60% perpipaan, 30% non perpipaan  
 Sumber : Ditjen Cipta Karya, 2000

Kebutuhan air bersih non domestik untuk kategori I sampai dengan V dan beberapa sektor lain dapat dilihat pada tabel 3.4 sampai tabel 3.6 berikut :

**Tabel 3.4. Kebutuhan air non domestik kota kategori I, II, III dan IV**

No.	SEKTOR	BESARAN	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 pariwisata	0,1-0,3	Liter/detik/hari

Sumber : Ditjen Cipta Karya, 2000

**Tabel 3.5. Kebutuhan air bersih kategori V**

No.	SEKTOR	BESARAN	SATUAN
1.	Sekolah	5	Liter/murid/hari
2.	Rumah sakit	200	Liter/bed/hari
3.	Puskesmas	1200	Liter/hari
4.	Hotel/losmen	90	Liter/hari
5.	Komersial/industri	10	Liter/hari

Sumber : Ditjen Cipta Karya, 2000

**Tabel 3.6. Kebutuhan air bersih domestik kategori lain**

No.	SEKTOR	BESARAN	SATUAN
1.	Lapangan terbang	10	Liter/det
2.	Pelabuhan	50	Liter/det
3.	Stasiun KA-Terminal bus	1200	Liter/det
4.	Kawasan industri	0,75	Liter/det/ha

Sumber : Ditjen Cipta Karya, 2000

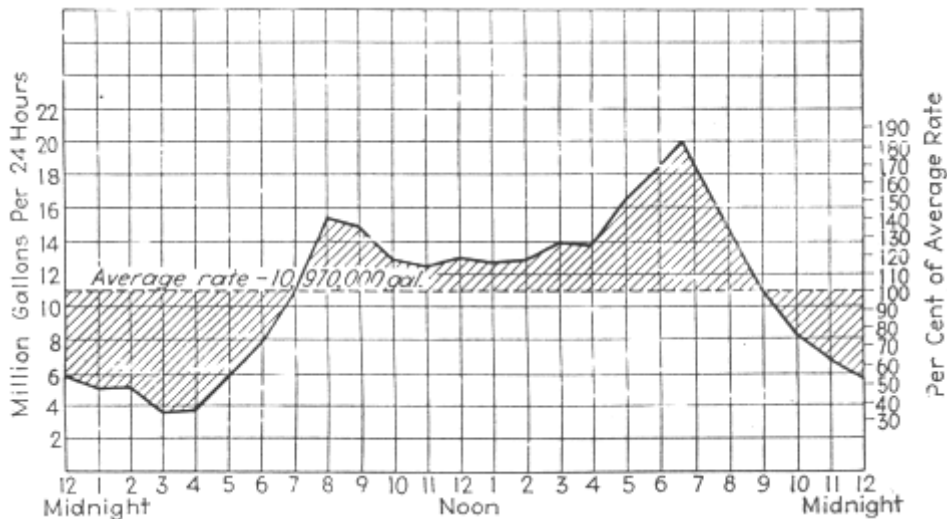
### 3.5.2.3. Fluktuasi Konsumsi Air

Menurut Fair et al. (1966) dan Al-Layla et al. (1977) konsumsi air akan berubah sesuai dengan perubahan musim dan aktivitas masyarakat. Pada hari tertentu di setiap minggu, bulan atau tahun akan terdapat pemakai air yang lebih besar daripada kebutuhan rata-rata perhari. Pemakaian air tersebut disebut pemakaian hari maksimum. Demikian pula pada jam-jam tertentu di dalam satu hari, pemakaian air akan meningkat lebih besar daripada kebutuhan air rata-rata perhari (pemakaian jam puncak).



Ada 4 (empat) macam pengertian tentang fluktuasi pemakaian air ini :

1. Pemakaian sehari rata-rata :  
Adalah pemakaian rata-rata dalam sehari atau pemakaian setahun dibagi 365 hari.
2. Pemakaian sehari terbanyak (*maximum day demand*) :  
Adalah pemakaian terbanyak pada suatu hari dalam satu tahun.
3. Pemakaian sejam rata-rata :  
Adalah pemakaian rata-rata dalam satu jam, pemakaian satu hari dibagi 24 jam.
4. Pemakaian sejam terbanyak (*maximum hourly demand*) :  
Adalah pemakaian sejam terbesar pada suatu jam dalam satu hari.



**Gambar 3.2. Variasi Konsumsi Air Sepanjang Hari.**

Sumber : Terence, (1991)

Untuk mengetahui kebutuhan hari maksimum dan kebutuhan jam puncak adalah dengan mengalikan nilai faktor hari maksimum dan nilai faktor jam puncak dengan kebutuhan air rata-rata perhari. Nilai faktor hari maksimum umumnya adalah 1,05 sampai 1,15, sedangkan faktor jam puncak umumnya adalah 2,0 sampai 3,0 (Fair et al., 1966; Al-Layla et al., 1977).

### 3.5.3. Perhitungan Kebutuhan Air Baku

Dalam perhitungan, kebutuhan air didasarkan pada kebutuhan air rata-rata. Kebutuhan air rata-rata dapat dibedakan menjadi 2 (dua), yaitu kebutuhan air rata-rata harian dan kebutuhan harian maksimum.

Kebutuhan air total dihitung berdasarkan jumlah pemakai air yang telah diproyeksikan 5 – 10 tahun mendatang dan kebutuhan rata – rata setiap pemakai

setelah ditambah 30 % sebagai faktor kehilangan air (kebocoran). Kebutuhan total ini dipakai untuk mengecek apakah sumber air yang dipilih dapat memenuhi kebutuhan air baku yang direncanakan.

Kebutuhan Air Rata-rata Harian ( $Q_{rh}$ ) adalah banyaknya air yang dibutuhkan selama satu hari

$$Q_{rh} = P * q \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana : P = Jumlah penduduk (jiwa)  
q = Kebutuhan air penduduk (litr/detik)

Kebutuhan Air Harian Maksimum ( $Q_{hm}$ ) adalah banyaknya air yang dibutuhkan terbesar pada satu hari

$$Q_{hm} = F_{hm} * Q_{rh} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana :  $F_{hm}$  = Faktor kebutuhan harian maksimum (1,05 -1,15)  
 $Q_{rh}$  = Kebutuhan air rata – rata  
 $Q_{hm}$  = Kebutuhan air harian maksimum

Besarnya kebutuhan air harian maksimum ini digunakan untuk menentukan dimensi pipa induk distribusi.

Analisis kebutuhan air dapat dilakukan dengan memperhitungkan jumlah penduduk dan kebutuhan lainnya. Kebutuhan air domestik (berdasarkan jumlah penduduk) dapat diproyeksikan dengan beberapa metode, adapun metode yang digunakan antara lain:

1. Metode Regresi Linier

Rumus yang digunakan adalah :

$$y = a + bx \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan:

y = jumlah penduduk yang diproyeksikan  
a,b = konstanta  
x = pertambahan tahun

$$a = \frac{(\sum \Sigma_1)(\sum (i^2)) - (\sum \Sigma_i)(\sum (i \cdot Y_i))}{n \cdot \sum (i^2) - (\sum \Sigma_i)^2} \dots\dots\dots (3.4)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum \Sigma_1 \cdot X_i - (\sum \Sigma_i)(\sum (i))}{n \cdot \sum (i^2) - (\sum \Sigma_i)^2} \dots\dots\dots (3.5)$$

dengan korelasi menggunakan persamaan berikut:

$$r^2 = \frac{a \cdot \sum (i) + b \cdot \sum \Sigma_i \cdot Y_i - \frac{1}{n} \cdot (\sum (i))^2}{\sum Y_i^2 - \frac{1}{n} (\sum \Sigma_i)^2} \dots\dots\dots (3.6)$$

Keterangan :

n = jumlah data

r = koefisien korelasi

$X_i$  = selisih jumlah penduduk pengambilan data dengan hasil perhitungan metode

$Y_i$  = jumlah penduduk

## 2. Metode Logaritmik

Metode ini menggunakan rumus umum sebagai berikut :

$$y = a + b \ln X \dots\dots\dots (3.7)$$

$$a = \frac{1}{n} \cdot (\sum Y_i - b \cdot \sum \ln X) \dots\dots\dots (3.8)$$

$$b = \frac{\sum (Y_i \cdot \ln X) - \frac{1}{n} \cdot \sum Y_i \cdot \sum \ln X}{\sum (\ln X)^2 - \frac{1}{n} \cdot [\sum \ln X]^2} \dots\dots\dots (3.9)$$

$$r^2 = \frac{a \cdot \sum X_i + b \cdot \sum \ln X - \frac{1}{n} \cdot (\sum X_i)^2}{\sum Y_i^2 - \frac{1}{n} \cdot (\sum Y_i)^2} \dots\dots\dots (3.10)$$

## 3. Metode Eksponensial

Metode ini menggunakan rumus umum sebagai berikut :

$$y = a e^{bx} \dots\dots\dots (3.11)$$

$$\ln a = \frac{1}{n} \cdot [\sum \ln Y - b \cdot \sum X] \dots\dots\dots (3.12)$$

$$b = \frac{\sum (X \cdot \ln Y) - \frac{1}{n} \cdot \sum X \cdot \sum \ln Y}{\sum X^2 - \frac{1}{n} \cdot (\sum X)^2} \dots\dots\dots (3.13)$$

$$r^2 = \frac{(\ln a) \cdot \sum \ln Y + b \cdot \sum X \cdot \ln Y - \frac{1}{n} \cdot [\sum \ln Y]^2}{\sum (\ln Y)^2 - \frac{1}{n} \cdot [\sum \ln Y]^2} \dots\dots\dots (3.14)$$

Metode ini banyak sekali dipakai karena mudah dan mendekati kebenaran.

### 3.6. KUALITAS AIR BAKU

Air baku yang kualitas harus memenuhi syarat – syarat yang mencakup sifat – sifat fisika dan kimia air. Syarat ini harus sesuai dengan standar yang telah dikeluarkan oleh Depatemen Kesehatan sesuai dengan SK Menkes RI No. 907/Menkes/SK/VII/2002 tentang Syarat-syarat dan Pengawas Kualitas Air Minum.

**Tabel 3.7.**  
**Data Kualitas Air Menurut Keputusan Menteri Kesehatan RI**  
**No. 907/Menkes/SK/VII/2002**

No.	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Keterangan
<b>A. FISIKA</b>				
1.	Bau	-	-	Tidak berbau
2.	Jumlah Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/ L	1000	-
3.	Kekeruhan	NTU	5	-
4.	Rasa	-	-	Tidak berasa
5.	Suhu	°X	Suhu Udara 3°C	-
6.	Warna	TCU	15	-
<b>B. KIMIA</b>				
a. Kimia Anorganik				
1	Air Raksa	mg/ L	0.001	
2	Aluminium	mg/ L	0.2	
3	Arsen	mg/ L	0.01	
4	Barium	mg/ L	0.7	
5	Besi	mg/ L	0.3	
6	Fluorida	mg/ L	1.5	
7	Kadmium	mg/ L	0.003	
8	Kesadahan ( CaCO <sub>3</sub> )	mg/ L	500	
9	Khlorida	mg/ L	250	
10	Kromium, val 6	mg/ L	0.05	
11	Mangan	mg/ L	0.1	
12	Natrium	mg/ L	200	
13	Nitrat, sebagai N	mg/ L	50	
14	Nitrit, sebagai N	mg/ L	3	
15	Perak	mg/ L	0.05	Batas Min & Max
16	pH	mg/ L	6.5 – 8.5	
17	Selenium	mg/ L	0.01	
18	Seng	mg/ L	3.0	
19	Sianida	mg/ L	0.07	
20	Sulfat	mg/ L	250	
21	Sulfida ( H <sub>2</sub> S )	mg/ L	0.05	
22	Tembaga	mg/ L	1.0	
23	Timbal	mg/ L	0.01	
b. Kimia Organik				
1	Aldrin dan dieldrin	µm/L	0.03	
2	Benzene	µm/L	10	
3	Benzo(a)pyrene	µm/L	0.7	
4	Chlordane (total isomer)	µm/L	0.2	
5	Chloroform	µm/L	200	
6	2,4 – D	µm/L	30	

7	DDT	µm/L	2	
8	Detergen	µm/L	50	
9	1,2 Dichloroethane	µm/L	30	
10	1,1 Dichloroethene	µm/L	30	
11	Heptachlor dan Heptachlor Epoxide	µm/L	0.03	
12	Hexachlorobenzene	µm/L	1	
13	Gamma – HCH (Lindane)	µm/L	2	
14	Methoxychlor	µm/L	20	
15	Pentachlorophenol	µm/L	9	
16	2,4,6 – Trichlorophenol	µm/L	2	
17	Zat organik (KMnO4)	µm/L	10	
<b>C. MIKROBIOLOGI</b>				
1	Koliform Tinja	jml/ 100 ml	0	
2	Total Coliform	jml/ 100 ml	0	95% dari sampel yang diperiksa selama 1 tahun. Kadang boleh ada 3/100 ml sampel air, tetapi tidak berturut-turut
<b>D. RADIOAKTIVITAS</b>				
1	Aktivitas alpha			
2	(Gross Alpha Activity)	Bq/ L	0.1	
3	Aktivitas beta			
4	(Gross Beta Activity)	Bq/ L	1.0	

Sumber : Kepmenkes RI No. 907/Menkes/SK/VII/2002

### 3.7. KOMPONEN SISTEM PENYEDIAAN AIR BAKU

#### 3.7.1 Sumber Air Baku

Air bersih yang dapat digunakan oleh manusia berasal dari beberapa sumber air baku yang telah diproses untuk dapat dikonsumsi tapi ada juga yang tidak perlu melalui proses- proses tertentu dan dapat langsung digunakan. Beberapa jenis sumber air baku diantaranya adalah :

##### 1. Air Permukaan (*Surface water*)

Air permukaan adalah sumber air yang terdapat pada permukaan bumi, contohnya sumber air permukaan adalah air sungai. Di daerah hulu, pemenuhan kebutuhan air secara kuantitas dan kualitas dapat disuplai oleh air sungai, tetapi di daerah hilir kebutuhan air tidak dapat disuplai lagi baik kuantitas maupun kualitas, hal tersebut karena kerusakan lingkungan seperti sedimentasi dan ulah

manusia sendiri sehingga sumber tercemar. Sumber air baku tersebut sebelum digunakan perlu diolah agar baik fisika, kimia maupun biologi.

## **2. Air Tanah (*ground water*)**

Air tanah adalah sumber air yang terjadi melalui proses peresapan air permukaan ke dalam tanah. Air tanah biasanya mempunyai kualitas yang baik karena zat – zat pencemar air tertahan oleh lapisan tanah. Contoh sumber ini adalah mata air.

### **3.7.2 Bangunan Unit Air Baku**

Bangunan unit air baku merupakan unit bagian awal pada sistem penyediaan air baku. Bangunan ini disebut bak penangkap mata air (*Broncapturing*).

*Broncapturing* biasa digunakan untuk mengambil air dari mata air. Dalam pengumpulan mata air, hendaknya dijaga supaya tanah tidak terganggu. Hal ini akan menyebabkan terganggunya konstruksi bangunan dan juga akan mempengaruhi kualitas mata air. Menurut Al Layla (1978), *broncapturing* sebaiknya dilengkapi dengan perpipaan utama, *valve* dan *manhole*, sedangkan untuk mata air yang banyak mengandung pasir dibutuhkan bak *pre-settling chamber*. Konstruksi bangunan penangkap mata air pada umumnya terdiri atas:

1. Batu-batu kosong dan kerikil yang bersih
2. Batu bata
3. Lembaran plastik dengan ketebalan minimal 3 mm
4. Aspal/adukan semen

Penangkapan air dari sumber mata air harus menjaga kondisi tanah di sekitarnya. Air permukaan di dekat mata air tidak boleh meresap dan bercampur dengan mata air.

Syarat – syarat Bak Penangkap Mata Air (PMA) :

- 1) Bentuk PMA tidak mengikat, disesuaikan dengan topografi dan situasi lahan
- 2) Bangunan PMA diusahakan berbentuk elips bersudut tumpul atau empat persegi panjang.
- 3) Pipa keluar (Pipa *Out Let*) pada bak pengumpul dari bangunan PMA tidak boleh lebih tinggi dari muka asli sebelum dibangun PMA.

Persyaratan teknis Bak Penangkap Mata Air (PMA) :

➤ Tipe PMA :

- 1) tipe IA : arah aliran artesis terpusat
- 2) tipe IB : arah aliran artesis tersebar
- 3) tipe IC : arah aliran artesis vertikal
- 4) tipe ID : aliran gravitasi kontak

Sedangkan berdasarkan kelengkapan bangunan, yaitu bak penampung, maka jenis PMA terdiri atas:

- 1) tipe IIA : volume bak penampung  $2 \times 2 \times 1 \text{ m}^3$
- 2) tipe IIB : volume bak penampung  $2 \times 4 \times 1 \text{ m}^3$
- 3) tipe IIB : volume bak penampung  $2 \times 5 \times 1 \text{ m}^3$

➤ Ukuran

Ukuran bak penampung mata air ditentukan berdasarkan :

- 1) Debit minimum mata air
- 2) Besarnya pemakaian dan waktu
- 3) Asumsi kebutuhan 30 sampai dengan 60 liter per orang per hari
- 4) Waktu pengambilan adalah 8 sampai 12 jam sehari sesuai tabel berikut :

**Tabel 3.8. Ukuran bak penampung mata air**

Pelayanan Orang	Debit < 0,5 lt/dt	Debit 0,5 -0,8 lt/dt	Debit 0.7 -0,8 lt/dt	Debit > 0,8 lt/dt
200 -300 300 -500	5 m <sup>3</sup> 10 m <sup>3</sup>	2 m <sup>3</sup> 10 m <sup>3</sup>	2 m <sup>3</sup> 5 m <sup>3</sup>	2 m <sup>3</sup> 2 m <sup>3</sup>

Sumber: Modul 2.1 Petunjuk Praktis Pembangunan PMA Dirjen Cipta Karya 1996

### 3.7.3 Jaringan Transmisi

Jaringan transmisi adalah suatu jaringan yang berfungsi untuk menyalurkan air bersih dari sumber air ke resevoir. Cara penyaluran air bersih tergantung pada lokasi sumber air berada.

#### 3.7.3.1 Cara penyaluran air bersih

##### 1. Sistem Gravitasi

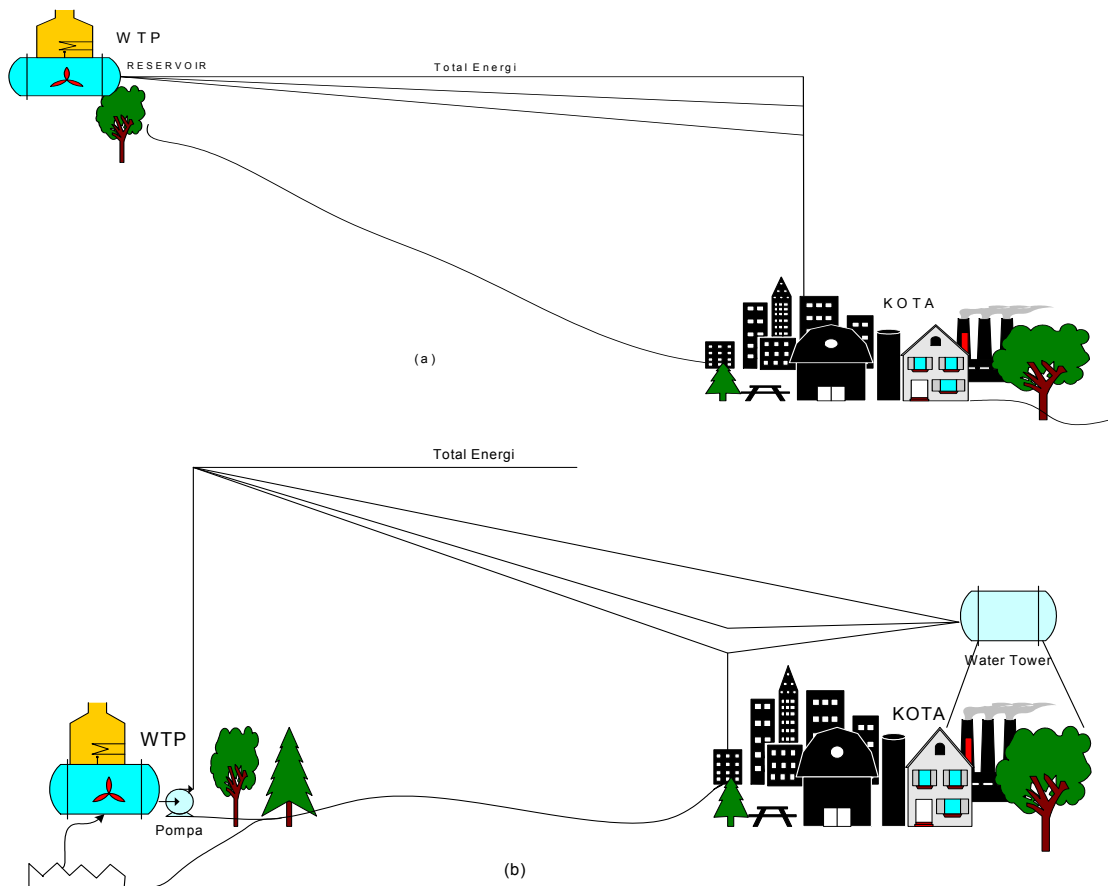
Yaitu sistem pengaliran air dari sumber ke tempat reservoir dengan cara memanfaatkan energi potensial yang dimiliki air akibat perbedaan ketinggian lokasi sumber dengan lokasi reservoir.

## 2. Sistem Pompa

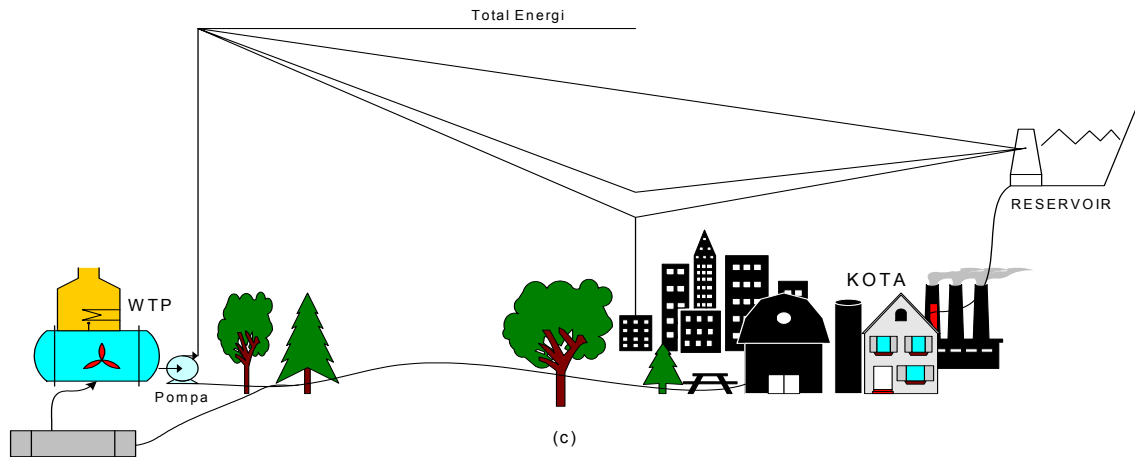
Yaitu sistem pengaliran air dari sumber ke tempat reservoir dengan cara memberikan energi kinetik pada aliran air sehingga air dari sumber dapat mencapai lokasi reservoir yang lebih tinggi.

## 3. Sistem Gabungan

Yaitu sistem pengaliran air dari sumber ke tempat reservoir dengan cara menggabungkan dua sistem transmisi yaitu penggunaan sistem gravitasi dan sistem pompa.







**Gambar 3.3. Sistem Pengaliran Distribusi Air Minum (a) gravitasi, (b) pemompaan, (c)gabungan (Peavy et al., 1985)**

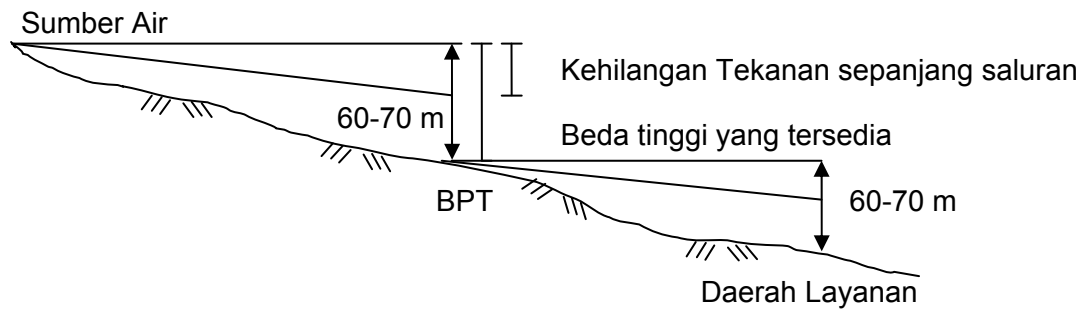
Dalam penyediaan air bersih yang menjadi kendala utama adalah kurangnya tekanan yang cukup pada konsumen sehingga kekontinuitas tersedianya air menjadi terganggu. Sehingga untuk menjaga tekanan akhir pipa di seluruh daerah layanan, pada titik awal distribusi diperlukan tekanan yang lebih tinggi untuk mengatasi kehilangan tekanan yang dipengaruhi. (Kamala, 1988) :

1. Ketinggian bangunan tertinggi yang harus dicapai oleh air.
2. Jarak titik awal distribusi dari reservoir.
3. Tekanan untuk hidran kebakaran yang dibutuhkan.

Pertimbangan-pertimbangan penting dalam merencanakan sistem transmisi dalam sistem penyediaan air bersih dengan sumber mata air antara lain:

### **1. Menentukan Bak Pelepas Tekan (BPT)**

Sistem gravitasi diterapkan bila beda tinggi yang tersedia antara sumber air dan lokasi bangunan pengolahan mencukupi. Namun bila beda tinggi (tekanan) yang tersedia berlebihan maka memerlukan bangunan yang disebut bak pelepas tekan (BPT). Gambar 3.4 menggambarkan jaringan distribusi dengan BPT.



**Gambar 3.4. Jaringan Transmisi Dengan BPT**  
(Sumber : Peavy, 1985)

Bak pelepas tekan dibuat untuk menghindari tekanan yang tinggi, sehingga tidak akan merusak sistem perpipaan yang ada. Idealnya bak ini dibuat bila maksimal mempunyai beda tinggi 60-70 m, namun kadang sampai beda tinggi 100 m tergantung dari kualitas pipa transmisinya. Bak ini dibuat di tempat dimana tekanan tertinggi mungkin terjadi atau pada stasiun penguat (*boaster pump*) sepanjang jalur pipa transmisi.

## 2. Menghitung panjang dan diameter pipa

Panjang pipa dihitung berdasarkan jarak dari bangunan pengolahan air ke reservoir induk, sedangkan diameter pipa ditentukan sesuai dengan debit hari maksimum. Diameter pipa minimal 10 cm untuk pipa transmisi. Ukuran diameter pipa disesuaikan dengan ukuran standar dan alasan secara ekonomi.

## 3. Jalur pipa

Jalur pipa sebaiknya mengikuti jalan raya dan dipilih jalur yang tidak memerlukan banyak perlengkapan untuk mengurangi biaya konstruksi dan pemeliharaan. Pemilihan jalur transmisi semestinya ditinjau dari segi teknis maupun ekonomis. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan jalur transmisi, yaitu :

1. Kondisi topografi sepanjang jalur yang akan dilalui saluran transmisi, sedapat mungkin yang tidak banyak memerlukan bangunan perlindungan.
2. Panjang jalur antara lokasi sumber air dan lokasi yang dituju diusahakan sependek mungkin.
3. Kualitas tanah sepanjang jalur sehubungan dengan perlindungan saluran, misalnya perlindungan terhadap bahaya korosi.
4. Struktur tanah sehubungan dengan pemasangan saluran.

5. Pelaksanaan dan pemeliharaan dipilih yang semudah mungkin baik dalam konstruksi pelaksanaan maupun pemeliharaannya.

Sedangkan untuk penempatan dan pemasangan pipa perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Kedalaman galian
2. Kedalaman timbunan
3. Bentuk parit
4. Material timbunan
5. Material pendukung yang diperlukan baik untuk pemasangan pipa dibawah tanah maupun pipa yang terekspos diatas tanah
6. Kemiringan pipa yang dipasang.

### 3.7.3.2 Perlengkapan sistem transmisi

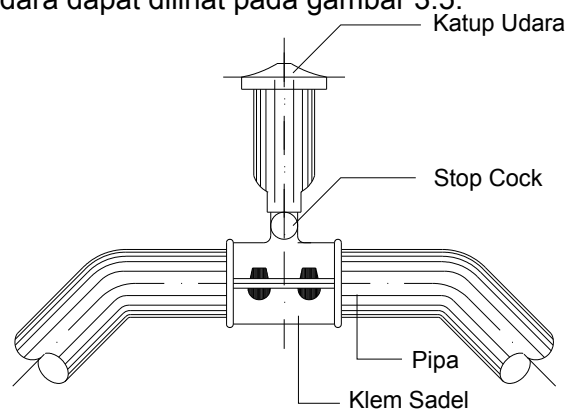
Perlengkapan yang ada pada sistem transmisi perpipaan air bersih antara lain *wash out*, berfungsi untuk penggelontor sedimen atau endapan yang ada pada pipa, *air valve*, berfungsi untuk mengurangi tekanan pada pipa sehingga pipa tidak pecah, *blow off*, *gate valve*, berfungsi untuk mengatur debit aliran, dan pompa.

Untuk memperpanjang umur pipa, dalam pemasangan pipa harus diperhatikan peralatan pipa yang diperlukan serta faktor keamanan antara lain:

#### 1. Katup udara (*air valve*)

Katup udara berfungsi untuk melepaskan udara yang terperangkap dalam pipa, hal ini dapat mengganggu jalannya air dalam pipa. Katup udara ini biasanya diletakkan pada tempat-tempat di titik-titik yang tertinggi seperti jembatan pipa dan pada jalur utama yang berada pada topografi tertinggi.

Gambar katup udara dapat dilihat pada gambar 3.5.



**Gambar 3.5. Katup Udara**

## 2. Penguras

Perlengkapan penguras diperlukan untuk mengeluarkan kotoran/endapan yang terdapat di dalam pipa. Biasa dipasang di tempat yang paling rendah pada sistem perpipaan dan pada jembatan pipa.

## 3. Stop/Gate Valve

Dalam suatu daerah perencanaan yang terbagi atas blok-blok pelayanan, tergantung dari kondisi topografi dan prasarana yang ada, perlu dipasang *gate valve*. Perlengkapan ini diperlukan untuk melakukan pemisahan/melokalisasi suatu blok pelayanan/jalur tertentu yang sangat berguna pada saat perawatan. Biasanya *gate valve* dipasang pada setiap percabangan pipa selain itu perlengkapan ini biasa dipasang sebelum dan sesudah jembatan pipa, siphon, dan persimpangan jalan raya.

## 4. Perkakas (*fitting*)

Perkakas (*tee, bend, reducer, dan lain-lain*) perlu disediakan dan dipasang pada perpipaan distribusi sesuai dengan keperluan di lapangan. Apabila pada suatu jalur pipa terdapat lengkungan yang memiliki radius yang sangat besar, penggunaan perkakas belokan (*bend*) boleh tidak dilakukan selama defleksi pada sambungan pipa tersebut masih sesuai dengan yang disyaratkan untuk jenis pipa tersebut.

## 5. Thrust Block

Dalam perencanaan jaringan distribusi, *thrust block* diperlukan pada pipa yang mengalami beban hidolik yang tidak seimbang, misalnya pada pergantian diameter, akhir pipa dan belokan. Gaya-gaya ini akan menggeser jaringan pipa dan kedudukan semula, jika hal ini dibairkan, lama-lama dapat merusak jaringan pipa dan sambungan-sambungannya.

Oleh karena itu gaya gaya tersebut harus ditahan dengan cara memasang *thrust block* pada sambungan pipanya, menjaga agar *fitting* tidak bergerak, umumnya lebih praktis memasang *thrust block* setelah saluran ditimbun dengan tanah dan dipadatkan sehingga menjamin mampu menahan gaya hidrolis atau beban lainnya. *Thrust block* hendaknya dipasang pada sisi parit untuk menahan gaya geser atau menggali sebuah lubang masuk kedalam dinding parit. Gaya-gaya yang dibebankan pada *thrust block* antara lain:

a. Tumpukan belokan

Selain harus dapat menahan gaya berat pipa dan isinya, juga harus dapat menahan gaya yang berasal dari perubahan momentum fluida yang membelok.

b. Tumpuan sebelum dan sesudah katup

Karena aliran zat cair menimbulkan gaya pada katup maka dapat diletakkan pipa dekat katup. Pipa didekat katup harus dapat menahan berat pipa, berat katup, berat fluida dalam pipa dan katup serta gaya  $F$  yang ditimbulkan tekanan zat cair.

Tempat tempat kritis pada jaringan pipa yang memerlukan pemasangan *thrust block* adalah :

- Tempat dimana pipa berubah arah.
- Tempat dimana pipa berubah diameter.
- Tempat dimana pipa berakhir.
- Tempat dimana diperkirakan timbul gaya dorong, misalnya pada sambungan-sambungan, katup-katup.

## 6. Bangunan Perlintasan Pipa

Bangunan ini diperlukan bila jalur pipa harus memotong pipa untuk keamanan dan kelancaran pipa yang dikarenakan adanya lintasan kereta api, sungai, maupun kondisi tanah yang tidak rata. Bila melintasi rel kereta api, maka perencanaan dan pelaksanaan harus dikoordinasikan dengan Perusahaan Kereta Api. Bila melintasi sungai, konstruksi yang biasa digunakan ialah :

a. Pipa diletakkan pada jembatan ( *Pipe Supported on Bridge* )

Konstruksi ini digunakan bila jembatan yang tersedia mendukung untuk jalur pipa. Bila jembatan eksisting tidak tersedia, maka harus dibangun jembatan pipa sendiri. Dalam hal ini air *valve thrust block, flexible joint* penting untuk dipasang.

b. Jembatan Pipa ( *Pipe Beam Bridge* )

Bila rentangan jembatan kecil dan panjang pipa dapat merintangai sungai, maka pipa itu sendiri dapat digunakan sebagai jembatan. Hal ini harus mendapat persetujuan dari kantor pemerintah yang bersangkutan. Hal penting yang harus diperhatikan :

- Sebaiknya menggunakan pipa baja.
- Pipa harus didukung pada struktur bagian atas pinggir sungai.

- Semua belokan pipa disarankan sudutnya lebih kecil dari  $45^\circ$  dan belokan harus dipasang *thrust block*.
- Tembok penahan diperlukan pada *upstream* dan *down stream* dari jembatan pipa. Serta dipasang pelindung pipa pagar agar pipa aman.
- Tempat pejalan kaki harus dibangun sepanjang jembatan pipa untuk pemeriksaan dan perbaikan.

## 7. Sambungan

Sambungan dan kelengkapan pipa yang sering digunakan untuk penyambungan pipa antara lain :

### a. *bell and spigot*

*Spigot* dari suatu pipa dimasukkan kedalam suatu *bell (socket)* pipa lainnya. Untuk menghindari kebocoran, menahan pipa serta kemungkinan defleksi (sudut sambungan berubah), maka sambungan dilengkapi dengan gasket.

### b. *Flange joint*.

Biasanya dipakai untuk pipa bertekanan tinggi, untuk sambungan yang dekat dengan instalasi pipa. sebelum kedua *flange* disatukan dengan mur baut maka antar flange disisipkan packing untk mencegah kebocoran.

### c. *Ball joint*

Digunakan untuk sambungan dan pipa dalam air.

### d. *Increaser dan reducer*

Increaser digunakan untuk menyambung pipa dari diameter kecil ke diameter besar (arah aliran dari diameter kecil ke besar). Reducer untuk menyambung dari diameter besar ke diameter kecil.

### e. *Bend dan Tee*

Bend merupakan belokan dengan sudut belokan pipa sebesar  $90^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $22,5^\circ$  dan  $11,5^\circ$ , sedangkan tee untuk menyambung pipa pada percabangan.

### f. *Tapping Bend*

Dipasang pada pipa yang perlu disadap untuk dialihkan ke tempat lain. Dalam hal ini pipa distribusi dibor dan *tapping* dipasang dengan baut disekeliling dengan memeriksa agar cincin melingkar penuh pada sekeliling lubang dan tidak menutup lubang *tapping*. Apabila dimensi

penyadapan terlalu besar, maka pipa distribusi dapat dipotong selanjutnya dipasang *tee* atau perlengkapan yang sesuai.

## **8. Tekanan dan kecepatan dalam pipa**

Menurut Al-Layla (1978) tekanan dalam pipa distribusi sebaiknya berada diantara  $1,8 \times 10^5 - 2,8 \times 10^5 \text{ N/m}^2$  (1,8 - 2,8 kg/cm<sup>2</sup>). Sedangkan kecepatan dalam pipa distribusi sebaiknya berada dalam range 0,6 – 1,2 m/det (Al-Layla, 1978). Tekanan yang kurang mengakibatkan aliran air sampai ke konsumen tidak mengalir, sedangkan tekanan air yang berlebih dapat menimbulkan terjadinya pukulan air yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada alat-alat perpipaan (Morimura, 1984). Morimura (1984) juga menjelaskan kecepatan aliran air yang rendah dapat menyebabkan terjadinya pengendapan sedimen dalam pipa, menimbulkan efek korosi dalam pipa, sedangkan bila kecepatan aliran air yang terlalu tinggi menyebabkan terjadinya penggerusan pipa sehingga mempercepat usia pipa.

### **3.7.4 Cara Penyediaan Air Baku**

#### **1. Sistem Individu**

Penyediaan air bersih sistem individu adalah sistem penyediaan air yang dilaksanakan oleh masyarakat secara individu dengan menggunakan cara – cara sederhana dan tingkat pelayanan kebutuhan airnya tergantung pada kualitas air yang dimiliki. Contohnya adalah penggunaan sumur dengan air yang digunakan untuk keperluan hidup rumah tangga. Sistem individu ini termasuk ke dalam sistem non perpipaan.

#### **2. Sistem Komunitas**

Penyediaan air bersih sistem komunitas adalah sistem penyediaan air bersih yang dilaksanakan untuk suatu komunitas di suatu wilayah dengan tingkat pelayanan secara menyeluruh untuk penduduk yang berdomisili tetap (domestik) dan tidak tetap (non domestik). Sistem komunitas memiliki sarana yang lebih lengkap ditinjau dari segi teknis dan segi pelayanan. Sistem ini termasuk ke dalam sistem perpipaan.

### **3.7.5 Pemilihan Material**

Dalam pemilihan material dilakukan sesuai dengan kondisi jalur pipa transmisi dan distribusi serta topografi yang dilalui oleh jalur pipa tersebut. Dalam pemilihan material juga perlu dilakukan beberapa tinjauan diantaranya terhadap :

1. Topografi dan kondisi lapangan jalur pipa yang dilalui
2. Kualitas pipa
3. Struktur tanah
4. Diameter pipa
5. Tinjauan sambungan pipa dan perlengkapannya
6. Kemudahan dalam handling dan pemasangan
7. Biaya yang meliputi biaya material, handling dan pemasangan.

Karena sangat penting untuk memilih dan memasang pipa dengan tepat, sesuai dengan penggunaannya guna mengurangi pemborosan karena kerusakan-kerusakan jaringan pipa karena tekanan yang bekerja pada pipa (baik dari dalam maupun luar), tidak sesuai dengan kekuatannya dan pemasangan perlengkapan pipa yang tidak tepat/tidak sesuai dengan pipanya.

Demikian pula dalam pelaksanaan di lapangan masing-masing pipa harus dapat dikenal jenis dan kelas kekuatannya untuk menghindari kesalahan pemasangannya. Untuk memudahkan pengenalan pipa, maka pipa tersebut oleh pabrik pembuatnya membuat tiap-tiap pipa diberi tanda pengenal yang menjelaskan bahan pipa, diameter nominal pipa, kelas kekuatan pipa, dan lambang pabrik pembuatnya.

Pemilihan pipa didasarkan kepada hal-hal sebagai berikut :

1. Keamanan terhadap tekanan dari dalam dan luar. Tekanan dari dalam berasal dari tekanan hidrostatis dan pukulan air. Tekanan dari luar berasal dari tekanan roda (bila pipa tertanam atau beban lain misal pada jembatan pipa).
2. Pipa harus tahan terhadap kondisi tanah jika berada dalam tanah.
3. Jenis pipa harus sesuai dengan keadaan lapangan, misalnya di tempat ramai, di kota. Jika pemasangan pipa harus dapat dilaksanakan dengan cepat. Pemasangan yang cepat tergantung kepada jenis pipa
4. Air yang dialirkan harus aman dari bahan karat, sehingga pipa yang dipakai harus dari jenis yang tidak berkarat.

#### **3.7.5.1 Jenis Pipa**

Menurut Hammer (1975), Steel (1960), dan Birdi (1976) jenis-jenis pipa yang digunakan pada sistem transmisi dan distribusi adalah *cast iron*, baja (*steel*), beton (*concrete*), *asbestos cement* dan *plastic*.



### **1. Cast Iron Pipe (CIP)**

Tersedia untuk panjang 3,7 dan 5,5 m dengan diameter 50-900 mm serta dapat menahan tekanan air hingga 240 m tergantung besar diameter pipa. Kelebihan dari pipa jenis ini adalah harga tidak terlalu mahal, ekonomis karena berumur panjang (mencapai 100 th), kuat dan tahan lama, tahan korosi bila dilapisi, mudah disambung, dapat menahan tekanan tanpa mengalami kerusakan. Dan kekurangannya yaitu bagian dalam pipa lama-lama menjadi kasar sehingga kapasitas pengangkutan berkurang, pipa berdiameter besar tidak ekonomis, cenderung patah selama pengangkutan.

### **2. Concrete Pipe**

Bisa digunakan jika tidak berada dalam tekanan dan kebocoran pada pipa tidak terlalu dipersiapkan diameter mencapai 610 mm, digunakan untuk diameter lebih besar dari 2,5 m dan bisa didesain untuk tekanan 30 m.

Kelebihan yaitu bagian dalam pipa halus dan kehilangan akibat friksi paling sedikit, tahan lama sekurangnya 75 tahun, tidak berkarat dan tidak terbentuk lapisan di dalamnya, biaya pemeliharaan murah. Dan kekurangannya adalah pipa berat dan sulit digunakan, cenderung patah selama pengangkutan, sulit diperbaiki.

### **3. Steel Pipe**

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

Kelebihan dari pipa ini yaitu kuat, lebih ringan daripada CIP, mudah dipasang dan disambung, dapat menahan tekanan hingga 70 mka (meter kolom air). Sedangkan kekurangannya yaitu mudah rusak karena air yang asam atau basa, daya tahan hanya 25-50 tahun kecuali dilapis dengan bahan tertentu.

### **4. Asbestos Cement Pipe**

Dibuat dengan mencampur serat asbes dengan semen pada tekanan tinggi, diameter besar antara 50-900 mm dan dapat menahan tekanan antara 50-250 mka tergantung kelas dan tipe pembuatan.

Kelebihannya adalah ringan dan mudah digunakan, tahan terhadap air yang asam dan basa, bagian dalamnya halus dan tahan terhadap korosi, tersedia untuk ukuran yang panjang sehingga sambungan lebih sedikit, dapat dipotong menjadi berbagai ukuran panjang dan disambung seperti CIP.

Kekurangannya adalah rapuh dan mudah patah, tidak dapat digunakan untuk tekanan tinggi.

### 5. *Plastic Pipe*

Memiliki banyak kelebihan yaitu tahan terhadap korosi, ringan dan murah, tersedia dalam warna hitam, lebih tahan terhadap bahan kimia kecuali asam nitrat dan asam kuat, lemak dan minyak, ada 2 tipe :

- a. *low density polythene pipe* (LDP): lebih fleksibel, diameter mencapai 63 mm, untuk jalur pipa panjang dan tidak cocok untuk penyediaan air minum dalam gedung
- b. *high density polythene pipe* (HDP): lebih kuat daripada *Low Density Polythene Pipe*, diameter 16-400 mm, diameter besar banyak digunakan jika terdapat kesulitan menyambung pipa berdiameter kecil, untuk jalur yang panjang  
Pipa ini tidak memenuhi standar lingkungan yaitu jika terjadi kontak dengan bahan-bahan seperti organik, keton ester, alkohol dan sebagainya. Dalam permasalahan ini HDP lebih buruk daripada LDP.

### 6. *Polyvinyl Chloride Pipe (PVC /Unplasticed)*

Kekakuan 3X kekakuan pipa *polythene* biasa, lebih kuat dan dapat menahan tekanan tinggi. Sambungan lebih mudah dibuat dengan cara las. Tahan terhadap asam organik, alkali dan garam, senyawa organik serta korosi, banyak digunakan pada penyediaan air dingin di dalam/ di luar gedung, sistem pembuangan dan drainase bawah tanah, tersedia dalam ukuran yang bermacam-macam.

#### 3.7.5.2 Penanaman Pipa

Perpipaan transmisi sedapat mungkin dipasang di dalam tanah. Hal ini untuk mengurangi kemungkinan rusaknya pipa secara fisik baik oleh tumbuhnya pohon atau kerusakan fisik lainnya. Kedalaman penanaman pipa dihitung dari permukaan tanah terhadap bagian atas pipa tergantung pada kondisi lapangan. Untuk kondisi lapangan biasa ditentukan 50 cm, sedang pipa yang dipasang di bawah jalan ditentukan 150 cm.

**Tabel 3.9. Kedalaman Penanaman Pipa di Indonesia Tahun 2000**

Kondisi Penanaman Pipa	Kedalaman (cm)
Kondisi biasa	80
Di bawah jalan : Biasa	100
Raya	120

Sumber : Departemen PU DJCK Direktorat Air Bersih, 2000.

Perpipaan induk distribusi sedapat mungkin dipasang di dalam tanah. Kedalaman pipa minimum ditentukan 80 cm pada kondisi biasa dan 100 cm untuk di bawah jalan. Untuk kemudahan pemasangan dan pemeriksaan, perpipaan ini dipasang di sepanjang jalan yang diperlukan. Ketebalan penutup pipa sesuai kondisi lapangan dapat dilihat pada table 3.10 dibawah ini :

**Tabel 3.10. Tebal Penutup Pipa di Indonesia tahun 2000**

Kondisi	Tebal Penutup Pipa (cm)			
	Ø 50 mm	Ø 80 mm	Ø 100 mm	Ø 150 mm
Kondisi biasa	80	80	80	80
Di bawah jalan	100	100	100	100

Sumber : Departemen PU DJCK Direktorat Air Bersih, 2000.

Bentuk galian/ penanaman pipa ada 3 menurut lokasi penanaman :

1. Galian normal, galian yang terletak di bawah tanah pinggir jalan, jalan setapak atau jalan berbatu-batu dan trotoar
2. Galian di bawah jalan , galian yang terletak di bawah jalan aspal
3. Galian memotong jalan, galian yang memotong badan jalan.

### 3.7.6 Analisis Hidrolika

Dalam perencanaan sistem penyediaan air baku dengan perpipaan, analisis hidrolika terutama dimaksudkan untuk menentukan dimensi bangunan dan fasilitas yang direncanakan.

#### 3.7.6.1 Prinsip Dasar Aliran Dalam pipa

Menurut Triatmojo (1995) aliran dalam pipa merupakan aliran tertutup dimana air kontak dengan seluruh penampang saluran. Jumlah aliran yang mengalir melalui lintang aliran tiap satuan waktu disebut debit aliran, secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

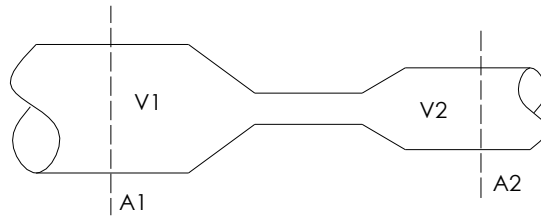
$$Q = A \times V \text{ ( m}^2 \times \text{m/det = m}^3 \text{/ det)} \dots\dots\dots (3.15)$$

#### a. Persamaan kontinuitas

Pada setiap aliran dimana tidak ada kebocoran maka untuk setiap penampang berlaku bahwa debit setiap potongan selalu sama.

$$V_1 \times A_1 = V_2 \times A_2 \text{ atau, } \dots\dots\dots (3.16)$$

$$Q = A \times V = \text{Konstan } \dots\dots\dots (3.17)$$

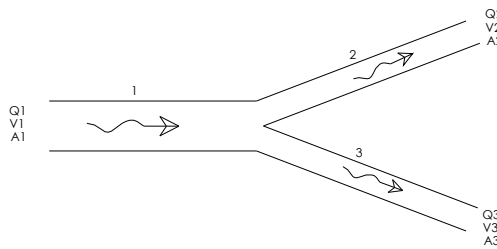


**Gambar 3.6.**  
**Saluran Pipa Dengan Diameter Berbeda**

Menurut Triatmojo (1995) untuk pipa bercabang berdasarkan persamaan kontinuitas, debit aliran yang menuju titik cabang harus sama dengan debit yang meninggalkan titik tersebut, yang secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \text{ atau,} \dots\dots\dots (3.18)$$

$$A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2 + A_3 \times V_3 \dots\dots\dots (3.19)$$



**Gambar 3.7.**  
**Persamaan Kontinuitas Pada Pipa Bercabang**

b. Persamaan Bernoulli

Menurut Bernoulli Jumlah tinggi tempat, tinggi tekan dan tinggi kecepatan pada setiap titik dari aliran air selalu konstan. Persaman Bernoulli dapat dipandang sebagai persamaan kekekalan energi mengingat,  $z$  = energi potensial cair tiap satuan berat

$$\frac{m \cdot g \cdot z}{m \cdot g} \approx z \dots\dots\dots (3.20)$$

$\frac{p}{\gamma} \approx$  Tenaga potensial tekanan zat cair tiap satuan berat

$$\frac{p \cdot v}{m \cdot g} \approx p \frac{m \cdot g}{\gamma} \approx \frac{F}{\gamma} \dots\dots\dots (3.21)$$

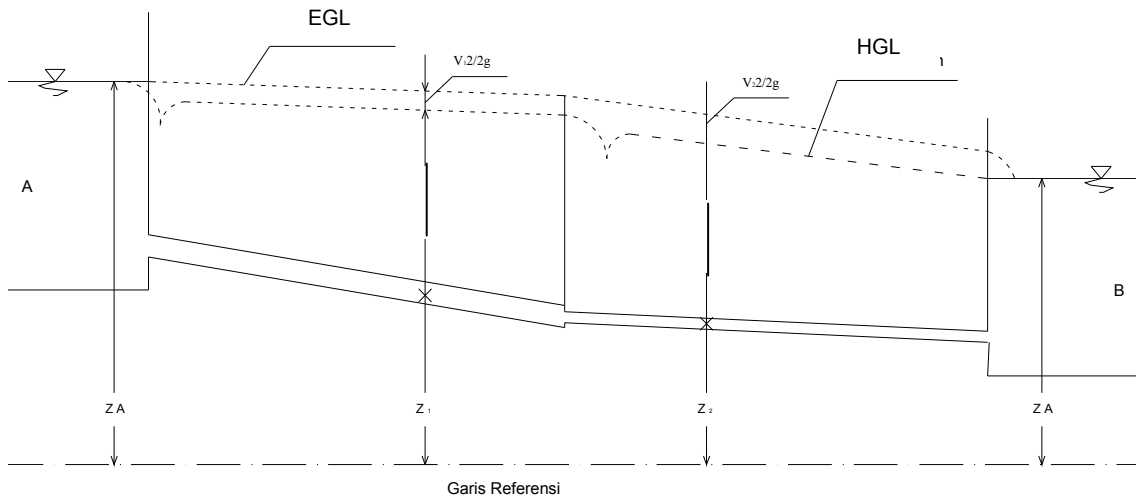
$\frac{v^2}{2g}$  = tenaga kinetik persamaan satuan berat

$$\frac{1/2 m \cdot v^2}{m \cdot g} \approx \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (3.22)$$

Dengan neraca massa energi yang masuk sama dengan yang keluar energi di A = energi di B sehingga,

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (3.23)$$

$$z_a + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} = z_b + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (3.24)$$



**Gambar 3.8. Garis energi dan garis tekanan**

Sumber : Triatmojo, (1995)

c. Persamaan Hanzen William

$$Q = 0,2785 \times C \times D^{2,63} \times S^{0,54} \dots\dots\dots (3.25)$$

Dimana :

Q = debit aliran (m/det)

C = Koefisien kekasaran

D = Diameter pipa (m)

S = Slope pipa = headloss/panjang pipa (m/m)

**Tabel 3.11. Nilai Koefisien C Hazen Williams**

Jenis Pipa	Nilai C
1. <i>New Cast Iron</i>	130 – 140
2. <i>Concrete or Concrete lined</i>	120 – 140
3. <i>Galvanized Iron</i>	120
4. <i>Plastic</i>	140 – 150
5. <i>Stell</i>	140 – 150
6. <i>Vetrivield Clay</i>	110

Sumber : Epanet 2, User manual,

### 3.7.6.2 Tekanan Air Dan Kecepatan Aliran

Jika tekanan air kurang, akan menyebabkan kesulitan dalam pemakaian air. Sedangkan tekanan air yang berlebih dapat menimbulkan rasa sakit karena terkena pancaran air, merusak peralatan plambing, dan menambah kemungkinan timbulnya pukulan air. Besarnya tekanan air yang baik pada suatu daerah bergantung pada persyaratan pemakai atau alat yang harus dilayani. Secara umum dapat dikatakan besarnya tekanan standard adalah 1,0 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan tekanan statik sebaiknya diusahakan antara 4,0 – 5,0 kg/cm<sup>2</sup> untuk perkantoran dan antara 2,5 – 3,5 kg/cm<sup>2</sup> untuk hotel dan perumahan. Disamping itu beberapa macam peralatan plambing tidak dapat berfungsi dengan baik kalau tekanan airnya kurang dari batas minimum.

Kecepatan aliran air yang terlampau tinggi akan dapat menambah kemungkinan timbulnya pukulan air, menimbulkan suara berisik dan kadang menyebabkan ausnya permukaan dalam pipa. Biasanya digunakan standard kecepatan antara 0,6-1,2 m/dt, dan batas maksimumnya antara 1,5 – 2,0 m/dt. Di lain pihak, kecepatan yang terlalu rendah ternyata dapat menimbulkan efek korosi, pengendapan kotoran yang mempengaruhi kualitas air (Morimura et al., 1999).

### 3.7.6.3 Kehilangan Tekanan (*Headloss*)

Macam kehilangan tekanan adalah:

1. *Major losses*, terjadi akibat gesekan air dengan dinding pipa. Menurut Atang, (1983), besarnya kehilangan tekanan karena gesekan dapat ditentukan dengan formula umum dari Darcy, yaitu:

$$H_f = \lambda \times \frac{L}{d} \times \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (3.26)$$

Dimana koefisien tahanan aliran  $\lambda$  merupakan fungsi dari bilangan Reynolds dan kekasaran relatif dari pipa. Bilangan Reynolds dapat dihitung dengan formula :

$$Re = \frac{v \times d}{\nu} \dots\dots\dots (3.27)$$

2. *Minor losses*, terjadi akibat perubahan penampang pipa, sambungan, belokan, dan katup. Kehilangan tenaga akibat gesekan pada pipa panjang biasanya jauh lebih besar daripada kehilangan tenaga sekunder, sehingga pada keadaan tersebut biasanya kehilangan tenaga sekunder diabaikan. Pada pipa pendek kehilangan tenaga sekunder harus diperhitungkan. Apabila kehilangan tenaga sekunder kurang dari 5 % dari kehilangan tenaga akibat gesekan maka kehilangan tenaga tersebut dapat diabaikan. Untuk memperkecil kehilangan tenaga sekunder, perubahan penampang atau belokan jangan dibuat mendadak tapi berangsur-angsur.

**Tabel 3.12.**  
**Panjang Ekuivalen Untuk Katup dan Perlengkapan Lainnya**

Diameter nominal (mm)	Panjang ekuivalen							
	Bend 90°	Bend 45°	T-90° aliran cabang	T-90° aliran lurus	Katup sorong	Katup bola	Katup sudut	Katup satu arah
15	0,60	0,60	0,90	0,18	0,12	4,50	2,40	1,20
20	0,75	0,45	1,20	0,24	0,15	6,00	3,60	1,60
25	0,90	0,54	1,50	0,27	0,18	7,50	4,50	2,00
32	1,20	0,72	1,80	0,36	0,24	10,50	5,40	2,50
40	1,50	0,90	2,10	0,45	0,30	13,50	6,60	3,10
50	2,10	1,20	3,00	0,60	0,39	16,50	8,40	4,00
65	2,40	1,50	3,60	0,75	0,48	19,50	10,20	4,60
80	3,00	1,80	4,50	0,90	0,63	24,00	12,00	5,70
100	4,20	2,40	6,30	1,20	0,81	37,50	16,50	7,60
125	5,10	3,00	7,50	1,50	0,99	42,00	21,00	10,00
150	6,00	3,60	9,00	1,80	1,20	49,50	24,00	12,00
200	6,50	3,70	14,00	4,00	1,40	70,00	33,00	15,00
250	8,00	4,20	20,00	5,00	1,70	90,00	43,00	19,00

Sumber : Morimura, 1999

Persamaan-persamaan untuk *minor losses* dapat dirunutkan sebagai berikut :

1. Kehilangan tekanan akibat masukan (*entrance*)

$$h_e = C_e \cdot \left( \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot g} \right) \dots\dots\dots (3.28)$$

dengan:  $h_e$  = kehilangan masukan turbulen (m)

$v_2$  = kecepatan dalam pipa (m/dt)

$v_1$  = kecepatan sebelumnya ( didekatnya, m/dt )

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

$C_e$  = koefisien kehilangan tenaga masukan.

Jika  $v_1 = 0$  , maka  $h_e = C_e \cdot \left( \frac{v_2^2}{2 \cdot g} \right)$

2. Kehilangan tekanan akibat keluaran

$$h_o = C_o \cdot \left( \frac{v_1^2 - v_2^2}{2 \cdot g} \right) \dots\dots\dots (3.29)$$

dengan:  $h_o$  = kehilangan tenaga akibat keluaran (m)  
 $v_1$  = kecepatan pipa diatas keluaran (m/dt)  
 $v_2$  = kecepatan dibawah keluaran (m/dt)  
 $C_o$  = koefisien kehilangan tekanan keluaran

Untuk keluaran air yang tenang  $v_2 = 0$ ,  $h_o = C_o \cdot \left( \frac{v_1^2}{2 \cdot g} \right)$

3. Kehilangan tekanan akibat kontraksi

$$h_c = C_c \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots (3.30)$$

dengan:  $h_c$  = kehilangan tinggi (m) karena kontraksi mendadak  
 $C_c$  = koefisien kontraksi  
 $v$  = kecepatan (m/dt) dalam pipa yang lebih kecil

Untuk rasio diameter 1,5  $C_c = 0.3$ , rasio diameter 2.0  $C_c = 0.35$ , rasio diameter 2.5  $C_c = 0.4$  dan seterusnya.

4. Kehilangan tekanan akibat perubahan (perbesaran) penampang

$$h_e = C_e \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots (3.31)$$

dengan:  $h_e$  = kehilangan tinggi akibat perbesaran penampang (m)  
 $C_e$  = koefisien perubahan penampang  
 $v$  = kecepatan aliran (m/dt)

Untuk rasio diameter 1.5  $C_e = 0.35$ , rasio diameter 2.0  $C_e = 0.6$ , rasio diameter 2.5  $C_e = 0.75$

5. Kehilangan tekanan akibat belokan

$$h_b = C_b \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots (3.32)$$

dengan:  $h_b$  = kehilangan tinggi, (m)  
 $C_b$  = koefisien kehilangan tinggi belokan

6. Kehilangan tekanan akibat adanya perkakas (*fitting*)

$$h_f = C_f \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots (3.33)$$



dengan:  $h_f$  = kehilangan tenaga akibat adanya perkakas (m)  
 $C_f$  = koefisien kehilangan tenaga karena adanya katup

Untuk *globe valve*, terbuka lebar  $C_f = 10$   
*angle valve*, terbuka lebar  $C_f = 5$   
*gate valve*, terbuka lebar  $C_f = 0.2$

### 3.7.6.4 Analisis Aliran Pipa

*Headloss* dalam pipa air dapat dihitung melalui persamaan *Darcy – Weisbach* (Triatmodjo, 1995):

$$h_f = \frac{f l v^2}{2gd} \dots\dots\dots (3.34)$$

Dimana :

- $h_f$  = headloss
- $f$  = koefisien kekasaran pipa
- $l$  = panjang pipa
- $d$  = diameter pipa
- $v$  = kecepatan
- $g$  = kecepatan gravitasi

Persamaan *Darcy* dapat ditransformasikan dengan persamaan *Chezy* adalah (Triatmodjo, 1995) :

$$v^2 = \frac{2gd}{f l} h_f \dots\dots\dots (3.35)$$

$$\frac{h_f}{l} = \text{kemiringan garis energi atau kemiringan hidrolis} = S \dots\dots (3.36)$$

Untuk pipa penuh sehingga  $R = A/P = d/4$

$$A = \text{luas permukaan pipa} \pi d^2/4 \dots\dots\dots (3.37)$$

$$P = \text{keliling basah} \pi d \dots\dots\dots (3.38)$$

$$v^2 = \frac{8g}{f} RS \text{ atau } v^2 = C^2 RS \dots\dots\dots (3.39)$$

Dimana  $C^2 = \frac{8g}{f}$

$$\text{Sehingga } v = C \sqrt{RS} \dots\dots\dots (3.40)$$

dalam persamaan *Chezy* nilai *C* harus diketahui. *Manning* dan *Strickler* dibangun dengan persamaan *Chezy*. Sehingga persamaan secara praktis adalah:

$$V = \frac{1}{n} R^{1/6} \cdot R^{1/2} \cdot S^{1/2} \text{ (dimana } C = \frac{1}{n} R^{1/6} \text{)} \dots\dots\dots (3.41)$$

$$= \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots (3.42)$$

dimana n = koefisien kekasaran

Jika nilai f dalam persamaan tersebut, nilai C konstan. Persamaan Prant.V. Karman- Colebrook dapat dilihat

Hidrolis untuk zona halus:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \left( Re \frac{vf}{2,5l} \right) \dots\dots\dots (3.43)$$

Zona transisi:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \left( \frac{2,5l}{Re\sqrt{f}} + \frac{k}{3,71d} \right) \dots\dots\dots (3.44)$$

Hidrolis untuk zona kasar:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \left( \frac{3,71d}{k} \right) \dots\dots\dots (3.45)$$

Dimana :

- f = faktor gesekan
- k = kekasaran absolut (m)
- d = diameter (m)
- k/d = kekasaran relatif
- Re = angka Reynold = Vd/v

Dimana

- V = kecepatan dalam pipa ( m/sec )
- V = viskositas kinetik air = 1.206 x 10<sup>-2</sup> (cm<sup>2</sup>/sec)  
( 1.206 x 10<sup>-6</sup> ( m/sec ) ) pada 13<sup>0</sup>C

**Tabel 3.13. Nilai Kekasaran Absolut Untuk Pipa Baru**

Jenis Pipa	K
Brass	0.0015
Copper	0.0015
Concret	1.2
Cast Iron	
- Uncoated	0.25
- Asphalt	0.125
- Cement Lined	0.0024
Galvanis Iron	0.15
Steel ( common & wilded )	0.1
Galvanis Iron	0.15

Steel ( common & wilded )	0.1
Riveted stave	1.8
Steel and Cast Iron dengan lapisan	1,6

Sumber : Japan Water Works Association (1978)

### 3.7.6.5 Kebocoran

#### 3.7.6.5.1 Klasifikasi Kebocoran

Kebocoran atau kehilangan air dapat dibagi menjadi kebocoran air tercatat dan kebocoran air yang tidak tercatat

##### 1. Kehilangan Air Tercatat

Kehilangan air tercatat merupakan sebagian besar dari salah satu rangkaian operasi dan pemeliharaan sistem penyediaan air minum seperti :

- a. Pengurusan bak pengendap, pencucian filter dan lain-lain dalam operasi pengolahan air
- b. Pengurusan pipa distribusi dan transmisi baik dalam pengetesan maupun operasional pelayanan
- c. Pengetesan fire hydrant secara berkala
- d. Keperluan pemadam kebakaran
- e. Kepeluan fasilitas keindahan kota
- f. Pemakaian air yang berlebihan oleh konsumen
- g. Penggunaan sosial lain

Kehilangan air tercatat ini biasanya dapat dicatat dengan memakai meter air atau membuat perkiraan besarnya pemakaian air. Kehilangan air tercatat biasanya berkisar 1-2%.

##### 2. Kehilangan Air Tak Tercatat

Kehilangan air tak tercatat adalah kehilangan air yang dapat berupa kebocoran nyata dan kebocoran tidak nyata. Kebocoran nyata adalah kebocoran yang disebabkan oleh kebocoran pipa, dan perlengkapan, baik di pipa distribusi maupun di pipa konsumen yang dapat diteliti melalui *Leakage Abatement Program* . Kebocoran tidak nyata dapat berupa kebocoran yang disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut:

- a. Pencurian air
  - b. Pembacaan meter yang tidak benar
  - c. Akurasi meter air yang rendah
  - d. Berputarbaliknya meter air yang disebabkan oleh kosongnya pipa sehingga angin masuk dari pipa konsumen ke pipa distribusi.
- ##### 3. Jumlah kebocoran air yang diijinkan

Jumlah kebocoran air yang diijinkan menurut batas-batas efisiensi produksi dan ekonomi perusahaan dapat diperhitungkan seperti Tabel 3.14.

**Tabel 3.14. Batasan Kebocoran Yang Diijinkan**

<i>Uraian</i>	<i>Jumlah Kebocoran Yang Diijinkan (%)</i>
1. Kebocoran pada pipa sistem perpipaan, katup-katup dan lain-lain	5
2. Pemakaian air untuk operasi dan pemeliharaan sistem dan pelayanan sosial	2
3. Ketelitian meter air	3-5
4. Kebocoran pipa konsumen	3-5
<i>Jumlah kebocoran yang diijinkan</i>	<i>15-17</i>

*Sumber : Ciriayasa Engineering Consultant (1994)*

#### **3.7.6.5.2 Faktor Penyebab Kebocoran**

Kebocoran dapat disebabkan oleh faktor teknis dan faktor non teknis. Berikut ini adalah penjelasan dari masing-masing faktor penyebab kebocoran.

##### Faktor Teknis

Kerusakan pipa dapat disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut:

- 1) Kerusakan pipa akibat korosi
- 2) Kerusakan pipa secara mekanis atau pengaruh luar
- 3) Sambungan pipa yang kurang baik
- 4) Akumulasi kebocoran air pada keran-keran langganan

Berdasarkan hasil penelitian di Amerika, tingkat kebocoran di konsumen adalah empat kali lebih besar dari kebocoran pipa distribusi

##### Faktor Non Teknis

Faktor non teknis yang dapat menyebabkan kebocoran air adalah sebagai berikut:

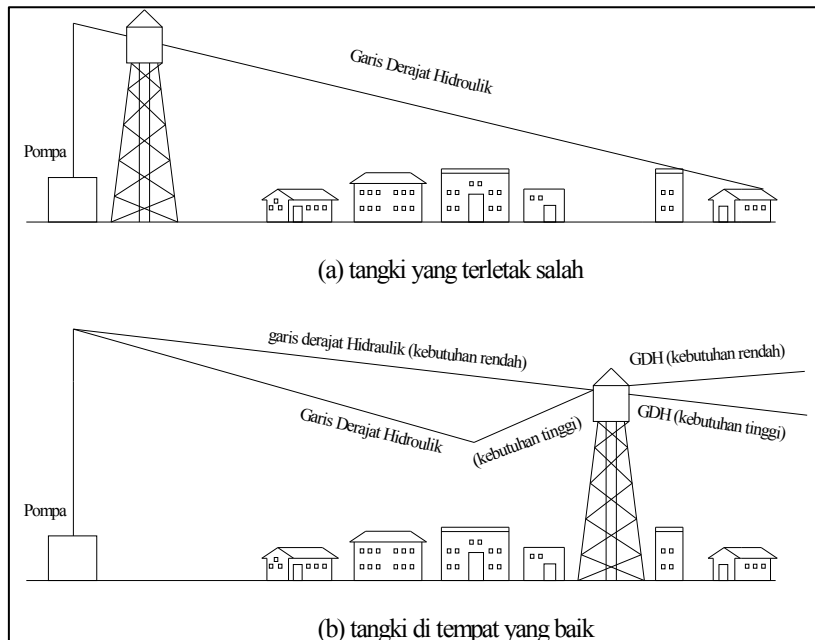
- a. Kesalahan pembacaan meter air
- b. Rendahnya disiplin petugas pembaca meter
- c. Kurang tertibnya sistem administrasi perusahaan
- d. Pemakaian sosial
- e. Penyadapan liar
- f. Pemborosan pemakaian air oleh konsumen

### 3.7.7 Reservoir

Menurut Fair et al. (1966) reservoir digunakan dalam sistem distribusi untuk menyeimbangkan debit pengaliran, mempertahankan tekanan, dan mengatasi keadaan darurat. Untuk optimasi penggunaan, reservoir harus diletakkan sedekat mungkin dengan pusat daerah pelayanan. Di kota besar, reservoir distribusi ditempatkan pada beberapa lokasi dalam daerah pelayanan. Reservoir distribusi juga digunakan untuk mengurangi variasi tekanan dalam sistem distribusi.

Reservoir di tempat yang tinggi dapat dipergunakan dengan baik untuk pemantapan tekanan. Garis derajat hidraulik pada suatu saat pemakaian yang tinggi dalam suatu sistem dengan tangki yang tinggi yang terletak di tempat yang salah diperlihatkan pada Gambar 3.9a. Tekanan akan cukup rendah di ujung sistem yang jauh. Kondisi tekanan akan membaik bila tangki tinggi itu terletak dekat daerah konsumen tinggi (pusat beban). (Gambar 3.9b).

Bila kondisi topografi tidak memungkinkan adanya tinggi tekanan yang cukup dari suatu reservoir permukaan, maka suatu tabung tegak atau tangki tinggi dapat dipergunakan untuk mendapatkan tinggi yang diperlukan.

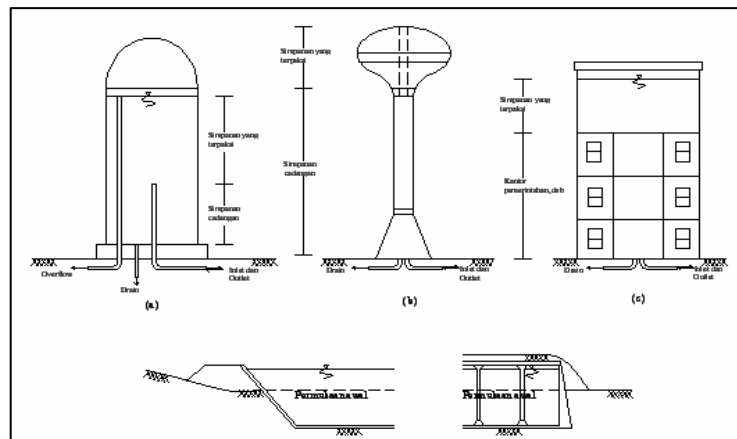


**Gambar 3.9. Letak Tangki Tinggi Untuk Penampungan Air**  
Sumber: Linsley (1996)

## Tipe Reservoir

Tipe reservoir distribusi yang sering digunakan adalah (*Japan International Cooperation Agency, 1974*) :

1. Reservoir tanggul yang dilapisi atau tidak dilapisi, umumnya terbuka
2. Reservoir di bawah dan di permukaan tanah, tertutup dan tidak tertutup, konstruksi dari beton
3. Reservoir baja di permukaan tanah, tipe gravitasi dan pemompaan
4. Tangki baja atau beton di atas permukaan tanah dan pipa tegak
5. Tangki tekan dari baja



**Gambar 3.10 Tipe-Tipe Reservoir Distribusi. (a) pipa tegak; (b) dan (c) tangki di atas permukaan tanah; (d) reservoir di permukaan tank**

Sumber : *Japan International Cooperation Agency (1974)*

Struktur dari reservoir distribusi dapat mengikuti aturan sebagai berikut (*Japan International Cooperation Agency, 1974*) :

1. Reservoir air bersih dapat dibangun dengan menggunakan beton pra tegang, atau struktur baja
2. Reservoir dapat dilengkapi dengan penutup permanen untuk menghindari masuknya air hujan atau jenis polutan lainnya
3. Pada kasus tertentu, untuk menjaga suhu yang sedang pada daerah dingin atau panas, dapat dilengkapi dengan penutup yang berlapis dari tanah dengan kedalaman 30-60 cm atau pembatas lain
4. Untuk mempersiapkan tanah penutup, stabilisasi tanah dengan pasir dan menurunkan muka air tanah dapat ditempuh guna menghindari kegagalan pembangunan struktur pada daerah dengan muka air tanah yang tinggi
5. Jumlah reservoir distribusi paling sedikit 2 (dua) buah. Reservoir tunggal dapat dipecah menjadi 2 (dua) bagian

Tinggi jagaan berjarak 30 cm atau lebih dihitung dari muka air tertinggi sampai dengan puncak dinding reservoir. Bagian bawah reservoir ditetapkan paling sedikit berjarak 15 cm lebih rendah dari muka air terendah. Untuk kenyamanan pembersihan, kemiringan 1/100 sampai dengan 1/500 ditentukan terhadap permukaan bagian bawah.

Pemasangan pipa inlet dan pipa outlet dapat mengikuti aturan sebagai berikut (*Japan International Cooperation Agency, 1974*) :

1. Jarak diantara garis tengah dari pipa outlet dan muka air terendah sebaiknya kurang dari dua kali diameter dari pipa outlet
2. Baik pipa inlet maupun pipa outlet sebaiknya dilengkapi dengan katup (*valve*), dan pipa outlet dapat dilengkapi dengan karet penutup untuk mengurangi kehilangan tekanan

Pemasangan pipa overflow dapat mengikuti aturan sebagai berikut (*Japan International Cooperation Agency, 1974*) :

1. Pipa tegak dan menara air atas (*elevated reservoir*) dapat dilengkapi dengan karet penutup pada pipa overflow pada muka air tertinggi
2. Ukuran dari pipa overflow dapat ditentukan melalui tinggi permukaan air, freeboard, dan rata-rata aliran masuk pada pipa tegak atau reservoir atas.

Pemasangan pipa penguras dapat mengikuti aturan sebagai berikut (*Japan International Cooperation Agency, 1974*) :

1. Peralatan pipa penguras beserta katup (*valve*) dapat dipasang pada titik terendah pada bagian bawah dari pipa tegak atau reservoir.
2. Ukuran pipa penguras dapat ditentukan melalui volume air dibawah muka air terendah dengan batasan tertentu.

Kapasitas reservoir distribusi tidak hanya berkaitan dengan perubahan dengan waktu pengaliran air, tetapi juga kejadian seperti kebakaran dan gangguan kelistrikan. Cara-cara dalam pemeliharaan reservoir beserta peralatan penunjangnya akan diuraikan dalam penjelasan berikut

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam operasional dan pencatatan kerja reservoir distribusi adalah sebagai berikut (*Japan International Cooperation Agency, 1974*)

1. Catatan perubahan jumlah air yang disimpan perhari sangat penting untuk mengamati fungsi reservoir distribusi. Pencatatan dapat dilakukan melalui meter pencatat otomatis ketinggian air atau dengan membaca ketinggian muka air setiap 1-2 jam.

2. Catatan pengaliran air setiap hari dan perubahannya dalam periode waktu tertentu juga diperlukan.
3. Air biasanya disimpan pada reservoir distribusi mulai waktu tengah malam sampai pagi hari. Pada kasus tertentu, pengaliran air tidak mampu memenuhi jumlah yang diperlukan karena keterbatasan penyediaan air.
4. Tinggi muka air pada reservoir distribusi sebaiknya tidak dikurangi dibawah batasan dimana air dan substansi yang terkandung terserap oleh pipa efluen.

### **3.7.8 Pompa**

Jenis – jenis pompa yang biasa digunakan adalah pompa sentrifugal, pompa bolak-balik, pompa hidro otomatis, pompa putaran dan pompa hisap udara.

#### **1. Pompa Sentrifugal**

Pompa ini paling banyak digunakan karena daya kerjanya yang baik dan ekonomis. Aliran air dalam pompa ini berubah – ubah menurut tinggi tekannya, karena itu diperlukan suatu kendali tekanan yang dapat diubah-ubah bila diinginkan aliran yang tetap besarnya pada berbagai tekanan.

#### **2. Pompa Bolak-balik**

Berbeda dengan pompa sentrifugal, pompa bolak-balik ini debitnya hanya tergantung pada kecepatan pompa saja. Oleh karena itu pompa ini cocok untuk tinggi tekan yang besar. Namun pompa ini tidak ekonomis karena mahal biayanya dan sulit untuk menjaga efisiensi kondisi operasi.

#### **3. Pompa Hidro Otomatik**

Pemakaian pompa ini banyak membutuhkan air, namun mungkin menguntungkan apabila dipergunakan pada keadaan dimana tidak ada sumber air yang terbuang dan yang dipompa untuk pompa hidro otomatis yang direncanakan dengan baik berkisar 6:1 hingga 2:1 tergantung pada tinggi tekanan, pengisian, tinggi angkatan dan faktor-faktor lainnya.

#### **4. Pompa Putaran**

Untuk pemakaian pompa jenis ini harus benar-benar diperhatikan jenis airnya, karena air yang mengandung pasir halus akan merusak pompa. Pompa putaran ini paling banyak digunakan untuk tekanan rendah dengan debit yang kurang dari 30 lt/detik. Pemeliharaannya lebih mudah dari pompa bolak – balik.



Pompa putaran ini sering digunakan untuk pemadam kebakaran bangunan – bangunan serta untuk instalasi penyedia air bersih yang kecil.

## **5. Pompa Hisap Udara**

Pompa ini biasanya digunakan pada sumur-sumur air tanah. Pompa ini dapat dipakai untuk menaikkan air hingga setinggi 150 meter, tetapi efisiensinya hanya 25 – 50 persen. Pompa hisap ini akan mencapai operasi yang terbaik bila angka perbandingan hp/hs bervariasi dari sekitar 2 hingga 0,5. Sedangkan untuk mencapai keadaan yang demikian sumur harus diperdalam yang berarti ada kenaikan biaya.

### **3.8. APLIKASI EPANET 2.0 DALAM SISTEM PENYEDIAAN AIR BAKU**

Epanet 2.0 adalah suatu program komputer yang berbasis windows yang merupakan program simulasi dalam perancangan suatu jaringan pipa sistem penyediaan air bersih, yang di dalamnya terdiri dari titik / *node* / *junction* pipa, pompa, *valve* (aksesoris) dan reservoir baik *ground reservoir* maupun *elevated reservoir*. Output yang dihasilkan dari program Epanet 2.0 ini antara lain debit yang mengalir dalam pipa, tekanan air dari masing – masing titik/*node*/*junction* yang dapat dipakai sebagai analisa dalam menentukan operasi instalasi, pompa dan reservoir serta besarnya konsentrasi unsur kimia yang terkandung dalam air bersih yang didistribusikan serta penentuan umur air dan dapat digunakan sebagai simulasi penentuan lokasi sumber sebagai arah pengembangan.

Epanet 2.0 didesain sebagai alat untuk mengetahui perkembangan dan pergerakan air serta degradasi unsur kimia yang terkandung dalam air di pipa distribusi air bersih, yang dapat digunakan untuk analisa berbagai macam sistem distribusi, detail desain, model kalibrasi hidrolis. Analisa sisa khlor dan beberapa unsur lainnya.

#### **3.8.1 Kegunaan Epanet 2.0**

Kegunaan program Epanet 2.0 dalam simulasi sistem penyediaan air bersih antara lain :

- 1) Didesain sebagai alat untuk mengetahui perkembangan dan pergerakan air serta degradasi unsur kimia yang ada dalam air pipa distribusi.
- 2) Dapat digunakan sebagai dasar analisa dan berbagai macam sistem distribusi, detail desain, model kalibrasi hidrolik, analisa sisa khlor dan berbagai unsur lainnya.

- 3) Dapat membantu menentukan alternatif strategis manajemen dan sistem jaringan pipa distribusi air bersih seperti :
  - a. Sebagai penentuan alternatif sumber / instalasi, apabila terdapat banyak sumber / instalasi.
  - b. Sebagai simulasi dalam menentukan alternatif pengoperasian pompa dalam melakukan pengisian reservoir maupun injeksi ke sistem distribusi.
  - c. Digunakan sebagai pusat treatment seperti dimana dilakukan proses khlorinasi, baik di instalasi maupun dalam sistem jaringan.
  - d. Dapat digunakan sebagai penentuan prioritas terhadap pipa yang akan dibersihkan / diganti.

### **3.8.2 Input dan Output Data dalam Epanet 2.0**

Dalam operasi Epanet 2.0 dibutuhkan data masukan (input data) yang digunakan untuk simulasi jaringan air bersih. Data ini sangat penting artinya dalam memulai analisa jaringan air bersih dan mendapatkan output data yang diinginkan.

Adapun input data yang dibutuhkan adalah peta jaringan, *node / junction* / titik dari komponen distribusi, elevasi, panjang pipa, diameter pipa, jenis pipa yang digunakan, umur pipa, jenis sumber (mata air, sumur bor, IPA, dan lain – lain), spesifikasi pompa (bila menggunakan pompa), bentuk dan ukuran reservoir, beban masing – masing *node* (besarnya tapping), faktor fluktuasi pemakaian air, dan konsentrasi khlor pada sumber. Sedangkan output data yang dihasilkan adalah hidrolis *head* masing – masing titik, tekanan dan kualitas air.