

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sistem Penyediaan Air Bersih**

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007, Rencana induk pengembangan SPAM adalah suatu rencana jangka panjang (15-20 tahun) yang merupakan bagian atau tahap awal dari perencanaan air minum jaringan perpipaan dan bukan jaringan perpipaan berdasarkan proyeksi kebutuhan air minum pada satu periode yang dibagi dalam beberapa tahapan dan memuat komponen utama sistem beserta dimensi-dimensinya.

Untuk memenuhi kebutuhan air bersih, penduduk memperolehnya dengan sistem individu ataupun komunitas. Sistem individu adalah sistem penyediaan air secara individu dengan menggunakan cara yang lebih sederhana dan pelayanan yang terbatas, contohnya sistem satu sumur untuk satu rumah tangga. Sedangkan sistem komunitas yaitu sistem penyediaan air bersih untuk kelompok di dalam perkotaan maupun pedesaan yang pelayanannya secara menyeluruh, yaitu untuk penduduk yang berdomisili tetap dan tidak tetap. Pada dasarnya sistem komunitas mempunyai sarana yang lebih lengkap ditinjau dari sudut teknis maupun pelayanan. Dalam penyajian selanjutnya yang dimaksudkan adalah sistem penyediaan air bersih untuk pelayanan komunitas.

#### **2.2 Analisa Sumber Air Baku**

##### **2.2.1 Sumber Air**

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007, menyatakan bahwa 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. Sumber – sumber air yang terdapat di bumi adalah sebagai berikut :

1. Air Tanah, yang terdiri dari :

a. Mata air

Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam, hampir tidak terpengaruh oleh musim dan kualitasnya sama dengan keadaan air dalam.

b. Air tanah dangkal

Terjadi karena daya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, demikian pula dengan sebagian bakteri, sehingga air tanah akan jernih tetapi lebih banyak mengandung zat kimia (garam – garam yang terlarut) karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur – unsur kimia tertentu untuk masing – masing lapisan tanah. Lapis tanah disini berfungsi sebagai saringan.

c. Air tanah dalam

Pengambilan air tanah dalam tak semudah pada air tanah dangkal. Dalam hal ini harus digunakan bor dan memasukkan pipa ke dalamnya sehingga dalam suatu kedalaman (biasanya antara 100 – 300 m) akan didapatkan suatu lapisan air. Jika tekanan air tanah ini besar, maka air dapat menyembur keluar dan dalam keadaan ini, disebut dengan sumur artesis. Jika air tak dapat keluar dengan sendirinya, maka digunakan pompa untuk membantu pengeluaran air tanah dalam tersebut.

2. Air permukaan

Adalah air hujan yang mengalir di permukaan bumi. Pada umumnya air permukaan ini akan mendapat pengotoran selama pengalirannya, misalnya oleh lumpur, batang – batang kayu, daun – daun, kotoran industri kota dan sebagainya.

Berdasarkan sumbernya, air permukaan meliputi air sungai, air danau dan air rawa.

3. Air Laut

Air laut mempunyai sifat asin karena mengandung garam NaCl. Kadar garam NaCl dalam air laut yaitu sebesar 3%. Dengan keadaan ini maka air laut tidak memenuhi syarat untuk air minum.

Dalam pembahasan selanjutnya, sumber air baku yang akan digunakan berdasarkan potensi yang terdapat di Desa Palurahan yaitu mata air. Selain itu, berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007, pemilihan mata air sebagai sumber air baku menjadi prioritas utama dalam perencanaan sistem penyediaan air minum dibandingkan dengan sumber air baku lainnya.

### 2.2.2 Kualitas Air

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007, mengemukakan bahwa Air minum adalah air minum rumah tangga yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 416/Menkes/per/IX/1990, menyatakan bahwa air yang layak dikonsumsi dan digunakan dalam kehidupan sehari - hari adalah air yang mempunyai kualitas yang baik sebagai sumber air minum maupun air baku (air bersih), antara lain harus memenuhi persyaratan secara fisik, tidak berbau, tidak berasa, tidak keruh, serta tidak berwarna. Syarat - syarat air bersih yang tercantum dalam Permenkes RI No. 416/Menkes/per/IX/1990 dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 2.1** Daftar Persyaratan Fisik Kualitas Air Bersih

NO	PARAMETER	SATUAN	KADAR MAKSIMUM YANG DIPERBOLEHKAN	KETERANGAN
1	Bau	-	-	Tidak Berbau
2	Jumlah zat padat terlarut (TDS)	Mg/l	1000	-
3	Kekeruhan	Skala NTU	5	-
4	Rasa	-	-	Tidak Berasa
5	Suhu	<sup>0</sup> C	Suhu Udara 3 <sup>0</sup> C	-
6	Warna	Skala TCU	15	-

Sumber: Permenkes RI No: 416/MENKES/PER/IX/1990 Lampiran II

### 2.2.3 Debit Ketersediaan Air Bersih

Perencanaan teknis pengembangan SPAM unit air baku harus disusun berdasarkan ketentuan dimana debit pengambilan harus lebih besar daripada debit yang diperlukan, sekurang-kurangnya 130% kebutuhan rata-rata air minum. Dalam

perencanaan ini, debit ketersediaan air bersih yang akan dihitung berupa debit mata air yang dapat dilakukan dengan beberapa metode, meliputi :

1. Pengukuran debit dengan *Current Meter*. Untuk kedalaman air  $\leq 0,75$  m, atau  $\leq 6$  kali diameter baling-baling yang digunakan (besar, kecil, sedang), pengukuran dilakukan dengan menggunakan metode satu titik, yaitu pada titik vertikal  $0,6d$  yang diukur dari permukaan air (Dep. PU Ditjen Sumber Daya Air).

Besar debit setiap bagian penampang, dengan rumus:

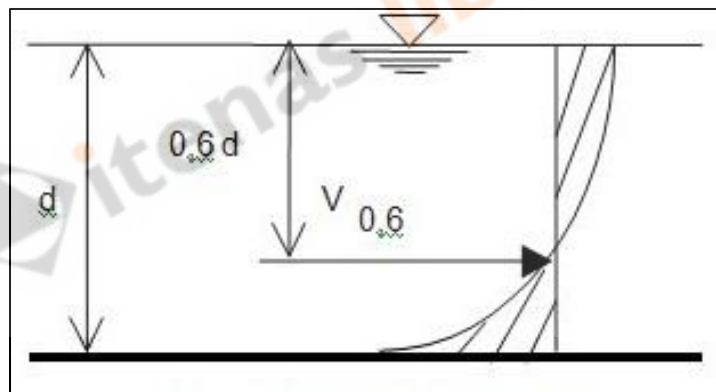
$$qn = vn \times ax \quad (2.1)$$

Dimana:

$qn$  = debit pada rai ke n ( $m^3/s$ )

$vn$  = kecepatan aliran pada rai ke n, ( $m/s$ )

$ax$  = luas penampang pada rai ke n ( $m^2$ )



**Gambar 2.1** Sketsa *Current Meter* Metode satu titik

2. Penampang dan pengukuran volume air dengan mengukur lamanya ( $t$ ) air mengisi penampungan air yang mempunyai volume tertentu:

$$Q = \frac{\text{Volume penampungan}}{t} \quad (2.2)$$

Dimana :

$Q$  = debit air ( $l/s$ )

$t$  = waktu ( $s$ )

3. Pengukuran debit dengan metoda benda apung dimana  $V$  didapat berdasarkan lamanya benda apung ( $t$ ) melewati panjang ( $L$ ) saluran yang ditentukan.

$$V = \frac{L}{t} \quad (2.3)$$

$$h = \frac{a+b+c}{3} \quad (2.4)$$

$$A = d \times h \quad (2.5)$$

$$Q = V \times A \quad (2.6)$$

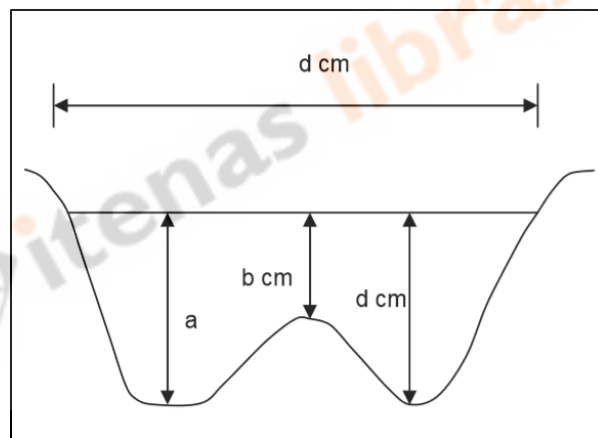
Dimana :

$V$  = kecepatan aliran (m/s)

$h$  = kedalaman saluran (m)

$A$  = luas penampang basah ( $m^2$ )

$Q$  = Debit ( $m^3/s$ )



Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.18/PRT/M/2007

**Gambar 2.2** Sketsa Penampang Melintang Aliran

## 2.3 Analisa Kebutuhan Air

### 2.3.1 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Seiring berjalannya waktu, pertumbuhan penduduk di suatu wilayah tidak bisa dihindari, dengan kata lain akan selalu ada. Maka dari itu pertumbuhan penduduk harus diperhitungkan agar kebutuhan air bersih dapat selalu tercukupi.

Prosentase pertumbuhan penduduk dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Angka pertumbuhan (\%)} = \frac{\sum \text{Pertumbuhan}}{\sum \text{Data}} \times 100\% \quad (2.7)$$

### 2.3.2 Proyeksi Jumlah Penduduk

Angka pertumbuhan dalam prosentase tersebut digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk dalam beberapa tahun mendatang. Pada kenyataannya tidak selalu tepat tetapi perkiraan ini dapat dijadikan sebagai perhitungan volume kebutuhan air di masa mendatang. Metode yang digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk meliputi :

#### 1. Metode Geometrik

Rumus :

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

Dimana :

- $P_n$  = jumlah penduduk pada tahun ke-n
- $P_0$  = jumlah penduduk pada tahun awal
- $r$  = tingkat pertumbuhan penduduk (%)
- $n$  = jumlah interval tahun

#### 2. Metode Aritmatik

Rumus :

$$P_n = P_0 + K_a(T_n - T_0) \quad (2.9)$$

$$K_a = (P_2 - P_1)(T_2 - T_1) \quad (2.10)$$

Dimana :

- $P_n$  = jumlah penduduk pada tahun ke-n
- $P_0$  = jumlah penduduk pada tahun awal
- $T_n$  = tahun ke-n
- $T_0$  = tahun awal
- $P_1$  = jumlah penduduk pada tahun pertama yang diketahui
- $P_2$  = tahun terakhir yang diketahui
- $T_1$  = tahun pertama yang diketahui
- $T_2$  = tahun terakhir yang diketahui

### 2.3.3 Pemakaian Air

Sistem penyediaan air bersih dalam praktiknya terdiri dari dua sistem, yaitu sistem penyediaan air bersih perkotaan dan sistem penyediaan air bersih pedesaan. Dengan pertimbangan jumlah penduduk, distribusi / sebaran penduduk, dan aktifitas dominan yang dilakukan penduduk, dapat diketahui bahwa perbedaan antara ke dua sistem tersebut terletak pada penerapan teknologi fisik, tingkat kapasitas pelayanan, tingkat jenis sambungan pelayanan, dan tingkat institusi pengelolaan sistem. Dalam menentukan debit kebutuhan air rata-rata harian, dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_r = Q_d + Q_{nd} + \text{kebocoran} \quad (2.11)$$

Dimana :

$Q_r$  = debit rata-rata harian (l/s)

$Q_d$  = debit kebutuhan domestik (l/s)

$Q_{nd}$  = debit kebutuhan non domestik (l/s)

Besarnya kebocoran = 10% - 25%

#### 1. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air bersih yang dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan sehari - hari seperti : pemakaian air untuk minum, masak, mandi, cuci dan sanitasi. Kebutuhan domestik ditentukan oleh adanya konsumen domestik, yang berasal dari data penduduk, pola kebiasaan dan tingkat hidup yang didukung adanya perkembangan sosial ekonomi yang memberikan kecenderungan peningkatan kebutuhan air bersih. Untuk menentukan besarnya debit kebutuhan domestik, dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_d = \text{kebutuhan air domestik} \times n \quad (2.12)$$

Dimana :

$Q_d$  = debit kebutuhan domestik (l/s)

$n$  = jumlah jiwa

**Tabel 2.2** Kebutuhan Air Domestik

NO	URAIAN	KATEGORI KOTA BERDASARKAN JUMLAH JIWA				
		>1000.000	500.000 s.d 1000.000	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	60 - 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	20-31	20-32	20-33	20-34
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 (% <i>max day demand</i> )	20	20	20	20	20
12	SR : HU	50:50 80:20	50:50 80:20	80:20	70:30	70:30
13	Cakupan Pelayanan (%)	90	90	90	90	70

Sumber : Ditjen Cipta Karya Dep PU



## 2. Kebutuhan Air Non Domestik

Air non domestik adalah air yang digunakan untuk keperluan industri, pariwisata, tempat ibadah, tempat sosial serta tempat komersial dan umum lainnya. Kebutuhan air non domestik untuk kota dapat dibagi dalam beberapa kategori, antara lain :

- a. Kota kategori I (Metro)
- b. Kota kategori II (Kota besar)
- c. Kota kategori III (Kota sedang)
- d. Kota kategori IV (Kota kecil)
- e. Kota kategori V (Desa)

Kebutuhan air bersih non domestik untuk kategori I sampai dengan V dan beberapa sektor lain adalah sebagai berikut :

**Tabel 2.3** Kebutuhan air non domestik kota kategori I, II, III dan IV

NO	SEKTOR	NILAI	SATUAN
1	Sekolah	10	Liter/murid/hari
2	Rumah sakit	200	Liter/bed/hari
3	Puskesmas	2.000	Liter/hari
4	Masjid	3.000	Liter/hari
5	Kantor	10	Liter/pegawai/hari
6	Pasar	12.000	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/sekon/hari

Sumber : Ditjen Cipta Karya Dep PU

**Tabel 2.4** Kebutuhan air non domestik kategori V

NO	SEKTOR	NILAI	SATUAN
1	Sekolah	5	Liter/murid/hari
2	Rumah sakit	200	Liter/bed/hari
3	Puskesmas	1.200	Liter/hari
4	Hotel/losmen	90	Liter/hari
5	Komersial/industri	10	Liter/hari

Sumber : Ditjen Cipta Karya Dep PU

**Tabel 2.5** Kebutuhan air bersih non domestik kategori lain

NO	SEKTOR	NILAI	SATUAN
1	Lapangan terbang	10	Liter/sekon
2	Pelabuhan	50	Liter/sekon
3	Stasiun KA-Terminal bus	1.200	Liter/sekon
4	Kawasan industri	0,75	Liter/sekon/hektar

Sumber : Ditjen Cipta Karya Dep PU

#### 2.3.4 Fluktuasi penggunaan air

Menurut Al-Layla, M.Anis et al. (1978) konsumen air akan berubah sesuai dengan perubahan musim dan aktivitas masyarakat. Pada hari tertentu di setiap minggu, bulan atau tahun akan terdapat pemakaian air yang tersebut disebut pemakaian hari maksimum. Fluktuasi penggunaan air bersih adalah penggunaan air oleh konsumen dari waktu ke waktu dalam skala jam, hari, minggu, bulan maupun dari tahun ke tahun yang hampir secara terus menerus. Adakalanya penggunaan air lebih kecil dari kebutuhan rata – ratanya, adakalanya sama dengan kebutuhan rata – ratanya atau bahkan lebih besar dari rata – ratanya. Sesuai dengan keperluan perencanaan sistem penyediaan air bersih maka terdapat dua pengertian yang ada kaitannya dengan fluktuasi pelayanan air, yaitu :

##### 1. Faktor Hari Maksimum / *Maximum Day Factor*

Faktor perbandingan antara penggunaan hari maksimum dengan penggunaan air rata – rata harian selama setahun, dapat melalui persamaan sebagai berikut :

$$Q_{hari maks} = f_{hm} \times Q_{hari rata-rata} \quad (2.13)$$

$Q_{hari maks}$  = kebutuhan air maksimum pada suatu hari (l/s)

Besar faktor maks/hari ( $f_{hm}$ ) = 1,1 – 1,5

##### 2. Faktor Jam Puncak / *Peak Hour Factor*

Faktor perbandingan antara penggunaan air jam terbesar dengan penggunaan air rata – rata harian, dapat melalui persamaan sebagai berikut:

$$Q_{jam puncak} = f_{jp} \times Q_{hari rata rata} \quad (2.14)$$

$Q_{jam puncak}$  = kebutuhan air maksimum pada saat tertentu (l/s)

Besar faktor maks/jam ( $f_{jp}$ ) = 1,5 – 3,0

### 2.3.5 Kebocoran Air

Kebocoran air merupakan komponen mayor dari kebutuhan air. Di negara berkembang kebocoran air bisa mencapai lebih dari 50% dari suplai air (produksi) yang ada. Untuk penentuan kebutuhan air maka kebocoran air perlu diperhitungkan. Karena meningkatnya biaya pengadaan air bersih dan kebutuhan akan air bersih terjadi serentak. Definisi kebocoran air adalah dimana adanya perbedaan antara jumlah air yang diproduksi oleh produsen air dan jumlah yang terpakai. Jenis kebocoran air pada sistem suplai air bersih meliputi :

1. Kebocoran fisik

Kebocoran fisik adalah kebocoran dalam sistem pipa penyaluran, kebocoran pada sambungan-sambungan pipa di tempat pemakai dan luapan pada tangki distribusi.

2. Kebocoran Administrasi

Kebocoran administrasi meliputi kehilangan air yang dipakai oleh konsumen akan tetapi tidak bayar, atau disebabkan oleh meteran air tanpa registrasi, juga termasuk kesalahan di dalam sistem pembaca.

## 2.4 Sistem Jaringan Air Bersih

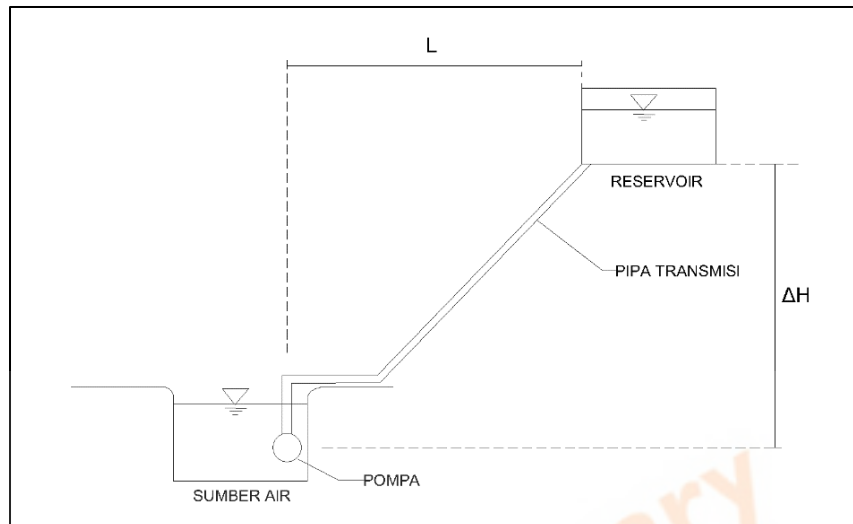
Dalam pengaliran air bersih, terdapat dua sistem pengaliran yang pemilihan jenisnya disesuaikan dengan kondisi topografi di lapangan. Sistem gravitasi digunakan apabila elevasi sumber air baku atau instalasi pengolahan secara topografi berada jauh di atas elevasi daerah pelayanan. Sedangkan sistem pompa digunakan apabila beda elevasi antara sumber air atau instalasi pengolahan dengan daerah pelayanan tidak dapat memberikan tekanan air yang cukup.

### 2.4.1 Sistem Jaringan Transmisi

Pipa transmisi berfungsi untuk menyalurkan air dari bak pengumpul menuju *reservoir* yang dapat dilakukan dengan sistem pompa ataupun gravitasi sesuai kebutuhan di lapangan. Kehilangan tekanan dalam pipa tidak boleh melebihi 30% dari total tekanan statis (*head static*) pada sistem transmisi dengan pemompaan. Untuk sistem gravitasi, kehilangan tekanan maksimum 5 m/1000 m atau sesuai

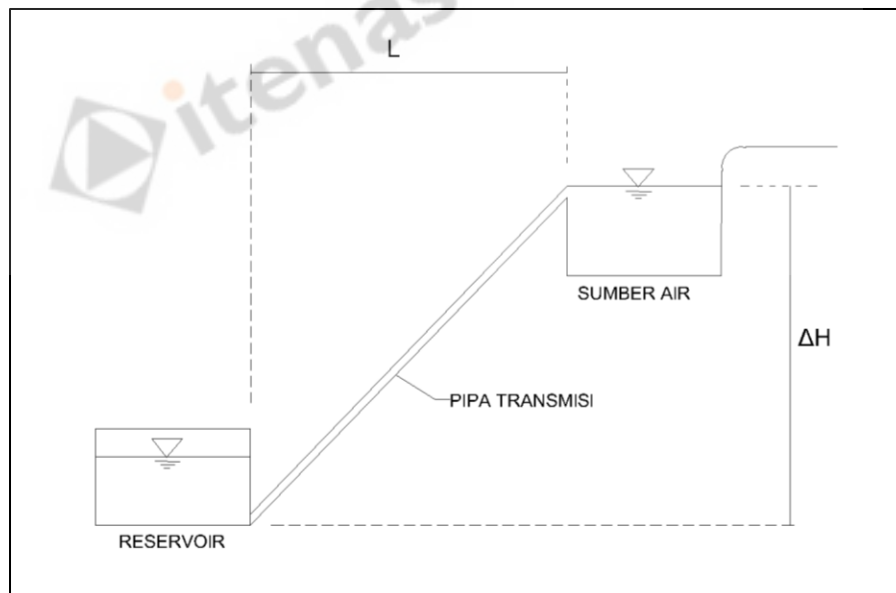
dengan spesifikasi teknis pipa. Berikut merupakan sistem yang digunakan pada pipa transmisi :

1. Sistem transmisi dari sumber ke *reservoir* dengan sistem pompa



**Gambar 2.3** Sistem transmisi dari sumber ke *reservoir* dengan sistem pompa

2. Sistem transmisi dari sumber ke *reservoir* dengan sistem gravitasi



**Gambar 2.4** Sistem transmisi dari sumber ke *reservoir* dengan sistem gravitasi

Keterangan :

$\Delta H$  = beda tinggi antar *reservoir* dengan sumber air (m)

L = jarak antara sumber air dengan *reservoir* (m)

Tabel 2.6 Kriteria Pipa Transmisi

NO	URAIAN	NOTASI	KRITERIA
1	Debit Perencanaan	Q.max	Kebutuhan air hari maksimum $Q_{max} = F_{max} \times Q_{rata-rata}$
2	Faktor hari maksimum	F.max	1,10-1,5
3	Jenis saluran	-	Pipa atau saluran terbuka*
4	Kecepatan aliran dalam pipa a) kecepatan minimum b) kecepatan maksimum - Pipa PVC - Pipa DCIP	V.min  V.max V.max	0,3-0,6 m/s  3,0-4,5 m/s 6,0 m/s
5	Tekanan air dalam pipa a) Tekanan minimum b) Tekanan maksimum - Pipa PVC - Pipa DCIP - Pipa PE 100 - Pipa PE 80	H.min  H.max H.max H.max H.max	1 atm  6-8 atm 10 atm 12,4 MPa 9,0 MPa

Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007

#### 2.4.2 Sistem Jaringan Distribusi

Fungsi dari pipa distribusi adalah untuk mengalirkan air dari *reservoir* menuju rumah warga. Pipa distribusi dibedakan menjadi 3 jenis berdasarkan penggunaannya yaitu :

1. Pipa utama/ primer

Pipa utama merupakan pipa distribusi yang menghubungkan blok-blok pelayanan dalam area yang dilayani, dimulai dari *reservoir* ke seluruh jaringan. Pipa ini tidak dapat dipakai untuk melayani penyadapan (*tapping*) ke konsumen. Jenis pipa yang digunakan harus mempunyai ketahanan tinggi terhadap tekanan.

2. Pipa sekunder

Pipa sekunder dipakai untuk menyadap air langsung dari pipa utama untuk mengalirkan ke suatu blok pelayanan. Jenis pipa yang digunakan sebaiknya

memiliki kualitas yang relatif sama dengan pipa utama. Pipa distribusi terhubung secara langsung dengan pipa servis dan diameternya dapat ditentukan berdasarkan banyaknya pipa servis yang terhubung dengan pipa distribusi tersebut.

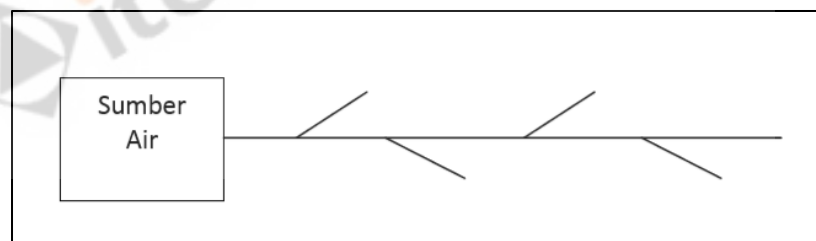
### 3. Pipa servis/ tersier

Pipa servis adalah pipa yang melayani dan terhubung secara langsung dengan konsumen. Pipa ini berhubungan dengan pipa distribusi dan mengalirkan air ke konsumen dengan diameter tertentu sesuai dengan pemakaian konsumen.

Pola jaringan pada pipa distribusi dapat dibedakan menjadi 3 sesuai dengan kebutuhannya, yaitu :

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

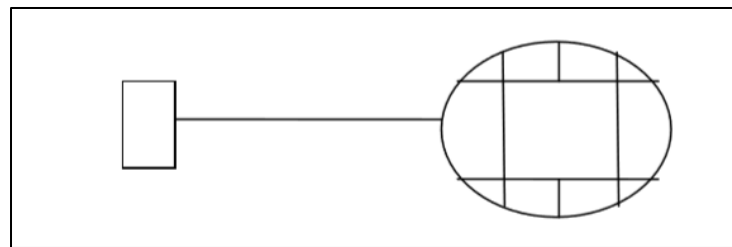
Bentuk cabang dengan jalur buntu (*dead-end*) menyerupai cabang sebuah pohon. Pada pipa induk pertama (*primary feeders*), tersambung pipa induk sekunder (*secondary feeders*), dan pada pipa induk sekunder tersambung pipa pelayanan utama (*small distribution mains*) yang terhubung dengan *reservoir*.



**Gambar 2.5** Sistem Cabang

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

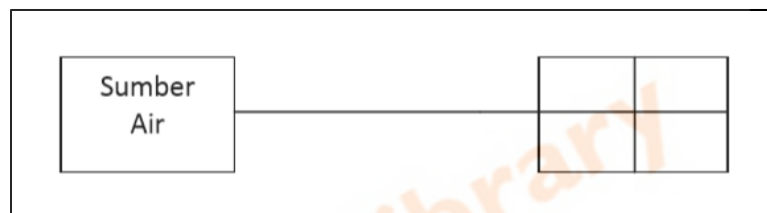
Pipa induk utama terletak mengelilingi daerah layanan. Pengambilan dibagi menjadi dua dan masing-masing mengelilingi batas daerah layanan, dan keduanya bertemu kembali di ujung. Pipa perlintasan (*cross*) menghubungkan ke dua pipa induk utama. Di dalam daerah layanan, pipa pelayanan utama terhubung dengan pipa induk utama.



**Gambar 2.6** Sistem Melingkar

### 3. Sistem *gridiron*

Pipa induk utama dan pipa induk sekunder terletak dalam kotak, dengan pipa induk utama, pipa induk sekunder, serta pipa pelayanan utama saling terhubung. Sistem ini paling banyak digunakan.



**Gambar 2.7** Sistem Gridiron

**Tabel 2.7** Kriteria Pipa Distribusi

NO	URAIAN	NOTASI	KRITERIA
1	Debit Perencanaan	Q.puncak	Kebutuhan air hari maksimum $Q_{\text{peak}} = F_{\text{peak}} \times Q_{\text{rata-rata}}$
2	Faktor hari maksimum	F.puncak	1,5-3
3	Kecepatan aliran dalam pipa		
	a) kecepatan minimum	V.min	0,3-0,6 m/s
	b) kecepatan maksimum		
	- Pipa PVC atau ACP	V.max	3,0-4,5 m/s
	- Pipa baja atau DCIP	V.max	6,0 m/s
4	Tekanan air dalam pipa		
	a) Tekanan minimum	H.min	(0,5-1,0) atm, pada titik jangkauan pelayanan terjauh
	b) Tekanan maksimum		
	- Pipa PVC atau ACP	H.max	6-8 atm
	- Pipa baja atau DCIP	H.max	10 atm
	- Pipa PE 100	H.max	12,4 MPa
	- Pipa PE 80	H.max	9,0 MPa

Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007

## 2.5 Hidraulik Pengaliran

Menurut Bambang Triatmojo (1995) aliran dalam pipa merupakan aliran tertutup di mana air kontak dengan seluruh penampang saluran.

### 2.5.1 Kecepatan Aliran

Nilai kecepatan aliran dalam pipa yang diijinkan adalah 0,3-3 m/s pada jam puncak sedangkan nilai kecepatan ideal adalah 0,6-0,8 m/s. Kecepatan yang terlalu kecil menyebabkan endapan yang ada di dalam pipa tidak dapat terdorong. Sedangkan pada kecepatan terlalu tinggi mengakibatkan pipa cepat rusak dan mempunyai *head loss* yang tinggi. Untuk menentukan kecepatan aliran dalam pipa digunakan rumus kontinuitas.

Rumus :

$$Q = A \times V = \frac{1}{4}\pi D^2 \times V \quad (2.15)$$

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad (2.16)$$

Dimana :

$Q$  = Debit Aliran ( $m^3/s$ )

$V$  = Kecepatan Aliran (m/s)

$D$  = Diameter Pipa (m)

### 2.5.2 Kehilangan Energi

Kehilangan energi ( $H_f$ ) dalam pipa terjadi akibat adanya friksi atau gesekan antara fluida dengan permukaan pipa. Kehilangan energi pada pipa dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu:

#### 1. *Major Head Losses*

Kehilangan tinggi tekanan mayor dapat dihitung dengan beberapa persamaan yang umumnya digunakan, di antaranya yaitu persamaan *Hazen-Williams*, *Darcy-Weisbach*, *Manning-Chezy*. Pada jaringan pipa yang kompleks penggunaan persamaan *Hazen-Williams* sangat mudah dibandingkan dengan persamaan lain, maka dari itu dalam perencanaan ini digunakan persamaan *Hazen-Williams* yaitu sebagai berikut :



$$Q = 0,2785 \times C \times D^{2,63} \times S^{0,54} \quad (2.17)$$

$$Hf = \frac{Q^{1,85}}{(0,2785 \times C \times D^{2,63})^{1,85}} \times L \quad (2.18)$$

Dimana :

$Hf$  = kehilangan tinggi tekan mayor (m)

$Q$  = debit dalam pipa ( $m^3/s$ )

$C$  = koefisien *Hazen-William*

$D$  = diameter pipa (m)

$L$  = panjang pipa (m)

## 2. *Minor Head Losses*

Kehilangan tinggi tekanan minor umumnya disebabkan oleh adanya faktor penggunaan aksesoris. Faktor penyebab kehilangan tinggi tekan minor di antaranya adalah penyempitan maupun pelebaran mendadak pada pipa (akibat *enlarger* dan *reducer*), belokan pada pipa (*bend*), dan bentuk sambungan (penggunaan *tee*). Pada pipa pendek hal ini menjadi cukup penting sedangkan pada pipa yang panjang, kehilangan tinggi tekanan minor sering diabaikan ( $L/D > 1000$ ).

## 2.6 Unit Penyediaan Air Bersih

Sistem distribusi air bersih perpipaan pada umumnya mencakup beberapa komponen, yaitu *reservoir*, jaringan perpipaan dan pompa apabila dibutuhkan.

### 2.6.1 Reservoir

Air yang dihasilkan dari sumber air dapat ditampung dalam *reservoir* yang berfungsi untuk menjaga kesetimbangan antara produksi dengan kebutuhan, sebagai penyimpan kebutuhan air dalam kondisi darurat, dan sebagai penyediaan kebutuhan air untuk keperluan instalasi. *Reservoir* dibangun di atas permukaan tanah (*Ground Reservoir*) atau dalam bentuk menara air (*Elevated Reservoir*) yang umumnya untuk mengantisipasi kebutuhan puncak di daerah distribusi. Volume *reservoir* dihitung sebesar 20% dari kebutuhan air harian maksimum (Ditjen Cipta Karya, 1990).

### 2.6.2 Jenis Pipa dan Alat Sambung

Pipa adalah benda berbentuk silinder dengan lubang di tengahnya yang terbuat dari logam maupun bahan-bahan lain sebagai sarana pengaliran atau transportasi fluida berbentuk cair, gas maupun udara. Jenis pipa yang dapat digunakan pada instalasi penyediaan air bersih meliputi :

1. Pipa *Poly Vinyl Chloride* atau PVC

Pipa PVC merupakan pipa yang dibuat dari penggabungan bahan vinyl plastik. Penggabungan tersebut menciptakan pipa yang ringan, kuat, tidak berkarat serta akan tahan lama. Tipe pipa seperti ini lebih pas dipakai pada instalasi air bersuhu dingin saja.

2. Pipa *High-Density Poly Ethylene* atau HDPE

Pipa HDPE merupakan pipa yang dibuat dari material *poly-ethylene* dimana material tersebut mempunyai kepadatan yang tinggi sehingga tipe pipa seperti ini mampu menahan tekanan yang amat tinggi. Adapun dari karakteristik pipa ini yaitu kuat, lentur maupun fleksibel serta tahan akan bahan kimia.

Penyambungan pipa merupakan keterbatasan panjang dari pipa yang dijual di pasaran, maka dalam pekerjaan suatu instalasi kita tak terlepas dari penyambungan-penyambungan. Adapun macam-macam alat sambung yang sering digunakan adalah sebagai berikut :

1. *Bell and Spigot*

*Spigot* dari suatu pipa dimasukkan ke dalam *bell (socket)* pipa lainnya. Untuk menghindari kebocoran dan menahan pipa serta memungkinkan terjadinya defleksi (berubahnya sudut sambungan) maka sambungan biasanya dilengkapi dengan gasket.

2. *Bend*

Merupakan belokan pipa, dengan sudut belokan  $90^{\circ}$ ;  $45^{\circ}$ ;  $22,5^{\circ}$ ;  $11,5^{\circ}$ .

3. *Flange Joint*

Biasanya dipakai untuk pipa bertekanan tinggi, untuk sambungan yang dekat dengan instalasi pompa sebelum ke dua *flange* disatukan dengan mur

dan baut, maka di antara *flange* disisipkan *packing* untuk mencegah kebocoran.

#### 4. *Increaser dan Reducer*

*Increaser* digunakan untuk menyambung pipa diameter kecil ke diameter besar (arah aliran dari diameter kecil ke diameter besar). Sedangkan *reducer* sebaliknya.

#### 5. *Tee*

Untuk menyambung pipa pada percabangan.

#### 6. *Tapping Bend*

Dipasang pada tempat yang tidak perlu disadap, untuk dialirkan ke tempat yang lain. Dalam hal ini pipa distribusi dibor dan *tapping bend* dipasang dengan baut di sekeliling pipa dengan memeriksa agar cincin melingkar penuh pada sekeliling lubang dan tidak menutupi lubang tapping.

### 2.6.3 Pompa

Pompa adalah suatu mesin fluida yang digunakan untuk memindahkan fluida melalui pipa dari satu tempat ke tempat lain. Jenis pompa yang biasa digunakan meliputi pompa sentrifugal, pompa bolak – balik, pompa hidro otomatis dan pompa hisap udara.

#### 1. Jenis Pompa

Berdasarkan cara kerjanya, jenis pompa dapat dibedakan sebagai berikut :

##### A. Pompa Sentrifugal

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

##### B. Pompa Bolak-balik

Berbeda dengan pompa sentrifugal, pompa bolak – balik ini debitnya hanya tergantung tekanan air. Oleh karena itu pompa bolak-balik cocok untuk tinggi tekanan yang besar. Namun pompa ini tidak ekonomis karena biasanya harganya mahal dan sulit untuk menjaga efisiensi kondisi operasinya.

### C. Pompa Hidraulik

Pemakaian pompa ini banyak membutuhkan air, namun mungkin menguntungkan apabila dipergunakan pada saat di mana tidak ada tenaga lain dari luar yang tersedia. Perbandingan antara air yang terbuang dan yang dipompa untuk pompa hidro otomatis yang direncanakan dengan baik berkisar antara 6 : 1 hingga 2 : 1 tergantung pada tinggi tekanan pengisian, tinggi angkatan air dan faktor – faktor lainnya.

### D. Pompa Hisap Udara

Pompa ini digunakan pada sumur – sumur air tanah. Pompa jenis ini dapat dipakai untuk air hingga setinggi 150 m, tetapi efisiensinya hanya 25 – 50 %. Pompa hisap ini mencapai operasi yang terbaik bila angka perbandingan  $H_p/H_s$  bervariasi sekitar 2 s/d 0,5 sedangkan untuk mencapai keadaan yang demikian sumur harus diperdalam yang berarti ada kenaikan biaya. Walaupun efisiensinya rendah, pompa hisap udara ini dapat menyalurkan air dalam jumlah besar dari sumur yang garis tenaganya kecil. Pompa inipun tahan terhadap air yang berpasir. Namun pompa ini tidak cocok untuk menaikkan air yang terlalu tinggi, sedangkan bila terpaksa dilakukan juga memerlukan tambahan pompa lagi.

## 2. Perencanaan Pompa

### A. Total Head Pompa (H)

Persamaan :

$$H = H_s + H_f + \frac{v^2}{2g} \quad (2.19)$$

Dimana :

$H$  = total head (m)

$H_s$  = statis head (m)

$H_f$  = major head loss (m)

$v$  = kecepatan aliran (m/s)

$g$  = percepatan gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)

Disamping persamaan di atas, *total head* bisa didapat melalui hasil perhitungan hidraulik pipa dengan menggunakan program *Epanet 2.0*.

#### B. Power Pompa (P)

Persamaan :

$$P = \frac{\rho \times g \times Q \times H}{Eff} \quad (2.20)$$

Dimana :

$P$  = Power pompa (Watt)

$H$  = total *head* (m)

$\rho$  = massa jenis fluida ( $\text{kg/m}^3$ )

$Q$  = debit aliran ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$g$  = percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

Effisiensi pompa baru antara 60 – 80 %

#### C. Daya Motor Pompa (Pm)

Persamaan :

$$Pm = \frac{P}{Eff} \quad (2.21)$$

Digunakan efisiensi sebesar 80 %

#### D. Daya Motor pada Star Delta (Psd)

Persamaan :

$$Psd = Pm \times 1,5 \quad (2.22)$$

### 2.7 EPANET 2.0

EPANET adalah program komputer yang secara luas melakukan periode simulasi dari hidrolika dan kualitas air dalam jaringan pipa bertekanan. Jaringan tersebut dapat terdiri dari sumber air, tangki penyimpanan atau *reservoir*, pipa, titik percabangan pipa, pompa, dan katup. EPANET menjalankan aliran air dalam tiap pipa, tekanan dari tiap titik, ketinggian air dari tiap tangki dan konsentrasi suatu zat kimia sepanjang jaringan selama beberapa waktu periode simulasi. EPANET juga dapat mensimulasikan konsentrasi zat kimia yang ditambahkan pada suatu jaringan, umur air dan pola *outflow* dari sumber air. Pada program EPANET, kehilangan

tekanan akibat gesekan (*friction*) dihitung dengan menggunakan persamaan *Hazen-Williams*, *Darcy-Weisbach* atau *Chezy-Manning formula*. Disamping *major losses*, *minor losses* (kehilangan tekanan di *bend*, *elbow*, *fitting*) juga dapat dihitung.

Data *Input* dan *Output* pada program EPANET meliputi :

### 1. *Node*

*Node* pada EPANET adalah sebagai berikut :

#### A. Titik

Menunjukkan bahwa pipa bergabung dan menunjukkan air masuk atau meninggalkan jaringan.

*Input* :

- Elevasi
- Kebutuhan air
- Kualitas air

*Output* :

- *Hydraulic head*
- *Pressure*
- Kualitas air

#### B. *Reservoir*

*Reservoir* pada EPANET adalah sumber air yang berasal dari luar, biasanya berupa sungai, waduk, danau, air bawah tanah dan sumber air yang berkaitan.

*Input* :

- Elevasi

*Output* :

- *Demand*
- *Head*
- *Pressure*

#### C. Tangki

Tangki merupakan tempat penyimpanan air, di mana volume dalam tangki dapat berubah – ubah sepanjang waktu simulasi.

*Input* :

- Elevasi dasar tangki
- Diameter tangki
- Tinggi air minimal, maksimal dan inisial
- Kualitas air

*Output :*

- *Total head*
- Kualitas air

## 2. *Link*

*Link* terdiri dari :

### A. Pipa.

EPANET mengasumsikan bahwa pipa selalu penuh setiap saat.

*Input :*

- Diameter
- Panjang
- Koefisien kekasaran pipa
- Kondisi pipa (*open, close*, atau terpasang *check valve*)

*Output :*

- *Flow*
- *Velocity*
- *Headloss*
- *Friction factor*

### B. Pompa

Data pompa yang dimaksudkan adalah kurva pompa yaitu perbandingan antara *flow* dan *head*.

### C. *Valve*

*Valve* berfungsi untuk mengatur tekanan atau aliran pada titik khusus pada jaringan.

*Input :*

- Diameter

- Tipe *valve* dan setting sesuai jenis katupnya
- Kondisi *valve* ( *open, close, none* )

*Output :*

- *Flow*
- *Velocity*
- *Headloss*

### **3. Notasi**

Notasi terdiri dari map label, lebih lanjut akan diterangkan pada pengoperasian EPANET.

### **4. Operasional**

#### A. *Time pattern*

Mengatur pola waktu kebutuhan air berdasar waktu yang ditentukan.

#### B. *Curves* Terdiri dari *pump curve, head curve, volume curve* dan efisiensi *curve*

#### C. *Control* Mengatur operasi pada katup, *node, link*, dan waktu.

