

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) merupakan sarana dan prasarana air minum yang meliputi kesatuan fisik (teknis) dan non fisik (non teknis) [7].

1. Aspek teknis, terdiri dari:
 - a. Unit air baku, merupakan sumber air untuk penyediaan air minum. Contohnya yaitu air tanah, air permukaan, dan air hujan.
 - b. Unit produksi, dapat berupa sumur bor, mata air, dan instalasi pengolahan.
 - c. Unit distribusi, merupakan unit yang mendistribusikan air dari unit produksi ke unit pelayanan di pelanggan. Unit ini terdiri dari tangki penyimpanan, pompa, jaringan pipa, dan perlengkapannya.
 - d. Unit pelayanan, merupakan ujung terakhir dari sistem yang langsung bersentuhan dengan pelanggan. Unit pelayanan dapat berupa sambungan rumah dan hidran umum.
2. Aspek non teknis, mencakup keuangan, kelembagaan, manajemen, peran masyarakat dan hukum yang dalam kesatuan utuh untuk melaksanakan air minum kepada masyarakat menuju keadaan yang lebih baik.

2.2 Sumber Daya Air

[8] Sumber daya air adalah air, sumber air dan daya air yang terkandung didalamnya. Sumber daya air terdiri dari air permukaan, air tanah, air hujan dan air laut yang berada di darat.

1. Air permukaan adalah air yang terdapat pada permukaan tanah, contohnya sungai dan danau.
2. Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah, contohnya ada air tanah dalam dan air tanah dangkal.

Sumber air adalah air yang berasal dari alam atau buatan pada bagian atas atau bagian bawah permukaan tanah sedangkan daya air adalah potensi yang ada dalam

air atau pada sumber air yang berfungsi bagi kehidupan dan penghidupan manusia serta lingkungannya.

2.3 Pengertian Air Minum

Dalam Peraturan Pemerintah No 122 tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum yang selanjutnya disingkat SPAM merupakan satu kesatuan sarana dan prasarana penyediaan air minum. Air minum rumah tangga merupakan air baku berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan/atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum.

Definisi untuk air minum itu sendiri adalah air minum rumah tangga yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Dalam penyediaan air minum kegiatan yang dilakukan berupa menyediakan air minum untuk memenuhi kebutuhan masyarakat agar mendapatkan kehidupan yang sehat, bersih dan produktif.

2.4 Syarat Air Minum

Air minum pada dasarnya tidak ada yang 100% murni, dalam hal arti harus memenuhi syarat yang harus diikuti dengan persyaratan pemerintah yaitu pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 dengan beberapa persyaratan yaitu persyaratan fisik, kimia, mikrobiologi dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan juga parameter tambahan, parameter-parameter yang dimaksud dalam PERMENKES bisa dilihat pada **LAMPIRAN A**.

1. Parameter wajib merupakan persyaratan kualitas air minum yang wajib diikuti dan ditaati oleh seluruh penyelenggara air minum.
2. Parameter tambahan merupakan parameter yang sesuai dengan kondisi kualitas lingkungan daerah masing-masing dengan mengacu pada parameter tambahan sebagaimana yang diatur dalam peraturan.

Persyaratan kualitas air minum yang sesuai dengan standar peraturan yang berlaku antara lain:

1. Persyaratan Fisik: Parameter dalam persyaratan fisik untuk air minum yaitu warna, rasa, bau, temperatur dan juga kekeruhan.
2. Persyaratan Kimia: Syarat untuk parameter kimia yaitu tidak adanya unsur kimia yang berbahaya bagi manusi. Zat-zat yang membantu terciptanya kondisi air yang aman dari mikroorganismen harus tetap dipertahankan keberadaannya dalam kadar tertentu. Bahan kimia yang termasuk dalam parameter ini adalah bahan anorganik, organik, pestisida, *desinfektan* serta bahan samping lainnya.
3. Persyaratan Mikrobiologi: Parameter dalam persyaratan ini adalah jumlah maksimum *E.Coli* dan juga total bakteri *Coliform* per 100 ml sampel.
4. Persyaratan Radioaktif: Persyaratan pada radioaktif dengan membatasi kadar maksimum *alfa* dan *beta* yang diperbolehkan dalam air minum.

2.5 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Untuk dapat menentukan kebutuhan air yang akan dipakai dimasa mendatang, maka diperlukannya terlebih dahulu proyeksi jumlah penduduk dimasa mendatang. Beberapa faktor yang mempengaruhi ketelitian proyeksi jumlah penduduk pada masa yang akan datang adalah kecepatan pertumbuhan penduduk serta kurun waktu proyeksi dan jumlah tahun pengambilan data. Ada 3 metode untuk menentukan proyeksi jumlah penduduk dimasa mendatang [7], yaitu:

1. Metode *Least Square*

$$Y = a + bx \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana:

Y = Nilai variabel berdasarkan garis regresi

x = Variabel independen

a = Konstanta

b = Konstanta arah regresi linear

Adapun persamaan a dan b adalah sebagai berikut:

$$a = \frac{\sum y \cdot \sum x^2 - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots\dots\dots (2.3)$$

2. Metode Geometrik

$$P_n = P_0(1 + r)^n \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana:

- P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke-n
- P_0 = Jumlah penduduk pada tahun dasar
- r = Laju pertumbuhan penduduk
- n = Jumlah interval tahun

Adapun persamaan r adalah sebagai berikut:

$$r = \left(\frac{P_0}{P_t}\right)^{1/t} - 1 \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana:

- P_t = Jumlah penduduk tahun akhir
- t = Kurun waktu proyeksi

3. Metode Aritmatik

$$P_t = P_0(1 + rt) \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana:

- P_t = Jumlah penduduk pada tahun ke-t
- P_0 = Jumlah penduduk pada tahun dasar
- r = Laju pertumbuhan penduduk
- t = Periode waktu antara tahun t dan tahun dasar

Adapun persamaan r adalah sebagai berikut:

$$r = \frac{1}{t} \left(\frac{P_t}{P_0} - 1\right) \dots\dots\dots (2.7)$$

Untuk menguji kesesuaian dalam memakai metode proyeksi jumlah penduduk bisa menggunakan standar deviasi [7], berikut rumus untuk standar deviasi:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \text{ Untuk } n > 20 \dots\dots\dots (2.8)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}} \text{ Untuk } n = 20 \dots\dots\dots (2.9)$$

dimana:

s = Standar deviasi

x_i = Variabel independen x (jumlah penduduk)

\bar{x} = Rata-rata x

n = Jumlah data

Metode perhitungan proyeksi penduduk yang paling tepat adalah metode yang memberikan nilai standar deviasi yang terkecil.

2.6 Proyeksi Fasilitas

Untuk dapat menentukan kebutuhan air yang akan dipakai dimasa mendatang, maka diperlukannya terlebih dahulu proyeksi fasilitas dimasa mendatang. Pertimbangan dalam menghitung proyeksi ini adalah data perkembangan pertumbuhan penduduk. Fasilitas ini dibutuhkan karena tuntutan masyarakat, artinya banyak fasilitas yang dibutuhkan harus sesuai dengan jumlah penduduk yang menggunakan fasilitas tersebut. Berikut perhitungan dalam menentuka proyeksi fasilitas, yaitu:

$$F_n = \frac{\text{Jumlah penduduk tahun } n}{\text{Standar minimum fasilitas}} \dots\dots\dots (2.10)$$

dimana:

F_n = Jumlah fasilitas untuk tahun ke-n

Standar minimum yang dipakai adalah Kepmen Pemukiman dan Prasarana Wilayah No. 534 tahun 2001 tentang Pedoman Standar Pelayanan Minimal Bidang Perumahan dan Permukiman dan Pekerjaan Umum. Standar minimum yang dipakai dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Standar Pelayanan Minimum Fasilitas [10]

No	Fasilitas	Tingkat Pelayanan
1	Pasar	30.000 Jiwa
2	TK	1000 Jiwa
3	SD	1600 Jiwa
4	SLTP	4800 Jiwa
5	SLTA	4800 Jiwa
6	Perguruan Tinggi	70.000 Jiwa
7	Balai Pengobatan	3000 Jiwa
8	BKIA/RS Bersalin	10.000 Jiwa
9	Puskesmas	30.000 Jiwa
10	Puskesmas Pembantu	5000 Jiwa
11	Rumah Sakit	84.000 Jiwa
12	Apotek	10.000 Jiwa
13	Kantor Polisi	30.000 Jiwa
14	Lembaga Pemasyarakatan	1.000.000 - 2.000.000 Jiwa
15	Kantor Pos	120.000 Jiwa
16	Kantor Telepon/Telegram	1.000.000 - 2.000.000 Jiwa
17	Terminal Angkutan	500.000 - 2.000.000 Jiwa
18	Taman Lingkungan	250 Jiwa
19	Taman Kecamatan	120.000 Jiwa
20	Taman Kota	480.000 Jiwa
21	Pemukaman	120.000 Jiwa
22	Masjid	2500 Jiwa
23	Mushola	300 Jiwa
24	Tempat Ibadah Non Islam	50.000 Jiwa
25	Perpustakaan	1.000.000 - 2.000.000 Jiwa

2.7 Kebutuhan Air

Kebutuhan air adalah sejumlah air yang digunakan untuk berbagai peruntukkan atau kegiatan masyarakat dalam wilayah tersebut. Kebutuhan air ditentukan berdasarkan proyeksi penduduk, pemakaian air (L/o/h) dan juga ketersediaan air. [7] Perkiraan kebutuhan air hanya didasarkan pada data sekunder sosial dan kebutuhan air diklasifikasikan berdasarkan aktifitas perkotaan atau masyarakat, Kebutuhan air dibagi menjadi dua kategori, kebutuhan air domestik dan non domestik.

1. Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air minum domestik mempunyai standar kebutuhan disetiap kategori kotanya, yang bisa dilihat pada **Tabel 2.2** Kebutuhan Air Domestik.

Tabel 2.2 Kebutuhan Air Minum Domestik [11]

No	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (Jiwa)				
		>1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.00 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	<20.000
		Metro	Besar	Sedang	Kecil	Desa
1	Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) (ltr/org/hari)	190	170	130	100	80
2	Konsumsi Unit Hidran Umum (HU) (ltr/org/hari)	30	30	30	30	30
3	Konsumsi Unit Non Domestik (%)	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 (Jiwa)	5	5	5	5	5
8	Jumlah Jiwa per HU (Jiwa)	100	100	100	100	100
9	Sisa Tekan dipenyediaan 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: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**)

*) 60% perpipaan, 30% non perpipaan

***) 25% perpipaan, 45% non perpipaan

Kebutuhan air minum domestik adalah air yang digunakan untuk sehari-hari dalam kegiatan rumah tangga yang terdiri dari sambungan rumah (SR) atau hidran umum (HU). Kebutuhan air domestik diperlukan dalam perhitungannya.

Kebutuhan Air = jumlah pengguna sambungan x standar kebutuhan air(2.11)

- a. Kebutuhan air sambungan rumah: Sambungan rumah adalah jenis sambungan pelanggan yang menyediakan air langsung ke rumah-rumah dengan menggunakan sambungan pipa-pipa distribusi air. Pelayanan dengan

menggunakan sambungan rumah ditunjuk bagi masyarakat yang telah menempati rumah permanen atau ekonomi yang cukup.

- b. Kebutuhan air hidran umum: Hidran umum adalah jenis sambungan yang menyediakan air melalui kran yang dipasang di suatu tempat tertentu agar mudah dipergunakan oleh banyak masyarakat umum untuk mencukupi kebutuhan mandi, cuci dan minum. Pelayanan ini ditujukan bagi masyarakat dengan golongan ekonomi bawah yang menempati rumah non permanen.

2. Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan air minum non domestik mempunyai standar kebutuhan pada masing-masing fasilitasnya, yang bisa dilihat pada **Tabel 2.3** Kebutuhan Air Non Domestik.

Tabel 2.3 Kebutuhan Air Minum Non Domestik [12]

No	Fasilitas (Non Rumah Tangga)	Pemakaian Air	Satuan
1	Asrama	120 *)	ltr/penghuni/hari
2	Taman Kanak-Kanak	10	ltr/siswa/hari
3	Sekolah Dasar	40 *)	ltr/siswa/hari
4	SLTP	50 *)	ltr/siswa/hari
5	SMU/SMK dan Lebih Tinggi	80 *)	ltr/siswa/hari
6	Rumah Sakit	220-300	ltr/tempat tidur pasien/hari
7	Puskesmas	100-150 ***)	ltr/orang/hari
9	Posyandu	500	ltr/unit/hari
10	Peribadatan	10 ***)	ltr/orang/hari
11	Kantor	100 **)	ltr/pegawai dan guru/hari
12	Toko/Pasar	5 **)	ltr/m ² /hari
13	Rumah Makan	1000	ltr/unit/hari
14	Hotel/Losmen	250-300 **)	ltr/unit/hari
15	Pabrik/Industri	60-100 **)	ltr/orang/hari
16	Pelabuhan/Terminal	10.000-20.000	ltr/unit/hari
17	SPBU	5000-20.000	ltr/unit/hari
18	Pertamanan	25.000	ltr/unit/hari

*) Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing, 2005

***) Noerbambang dkk, 1991:48

****) Juknis Pelaksanaan Pengembangan SPAM Sederhana, 2007

Kebutuhan air non domestik yang digunakan untuk aktifitas penunjang dipemukiman atau kota selain kebutuhan air minum domestik, seperti kegiatan komersial yang berupa industri, perkantoran, maupun kegiatan sosial seperti

sekolah, rumah sakit dan tempat ibadah. Kebutuhan air non domestik diperlukan dalam perhitungannya.

Kebutuhan Air Non Domestik

$$= \text{jumlah unit} \times \text{kapasitas/unit} \times \text{standar kebutuhan air} \dots\dots\dots(2.12)$$

2.8 Kapasitas dan Fluktuasi Kebutuhan Air

Untuk menentukan kebutuhan air, mengacu pada kebutuhan air harian maksimum (Q_{maks}) dan kebutuhan air jam maksimum (Q_{peak}), dengan menentukan kebutuhan air rata-rata [13].

1. Kebutuhan air rata-rata ($Q_{average}$)

Kebutuhan air rata-rata adalah jumlah air yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan domestik, non domestik dan kehilangan air. Berikut perhitungan kebutuhan air rata-rata diantaranya:

$$Q_{average} = \frac{100}{100 - \text{presentase kehilangan air}} \times Q_{total} \dots\dots\dots(2.13)$$

dimana:

$$Q_{average} = \text{Kebutuhan air rata-rata}$$

$$Q_{total} = Q_{domestik} + Q_{nondomestik}$$

2. Kebutuhan air harian maksimum

Jumlah air terbanyak untuk diperlukan pada satu hari dalam kurun waktu satu tahun, berdasarkan nilai dari Q rata-rata harian. Berikut kebutuhan air harian maksimum dalam perhitungannya:

$$Q_{maks} = F_{maks} \times Q_{average} \dots\dots\dots(2.14)$$

dimana:

$$Q_{maks} = \text{Kebutuhan air harian maksimum (l/d)}.$$

$$F_{maks} = \text{Faktor harian maksimum (1,1 < } F_{maks} < 1,5).$$

$$Q_{average} = \text{Kebutuhan air rata-rata harian (l/d)}.$$

3. Kebutuhan air jam maksimum

Jumlah air terbesar untuk diperlukan pada jam-jam tertentu. Berikut kebutuhan air jam maksimum dalam perhitungannya:

$$Q_{peak} = F_{peak} \times Q_{maks} \dots\dots\dots(2.15)$$

dimana:

Q_{peak} = Kebutuhan air jam maksimum (l/d).

F_{peak} = Faktor jam maksimum (1,5-2,5).

Q_{maks} = Kebutuhan air harian maksimum (l/d).

4. Kehilangan air

Kehilangan air adalah selisih air antara produksi air dengan konsumsi air dari jaringan distribusi. Terjadinya kehilangan air disebabkan secara teknis maupun non teknis. Secara umum nilai kehilangan air yang terjadi berkisar antara 20-30% dari total kebutuhan air bersih baik domestik maupun non domestik.

2.9 Intake dan *Bar Screen*

Intake merupakan sebuah bangunan yang berfungsi mengambil air dari sumber air. Perencanaan intake diperlukannya karakteristik air seperti fluktuasi muka air maksimum dan minimum. Kecepatan aliran perlu diperhatikan agar tidak terjadi pengendapan pasir, kecepatan aliran yang dianjurkan adalah 0,6-1,5 m/s dengan waktu tinggal 20 menit [13]. Berikut persamaan yang digunakan untuk merencanakan intake.

$$Q = A \times v \dots\dots\dots(2.16)$$

$$v = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \dots\dots\dots(2.17)$$

dimana:

Q = Debit (m^3/s)

A = Luas penampang saluran

v = kecepatan aliran (m/s)

n = Koefisien kekasaran manning

R = Jari-jari hidrolis

S = *Slope* hidrolis

Bar screen berfungsi menyisahkan benda-benda kasar, sehingga tidak mengganggu kinerja dari pompa dan unit pengolahan selanjutnya. Berikut persamaan perhitungan *bar screen* kriteria desain *bar screen* untuk intake.

$$L = n \times w + (n+1) \times b \dots\dots\dots(2.18)$$

dimana:

L = Lebar saluran intake (m)

n = Jumlah kisi yang digunakan pada *bar screen*

w = Diameter/lebar batang (m)

b = jarak antar bukaan batang (m)

$$H_s = \beta \left(\frac{w}{b}\right)^{4/3} \times H_{fs} \times \sin \alpha \dots\dots\dots (2.19)$$

dimana:

β = Sudut kemiringan batang

θ = faktor kirschmer/faktor bentuk dari batang

Tabel 2.4 Kriteria Desain *Bar Screen* [14]

No	Keterangan	Kriteria Desain
1	Faktor Kishmer (β)	
	- Bentuk Bulat	1,79
	- Setengah Lingkaran	1,67
	- Lingkaran	1,83
	- Persegi	2,42
2	Lebar Penampang Batang (w)	5-15 mm
3	Kecepatan Aliran Air (Vs)	0,3-0,6 m/s
4	Sudut Antara Kisi-Kisi (θ)	45°-60°
5	Jarak Antara Kisi-Kisi (b)	25-50 mm
6	Lebar Saluran Pembawa	75 cm
7	Bentuk Penampang Batang (p)	25-75 mm

2.10 Sistem Pengaliran Air

2.10.1 Sistem Transmisi

Sistem jaringan transmisi merupakan suatu jaringan untuk mengalirkan air baku ketempat penampungan (*reservoir*). Cara pengalirannya bergantung dengan lokasi atau kondisi geografi dari lokasi tersebut, ada beberapa cara dalam sistem pengaliran transmisi yaitu dengan cara gravitasi, cara pemompaan maupun kombinasi pemompaan dan gravitasi [15].

1. Gravitasi

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

2. Pemompaan

Pada cara ini pompa digunakan untuk meningkatkan tekanan yang diperlukan untuk mendistribusikan air dari *reservoir* distribusi ke konsumen. Sistem ini digunakan jika elevasi antara sumber air atau instalasi pengolahan dan daerah pelayanan tidak dapat memberikan tekanan yang cukup. Pompa memiliki jenisnya masing-masing berikut jenis-jenis pompa.

- a. Pompa desak (*positif displacement pump*): Pompa jenis ini digunakan untuk suatu sistem pemompaan yang mempunyai head statis dan kapasitas yang dihasilkan oleh pompa ini tidak terus-menerus. Jadi, pompa ini memberikan hasil secara berkala.
- b. Pompa dinamik: Prinsip kerja dari pompa ini berdasarkan prinsip sentrifugal yang menggunakan momen putar untuk membangkitkan momen rotasi. Ditinjau dari mekanika fluida fenomena yang berlangsung pada pompa ini berlaku aliran mampat (*compressible*), dimana densitas fluidanya besar dan konstan dan perbedaan tekanan yang dihasilkan biasanya cukup besar sehingga konstruksi-konstruksi peralatannya harus lebih kuat.
- c. *Elevator pump*: Sifat dari pompa ini mengangkat cairan ke tempat yang lebih tinggi dengan menggunakan roda timbah, archimedean screw dan peralatan sejenis. Ini dapat digunakan untuk zat cair yang mengandung slurry seperti pasir, lumpur dan lainnya.
- d. *Electromagnetic pumps*: Cara kerja pompa ini adalah tergantung dari kerja langsung sebuah medan magnet ferromagnetic yang dialirkan, oleh karena itu penggunaan dari pompa ini sangat terbatas khususnya pada pemompaan cairan metal.

3. Gabungan

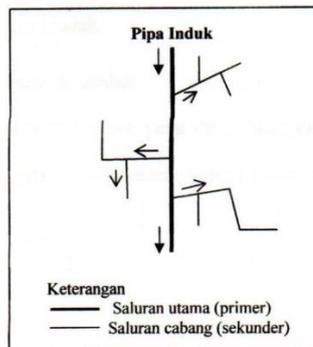
Pada cara gabungan, *reservoir* digunakan untuk mempertahankan tekanan yang diperlukan selama periode pemakaian tinggi dan pada kondisi darurat.

2.10.2 Sistem Distribusi

Sistem distribusi adalah sistem yang langsung berhubungan dengan konsumen, yang mempunyai fungsi pokok mendistribusikan air yang telah memenuhi syarat ke seluruh daerah pelayanan [15]. Dengan analisis jaringan pipa distribusi, dapat ditentukan dimensi atau ukuran pipa yang diperlukan sesuai dengan tekanan minimum yang diperbolehkan agar kuantitas aliran terpenuhi. [13]. Pada dasarnya ada dua sistem jaringan distribusi yaitu, jaringan terbuka dan jaringan tertutup. Dalam pemakaiannya menggunakan beberapa faktor tertentu, berikut dua sistem jaringan distribusi:

1. Jaringan Terbuka

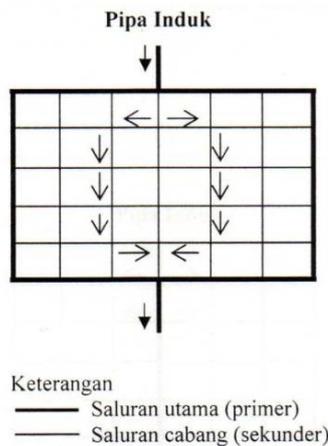
Pada jaringan ini adalah pipa yang terdistribusi tidak saling berhubungan, air mengalir dalam satu arah dan area layanan disuplai melalui satu jalur pipa utama. Sistem ini bisa dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Jaringan Terbuka [7]

2. Jaringan Tertutup

Jaringan tertutup adalah pipa distribusi saling berhubungan air yang mengalir melalui beberapa jalur pipa utama. Pada sistem ini diterapkan pada daerah yang bersifat jalannya saling berhubungan dan dalam keadaan topografi yang relatif dasar. Sistem ini bisa dilihat pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Jaringan Tertutup [7]

Perpipaan distribusi berfungsi untuk mengaliri air dari reservoir distribusi sampai dengan disambungkan kepelanggan [7].

1. Diameter pipa distribusi

Ukuran diameter pipa distribusi dapat dilihat pada **Tabel 2.4** berikut ini:

Tabel 2.5 Diameter Pipa Distribusi [7]

Cangkupan Sistem	Pipa Distribusi Utama	Pipa Distribusi Pembawa	Pipa Distribusi Pembagi	Pipa Pelayanan
Sistem Kecamatan	≥ 100 mm	75-100 mm	75 mm	50 mm
Sistem Kota	≥ 150 mm	100-150 mm	75-100 mm	50-75 mm

2. Perlengkapan pipa distribusi

Untuk menunjang sistem distribusi agar dapat berfungsi secara teratur, peralatan yang diperlukan antara lain:

a. Katup (*valve*)

Katup berfungsi untuk membuka dan menutup aliran air dalam pipa, katup dipasang pada:

- 1) lokasi ujung pipa tempat aliran masuk atau aliran keluar setiap percabangan
- 2) pipa penguras atau *wash out*

Tipe katup yang dapat dipakai pada jaringan pipa distribusi adalah katup gerbang (*Gate Valve*) dan katup kupu-kupu (*Butterly Valve*).

b. Katup Penguras (*Wash Out/Blow Off*)

Dipasang pada tempat-tempat yang relatif rendah sepanjang jalur pipa, ujung jalur pipa yang mendatar dan menurun dan titik awal jembatan.

c. Katup Udara (*Air Valve*)

Dipasang pada titik tertinggi disepanjang pipa distribusi, di jembatan pipa dengan perletakan $\frac{1}{4}$ panjang bentang pipa dari arah aliran, pada jalur lurus setiap jarak tertentu.

d. Hidran Kebakaran

Dipasang pada jaringan pipa distribusi dengan jarak antar hidran maksimum tidak boleh lebih dari 300 m di depan gedung perkantoran kran komersil.

2.10.3 Jenis Pipa

Dalam pelayanan sistem transmisi dan distribusi SPAM di perlukannya jenis-jenis pipa umum yang akan digunakan, berikut beberapa jenis pipa yang digunakan:

1. *Cast Iron Pipe (CIP)*

Mempunyai kekuatan tinggi dan sangat cocok dipasang di daerah yang sulit, serta dapat disambungkan dengan berbagai cara.

2. *Ductile Iron Pipe (DIP)*

Merupakan kombinasi antara daya tahan terhadap korosi CIP dan sifat mekanik dari pipa baja.

3. *Galvanis Iron Pipe (GIP)*

Pipa yang terbuat dari bahan *mild carbon* berupa *welded pipe* maupun *stainless pipe*. Keuntungan dari pipa ini adalah kuat, tidak mudah rusak akibat pengangkutan kasar dan tahan terhadap tekanan.

4. Asbes Cement Pipe (ACP)

Pipa ini sangat ringan mudah dalam transportasi dan dalam pemotongan serta penyambungan.

5. Polivnil Choloride (PVC)

PVC bebas dari korosi, ringan sehingga mudah dalam pengangkutan, mudah dalam penyambungan dan untuk umur yang relatif lama.

6. Poly Ethylene (PE)

Pipa PE memiliki fleksibilitas tinggi dengan kemampuan dalam menahan benturan, memiliki ketahanan akan temperatur rendah bahkan beku, ringan, mudah dalam penanganan transportasi, metode penyambungan cepat dan Berikut koefisien kekasaran pipa pada jenis bahan pipa [16]:

Tabel 2.6 Koefisien Kekasaran Pipa [16]

No	Jenis Bahan Pipa	Koefisien Kekasaran
1	AC	130
2	<i>Ductile, Cast Iron, GIP</i>	120
3	PVC, HDPE	130
4	DICL, MSCL	130

2.11 Hidrolisis Jaringan Pipa

Suatu sistem pada jaringan perpipaan memiliki komponen yang utama. Pipa ini berfungsi sebagai sarana untuk mengalirkan air dari sumber air ke *resevoir*, maupun dari *resevoir* ke konsumen. Suatu pipa mempunyai tekanan, pipa bertekanan tersebut adalah pipa yang dialiri air dalam keadaan penuh. Dalam pipa memiliki kehilangan energi, yaitu:

1. *Mayor Losses*

Bentuk kehilangan energi akibat gesekan (*friction*) dalam analisis aliran air pada pipa, persamaan yang akan digunakan diantaranya: Persamaan Darcy-Weisbach yang mengandung faktor gesekan dengan dinding pipa sebelah dalam yang dinamakan faktor gesekan Darcy, yang dirumuskan:

$$hf = 6,28 \cdot \left(\frac{v}{c}\right)^{1,85} \cdot \frac{L}{D^{1,667}} \dots \dots \dots (2.20)$$

dimana:

hf = *Headloss* akibat gesekan

L = Panjang pipa

D = Diameter pipa

v = Kecepatan aliran

C = Koefisien Pipa

2. *Minor Losses*

Kehilangan energi setempat akibat pembesaran penampang, pengecilan penampang dan belokan pipa, yang dirumuskan:

$$h_b = k \times \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.21)$$

dimana:

h_b = Kehilangan tenaga minor

k_b = Nilai K, dapat dilihat pada **Tabel 2.7**

v = Kecepatan aliran

3. *Hydraulic Grade Line (HGL) dan Energy Grade Line (EGL)*

Fluida memiliki energi yang terdiri dari tiga bentuk. Besarnya energi tergantung dari pergerakan *fluida* (energi kinetik), elevasi (energi potensial), dan tekanan (energi tekanan). Energi dari suatu *fluida* per berat satuan *fluida* tersebut dinyatakan sebagai *head*. Energi kinetik disebut sebagai *head* kecepatan ($V^2/2g$), energi potensial disebut sebagai *head* elevasi (Z) dan energi tekanan internal disebut sebagai *head* tekanan (P/γ). Satuan yang umum digunakan untuk energi adalah *foot-pounds (joule)*, sedangkan satuan dari *head* adalah *feet (meter)*.

$$H = Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(2.22)$$

dimana:

H = Head total

Z = Elevasi diatas datum

γ = Berat spesifikasi *fluida*

g = Percepatan gravitasi

Setiap titik di dalam sistem hidrolika memiliki nilai *head* tertentu. Dalam sistem hidrolika dikenal juga istilah lain yaitu EGL (*Energy Grade Line*) dan HGL (*Hydraulic Grade Line*). EGL atau garis energi adalah pernyataan grafis dari energi di tiap bagian. Sedangkan jumlah dari *head* elevasi dan *head* tekanan menghasilkan suatu nilai HGL, yang menunjukkan ketinggian air yang naik di dalam suatu tabung kecil yang melekat pada suatu pipa dan terbuka terhadap atmosfer.

Persamaan energi yang dirangkai dengan persamaan *headloss* akan membantu *engineer* untuk menentukan ke arah mana air mengalir secara hidrolis dan seberapa

cepat air tersebut mengalir di dalam saluran tertutup. Sebuah persamaan energi dapat dideskripsikan sebagai berikut:

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + h_l \dots\dots\dots(2.23)$$

dimana:

P = Tekanan pada titik

h = tinggi elevasi

h_l = kehilangan tinggi tekanan dalam pipa

g = Percepatan gravitasi

v = Kecepatan aliran

γ_w = Berat jenis air

Besarnya tinggi tekan air pada titik tinjauan yang dinamakan garis gradien hidrolis atau garis kemiringan hidrolis. Jarak vertikal antara pipa dengan gradien hidrolis menunjukkan tekanan yang terjadi dalam pipa. Perbedaan ketinggian antara titik 1 dan 2 merupakan kehilangan energi yang terjadi sepanjang penampang 1 dan 2.

2.12 Reservoir

Reservoir berfungsi sebagai salah satu penyimpanan persediaan air pada saat jam puncak, juga sebagai penambah tekanan pada titik pengambilan air. Berdasarkan lokasinya *reservoir* dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

1. *Elevated Reservoir*: *Reservoir* yang menyimpan atau menampung air yang terletak pada diatas tanah.
2. *Ground Reservoir*: *Reservoir* yang menyimpan atau menampung air yang terletak pada dibawah tanah.

Tabel 2.7 Nilai Konstanta *Minor Losses* [17]

Tipe Fitting dan Katup	k	Tipe Fitting dan Katup	K
<i>Entry losses:</i> <i>Sharp-edged entrance</i> <i>Re-entrant entrance</i> <i>Slightly rounded entrance</i> <i>Bell-cauthed entrance</i> <i>Footvalve & strainer</i>	0,50 0,80 0,25 0,05 2,50	<i>Entermediate losses</i> <i>Angle branches:</i> <i>Flow in line</i> <i>Line to branch or branch to line</i> 30 derajat 45 derajat 90 derajat	0,35 0,40 0,60 0,80
<i>Entermediate losses:</i> <i>Elbows (R/D = 5,0 approx)</i> 22,5 derajat 45 derajat 90 derajat	0,20 0,40 1,00	<i>Sudden enlargement:</i> <i>Inlet ϕ : Outlet ϕ</i> 4:5 3:4 2:3 1:2 1:3 1:5 & over	0,15 0,20 0,35 0,60 0,80 1,00
<i>Close radius bends:</i> <i>(R/D = 1 approx)</i> 22,5 derajat 45 derajat 90 derajat	0,15 0,30 0,75	<i>Sudden contraction:</i> <i>Inlet ϕ : Outlet ϕ</i> 5:4 4:3 3:2 2:1 3:1 5:1 & over	0,15 0,20 0,30 0,35 0,45 0,50
<i>Long radius bends:</i> <i>(R/D = 2 sampai 7)</i> 22,5 derajat 45 derajat 90 derajat	0,10 0,20 0,40		
<i>Sweeps:</i> <i>(R/D = 8 sampai 50)</i> 22,5 derajat 45 derajat 90 derajat	0,05 0,10 0,20	<i>Tapers</i> <i>Flow to small ends</i> <i>Flow to large ends</i> <i>(Inlet to outlet diameter)</i> 4:5 3:4 1:2	ble 0,03 0,04 0,12
<i>Mitre elbows:</i> 22,5 derajat - 2 piece 30 derajat - 2 piece 45 derajat - 2 atau 3 piece 60 derajat - 2 piece 3 piece 90 derajat - 2 piece 3 piece 4 piece	0,15 0,20 0,30 0,65 0,25 1,25 0,50 0,30	<i>Valves gate</i> <i>(pintu katup):</i> a) terbuka penuh b) ¼ tertutup c) ½ tertutup d) ¾ tertutup <i>Globe</i> <i>Butterfly - terbuka penuh</i>	0,12 1,00 6,00 24,00 10,00 0,30 1,00
<i>Tees:</i> <i>Flow in line</i> <i>Line to branch or branch to line:</i> <i>Sharp-edged</i> <i>radiused</i>	0,35 1,20 0,80	<i>Reflux</i> <i>Exit losses</i> <i>Sudden enlargement</i> <i>Bellmouthed outlet</i>	1,00 0,20