

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Air bersih adalah kebutuhan dasar bagi manusia dan merupakan elemen penting dalam kehidupan sehari-hari. Namun, banyak negara di dunia mengalami masalah dengan pasokan air bersih yang mencukupi dan berkualitas baik. Oleh karena itu, peningkatan kualitas jaringan distribusi air bersih perlu dilakukan untuk memastikan pasokan air bersih yang cukup dan terjamin. Studi evaluasi dan perencanaan pengembangan jaringan distribusi air bersih bertujuan untuk mengidentifikasi masalah dalam sistem distribusi air bersih yang sudah ada dan merencanakan pengembangan jaringan distribusi air bersih yang lebih baik.

Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 mengatur tentang standar kualitas air minum yang harus dipenuhi oleh penyedia air minum di Indonesia. Peraturan ini didasarkan pada konsep kualitas air minum yang baik, parameter kualitas air minum, standar kualitas air minum, dan pengawasan kualitas air minum. Dengan mematuhi standar kualitas air minum yang telah ditetapkan, diharapkan dapat menjaga kesehatan dan keselamatan masyarakat dalam mengonsumsi air minum.

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

Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air adalah sebuah undang-undang yang mengatur tentang pengelolaan dan perlindungan sumber daya air di Indonesia.

Menurut Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air, sumber-sumber air di Indonesia terdiri dari:

##### **2.2.1 Air permukaan**

Air permukaan adalah air yang terdapat di atas permukaan bumi seperti sungai, danau, waduk, dan situ. Air permukaan memiliki peran penting dalam mendukung kehidupan di bumi karena merupakan sumber air

bagi kegiatan manusia, hewan, dan tumbuhan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengelolaan yang baik terhadap sumber daya air permukaan ini, seperti pencegahan pencemaran dan pemeliharaan kualitas air.

### **2.2.2 Air tanah**

Air tanah adalah air yang terdapat di dalam tanah dan dapat diambil melalui sumur. Air tanah biasanya diambil untuk kegiatan konsumsi, pertanian, dan industri. Pemanfaatan sumber daya air tanah juga perlu diatur secara bijak dan berkelanjutan agar dapat terjaga kualitas dan kuantitasnya. Hal ini dilakukan dengan cara pemanfaatan yang wajar dan tidak berlebihan serta pencegahan pencemaran air tanah.

### **2.2.3 Air laut**

Air laut adalah air yang terdapat di laut dan pantai. Air laut juga memiliki peran penting dalam mendukung kehidupan di bumi karena menjadi habitat bagi berbagai jenis flora dan fauna laut. Pemanfaatan sumber daya air laut dilakukan dalam kegiatan seperti perikanan, industri kelautan, dan pariwisata. Namun, pemanfaatan ini perlu diatur dengan baik agar tidak mengganggu keberlangsungan lingkungan laut dan tetap terjaga kualitasnya.

### **2.2.4 Air hujan**

Air hujan adalah air yang jatuh dari atmosfer ke permukaan bumi. Air hujan dapat dimanfaatkan untuk berbagai kegiatan seperti pertanian, irigasi, dan perikanan. Namun, air hujan juga dapat menjadi penyebab banjir jika tidak diatur dengan baik. Oleh karena itu, pemanfaatan air hujan perlu diatur secara bijak dan sesuai dengan kebutuhan.

## **2.3 Definisi Jaringan Distribusi Air Bersih**

Jaringan distribusi air bersih merupakan sistem perpipaan yang berfungsi untuk mengalirkan air dari sumber air menuju ke konsumen. Sistem ini terdiri dari berbagai komponen seperti pipa, pompa, tangki penyimpanan, dan katup yang saling terhubung satu sama lain dan dibangun dengan tujuan untuk memenuhi

kebutuhan air bersih bagi masyarakat (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018).

## 2.4 Perkembangan Penduduk

Perkembangan penduduk adalah suatu proses dinamis yang melibatkan interaksi antara berbagai faktor, seperti jumlah kelahiran, tingkat kematian, migrasi, dan perubahan dalam pola-pola sosial dan ekonomi. Dalam konteks Indonesia, pertumbuhan penduduk yang tinggi selama beberapa dekade terakhir telah menimbulkan berbagai tantangan dan dampak sosial, ekonomi, dan lingkungan.

### 2.4.1 Metode Eksponensial

Metode Eksponensial (Exponential Growth Method) adalah salah satu metode yang digunakan untuk menghitung pertumbuhan penduduk dengan asumsi bahwa laju pertumbuhan penduduk bersifat tetap dalam periode tertentu. Metode ini sering digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk pada masa depan berdasarkan laju pertumbuhan yang telah terjadi.

$$P_t = P_0 \cdot e^{(r \cdot n)} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

$P_t$  = Jumlah penduduk pada tahun yang direncanakan.

$P_0$  = Jumlah penduduk awal rencana.

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

$r$  = Laju pertumbuhan penduduk rata-rata per tahun.

$n$  = Periode waktu dalam tahun.

### 2.4.2 Metode Geometrik

Metode Geometrik (Geometric Growth Method) adalah salah satu metode yang digunakan untuk menghitung pertumbuhan penduduk dengan asumsi bahwa laju pertumbuhan penduduk bersifat tetap dalam periode

tertentu, namun penambahan jumlah penduduk setiap periode tidak sama. Metode ini sering digunakan jika laju pertumbuhan penduduk bervariasi dari waktu ke waktu.

$$P_n = P_0(1 + r)^n \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

$P_n$  = Jumlah penduduk pada tahun ke- $n$ .

$P_0$  = Jumlah penduduk pada tahun awal perencanaan.

$n$  = Periode waktu perencanaan (tahun).

$r$  = Tingkat pertumbuhan penduduk.

### 2.4.3 Metode Regresi Linear (Aritmatika)

Metode Regresi Linear (Aritmatika) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menghitung pertumbuhan penduduk dengan asumsi bahwa laju pertumbuhan penduduk selalu sama dalam periode waktu yang sama. Metode ini sering digunakan jika laju pertumbuhan penduduk relatif stabil dalam jangka waktu tertentu.

$$P_n = P_0(1 + rn) \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

$P_n$  = Jumlah penduduk tahun  $n$  atau jumlah penduduk tahun yang diproyeksikan.

$P_0$  = Jumlah penduduk dasar/penduduk pada tahun awal.

$r$  = Laju pertumbuhan penduduk rata-rata per tahun.

$n$  = Kurun waktu proyeksi.

## 2.5 Kebutuhan Air

Kebutuhan air adalah jumlah air yang dibutuhkan oleh individu atau masyarakat untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari, seperti untuk minum, mandi, mencuci, memasak, dan keperluan lainnya. Kebutuhan air dapat bervariasi tergantung pada faktor-faktor seperti usia, jenis kelamin, aktivitas fisik, suhu lingkungan, dan kondisi kesehatan. Menurut World Health Organization (WHO), kebutuhan air minimum yang dibutuhkan oleh setiap individu adalah sekitar 20 liter per hari untuk memenuhi kebutuhan dasar seperti minum dan kebersihan diri.

Kebutuhan air juga berhubungan dengan kebutuhan air bersih, yaitu air yang bebas dari kuman, virus, dan bahan-bahan kimia yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Air bersih sangat penting untuk menjaga kesehatan dan mencegah penyebaran penyakit. Oleh karena itu, penyediaan air bersih yang cukup dan berkualitas merupakan salah satu hal penting yang perlu diperhatikan dalam perencanaan pengembangan jaringan distribusi air bersih.

Kebutuhan air dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu kebutuhan air domestik dan kebutuhan air non domestik.

### 1. Kebutuhan air domestik

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari di rumah tangga, seperti air minum, kebersihan diri, memasak, mencuci, dan keperluan lainnya. Kebutuhan air domestik juga meliputi air untuk penggunaan di sekolah, rumah sakit, dan fasilitas umum lainnya.

### 2. Kebutuhan air non domestik

Kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air untuk kegiatan non-rumah tangga, seperti keperluan industri, pertanian, komersial, dan institusi. Kebutuhan air non domestik juga termasuk kebutuhan air untuk keperluan kebakaran dan air untuk sistem irigasi.

Dalam perencanaan pengembangan jaringan distribusi air bersih, perbedaan antara kebutuhan air domestik dan non domestik harus diperhitungkan. Pemenuhan

kebutuhan air domestik merupakan prioritas utama, namun kebutuhan air non domestik juga harus dipertimbangkan agar tidak terjadi konflik dalam penggunaan air.

### **2.5.1 Kebutuhan Air Domestik**

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan sehari-hari di rumah tangga, seperti air minum, kebersihan diri, memasak, mencuci, dan keperluan lainnya. Berikut ini penjelasan lebih rinci tentang kebutuhan air domestik:

1. Air minum: Air minum harus memenuhi standar kualitas yang ditetapkan oleh pemerintah. Air minum yang aman dan sehat sangat penting untuk kesehatan manusia.
2. Kebersihan diri: Kebutuhan air untuk kebersihan diri mencakup mandi, cuci tangan, cuci muka, dan membersihkan gigi. Air juga digunakan untuk membersihkan luka atau bekas goresan pada kulit.
3. Memasak: Kebutuhan air untuk memasak mencakup mencuci bahan makanan sebelum dimasak dan untuk proses memasak itu sendiri.
4. Mencuci: Kebutuhan air untuk mencuci mencakup mencuci pakaian, mencuci piring, dan membersihkan rumah.

Standar kebutuhan air rumah tangga adalah kebutuhan air bersih yang digunakan oleh masing-masing rumah tangga untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari seperti air minum. Penggunaan air untuk minum, mandi dan mencuci. Satuan yang digunakan adalah liter/orang/hari. Besarnya kebutuhan air untuk keperluan domestik dapat dilihat pada Tabel 2.1

**Tabel 2. 1 Pemakaian Air Rata-rata Untuk Kebutuhan Air Domestik**

No	Kategori Kota	Jumlah penduduk (Jiwa)	Kebutuhan air bersih (L/O/H)
1.	Semi urban (ibu kota kecamatan/desa)	3 000 – 20 000	60 - 90
2.	Kota kecil	20 000 – 100 000	90 - 110
3.	Kota sedang	100 000 – 500 000	100- 125
4.	Kota besar	500 000 – 1 000 000	120 - 150
5.	Metropolitan	> 1 000 000	150 - 200

Sumber: SNI 6278.1 : 2015

### 2.5.2 Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air untuk kegiatan non-rumah tangga, seperti keperluan industri, pertanian, komersial, dan institusi. Berikut ini penjelasan lebih rinci tentang kebutuhan air non domestik:

1. Industri: Kebutuhan air untuk keperluan industri sangat tinggi dan membutuhkan volume air yang besar. Air digunakan dalam proses produksi barang dan untuk pendinginan mesin-mesin.
2. Pertanian: Kebutuhan air untuk pertanian sangat tinggi, terutama untuk menyiram tanaman. Sistem irigasi harus dikelola dengan baik agar kebutuhan air di sektor pertanian dapat terpenuhi secara efektif.
3. Komersial: Kebutuhan air komersial mencakup air untuk keperluan bisnis, seperti hotel, restoran, dan pusat perbelanjaan.
4. Institusi: Kebutuhan air institusi mencakup air untuk keperluan institusi publik, seperti sekolah, rumah sakit, dan kantor pemerintahan.
5. Kebakaran: Kebutuhan air untuk sistem pemadam kebakaran harus dipertimbangkan dalam perencanaan distribusi air bersih. Sistem pemadam kebakaran harus dilengkapi dengan pasokan air yang cukup untuk memadamkan kebakaran dengan cepat dan efektif.

Kebutuhan institusi antara lain meliputi kebutuhan-kebutuhan air untuk sekolah, rumah sakit, gedung-gedung pemerintah, tempat ibadah dan lain-lain. Besarnya kebutuhan air untuk keperluan non domestik dapat dilihat pada tabel 2.2-2.4 berikut:

**Tabel 2. 2 Pemakaian Air Rata-rata Untuk Kebutuhan Air Non Domestik**

No	Jenis Kebutuhan	Pemakaian air rata-rata per hari (liter)	Keterangan
1	Kantor	100-200	per karyawan atau 1-2 m <sup>3</sup> /unit/hari
2	Rumah Sakit	250-1000	setiap tempat tidur pasien
			pasien luar : 8 liter pegawai : 8 liter
3	Gedung Bioskop	10	per pengunjung
4	SD, SLTP	40-50	per murid, guru : 44 liter
	SLTA dan Lebih tinggi	80	per murid, guru : 44 liter
5	Laboratorium	100-200	per karyawan
6	Toserba	3	pengunjung, karyawan ; 100 liter
7	Industri Pabrik	buruh pria : 80	per orang per shift
		buruh wanita : 100	
8	Stasiun dan Terminal	3	setiap penumpang
9	Restoran	30	penghuni : 160 liter
10	Hotel	250-300	untuk setiap tamu

Sumber: NSPM Kimpraswil, 2002



**Tabel 2. 3 Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kota Kategori I, II, III dan IV**

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Sekolah	400	liter/murid/hari
Rumah Sakit	200	liter/bed/hari
Puskesmas	1000	liter/hari/unit
Masjid	1000	liter/hari/unit
Kantor	10	liter/pegawai/hari
Pasar	12000	liter/hektar/hari
Hotel	150	liter/bed/hari
Rumah Makan	100	liter/ tempat duduk/ hari
Komplek Militer	60	liter/ orang/hari
Kawasan Industri	0.2 - 0.8	liter/detik/hektar
Kawasan Pariwisata	0.1 - 0.3	liter/detik/hektar

Sumber: NSPM Kimpraswil, 2002

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

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Sekolah	10	liter/murid/hari
Rumah Sakit	200	liter/bed/hari
Puskesmas	1200	liter/hari
Hotel	90	liter/bed/hari
Kawasan Industri	10	liter/detik

Sumber: NSPM Kimpraswil, 2002

## 2.6 Kualitas Air

Pada peraturan pemerintah RI No. 82Ttahun 2001 tentang pengolahan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, Air baku yang digunakan

menghasilkan air bersih yang telah memenuhi syarat yang tertuang. Pada pasal 8 Peraturan Pemerintah terkait kriteria dan klasifikasi air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas :

- a) Air kelas I adalah air baku yang dimaksudkan untuk diminum dan memerlukan kualitas air yang sama dengan peruntukannya.
- b) Air Kelas II, meliputi air yang digunakan untuk kesenangan akuatik, pembudidayaan ikan air tawar, dan pengairan tanaman.
- c) Pengairan tanaman dengan air Kelas III yakni yang dimanfaatkan untuk budidaya ikan air tawar. Alternatif, untuk alasan serupa lainnya.
- d) Air pada Kelas IV yaitu air yang digunakan untuk membudidayakan tumbuhan atau untuk peruntukan lainnya yang mempunyai standar mutu yang kegunaannya sama

## **2.7 Fluktuasi Kebutuhan Air**

Menurut McGhee dan Steel (1991), tingkat penggunaan air untuk kebutuhan domestik ini bervariasi tergantung dari tingkat ekonomi tiap-tiap rumah tangga, umumnya antara 75 – 380 L/orang/hari; Penggunaan air ditujukan untuk industri dan komersial seperti pabrik-pabrik, perkantoran, pusat perdagangan, rekreasi, pertokoan dan sebagainya. Tingkat pemakaian air pada sektor ini pun bervariasi tergantung pada seberapa besar dan jenis industri yang ada, jumlah pekerja dan juga luas lahan yang terpakai; Pemakaian air untuk kepentingan umum misalnya mencukupi kebutuhan air bersih pada gedung pemerintah dan pelayanan pemerintah termasuk pada gedung-gedung umum, sekolah, pembersihan jalan, penyiraman taman kota, pemadam kebakaran dan lain sebagainya. Tingkat penggunaan air untuk tujuan ini bervariasi antara 50 sampai 75 L/orang/hari serta sesuai dengan peruntukan lahan tersebut.

Pola fluktuasi penggunaan air pada jangka waktu tertentu dapat dibedakan menjadi :

- a. Kebutuhan Harian Rata-Rata merupakan rata-rata pemakaian air dalam satu hari baik untuk kebutuhan domestik maupun non domestik. Di mana

besarnya pemakaian air harian rata-rata ini diperoleh dari jumlah pemakaian air bersih selama satu tahun dibagi jumlah hari dalam satu tahun.

- b. Kebutuhan Hari Maksimum merupakan kebutuhan air dalam satu hari yang terbesar dalam waktu kurun waktu satu tahun. Besarnya faktor hari maksimum ini dapat diperoleh dengan membandingkan antara kebutuhan hari maksimum dengan kebutuhan harian rata-rata. Faktor hari maksimum umumnya berkisar antara 1,1 – 1,3.
- c. Kebutuhan Jam Puncak merupakan kebutuhan air dalam satu jam yang terbesar dalam kurun waktu satu hari. Besarnya faktor jam puncak ini dapat diperoleh dengan membandingkan antara kebutuhan jam puncak dengan kebutuhan harian rata-rata. Faktor jam puncak umumnya berkisar antara 1,5 – 1,75 (Hadisoebroto dkk., 2007).

## **2.9 Kehilangan Air**

Kehilangan air merupakan banyaknya air yang hilang. Hilang yang diperlukan bagi penjagaan tujuan penyediaan air bersih, yaitu tercukupinya kualitas, kuantitas, dan kontinuitasnya dan yang disebabkan aktivitas penggunaan dan pengolahan air. Berdasarkan Kriteria/Standar Perencanaan Sistem Air Bersih Pedesaan.

Menurut modul Non Revenue Water (NRW) (2014) berdasarkan sifatnya kehilangan air dapat dibedakan menjadi tiga bagian besar, yaitu :

1. Kehilangan air terencana

Kehilangan air yang dimanfaatkan untuk kelancaran operasi dan pemeliharaan fasilitas penyediaan air minum.

2. Kehilangan air percuma

Kehilangan air yang menyangkut aspek komponen fasilitas penyediaan air minum, baik dalam pengolahan, operasional serta penggunaan oleh konsumen yang tidak terkendali.

3. Kehilangan air insidental

Kehilangan air akibat adanya bencana yang terjadi diluar kemampuan manusia yang tidak dapat diprediksi sebelumnya.

Sedangkan berdasarkan bentuknya, kehilangan air dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

#### 1. Kebocoran Fisik

Menurut Ferijanto (2017) kebocoran fisik merupakan kebocoran yang secara nyata (fisik) yang menyebabkan air tidak dapat disalurkan kepada pelanggan karena air keluar dari pipa oleh sebab – sebab tertentu. Beberapa contoh dari kebocoran fisik adalah sebagai berikut :

- Kebocoran pada Pipa Transmisi dan Distribusi.
- Kebocoran pada Pipa Dinas.
- Kebocoran pada Reservoir/Tanki.

#### 2. Kebocoran Non Fisik

Kebocoran non fisik merupakan kebocoran yang tidak nyata (non fisik) yang menyebabkan air tidak terukur dengan baik dan tepat sehingga tidak menghasilkan pendapatan dari jasa penyediaan air. Beberapa contoh dari kebocoran non fisik adalah sebagai berikut :

- Kurang akuratnya water meter.
- Pemakaian air konsumen yang tidak tercatat oleh meter air karena rusak atau kurang akurat.
- Pencurian air yang dilakukan oleh oknum yang tidak bertanggung jawab.
- Pembuatan rekening air yang salah oleh pihak manajemen (Fallis et al., 2010).

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 20 Tahun 2006 tentang Batas Maksimal Kebocoran Air Bersih untuk PAM, toleransi NRW maksimal adalah sebesar 20%. Kebocoran yang cukup tinggi dapat menyebabkan kurangnya tekanan air di dalam pipa pada jaringan pipa transmisi maupun pipa distribusi yang dapat menyebabkan menurunnya kualitas dan kuantitas air bersih kepada pelanggan.

Penyebab kehilangan air diklasifikasikan menurut jenis kejadian nyatanya dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

## 1. Kehilangan Air Fisik (Nyata)

Kehilangan air fisik yang secara nyata terbangun dari sistem distribusi sehingga tidak dapat dimanfaatkan. Kehilangan air ini umumnya dapat terlihat secara fisik misalnya dengan adanya aliran air yang keluar dari jaringan pipa distribusi (Febriany, 2014).

Dalam modul Non Revenue Water (2014) disebutkan bahwa, kehilangan air fisik ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor teknis, antara lain :

- a. Adanya lubang atau celah pada pipa dan sambungannya, hal ini dapat terjadi karena :
  - Menggunakan pipa dengan kualitas tidak baik.
  - Terjadinya korosi pada pipa.
- b. Pipa pada jaringan distribusi pecah, hal ini dapat terjadi karena :
  - Adanya tekanan pada bagian luar pipa misalnya akibat dilalui oleh kendaraan berat.
- c. Pemasangan perpipaan di rumah konsumen kurang baik, misalnya :
  - Kran air yang digunakan tidak baik atau kran tidak ditutup sehingga air terus menetes.

## 1. Kehilangan Air Non Fisik (Tidak Nyata)

Menurut Farley et al. (2008) kehilangan air non fisik merupakan hilangnya air yang terjadi dan secara fisik tidak terlihat atau tidak diperhitungkan dalam proses penagihan. Kehilangan air ini dapat berupa kehilangan air tercatat maupun tidak tercatat.

Kehilangan air non fisik ini dapat disebabkan oleh faktor – faktor non teknis, antara lain :

- a. Kesalahan membaca meter air.
- b. Kesalahan pencatatan hasil pembacaan meter air.
- c. Kesalahan pembuatan rekening air.
- d. Pemakaian air untuk operasi dan pemeliharaan sistem.

- e. Adanya sambungan gelap atau pencurian air melalui kran – kran kebakaran atau kran umum.
- f. Pemakaian air gratis bagi keperluan sosial atau pemadam kebakaran.

## **2.10 Kapasitas Sistem Pengaliran**

Kapasitas sistem dihitung berdasarkan kebutuhan untuk rumah tangga/domestik ditambah dengan kebutuhan untuk non domestik. Kebutuhan rumah tangga dihitung berdasarkan proyeksi jumlah penduduk, prosentase pelayanan dan besarnya konsumsi kebutuhan. Sedangkan kebutuhan air non domestik dihitung berdasarkan konsumsi kebutuhan air bersih tiap unit dan jumlah unit fasilitas. Disamping hal-hal di atas, ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan antara lain:

### **1. Kebocoran/kehilangan air**

Kebocoran atau kehilangan air diperkirakan sebesar 20% dari kapasitas produksi. Kebocoran tersebut meliputi pemakaian air di instalasi, kehilangan pada unit transmisi, kehilangan pada reservoir dan kebocoran pada jaringan distribusi.

### **2. Kapasitas pengambilan air baku**

Kapasitas pengambilan sumber air baku disesuaikan dengan kapasitas produksi atau debit hari maksimum.

### **3. Fluktuasi kebutuhan air bersih**

Kebutuhan rata-rata meliputi pemakaian domestik dan non domestik, sedangkan pemakaian hari maksimum diperkirakan sebesar 1,15 kali kebutuhan rata-rata dan pemakaian jam puncak diperkirakan sebesar 1,75- 2 kali pemakaian rata-rata.

### **4. Jaringan pipa transmisi**

Jaringan pipa transmisi direncanakan untuk dapat mengalirkan air sesuai dengan kapasitas hari maksimum.

### **5. Kapasitas reservoir distribusi**

Kapasitas reservoir distribusi direncanakan untuk dapat menampung sisa kapasitas produksi pada saat pemakaian jam minimum dan mampu mensuplai pada saat pemakaian jam puncak. Perencanaan penyediaan air baku dilakukan dengan pengembangan sistem penampungan dengan reservoir. Kapasitas reservoir ditentukan oleh beberapa hal yaitu debit sumber mata air, besarnya kemampuan reservoir yang akan direncanakan untuk menampung kapasitas produksi dari sumber mata air yang dikaitkan dengan besarnya proyeksi kebutuhan air.

$$V = (15\% - 20\% \times 86.400 \text{ dt/hr} \times K) / 1.000 \text{ m}^3 / \text{t}$$

dimana :

V = volume reservoir rencana ( $\text{m}^3$ ).

K = kebutuhan air hari maksimum.

#### 6. Jaringan pipa induk distribusi

Jaringan pipa induk distribusi direncanakan mampu mengalirkan air bersih pada saat pemakaian jam puncak.

Secara lebih rinci batasan-batasan perencanaan yang digunakan antara Lain :

- Kapasitas sistem perpipaan dirancang untuk memenuhi kebutuhan air pada jam puncak dan jam maksimum.
- Kecepatan aliran dalam pipa direncanakan minimum 0,3 m/dt dan maksimum 3,0 m/dt. Sisa tekanan minimum yang dikehendaki pada jaringan pipa induk pada titik kritis minimal 10 m kolom air atau 1 atm.
- Daerah pelayanan dibagi menjadi blok-blok pelayanan dan kebutuhan air tiap blok disesuaikan dengan kebutuhan air bagi penduduk dan aktifitas yang berada dalam blok tersebut.
- Kelas pipa yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan dan tekanan air yang melalui pipa tersebut.

#### 7. Kapasitas aliran dalam pipa

Kecepatan aliran minimum dalam pipa direncanakan sebesar 0,5 m/dt, sedangkan kecepatan aliran maksimum direncanakan sebesar 3 m/dt.

kekasara pipa Dasar perhitungan kapasitas hidrolis baik pada pipa transmisi maupun distribusi menggunakan koefisien kekasaran pipa (koefisien HazenWilliem) sebagai berikut:

- pipa PVC baru : 120-140
- pipa baja bar : 100-120

## **2.11 Sistem Pendistribusian**

Sistem pendistribusian air adalah suatu system yang berhubungan langsung dengan pengguna, dan kegunaan utamanya adalah menyalurkan air keseluruhan konsumen yang membutuhkan demi memenuhi kebutuhan seluruh wilayah suplai. Ada dua hal penting yang perlu diperhatikan pendistribusi dalam suatu sistem yakni ketersediaan volume dan tekanan air yang memadai (continuous operation) dan pemeliharaan kestabilan mutu serta kualitas air dari pengelolah. (Tri Joko, 2010)

## **2.12 Aliran Perpipa**

1. Jenis – jenis aliran melalui pipa dibagi beberapa jenis antara lain :
  - a. Aliran mantap  
Aliran fluida disebut mantap jika banyaknya fluida yang mengalir tiap sewaktu waktu tetap.
  - b. Aliran tak mantap  
Aliran fluida disebut tak mantap jika banyaknya fluida yang mengalir tiap satuan waktu tidak tetap.
  - c. Aliran Beraturan  
Aliran fluida disebut beraturan apabila kecepatan partikel – partikel fluida di semua potongan itu sama.
  - d. Aliran tak beraturan  
Aliran fluida disebut tak beraturan apabila kecepatan partikel – partikel fluida tidak sama di semua potongan.
  - e. Aliran laminar



Aliran fluida disebut aliran laminar jika setiap partikel fluida menempuh jalan tertentu dan jalan – jalan partikel tidak saling memotong.

f. Aliran turbulen

Aliran fluida disebut aliran turbulen apabila masing – masing partikel fluida tidak mempunyai jalan tertentu dan jalan – jalan partikel itu saling memotong.

g. Aliran yang dimampatkan

Aliran fluida yang dimampatkan apabila kerapatan fluida yang mengalir tidak berubah sewaktu mengalir.

h. Aliran yang tak dimampatkan

Aliran fluida tak dimampatkan apabila kerapatan fluida yang mengalir tidak berubah sewaktu mengalir.

i. Aliran berdimensi satu

Aliran fluida disebut berdimensi satu apabila kecepatan di semua titik fluida sama besarnya dan arahnya pun sama.

j. Aliran berdimensi dua

Aliran fluida disebut berdimensi dua apabila kecepatan aliran berubah – ubah dari titik satu ke titik lain dan aliran itu mempunyai komponen kecepatan dalam dua arah yang tegak lurus satu dengan yang lainnya.

k. Aliran berdimensi tiga

Aliran fluida disebut berdimensi tiga apabila kecepatan aliran berubah – ubah dari titik satu ke titik lain dan aliran itu mempunyai komponen kecepatan dalam tiga arah yang tegak lurus satu dengan yang lainnya

2. Jenis – jenis garis aliran

- a. Garis Jalan Garis jalan adalah garis yang dilalui partikel fluida yang bergerak selama interval waktu tertentu.

- b. **Garis Arus** Garis arus adalah garis khayal yang garis singgungnya di tiap titik menunjukkan arah gerak partikel fluida di titik itu. Sifat – sifat aliran garis arus adalah sebagai berikut :
- 1) Jarak antara garis – garis arus berbanding terbalik dengan kecepatan.
  - 2) Garis – garis arus tidak saling berpotongan kecuali di titik – titik perhentian dan titik – titik dimana kecepatannya terbatas.
  - 3) Akan ada penurunan kecepatan dan sebaliknya untuk garis – garis arus.
- c. **Garis Lintasan (Streak Line)** Garis Lintasan adalah garis – garis yang terbentuk oleh semua partikel yang telah melalui titik – titik tertentu yang diketahui pada suatu saat. Garis ini disebut juga garis benang (filament line)
- d. **Garis Ekipotensial** Garis Ekipotensial adalah garis dengan potensial kecepatan yang sama dan selalu tegak lurus pada garis arus. Garis ini diperoleh dengan menghubungkan titik – titik yang akan mempunyai nilai potensial kecepatan sama.

### **2.12.1 Pipa Transmisi**

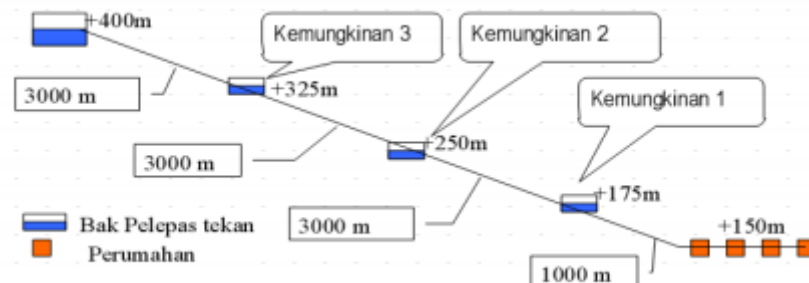
Sistem perpipaan transmisi ini bertujuan untuk menyalurkan air dari sumber air baku, misalnya mata air menuju ke bangunan pengolahan, serta mengalirkan air hasil olahan menuju ke reservoir induk. Sistem transmisi air bersih dapat dilakukan dengan beberapa cara tergantung kondisi topografi yang menghubungkan sumber air dengan reservoir induk. Sistem perpipaan yang digunakan tergantung topografi dari wilayahnya, dan dapat dilakukan secara gravitasi, pemompaan maupun kombinasi pemompaan dan gravitasi. (Sumber: RISPAM Kab. Karangasem).

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 2. 1 Jaringan Distribusi Dengan BPT**

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 di mana 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 :

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

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

### **2.13 Kecepatan Aliran**

Nilai kecepatan yang diijinkan dalam pipa menurut peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 18/PRT/M/2007 tentang penyelenggaraan Pengembangan Sistem Air Minum Lampiran I adalah 0,3 m/dt - 4,5 m/dt pada debit jam puncak. Kecepatan aliran air yang rendah menyebabkan pengendapan dalam pipa sehingga pipa dapat tersumbat, sedangkan kecepatan aliran air yang tinggi akan menyebabkan pipa cepat aus. Untuk menentukan kecepatan aliran dalam pipa digunakan rumus:

$$Q = A \cdot V$$

$$Q = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot V$$

Dan secara umum persamaan kontinuitas ditulis:

$$Q = Q_1 = Q_2$$

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2$$

Dengan:

Q = debit aliran dalam pipa ( m<sup>3</sup> /dt ).

V = kecepatan aliran dalam pipa ( m/dt ).

$A$  = luas penampang pipa ( m ).

$D$  = diameter pipa ( m ).

## 2.14 Analisa Jaringan Menggunakan Software EPANET 2.0

Menurut (Rossman, 2000) EPANET adalah program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir di dalam jaringan pipa. Jaringan itu sendiri terdiri dari Pipa, Node, Pompa, Katub dan tangki air atau reservoir. EPANET menjajaki aliran di tiap pipa, kondisi tekanan air di tiap titik dan kondisi konsentrasi bahan kimia yang mengalir di dalam pipa selama periode pengaliran. EPANET memiliki kemampuan antara lain:

1. Kemampuan analisa yang tidak terbatas..
2. Terdapat tiga macam metode dalam menghitung kekasaran pipa yaitu persamaan *Hazen-Williams*, *Darcy Weisbach*, dan *Chezy-Manning*.
3. Dapat memodelkan pompa dengan kecepatan yang konstan maupun variable.
4. Dapat menghitung energi pompa dan biaya.

Epanet adalah aplikasi analisa hidrolis yang tersusun dan tidak dibatasi oleh wilayah jaringan. Kehilangan tekanan dikarenakan oleh gesekan dihitung dengan menggunakan rumus Hazen Williams, Darcy Weisbach, atau Chezy Manning. Sebagai dasar dari sistem operasi untuk mengontrol ketinggian air di *reservoir* dan waktu. Berbagai jenis model katup dengan daun jendela, pengatur tekanan dan katup dengan pengatur kecepatan Model kecepatan konstan atau variabel. Epanet juga menawarkan analisis kualitas air dengan memodelkan pergerakan elemen material non-reaktif melalui jaringan setiap saat.