

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Pengertian Air**

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan yang sangat vital bagi masyarakat, untuk memenuhi kebutuhan air minum, mandi, memasak, mencuci dan termasuk keperluan industri. Keberadaan air bersih di suatu daerah menjadi sangat penting mengingat aktivitas masyarakat yang sangat dinamis. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih tersebut penduduk suatu daerah dapat mengandalkan air dari sumber air langsung seperti air permukaan dan hujan karena kedua sumber air tersebut mudah dijangkau meskipun sebagian besar telah tercemar baik langsung maupun tidak langsung dari aktivitas manusia itu sendiri.

Air yang bersifat universal atau menyeluruh dari aspek kehidupan menjadikan sumber daya berharga dari segi kualitas dan kuantitas. Air yang digunakan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan pokok sehari hari harus memenuhi persyaratan Permenkes RI No. 32 tahun 2013 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Hygiene Sanitasi Kolam Renang, Solusi Per Aqua Dan Pemandian Umum.

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

Pada prinsipnya jumlah air yang ada di alam ini relatif tetap dan mengikuti suatu aliran yang disebut Siklus Hidrologi. Air hujan turun ke bumi, sebagian meresap ke tanah menjadi air tanah dan sebagian lagi tinggal atau mengalir dipermukaan tanah seperti danau dan sungai yang disebut dengan air permukaan. Air permukaan ini diuapkan oleh panas matahari naik ke atas menjadi awan yang akhirnya terkondensasi menjadi embun atau hujan. Dari siklus hidrologi ini dapat dilihat adanya berbagai sumber air tawar yang dimanfaatkan manusia untuk memenuhi kebutuhannya, (Hartati, 2021). Sumber air menurut asalnya antara lain sebagai berikut :

### 1. Air Laut

Mempunyai sifat asin, karena mengandung garam NaCl. Kadar garam NaCl dalam air laut 3 % dengan keadaan ini maka air laut tidak memenuhi syarat untuk diminum.

### 2. Air Atmosfer (Air Hujan)

Untuk menjadikan air hujan sebagai air minum baiknya menampung air hujan saat mulai turun, karena masih mengandung banyak kotoran. Selain itu air hujan mempunyai sifat agresif yang dapat mempercepat terjadinya korosi atau karatan pada pipa-pipa penyalur maupun bak-bak reservoir. Hujan juga memiliki sifat yang lunak, sehingga akan boros terhadap pemakaian sabun.

### 3. Air Permukaan

Adalah air yang berada pada permukaan tanah yang kondisinya mengalir maupun diam. Pada umumnya air permukaan akan tercemar oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, kotoran industri dan lainnya. Air permukaan ada dua macam yaitu sungai dan rawa. Air sungai digunakan sebagai air minum, seharusnya melalui pengolahan yang sempurna, mengingat bahwa air sungai ini pada umumnya mempunyai derajat pengotoran yang tinggi. Debit air sungai yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan akan air minum pada umumnya dapat mencukupi. Air rawa kebanyakan berwarna disebabkan oleh adanya zat-zat organik yang telah membosuk, sehingga untuk pengambilan air sebaiknya dilakukan pada kedalaman tertentu.

### 4. Air Tanah

Air tanah adalah air yang berada di bawah permukaan tanah di dalam zone jenuh dimana tekanan hidrostatiknya sama atau lebih besar dari tekanan atmosfer. Air tanah terbagi atas air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal, terjadi karena adanya aktifitas peresapan air dari permukaan tanah. Air tanah dangkal ini ada pada kedalaman  $15m^2$  sebagai sumur air minum. Air tanah dalam, terdapat setelah lapis air pertama. Pengambilan air tanah dalam, tak semudah

pada air tanah dangkal karena harus menggunakan bor dan memasukkan pipa kedalamannya sehingga dalam suatu kedalaman biasanya antara 100-300m<sup>2</sup>.

### **2.3 Analisis Debit Air**

Penyediaan air bersih merupakan kegiatan untuk menyediakan air minum sebagai kebutuhan masyarakat agar mendapatkan kehidupan yang sehat, bersih, dan produktif. Secara umum sistem penyediaan air bersih terdiri dari unit air baku, unit produksi, unit distribusi, dan unit pelayanan. Sistem produksi mempunyai peran dalam pengambilan air baku yang kemudian diolah menjadi air layak konsumsi serta memenuhi syarat kualitas air minum. Bangunan pengambilan air dari sumbernya disebut dengan bangunan intake. Sedangkan sistem distribusi adalah sistem pembagian air melalui sistem perpipaan dari bangunan pengolahan kedaerah pelayanan. Komponen dari sistem distribusi adalah penampungan air (reservoir), sistem perpipaan dan sistem sambungan pelanggan. Hal yang sangat penting dalam sistem distribusi adalah tersedianya jumlah air yang cukup dan tekanan yang memenuhi (kontinuitas pelayanan) serta menjaga keamanan kualitas air yang berasal dari instalasi pengolahan.

### **2.4 Kebutuhan Air Bersih**

#### **2.4.1 Kebutuhan Air Domestik**

Air bersih yang dibutuhkan untuk aktivitas sehari-hari disebut kebutuhan domestik (domestic demand) dalam hal ini termasuk air minum, memasak, dan lain-lain. Standar kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air bersih yang digunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk 9 memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari, seperti pemakaian air untuk minum, mandi, memasak, dan mencuci. Aturan yang dipakai adalah liter/orang/hari.

**Tabel 2.1 Standar Kebutuhan Air Domestik**

No	URAIAN	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Jiwa				
		1.000.000	500.000–1.000.000	100.00–500.000	20.000–100.000	20.000
		METRO	BESAR	SEDANG	KECIL	DESA
1	Komsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) liter/orang/hari	190	170	150	130	100
2	Komsumsi Unit Non Domestik liter/orang/hari	30	30	30	30	30
3	Komsumsi Unit Non Domestik liter/orang/hari	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
4	Kehilangan Air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
5	Faktor Harian Maksimum	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
6	Faktor Jam Puncak	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
7	Jumlah Jiwa Per SR	5	5	5	5	5
8	Jumlah Jiwa Per HU	100	100	100	100	100
9	Sisa Tekan di Jaringan Pipa	10	10	10	10	10
10	Jam Operasi	24	24	24	24	24
11	Volume Reservoir	20	20	20	20	20
12	SR : HU	80:20	80:20	80:20	70:20	70:20
13	Cakupan Pelayanan	90	90	90	90	70

*Sumber : Ditjen Cipta Karya DPU, Tahun 2000*

#### 2.4.2 Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan air dasar non domestik merupakan kebutuhan air bagi penduduk di luar lingkungan perumahan. Kebutuhan air non domestik sering juga disebut kebutuhan perkotaan (municipal). Besar kebutuhan air

bersih inci ditentukan banyaknya konsumen non domestik yang meliputi fasilitas perkantoran (pemerintah dan swasta), tempat-tempat ibadah (masjid, gereja, pura, vihara dll), pendidikan (sekolah-sekolah, kampus), komersil (toek, hotel, restaurant, penginapan), umum (pasar, terminal) dan industri.

**Tabel 2.2** Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kota Kategori I, II, III, IV

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

*Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 1996*

**Tabel 2.3** Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kategori V (desa)

<b>KEBUTUHAN AIR NON DOMESTIK</b>			
No.	Sektor	Nilai	Satuan
1.	Sekolah	5	liter/murid/hari
2.	Rumah Sakit	200	liter/bed/hari
3.	Puskesmas	1200	liter/unit/hari
4.	Gereja	500	liter/unit/hari

<b>KEBUTUHAN AIR NON DOMESTIK</b>			
<b>No.</b>	<b>Sektor</b>	<b>Nilai</b>	<b>Satuan</b>
5.	Masjid	3000	liter/unit/hari
6.	Kantor	10	liter/pegawai/hari
7.	Mushola	2000	liter/unit/hari
8.	Pasar	12000	liter/hektar/hari
9.	Komersial/Industri	10	liter/bed/hari

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

## 2.5 Konsep Dasar Sistem Pendistribusian Air Bersih

Konsep dasar sistem pendistribusian air bersih adalah suatu rangkaian sistem yang mengalirkan air bersih dari sumber atau fasilitas pengolahan hingga sampai ke konsumen. Sistem ini melibatkan beberapa komponen dan teknologi untuk memastikan bahwa air yang didistribusikan memenuhi standar kualitas, kuantitas, dan kontinuitas.

### 2.5.1 Definisi Sistem Pendistribusian Air Bersih

- a. Sistem distribusi air bersih adalah jaringan yang mengalirkan air dari sumbernya (seperti sungai, danau, atau sumur) ke konsumen akhir (rumah tangga, industri, atau fasilitas umum). Sistem ini meliputi pipa, pompa, tangki penyimpanan, dan teknologi kontrol.
- b. Teori ini membahas bagaimana air didistribusikan secara efektif dan efisien, termasuk perhitungan tekanan, aliran, dan kontrol kualitas air selama distribusi. Efektivitas distribusi diukur berdasarkan kehandalan sistem, keterjangkauan wilayah, dan minimnya kehilangan air (water loss).

### **2.5.2 Komponen Utama Sistem**

- a. Sumber Air: Lokasi dari mana air diperoleh, seperti sumber air permukaan (sungai, danau) atau sumber air tanah (sumur).
- b. Pengolahan Air: Proses yang dilakukan untuk memastikan air memenuhi standar kualitas sebelum didistribusikan.
- c. Jaringan Pipa: Sistem pipa yang mengangkut air dari fasilitas pengolahan ke titik konsumsi.
- d. Tangki Penyimpanan: Struktur untuk menyimpan air sebelum didistribusikan ke pengguna.
- e. Pompa dan Perangkat Kontrol: Peralatan untuk mengatur aliran dan tekanan air dalam sistem.

### **2.5.3 Pengantar Perkembangan Sistem Distribusi Air**

Menurut Dirjen Cipta Karya, hingga akhir tahun 2013, kondisi cakupan pelayanan air minum sudah mencapai 61,83 persen, dan ditargetkan jumlah proporsi penduduk terhadap akses aman sumber air minum terlindungi di akhir tahun 2015 bisa melebihi target tujuan pembangunan milenium (Milenium Development Goals/MDGS) 2015 sebesar 68,87 persen. Sedangkan pada RPJMN 2015-2019, ditargetkan cakupan pelayanan sektor air minum dan sanitasi mencapai 100 persen. (DITPAM,2014). Pengembangan sistem penyediaan air minum (SPAM) merupakan tanggung jawab pemerintah pusat dan pemerintah daerah untuk menjamin setiap orang dalam mendapatkan air minum bagi kebutuhan pokok minimal sehari hari guna memenuhi kehidupan yang sehat, bersih, dan produktif sesuai dengan peraturan perundang-undangan.

### **2.5.4 Sistem Distribusi Air Bersih**

Sistem distribusi bertujuan untuk mengalirkan air yang telah memenuhi persyaratan baku mutu air ke konsumen. Ada 2 (dua) hal yang harus diperhatikan dalam sistem distribusi adalah:

- a. Jumlah air minimum yang mengalir kepada konsumen sesuai dengan kebutuhan yang direncanakan.
- b. Air dapat mengalir dengan lancar selama 24 jam.

**Tabel 2.4** Syarat Penentuan Gaya Gravitasi Sistem distribusi Air

No.	Beda Tinggi Sumber Air Dan Daerah Layanan	Jarak	Penilaian
1	> dari 30 m	< 3 km	Baik, system gravitasi
2	$\leq 10 - 30$ m	< 1 km	Berpotensi dan perlu dibuatkan detail rinci
3	< 3 m		Diperlukan pompa

*Sumber : Pedoman Sederhana Pembangunan Prasarana Air*

*Bersih dan Sanitasi, DJCK, Kementerian PU*

## 2.6 Reservoir Air Bersih

Kriteria desain reservoir air bersih didasarkan pada fluktuasi pemakaian air bersih. Instalasi pengolahan air menyediakan kapasitas reservoir berdasarkan kebutuhan air maksimum per hari, sedangkan untuk sistem distribusi direncanakan berdasarkan debit puncak perjam, untuk menyeimbangkan perbedaan tersebut maka diperlukan suatu tempat penampungan air yaitu reservoir distribusi. Kelebihan air yang diakibatkan oleh pemakaian air yang tidak maksimal akan disimpan dalam reservoir.

### 2.6.1 Fungsi Reservoir

Fungsi utama reservoir adalah menyeimbangkan antara debit produksi dan debit pemakaian air yang berfluktuasi selama 24 jam. Berdasarkan fungsinya, reservoir dalam sistem distribusi dibagi menjadi dua kategori yaitu reservoir pelayanan dan reservoir penyeimbang. Reservoir pelayanan berfungsi sebagai pemasok sebagian besar jaringan pipa distribusi, untuk menambah tekanan air pada jaringan pipa distribusi,

untuk menstabilkan tekanan air pada jaringan pipa distribusi. Sedangkan fungsi dari reservoir penyeimbang adalah sebagai penampung air bersih yang dipompakan dan didistribusikan ke beberapa reservoir pelayanan dengan menggunakan pompa yang merata sehingga dapat menghemat pemakaian tenaga listrik.

### **2.6.2 Perlengkapan Reservoir**

Reservoir harus dilengkapi dengan sistem perpipaan yang terdiri dari pipa masuk dan pelampung, keluaran, peluap dan penguras serta manhole dan ventilasi. Variasi aksesoris dari perlengkapan harus dipasang pada reservoir tergantung pada kebutuhannya. Berikut adalah beberapa perlengkapan untuk reservoir.

1. Pipa masuk dan keluar, Jalur masuk dan keluar pada reservoir biasanya terpisah. Hal ini disebabkan bertujuan untuk meningkatkan sirkulasi aliran di dalam tangki sehingga air yang keluar dari tangki mempunyai kualitas yang terjamin.
2. Pipa peluap diperlukan terutama pada saat alat pengukur ketinggian air dalam keadaan rusak. Saat terjadinya pelimpahan maka tidak boleh langsung ditambahkan ke saluran air kotor atau aliran air.
3. Alat monitor digunakan untuk mengukur ketinggian muka air di dalam tangki menggunakan sensor ketinggian dalam tangki. Kemudian sensor tersebut dihubungkan dengan pusat operasi sehingga dapat diketahui ketinggian air dalam tangki.
4. Ventilasi udara harus dipasang pada reservoir untuk keluar masuknya udara saat air turun dan naik. Ventilasi harus dipasang dengan saringan kawat 13 mm agar burung atau hewan tidak dapat masuk.

### **2.6.3 Kapasitas Reservoir Distribusi**

Untuk mengetahui kapasitas volume dimensi reservoir yang dibutuhkan yaitu 20% dari kebutuhan air maksimum, untuk menghitung volume reservoir dapat menggunakan rumus :

Dimana:

$V$  = volume (m<sup>3</sup>)

$$L = \text{lebar (m)}$$

P = Panjang (m)

D = kedalaman (m)

#### **2.6.4 Analisis Debit Air**

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

Adapun persamaan untuk menghitung debit air ialah sebagai berikut:

## Keterangan:

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

$V$  = Kecepatan aliran (m/s)

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

**Q = debit aliran ( liter/detik)**

$V$  = volume tampung (liter)

T = waktu (detik)

## 2.7 Ketersediaan Air Dan Sistem Pengaliran

### 1. Ketersediaan Air

- a. Sumber Air Terbarukan: Ketersediaan dan pemeliharaan sumber air yang berkelanjutan untuk memastikan suplai jangka panjang.
- b. Faktor Pengaruh Ketersediaan: Faktor-faktor seperti perubahan iklim, pencemaran, dan penggunaan tanah yang mempengaruhi ketersediaan sumber air.

### 2. Sistem Pengaliran

Dalam perencanaan sistem distribusi air bersih, beberapa faktor yang harus diperhatikan antara lain adalah :

- a. Daerah layanan dan jumlah penduduk yang akan dilayani.
- b. Kebutuhan air, yang harus disediakan untuk distribusi daerah pelayanan.
- c. Letak topografi daerah layanan, yang akan menentukan sistem jaringan dan pola aliran yang sesuai.
- d. Jenis sambungan sistem.

Kemudian yang berikutnya yaitu Sistem Penyediaan Air Bersih yang terbagi kedalam tiga bagian yaitu :

#### 1) Bangunan pengambilan

Bangunan pengambilan air baku untuk penyediaan air bersih disebut dengan bangunan penangkap air atau intake.

#### 2) Sistem transmisi air bersih

Sistem transmisi air bersih adalah sistem perpipaan dari bangunan pengambilan air baku ke bangunan pengolahan air bersih.

#### 3) Sistem distribusi

Sistem distribusi air bersih adalah pendistribusian atau pembagian air melalui sistem perpipaan dari bangunan pengolahan (reservoir) kepada kedaerah pelayanan (konsumen).

## 2.8 Menghitung Kebutuhan Air dan Proyeksi Penduduk

Perhitungan kebutuhan air total berguna untuk menghitung jumlah debit yang dibutuhkan. Kebutuhan air total dihitung dengan cara kebutuhan air domestik, non domestik, ditambah kehilangan air. Besar perhitungan kebutuhan air dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q_{md} = \text{Jumlah Penduduk} \times q$$

Dimana :

$$Q_{md} = \text{Kebutuhan Air (liter,hari)},$$

$$q = \text{Konsumsi air per orang per hari (liter/orang,hari)}$$

kebutuhan domestik meliputi :

sambungan rumah tangga adalah lima orang untuk kota sedang.

### 2.8.1 Proyeksi Penduduk

Pertumbuhan penduduk dapat dianalisa dengan menggunakan tiga metode dibawah ini dan dari ketiga rumus tersebut dipilih jumlah penduduk pada tahun rencana yang lebih besar sebagai penduduk rencana antara lain :

- Metode Aritmatik  

$$P_n = P_0 + (n \cdot q) P_0$$
- Metode Geometri  

$$P_n = P_0 \cdot (1 + q)^n$$
- Metode eksponensial  

$$P_n = P_0 \cdot e^{n \cdot q}$$

Dimana :

$P_n$  = jumlah penduduk pada tahun rencana

$P_0$  = jumlah penduduk pada tahun dasar

$n$  = selisih tahun terhadap tahun dasar

$q$  = tingkat perkembangan penduduk

e = bilangan eksponensial = 2,718282

Kemudian pada versi proyeksi penduduk yang lain dijelaskan yaitu sebagai berikut:

## 1. Metode Geometri

Proyeksi penduduk dengan metode geometri menggunakan asumsi bahwa jumlah penduduk akan bertambah secara geometri dengan menggunakan dasar perhitungan majemuk.

Laju pertumbuhan penduduk (rate of growth) dianggap sama untuk setiap tahun. Formula yang digunakan pada metode geometri ini adalah

$$P_n = p_0 (1+r)n \dots \quad (4)$$

Dengan :

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

$p_0$  = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)

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

$n$  = jumlah tahun proyeksi (tahun)

## 2. Metode Aritmatik

Metode ini biasanya disebut juga dengan rata-rata hilang. Metode ini digunakan ketika data berkala menunjukkan jumlah penambahan relatif sama per tahun. Wilayah dengan laju pertumbuhan penduduk yang rendah dapat menggunakan metode ini. Misalnya pertumbuhan penduduk dibawah 2%. Rumus yang digunakan untuk perhitungan aritmatik adalah sebagai berikut:

$$P_n = p_0 (1 + r_n) \dots \quad \dots \quad (5)$$

dengan :

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

p0= jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)

r= angka perumbuhan penduduk tiap tahun (%)

### 3. Metode Eksponensial

Metode eksponensial merupakan metode yang sering digunakan untuk menghitung proyeksi penduduk dengan jumlah penduduk yang banyak. Metode ini digunakan jika laju pertumbuhan penduduk di suatu wilayah mencapai sekitar 2% setiap tahunnya. Perkiraan jumlah penduduk berdasarkan metode eksponensial dapat dihitung dengan persamaan berikut:

**Dimana :**

Pt = Jumlah penduduk pada tahun ke-t;

Po = Jumlah penduduk pada tahun dasar;

n = Jumlah tahun proyeksi;

r = Laju pertumbuhan penduduk;

e = Bilangan logaritma natural

## Pemilihan metode proyeksi pe

metode proyeksi yang mendekati hasil sebenarnya. Perlu dilakukan analisis dengan cara menghitung nilai standar deviasi. Menurut permen PU No.18/PRT/M/2007, standar deviasi dihitung menggunakan persamaan geometri, arimatik.

Standar deviasi dapat diartikan sebagai nilai atau standar yang menunjukkan besar jarak sebaran terhadap nilai rata-rata.

Metode proyeksi yang dipilih atau mendekati hasil yang sebenarnya adalah metode yang memiliki nilai standar deviasi terkecil.

### **2.8.2 Jumlah Fasilitas Pemakai Air Bersih**

Selain jumlah penduduk, juga perlu diketahui jumlah fasilitas-fasilitas umum yang berada di daerah yang direncanakan dan untuk memproyeksikan jumlah fasilitas-fasilitas umum dapat dihitung dengan rumus :

$$F_n = K \cdot F_o$$

$$K = P_n/P_o$$

Dimana :

$F_n$  = jumlah fasilitas pada tahun rencana

$F_o$  = jumlah fasilitas pada tahun dasar

$P_n$  = jumlah penduduk pada tahun rencana

$P_o$  = jumlah penduduk pada tahun dasar

### 2.8.3 Kebutuhan Air Harian Maksimum Dan Jam Puncak

Kebutuhan air maksimum adalah kebutuhan air pada hari tertentu dalam setiap minggu, bulan, dan tahun dimana kebutuhan airnya sangat tinggi.

$$Q_m = (1,5 - 1,25) \times Q_t$$

Dimana :

$Q_m$  = Debit kebutuhan air harian maksimum (liter/hari)

$Q_t$  = Debit kebutuhan air total (liter/hari)

Kebutuhan air puncak adalah kebutuhan air pada jam-jam tertentu dalam satu hari dimana kebutuhan airnya akan memuncak.

$$Q_p = (1,65 - 2,00) \times Q_t$$

Dimana :

$Q_m$  = Debit kebutuhan air jam puncak (liter/hari)

$Q_t$  = Debit kebutuhan air total (liter/hari)

#### **2.8.4 Jumlah Kebutuhan Air Bersih Pada Tahun Rencana**

Setelah diketahui jumlah penduduk rencana (Pn) dan jumlah fasilitas tahun rencana (Fn) maka dapat diketahui jumlah kebutuhan air bersih suatu wilayah atau debit rencana (Qr), yaitu dengan rumus :

$$Qr = (Pn \cdot q) + (Fn \cdot q)$$

Dimana :

Qr = debit rencana (m<sup>3</sup>/det)

Pn = jumlah penduduk pada tahun rencana

Q = besarnya kebutuhan air (ltr/org/hr)

Fn = jumlah fasilitas pada tahun rencana

#### **2.8.5 Standar Kebutuhan Air Bersih**

Standar kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air bersih yang dipergunakan pada tempat hunian pribadi untuk memenuhi kebutuhan sehari hari.

##### **1. Kebutuhan Air Maksimum (Qmax) dan Jam Puncak (Qjp)**

Menurut Dirjen Cipta Karya Departemen PU besarnya faktor jam puncak adalah 1,5 sedangkan faktor harian maksimum adalah 1,1. Angka ini adalah berupa kriteria perencanaan yang dimaksudkan untuk mempermudah dalam merencanakan jaringan distribusi air bersih yang didapatkan dari pendekatan empiris. Besaran tersebut dikalikan dengan jumlah kebutuhan air total.

##### **2. Kebutuhan Air Total (Qt)**

Kebutuhan air total adalah hasil dari perhitungan kebutuhan air domestik, kebutuhan air non domestik dan kehilangan air. Hasil dari penjumlahan tersebut merupakan total air yang akan didistribusikan. Perhitungan kebutuhan air total dapat dihitung dengan persamaan:

$$Qt = Qd + Qnd + Qka$$

Keterangan :

$Qt$  = Kebutuhan air total

$Qd$  = Kebutuhan domestik

$Qnd$  = Kebutuhan non domestik

$Qka$  = Kehilangan air

### 2.8.6 Kehilangan Air

Kehilangan air pada umumnya disebabkan karena adanya kebocoran air pada pipa transmisi dan sistem yang digunakan tidak didukung oleh keadaan wilayah. Analisis kehilangan air dihitung berdasarkan besarnya jumlah kebutuhan domestik dan non domestik dikali dengan angka persentase kehilangan air sebesar 20 % berdasarkan Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dep. PU, 2000 kategori V (desa).

Secara umum, kehilangan air disebabkan oleh adanya kebocoran pipa dan kesalahan petugas dalam pembacaan meter. Ada 2 (dua) faktor penyebab kehilangan air pada sistem distribusi air bersih, yaitu sebagai berikut:

- a. Kebocoran fisik / teknis yang disebabkan oleh kebocoran pipa, sambungan pipa yang bocor, reservoir yang melimpas keluar, dan pelayanan air minum tanpa meteran.
- b. Kebocoran administrasi terutama disebabkan karena meteran air tanpa registrasi, juga termasuk kesalahan dalam sistem pembacaan, pengumpulan dan pembuatan rekening begitu juga kasus-kasus (kolusi, korupsi dan nepotisme) yang berpengaruh baik secara langsung maupun secara tidak langsung terhadap kehilangan air. Kehilangan air adalah perbedaan antara volume air yang didistribusikan dengan volume air yang tercatat pada pelanggan. Direktorat Jenderal Cipta Karya menetapkan angka kehilangan air sebesar 15-30 %. Penentuan kehilangan air akibat kebocoran pipa dan kesalahan teknis dari petugas pada saat pembacaan meter dapat ditaksir sampai dengan

20 % dari kebutuhan domestik dan non domestik. Persentase kehilangan air didapatkan dengan mengetahui perbedaan jumlah volume air yang dialirkan dan yang tercatat di meter. Kehilangan air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$KA = \frac{Vd - Vc}{Vd} \times 100 \%$$

Dimana :

KA = Kehilangan air (%)

Vd = Jumlah volume air yang didistribusikan (liter, m<sup>3</sup>)

Vc = Jumlah volume air yang tercatat pada pelanggan (liter, m<sup>3</sup>)

### 2.8.7 Kehilangan Energi Pada Pipa

Kehilangan energi akibat gesekan (major losses). Kehilangan energi akibat gesekan dengan dinding pipa di aliran seragam dapat dihitung dengan persamaan Darcy-Weisbach. Persamaan sebagai berikut:

$$H_f = f \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

H<sub>f</sub> = kehilangan energi oleh tahanan permukaan pipa (m)

f = koefisien tahanan permukaan pipa dikenal dengan Darcy-Weisbach faktor gesekan

L = Panjang pipa (m)

V = kecepatan aliran(m/dtk)

d = diameter pipa (m)

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

Kehilangan energi tahanan dan bentuk pipa (minor losses) : kehilangan energi akibat katup (hf), kehilangan energi akibat belokan (hb).

## 2.9 Efektivitas Sistem Pendistribusian Air Bersih

Efektivitas sistem pendistribusian air bersih adalah ukuran keberhasilan sistem dalam mengalirkan air bersih secara tepat waktu, dalam jumlah yang cukup, dan dengan kualitas yang memenuhi standar kesehatan ke seluruh konsumen yang membutuhkan. Ada beberapa aspek penting yang menentukan efektivitas sistem distribusi air bersih, yaitu:

### 1. Desain dan Infrastruktur

Sistem pendistribusian yang baik memerlukan jaringan pipa, pompa, dan reservoir yang dirancang sesuai dengan kebutuhan wilayah. Desain ini harus mampu menahan tekanan air, menghindari kebocoran, dan menjaga kualitas air. Infrastruktur yang baik juga meminimalkan kehilangan air di sepanjang jalur distribusi.

### 2. Manajemen dan Pemeliharaan

Sistem air bersih perlu dipantau secara rutin untuk memastikan tidak ada kebocoran atau kerusakan. Kebocoran bisa mengakibatkan hilangnya air dalam jumlah besar, serta kontaminasi jika pipa mengalami keretakan. Pemeliharaan berkala akan meningkatkan umur dan efektivitas sistem.

### 3. Kualitas Air

Sistem yang efektif bukan hanya mengedarkan air, tetapi juga menjaga kualitasnya. Pengolahan air yang memadai sebelum distribusi adalah langkah penting untuk menjamin air layak konsumsi. Sistem pengawasan kualitas air secara terus-menerus diperlukan untuk mendekripsi potensi kontaminasi.

### 4. Efisiensi Energi

Sistem pendistribusian air yang efisien juga mempertimbangkan penggunaan energi dalam proses pemompaan dan pengedaran air. Efisiensi energi bisa dicapai dengan menggunakan pompa hemat energi dan teknologi otomatisasi yang menyesuaikan distribusi air dengan permintaan.

## 5. Perencanaan Permintaan dan Pasokan

Memahami kebutuhan pasokan air di setiap wilayah penting untuk mencegah kelebihan atau kekurangan distribusi. Dengan data yang akurat mengenai permintaan, pihak penyedia bisa memastikan air terdistribusi secara tepat dan mengurangi risiko kelangkaan.

## 6. Teknologi dan Monitoring

Penggunaan teknologi seperti sensor dan sistem monitoring real time memungkinkan deteksi dini terhadap kebocoran atau kerusakan, sehingga tindakan perbaikan bisa dilakukan secepat mungkin. Smart metering juga memungkinkan pengukuran pemakaian air yang lebih akurat di setiap wilayah.

## 7. Manajemen Krisis dan Kontijensi

Sistem air bersih yang baik harus memiliki rencana darurat untuk menghadapi kondisi seperti banjir, kekeringan, atau gangguan teknis. Ini penting untuk menjaga ketersediaan air bersih meskipun terjadi gangguan.

Untuk mengukur efektivitas pendistribusian air bersih, terdapat beberapa indikator utama yang sering digunakan. Indikator ini membantu menentukan sejauh mana penyediaan air bersih berhasil memenuhi kebutuhan masyarakat secara efisien, aman, dan merata. Berikut adalah beberapa indikator yang umum digunakan:

### 2.9.1 Ketersedian Air Bersih (Volume, Kontinuitas)

- 1) Jumlah Air yang Tersedia Per Orang Per Hari (Liter per Kapita per Hari)
  - a. **Definisi:** Ini mengukur volume rata-rata air bersih yang disediakan per orang per hari. WHO merekomendasikan sekitar 50 liter per kapita per hari sebagai standar minimum untuk memenuhi kebutuhan dasar.

- b. **Metode Pengukuran:** Menghitung total volume air yang didistribusikan dalam sehari dibagi dengan jumlah populasi di wilayah yang dilayani.
- 2) Frekuensi Penyediaan Air (Contoh: Jam Layanan Harian)
  - a. **Definisi:** Mengukur seberapa sering air bersih tersedia bagi masyarakat dalam satu hari, misalnya apakah layanan berjalan 24 jam atau hanya beberapa jam.
  - b. **Metode Pengukuran:** Melacak berapa jam air tersedia dalam sehari di berbagai lokasi, kemudian dirata-rata atau dibandingkan dengan target frekuensi yang telah ditetapkan.
- 3) Tingkat Pemenuhan Kebutuhan Harian
  - a. **Definisi:** Mengukur apakah distribusi air yang disediakan telah mencukupi kebutuhan dasar setiap individu atau rumah tangga di suatu wilayah.
  - b. **Metode Pengukuran:** Menyurvei atau menghitung kebutuhan air harian per individu/rumah tangga di wilayah tersebut, kemudian membandingkannya dengan jumlah yang didistribusikan. Tingkat pemenuhan kebutuhan dihitung sebagai persentase dari jumlah kebutuhan yang terpenuhi.
- 4) Ketersediaan Air di Musim Kering dan Musim Hujan
  - a. **Definisi:** Mengukur kemampuan sistem distribusi untuk mempertahankan pasokan air bersih di berbagai musim. Pendistribusian yang efektif dapat memenuhi kebutuhan meskipun ada perubahan cuaca atau musim.
  - b. **Metode Pengukuran:** Membandingkan volume ketersediaan air bersih antara musim kering dan musim hujan dan mencatat adanya penurunan atau peningkatan signifikan.

Dengan menggunakan indikator ini, pengelola distribusi air bersih dapat memahami seberapa baik sistem mereka memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat. Apabila ketersediaan air bersih rendah atau tidak konsisten, maka perlu dilakukan perbaikan pada sistem distribusi atau

pengelolaan sumber daya air untuk memastikan pemenuhan kebutuhan yang lebih baik.

### **2.9.2 Faktor yang Mempengaruhi Efektivitas Air Bersih**

Faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas air bersih, yaitu: sistem, suhu atau temperatur, jumlah penduduk, dan komposisi rumah tangga. Secara umum, faktor dominan yang mempengaruhi efektivitas air bersih adalah komposisi rumah tangga. Adapun faktor yang mempengaruhi air bersih rumah tangga adalah sistem pendistribusian, jumlah kepala keluarga, jumlah konsumen, cuaca, dan temperature.

### **2.10 Kriteria Perencanaan Teknis Sistem Distribusi Air Bersih**

Kriteria perencanaan teknis jaringan distribusi air bersih digunakan sebagai pedoman dalam merencanakan jaringan distribusi air bersih, sehingga jaringan yang direncanakan dapat memenuhi persyaratan teknis dan hidrolis serta ekonomis. Sistem distribusi air bersih bertujuan untuk mengalirkan / membagikan air bersih ke seluruh daerah pelayanan dengan merata dan berjalan secara terus menerus sesuai dengan kebutuhan konsumen. Untuk kelancaran diperhatikan faktor-faktor sebagai berikut :

1. Tersedianya tekanan yang cukup pada jaringan pipa distribusi, sehingga air masih bias mengalir ke konsumen dengan sisa tekanan yang cukup
2. Kuantitas air yang mencukupi kebutuhan penduduk/konsumen dan dapat melayani 24 jam
3. Kualitas air bersih terjamin mulai dari pipa distribusi sampai kekonsumen.

Sistem distribusi air bersih merupakan jaringan perpipaan yang pelayanan. Umumnya yang tersedia pada sistem jaringan distribusi air bersih adalah :

1. Pipa primer atau pipa induk

Pipa primer adalah pipa yang berfungsi membawa air dari instalasi pengolahan atau reservoir distribusi, dimana mempunyai diameter yang relative besar.

2. Pipa sekunder

Pipa sekunder adalah pipa yang disambungkan pada pipa primer, dimana mempunyai diameter yang kurang dari atau sama dengan pipa primer.

3. Pipa tarsie

Pipa tarsier adalah pipa yang gunanya menghubungkan langsung dari pipa sekunder atau primer untuk melayani pipa service ke induk sangat tidak menguntungksn, disamping dapat mengganggu lalu lintas kendaraan.

4. Pipa service

Pipa service adalah pipa yang berfungsi untuk menghubungkan langsung ke pipa sekunder atau tarsier yang mempunyai diameter relative lebih kecil.

a) Persamaan Darcy Weisbach

Kehilangan energi utama sepanjang pipa karena gesekan menurut Darcy Weisbach diberikan persamaan sebagai berikut :

$$hf = f \cdot LD \cdot V^2/2g$$

Keterangan :

$Hf$  = Kehilangan energi akibat gesekan (dalam satuan meter).

$f$  = Faktor gesekan (bergantung pada jenis aliran dan kondisi pipa).

$L$  = Panjang pipa (dalam satuan meter).

$D$  = Diameter pipa (dalam satuan meter).

$V$  = Kecepatan aliran fluida (dalam satuan meter per detik).

$g$  = Percepatan gravitasi (sekitar 9.81m/s<sup>2</sup>).

Koefisien gesek  $f$  bergantung pada diameter kekasaran relatif dan angka Reynold, seperti pada persamaan berikut :

$$f = F(\Delta D, VD) = F(\Delta D, Re)$$

Keterangan :

$\Delta$  = Diameter kekasaran pipa

D = Diameter pipa (dalam)

V = Kecepatan Aliran

b) Persamaan Hazen Williams

Persamaan ini sangat dikenal di Amerika Serikat (USA).

Persamaan kehilangan energi ini sedikit lebih sederhana dibanding Darcy Weisbach karena koefisien kehilangan energi (CHW)-nya yang tidak berubah terhadap angka Reynold. Kerugian Persamaan Hazen Williams adalah persamaan ini hanya dapat digunakan untuk air, tidak untuk fluida lainnya seperti minyak.

Persamaan ini umum dipakai untuk menghitung kehilangan tekanan pada pipa besar yaitu diatas 100 mm. Selain itu, persamaan Hazen Williams umum digunakan karena lebih mudah dipakai. Persamaan Hazen Williams secara empiris menyatakan bahwa debit yang mengalir didalam pipa adalah sebanding dengan diameter pipa (d) dan kemiringan hidrolik (S) yang dinyatakan sebagai rasio antara kehilangan tekanan (hL) terhadap panjang pipa (L) atau  $S = (hL/L)$ .

Persamaan Hazen Williams dapat ditulis sebagai berikut (Giles, 1977) :

$$v = k \times c \times d^{2,63} \times S^{0,54}$$

Dengan :

k = nilai kekasaran

d = diameter pipa dalam (m)

c = coefisien hazen williams

$s = \text{kemiringan hidrolis } 25$

Nilai C (koefisien Hazen-William) berbeda untuk setiap berbagai jenis pipa. Koefisien Hazen-William dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut.

**Tabel 2.5** Koefisien Hazen-William

No.	Jenis (naterial) Pipa	Nilai C Perencanaan
1	Asbes Cement	120
2	Poly Vinil Chloride (PVC)	120-150
3	High Density Poly Ethylene (HDPE)	130
4	Medium Density Poly Ethylene (MDPE)	130
5	Ductile Cast Iron Pipe (DCIP)	110
6	Besi tuang, Cast Iron (CIP)	110
7	Galvanized Iron Pipe (GIP)	110
8	Steel Pipe (Pipa Baja)	110

Sumber : Metode Pelaksanaan Konstruksi, Alvier, Jean, Zulfan. 2020

Nilai kekasaran pipa, milai koefisien Hazen-William untuk masing-masing pipa disajikan pada tabel berikut.

**Tabel 2.6** Nilai Kekasaran (k) Dalam mm Untuk Berbagai Jenis Pipa

No.	Material Pipa	Halus	Rata-Rata	Kasar
1	Gelas	0	0,003	0,006
2	Pipa polimer termoplastik (HDPE)	0,018	0,004	0,008
3	Baja halus, PVC,AC	0,015	0,03	0,06
4	Baja Biasa	0,03	0,06	0,15
5	Galvanis	0,06	0,15	0,3

No.	Material Pipa	Halus	Rata-Rata	Kasar
6	Besi, pipa lining semen	0,15	0,3	0,6
7	Beton	0,3	0,6	1,5
8	Baja Kasar	1,5	3	6
9	Water mains	6,0	15	30
10	Batu yang tidak dilining, tanah	60	150	300

Sumber: *Pipeflow Analysis, Stepenson*

Dalam perhitungan yang dilakukan baik dengan Persamaan Darcy Waisbach maupun Persamaan hazen Williams, telah digunakan kekasaran pipa baru. Tentu dengan bertambahnya usia pipa menjadi rusak sehingga kekasarannya bertambah. Dalam hal ini perubahan kekasaran pipa perlu diakomodasi. Jika dilihat di bawah mikroskop, pipa yang tampaknya halus, tampak kasar, memiliki lekuk-lekuk atau berbutir kasar.

Pengetahuan perpipaan merupakan sarana dan dasar pengetahuan di dalam perhitungan, perencanaan dan pelaksanaan perpipaan berikutnya. Hal yang perlu diketahui pada teknik perpipaan ini akan dapat dilihat pada keterangan berikut ini.

#### a. Jenis Pipa

##### 1. Pipa Plastik (PVC)

Keuntungan dari penggunaan Polivynil Chlorida (PVC) yaitu: bebas karat, tidak akan terjadi pembekuan, lebih murah, tahan terhadap asam, ringan dan gampang diangkut, permukaan licin sehingga kehilangan energi lebih rendah serta pemasangan lebih mudah. Kerugian dari penggunaan pipa PVC yaitu: tidak tahan terhadap panas, memiliki koefisien pemuaian lebih besar dan beberapa dari pipa plastik dapat mempengaruhi rasa air. Pipa ini banyak digunakan untuk penyediaan air dingin di dalam maupun diluar

sistem penyediaan air minum, sistem pembuangan, dan drainase bawah tanah. Standar ukuran pipa PVC per batang yang banyak beredar di pasaran adalah 4 meter dan 6 meter.

Jenis-jenis pipa PVC terbagi atas 3 kelas, yaitu:

a) PVC kelas AW

Jenis pipa PVC kelas AW merupakan pipa yang paling tebal dan kuat. Pipa ini mampu menahan tekanan sampai  $10 \text{ kg/cm}^2$ . Oleh karena itu penggunaannya cocok untuk aliran air bertekanan tinggi atau menggunakan pompa air.

b) PVC kelas D

Pvc kelas D biasanya digunakan untuk tekanan yang tidak terlalu besar karena ketebalannya sedang. Pipa ini mampu menahan tekanan  $5 \text{ kg/cm}^2$ . Umumnya pipa ini digunakan sebagai saluran pembuangan air rumah tangga.

c) PVC kelas C

Pipa kelas C adalah pipa yang paling tipis dari kedua pipa diatas. Pipa ini biasanya digunakan untuk buangan air atau sebagai pelindung untuk kabel listrik.

## 2. Pipa Besi Tuang

Pipa besi tuang lebih banyak digunakan sampai saat ini karena memiliki sifat tahan terhadap karat. Panjang pipa tersebut umumnya berukuran 3 sampai 6 meter. Keuntungannya adalah harga terjangkau, penyambungan mudah dan tahan lama terhadap karat. Sedangkan kerugiannya adalah mudah pecah, pada kondisi tertentu pipa ini sangat sensitif sehingga kapasitasnya dapat berkurang sampai 70%, lebih berat sehingga dalam penggunaan diameter lebih besar tidak ekonomis lagi.

## 3. Pipa Beton

Pipa beton biasa digunakan jika tidak berada dalam tekanan kebocoran pada pipa tidak terlalu dipersoalkan. Diameter pipa beton mencapai 610 mm. Pipa beton dapat bertulang atau tidak dan dapat

dicor di tempat. Keuntungannya adalah kuat memikul beban luar, biaya pemeliharaan rendah, tidak ada masalah karat, pipa dapat dicor di tempat sehingga tidak ada kesulitan transportasi. Kerugiannya yaitu pipa yang tanpa tulangan sangat mudah retak dan tidak mampu menahan tekanan yang besar, kebocoran sangat mudah terjadi akibat porosity dan retakan karena susut.

#### 4. Pipa Baja

Pipa baja umumnya digunakan pada jembatan atau keadaan dimana diperlukan pipa-pipa yang lebih ringan. Panjang pipa baja dapat bervariasi tergantung pada aplikasinya, tetapi panjang standar meliputi 20 kaki dan 40 kaki. Ukuran 1 kaki sama dengan 12 inci atau 1/3 meter (0,3048 meter).

Ukuran pipa baja dapat bervariasi tergantung pada aplikasi dan standar yang digunakan untuk menentukan ukuran. Beberapa standar umum yang digunakan untuk menentukan ukuran pipa baja termasuk sistem penjadwalan Institut Standar Nasional Amerika (ANSI), sistem Ukuran Pipa Nominal (NPS), dan sistem Diameter Luar (OD).

Dalam sistem jadwal ANSI, pipa baja diklasifikasikan menurut ketebalan dindingnya, dengan nomor jadwal yang lebih tinggi menunjukkan dinding yang lebih tebal. Nomor jadwal umum untuk pipa baja termasuk Jadwal 40, Jadwal 80, dan Jadwal 160. Dalam sistem NPS, pipa baja diklasifikasikan berdasarkan ukuran nominalnya, yang merupakan perkiraan diameter dalam pipa. Ukuran NPS umum untuk pipa baja berkisar dari 1/8 inci hingga 36 inci. Dalam sistem OD, pipa baja diklasifikasikan berdasarkan diameter luarnya. Ukuran OD umum untuk pipa baja berkisar dari 0,84 inci hingga 24 inci.

#### 5. Pipa HDPE (High Density Polyethylene)

HDPE memiliki kekuatan tensil dan gaya antar molekul yang tinggi. HDPE juga lebih keras dan bisa bertahan pada temperatur tinggi

(1200C). HDPE sangat tahan terhadap kimia. Diameter pipa berkisar antara 16 – 400 mm tetapi pipa berdiameter besar hanya digunakan jika terdapat kesulitan menyambung pipa berdiameter kecil. Pipa ini juga bisa dipakai untuk mengangkut air dalam lajur yang panjang. Panjang pipa HDPE secara umum dibagi menjadi 2 yaitu batangan dan juga gulungan (roll). Pipa HDPE dalam batangan tersedia dengan ukuran 6 meter dan 12 meter, sedangkan dalam gulungan pipa HDPE tersedia dengan ukuran 50 meter, 100 meter dan 200 meter.

#### 6. Pipa putih (GIP)

Pipa ini jauh lebih ringan dibandingkan dengan pipa besi tuang dan mudah untuk disambung. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan pipa ini yaitu keadaan tanah pada daerah pelayanan, diameter pipa yang ada dipasaran, kekuatan dan daya tahan pipa dan faktor ekonomis (Tri Joko, 2010). Panjang pipa putih (GIP) perbatang adalah 6 meter.

### b. Jenis Sambungan Pipa

#### 1. Socket

Socket adalah sambungan pipa yang berbentuk tabung dan mempunyai diameter yang sama dengan pipa yang akan disambungkan. Untuk jenisnya sendiri, sambungan pipa socket dibagi lagi menjadi enam jenis yaitu socket polos, socket drat luar, socket drat dalam, socket drat luar polos, socket drat dalam polos, dan socket drat luar dalam.

#### 2. Elbow

Elbow adalah sambungan dengan bentuk yang siku menyerupai huruf L. Sambungan tersebut fungsinya adalah untuk membelokkan sambungan. Sama seperti socket, elbow juga memiliki beberapa macam tipe di antaranya yaitu elbow polos, polos, elbow drat dalam, elbow polos drat dalam, dan elbow 45 derajat. Sementara untuk

membelokkan saluran air dengan radius yang cukup besar, dapat menggunakan sambungan elbow jenis bend.

### 3. Tee Stuck

Sambungan pipa ini memiliki bentuk yang menyerupai huruf T. Sambungan T ini berguna untuk membagi saluran ke dua arah yang berbeda. Dimana terdapat empat jenis tee stuck di antaranya adalah tee stuck polos, tee stuck drat, doubel tee stuck dan Y stuck.

### 4. Reducer

Seperti namanya, reducer ialah sambungan pipa yang berperan sebagai peredam saluran air dengan mengcilkan aliran yang berada di dalamnya. Reducer sendiri dibagi menjadi dua jenis yang berbeda yaitu reducer elbow yang beguna untuk memperkecil aliran yang dibelokkan dan reducer socket yang memperkecil aliran pada socket.

### 5. Cross

Cross adalah jenis sambungan pipa yang berguna untuk membagi saluran air menjadi tiga arah yang sama rata, yaitu ke arah kanan, kiri dan juga tengah.

### 6. Penutup

Sambungan pipa ini memiliki dua fungsi yang berbeda. Pertama, sebagai dop dimana menjadi penutup di ujung aliran. Serta, menjadi plug yang berfungsi sebagai penutup yang dikhususkan untuk menutup sambungan pipa.

### 7. Adapter

Sambungan pipa adapter berfungsi untuk menghubungkan dua buah pipa atau lebih dengan ukuran diameter yang berbeda antara satu dengan yang lainnya. Sesuai namanya, sambungan ini menyesuaikan dengan diameter pipa yang berlainan tersebut.

### 8. Nipple

Sambungan pipa nipple yang juga disebut dengan hexagonal karena bentuk penampangnya adalah segi enam. Nipple atau hexagonal ini berfungsi untuk mengencangkan pipa yang digunakan.

Adapun pertimbangan pemilihan jaringan perpipaan untuk distribusi air bersih meliputi :

1. Kriteria perencanaan
    - a. Kecepatan aliran rata-rata dalam pipa
    - b. Jalur perpipaan harus diatur sebagai berikut :
      - Terletak ditanah pemerintah atau umum
      - Pipa yang menyebrangi jalan umum harus dilindungi
      - Setiap sambungan harus diberi bantalan yang ukurannya disesuaikan dengan kebutuhan
      - Tekanan yang terjadi dalam pipa tidak boleh melebihi 70% tekanan pipa yang dizinkan.
      - Tekanan minimum pipa pada pipa induk yaitu  $1 \text{ kg/cm}^3$

## 2. Klasifikasi jaringan perpipaan

Jaringan perpipaan air bersih dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

#### 1) Pipa induk (pipa utama/primer)

Dengan menggunakan trial and error untuk menentukan diameter pipa induk dengan persamaan sebagai berikut:

## Keterangan:

D = Diameter pipa (m)

$V$  = Kecepatan aliran ( $m^3/\text{detik}$ )

$Q$  = Debit aliran yang tersedia (liter/detik)

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

Setelah mendapat nilai luas penampang maka harus dihitung luas penampang (A) dengan persamaan berikut:

Setelah mendapat nilai kecepatan aliran maka kehilangan tekanan dihitung dengan persamaan:

$$HF = \frac{10,67 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} \dots \dots \dots \quad (10)$$

HF = kehilangan tekanan

L = Panjang pipa

**Q = Debit dalam m<sup>3</sup>/detik**

C = Koefisien Hazen William

D = Diameter pipa

- 2) Pipa cabang (pipa sekunder)
  - 3) Pipa pelayanan (pipa tersier)

**Tabel 2.7** Kriteria Pipa Distribusi

No	Uraian	Notasi	Kriteria
1	Debit Perencanaan	Q Puncak	Kebutuhan air jam puncak
2	Faktor Jam Puncak	F Puncak	1,15-3
3	Kecepatan aliran dalam pipa a. Kecepatan Minimum b. Kecepatan maksimum Pipa PVC atau ACP Pipa Baja atau DCIP	V min V max V max	0,3-0,6 m/det 3,0-4,5 m/det 6,0 m/det
4	Tekanan air dalam pipa a. Tekanan minimum b. Tekanan maksimum - Pipa PCV atau ACP	H min H max	(0,5-1,0)atm, pada titik jangkuan pelayanan terjangkau 6-8 atm

No	Uraian	Notasi	Kriteria
	- Pipa baja atau SCIP - Pipa PE 100 - Pipa PE 80	H max	10 arm
		H max	12,4 mpa
		H max	9 mpa

Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum, 2007

## 2.11 Persyaratan Dalam Penyediaan Air Bersih

Penyediaan air bersih melibatkan berbagai persyaratan untuk memastikan bahwa air yang disuplai aman, cukup, dan berkelanjutan. Air bersih yang digunakan untuk kebutuhan domestik maupun non domestik harus memenuhi persyaratan dari segi kualitas, kuantitas, kontinuitas, maupun tekanan air. Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air bersih yang dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari . Kebutuhan nondomestik adalah kebutuhan air bersih yang dimanfaatkan untuk rumah sakit, perkantoran, sekolah, dan lain-lain. Jumlah penggunaan air untuk kebutuhan non domestik adalah sebesar 20 % dari total kebutuhan domestik. Adapun persyaratan air bersih yang dimaksud sebagai berikut:

### 2.11.1 Persyaratan Kualitas Air Bersih

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum bila dimasak. Syarat-syarat air minum adalah: tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Air minum juga seharusnya tidak mengandung kuman patogen yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan tidak mengandung zat kimia yang dapat mengubah fungsi tubuh, tidak dapat diterima secara estetis, dan dapat merugikan secara ekonomis.

### 2.11.2 Persyaratan Kuantitas (Debit)

Kuantitas air bersih sangat erat kaitannya dengan banyak atau sedikitnya jumlah air yang tersedia. Air yang tersedia tersebut dimanfaatkan untuk keperluan penduduk setempat. Persyaratan kuantitas air bersih dapat dilihat dari debit air bersih yang diterima oleh konsumen, di mana debit

tersebut sesuai dengan kebutuhan air bersih yang diperlukan. Konsumsi air bersih yang dimanfaatkan oleh konsumen bervariasi, menurut letak kondisi daerah, kebudayaan, dan sektor perekonomian. Jumlah konsumsi air dibedakan menurut kategori kota tempat tinggal seperti diperlihatkan pada berikut.

**Tabel 2.8** Komsumsi air di bedakan menurut kategori Kota

Kategori Kota	Keterangan	Jumlah Penduduk (Orang)	Konsumsi Air (Ltr/org/Hari)
I	Kota Metropolitan	1.000.000	190
II	Kota Besar	500.000 – 1.000.000	170
III	Kota Sedang	100.000 – 500.000	150
IV	Kota Kecil	20.000 – 100.000	130
V	Desa	20.000	100

*Sumber : Ditjen Cipta Karya DPU, Tahun 2000*

### 2.11.3 Persyaratan Kontinuitas

Kontinuitas air bersih adalah air yang dimanfaatkan oleh penduduk terjamin kebutuhannya selama 24 jam tanpa ada kendala dalam perolehan air bersih tersebut. Namun kontinuitas air bersih tidak dapat dijadikan suatu jaminan bahwa aliran air 100 % lancar pada beberapa daerah di Indonesia. Oleh karena itu, perlu adanya ketentuan mengenai pemakaian air yaitu minimal 12 jam per hari yang diterapkan pada saat aktivitas kehidupan padat yaitu mulai dari pukul 06.00 – 18.00 WIB. Distribusi aliran air yang baik adalah jika terpenuhi waktu pengaliran minimal 8 jam sehari.

### 2.11.4 Persyaratan Tekanan Air

Cepat atau lambatnya jumlah air yang dialirkan kepada konsumen sangat erat kaitannya dengan kecepatan aliran air. Kecepatan aliran air tersebut harus direncanakan dengan tepat agar air tersebut dapat menjangkau seluruh area pelayanan. Pipa transmisi dan pipa distribusi

dirancang sedemikian rupa untuk mengalirkan air dari induk ke konsumen dengan tekanan air minimum sebesar 1 atm. Tekanan tersebut harus dijaga supaya dapat merata ke semua pipa distribusi dan tekanan yang dirancang tidak boleh terlalu tinggi dengan tujuan untuk menghindari pecahnya pipa. Tekanan yang rendah dapat menyebabkan kontaminasi air dalam pipa distribusi.

## **2.12 Dampak Sosial dan Ekonomi**

1. Dampak Kesehatan Masyarakat
  - a. Pengaruh Kualitas Air: Hubungan antara kualitas air dan kesehatan masyarakat, termasuk risiko penyakit yang terkait dengan konsumsi air yang tercemar.
  - b. Peran Pendidikan dan Kesadaran: Upaya untuk meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya kualitas air dan cara menjaga kesehatan melalui konsumsi air bersih.
2. Dampak Ekonomi
  - a. Biaya dan Manfaat: Analisis biaya sistem distribusi air bersih dibandingkan dengan manfaat ekonomi yang diperoleh, termasuk penghematan biaya kesehatan dan peningkatan produktivitas.
  - b. Akses dan Keterjangkauan: Evaluasi bagaimana biaya distribusi mempengaruhi aksesibilitas air bersih bagi masyarakat, terutama di daerah terpencil atau berpendapatan rendah.

## **2.13 Kebijakan dan Regulasi**

1. Kebijakan Pengelolaan Air
  - a. Regulasi Nasional dan Lokal: Kebijakan dan peraturan yang mengatur pengelolaan dan distribusi air bersih.
  - b. Strategi Pengelolaan Sumber Daya Air: Pendekatan untuk pengelolaan berkelanjutan sumber daya air dan distribusi yang adil.
2. Inovasi dan Teknologi

- a. Teknologi Baru: Inovasi dalam teknologi distribusi air, seperti sensor pintar, teknologi pemantauan jarak jauh, dan sistem manajemen berbasis data.
- b. Praktik Terbaik: Praktik terbaik dalam desain dan pengelolaan sistem distribusi air yang efektif.

## 2.14 Ukuran Pipa

Ketersediaan pipa untuk perencanaan distribusi air bersih pada pipa tipe PVC dan HDPE.

**Tabel 2.9** Ukuran Pipa PCV

<b>Diameter</b>		<b>Tebal Dinding (mm)</b>	<b>Diameter Dalam (mm)</b>	<b>Panjang (m)</b>
<b>Inch</b>	<b>mm</b>			
1/2"	22	1,5	19	4
3/4"	26	1,8	22,4	4
1"	32	2	28	4
1-1/4"	42	2,3	37,4	4
1-1/2"	48	2,3	43,4	4
2"	60	2,3	55,4	4
2-1/2"	76	2,6	70,8	4
3'	89	3,1	82,8	4
4"	114	4,1	105,8	4
5"	140	5,4	129,2	4
6"	165	6,4	152,2	4
8"	216	8,3	199,4	4
10"	267	10,3	246,4	4
12"	318	12,2	293,6	4

*Sumber : Ragampipa.com*

**Tabel 2.10** Ukuran Pipa HDPE

Diameter		Tebal Roll (cm)	Diam. Roll (cm)	Panjang / Roll (m)
Inch	mm			
1/2"	20	15	78	50
1/2"	20	30	80	100
3/4"	25	30	95	100
1"	32	30	100	100
1"	32	45	110	200
1-1/4"	40	35	120	100
1-1/2"	50	30	140	50
1-1/2"	50	40	150	100
2"	63	37	186	100
2-1/2"	75	40	210	100
3"	90	40	230	50
3"	90	40	240	100
4"	100	35	310	50
4"	100	40	350	100

Sumber : *Pipa-hdpe.id*