

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Sumber Air.**

Menurut Sutirto Jatayu seperti telah diketahui bahwa sumber air merupakan bagian dari suatu siklus air yaitu siklus yang selalu kontinu antara air laut dan daratan yang berlangsung terus menerus. Tetapi siklus air ini tidak merata karena melihat perbedaan besar dari tahun ke tahun, dari musim ke musim yang berikutnya juga dari wilayah ke wilayah yang sirkulasi air ini juga di pengaruhi oleh kondisi meterologi yaitu suhu, tekanan atmosfer, angin dan kondisi topografi. Secara umum sumber air dapat dikategorikan :

##### **2.1.1 Air Angkasa atau Air Hujan.**

Air hujan adalah air yang sudah terkondensasi dan jatuh ke permukaan bumi, air hujan ini tidak selalu berupa zat cair tetapi juga berupa zat padat (hujan es/ salju).

##### **2.1.2 Air Permukaan.**

Air permukaan ini adalah air yang berada di permukaan tanah dan berasal dari air hujan, air tanah yang mengalir ke permukaan atau berasal dari air buangan. Air permukaan ini berasal dari :

1. Air hujan yang mengalir ke permukaan bumi dan berkumpul pada suatu tempat yang relative rendah seperti sungai, danau dan laut.
2. Air tanah yang mengalir ke permukaan bumi, misalnya air dari mata air yang mengalir ke permukaan bumi.

##### **2.1.3 Air Tanah.**

Air tanah merupakan air hujan atau air permukaan yang meresap kedalam tanah dan bergabung membentuk lapisan air tanah yang disebut "*Aquifer*", air tanah ini dapat di bedakan menjadi :

1. Air Tanah Dangkal.

Air tanah dangkal berasal dari air hujan atau air permukaan yang meresap sampai batas muka air yang berada diatas lapisan kedap air, mempunyai kedalaman < 50 m dan lokasinya di temui berdekatan dengan sumber air permukaan, air tanah dangkal ini merupakan serapan dari serapan air permukaan.

2. Mata Air.

Aliran air yang mengalir pada lapisan tanah berpasir atau kerikil melalui celah lapisan batu. Bila aliran air ini terhalang dengan lapisan kedap air berupa tanah liat, tanah padat, batu atau cadas maka air ini akan mengalir ke permukaan tanah yang disebut mata air.

Secara garis besar mata air dapat di bedakan / di klasifikasikan menjadi:

a. Mata Air Gravitasi.

Menurut Rosidi H.M.D, 1975 mata air ini terjadi dalam *aquifer* air tanah dangkal dimana permukaan air tanah berada diatas permukaan air tanah. Hal ini dapat terjadi akibat turun naiknya lapisan permukaan tanah (mata air depresi gravitasi) atau akibat aliran air yang terhalang lapisan kedap air, sehingga air naik kepermukaan tanah (mata air gravitasi peluapan).

b. Mata Air Arthesis.

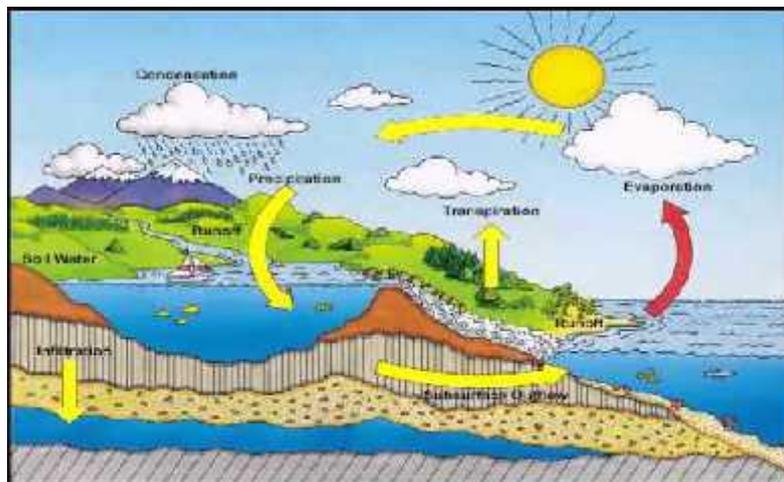
Mata air ini muncul di permukaan bumi dibawah tekanan hidrolis, hal ini akibat aliran air tanah terhalang mengikuti permukaan air sebagai akibat adanya lapisan kedap air diatas aliran air tersebut, serta aliran air ini selalu dibawah tekanan.

Mata air arthesis ini dapat di bedakan menjadi :

- 1) Mata air *depresi arthesis* terjadi karena akibat turun naiknya lapisan tanah.
- 2) Mata air *celah arthesis* mengalir melalui celah.
- 3) Mata air *peluapan arthesis* akibat terhalang lapisan.

#### 2.1.4 Siklus Hidrologi.

Ketersediaan air di daratan bumi dapat tetap terjaga karena adanya hujan. Hujan terjadi karena adanya suatu mekanisme alam yang berlangsung secara siklus dan terus menerus



**Gambar 2.1 Siklus Hidrologi**

*Sumber : Wilson, 1990*

Siklus hidrologi adalah salah satu dari 6 siklus biogeokimia yang berlangsung di bumi. Siklus hidrologi adalah suatu siklus atau sirkulasi air dari bumi ke atmosfer dan kembali lagi ke bumi yang berlangsung secara terus menerus (Wilson, 1990). Siklus

hidrologi memegang peran penting bagi kelangsungan makhluk hidup bumi. Melalui siklus ini, ketersediaan air di daratan bumi dapat tetap terjaga, mengingat teraturnya suhu lingkungan, cuaca, hujan, dan keseimbangan ekosistem bumi dapat tercipta karena proses siklus hidrologi ini.

Air laut menguap akibat dari penyinaran matahari, dan awan uap air bergerak melewati daratan. Pencurahan terjadi berupa salju, butiran es dan hujan diatas daratan, dan air pun mulai kembali ke laut. Salju dan butiran es adalah simpanan air sementara. Hujan yang terjadi di permukaan diserap oleh tumbuhan dan menguap kembali ke udara. Sebagian air dari hujan ada yang meresap ke tanah dan bergerak ke bawah atau masuk kedalam jalur air tanah.

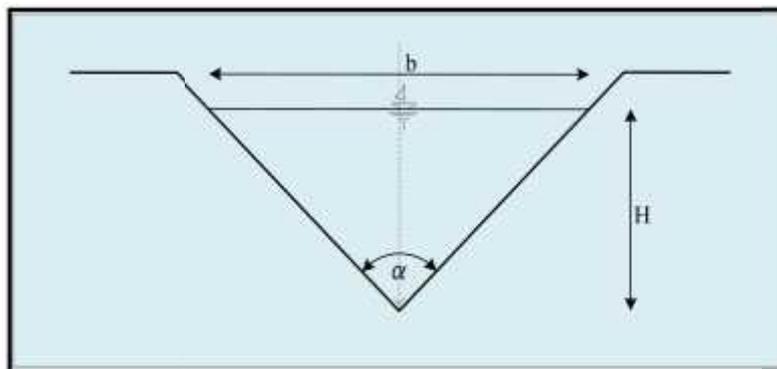
Air dalam jalur ini perlahan-lahan melalui lapisan pembawa air ke alur sungai atau kadang-kadang langsung ke laut. Air yang ada di bawah tanah memberikan energi kehidupan untuk tumbuhan yang ada di permukaan. Air yang tertinggal di permukaan ada sebagian yang menguap kembali tetapi sebagian besar masuk ke dalam alur sungai. Permukaan sungai dan danau pun menguap dan makin banyak lagi dipindahkan dari alur sungai menuju ke laut. Air tanah, bergerak lebih perlahan lahan, kemungkinan masuk ke dalam air sungai di dekat garis pantai dan merembes ke laut. Dan seluruh siklus ini pun berulang lagi.

## 2.2 Pengukuran Debit Air.

Debit adalah sejumlah besar volume air yang mengalir dengan sejumlah sedimen padatan sedimen padatan, mineral terlarut dan bahan biologis lainnya yang ikut bersamanya melalui penampang melintang tertentu.

### 2.2.1 Alat pengukur debit *Thomson*

Alat ukur debit *Thomson* adalah pengukur debit yang berdasarkan peluapan sempurna ambang tipis berbentuk segi tiga siku-siku. Alat ukur ini kecil, biasanya digunakan pada laboratorium atau di perkebunan.



**Gambar 2.2 Alat Ukur Debit *Thomson***

*Sumber: Klaas,Dua, 2009*

Pengukuran debit *Thomson* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q = 1,40 H^{5/2} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

Q = Debit (m<sup>3</sup>/det)

H = Tinggi Saluran (meter)

= 90°

b = 2.H

C = 0,60

g = 9,81 m/s<sup>2</sup>

### 2.2.2 Pengukuran Debit Sederhana

Pengukuran debit dengan cara sederhana dapat dibedakan dalam dua macam metode yaitu:

#### a. Metode Wadah

Metode ini hanya bisa digunakan bila seluruh aliran air bisa ditampung dalam wadah tertentu yang sudah diketahui volumenya, misalnya air yang keluar dari mata air melalui sebuah pipa dapat ditampung dalam wadah dengan catatan waktu menggunakan *stop watch*. Langkah-langkah cara pengukuran sederhana melalui wadah yaitu:

- 1) Hidupkan *stop watch* tepat pada saat wadah yang disimpan untuk menampung air.
- 2) Matikan *stop watch* tepat pada saat wadah terisi penuh.

Cara perhitungan pengukuran debit dengan wadah adalah sebagai berikut:

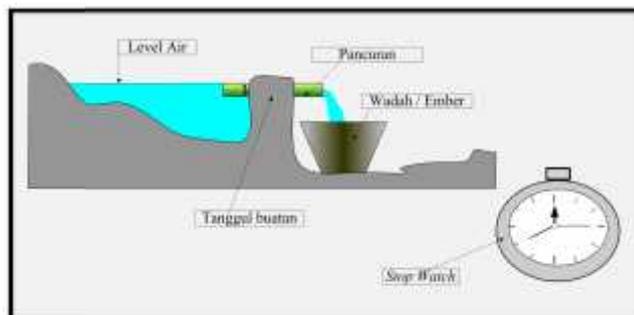
$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

Q = Debit (lt/det)

V = Volume wadah (lt)

t = Waktu (det)



Gambar 2.3 Cara Pengukuran Debit dengan Wadah

Sumber : Google 2019

b. Metode Benda Apung

Pengukuran melalui Metode Benda Apung dapat terjadi jika pada lokasi yang baik pada beban air dengan lebar, kedalaman dan kecepatan yang dianggap tetap sepanjang 5 meter. Disamping itu juga harus diperhatikan agar tidak ada rintangan, halangan atau gangguan lainnya sampai tempat pengamatan dihilir.

Cara pengukuran debit dengan Metode Benda Apung yaitu pertama jatuhkan bola pingpong yang diisi air seperempatnya atau ranting kering ditengah sungai pada bagian hulu bersamaan dengan itu hidupkan *stop watch*.

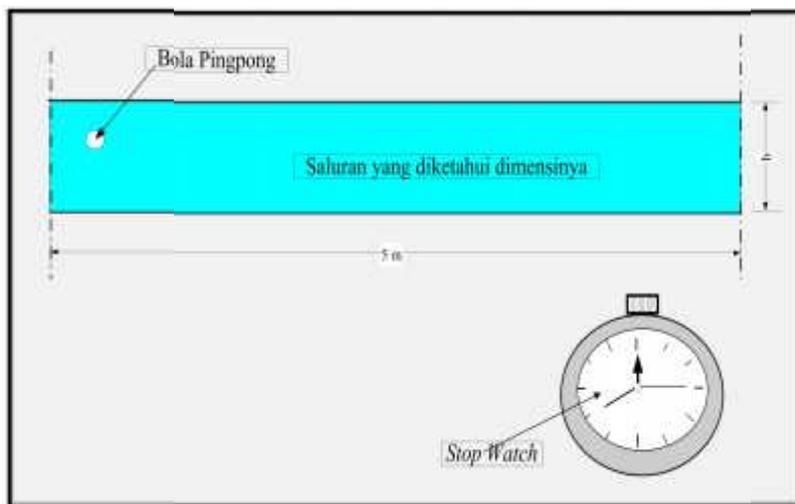
Kemudian hentikan *stop watch* ketika bola pingpong atau ranting kering melewati titik pengamatan dihilir, disamping itu juga jarak antara bagian hulu dan hilir harus diukur. Terakhir ukur lebar dan kedalaman air di beberapa titik penampang aliran.

Cara perhitungan pengukuran debit dengan benda apung adalah sebagai berikut:

$$Q = A.V \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

- Q = Debit (lt/det)
- A = Luas Penampang (m<sup>2</sup>)
- V = Kecepatan aliran (m/det)



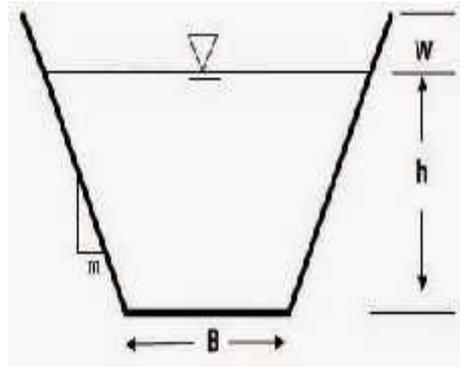
**Gambar 2.4 Cara Pengukuran Debit dengan Benda Apung**

Sumber : Google 2019

$$A = (B+mh)h\dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

- A = Luas Penampang (m<sup>2</sup>)
- B = Lebar dasar saluran (m)
- h = Tinggi muka air (m)
- m = Kemiringan dinding saluran



**Gambar 2.5**Bentuk Saluran Trapesium

Sumber : Google 2019

$$V = \frac{L}{t} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

V = kecepatan aliran (m<sup>3</sup>/det).

L = jarak (m).

t = waktu (det).

### 2.3 Ketersediaan Air Menggunakan Metode FJ Mock.

Potensi ketersediaan air dalam metode ini berdasarkan analisa data curah hujan, klimatologi, topografi serta faktor pendukung lain dengan mengukur debit andalan. Debit andalan merupakan debit minimum rata-rata tengah bulanan. Debit minimum rata-rata tengah bulanan didasarkan pada debit minimum rata-rata tengah bulan untuk kemungkinan dapat terpenuhinya 20% kebutuhan. Sebagai harga praktis dalam praktek dapat diandaikan kehilangan debit sebesar 10%.

Untuk menghitung besar debit andalan dengan menggunakan metode “Mock” adalah sebagai berikut : Metode Mock memperhitungkan data curah hujan, evapotranspirasi, dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran sungai. Hasil dari permodelan ini dapat dipercaya jika ada debit pengamatan sebagai pembandingan. Oleh karena keterbatasan data di daerah studi maka proses pembandingan akan dilakukan terhadap catatan debit di stasiun pengamat muka air.

Data dan asumsi yang diperlukan untuk perhitungan metode Mock adalah sebagai berikut:

#### 2.3.1 Data Curah Hujan.

Data curah hujan yang digunakan adalah curah hujan harian (minimal 10 tahun). Stasiun curah hujan yang dipakai adalah stasiun yang dianggap mewakili kondisi hujan di daerah tersebut.

### **2.3.2 Data Iklim.**

Data-data iklim yang diperlukan untuk perhitungan ini adalah yang berkenaan dengan :

- 1) Temperatur : harian maksimum, minimum dan rata-rata
- 2) Kelembapan relatif
- 3) Sinar matahari : lamanya dalam sehari
- 4) Angin : kecepatan dan arah
- 5) Evaporasi : catatan harian

Data-data klimatologi di atas adalah standar bagi stasiun-stasiun agrometeorologi. Jangka waktu pencatatan untuk keperluan analisis yang cukup tepat dan andal adalah minimal 10 tahun atau lebih hal ini dapat mempengaruhi dalam perhitungan rata-rata iklim. Data data ini digunakan untuk perhitungan evapotranspirasi.

### **2.3.3 Evapotranspirasi.**

Evapotranspirasi adalah penguapan air keseluruhan yang terjadi di seluruh permukaan bumi, baik yang terjadi pada badan air dan tanah, maupun pada jaringan makhluk hidup. Evapotranspirasi merupakan gabungan antara evaporasi dan transpirasi. Dalam siklus hidrologi, laju evapotranspirasi ini sangat mempengaruhi jumlah uap air yang terangkut ke atas permukaan atmosfer.

Analisis mengenai evaporasi diperlukan untuk menentukan besarnya evapotranspirasi tanaman yang kelak akan dipakai untuk menghitung kebutuhan air irigasi dan, kalau perlu untuk studi neraca air di daerah aliran sungai. Studi ini mungkin dilakukan bila tidak tersedia data aliran dalam jumlah yang cukup.

Data-data iklim yang diperlukan untuk perhitungan ini adalah yang berkenaan dengan :

- 1) Temperatur : harian maksimum, minimum dan rata-rata
- 2) Kelembapan relatif
- 3) Sinar matahari : lamanya dalam sehari
- 4) Angin : kecepatan dan arah
- 5) Evaporasi : catatan harian

Salah satu metode yang digunakan untuk menghitung Evapotranspirasi adalah dengan metode Penman Modifikasi. Metode ini memerlukan input data meteorologi berupa : temperatur, kelembapan udara, radiasi matahari dan kecepatan angin.

Metode Penman Modifikasi memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan metode-metode yang lain. Sedang metode Panci Evaporasi lebih banyak digunakan karena mudah. (Wilson, 1993)

Perhitungan  $ET_0$  dengan menggunakan persamaan Penman Modifikasi, dilakukan dengan menyelesaikan persamaan sebagai berikut (Dinas PU KP-01,1986) :

Koreksi data

$$T = (T - 0,006 \times H) \dots\dots\dots(2.6)$$

$$n = (n - 0,010 \times H)$$

Analisa data

ea = dapat dilihat pada tabel tekanan uap air (ea) dalam mbar suhu udara Rata-rata.

$$ed = ea \times \text{Kelembaban Relatif (RH)} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$f(U) = 0,27 \{ 1 + (U/100) \} \dots\dots\dots(2.8)$$

1-W = dapat dilihat pada tabel harga faktor (1-W) karena pengaruh kecepatan angin dan kelembaban pada temperatur dan ketinggian yang berbeda.

Ra = dapat dilihat pada tabel radiasi RA pada garis lintang yang berbeda

$$n = (n \text{ koreksi data} : 100 : 12,08) \dots\dots\dots(2.9)$$

N = dapat dilihat pada tabellamanya penyinaran matahari rata-rata maksimum (N) yang mungkin terjadi untuk bulan dan garis lintang yang berbeda

$$Rs = (0,25 + 0,5 \times n/N) \times Ra \dots\dots\dots(2.10)$$

f(T) = dapat dilihat pada tabel pengaruh temperatur f(T) pada radiasi gelombang panjang (Rn1).

f(ed) = dapat dilihat pada tabel pengaruh tekanan jenuh uap air (ed) pada radiasi gelombang panjang (Rn1).

f(n/N) = dapat dilihat pada tabel pengaruh f(n/N) pada radiasi gelombang panjang (Rn1).

$$Rn1 = f(T) \cdot f(ed) \cdot f(n/N) \dots\dots\dots(2.11)$$

$$Rns = (1 - a) \cdot Rs \dots\dots\dots(2.12)$$

$$Rn = Rns - Rn1 \dots\dots\dots(2.13)$$

c = dapat dilihat pada tabel faktor perkiraan musim (c)

$$ET_0 = c \{ W \cdot Rn + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (ea - ed) \} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

ea = Tekanan uap udara pada temperatur rata-rata (mbar).

ed = Tekanan uap udara dalam keadaan jenuh (mbar)

f(u) = Faktor kecepatan angin (Km/jam)

W = Faktor temperatur

Ra = Radiasi matahari (mm/hari)

n = Rata-rata lama cahaya matahari yang sebenarnya (jam/hari)

- N = Lama matahari maksimum yang mungkin (jam/hari)
- n/N = Presentasi penyinaran matahari (%)
- Rs = Radiasi gelombang pendek
- f(T) = Pengaruh temperatur
- Rn1 = Radiasi netto gelombang panjang
- Rn = Radiasi netto (%)
- c = Faktor perkiraan musim
- ET<sub>0</sub> = Evapotranspirasi potensial (mm/hari)

Berikut data-data terukur untuk perhitungan evaporasi potensial metode Penman Modifikasi, yaitu :

1. T, temperatur/suhu bulanan rerata (°C)
2. RH, kelembaban relatif bulanan rerata (%)
3. n/N, kecerahan matahari bulanan rerata (%)
4. U, kecepatan angin bulanan rerata (m/detik)
5. LL, letak lintang daerah yang ditinjau
6. c, angka koreksi Penman

**Tabel 2.1 Harga Faktor (1-W) Karena Pengaruh Kecepatan Angin dan Kelembaban pada Temperatur dan Ketinggian yang Berbeda.**

| (1-W) pada Ketinggian | 0    | 500  | 1000 | 2000 | 3000 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|
| 2                     | 0,57 | 0,56 | 0,54 | 0,51 | 0,48 |
| 4                     | 0,54 | 0,56 | 0,51 | 0,48 | 0,45 |
| 6                     | 0,51 | 0,52 | 0,48 | 0,45 | 0,42 |
| 8                     | 0,46 | 0,49 | 0,45 | 0,42 | 0,39 |
| 10                    | 0,45 | 0,46 | 0,42 | 0,39 | 0,36 |
| 12                    | 0,42 | 0,43 | 0,39 | 0,36 | 0,34 |
| 14                    | 0,39 | 0,40 | 0,36 | 0,34 | 0,31 |

|    |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|
| 16 | 0,36 | 0,38 | 0,34 | 0,31 | 0,29 |
| 18 | 0,34 | 0,35 | 0,31 | 0,29 | 0,27 |
| 20 | 0,31 | 0,33 | 0,29 | 0,27 | 0,25 |
| 22 | 0,29 | 0,30 | 0,27 | 0,25 | 0,23 |
| 24 | 0,27 | 0,28 | 0,25 | 0,23 | 0,21 |
| 26 | 0,25 | 0,26 | 0,23 | 0,21 | 0,19 |
| 28 | 0,23 | 0,24 | 0,21 | 0,19 | 0,18 |
| 30 | 0,22 | 0,22 | 0,2  | 0,18 | 0,16 |
| 32 | 0,2  | 0,21 | 0,18 | 0,16 | 0,15 |
| 34 | 0,18 | 0,19 | 0,17 | 0,15 | 0,14 |
| 36 | 0,17 | 0,16 | 0,15 | 0,14 | 0,13 |
| 38 | 0,16 | 0,15 | 0,14 | 0,13 | 0,12 |

Sumber : Crop Water Requirements, Food And Agricultur Organization, Revised 1973

**Tabel 2.2 Harga Faktor W untuk Pengaruh Radiasi pada Temperatur dan Ketinggian yang Berbeda.**

| Temperatur ( C) |        | 2    | 4    | 6    | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   | 26   | 28   | 30   | 32   | 34   | 36   | 38   | 40   |
|-----------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ketinggian z m  | 0 m    | 0,43 | 0,46 | 0,49 | 0,52 | 0,55 | 0,58 | 0,61 | 0,64 | 0,66 | 0,69 | 0,71 | 0,73 | 0,75 | 0,77 | 0,78 | 0,80 | 0,82 | 0,83 | 0,84 | 0,85 |
|                 | 500 m  | 0,44 | 0,48 | 0,51 | 0,54 | 0,57 | 0,60 | 0,62 | 0,65 | 0,67 | 0,70 | 0,72 | 0,74 | 0,76 | 0,78 | 0,79 | 0,81 | 0,82 | 0,84 | 0,85 | 0,86 |
|                 | 1000 m | 0,46 | 0,49 | 0,52 | 0,55 | 0,58 | 0,61 | 0,64 | 0,66 | 0,69 | 0,71 | 0,73 | 0,75 | 0,77 | 0,79 | 0,80 | 0,82 | 0,83 | 0,85 | 0,86 | 0,87 |
|                 | 2000 m | 0,49 | 0,52 | 0,55 | 0,58 | 0,61 | 0,64 | 0,66 | 0,69 | 0,71 | 0,73 | 0,75 | 0,77 | 0,79 | 0,81 | 0,82 | 0,84 | 0,85 | 0,86 | 0,87 | 0,88 |

Sumber : Crop Water Requirements, Food And Agricultur Organization, Revised 1973

**Tabel 2.3Radiasi RA pada garis lintang yang berbeda**

| LS | Jan  | Feb  | Mar  | Apr  | Mei  | Jun  | Jul  | Agu  | Sep  | Okt  | Nov  | Des   |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 14 | 16,7 | 16,4 | 15,3 | 13,7 | 12,1 | 11,2 | 11,6 | 12,9 | 14,5 | 15,8 | 16,5 | 16,60 |
| 12 | 16,6 | 16,3 | 15,4 | 14,0 | 12,5 | 11,6 | 12,0 | 13,2 | 14,7 | 15,8 | 16,4 | 16,50 |
| 10 | 16,4 | 16,3 | 15,5 | 14,2 | 12,8 | 12,0 | 12,4 | 13,5 | 14,8 | 15,9 | 16,2 | 16,20 |
| 8  | 16,1 | 16,1 | 15,5 | 14,4 | 13,1 | 12,4 | 12,7 | 13,7 | 14,9 | 15,8 | 16,0 | 16,00 |
| 6  | 15,8 | 16,0 | 15,6 | 14,7 | 13,4 | 12,8 | 13,1 | 14,0 | 15,0 | 15,7 | 15,8 | 15,70 |
| 4  | 15,5 | 15,8 | 15,6 | 14,9 | 13,8 | 13,1 | 13,4 | 14,3 | 15,1 | 15,6 | 15,5 | 15,40 |
| 2  | 15,3 | 15,7 | 15,7 | 15,1 | 14,1 | 13,5 | 13,7 | 14,5 | 15,3 | 15,5 | 15,3 | 15,10 |
| 0  | 15,0 | 15,5 | 15,7 | 15,3 | 14,4 | 13,9 | 14,1 | 14,8 | 15,4 | 15,4 | 15,1 | 14,80 |

Sumber : Crop Water Requirements, Food And Agricultur Organization, Revised 1973

**Tabel 2.4 Tekanan Uap Air (ea) dalam mbar Suhu Udara Rata-rata.**

| Temperatur ( C) | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ae (mbar)       | 6,1  | 6,6  | 7,1  | 7,6  | 8,1  | 8,7  | 9,8  | 10,0 | 10,7 | 11,5 | 12,3 | 13,1 | 14,0 | 15,0 | 16,1 | 17,0 | 18,2 | 19,4 | 20,6 | 22,0 |
| Temperatur ( C) | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | 25   | 26   | 27   | 28   | 29   | 30   | 31   | 32   | 33   | 34   | 35   | 36   | 37   | 38   | 39   |
| ae (mbar)       | 23,4 | 24,9 | 26,4 | 28,1 | 29,8 | 31,7 | 33,6 | 35,7 | 37,8 | 40,1 | 42,4 | 44,9 | 47,6 | 50,3 | 53,2 | 56,2 | 59,4 | 62,8 | 66,3 | 69,9 |

Sumber : Crop Water Requirements, Food And Agricultur Organization, Revised 1973

**Tabel 2.5 Pengaruh Tekanan Jenuh Uap Air (ed) pada Radiasi Gelombang Panjang (Rn1).**

| ed (mbar) | 6    | 8    | 10  | 12  | 14   | 16   | 18   | 20  | 22   | 24   | 26  | 28  | 30  | 32   | 34   | 36   | 38   | 40   |
|-----------|------|------|-----|-----|------|------|------|-----|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| F (ed)    | 0,23 | 0,22 | 0,2 | 0,2 | 0,18 | 0,16 | 0,16 | 0,1 | 0,13 | 0,12 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,09 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,07 |

Sumber : Crop Water Requirements, Food And Agricultur Organization, Revised 1973

**Tabel 2.6 Pengaruh Temperatur f(T) pada Radiasi Gelombang Panjang (Rn1).**

|                 |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Temperatur ( C) | 0  | 2    | 4    | 6    | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20 | 22   | 24   | 26   | 28   | 30   | 32   | 34   | 36   |
| F (T)           | 11 | 11,4 | 11,7 | 12,0 | 12,4 | 12,7 | 13,1 | 13,5 | 13,8 | 14,2 | 15 | 15,0 | 15,4 | 15,9 | 16,3 | 16,7 | 17,1 | 17,5 | 17,8 |

Sumber : Crop Water Requirements, Food And Agricultur Organization, Revised 1973

**Tabel 2.7 Pengaruh f(n/N) pada Radiasi Gelombang Panjang (Rn1).**

|         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| n/N     | 0    | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,35 | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,65 | 0,70 | 0,75 | 0,80 | 0,85 | 0,90 | 0,95 | 1,00 |
| F (n/N) | 0,10 | 0,15 | 0,19 | 0,24 | 0,28 | 0,33 | 0,37 | 0,42 | 0,46 | 0,51 | 0,55 | 0,60 | 0,64 | 0,69 | 0,73 | 0,78 | 0,82 | 0,87 | 0,91 | 0,96 | 1,00 |

Sumber : Crop Water Requirements, Food And Agricultur Organization, Revised 1973

**Tabel 2.8 Lamanya Penyinaran Matahari Rata-rata Maksimum (N) yang Mungkin Terjadi untuk Bulan dan Garis Lintang yang Berbeda**

| LS | Jan   | Feb   | Mar   | Apr   | Mei   | Jun   | Jul   | Agu   | Sep   | Okt   | Nov   | Des   |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 30 | 13,90 | 13,20 | 12,40 | 11,50 | 10,60 | 10,20 | 11,10 | 11,10 | 12,00 | 12,90 | 13,60 | 14,00 |
| 25 | 13,50 | 13,00 | 12,30 | 11,60 | 10,90 | 10,60 | 11,00 | 11,50 | 12,00 | 12,70 | 13,30 | 13,70 |
| 20 | 13,20 | 12,80 | 12,30 | 11,70 | 11,30 | 10,90 | 11,30 | 11,60 | 12,00 | 12,60 | 13,10 | 13,30 |
| 15 | 12,90 | 12,60 | 12,20 | 11,80 | 11,40 | 11,20 | 11,30 | 11,60 | 12,00 | 12,50 | 12,80 | 13,00 |
| 10 | 12,60 | 12,40 | 12,10 | 11,80 | 11,60 | 11,50 | 11,60 | 11,80 | 12,00 | 12,30 | 12,60 | 12,70 |
| 5  | 12,30 | 12,30 | 12,10 | 12,00 | 11,90 | 11,80 | 11,80 | 11,90 | 12,00 | 12,20 | 12,20 | 12,40 |
| 0  | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 |

Sumber : Crop Water Requirements, Food And Agricultur Organization, Revised 1973

**Tabel 2.9 Faktor perkiraan musim (c)**

| Bulan | Jan  | Feb  | Mar  | Apr  | Mei  | Jun  | Jul  | Agu  | Sep  | Okt  | Nov  | Des  |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| c     | 1,04 | 1,05 | 1,06 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 0,90 | 1,00 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,10 |

Sumber : Suroso,A.2011

### 2.3.4 Evapotranspirasi Terbatas (Et).

Evapotranspirasi terbatas adalah evapotranspirasi aktual dengan mempertimbangkan kondisi vegetasi dan permukaan tanah serta frekuensi curah hujan. Untuk menghitung evapotranspirasi terbatas diperlukan data:

1. Curah hujan harian(P).
2. Jumlah hari hujan (n).
3. Jumlah permukaan kering 10 harian (d) dihitung dengan asumsi bahwa tanah dalam suatu hari hanya mampu menahan air 12 mm dan selalu menguap sebesar 4 mm.
4. Exposed surface(%) ditaksir berdasarkan peta tata guna lahan atau dengan asumsi:  
m = 0% untuk lahan dengan hutan lebat.  
m = 0% pada akhir musim hujan dan bertambah 10% setiap bulan kering untuk lahan sekunder.  
m = 10% - 40% untuk lahan yang tererosi.  
m = 20% - 50% untuk lahan pertanian yang diolah.

Secara matematis evapotranspirasi terbatas dirumuskan sebagai berikut:

$$Et = Ep - E \dots \dots \dots (2.15)$$

$$E = Ep \times \left(\frac{m}{20}\right) \times (18-h) \dots \dots \dots (2.16)$$

Keterangan :

E = Beda antara evapotranspirasi potensial dengan evapotranspirasi terbatas (mm)

Et = Evapotranspirasi terbatas (mm)

Ep = Evapotranspirasi potensial (mm)

m = singkapan lahan (*Exposed surface*)

h = jumlah hari hujan

### 2.3.5 Faktor Karakteristik Hidrologi.

Faktor Buka Lahan

m = 0% untuk lahan dengan hutan lebat.

m = 10 – 40% untuk lahan tererosi.

m = 30 – 50% untuk lahan pertanian yang diolah.

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan untuk seluruh daerah studi yang merupakan daerah hutan lebat maka dapat diasumsikan untuk faktor m diambil 0%.

### 2.3.6 Luas Daerah Pengaliran.

Semakin besar daerah pengaliran dari suatu aliran kemungkinan akan semakin besar pula ketersediaan debitnya.

### 2.3.7 Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC).

Kapasitas kelembaban tanah adalah kapasitas kandungan air pada lapisan tanah permukaan (*surface soil*) per m<sup>2</sup>. Besarnya SMC untuk perhitungan ketersediaan air ini diperkirakan berdasarkan kondisi porositas lapisan tanah permukaan dari DPS. Semakin besar porositas tanah akan semakin besar pula SMC yang ada. Dalam perhitungan ini nilai SMC diambil antara 50 mm sampai dengan 200 mm. Persamaan yang digunakan untuk besarnya kapasitas kelembaban tanah adalah:

$$SMC_{(n)} = SMC_{(n-1)} + IS_{(n)} \dots \dots \dots (2.17)$$

$$W_s = A_s - IS$$

Keterangan :

- SMC = Kelembaban tanah
- SMC<sub>(n)</sub> = Kelembaban tanah periode ke n
- SMC<sub>(n-1)</sub> = Kelembaban tanah periode ke n-1
- IS = Tampung awal (*initial storage*) (mm)
- As = Air hujan yang mencapai permukaan tanah

**2.3.8 Keseimbangan Air Permukaan Tanah.**

Keseimbangan air di permukaan tanah dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut:

- Air hujan.
- Kandungan air tanah (*soil storage*).
- Kapasitas kelembaban tanah (SMC).
- Air Hujan (As).

Air hujan yang mencapai permukaan tanah dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$A_s = P - E_t \dots \dots \dots (2.18)$$

Keterangan:

- As = air hujan yang mencapai permukaan tanah
- P = curah hujan bulanan
- Et = Evapotranspirasi

**2.3.9 Kandungan Air Tanah.**

Besar kandungan tanah tergantung dari harga As. Bila harga As negatif, maka kapasitas kelembaban tanah akan berkurang dan bila As positif maka kelembaban tanah akan bertambah.

**2.3.10 Aliran Air Tanah (Ground Water Flow).**

Nilai aliran air tanah tergantung dari keseimbangan air dan kondisi tanahnya.

**2.3.11 Koefisien Infiltrasi.**

Koefisien nilai infiltrasi diperkirakan berdasarkan kondisi porositas tanah dan kemiringan DPS. Pada lahan yang datar, koefisien infiltrasi bernilai besar dan pada lahan yang terjal, air bergerak dengan kecepatan tinggi sehingga koefisien infiltrasinya kecil. Batasan koefisien infiltrasi adalah 0 – 1.

**2.3.12 Faktor Resesi Aliran Tanah (k).**

Adalah kofeisien simpan tanah atau faktor resesi aliran tanah. Nilai (k) ditentukan oleh kondisi geologi lapisan bawah. Batasan nilai (k) yaitu antara 0 – 1. Semakin besar (k), semakin kecil air yang mampu keluar dari tanah.

**2.3.13 Initial Storage (IS).**

Initial Storage atau tampungan awal adalah perkiraan besarnya volume air pada awal perhitungan. Nilai (IS) berkisar antara 3 mm – 100 mm

**2.3.14 Penyimpanan Air Tanah (Ground Water Storage).**

Penyimpanan air tanah besarnya tergantung dari kondisi geologi setempat dan waktu. Sebagai permulaan dari simulasi harus ditentukan penyimpanan awal (*initial storage*) terlebih dahulu. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan penyimpanan air tanah adalah sebagai berikut:

$$V_n = k \times V_{n-1} + 0.5 (1 + k) I \dots\dots\dots(2.19)$$

$$V_n = v_n - v_{n-1} \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan :

- $V_n$  = Volume air tanah periode ke n
- $k$  =  $q_t/q_0$  = faktor resesi aliran tanah
- $q_t$  = aliran air tanah pada waktu periode ke t
- $q_0$  = aliran air tanah pada awal periode (periode ke 0)
- $v_{n-1}$  = volume air tanah periode ke (n-1)
- $v_n$  = perubahan volume aliran air tanah

**2.3.15 Aliran Sungai.**

- Aliran Dasar = Infiltrasi – Perubahan aliran air dalam tanah
- Aliran permukaan = volume air lebih – infiltrasi
- Aliran sungai = aliran permukaan + aliran dasar

$$\text{Debit andalan} = \frac{\text{Aliran Sungai} \times \text{Luas DAS}}{1 \text{ Bulan Dalam Detik}} \dots\dots\dots(2.21)$$

Air yang mengalir di sungai merupakan jumlah dari aliran langsung (*direct run off*). Aliran dalam tanah (*interflow*) dan aliran tanah (*base flow*). Besarnya masing-masing aliran tersebut adalah:

- Interflow = infiltrasi – volume air tanah
- Direct run off = water surplus – infiltrasi

Base flow = aliran yang selalu ada sepanjang tahun

Run off = interflow + direct run off + base flow

Setelah diketahui debit mata air dalam kurun waktu 10 tahun terakhir maka diperlukan probabilitas untuk mencari kemungkinan dari suatu kejadian, terjadi atau tidak dan seberapa besar kemungkinan tersebut berpeluang untuk terjadi.

$$F_a = 100 \times m / (N+1) \dots\dots\dots(2.22)$$

Keterangan :

m = Urutan ranking dari terbesar sampai terkecil

N = Jumlah data

Fa = Nilai probabilitas

#### 2.4 Proyeksi Jumlah Penduduk Pemakai Air.

Pertambahan 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 (Adu, A.2006:13), antara lain:

##### 2.4.1 Metode Aritmatik.

$$P_n = P_o + (n.q)P_o \dots\dots\dots(2.23)$$

Keterangan:

Pn = jumlah penduduk pada tahun rencana.

Po = jumlah penduduk pada tahun dasar.

n = selisih tahun terhadap tahun dasar.

q = tingkat perkembangan penduduk.

##### 2.4.2 Metode Geometrik.

$$P_n = P_o \cdot (1+q)^n \dots\dots\dots(2.24)$$

Keterangan:

Pn = jumlah penduduk pada tahun rencana.

Po = jumlah penduduk pada tahun dasar.

n = selisih tahun terhadap tahun dasar.

q = tingkat perkembangan penduduk.

##### 2.4.3 Metode Exponensial.

$$P_n = P_o \cdot e^{n.q} \dots\dots\dots(2.25)$$

Keterangan :

Pn = jumlah penduduk pada tahun rencana

Po = jumlah penduduk pada tahun dasar

n = selisih tahun terhadap tahun dasar

q = tingkat perkembangan penduduk

e = bilangan ekponensial = 2,718282

#### 2.4.4 Standar Deviasi

Standar Deviasi adalah nilai statistik yang dimanfaatkan untuk menentukan bagaimana sebaran data dalam sampel, serta seberapa dekat titik data individu ke mean atau rata-rata nilai sampel.

$$s = \sqrt{\frac{(\sum n \cdot \sum (x_i^2)) - (\sum x_i)^2}{(\sum n) \cdot (\sum n - 1)}} \dots \dots \dots (2.26)$$

Dimana :

s = Standar deviasi

n = Ukuran sampel

$\sum x_i$  = Data Sampel

#### 2.4.5 Jumlah Kebutuhan Air Bersih Suatu Wilayah Pada Tahun Rencana.

Jumlah kebutuhan air adalah banyaknya air yang dibutuhkan manusia per hari serta banyaknya debit air yang dibutuhkan untuk melayani jumlah pemakai tersebut. (Lowa, 1991). Perhitungan kebutuhan air dapat di perkirakan secara presentase tetapi untuk memperoleh hasil yang lebih tepat lebih baik di perhitungkan secara detail berdasarkan data hasil survei dan pengolahan data yang di lakukan sebagai pedoman untuk menghitung kebutuhan tersebut dapat di gunakan data-data dari hasil penelitian para ahli yang telah menetapkan ketentuan tiap orang (liter/hari) pada tiap-tiap kegiatan apakah untuk sosial maupun industri niaga, dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 2.10 Kriteria Perencanaan Air Bersih Dan Standar Kebutuhan Air Domestik**

| No | Uraian                                   | Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Jiwa |       |        |         |       |
|----|--|---------------------------------------|-------|--------|---------|-------|
|    |  | Metro                                 | Besar | Sedang | Kecil   | Desa  |
| 1  | Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) L/o/h | 190                                   | 170   | 130    | 100     | 80    |
| 2  | Konsumsi Unit Hidran (HU) L/o/h          | 30                                    | 30    | 30     | 30      | 30    |
| 3  | Konsumsi Unit Non Domestik l/o/h (%)     | 20-30                                 | 20-31 | 20-32  | 20-33   | 25-34 |
| 4  | Kehilangan Air (%)                       | 20-30                                 | 20-31 | 20-32  | 20-33   | 20-34 |
| 5  | Faktor Hari Maksimum                     | 1,1                                   | 1,1   | 1,1    | 1,1     | 1,1   |
| 6  | Faktor jam puncak                        | 1,5                                   | 1,5   | 1,5    | 1,5     | 1,5   |
| 7  | Jumlah jiwa per SR                       | 5                                     | 5     | 6      | 6       | 10    |
| 8  | Jumlah jiwa per HU                       | 100                                   | 100   | 100    | 100-200 | 200   |
| 9  | Sisa tekan di penyediaan distribusi (m)  | 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 | Cakupan Pelayanan (%)               | 90 | 90 | 90 | 90 | 70 |

Sumber : Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas Pu, 2000

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

$$Q_r = P_n \cdot q \dots \dots \dots (2.27)$$

Keterangan :

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

Pn = jumlah penduduk pada tahun rencana

q = besarnya kebutuhan air (lt/org/hr)

Setelah diketahui besarnya debit rencana (Qr) maka dapat dilakukan perhitungan kehilangan air dengan rumus:

$$K_a = 20\% \times Q_r \dots \dots \dots (2.28)$$

Keterangan

Ka = Kehilangan Air (m<sup>3</sup>/det)

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

Setelah diketahui besarnya debit rencana (Qr) dan kehilangan air (Ka) maka dilakukan perhitungan kebutuhan air total, yaitu dengan rumus:

$$T = Q_r + K_a \dots \dots \dots (2.29)$$

Keterangan :

T = Kebutuhan Total (m<sup>3</sup>/det)

Ka = Kehilangan Air (m<sup>3</sup>/det)

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

## 2.5 Neraca air.

Merupakan kombinasi antara ketersediaan dan kebutuhan air untuk terjadinya keseimbangan 2 hal tersebut. Penghitungan neraca air dilakukan untuk mengecek apakah air yang tersedia cukup memadai untuk memenuhi kebutuhan. Neraca air dinyatakan dalam Indeks Pemakaian Air (IPA) dihitung berdasarkan rumus :

$$IPA = \frac{Q \text{ kebutuhan}}{Q \text{ ketersediaan}} \dots \dots \dots (2.30)$$

Keterangan :

IPA = Indeks pemakaian air

Q kebutuhan = kebutuhan air

Q ketersediaan = ketersediaan air

**Tabel 2.11 Klasifikasi Indeks Pemakaian Air**

| <b>Indeks Pemakaian Air (IPA)</b> | <b>Klasifikasi</b> |
|-----------------------------------|--------------------|
| Dibawah 25%                       | Tidak Kritis       |
| Antara 25% dan 50%                | Kritis Ringan      |
| Antara 50% dan 100%               | Kritis Sedang      |
| Diatas 100%                       | Kritis Berat       |

Sumber : Pusat Litbang Sumber Daya Air

## **2.6 Sistem Distribusi**

Sistem distribusi air bersih adalah pendistribusian atau pembagian air melalui sistem perpipaan dari *reservoir* ke daerah layanan (konsumen).

### **2.6.1 Sistem Pengaliran**

Distribusi air bersih dapat dilakukan dengan beberapa cara, tergantung kondisi topografi dari sumber air ke konsumen, yaitu:

a. Cara gravitasi

Dapat digunakan apabila elevasi sumber air mempunyai perbedaan cukup besar dengan elevasi daerah layanan. Cara ini dianggap cukup ekonomis, karena hanya memanfaatkan beda ketinggian lokasi.

b. Cara pemompaan

Digunakan untuk meningkatkan tekanan yang diperlukan untuk mendistribusikan air dari *reservoir* distribusi ke konsumen. Cara ini digunakan untuk daerah pelayanan yang datar dan tidak ada daerah berbukit.

c. Cara gabungan

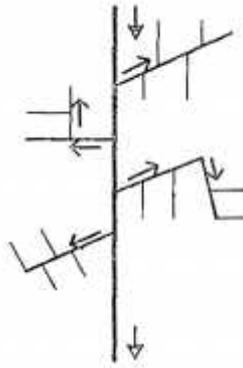
Pada cara gabungan, *reservoir* digunakan untuk mempertahankan tekanan yang diperlukan selama periode pemakaian tinggi pada kondisi darurat, misalnya jika terjadi kebakaran dan tidak ada energi. Sisa air dipompakan dan disimpan dalam *reservoir* distribusi, karena *reservoir* distribusi digunakan sebagai cadangan air selama periode pemakaian puncak, maka pompa dapat dioperasikan pada kapasitas debit rata-rata.

### **2.6.2 Jaringan distribusi**

Menurut Joko (2010), jaringan distribusi adalah rangkaian pipa yang berhubungan dan digunakan untuk mengalirkan air ke konsumen. Tata letak distribusi ditentukan oleh kondisi topografi daerah layanan dan lokasi instalasi pengolahan biasanya diklasifikasikan sebagai:

a. Sistem cabang (*branch*)

Bentuk cabang dengan jalur buntu (*dead-end*) menyerupai cabang suatu pohon. Pipa induk utama tersambung dengan pipa sekunder dan dari pipa sekunder tersambung ke pipa pelayanan. Gambar jaringan distribusi sistem cabang dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Keterangan :

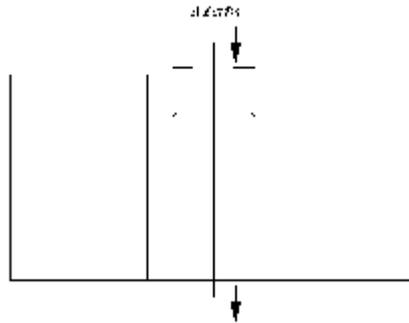
- Saluran utama (primer)
- Saluran cabang (sekunder)

Gambar 2.6 Jaringan Distribusi Sistem Cabang.

Sumber: Joko, 2010:19.

Sistem cabang memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan antara lain:

- 1) Kelebihan sistem cabang (*branch*) adalah:
    - a) Sistem ini sederhana dan desain jaringannya juga sederhana.
    - b) Cocok untuk daerah yang sedang berkembang.
    - c) Pengambilan dan tekanan pada titik manapun dapat dihitung dengan mudah.
    - d) Pipa dapat ditambahkan (pengembangan kota).
    - e) Dimensi pipa lebih kecil karena hanya melayani populasi yang terbatas.
    - f) Membutuhkan beberapa katup.
  - 2) Kekurangan sistem cabang (*branch*) adalah:
    - a) Saat terjadi kerusakan, air tidak ada sementara waktu.
    - b) Tidak cukup air untuk memadamkan kebakaran karena suplai hanya dari pipa tunggal.
    - c) Pada jalur buntu, mungkin terjadi pencemaran dan sedimentasi.
- b. Sistem *gridiron*
- Pipa induk utama dan sekunder terletak dalam kotak serta pipa pelayanannya saling berhubungan. Sistem ini paling banyak digunakan. Gambar jaringan distribusi sistem cabang dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Keterangan :

———— Saluran utama (primer)

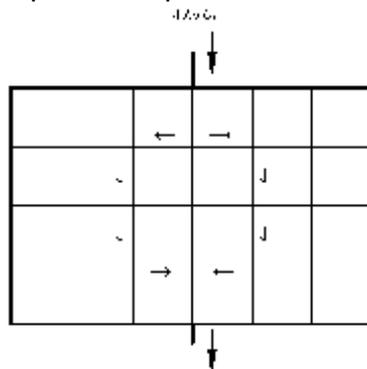
———— Saluran cabang (sekunder)

Gambar 2.7 Jaringan Distribusi Sistem *Gridiron*.  
 Sumber: Joko, 2010:19.

Jaringan distribusi sistem *gridiron* memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihan sistem *gridiron* yaitu air dalam sistem mengalir bebas ke beberapa arah; ketika ada perbaikan pipa, pipa tersebut tetap mendapat air dari pipa lain dan jika terjadi kebakaran maka air tersedia di semua arah untuk memadamkan api. Sedangkan kekurangan sistem ini adalah perhitungan ukuran pipa lebih rumit serta membutuhkan banyak pipa dan sambungan.

c. Sistem *loop*

Pipa perlintasan (*cross*) menghubungkan kedua pipa induk utama. Gambar jaringan distribusi sistem *loop* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Keterangan :

———— Saluran utama (primer)

———— Saluran cabang (sekunder)

Gambar 2.8 Jaringan Distribusi Sistem *Loop*.  
 Sumber: Joko, 2010:19.

Jaringan distribusi sistem *loop* memiliki beberapa kelebihan yaitu setiap titik mendapat suplai dari dua arah; saat terjadi kerusakan pipa maka air dapat disediakan dari arah lain; jika terjadi kebakaran, air tersedia dari segala arah untuk memadamkan api serta desain pipa lebih mudah. Namun sistem *loop* ini membutuhkan lebih banyak pipa.

### 2.6.3 Pipa

Merupakan silinder panjang dari bahan logam/metal/kayu dan seterusnya, yang berfungsi untuk mengalirkan fluida (air, gas, minyak dan cairan lain) dari suatu tempat ke tempat lain sebagaimana yang dikehendaki.

### 2.6.4 Nominal Pipe Size (NPS)

Merupakan penanda ukuran pipa berdimensi. Hal ini menunjukkan standar ukuran pipa bila diikuti dengan jumlah penunjukan ukuran tertentu tanpa simbol inch. *Diameter Nominal* (DN) juga merupakan penanda ukuran pipa berdimensi dalam satuan metric.

**Tabel 2.12 Pipe size designators: NPS and DN**

| NPS Designator | DN Designator | Outside(luar) Diameter |       | Inside(dalam) Diameter |       | Wall Thickness (Ketebalan Dinding) |      | Nominal Weight (Mass) per unit Length |                  |                             |                             |
|----------------|---------------|------------------------|-------|------------------------|-------|------------------------------------|------|---------------------------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                |               | (Inches)               | (mm)  | (Inches)               | (mm)  | (Inches)                           | (mm) | Plain End (lb/ft)                     | Plain End (Kg/m) | Threads & Couplings (lb/ft) | Threads & Couplings (lb/ft) |
| 1/8            | 6             | 0,405                  | 10,3  | 0,269                  | 6,8   | 0,068                              | 1,73 | 0,24                                  | 0,37             | 0,25                        | 0,37                        |
| 1/4            | 8             | 0,54                   | 13,7  | 0,364                  | 9,2   | 0,088                              | 2,24 | 0,43                                  | 0,63             | 0,43                        | 0,63                        |
| 3/8            | 10            | 0,675                  | 17,1  | 0,493                  | 12,5  | 0,091                              | 2,31 | 0,57                                  | 0,84             | 0,57                        | 0,84                        |
| 1/2            | 15            | 0,84                   | 21,3  | 0,622                  | 15,8  | 0,109                              | 2,77 | 0,85                                  | 1,27             | 0,86                        | 1,27                        |
| 3/4            | 20            | 1,05                   | 26,7  | 0,824                  | 20,9  | 0,113                              | 2,87 | 1,13                                  | 1,69             | 1,14                        | 1,69                        |
| 1              | 25            | 1,315                  | 33,4  | 1,049                  | 26,6  | 0,133                              | 3,38 | 1,68                                  | 2,5              | 1,69                        | 2,5                         |
| 1-1/4          | 32            | 1,66                   | 42,2  | 1,38                   | 35,1  | 0,14                               | 3,56 | 2,27                                  | 3,39             | 2,28                        | 3,4                         |
| 1-1/2          | 40            | 1,9                    | 48,3  | 1,61                   | 40,9  | 0,145                              | 3,68 | 2,72                                  | 4,05             | 2,74                        | 4,04                        |
| 2              | 50            | 2,375                  | 60,3  | 2,067                  | 51,6  | 0,154                              | 3,91 | 3,66                                  | 5,44             | 3,68                        | 5,46                        |
| 2-1/2          | 65            | 2,875                  | 73    | 2,469                  | 62,7  | 0,203                              | 5,16 | 5,8                                   | 8,63             | 5,85                        | 8,67                        |
| 3              | 80            | 3,5                    | 88,9  | 3,068                  | 77,9  | 0,216                              | 5,49 | 7,58                                  | 11,29            | 7,68                        | 11,35                       |
| 3-1/2          | 90            | 4                      | 101,6 | 3,548                  | 90,1  | 0,226                              | 5,74 | 9,12                                  | 13,57            | 9,27                        | 13,71                       |
| 4              | 100           | 4,5                    | 114,3 | 4,026                  | 102,3 | 0,237                              | 6,02 | 10,8                                  | 16,07            | 10,92                       | 16,23                       |
| 5              | 125           | 5,563                  | 141,3 | 5,047                  | 158,2 | 0,258                              | 6,55 | 14,63                                 | 21,77            | 14,9                        | 22,07                       |
| 6              | 150           | 6,625                  | 168,3 | 6,065                  | 154,1 | 0,28                               | 7,11 | 18,99                                 | 28,26            | 19,34                       | 28,58                       |
| 8              | 200           | 8,625                  | 219,1 | 7,981                  | 202,7 | 0,322                              | 8,18 | 28,58                                 | 42,55            | 29,35                       | 43,73                       |
| 10             | 250           | 10,75                  | 273   | 10,02                  | 254,5 | 0,365                              | 9,27 | 40,52                                 | 60,29            | 41,49                       | 63,36                       |
| Standard Pipe  |               |                        |       |                        |       |                                    |      |                                       |                  |                             |                             |
| 12'            | 300           | 12,75                  | 323,8 | 12                     | 304,8 | 0,375                              | 9,52 | 49,61                                 | 73,78            | 51,28                       | 76,21                       |

Sumber : Sularso Pomba & Kompresor

### 2.6.5 Flange

Merupakan mekanisme penyambung pipa dan elemennya. Pemakaian *flange*, akan mempermudah bongkar pasang tanpa mengurangi kegunaan sistem pipa untuk mengalirkan fluida pada *pressure* yang tinggi.

### 2.6.6 Valve

Merupakan sebuah alat untuk mengatur aliran fluida dengan menutup, membuka atau menghambat laju aliran fluida, contoh katup adalah keran air.

### 2.6.7 Fitting

Merupakan komponen pemipaan yang memiliki fungsi untuk merubah, menyebarkan, membesar atau mengecilkan aliran. Fitting merupakan salah satu pemain utama dalam menyambung. Fitting bukanlah Nama untuk individu, melainkan Nama yang digunakan untuk pengelompokan. Adapun Jenis Fitting antara lain: *Elbow*, *Cross* (Silang), *Reducer*, *Tee*, *Cap* (Penutup), *Elbowlet*.

### 2.6.8 Perencanaan Diameter Pipa

Dalam menentukan diameter pipa dapat di hitung dengan menggunakan V rencana 0,3 m/dtk (jenis pipa Gip) di dasarkan dari kriteria perencanaan dimensi pipa adalah V maksimum = 0,3m/dtk (Dinas Kimpraswil Direktorat Jenderal Cipta Karya). Sehingga didapat diameter pipa sebagai berikut:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana :

- D = Diameter dalam pipa (m)
- Q = Kapasitas aliran (m<sup>3</sup>/det)
- V = Kecepatan aliran (m<sup>3</sup>/det)

Untuk menghitung V maksimum dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(2.32)$$

Dimana:

- V = Kecepatan (m/det)
- Q = Debit (m<sup>3</sup>/ det)
- A = Luas penampang (m<sup>2</sup>)

Untuk menghitung luas penampang pipa menggunakan rumus berikut:

$$A = \frac{\pi \times (D^2)}{4} \dots\dots\dots(2.33)$$

Dimana:

- A = Luas Penampang Pipa (m<sup>2</sup>)
- D = Diameter dalam pipa (m<sup>3</sup>/ det)
- = Bilangan konstanta.

Untuk menghitung kapasitas aliran (Debit) menggunakan rumus berikut:

$$Q = A \times V \dots\dots\dots(2.34)$$

Dimana:

- Q = Debit (m<sup>3</sup>/ det)
- A = Luas Penampang Pipa (m<sup>2</sup>)
- V = Kecepatan (m/det)

Adapun tiga faktor yang perlu di perhatikan dalam perencanaan pipa yaitu:

1. Kuantitas yang di perlukan
  2. Pipa harus kuat untuk menahan tekanan di dalam pipa dan tekanan dari luar (bahaya erosi)
  3. Pipa harus tahan lama
- Hal-hal yang perlu di dalam merencanakan pipa tersebut sebagai berikut :
- a. Menghitung kebutuhan air bersih
  - b. Merencanakan saluran pipa
  - c. Menentukan diameter pipa

### 2.6.9 Sifat Aliran Fluida pada Pipa

#### 1. Aliran Laminer

Aliran fluida jenis ini akan terjadi apabila kecepatan fluida yang mengalir melalui pipa rendah, maka gerakan alirannya akan konstan (*steady*) baik besarnya maupun arahnya pada sembarang titik. Aliran laminer dapat diketahui dari perhitungan *Reynold Number*.

$$R_e = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} \dots\dots\dots(2.35)$$

dimana:

- $\rho$  = Density fluida ( $\frac{kg}{m^3}$ )
- $V$  = Kecepatan aliran fluida ( $\frac{m}{s}$ )
- $D$  = Diameter dalam pipa (m)
- $\mu$  = Viskositas dinamik ( $\frac{kg}{m \cdot s}$ )
- $\nu$  = Viskositas kinematik ( $\frac{m^2}{s}$ )

**Tabel 2.13 Sifat-sifat Fisik Air**

| T   | P                  | $\rho$            | $\nu$                              |
|-----|--------------------|-------------------|------------------------------------|
| C   | 10 <sup>5</sup> Pa | kg/m <sup>3</sup> | 10 <sup>-6</sup> m <sup>2</sup> /s |
| 0   | 0,00611            | 1000              | 1,792                              |
| 4   | 0,00813            | 1000              | 1,568                              |
| 10  | 0,01227            | 999,7             | 1,307                              |
| 20  | 0,02337            | 998,2             | 1,004                              |
| 25  | 0,03166            | 997,1             | 0,893                              |
| 30  | 0,04241            | 995,7             | 0,801                              |
| 40  | 0,07375            | 992,3             | 0,658                              |
| 50  | 0,12335            | 988,1             | 0,554                              |
| 60  | 0,1992             | 983,2             | 0,475                              |
| 70  | 0,31162            | 977,8             | 0,413                              |
| 80  | 0,4736             | 971,7             | 0,365                              |
| 90  | 0,70109            | 965,2             | 0,326                              |
| 100 | 1,01325            | 958,2             | 0,294                              |

Sumber : Sularso Pompa & Kompresor

## 2. Aliran Turbulen

Aliran ini terjadi apabila kecepatan fluida tinggi, aliran tidak lagi steady namun bervariasi baik besar maupun arahnya pada sembarang titik. Aliran akan bersifat turbulen jika hasil perhitungan Reynold Number ( $R_e$ ) diatas 4000 ( $Re > 4000$ , aliran turbulen).

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} \dots\dots\dots(2.36)$$

dimana :

$Re = Reynold Number$

$V =$  kecepatan aliran fluida (m/det)

$D =$  diameter dalam pipa (m)

$\nu =$  viskositas kinematik ( $m^2/det$ )

### 2.6.10 Kehilangan Tekanan Dalam Pipa

Perhitungan tekanan dalam pipa dipengaruhi oleh faktor sebagai berikut :

1. Kualitas air yang diperlukan
2. Pipa yang digunakan harus kuat menahan tekanan air dalam pipa dan tekanan dari luarnya
3. Pipa yang digunakan harus tahan lama

Yang perlu diperhatikan dalam pemakaian jenis pipa yang akan di gunakan dapat memenuhi faktor sebagai berikut :

1. Ukuran standar yang disediakan di pasaran
2. Karakteristik jenis pipa
3. Faktor ekonomis
4. Teknik pemasangan

Secara umum didalam suatu instalasi jaringan pipa dikenal dua macam kehilangan energi, yaitu :

#### 1. Kehilangan Tinggi Tekan Mayor (*Major Losses*)

Merupakan suatu kerugian aliran yang disebabkan oleh adanya gesekan antara fluida dengan dinding saluran pipa lurus. Besarnya *head loss mayor* dapat dihitung menggunakan beberapa teori dan formula untuk menghitung besarnya kehilangan tinggi tekan mayor sebagai berikut:

##### a. Hazzen Williams

$$H_L = \frac{1090 \times Q^{1,85}}{D^{4,87} \times C^{1,85}} \dots\dots\dots(2.37)$$

$$H_{l \text{ mayor}} = \frac{H_L}{100} \times \text{Jarak} \dots\dots\dots(2.38)$$

Dimana:

$H_L =$  Kehilangan tinggi tekan (m)

- Q = Debit (m<sup>3</sup>/det)
- C = Koefisien kekasaran interior pipa
- D = Diameter pipa (m)
- L = Panjang pipa (m)

b. *Darcy-Weisbach*

$$H_l = f \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(2.39)$$

$$HGL = HGL_{awal} - H_{l\text{mayor}+\text{minor}} \dots\dots\dots(2.40)$$

dimana :

- f = Koefisien kerugian gesek
- L = Panjang pipa (m)
- D = Diameter dalam pipa (m)
- V = Kecepatan aliran fluida (m/det)
- g = Percepatan gravitasi (m/det<sup>2</sup>)
- HGL = *Hydraulic Grade Line*/Garis Tinggi Hidrolis (m)

Besarnya koefisien gesek (*f*) dapat diketahui dari jenis aliran yang terjadi. Untuk aliran laminar, besarnya koefisien gesek (*f*) dapat dihitung dengan persamaan:

$$f = \frac{64}{R_e} \dots\dots\dots(2.41)$$

Untuk aliran turbulent, besarnya koefisien gesek (*f*) dapat dihitung dengan persamaan *Darcy*, Rumus ini berlaku atas dasar kerugian head untuk panjang pipa ratusan meter.

$$f = 0,020 + \frac{0,0005}{D} \dots\dots\dots(2.42)$$

dimana:

D = diameter dalam pipa (*m*)

dapat juga melalui *Moody Diagram* dengan menarik garis harga *R<sub>e</sub>* diplotkan harga Relative Roughness ( $\frac{v}{D}$ ).

c. *Chezy Manning*

$$H_l = 4,66 n^2 \cdot d^{-5,33} \cdot L \dots\dots\dots(2.43)$$

Dimana :

- H<sub>f</sub> = Kehilangan tinggi tekan
- n = Koefisien kekasaran *manning*
- d = Diameter pipa (feet)

L = Panjang pipa (feet)

2. Kehilangan Tinggi Tekan Minor (*Minor Losses*)

Kerugian aliran yang disebabkan oleh adanya gesekan yang terjadi pada komponen tambahan (asesoris) seperti *elbow*, katup, *fitting* dan lain sebagainya sepanjang jalur perpipaan. Besarnya *head loss minor* tergantung dari koefisien tahanan (*f*) asesoris yang digunakan.

$$H = f \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \dots\dots\dots(2.44)$$

dimana :

*f* = Koefisien kerugian gesek

*V* = Kecepatan aliran fluida ( $\frac{m}{s}$ )

*g* = Percepatan gravitasi ( $\frac{m}{s^2}$ )

3. Sisa Tekanan (*Residual Head*)

Perhitungan Sisa Tekanan (*Residual Head*) tidak boleh mendapatkan hasil negatif karena aliran dalam ppa tidak berjalan dan saat pembagian ke HU. Berikut ini rumus untuk menghitung sisa tekanan:

$$RH = HGL - \text{Elevasi} \dots\dots\dots(2.45)$$

dimana :

RH = sisa tekanan (m)

HGL = garis tinggi hidrolis (m)

**Tabel 2.14K Faktor\_Thertheaded Pipe Fittings**

| Nominal Pipe Dia. Inch | Nominal Pipe Dia. Mm | 90' Standard Elbow | 90' Long Radius Elbow | 45' Elbow | Return Bend | Tee- Line | Tee- Branch | Globe Valve | Gate Valve | Angel Valve | Swing Check Valve | Bell Mouth Inlet | Squar e Inlet | Projec ted Inlet |
|------------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------------|------------------|---------------|------------------|
| 3/8                    | 10                   | 2,5                | -                     | 0,38      | 2,5         | 0,9       | 2,7         | 20          | 0,4        | -           | 8                 | 0,05             | 0,5           | 1                |
| 1/2                    | 15                   | 2,1                | -                     | 0,37      | 2,1         | 0,9       | 2,4         | 14          | 0,33       | -           | 5,5               | 0,05             | 0,5           | 1                |
| 3/4                    | 20                   | 1,7                | 0,92                  | 0,35      | 1,7         | 0,9       | 2,1         | 10          | 0,28       | 6,1         | 3,7               | 0,05             | 0,5           | 1                |
| 1                      | 25                   | 1,5                | 0,78                  | 0,34      | 1,5         | 0,9       | 1,8         | 9           | 0,24       | 4,6         | 3                 | 0,05             | 0,5           | 1                |
| 1-1/4                  | 32                   | 1,3                | 0,65                  | 0,33      | 1,3         | 0,9       | 1,7         | 8,5         | 0,22       | 3,6         | 2,7               | 0,05             | 0,5           | 1                |
| 1-1/2                  | 40                   | 1,2                | 0,54                  | 0,32      | 1,2         | 0,9       | 1,6         | 8           | 0,19       | 2,9         | 2,5               | 0,05             | 0,5           | 1                |
| 2                      | 50                   | 1                  | 0,42                  | 0,31      | 1           | 0,9       | 1,4         | 7           | 0,17       | 2,1         | 2,3               | 0,05             | 0,5           | 1                |
| 2-1/2                  | 65                   | 0,85               | 0,35                  | 0,3       | 0,85        | 0,9       | 1,3         | 6,5         | 0,16       | 1,6         | 2,2               | 0,05             | 0,5           | 1                |
| 3                      | 80                   | 0,8                | 0,31                  | 0,29      | 0,8         | 0,9       | 1,2         | 6           | 0,14       | 1,3         | 2,1               | 0,05             | 0,5           | 1                |
| 4                      | 100                  | 0,7                | 0,24                  | 0,28      | 0,7         | 0,9       | 1,1         | 5,7         | 0,12       | 1           | 2                 | 0,05             | 0,5           | 1                |

Sumber : ASHRAE Fundamentals Handbook 2001

**Tabel 2.15Koefisien Kb sebagai fungsi sudut belokan a**

| a  | 20'  | 40'  | 60'  | 80'  | 90'  |
|----|------|------|------|------|------|
| Kb | 0,05 | 0,14 | 0,36 | 0,74 | 0,98 |

Sumber : Triatmojo, 1996

**Tabel 2.16 Koefisien Kerugian Pengecilan Penampang**

|             |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   |
|-------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| $(D1/D2)^2$ | 0   | 0,1  | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1 |
| f           | 0,5 | 0,48 | 0,45 | 0,41 | 0,36 | 0,29 | 0,21 | 0,13 | 0,07 | 0,01 | 0 |

Sumber : Pompa dan Kompresor\_Sularso

**Tabel 2.17 Koefisien Percabangan**

|  |    |    |                   |       |       |      |      |      |
|--|----|----|-------------------|-------|-------|------|------|------|
| f1 dan f2 untuk permukaan dalam yang halus dari pipa dan sudut antara pipa R=0 |    |    | Rumus Percabangan |       |       |      |      |      |
|  |    |    | Q1/Q2             |       |       |      |      |      |
|  |    |    | 0                 | 0,2   | 0,4   | 0,6  | 0,8  | 1    |
| D1=D3<br>dan<br>D1=D2  | 90 | f1 | 0,05              | -0,08 | -0,05 | 0,07 | 0,21 | 0,35 |
|  |    | f2 | 0,96              | 0,88  | 0,89  | 0,96 | 1,1  | 1,29 |

Sumber : Pompa dan Kompresor\_Sularso

**Tabel 2.18 Koefisien Kerugian Pada Katup**

| Jenis Katup                          | Diameter (mm) | 100          | 150  | 200  | 250  | 300  | 400 | 500  |
|--------------------------------------|---------------|--------------|------|------|------|------|-----|------|
| Katup Sorong                         |               | 0,14         | 0,12 | 0,1  | 0,09 | 0,07 | 0   | 0    |
| Katup Kupu-Kupu                      |               | 0,6 - 0,16   |      |      |      |      |     |      |
| Katup putar                          |               | 0,09 - 0,026 |      |      |      |      |     |      |
| Katup Cegah jenis                    |               |              |      | 1,2  | 1,15 | 1,1  | 1   | 0,98 |
| Katup cegah tutup jenis tekanan      |               |              |      | 1,2  | 1,15 | 1,1  | 0,9 | 0,8  |
| Katup cegah tutup jenis angkat bebas |               | 1,44         | 1,39 | 1,34 | 1,3  | 1,2  |     |      |
| Katup cegah tutup cepat jenis pegas  |               | 7,3          | 6,6  | 5,9  | 5,3  | 4,6  |     |      |
| Katup isap dengan saringan           |               | 1,97         | 1,91 | 1,84 | 1,78 | 1,72 |     |      |

Sumber : Pompa dan Kompresor\_Sularso

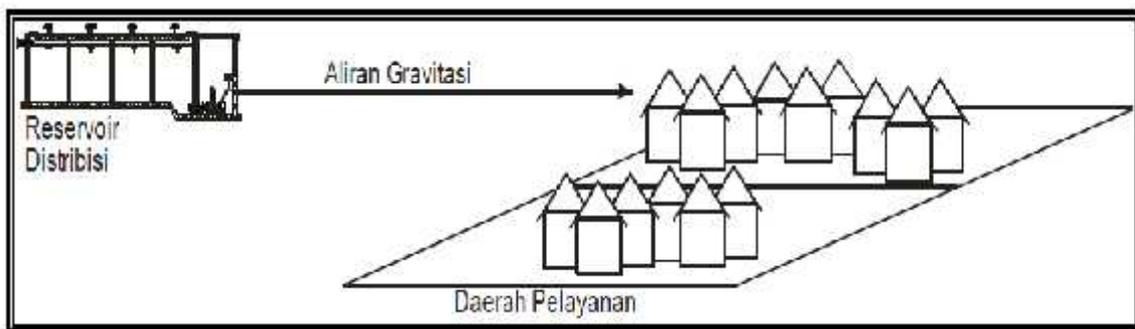
## 2.7 Kriteria Perencanaan Teknis Sistem Distribusi Air Bersih

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 sistem pendistribusian tersebut, perlu diperhatikan faktor-faktor berikut :

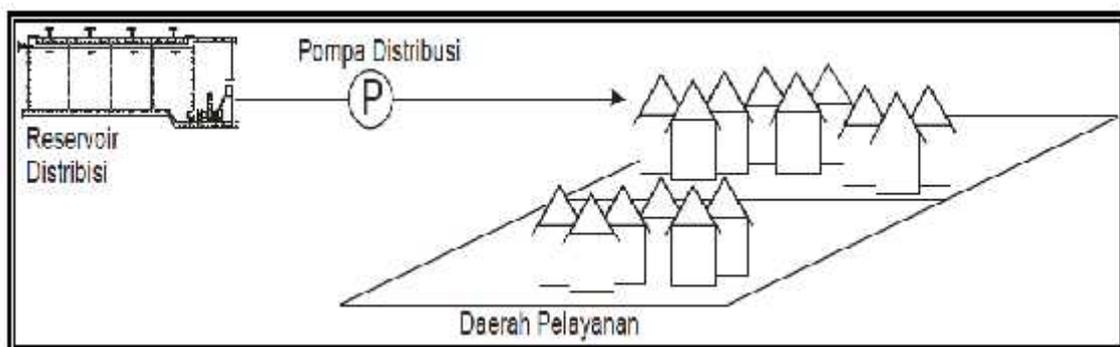
1. Tersedianya tekanan yang cukup pada jaringan pipa distribusi, sehingga air masih bisa mengalir ke konsumen dengan sisa tekanan yang cukup.
2. Kuantitas air yang mencukupi kebutuhan penduduk/konsumen dan dapat melayani 24 jam.
3. Kualitas air bersih terjamin mulai dari pipa distribusi sampai ke konsumen.

Sistem distribusi air bersih merupakan jaringan perpipaan yang mengalirkan air bersih dari sumber/instalasi ke daerah pelayanan. Secara sederhana suatu sistem distribusi air bersih dapat dilihat pada ilustrasi gambar berikut :



**Gambar 2.9**Sistem Distribusi Air Bersih Sistem Gravitasi Reservoir Distribusi Aliran Gravitasi Daerah Pelayanan

*Sumber: Kriteria Perencanaan Teknis Sistem Distribusi Air Bersih*



**Gambar 2.10**Sistem Distribusi Air Bersih Sistem Pompa P Pompa Distribusi Reservoir Distribusi Daerah Pelayanan

*Sumber: Kriteria Perencanaan Teknis Sistem Distribusi Air Bersih*

### 2.7.1 Sistem Pengaliran

Sistem pengaliran dalam sistem distribusi air bersih dapat diklasifikasikan menjadi sebagai berikut :

#### 1. Sistem Gravitasi

Sistem pengaliran dengan gravitasi dilakukan dengan memanfaatkan beda tinggi muka tanah, dalam hal ini jika daerah pelayanan terletak lebih rendah dari sumber air atau reservoir. Untuk daerah pelayanan yang mempunyai beda tinggi yang besar

sistem gravitasi dapat digunakan karena dengan beda tinggi yang besar untuk pengaliran kita dapat memanfaatkan energi yang ada pada perbedaan elevasi tersebut tidak perlu pemompaan. Bila digabungkan dengan sistem jaringan bercabang akan membentuk sistem yang optimal, baik dari segi ekonomis maupun dari segi teknis.

## 2. Sistem Pemompaan

Sistem pengaliran dengan pemompaan digunakan di daerah yang tidak mempunyai beda tinggi yang cukup besar dan relatif datar. Perlu diperhitungkan besarnya tekanan pada sistem untuk mendapatkan sistem pemompaan yang optimal, sehingga tidak terjadi kekurangan tekanan yang dapat mengganggu sistem pengaliran, atau kelebihan tekanan yang dapat mengakibatkan pemborosan energi dan kerusakan pipa.

## 3. Sistem Kombinasi

Sistem ini merupakan sistem gabungan dari sistem gravitasi dan sistem pemompaan. Pada sistem kombinasi ini, air yang didistribusikan dikumpulkan terlebih dahulu dalam reservoir pada saat permintaan air menurun. Jika permintaan air meningkat maka air akan dialirkan melalui sistem gravitasi maupun sistem pemompaan. Berdasarkan kondisi pelayanan air bersih yang telah ada (eksisting) yang menggunakan sistem gravitasi, maka dalam perencanaan ini juga direncanakan sistem pengaliran dengan gravitasi, karena selain ekonomis juga mempermudah dalam teknis operasional dan pemeliharaan. Serta melihat pada karakteristik kota dan kondisi topografi daerah pelayanan.

### 2.7.2 Kriteria Perencanaan Pemilihan Jaringan Perpipa

1. Diameter pipa dihitung berdasarkan debit aliran puncak jam (*peak hour*).
2. Kecepatan aliran rata-rata aliran dalam pipa.
3. Jalur perpipaan harus diatur sebagai berikut :
  - a. Terletak di tanah pemerintah atau umum (di pinggir jalur umum).
  - b. Pipa yang menyebrangi jalan umum harus dilindungi.
4. Setiap sambungan (*fitting*) harus diberi bantalan (*trust block*) yang ukurannya disesuaikan dengan kebutuhan.
5. Ke dalam pipa minimal 90-120 cm untuk pipa diameter < 900 mm, dan 150 cm untuk pipa dengan diameter > 1000 mm.
6. Tekanan yang terjadi dalam pipa tidak boleh melebihi 70% tekanan pipa yang diijinkan.
7. Tekanan minimum pada pipa induk adalah  $1 \text{ kg/cm}^2$ .

### 2.7.3 Klasifikasi Jaringan Perpipaan

Jaringan perpipaan air bersih dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Pipa induk (*pipa utama/primer*).
2. Pipa cabang (*pipa sekunder*).
3. Pipa pelayanan (*pipa tersier*).

Tujuan dan pengklasifikasian jaringan perpipaan ini adalah untuk memisahkan bagian jaringan menjadi suatu sistem hidrolis tersendiri sehingga memberikan keuntungan seperti :

1. Kemudahan dalam pengoperasian, sesuai dengan debit yang mengalir.
2. Mempermudah perbaikan jika terjadi kerusakan.
3. Meratakan sisa tekanan dalam jaringan perpipaan, sehingga setiap daerah pelayanan mendapatkan sisa tekanan relatif tidak jauh berbeda.
4. Mempermudah pengembangan jaringan perpipaan, sehingga jika dilakukan perluasan dan pengembangan tidak perlu mengganti jaringan yang sudah ada, dengan catatan masih memenuhi syarat kriteria hidrolis.

Jaringan perpipaan distribusi air bersih dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Pipa Hantar Distribusi (*Feeder System*)

Pipa hantar dalam pipa distribusi biasanya memberikan bentuk atau kerangka dasar sistem distribusi. Tidak dibenarkan sambungan rumah pada sistem pipa hantar distribusi ini. Pipa hantar distribusi dapat dibedakan menjadi sebagai berikut :

- a. Pipa Induk Utama (*Primary Feeder*)

Pipa induk utama merupakan pipa distribusi yang mempunyai jangkauan terluas dan diameter terbesar. Pipa ini melayani dan membagikan ke tiap blok-blok pelayanan di daerah pelayanan, dan disetiap blok memiliki satu atau dua titik penyadapan (*tapping*) yang dihubungkan dengan pipa induk sekunder (*secondary feeder*).

Secara fisik pipa induk utama dibatasi dengan:

- 1) Dimensinya direncanakan untuk dapat mengan air sampai dengan akhir perencanaan dengan debit jam puncak.
- 2) Tidak melayani penyadapan langsung ke konsumen.
- 3) Jenis pipa yang dipilih harus mempunyai ketahanan tinggi.

- b. Pipa Induk Sekunder (*Secondary Feeder*)

Merupakan jenis hantaran yang kedua dari suatu sistem jaringan. Pipa ini meneruskan air dari pipa induk utama ke tiap-tiap blok pelayanan. Pipa ini selanjutnya mempunyai percabangan terhadap pipa service. Secara fisik pipa

induk sekunder dibatasi sebagai berikut. Tidak melayani penyadapan langsung ke konsumen. Dimensi dihitung berdasarkan banyaknya sambungan yang melayani konsumen. Kelas pipa yang dipergunakan sama atau lebih rendah dari pipa induk utama.

## 2. Pipa Pelayanan Distribusi

Pipa pelayanan adalah pipa yang menyadap dari pipa induk sekunder dan langsung melayani konsumen. Diameter yang dipakai tergantung pada besarnya pelayanan terhadap konsumen.

Sistem pipa ini dibedakan menjadi :

### a. Pipa Cabang (*Small Distribution Main*)

Dapat mengalirkan langsung ke rumah dan dapat mengalirkan ke pipa yang lebih kecil.

### b. Pipa Service (*Service Line*)

Pipa ini merupakan pipa sambungan rumah.

## 2.7.4 Syarat Pemilihan Pipa

Pemilihan jenis pipa dilakukan dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Ketentuan dan daya tahan terhadap tekanan yang terdiri dari :
  - a. Tekanan dari dalam, yaitu tekanan statik dan water hammer.
  - b. Tekanan dari luar pipa, yaitu tekanan tanah dan air tanah, serta
  - c. Beban dari tanah permukaan, misalnya lalu lintas dan lain-lain.
2. Diameter yang tersedia di pasaran.
3. Daya tahan terhadap korosif dari luar dan dalam.
4. Kemudahan dan pengadaan, pengangkutan dan pemasangan di daerah yang bersangkutan.
5. Harga pipa dan pemeliharaan

Agar aliran pipa dapat mengalir dan dapat tahan dipakai sesuai dengan umurnya maka pemakaian pipa dapat dibagi menjadi 3 yaitu :

### 1. Pipa Pembawa

Pipa pembawa digunakan untuk mengalirkan air dari sumber ke tempat tertentu di daerah pemakaian.

### 2. Pipa Cabang

Pipa cabang digunakan untuk mengalirkan air setelah pipa utama ke pipa rumah-rumah, pipa cabang ini disebut juga pipa sekunder.

### 3. Pipa Plumbing merupakan jaringan pipa yang terdapat di dalam rumah.

### 2.7.5 Jenis- Jenis Pipa

1. Pipa Besi Tuang
  - a. Ukuran panjang pipa standar 3m dan 6m.
  - b. Keuntungan terbuat dari bahan yang kuat dan tahan terhadap korosi.
  - c. Kerugiannya adalah bahan yang berat.
2. Pipa Asbes –Semen
  - a. Pipa asbes-semen memiliki bobot yang ringan dan mudah
  - b. Kekurangannya adalah kekuatannya rendah terhadap lenturan.
  - c. Terbuat dari asbes-semen menjadi satu bahan padat Homogen.
3. Pipa Galvanis
  - a. Pipa besi lunak yang dilapisi timah.
  - b. Ukuran panjang pipa standar 6m.
  - c. Keuntungannya ringan, murah dan tahan terhadap korosi.
  - d. Kerugiannya jika lapisan timahnya rusak atau berkarat.
4. Pipa Baja
  - a. Mempunyai kekuatan lentur yang cukup kuat dan tahan terhadap benturan.
  - b. Diameter ukuran dapat mencapai hingga lebih dari 6m.
  - c. Kerugiannya adalah pemasangan pipa membutuhkan waktu yang cukup lama karena penyambungannya harus dilakukan pengelasan.
5. Pipa Beton
  - a. Mempunyai ukuran diameter hingga 72 inchi (2m) dan untuk ukuran yang lebih besar lagi, diameter pipa dapat mencapai hingga 180 inchi (5m) yang bisa didapatkan dengan pemasangan khusus.
  - b. Terbuat dari 2 jenis yaitu pipa bertulang dan tidak bertulang.
  - c. Diameter < 24 inchi dibuat tidak bertulang dan sebaliknya.
6. Pipa Plastik ( PVC)
  - a. Pipa bebas karat dan memiliki bobot yang ringan.
  - b. Mudah dalam pemasangan dan murah.
  - c. Banyak digunakan untuk pipa air rumah (Plumbing) sambungan dari rumah ke pembuangan, ataupun aliran di jalan.
7. Pipa Tembaga
  - a. Ukuran panjang pipa standar 5m dan 6m.
  - b. Keuntungan, bahan penghantar panas yang baik, ringan dan tahan terhadap korosi.
  - c. Kerugiannya adalah harga relatif mahal.

## 2.7.6 Perlengkapan Perpipaian

Perlengkapan pipa berfungsi agar jaringan perpipaan berjalan dengan baik sesuai dengan kebutuhan yang diharapkan. Beberapa perlengkapan perpipaan beserta fungsinya dapat diuraikan sebagai berikut :

### 1. Katup (*valve*)

Berfungsi untuk mengatur arah aliran dalam pipa dan menghentikan aliran air terutama bila satu bagian jalur pipa akan dites, diperiksa dan diperbaiki. Katup ditempatkan pada :

- a. Perlintasan pipa / jembatan pipa.
- b. Pada setiap jarak 3000 meter.
- c. Setiap titik pengambilan / penyadapan, perubahan arah aliran.
- d. Titik penguras.

Ada beberapa tipe katup (*valve*) :

#### a. *Gate Valve*

Dipergunakan pada pipa induk terutama untuk pipa yang berdiameter besar. Keuntungannya tahan terhadap tekanan besar. Kehilangan tekanan hampir tidak ada.

#### b. *Globe Valve*

Digunakan pada pipa yang berdiameter kecil. Keuntungannya relatif lebih murah dan mudah dalam perbaikannya. Kerugiannya kehilangan tekanan cukup besar.

### 2. Katup Pelepas Udara (*Air Release Valve*)

Berfungsi untuk membuang udara yang terakumulasi dalam pipa. Katup pelepas udara ditempatkan pada :

- a. Tempat-tempat yang tinggi.
- b. Jalur mendatar setiap jarak 75 m -100 m.
- c. Jembatan pipa.

### 3. *Altitude Valve* (Katup elevasi, pakai pelampung)

Digunakan pada tangki elevasi (menara air)., yang apabila tangki terisi penuh akan menutup secara otomatis dan membuka jika tekanan pada sistem distribusi lebih rendah daripada tekanan dalam tangki.

### 4. Katup Penguras (*Blow Oil Valves*)

Berfungsi untuk menguras kotoran / Lumpur yang terakumulasi pada pipa distribusi. Diameter blow off valve berkisar antara  $\frac{1}{4}$  -  $\frac{1}{2}$  dan diameter pipa distribusi. Katup ini ditempatkan pada :

- a. Tempat - tempat yang rendah, dimana kotoran / lumpur akan terakumulasi (akibat dari pengurasan / pembilasan pada pipa dan interusi air jika terjadi perbaikan jaringan pada sistem pipa).
  - b. Ujung-ujung saluran yang mendatar dan menurun Penempatannya harus dekat dengan saluran pembuangan.
5. Blok penahan & Jangkar (*Thrust Block* & Angker)
- Berfungsi untuk mengimbangi tekanan yang ditimbulkan oleh air, sehingga peralatan (*fitting*) tidak bergerak jika diberikan tekanan. Blok penahan ini akan memberikan atau memindahkan beban dan fitting-*fitting* pada tanah sekitarnya. Penempatannya di :
- a. Pada belokan.
  - b. Pada jalur pipa yang miring.
  - c. Pada perubahan dimensi pipa.
  - d. Ujung pipa.
6. Hidrant Kebakaran (*Fire Hydrant*)
- Berfungsi untuk kebutuhan pemadam kebakaran, dan dapat pula berfungsi sebagai alat untuk penggelontoran dalam riolering Penempatannya di :
- a. Daerah padat penduduk.
  - b. Persimpangan jalan.
  - c. Kantor-kantor pemerintah.
  - d. Pusat-pusat perdagangan (*Central Business District*).
7. Sambungan (*Fitting*)
- Berfungsi untuk :
- a. Menyambung pipa pada jenis dan ukuran pipa yang sama ataupun berbeda, coupling joint, mechanical joint, reducer, dsb.
  - b. Mengubah dan membagi aliran digunakan : elbow/bend, tee, cross joint, caps, plugs, atau blind flange.
8. Meter Air (*Water Meter*)
- Berfungsi untuk mengukur kuantitas air yang digunakan oleh konsumen. Ditempatkan pada :
- a. Sambungan ke rumah-rumah, digunakan untuk menghitung pemakaian air perbulannya.
  - b. Pada instansi, digunakan untuk mengetahui pemakaian air oleh penduduk, mengetahui jumlah kebocoran air atau mengevaluasi jumlah air yang hilang.
9. Stop Kran

Berfungsi untuk mengatur aliran air pada saat operasi. Penempatannya Pada titik awal pipa pelayanan dan dipasang seri dengan water meter.

10. Kran Umum (*Public Tap*)

Berfungsi sebagai sarana pelayanan air bersih untuk keperluan umum. Penempatannya ditentukan berdasarkan :

- a. Keadaan sosial ekonomi penduduk.
- b. Kepadatan penduduk.
- c. Kondisi daerah pelayanan Penempatan kran umum diusahakan pada daerah padat penduduk yang tidak mungkin dilayani langsung.

11. Bangunan Perlintasan (*Cross Way*)

Dibuat apabila jaringan pipa melewati :

- a. Jalan raya.
- b. Rel kereta api.
- c. Sungai.

12. *Thrust block*

Diperlukan pada pipa yang mengalami beban hidrolis yang tidak seimbang, misalnya pada pergantian diameter pipa, akhir pipa dan belokan. Gaya ini harus ditahan oleh thrust block untuk menjaga agar fitting tidak bergerak. Umumnya lebih praktis memasang thrust block ini setelah saluran ditimbun tanah dan dipadatkan, sehingga menjamin mampu menahan getaran/gaya hidrolis atau beban lain. Thrust block hendaknya dipasang pada sisi parit.