

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Air**

Air merupakan karunia tuhan yang secara alami ada diseluruh muka bumi. Manusia sebagai salah satu makhluk yang ada di bumi juga sangat tergantung terhadap air dan untuk kelangsungan hidupnya memerlukan air dengan kuantitas dan kualitas tertentu. ( Ir. Martin Dharmasetiawan.Msc, 2004 )

Salah satu faktor penting penggunaan air dalam kehidupan sehari-hari adalah untuk kebutuhan air minum. Menurut dokter dan ahli kesehatan manusia wajib minum air putih minimal 2 liter (atau 8 gelas) per hari dan maksimum 7 persen kali berat badan. ( Robert J.Kodoatie, 2012 )

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

Dalam penyediaan air, terdapat beberapa proses-proses yang wajib dilakukan demi mendapatkan kriteria kualitas, kuantitas, kontinuitas yang baik agar layak untuk dikonsumsi oleh manusia supaya tidak menimbulkan akibat-akibat tertentu yang merugikan bagi tubuh manusia. Berdasarkan sumbernya air dapat digolongkan menjadi empat kelompok yaitu :

1. Air Atmosfer (Air Hujan)

Air atmosfer adalah air yang dalam keadaan murni sangat bersih tetapi karena adanya pengotoran udara yang disebabkan kotoran-kotoran dan debu, maka untuk menjadikan air hujan sebagai sumber air minum hendaknya pada waktu menampung air hujan jangan dimulai pada saat hujan turun, karena masih mengandung banyak kotoran. Disamping itu air hujan mempunyai sifat agresif terutama terhadap pipa-pipa penyalur maupun bak-bak reservoir, sehingga hal ini dapat mempercepat terjadinya korosi.

## 2. Air Permukaan

Air permukaan adalah semua air yang terdapat pada permukaan tanah. Contoh-contoh yang bisa disebutkan antara lain: air didalam sistem sungai, air didalam sistem irigasi, air didalam sistem drainase, air waduk, danau, kolam retensi.

## 3. Air tanah

Air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah (definisi dalam UU Sumber Daya Air). Salah satu contohnya yaitu mata air.

## 4. Air laut

Air laut mempunyai sifat asin karena mengandung garam NaCl. Kadar garam dalam air laut kurang lebih 3%. Dengan keadaan ini maka air laut mempunyai syarat untuk air minum apa bila belum diolah terlebih dahulu. Air laut jarang digunakan sebagai air baku untuk air minum karena pengolahan untuk menghilangkan kadar garamnya membutuhkan biaya yang cukup besar.

*(Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu Edisi 2)*

### **2.3 Prinsip Dasar Penyediaan Air Bersih**

Dalam merencanakan penyediaan air bersih harus memenuhi 3K yaitu Kualitas, Kuantitas dan Kontinuitas. Kualitas menyangkut mutu air, baik air baku maupun air hasil pengolahan yang siap di distribusikan. Kuantitas menyangkut jumlah atau ketersediaan air baku yang diolah. Perlu pertimbangan apakah sumber air baku tersebut dapat memenuhi kebutuhan air baku selama umur rencana. Kontinuitas menyangkut kebutuhan air yang terus menerus. Artinya sumber air baku tersebut apakah dapat memasok kebutuhan air secara terus menerus terutama ketika musim kemarau.

### **2.3.1 Kualitas air baku untuk air bersih**

Air baku yang digunakan untuk menghasilkan air bersih harus memenuhi aturan yang tertuang dalam peraturan pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Perencanaan Air. Pada pasal 8 PP mengenai klasifikasi kriteria mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas:

1. Kelas Satu, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum
2. Kelas Dua, yaitu air yang diperuntukannya dapat digunakan untuk prasarana atau sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, perternakan, air untuk mengairi pertanian.
3. Kelas Tiga, yaitu air yang diperuntukannya dapat digunakan untuk ikan air tawar, perternakan, air untuk mengairi pertanian.
4. Kelas Empat, yaitu air yang diperuntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian.

### **2.3.2 Kualitas Air Bersih**

Kualitas atau mutu air yang mengalir dalam suatu jaringan pipa distribusi air sangatlah penting. Karena, tujuan utama dari perencanaan jaringan distribusi air bersih adalah agar para konsumen dapat mengkonsumsi air tersebut dengan aman. Dalam perjalanannya air selalu berhubungan langsung dengan dinding pipa bagian dalam dan perlengkapan pipa. Bila terdapat kerusakan pada jalur pipa, otomatis air didalamnya akan terkontaminasi dengan bahan-bahan yang dapat menurunkan mutunya. Sebaliknya jalur pipa tersebut dalam kondisi yang sangat baik dimana air terlindungi dari pengaruh luar, maka mutu air pada jaringan pipa distribusi tersebut aman tetap terjaga.

Syarat kualitas meliputi syarat fisik, syarat kimia, syarat bakteriologis, dan syarat bakteriologis sebagai berikut.

### 1. Syarat Fisik

Syarat fisik dari air bersih adalah persyaratan yang dapat dipenuhi oleh indra kita, baik secara penglihatan, penciuman, maupun perasa. Syarat-syarat berikut diantaranya sebagai berikut.

- Tidak terasa, jernih.
- Tidak berwarna, tidak berbau.
- Suhu air yang baik adalah suhu yang sama dengan suhu ruang, sehingga saat diminum tidak terlalu dingin maupun terlalu panas, tetapi menyegarkan.

### 2. Syarat Kimia

Syarat kimia adalah persyaratan yang menyangkut kadar atau kandungan zat kimia dalam air. Terutama untuk air minum, air tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Misalnya air tidak boleh mengandung zat timah (Pb) karena timah sangat beracun, tidak mengandung zat kimia organik dan anorganik tertentu (Ca, Mg, dan sebagainya). Oleh karena itu, masyarakat tidak dianjurkan menggunakan pipa dari bahan timah.

### 3. Syarat Bakteriologis

Ada syarat lain dari air minum yang sehat, yaitu syarat bakteriologis. Persyaratan ini menyangkut kandungan mikroorganisme atau jasad renik yang terdapat dalam air minum. Air minum tidak boleh mengandung bakteri yang dapat merugikan kesehatan manusia. Persyaratannya adalah sebagai berikut.

- Jumlah kuman yang terdapat dalam 1 cc air minum harus kurang dari 100 kuman
- Dalam 100 cc air minum tidak boleh mengandung bakteri E.coli karena bakteri ini akan menyebabkan gangguan pencernaan.
- Bakteri lain yang tidak boleh ada dalam air minum adalah bakteri-bakteri patogen, karena dapat menyebabkan penyakit kolera, tipus, disentri, dan gastroenteritis (gangguan pada lambung).

### 4. Syarat Radioaktif

Dari segi parameter radioaktivitas, apapun bentuk radioaktivitas efeknya adalah sama, yakni menimbulkan kerusakan pada sel yang terpapar. Kerusakan

dapat berupa kematian, dan perubahan komposisi genetik. Kematian sel dapat diganti kembali apabila sel dapat bergenerasi dan apabila tidak seluruh sel mati. Perubahan genetik dapat menimbulkan berbagai penyakit seperti kanker dan mutasi.

( *Utilitas Bangunan Modul Plumbing, 2015*)

### **2.3.3 Kuantitas Air**

Kuantitas adalah jumlah persediaan air minum yang dapat memenuhi kebutuhan dari pengguna atau masyarakat yang memanfaatkan jasa dari penyedia air minum.

Secara umum penyediaan air bersih adalah berasal dari sumber air permukaan atau air dalam tanah. Untuk wilayah kota Palembang, sumber penyedia air yang dikelola oleh PDAM berasal dari air permukaan (Sungai Musi). Dimana kuantitas air yang berasal dari air permukaan ini mencukupi untuk didistribusikan. Kuantitas atau jumlah air yang mengalir dari pusat distribusi sangatlah penting dalam merencanakan jaringan distribusi. Karena tujuan utama dari perencanaan jaringan distribusi adalah agar kebutuhan masyarakat akan tersedianya air bersih dapat terlayani dengan baik. Untuk itu hal-hal yang dapat mengurangi jumlah air yang didistribusi antara lain disebabkan oleh banyaknya sambungan pipa dan panjangnya jalur pipa sedapat mungkin dihindarkan.

Pemakaian air oleh suatu masyarakat bertambah besar dengan kemajuan masyarakat tersebut, sehingga pemakaian air sering kali dipakai sebagai salah satu tolak ukur tinggi rendahnya kemajuan suatu masyarakat.

#### **2.3.3.1 Syarat Kuantitas Air Bersih**

Syarat kuantitas air bersih artinya air bersih harus memenuhi standar yang disebut standar kebutuhan air. Standar kebutuhan air adalah kapasitas air yang dibutuhkan secara normal oleh manusia untuk memenuhi hajat hidupnya sehari-hari. Standar kebutuhan air diperhitungkan berdasarkan pengamatan pemakaian air bersih dalam kehidupan sehari-hari para konsumen. Kuantitas air bersih harus

dapat dimaksimalkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada masa sekarang dan masa mendatang.

#### **2.3.4 Kontinuitas Air**

Kontinuitas air adalah penyediaan air yang dapat menjangkau kawasan yang cukup luas dan tersedia setiap saat. Dalam penyediaan air bersih tidak hanya berhubungan dengan kualitas dan kuantitas saja, tetapi juga dari segi kontinuitas juga harus mendukung. Dimana air harus bisa tersedia secara terus-menerus meskipun dimusim kemarau selama umur rencana. Karena tujuan utama dari perencanaan jaringan distribusi air adalah agar kebutuhan masyarakat akan tersedianya kebutuhan air bersih dapat terpenuhi secara terus-menerus walaupun dimusim kemarau. Salah satu cara menjaga agar kontinuitas air tetap tersedia adalah dengan membuat penampungan air (Reservoir) untuk menyimpan air sebagai persediaan air pada musim kemarau.

#### **2.4 Kebutuhan air**

Kebutuhan air yang dimaksud adalah kebutuhan air yang digunakan untuk menunjang segala kegiatan manusia, meliputi air bersih domestik dan non domestik, air irigasi baik pertanian maupun perikanan, dan air untuk penggelontoran kota. Air bersih digunakan untuk memenuhi kebutuhan:

- a. Kebutuhan Air Domestik : keperluan rumah tangga.
- b. Kebutuhan Air Non Domestik : untuk industri, pariwisata, tempat ibadah, tempat sosial, serta tempat-tempat umum lainnya.

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

Kebutuhan Air domestik sangat ditentukan oleh jumlah penduduk dan konsumsi perkapita. Estimasi populasi untuk masa yang akan datang merupakan salah satu parameter utama dalam penentuan kebutuhan air domestik.

Standar kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air bersih yang digunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk memenuhi hajat hidup sehari-hari, seperti

pemakaian air untuk minum, mandi, dan mencuci. Satuan yang dipakai adalah liter/orang/hari.

#### 2.4.2 Kebutuhan Air Non-Domestik

Kebutuhan air non domestik meliputi: Pemanfaatan komersial, kebutuhan institusi dan kebutuhan industri. Kebutuhan air komersial untuk suatu daerah cenderung meningkat sejalan dengan peningkatan penduduk dan perubahan tataguna lahan.

Kebutuhan institusi antara lain meliputi kebutuhan-kebutuhan air untuk sekolah, rumah sakit, gedung-gedung pemerintah, tempat ibadah dan lain-lain.

(Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu Edisi 2)

**Tabel 2.1 Kebutuhan Air Non Domestik Kategori I,II,III,dan IV**

Sektor	Nilai	Satuan
Sekolah	10	Liter/murid/hari
Rumah sakit	200	Liter/bed/hari
Puskesmas	2000	Liter/hari
Masjid	3000	Liter/hari
Kantor	10	Liter/pegawai/hari
Pasar	12000	Liter/hektar/hari
Hotel	150	Liter/bed/hari
Rumah makan	100	Liter/tempat duduk/hari
Komplek militer	60	Liter/orang/hari
Kawasan industri	0,2 – 0,8	Liter/detik/hektar
Kawasan pariwisata	0,1 – 0,3	Liter/detik/hektar

(Sumber: Ditjen Cipta Karya Dep PU)

**Tabel 2.2 Kebutuhan Air Non Domestik Kategori V (Desa)**

Sektor	Nilai	Satuan
Sekolah	5	Liter/murid/hari
Rumah Sakit	200	Liter/bed/hari

Puskesmas	1200	Liter/hari
Hotel	90	Liter/hari
Kawasan Industri	10	Liter/hari

(Sumber: Ditjen Cipta Karya Dep PU)

**Tabel 2.3 Kebutuhan Air Non Domestik Kategori Lain**

Sektor	Nilai	Satuan
Lapangan terbang	10	Liter/detik
Pelabuhan	50	Liter/detik
Stasiun KA Terminal	10	Liter/detik
Bus		
Kawasan industri	0,75	Liter/hektar

(Sumber: Ditjen Cipta Karya Dep PU)

## 2.5 Pemakaian Air

Secara garis besar pemakaian air dapat dikelompokkan sebagai berikut :

### 1. Kebutuhan air domestik (Rumah Tangga)

Kebutuhan air domestik dibagi dua sistem yaitu sistem sambungan langsung dan sistem sambungan tidak langsung. Sambungan tidak langsung dibagi menjadi dua yaitu sambungan halaman dan sambungan kran umum.

### 2. Kebutuhan air non domestik

### 3. Kebutuhan puncak

Kebutuhan puncak merupakan periode satu hari terdapat jam-jam tertentu dimana pemakaian airnya maksimum. Keadaan ini dicapai karena adanya pengaruh pola pemakaian air harian. Karakteristik pemakaian air ini sangat bergantung dari budaya pemakaian air yang tergantung pada siklus kehidupan dari masyarakat. Misalnya untuk daerah pelayanan perumahan yang sebagian besar penduduknya adalah pegawai yang berangkat ke kantor jam 7.00 pagi dan pulang jam 14.00 sore, pemakaian air puncak adalah jam 5.00 – 6.00 pagi dan jam 16.00 – 18.00 sore. Sedangkan untuk



masyarakat yang sebagian besar penduduknya bekerja lebih siang dan pulang lebih sore akan terjadi penggeseran pemakaian air puncak jam 6.00 – 7.00 dan jam 18.00 – 20.00. pada daerah metro faktor jam puncak adalah 1,5 – 2,25 dan kota kecil sebesar 1,25 – 1,75.

(Ir. Martin Dharmasetiawan. Msc, 2004)

## **2.6 Jaringan Distribusi**

### **2.6.1 Sistem Jaringan Distribusi**

Sistem distribusi air bersih adalah pendistribusian atau pembagian air melalui sistem perpipaan dari bangunan pengolahan (reservoir) ke daerah pelayanan (konsumen). Dalam perencanaan sistem distribusi air bersih, beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu berupa informasi mengenai kebutuhan air bersih di wilayah perencanaan, pertambahan jumlah penduduk dan tingkat sosial ekonomi penduduk yang mempengaruhi pola pemakaian air. Penentuan kebutuhan air bersih didasarkan pada beberapa hal yaitu :

1. Daerah pelayanan
2. Periode perencanaan
3. Proyeksi jumlah penduduk, fasilitas umum dan fasilitas sosial selama periode perencanaan
4. Pola pemakaian air disuatu wilayah

Dasar pertimbangan dalam perencanaan sistem distribusi air bersih adalah:

1. Pertumbuhan penduduk yang dilayani.  
Semakin tinggi jumlah penduduk suatu daerah, maka kebutuhan air bersih penduduk akan meningkat
2. Kebutuhan air  
Kebutuhan air adalah debit air yang harus disediakan untuk distribusi daerah pelayanan
3. Letak topografi daerah layanan  
Letak topografi daerah layanan akan menentukan sistem jaringan dan pola aliran yang sesuai.

4. Tingkat sosial ekonomi penduduk.  
Kebutuhan air akan semakin meningkat jika tingkat sosial ekonomi juga semakin meningkat
5. Kecepatan pertumbuhan sarana perkotaan yang ada, ekonomi dan investasi pembangunan

### **2.6.2 Jenis Sambungan Sistem**

Jenis sambungan dalam distribusi air bersih dibedakan menjadi:

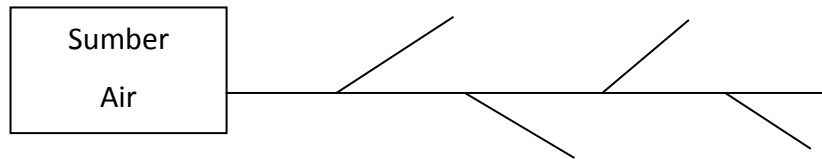
1. Sambungan halaman yaitu pipa distribusi dari pipa induk/pipa utama ke tiap-tiap rumah atau halaman
2. Sambungan rumah yaitu sambungan pipa distribusi dari pipa induk/pipa utama ke masing-masing utilitas rumah tangga.
3. Hidran umum merupakan pelayanan air bersih yang digunakan secara komunal pada suatu daerah tertentu untuk melayani 100 orang dalam setiap hidran umum.
4. Terminal air adalah distribusi air melalui pengiriman tangki-tangki air yang diberikan pada daerah-daerah kumuh, daerah terpencil atau daerah yang rawan air bersih.
5. Kran umum merupakan pelayanan air bersih yang digunakan secara komunal pada kelompok masyarakat tertentu, yang mempunyai minat tetapi kurang mampu dalam membiayai penyambungan pipa ke masing-masing rumah. Biasanya satu kran umum dipakai untuk melayani kurang lebih 20 orang.

### **2.6.3 Pola Jaringan Distribusi**

Macam pola jaringan system distribusi air bersih:

#### **1. System cabang**

Adalah system pendistribusian air bersih yang bersifat terputus membentuk cabang-cabang sesuai dengan daerah pelayanan.



Gambar 2.1 System Cabang

Keuntungan:

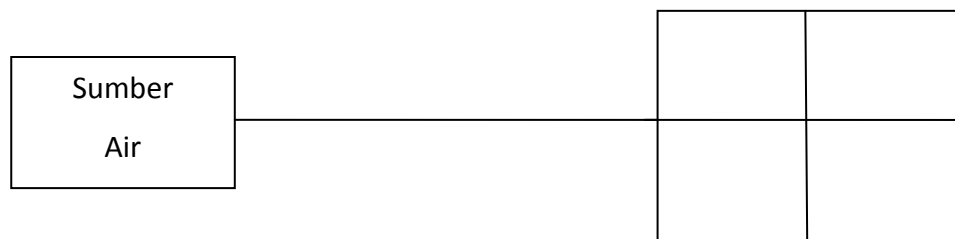
- Tidak membutuhkan perhitungan dimensi pipa yang rumit karena debit dapat dibagi berdasarkan cabang-cabang pipa pelayanan.
- Untuk pengembangan daerah pelayanan lebih mudah karena hanya tinggal menambah sambungan pipa yang telah ada.

Kerugian:

- Jika terjadi kebocoran atau kerusakan pengaliran pada seluruh daerah akan terhenti.
- Pembagian debit tidak merata.
- Operasional lebih sulit karena pipa yang satu dengan yang lain saling berhubungan.

## 2. System Loop

Adalah system perpipaan melingkar dimana ujung pipa yang satu bertemu dengan ujung pipa yang lain.



Gambar 2.2 System Loop

Keuntungan:

- Debit terbagi rata karena perencanaan diameter berdasarkan pada jumlah kebutuhan total

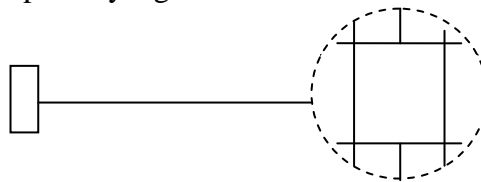
- Jika terjadi kebocoran atau kerusakan atau perubahan diameter pipa maka hanya daerah tertentu yang tidak mendapat pengaliran, sedangkan untuk daerah yang tidak mengalami kerusakan aliran air tetap berfungsi.
- Pengoperasian jaringan lebih mudah.

Kerugian:

- Perhitungan dimensi perpipaan membutuhkan kecermatan agar debit yang masuk pada setiap pipa merata.

### 3. Sistem Melingkar

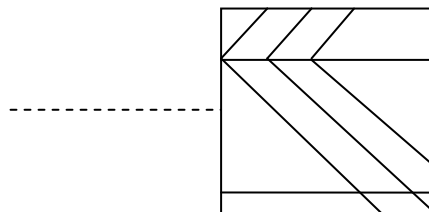
Dibandingkan dengan sistem-sistem sebelumnya merupakan sistem yang terbaik. Sirkulasi air dalam jaringan lancar, bila ada perbaikan kerusakan distribusi air tidak akan terhenti. Namun kerugiannya yaitu biaya investasi mahal dan sistem operasi yang sulit



Gambar 2.3 Sistem Melingkar

### 4. Sistem Diagonal

Merupakan suatu sistem yang paling baik dan efisien karena air dapat mengalir ke suatu tempat dari berbagai arah, artinya suatu tempat tidak hanya mendapatkan air dari suatu sistem jaringan saja. Kerugiannya adalah biaya operasi dan pembuatannya sangatlah mahal.



Gambar 2.4 Sistem Diagonal

## 2.7 Sistem Pengaliran

Ada 2 cara untuk mengalirkan air dari sumbernya yaitu:

### 1. Cara Gravitasi

Cara gravitasi adalah suatu cara yang ditetapkan dimana air dialirkan secara gravitasi dari reservoir ke jaringan distribusi. Cara ini bisa diterapkan jika letak reservoir atau instalasinya berada pada tempat yang lebih tinggi dari daerah yang akan disuplai.

### 2. Cara Pemompaan

Cara pemompaan digunakan apabila letak instalasi/reservoir pada ketinggian yang sedemikian rupa sehingga tidak mampu mengalirkan air dengan baik ke daerah pelayanan. Cara pemompaan dilakukan apabila:

- a. Ketinggian instalasi lebih rendah dari daerah yang dilayani
- b. Ketinggian instalasi sama dengan daerah yang akan dilayani
- c. Ketinggian instalasi lebih tinggi dari daerah yang dilayani, akan tetapi tidak memiliki tekanan cukup untuk bisa memberikan pelayanan yang baik.

## 2.8 Jenis-Jenis Alat Sambung Pipa

Penyambungan pipa atau aksesoris merupakan keterbatasan panjang dan pipa yang dijual dipasaran maka dalam pekerjaan suatu instalasi tidak terlepas dari penyambungan-penyambungan. Adapun macam-macam alat sambung atau aksesoris tersebut adalah sebagai berikut:

1. Tee, berfungsi untuk mengalirkan air secara menyilang.
2. Elbow, digunakan pada arah berbingkai atau lingkaran.
3. Socket, berfungsi sebagai penyambung dua pipa berdiameter sama.
4. Valve, berfungsi untuk mengatur aliran, menutup dan membuka aliran serta mengontrol tekanan aliran.

5. Reducer, berfungsi untuk menyambung dua pipa dengan diameter yang berbeda.

## 2.9 Analisis Pertumbuhan Penduduk

Untuk mengetahui perkiraan jumlah penduduk pada tahun-tahun mendatang digunakan berupa metode antara lain Metode Geometrik, Metode Aritmatik, dan Metode Regresi Eksponensial.

### 2.9.1 Metode Geometrik

Metode ini digunakan bila data jumlah penduduk menunjukkan peningkatan yang pesat dari waktu ke waktu. Metode ini diterapkan pada kasus pertumbuhan penduduk di kota yang pertumbuhan ekonominya tinggi dan perkembangan kotanya pesat.

Rumus :

$$P_n = P_o (1+r)^n$$

$$r = \left( \frac{P_n}{P_o} \right)^{1/n} - 1$$

Dimana:

$P_n$  = Jumlah penduduk tahun ke-n

$P_o$  = Jumlah penduduk pada tahun awal

$r$  = Tingkat pertumbuhan

$n$  = Jumlah interval tahun

### 2.9.2 Metode Aritmatik

Digunakan bila data berkala menunjukkan jumlah penambahan yang relatif sama setiap tahun. Hal ini terjadi pada kota dengan luas wilayah yang relatif kecil.

Rumus :

$$P_n = P_o + K_a (T_n - T_o)$$

$$K_a = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1}$$

Dimana:

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

### 2.9.3 Metode Regresi Eksponensial

Hampir sama dengan metode geometrik, perbedaannya pada metode ini menggunakan bilangan e.

Rumus :

$$P_n = P_0 \times e^{B(T_0 - T_n)}$$

$$B = \frac{[\ln(P_2/P_1)]}{(T_1 - T_2)}$$

$$\text{Harga } e = 2,718281828$$

Dimana :

- $B$  = konstanta  
 $P_t$  = jumlah penduduk tahun pertama  
 $P_0$  = Jumlah penduduk tahun awal  
 $T_n$  = Tahun ke-n  
 $P_1$  = Jumlah penduduk tahun ke-1  
 $P_2$  = Jumlah penduduk tahun ke-2

Untuk mengetahui metode mana yang paling tepat dalam memproyeksikan pertumbuhan penduduk, perlu dilakukan uji korelasi dengan mencari kecenderungan penduduk atau penyimpangan antara hasil proyeksi terhadap penyimpangan ideal sesuai dengan standar deviasi. Hasil yang terbaik adalah yang memberikan penyimpangan yang ideal yaitu angka yang terkecil.

Rumus standar deviasi

$$(SD) = \sqrt{\frac{(\sum X)^2 - (\sum X^2)/n}{n}}$$

Dimana :

SD = standar deviasi

X = selisih jumlah penduduk diproyeksi dengan jumlah penduduk sebelumnya

n = jumlah tahun

(Sumber: Teknik Sumber Daya Air Edisi Ketiga Jilid II)

## 2.10 Perhitungan Hidrolis

### 2.10.1 Dimensi Pipa

Didalam perencanaan suatu jaringan pipa distribusi, pendimensionan pipa sangat diperlukan agar tidak terjadi kesalahan-kesalahan didalam suatu perencanaan. Rumus yang digunakan adalah :

$$Q = V.A$$

$$A = 1/4\pi . d^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4 Q}{v\pi}}$$

Dimana :

Q = Debit pengaliran (m<sup>3</sup>/detik)

V = Kecepatan pengaliran (m/detik)

A = Luas penampang (m)

d = diameter (mm)

(sumber : Ir.Martin Dharmasetiawan.Msc)

### 2.10.2 Debit Penyadapan

Debit penyadapan untuk satu sambungan rumah atau fasilitas umum per detiknya dapat dihitung dengan cara:



$$= \frac{\text{kebutuhan/orang/hari} \times \text{jumlah orang}}{\text{waktu pemakaian rata-rata/hari}}$$

### 2.10.3 Debit Pelayanan

Untuk menghitung debit pelayanan pada suatu daerah yang direncanakan dapat dihitung dengan cara:

1. Debit pelayanan untuk sambungan rumah (Q Domestik)  
 $= \sum \text{sambungan rumah} \times \text{debit penyadapan 1 sambungan rumah}$
2. Debit pelayanan untuk fasilitas umum (Q non Domestik)  
 $= \sum \text{fasilitas umum} \times \text{debit penyadapan 1 fasilitas umum}$
3. Total debit pelayanan

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{domestik}} + Q_{\text{non domestik}}$$

( sumber : Ir.Martin Dharmasetiawan.Msc)

### 2.10.4 Hilang Tinggi Tekanan

Tekanan terhadap aliran dalam pipa yang menyebabkan hilang tinggi tekanan, tidak hanya disebabkan oleh panjang pipa akan tetapi juga oleh perlengkapan pipa seperti lengkung dan katup yang menyerap energi dengan menimbulkan turbulensi yang relatif besar. Persoalan aliran dalam pipa hanya mencakup masalah pipa yang penuh dialiri cairan. Hilang tinggi tekanan di klasifikasikan sebagai berikut:

#### 1. Hilang Tinggi Tekanan Besar

Dalam aliran pipa, hilang tinggi tekanan besar terutama adalah hilang tinggi tekanan akibat gesekan dan dinyatakan dengan Hgs.

- a. Persamaan Darcy Weisbach

$$H_{gs} = \lambda \frac{l.v^2}{d.2g}$$

Dimana :

Hgs = Hilang tinggi tekanan karena gesekan (m)

$\lambda$  = Koefisien gesekan Darcy (faktor gesekan)

- $l$  = Panjang pipa (m)  
 $v$  = Kecepatan aliran (m/det)  
 $d$  = Diameter pipa (m)  
 $g$  = Percepatan karena gaya tarik bumi (m/det<sup>2</sup>)

(Sumber: Hidrolika 1 Edisi Pertama)

b. Persamaan Manning-Gauckler-Strickler

$$H_{gs} = \frac{v^2 \cdot l}{K_{st}^2 \cdot R^{4/3}}$$

$$Q = v \cdot A \rightarrow v = \frac{Q}{A}$$

Dimana :

- $Q$  = Debit pengaliran (m<sup>3</sup>/det)  
 $K_{st}$  = Koefisien gesekan pipa strickler  
 $l$  = Panjang pipa (m)  
 $d$  = Diameter (m)  
 $n$  = Konstanta Numerik  
 $H_{gs}$  = Kehilangan tinggi tekanan (m)  
 $V$  = Kecepatan aliran (m/det)  
 $R$  = Radius hidrolis

c. Persamaan Hazen William

Persamaan Hazen William adalah yang paling umum dipakai. Persamaan ini lebih cocok untuk menghitung kehilangan tekanan untuk pipa dengan diameter besar yaitu diatas 100 mm. Selain itu rumus ini sering dipakai karena mudah digunakan.

Persamaan Hazen William secara empiris menyatakan bahwa debit yang mengalir dalam pipa adalah sebanding dengan diameter pipa dan kemiringan hidrolis (S) yang dinyatakan sebagai kehilangan tekanan (hl) dibagi dengan panjang pipa (L) atau  $S = (hl/L)$ . Disamping itu ada faktor C yang menggambarkan kondisi fisik dari pipa seperti kehalusan dinding

dalam pipa yang menggambarkan jenis pipa dan umur. Secara umum persamaan Hazen William adalah sebagai berikut:

$$Q = 0,2785.C.d^{2,63}.S^{0,54}$$

Dimana :

$$S = (h_L/L)$$

Dimana :

L = panjang pipa dari 1 ke 2

Apabila kehilangan tekanan atau  $h_L$  yang dihitung maka:

$$h_L = (Q/0,2785.C.d^{2,63})^{1,85}.L$$

C = Koefisien Hazen william

**Tabel 2.4 Koefisien Hazen William**

No	Jenis Pipa	Nilai C
1	Asbes Cement	120
2	Poly Vinil Chloride (PVC)	120 – 140
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 : Ir.Martin Dharmasetiawan,Msc)

Dalam suatu pipa hilang tinggi tekanan sering diabaikan karena tidak menyebabkan kesalahan yang terlalu banyak pada perhitungan. Persamaan dasar untuk menghitung hilang tinggi tekanan kecil adalah :

$$h_L = C \frac{v^2}{2g}$$

Dimana :

$h_L$  = Hilang tinggi tekanan kecil (m)

C = Koefisien hilang tinggi tekanan

v = Kecepatan aliran fluida (m/det)

$g$  = Gravitasi (m/dt)

(Sumber : Ir.Martin Dharmasetiawan,Msc)

## 2. Hilang Tinggi Tekanan Kecil

Hilang tinggi tekanan kecil disebabkan oleh:

- a. Pembesaran tiba-tiba dan penyempitan tiba-tiba

$$h_L = C.1 - \frac{A2}{A1}$$

Nilai C untuk pembesaran tiba-tiba adalah 1,0 – 1,2 sedangkan nilai C untuk penyempitan tiba-tiba adalah 0,4 – 0,5.

Keterangan :

A1 = Luas pipa awal (m<sup>2</sup>)

A2 = Luas pipa akhir (m<sup>2</sup>)

- b. Perubahan arah/tikungan pipa

**Tabel 2.5 Harga Untuk Tikungan Pipa**

Dinding	A				
	15°	30°	45°	60°	90°
Halus	0,042	0,130	0,236	0,471	1,129
Kasar	0,062	0,165	0,320	0,684	1,265

(Sumber: Hidrolika I,1982)

- c. Pipa Bercabang

Koefisien hilang tinggi tekanan karena percabangan dengan sudut tajam dan diameter tajam.

**Tabel 2.6 Harga Untuk Pipa Bercabang**

$\frac{Qa}{Q}$	A			
	90°		45°	
0	0,95	0,04	0,09	-0,04
0,2	0,88	-0,08	0,68	-0,06
0,4	0,89	-0,05	0,50	-0,04
0,6	0,95	0,07	0,38	0,07
0,8	1,10	0,21	0,35	0,20
1	1,28	0,35	0,48	0,33

(Sumber : Hidrolika I, 1982)

Untuk sistem jaringan melingkar, dalam menentukan hilang tinggi tekanan menggunakan cara Hardy Cross yang terdiri dari beberapa langkah, yaitu:

1. Menghitung hilang tinggi tekanan (Hgs) di tiap pipa dengan menggunakan persamaan :

$$Hgs = K \times Q^2$$

$$K = \frac{101,61 l}{\pi^2 \cdot Kst^2 \cdot d^{16/3}}$$

Dimana :

K = Koefisien hilang tekanan

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

l = Panjang pipa (m)

d = Diameter pipa (m)

2. Membagi jaringan menjadi beberapa keliling pipa tertutup sehingga tiap pipa termasuk dalam sedikitnya satu keliling.
3. Hitung jumlah aljabar dari hilang tinggi tekanan dalam tiap keliling ( $\sum Hgs$ ) dengan mengambil konvensi tanda yang baik. Hanya jika pembagian aliran yang dimisalkan itu kebetulan benar, ( $\sum Hgs$ ) tidak sama dengan nol maka debit yang dimisalkan tersebut harus dikoreksi kembali.

4. Perbaiki debit dengan menggunakan koreksi  $\Delta Q$  yang diperoleh sebagai berikut:

$$Q = Q_0 + \Delta Q$$

Dimana:

$$\Delta Q = \text{Koreksi debit (m}^3/\text{detik)}$$

$$\text{Sehingga } H_{gs} - K \cdot Q^2 = K (Q_0 + \Delta Q)$$

Untuk keliling pipa yang tertutup maka  $\Delta Q$  adalah sebagai berikut :

$$\Delta Q = - \frac{\sum k \cdot Q^2}{2 \sum k \cdot Q_0}$$

5. Ulangi terus sampai koreksi debitnya menjadi kecil atau mendekati nol  
(*Sumber : Sumber Daya Air Edisi Ketiga Jilid I*)

## 2.11 Network Planning

Network planning merupakan suatu cara atau teknik baru dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Disamping itu Network planning juga merupakan salah satu bentuk yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek. Proyek yang dihasilkan dari network planning ini dalam kegiatan-kegiatan yang ada dalam proyek.

Network Planning memiliki beberapa tipe, yaitu:

1. PDM (Precedence Diagram Method)
2. Metode Jalur Kritis/Critical Path Method (CPM)
3. Diagram Evaluation and Review Technique (PERT)
4. Grafic Evaluation and Review Technique (GERT)

Kegunaan dari Network Planning adalah:

1. Mengkoordinasi berbagai pekerjaan.
2. Mengetahui apakah suatu pekerjaan bebas atau tergantung dengan pekerjaan lainnya.
3. Mengetahui logika proses yang berlangsung dan hasil proses itu sendiri.

Proses penyusunan Network Planning yaitu:

1. Mengkaji dan mengidentifikasi lingkup proyek.
2. Menyusun hubungan logika ketergantungan antar kegiatan.

3. Memberikan perkiraan waktu untuk setiap pekerjaan.
4. Mengidentifikasi jalur kritis dan float (masa tenggang)
5. Menentukan jadwal yang paling ekonomis dan meminimalkan fluktuasi pemakaian sumber daya.

Langkah-langkah penting yang perlu diperhatikan dalam pembuatan Network Planning, yaitu:

1. Tentukan jenis dan kegiatan yang ada.
2. Urutan-urutan jenis kegiatan tersebut.
3. Kaitan jenis kegiatan yang mempunyai kaitan hubungan.
4. Tentukan lamanya waktu penyelesaian setiap jenis pekerjaan.
5. Buat daftar kegiatan.
6. Buat NWP nya.


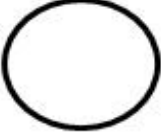


### **2.11.1 Diagram Network**

Untuk memudahkan penyelesaian proyek secara keseluruhan diperlukan adanya suatu diagram yang menunjukkan urutan pekerjaan. Diagram Network merupakan proses pekerjaan secara visual. Adapun cara menyusun Diagram Network adalah sebagai berikut:

- a. Setiap pekerjaan untuk penyelesaian proyek secara keseluruhan ditulis didalam bentuk simbol misalnya angka atau huruf.
- b. Waktu yang diperlukan ditulis disampingnya dan pekerjaan yang harus diselesaikan sebelum pekerjaan diselesaikan ditulis disebelah pekerjaan yang bersangkutan.
- c. Setiap pekerjaan digambarkan dalam bentuk lingkaran dengan waktu yang dipergunakan untuk menyelesaikan pekerjaan dan tiap pekerjaan disusun menurut yang telah ditentukan dan dihubungkan dengan anak panah.

Dalam metode ini dikenal simbol-simbol sebagai berikut:

Tabel 2.7 Simbol-simbol yang digunakan dalam diagram network

No	Simbol	Keterangan
1		<i>Arrow</i> , bentuknya merupakan anak panah yang artinya aktivitas/kegiatan : adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan “duration” ( jangka Waktu Tertentu) dan “Resources” ( Tenaga, equipment, Material dan Baiaya ) tertentu.
2		<i>Node/event</i> , bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian : adalah permulaan atau akhir dari satua atau lebih kegiatan-kegiatan.
3		<i>Double arrow</i> , Anak panah sejajar, merupakan kegiatan di Lintasan Kritis (Critical Path)
4		<i>Dummy</i> , Bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktivitas semu : adalah bukan kegiatan/aktivitas tetapi dianggap kegiatan/aktivitas, hanya saja tidak membutuhkan duration dan resource tertentu.

### 2.11.2 Jalur Kritis/Critical Path Method (CPM)

CPM (Critical Path Method) adalah teknik manajemen proyek yang menggunakan hanya satu faktor waktu per kegiatan. Merupakan jalur tercepat untuk mengerjakan suatu proyek, dimana setiap proyek yang termasuk pada jalur ini tidak diberikan waktu jeda/istirahat untuk pengerjaannya. Dengan asumsi bahwa estimasi waktu tahapan kegiatan proyek dan ketergantungannya secara logis sudah benar. Jalur kritis berkonsentrasi pada timbal balik waktu dan biaya. Menurut Ir.Rakhma Oktaviana,M.T. jalur kritis



merupakan jalur yang terdiri dari kegiatan-kegiatan yang bila terlambat akan mengakibatkan keterlambatan penyelesaian proyek.

Menurut (Subagyo & Pangestu, 2000), analisa *network* biasa dikenal dengan nama teknik manajemen proyek. Kebutuhan penyusunan *network* ini dirasakan perlu karena adanya koordinasi dan pengurutan kegiatan-kegiatan pabrik yang kompleks, yang saling berhubungan dan saling tergantung satu sama lain.

Ada beberapa simbol yang berlaku untuk analisa CPM lebih rinci yaitu:

- t = Taksiran rata-rata lama waktu suatu aktifitas.
- ES = Saat paling dini saat aktifitas dimulai.
- EF = Saat paling dini aktifitas berakhir.
- LS = Saat paling lambat suatu aktifitas dimulai.
- LF = Saat paling lambat suatu aktifitas berakhir.
- S = *Slack*, yaitu selisih antara saat paling dini dengan saat paling lambat pada permulaan atau akhir suatu aktifitas.

Beberapa aturan yang dimiliki oleh Critical Path Method adalah sebagai berikut ini:

1. Sebelum aktifitas dimulai maka seluruh aktifitas pendahulunya harus sudah selesai.
2. Anak panah berfungsi untuk menyatakan hubungan ketergantungan diantara aktifitas-aktifitas, sedang pajang dan arah panah tidak mempunyai arti (diabaikan).

Pada setiap garis panah yang meninggalkan suatu node, selalu ada ES dan LS-nya. Sedangkan pada ujung panah yang menuju suatu node, selalu ada EF dan LF. Arah perhitungan dalam CPM adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan Maju

Perhitungan waktu paling dini dari terjadinya setiap aktifitas mulai atau berakhir yang terdapat pada diagram lintasan suatu proyek.

## 2. Perhitungan Mundur

Perhitungan waktu paling lambat dari terjadinya setiap aktifitas mulai atau berakhir yang terdapat pada diagram atau lintasan suatu proyek.

Lintasan kritis (critical path) mengandung makna bahwa aktifitas-aktifitas yang ada pada lintasan itu tidak boleh terlambat dikerjakan dan butuh perhatian khusus dari manajemen (Nasrullah, 1996).

### 2.12 Barchart

Barchart adalah diagram alur pelaksanaan pekerjaan yang dibuat untuk menentukan waktu penyelesaian pekerjaan yang dibutuhkan. Hal-hal yang ditampilkan dalam barchart adalah:

1. Jenis pekerjaan
2. Durasi waktu pelaksanaan pekerjaan
3. Alur pekerjaan

### 2.13 Kurva S

Kurva S merupakan grafis yang menggambarkan perbandingan bobot pekerjaan (%) kumulatif terhadap waktu pelaksanaan kegiatan (hari/minggu/bulan) Pengendalian terhadap pelaksanaan proyek dilakukan dengan membandingkan kurva S aktual dengan kurva S rencana.

Dengan bantuan kurva S ini, maka dapat diketahui kemajuan daripada kegiatan yang dilakukan adalah tepat waktu, lambat maupun lebih dari waktu rencana dengan membandingkan kurva S rencana dengan kurva pelaksanaan nantinya.

## 2.14 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

### 2.14.1 Analisa Harga Satuan

Perkiraan jumlah material dan kebutuhan tenaga dalam proses pekerjaan bangunan memegang peranan cukup penting untuk kontrol kualitas dan kuantitas pekerjaan. Analisa harga satuan pekerjaan berfungsi sebagai pedoman awal perhitungan rencana anggaran biaya bangunan yang

didalamnya terdapat angka yang menunjukkan jumlah material,tenaga dan biaya satuan pekerjaan.

#### **2.14.2 Volume Pekerjaan**

Yang dimaksud dengan volume suatu pekerjaan adalah menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan. Volume juga disebut sebagai kubikasi pekerjaan. Volume (kubikasi) yang dimaksud dalam pengertian ini bukanlah merupakan volume (isi sesungguhnya), melainkan jumlah volume bagian pekerjaan dalam satu kesatuan.