

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

Pada perencanaan di dalam tugas akhir ini perhitungan didasarkan pada dasar-dasar perencanaan, diantaranya :

#### **3.1. METODA PERKEMBANGAN PENDUDUK**

Perkembangan dan penambahan penduduk suatu kota atau daerah dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain :

- Angka tingkat kelahiran dan tingkat kematian
- Transmigrasi
- Urbanisasi
- Lain-lain.

Angka tingkat kelahiran dan kematian merupakan perkembangan penduduk natural, sedangkan faktor lainnya banyak tergantung dari perkembangan potensi daerah tersebut (aspek-aspek industri, perdagangan, kesempatan kerja, dan lain-lain) yang dapat menyebabkan perpindahan penduduk (masuk dan keluar) antara satu daerah dan daerah yang lainnya.

Proyeksi penduduk tidak saja mempertimbangkan hal-hal tersebut diatas tetapi juga faktor-faktor lainnya antara lain fungsi kota/daerah, fasilitas dan kemudahan-kemudahan yang dijanjikan daerah tersebut yang mengundang konsentrasi penduduk di dalam suatu daerah tertentu.

Data-data kependudukan yang diperoleh proyeksi penduduk dapat dilaksanakan dengan beberapa metoda antara lain:

- Metoda Geometrik

Perkembangan penduduk menurut cara geometrik dinyatakan dengan rumus :

$$P_n = P_0 (1 + r)^n \quad (3-1)$$

Dimana :

$P_n$  = jumlah penduduk setelah  $n$  tahun;

$P_0$  = jumlah penduduk mula-mula;

$r$  = laju pertumbuhan penduduk per tahun (%);

$n$  = jangka waktu dalam tahun.

- Metoda Arthimatik

Perkembangan penduduk menurut cara arthimatik dinyatakan dalam hubungan:

$$P_n = P_0 + K_a (T_n - T_0) \quad (3-2)$$

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

Dimana :

$P_n$  = jumlah penduduk setelah  $n$  tahun;

$P_0$  = jumlah penduduk pada tahun dasar;

$T_n$  = tahun ke  $n$ ;

$T_0$  = tahun dasar;

$K_a$  = konstanta arthimatik;

$P_1$  = jumlah penduduk yang diketahui pada tahun ke 1 ;

$P_2$  = jumlah penduduk yang diketahui pada tahun terakhir;

$T_1$  = tahun I yang diketahui;

$T_2$  = tahun II yang diketahui.

- **Metoda Least Square**

Perkembangan penduduk dengancara ini dinyatakan dalam hubungan sebagai berikut :

$$\hat{Y} = aX + b \quad (3-3)$$

Dimana :  $\hat{Y}$  = nilai variabel berdasarkan garis regresi;

$X$  = variabel independen;

$a$  = konstanta;

$b$  = koefisien arah regresi linear.

Adapun persamaan  $a$  dan  $b$  adalah sebagai berikut :

$$a = \frac{\sum X \cdot \sum X^2 - \sum X \cdot \sum XY}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{n \cdot X \cdot Y - \sum X \cdot \sum Y}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Bila koefisien  $b$  telah dihitung terlebih dahulu, maka konstanta  $a$  dapat ditentukan dengan persamaan lain, yaitu :

$$a = \bar{Y} - b\bar{X}$$

dimana  $\bar{Y}$  dan  $\bar{X}$  masing-masing adalah rata-rata untuk variabel  $Y$  dan  $X$ .

Untuk menentukan pilihan rumus proyeksi jumlah penduduk yang akan digunakan dengan hasil perhitungan yang paling mendekati kebenaran harus dilakukan analisa dengan menghitung standar deviasi atau koefisien korelasi.

Rumus standar deviasi dan koefisien korelasi adalah sebagai berikut :

(1) Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \text{ untuk } n > 20 \quad (3-4)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n}} \text{ untuk } n < 20 \quad (3-5)$$

Dimana :

s = standar deviasi;

$X_i$  = variabel independen X (jumlah penduduk);

$\bar{X}$  = rata-rata X

n = jumlah data

Metoda perhitungan proyeksi penduduk yang paling tepat adalah metoda yang memberikan harga standar deviasi terkecil.

(2) Koefisien Korelasi

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\left( n \sum X^2 - (\sum X)^2 \right)^{1/2} \cdot \left( n \sum Y^2 - (\sum Y)^2 \right)^{1/2}} \quad (3-6)$$

Dimana :

r = koefisien korelasi

Metoda perhitungan proyeksi jumlah penduduk yang menghasilkan koefisien korelasi paling mendekati 1 adalah metoda yang dipilih.

Proyeksi penduduk dapat dilakukan untuk tiap tahun di masa mendatang disesuaikan dengan tahapan perencanaan.

### 3.2. TATA CARA PERHITUNGAN SISTEM PIPA BERCABANG

#### 1. Persamaan kontinuitas.

Syarat kontinuitas :  $Q_{masuk} = Q_{keluar}$



#### 2. Perhitungan debit menggunakan rumus Hazen-Williams :

$$Q \text{ (m}^3/\text{det)} = 0,2875 C_1 d^{2,63} S^{0,54} \quad (3-7)$$

$Q$  = aliran dalam ( $\text{m}^3/\text{dtk}$ )

$d$  = garis tengah pipa (m)

$S$  = kemiringan gradien hidraulik

$C_1$  = koefisien kekasaran relatif Hazen-Williams

$S = H / L$

$H$  = kehilangan tenaga

$L$  = panjang satuan pipa

$$H = \frac{10,667 \times Q^{1,85} \times L}{C_1^{1,85} \times D^{4,87}} \quad (3-8)$$

$$Q \text{ (l/det)} = \left[ \frac{H \times C_1^{1,85} \times D^{4,87}}{10,667 \times L} \right] \quad (3-9)$$

Beberapa Harga Koefisien Hazen-Wiliams  $C_1$  (dalam kondisi pipa baru)

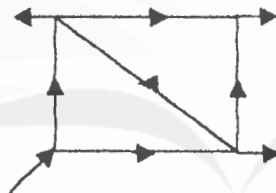
$C_1$	Keadaan
140	Pipa yang sangat mulus dan lurus
130	Pipa besi tuang mulus, baru
110	Pipa besi tuang sedang, pipa baja dikeling baru

110	Pipa selokan bening
100	Besi tuang, digunakan beberapa tahun
80	Pipa besi tuang, dalam keadaan buruk

Dalam perencanaan koefisien Hazen-Williams diambil berdasarkan tahun perencanaan :

C	Umur Pipa
120	0 s/d 10 tahun
100	10 s/d 20 tahun
90	20 s/d 30 tahun

### 3.3. TATA CARA PERHITUNGAN JARINGAN PIPA BERDASARKAN METODA HARDY CROSS



- Aliran yang masuk ke titik simpul harus sama dengan aliran yang keluar  
 $\sum Q_i = 0$
- Jumlah aljabar dari kehilangan tekanan dalam satu jaringan tertutup harus sama dengan nol.  
 $\sum HT = 0$
- Kehilangan tekanan pada pipa, dengan rumus Hazen-Williams.

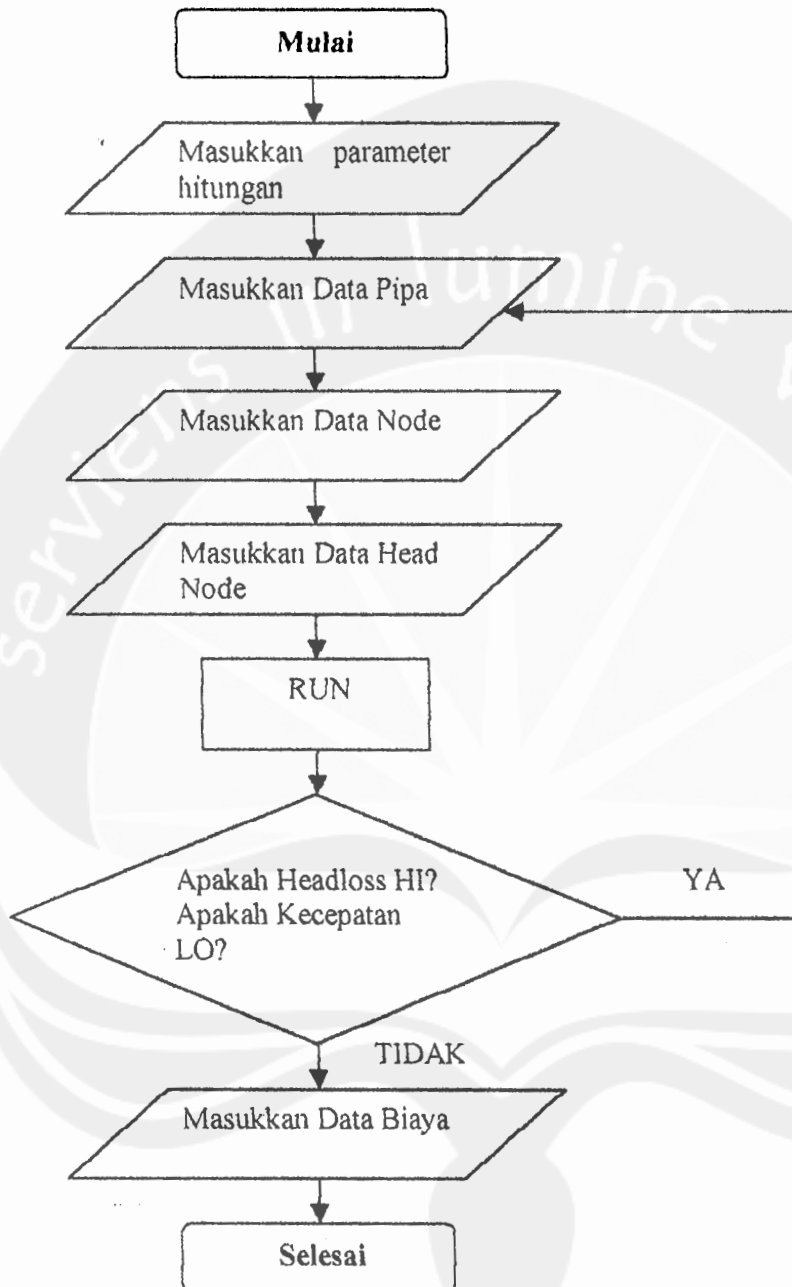
$$HT = k Q^{1.85} \quad (3-10)$$

- Jumlah kehilangan tekanan sekeliling tiap-tiap juring . Jika pengaliran seimbang maka  $H_T = 0$
- Pada tiap juring diadakan koreksi debit  $\Delta Q$ , supaya kehilangan tinggi tenaga dalam juring seimbang. Adapun koreksinya sebagai berikut :

$$\Delta Q = \frac{\sum(LH)}{1.85 \sum(LH/Q_0)} \quad (3-11)$$

- Dengan debit yang telah dikoreksi sebesar  $Q = Q_0 + \Delta Q$ , prosedur diulang terus hingga akhirnya  $\Delta Q \approx 0$ , dengan  $Q$  adalah debit sebenarnya,  $Q_0$  adalah debit dimisalkan dan  $\Delta Q$  adalah debit koreksi.

### 3.4. DIAGRAM ALIR SISTEM CABANG





Keterangan dari bagan alir :

1. Parameter data berisi data:

- Nama pekerjaan
- Jumlah pipa
- Jumlah node
- *Peak factor* / faktor puncak : nilai aliran rata-rata yang ditetapkan untuk dikalikan pada tiap node.
- Minimum *head loss*/km.
- Maksimum *head loss*/km : 10 nilai maksimum energi hilang yang diijinkan terjadi per kilometer.
- *Residual head* yaitu: tekanan minimal dalam suatu node tertentu pada jaringan.

2. Data pipa berisi :

- Nomor pipa, arahnya dari mana ke mana
- Panjang pipa
- Diameter asumsi pipa
- Hazen-Williams koefisien

C	Umur Pipa
120	0 s/d 10 tahun
100	10 s/d 20 tahun
90	20 s/d 30 tahun

3. Data node :

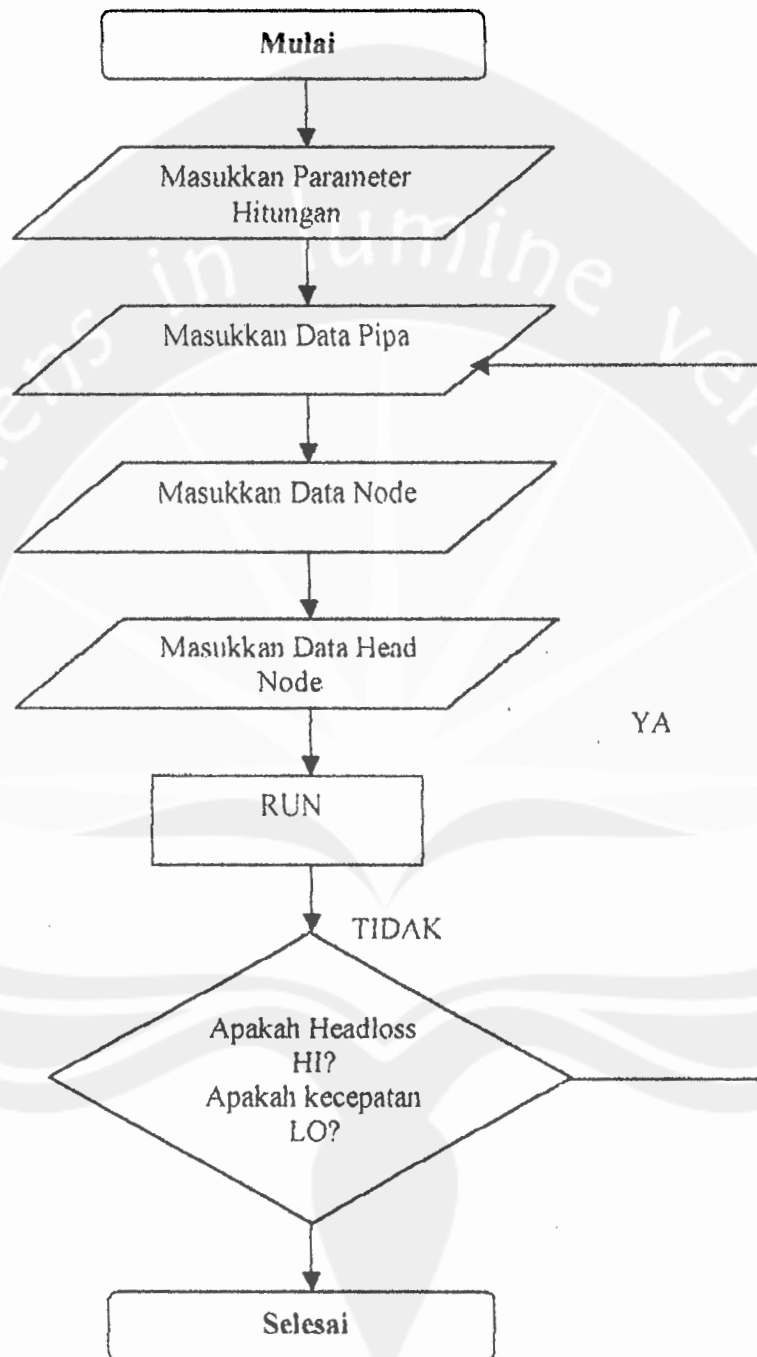
- Nomor node

- Besarnya debit
  - Elevasi node
4. Data head node
- Nomor node yang menjadi sumber aliran
  - Ketinggian/elevasi dari node yang menjadi sumber aliran
5. Perintah *RUN* pada menu 2 akan menghasilkan data :
- Debit dalam tiap pipa
  - Kecepatan aliran
  - *Head loss*
  - Besarnya garis energi
  - Tekanan dalam masing-masing pipa

Jika membuat kesalahan dalam memasukkan data, program akan menangkap kesalahan tersebut dan mengirim pesan kesalahan. Seandainya tidak mencukupi jumlah pipa atau beberapa node terlalu tinggi sehingga tidak memenuhi tekanan minimum peringatan akan keluar, dan dapat kembali ke data merubahnya. Jika beberapa terminal node memiliki tekanan yang lebih besar dari tekanan minimum, dapat dikecilkan ukuran pipanya atau meningkatkan nilai maksimum HL/KM sehingga ukuran pipa yang lebih kecil dapat digunakan.

6. Data biaya yaitu besarnya harga satuan dari berbagai macam diameter pipa.
7. Hasil terakhir dari program ini berupa data tentang diameter dan panjang optimal dari pipa dalam masing-masing link, total biaya jaringan dan informasi hidrolis.

### 3. 5. DIAGRAM ALIR SISTEM LOOP



Keterangan dari bagan alir :

1. Parameter data berisi data:

- Nama pekerjaan
- Jumlah pipa
- Jumlah node
- *Peak factor* / faktor puncak : nilai aliran rata-rata yang ditetapkan untuk dikalikan pada tiap node.
- Maksimum *head loss*/km : 10 nilai maksimum energi hilang yang diijinkan terjadi per kilometer.
- Maksimum *Unbalanced* yaitu: 0.0001 sampai 0,01 nilai terkecil untuk perhitungan algoritma.

2. Data pipa berisi :

- Nomor pipa, arahnya dari mana ke mana
- Panjang pipa
- Diameter asumsi pipa
- Hazen-Williams koefisien

C	Umur Pipa
120	0 s/d 10 tahun
100	10 s/d 20 tahun
90	20 s/d 30 tahun

3. Data node :

- Nomor node
- Besarnya debit

- Elevasi node
4. Data head node
- Nomor node yang menjadi sumber aliran
  - Ketinggian/elevasi dari node yang menjadi sumber aliran
5. Perintah *RUN* pada menu 2 akan menghasilkan data :
- Debit dalam tiap pipa
  - Kecepatan aliran
  - *Head loss*
  - Besarnya garis energi
  - Tekanan dalam masing-masing pipa

Jika *head loss* terdapat tulisan HI berarti diameter pipa harus diganti karena ada beberapa desain awal pipa yang terlalu kecil. *Head loss* yang besar menyebabkan tekanan yang timbul dalam pipa menjadi sangat kecil sehingga desain harus diganti. Sebaliknya jika pipa terlalu besar maka kecepatan air akan menjadi lambat. Demikian berulang terus sampai diperoleh desain pipa yang diinginkan.

6. Hasil terakhir dari program ini berupa data tentang diameter yang optimal, panjang dari pipa dalam masing-masing link dan informasi hidrolis.

### **3. 6. PENYEBAB KEHILANGAN AIR**

Kehilangan air dapat terjadi akibat faktor teknis dan non teknis.

- a. Kehilangan air akibat faktor teknis antara lain :

- Adanya lubang atau celah pada pipa dan sambungannya. Hal ini dapat terjadi karena :
  1. menggunakan pipa yang tidak baik kualitasnya
  2. terjadi korosi pada pipa
  3. pemasangan pipa dan sambungannya tidak baik;
  4. erosi
- Pipa pada jaringan distribusi pecah. Hal ini dapat terjadi karena :
  1. adanya pergeseran tanah disekitar pemasangan pipa;
  2. terjadi tekanan balik(water hammer);
  3. adanya getaran pada pipa;
  4. adanya tekanan pada bagian luar pipa, misalnya akibat dilalui kendaraan berat dan sebagainya.
- Meter yang dipasang pada pipa konsumen kurang baik, sehingga angka yang ditunjukkan pada meter tersebut lebih kecil dari jumlah pemakaian air yang sebenarnya. Dari penelitian dilapangan, ternyata kehilangan air akibat penggunaan meter yang kurang baik, mengakibatkan jumlah air yang ditunjukkan oleh meter air tersebut  $\pm 15\%$  lebih rendah dari pemakaian yang sebenarnya.
- Pemasangan perpipaan dirumah konsumen yang kurang baik :
  1. kran air yang digunakan tidak baik atau kran tidak ditutup sehingga air terus menetes atau mengalir;
  2. pipa kena sinar matahari sehingga air didalam pipa tersebut menjadi hangat.  
Banyak orang yang tidak menyukai air hangat akibat sinar matahari tersebut,

sehingga untuk menghindari pemakaian air hangat tersebut, maka pada saat pembukaan kran, air dibiarkan dulu mengalir untuk membuang air hangat tersebut.

b. Kehilangan air akibat faktor non teknis. Beberapa contoh kehilangan air akibat faktor non teknis adalah:

- kesalahan membaca meter air;
- kesalahan pencatatan hasil pembacaan meter air;
- kesalahan pemindahan/pembuatan rekening air;
- angka yang ditunjukkan oleh meter air berkurang akibat adanya aliran udara dari rumah konsumen ke pipa distribusi melalui meter air tersebut.

Berdasarkan petunjuk teknis perencanaan rencana induk dan studi kelayakan sistem-sistem penyediaan air minum perkotaan oleh Departemen Pekerjaan Umum maka digunakan untuk besarnya angka kehilangan air pada umumnya berkisar antara :

- sistem baru < 20%
- sistem lama 30% - 50%