

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pertumbuhan Jumlah Penduduk

Laju pertumbuhan penduduk adalah perubahan jumlah penduduk di suatu wilayah tertentu setiap tahunnya. Proyeksi jumlah penduduk digunakan sebagai dasar untuk menghitung tingkat kebutuhan air bersih di masa yang akan mendatang. Dengan seiring berkembangnya zaman pertumbuhan penduduk di suatu daerah semakin meningkat sehingga perhitungan proyeksi penduduk sangat berperan penting dalam perencanaan air bersih. Pertumbuhan penduduk dapat dihitung apabila diketahui tingkat pertumbuhan penduduknya. Proyeksi jumlah penduduk di masa mendatang dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode yaitu:

1. Metode Eksponensial
2. Metode Aritmatik
3. Metode Geometrik

2.1.1 Metode Eksponensial

Perkiraan jumlah penduduk berdasarkan metode eksponensial di dapat dengan persamaan berikut (Muliakusuma, 1981,p. 255)

$$P_n = P_0 \cdot e^{r \cdot n} \tag{2-1}$$

dengan:

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

P_0 = Jumlah penduduk pada tahun awal (jiwa)

r = Angka pertumbuhan penduduk

n = waktu dalam tahun

e = Bilangan logaritma natural (2,7182818)

2.1.2 Metode Aritmatika

Jumlah perkembangan penduduk dengan menggunakan metode ini dirumuskan sebagai berikut (Muliakusuma, 1981,p.254)

$$P_n = P_0(1 + rn) \tag{2-2}$$

dengan:

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

P_0 = jumlah penduduk pada tahun awal (jiwa)

r = angka pertumbuhan penduduk

n = periode waktu dalam tahun (tahun)

2.1.3 Metode Geometrik

Dengan menggunakan metode geometrik, maka perkembangan penduduk suatu daerah dapat dihitung dengan formula sebagai berikut. Metode ini dapat dirumuskan sebagai berikut (Muliakusuma, 1981,p.254)

$$P_n = P_0 (1+r)^n \quad (2-3)$$

dengan:

P_n = Jumlah penduduk dalam tahun ke- n (jiwa)

P_0 = Jumlah penduduk pada tahun awal (jiwa)

r = Angka pertumbuhan penduduk.

n = Jumlah waktu dalam tahun

2.2 Uji Kesesuaian Metode proyeksi

Uji kesesuaian metode proyeksi digunakan untuk menentukan metode yang akan digunakan pada proyeksi jumlah penduduk.

2.2.1 Standar Deviasi

Standar deviasi dapat diartikan sebagai nilai atau standar yang menunjukkan besar jarak sebaran terhadap nilai rata-rata. Jadi semakin besar nilai standar deviasi, maka data menjadi kurang akurat. Berikut merupakan rumusan dari perhitungan standar deviasi (Soewarno, 1995,p.75).

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2-4)$$

dengan:

S = Standar deviasi

X_i = Nilai varian (penduduk proyeksi)

n = Jumlah data

\bar{X} = Nilai rata-rata

2.2.2 Koefisien Korelasi

Koefisien korelasi merupakan hubungan antara satu variable dengan variable lainnya yang menunjukkan kuat atau tidaknya antar dua variabel. Koefisien korelasi biasanya dilambangkan dengan huruf r dimana nilai r dari -1 sampai +1. Berikut merupakan rumusan dari perhitungan koefisien korelasi:

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n \sum x^2 - (\sum x)^2\} \{n \sum y^2 - (\sum y)^2\}}} \quad (2-5)$$

dengan:

r = faktor korelasi

x = jumlah penduduk dari data yang diketahui

y = jumlah penduduk pada tahun ke n

2.3 Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih adalah banyaknya air yang diperlukan untuk melayani penduduk yang dibagi dalam dua klasifikasi pemakaian air yaitu untuk keperluan domestik (rumah tangga) dan non domestik. Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air yang digunakan untuk keperluan rumah tangga yaitu untuk keperluan minum, masak, mandi, mencuci pakaian serta keperluan lainnya sedangkan kebutuhan air non domestik digunakan untuk kantor, tempat ibadah, niaga dan lain-lain. Dalam melayani jumlah cakupan pelayanan penduduk akan air bersih sesuai target, maka direncanakan kapasitas sistem penyediaan air bersih yang dibagi dalam dua klasifikasi pemakaian air, yaitu untuk keperluan domestik (rumah tangga) dan non domestik.

2.3.1 Kebutuhan Air Domestik

Standar penyediaan air bersih domestik ditentukan oleh jumlah konsumen domestik yang dapat diketahui dari data penduduk yang ada. Satuan yang dipakai adalah liter/orang. Kebutuhan air domestik ini meliputi:

- Minum dan masak.
- Cuci pakaian dan perabotan.
- Mandi dan kebersihan diri.
- Menyiram tanaman dan halaman.
- Mencuci mobil dan kendaraan lain.

Tabel 2.1

Kriteria Perencanaan Air Bersih dan Standar Kebutuhan Air Bersih

URAIAN/KRITERIA	KATEGORI KOTA BERDASARKAN				
		500.000	100.000	20.000	
	>1.000.000	s/d	s/d	s/d	<20.000
		1.000.000	500.000	100.000	
	Kota Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil	Desa
Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) (lt/org/hari)	>150	150-120	90-120	80-120	60-80

Sumber: Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 1996 dalam Benu (2013:3).

Kriteria kebutuhan air bersih setiap daerah berbeda-beda tergantung dengan jumlah penduduk yang terdapat pada daerah tersebut. Semakin tinggi jumlah penduduk maka semakin tinggi tingkat kriteria konsumsi unit sambungan rumah yang diasumsikan untuk setiap orangnya. Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 1996 merupakan standar acuan dalam menentukan kebutuhan air setiap unit sambungan.

2.3.2 Kebutuhan Air Non Domestik

Penyediaan air non domestik ditentukan oleh banyaknya konsumen domestik yang meliputi fasilitas seperti perkantoran, kesehatan, industri, komersial, umum dan lainnya. Konsumsi non domestik terbagi menjadi beberapa kategori yaitu :

- Umum : tempat ibadah, rumah sakit, sekolah, terminal, kantor dan lain sebagainya.
- Komersil : hotel, pasar, perkantoran, rumah makan dan sebagainya.
- Industri : peternakan, industri dan sebagainya.

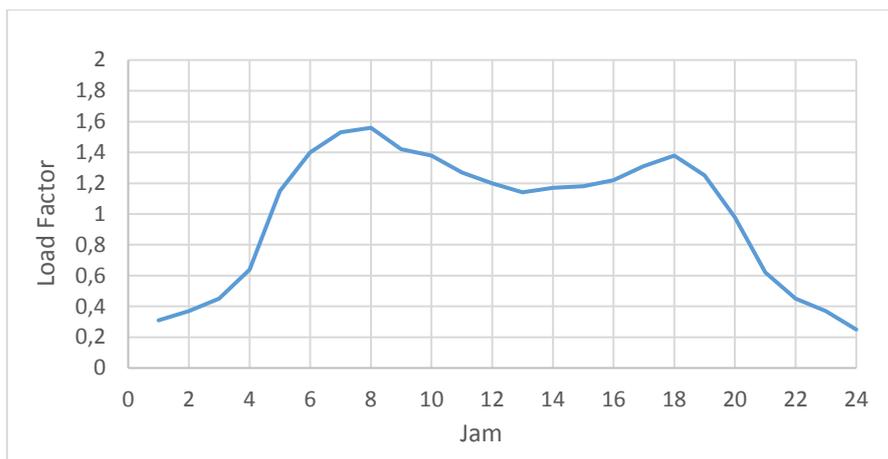
2.3.3 Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih

Pada umumnya aktivitas manusia yang berubah-ubah untuk setiap waktu menyebabkan pemakaian air selama satu hari mengalami perubahan naik dan turun atau dapat disebut berfluktuasi.

Adapun kriteria tingkat kebutuhan air pada masyarakat dapat digolongkan sebagai berikut:

1. Kebutuhan air rata-rata yaitu penjumlahan kebutuhan total (domestik dan non domestik) ditambah dengan kehilangan air.
2. Kebutuhan harian maksimum yaitu kebutuhan air terbesar dari kebutuhan rata-rata harian dalam satu minggu.
3. Kebutuhan air pada jam puncak yaitu pemakaian air tertinggi pada jam-jam tertentu selama periode tertentu.

Kebutuhan air maksimum merupakan pemakaian air terbanyak dalam satu hari selama setahun . Berikut adalah grafik fluktuasi pemakaian kebutuhan air bersih harian yang terdapat pada tabel dibawah ini :



Gambar 2.1 Fluktuasi Pemakaian Air Harian

Sumber: Ditjen Cipta Karya Departemen PU ,1994,p.24

Hasil grafik fluktuasi pemakai air bersih maka diperoleh nilai load factor. Load factor (faktor pengali) merupakan nilai yang digunakan untuk menghitung kebutuhan air bersih yang pemakaiannya tidak menetap atau berubah-ubah setiap waktunya. Berikut ini merupakan tabel load factor kebutuhan pemakaian air bersih:

Tabel 2.2

Kriteria Pemakaian Air Bersih

Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LF	0,31	0,37	0,45	0,64	1,15	1,4	1,53	1,56	1,42	1,38	1,27	1,2
Jam	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
LF	1,14	1,17	1,18	1,22	1,31	1,38	1,25	0,98	0,62	0,45	0,37	0,25

Sumber: Grafik Fluktuasi Pemakaian Air Bersih oleh Ditjen Cipta Karya Departemen PU,1994,p.24

2.3.4 Sistem Pengaliran Air Bersih

Untuk mendistribusikan air bersih pada dasarnya dapat dipakai salah satu sistem di antara tiga sistem pengaliran yang ada, yaitu :

❖ Sistem Pengaliran Secara Gravitasi

Sistem ini digunakan bila tinggi elevasi sumber air bersih atau pengolahan berada jauh di atas tinggi elevasi daerah pelayanan. Dan sistem ini dapat memberikan energi potensial yang cukup tinggi hingga pada daerah pelayanan terjauh. Sistem ini merupakan sistem yang paling memuaskan dan menguntungkan karena pengoperasian dan pemeliharaannya lebih mudah.

❖ Sistem Pengaliran dengan menggunakan pompa

Sistem ini digunakan bila beda tinggi elevasi antara sumber air atau instalasi dengan daerah pelayanan tidak dapat memberikan tekanan air yang diinginkan/cukup,

sehingga debit dan tekanan air yang diinginkan akan dipompa langsung ke jaringan pipa distribusi.

❖ **Sistem Pengaliran Kombinasi**

Sistem ini merupakan pengaliran dimana air bersih dari sumber air atau instalasi pengolahan akan dialirkan ke jaringan pipa distribusi dengan menggunakan pompa dan reservoir distribusi, baik dioperasikan secara bergantian atau bersama-sama.

2.4. Analisa Hidraulika Aliran Pada Jaringan Pipa

Air di dalam pipa selalu mengalir dari tempat yang memiliki tinggi energi lebih besar menuju tempat yang memiliki tinggi energi lebih kecil.

2.4.1 Hukum Bernoulli

Air di dalam pipa selalu mengalir dari tempat yang memiliki tinggi energi lebih besar menuju tempat yang memiliki tinggi energi lebih kecil, prinsip Bernoulli adalah tinggi energi total pada sebuah penampang pipa adalah jumlah energi kecepatan, energi tekanan dan energi ketinggian yang dapat ditulis sebagai berikut:

$$E_{\text{Tot}} = \text{Energi ketinggian} + \text{Energi kecepatan} + \text{Energi tekanan}$$

$$E_{\text{Tot}} = h + \frac{V^2}{2g} + \frac{p}{\gamma_w} \quad (2-6)$$

dengan:

p = Tekanan (kg/m^2)

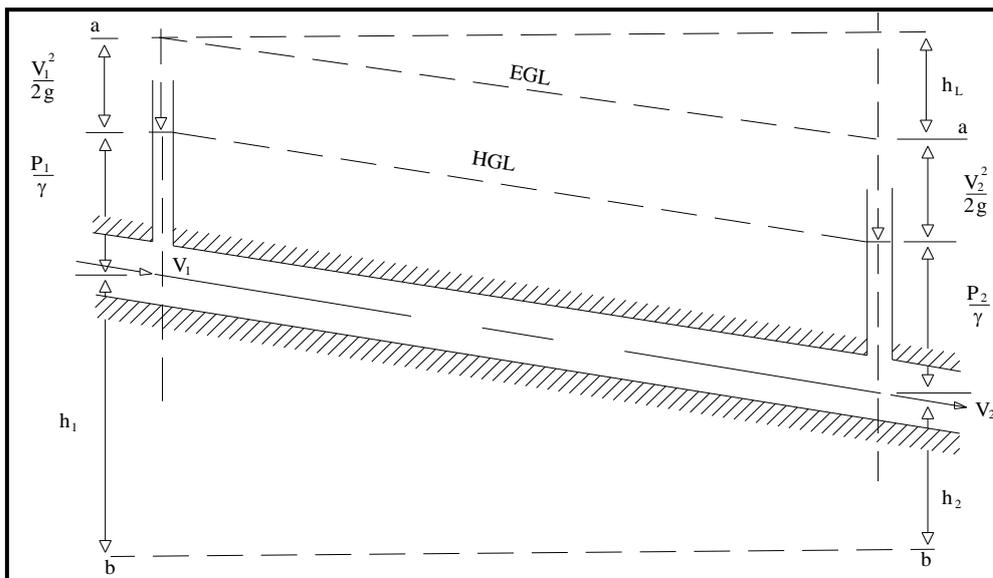
γ_w = Berat jenis air (kg/m^3)

V = Kecepatan aliran (m/det)

g = Percepatan gravitasi (m/det^2)

h = Tinggi (m)

Menurut teori Kekekalan Energi dari Hukum Bernoulli apabila tidak ada energi yang lolos atau diterima antara dua titik dalam satu sistem tertutup, maka energi totalnya tetap konstan. Hal tersebut dapat dijelaskan pada Gambar 2.2 berikut:



Gambar 2.2 Energi *head* dan *head loss* dalam aliran.

Sumber: (Priyantoro,199,p.7)

Adapun Persamaan *Bernoulli* dalam gambar diatas dapat ditulis sebagai berikut (Priyantoro, 1991,p.8):

$$h_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_L$$

(2-7)

dengan:

$$\frac{p_1}{\gamma_w}, \frac{p_2}{\gamma_w} = \text{Tinggi tekan di titik 1 dan 2 (m)}$$

$$\frac{V_1^2}{2g}, \frac{V_2^2}{2g} = \text{Tinggi energi di titik 1 dan 2 (m)}$$

$$p_1, p_2 = \text{Tekanan di titik 1 dan 2 (kg/m}^2\text{)}$$

$$\gamma_w = \text{Berat jenis air (kg/m}^3\text{)}$$

$$V_1, V_2 = \text{Kecepatan aliran di titik 1 dan 2 (m/det)}$$

$$g = \text{Percepatan gravitasi (m/det}^2\text{)}$$

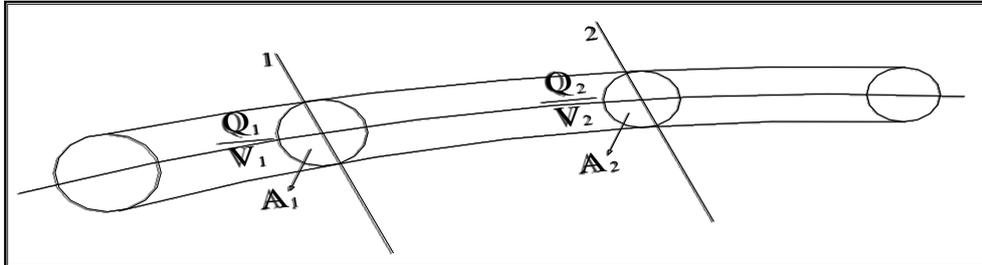
$$h_1, h_2 = \text{Tinggi elevasi di titik 1 dan 2 dari garis yang ditinjau (m)}$$

$$H_L = \text{Kehilangan tinggi tekan dalam pipa (m)}$$

Pada Gambar 2.12 dapat dilihat bahwa di dalam pipa dengan penampang seragam, tinggi kecepatan adalah konstan dan garis kemiringan energi sejajar dengan garis kemiringan tekanan. Garis kemiringan tekanan (HGL) adalah garis yang menunjukkan tinggi tekanan sepanjang pipa. Sedangkan garis kemiringan energi (EGL) adalah jumlah dari tinggi hydraulik di tambah dengan tinggi kecepatan.

2.4.2 Hukum Kontinuitas

Apabila zat cair tidak tergantung pada tekanan yang mengalir secara kontinu melalui pipa atau saluran terbuka dengan tampang aliran konstan ataupun tidak konstan, maka volume zat cair yang lewat tiap satuan waktu adalah sama di semua tampang. (Triatmodjo, 2012,p.137).



Gambar 2.3 Aliran dengan penampang pipa yang berbeda
Sumber: (Triatmodjo,2012,p.137)

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_2 \\ A_1 \cdot V_1 &= A_2 \cdot V_2 \end{aligned} \quad (2-8)$$

dengan:

Q_1, Q_2 = debit pada pipa 1 dan 2 ($m^3/detik$)

A_1, A_2 = Luas penampang pada pipa 1 dan 2 (m^2)

V_1, V_2 = Kecepatan pada pipa 1 dan 2 ($m/detik$)

Hal ini juga berlaku pada pipa bercabang. Hukum *Kontinuitas* pada pipa bercabang, dimana debit yang masuk ke dalam pipa akan sama dengan penjumlahan dari debit-debit yang keluar dari percabangan pipa.

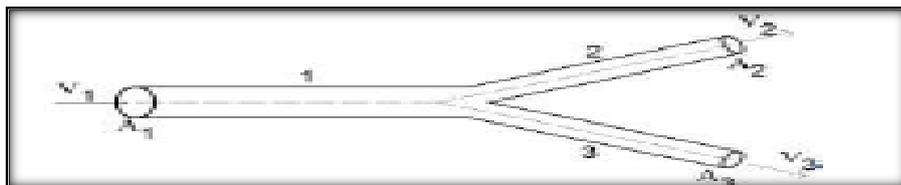
$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_2 + Q_3 \\ A_1 \cdot V_1 &= A_2 \cdot V_2 + A_3 \cdot V_3 \end{aligned} \quad (2-9)$$

Q_1, Q_2, Q_3 = Debit pada pipa 1,2 dan 3($m^3/detik$)

A_1, A_2, A_3 = Luas penampang pada pipa 1,2 dan 3 (m^2)

V_1, V_2, V_3 = Kecepatan pada pipa 1,2 dan 3 ($m/detik$)

Hukum Kontinuitas pada pipa bercabang seperti diperlihatkan pada Gambar 2.3



Gambar 2.4 Persamaan kotinuitas pada pipa bercabang
Sumber: (Triatmodjo,2012,p.137)

2.4.3 Kehilangan Tinggi Tekan (Head Loss)

Dalam sistem jaringan distribusi air bersih menggunakan pipa dimana faktor kehilangan tinggi tekanan perlu diperhatikan. Apabila debit dan kehilangan tinggi tekanan cukup besar dapat mengakibatkan tidak terdistribusinya air dengan baik.

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

Mayor losses adalah kerugian pada sistem perpipaan akibat adanya gesekan fluida dengan dinding pipa memanjang. Kerugian major disebut juga kehilangan energi primer atau kehilangan energi akibat gesekan. Kerugian major biasa terjadi pada pipa lurus berdiameter konstan. Jadi Head loss mayor dapat dinyatakan sebagai kerugian tekanan aliran fluida berkembang penuh melalui pipa penampang konstan.

Dalam persamaan empiris untuk aliran di dalam pipa yang banyak digunakan adalah Peramaan "Hazen –William". Persamaanya adalah sebagai berikut (Linsley,1985,p.271):

$$V = 1,318 \cdot C_{hw} \cdot R^{0,63} \cdot S^{0,54} \quad (2-10)$$

dengan:

V = Kecepatan aliran pada pipa (m/det)

C_{hw} = Koefisien kekasaran pipa *Hazen-Williams*

A = Luas penampang aliran (m^2)

Q = Debit aliran pada pipa (m^3/det)

S = Kemiringan hidraulis

$$= h_f / L$$

R = Jari-jari hidrolis (m)

$$= \frac{A}{P} = \frac{1/4 \pi D^2}{\pi D}$$

$$= D / 4$$

Untuk $Q = V/A$, didapat Persamaan Kehilangan Tinggi Tekan Mayor menurut *Hazen-Williams* sebesar :

$$h_f = k \cdot Q^{1,85} \quad (2-11)$$

$$k = \frac{10,7L}{C_{hw}^{1,85} \cdot D^{4,87}} \quad (2-12)$$

dengan:

h_f = Kehilangan tinggi tekan mayor (m)

D = Diameter pipa (m)

k = Koefisien karakteristik pipa

L = Panjang pipa (m)

Q = Debit aliran pada pipa (m³/det)

C_{hw} = koefisien kekasaran Hazen-Williams

Ukuran pipa distribusi air bersih sangat panjang sehingga koefisien kekasaran pipa yang digunakan adalah Hazen -Williams (C_{hw}). Dibawah ini merupakan tabel kekasaran pipa Hazen- Williams:

Tabel 2.3
Koefisien Kekasaran Pipa *Hazen-Williams* (C_{hw})

<i>Pipe Materials</i>	C_{HW}
<i>Asbestos Cement</i>	140
<i>Brass</i>	130-140
<i>Brick sewer</i>	100
<i>Cast Iron</i>	
<i>New Unlined</i>	130
<i>10 years old</i>	107-113
<i>20 years old</i>	89-100
<i>30 years old</i>	75-90
<i>40 years old</i>	64-83
<i>Concrete or concrete lined</i>	
<i>Steel forms</i>	140
<i>Wooden forms</i>	120
<i>Centrifugally spun</i>	135
<i>Copper</i>	130-140
<i>Galvanized iron</i>	120
<i>Glass</i>	140
<i>Lead</i>	130-140
<i>Plastic (PVC)</i>	140-150
<i>Steel</i>	
<i>Coal-tarenamel lined</i>	145-150
<i>New Unlined</i>	140-150
<i>Riveted</i>	110
<i>Tin</i>	130
<i>Vitrified clay</i>	110-140
<i>Wood stave</i>	120

Sumber: (Priyantoro ,1991,p. 20)

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

Kehilangan energi minor diakibatkan oleh adanya belokan pada pipa sehingga menimbulkan turbulensi. Selain itu juga dikarenakan adanya penyempitan maupun pembesaran penampang secara mendadak. Persamaan kehilangan tinggi minor adalah sebagai berikut:

$$h_{Lm} = K_L \frac{v^2}{2g} \quad (2-13)$$

dengan:

h_{Lm} = kehilangan tinggi minor (m)

v = kecepatan rata-rata dalam pipa (m/det)

g = percepatan gravitasi (m/det²)

K_L = koefisien kehilangan tekanan

A. Kehilangan Tinggi Minor akibat Pelebaran

Kehilangan Tinggi Minor akibat Pelebaran mempunyai rumus sebagai berikut (Linsley,1985,p. 274) :

$$h_{Lm} = K_L \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g} \quad (2-14)$$

Tabel 2.4
Kehilangan Tinggi Minor Akibat Pelebaran

ϕ^*	$D_2/D_1 = 3$	$D_2/D_1 = 1,5$
10	0,17	0,17
20	0,4	0,4
45	0,86	1,06
60	1,02	1,21
90	1,06	1,14
120	1,04	1,07
180	1,00	1,00

Sumber: (Linsley,1985,p. 274)

B. Kehilangan Tinggi Minor akibat Penyempitan Mendadak

Kehilangan Tinggi Minor akibat Penyempitan Mendadak mempunyai rumus sebagai berikut (Linsley,1985,p.274):

$$h_{Lm} = K_L \frac{(v_2)^2}{2g} \quad (2-15)$$

Tabel 2.5
Kehilangan Tinggi Minor Akibat Penyempitan Mendadak

$D_2/D_1 = 1,5$	K_L
0	0,5
0,4	0,4
0,6	0,3
0,8	0,1
1,00	0

Sumber: (Linsley,1985,p.274)

C. Kehilangan Tinggi Minor akibat Belokan

Kehilangan Tinggi Minor akibat Belokan mempunyai rumus sebagai berikut (Linsley,1985,p.274):

$$h_{Lm} = K_L \frac{(v)^2}{2g} \quad (2-16)$$

Tabel 2.6
Kehilangan Tinggi Minor Akibat Belokan

Jari-Jari Belokan	Sudut Belokan		
	90°	45°	22,5°
Garis Tengah			
1	0,5	0,37	0,25
2	0,3	0,22	0,15
4	0,25	0,19	0,12
6	0,15	0,11	0,08
8	0,15	0,11	0,08

Sumber: (Linsley,1985,p.274)

2.5 Elemen-Elemen Pada Jaringan Distribusi Air Bersih

Suatu sistem distribusi air pada umumnya memiliki fasilitas perpipaan, pompa, katub dan meter air. Fungsi utama sistem distribusi air adalah mengirimkan debit penyediaan air yang dibutuhkan ke semua bagian dari daerah layanan dengan tingkat tekanan yang layak.

2.5.1 Pipa

Pipa merupakan komponen yang utama pada suatu sistem jaringan distribusi air bersih. Pipa berfungsi sebagai sarana untuk mengalirkan air dari sumber air ke tandon, maupun dari tandon ke konsumen. Pipa memiliki bentuk penampang lingkaran dengan diameter yang bermacam-macam.

Kelebihan penggunaan bahan pipa sebagai sarana air bersih adalah:

1. Operasional murah dan mudah.
2. Biaya perawatan yang murah karena umur penggunaannya relatif panjang.
3. Letak pipa yang di bawah tanah membuat lingkungan tidak rusak dan tidak mengganggu aktifitas lingkungan.
4. Jaringan pipa mudah disesuaikan dengan bentuk jalan.

Sedangkan kelemahan penggunaan pipa antara lain:

1. Pembuatan jaringan pipa pada awalnya sulit dan mahal.
2. Sulitnya mendeteksi kebocoran pada pipa.

2.5.2 Jenis Pipa

Beberapa jenis pipa yang umum digunakan dalam perencanaan sistem distribusi air bersih antara lain: baja, besi tuang, beton, semen-asbes, lempeng keramik, dan berbagai jenis plastik. Pertimbangan ekonomi yang bersangkutan akan mengambil peranan penting dalam pemilihan pipa. Pipa yang umumnya dipakai untuk sistem jaringan distribusi air dibuat dari bahan-bahan seperti berikut:

1. Pipa Baja

Pipa baja telah digunakan dalam berbagai ukuran hingga lebih dari 20 ft (6 m) garis tengahnya. Umur pipa baja ini sangat tergantung pada kondisi keterbukaanya terhadap udara

bebas, tetapi pipa baja cukup terlindung akan berumur paling sedikit 40 tahun dalam keadaan biasa (Linsley, 1985,p.296).

Kelebihan pipa baja:

- Memiliki kekuatan yang lentur dan kuat untuk melintasi jurang kecil.
- Tersedia dalam berbagai ukuran.
- Dilapisi campuran semen sebagai pelindung.

Kekurangan pipa baja:

- Harganya mahal.
- Pipa baja mempunyai beban yang berat.

2. Pipa Besi Tuang (*Cast Iron*)

Pipa besi tuang banyak digunakan untuk jaringan distribusi air karena sangat tahan karat sehingga pipa ini mempunyai umur yang panjang. Dalam keadaan normal pipa besi tuang ini dapat diharapkan berumur 100 tahun. Panjang yang biasa dari suatu bagian pipa adalah 12 ft (4m) tetapi dapat diperoleh juga panjangnya 20 ft (6m) (Linsley, 1985,p.296).

Kelebihan pipa besi tuang :

- Tahan karat
- Memiliki tebal yang beraneka ragam
- Tahan terhadap tekanan yang besar.

Kekurangan pipa besi tuang :

- Tidak terlalu elastis.
- Tidak dapat di las.

3. Pipa Beton

Pipa beton mempunyai ukuran garis tengah hingga 72 inci (2m) sedangkan ukuran garis tengah hingga 180 inci (5m) telah dibuat berdasarkan pesanan khusus. Pipa beton biasanya dibuat dengan memutar cetakannya dengan cepat mengelilingi sumbu pipa (Linsley, 1985,p.299).

Kelebihan pipa beton:

- Memiliki bentuk tulangan yang berupa spiral atau lingkaran-lingkaran elips.
- Kedap air dan mempunyai kerapatan yang tinggi.
- Mutu pipa yang tinggi.

Kekurangan pipa beton :

- Dibuat berdasarkan pemesanan khusus.
- Air alkali bisa menyebabkan karat.

4. Pipa Semen Asbes

Pipa semen asbes dibuat dari asbes, silika dan semen yang diubah dengan tekanan menjadi suatu bahan padat yang homogen dan berkekuatan besar. Pipa jenis ini biasanya terdapat ukuran garis tengah dari 4 hingga 36 inci (0,10 hingga 1 m) dan panjangnya 13 ft (4m) (Linsley, 1985, p.301).

Kelebihan semen-asbes :

- Memiliki tekanan sampai sebesar 200 psi (1500 kN/m²).
- Pipa yang cukup lentur sehingga memungkinkan penyimpangan hingga sebesar 12° dalam pemasangan pipa sekeliling garis lengkung.
- Tahan karat dan pipa semen-asbes berbobot ringan dan mudah dipasang.

Kekurangan pipa semen-asbes :

- Sekat sambungan karet mudah rusak bila terkena bensin..
- Mudah rusak oleh alat-alat galian dan kekuatannya rendah terhadap lenturan.

5. Pipa Besi Galvanis

Pipa jenis ini bahannya terbuat dari pipa baja yang dilapisi oleh seng. Pelapisan dengan cara ini merupakan pengendalian karat yang efektif. Umur pipa pendek yaitu antara 7- 10 tahun. Pipa berlapis seng digunakan secara luas untuk jaringan pelayanan sistem distribusi yang kecil (Linsley, 1985, p.301).

Kelebihan semen-asbes :

- Harga murah dan banyak tersedia di pasaran.
- Ringan sehingga mudah diangkut.
- Pipa mudah di sambung.

Kekurangan pipa semen-asbes :

- Pipa mudah berkarat dalam air yang asam.

6. Pipa plastic (PVC)

Pipa ini lebih dikenal dengan sebutan pipa PVC (Poly Vinyl Chloride). Panjang pipa 4m atau 6m dengan ukuran diameter pipa mulai 16mm hingga 350 mm. dan umur pipa dapat mencapai 75 tahun (Linsley, 1985, p.301).

Kelebihan semen-asbes :

- Harga murah dan banyak tersedia di pasaran.
- Ringan sehingga mudah diangkut.
- Pipa mudah di sambung.

Kekurangan pipa semen-asbes :

- Pipa mudah berkarat dalam air yang asam.

2.5.3 Kriteria Jaringan Pipa Air Bersih

Dalam perencanaan jaringan pipa harus memenuhi kriteria-kriteria agar pada saat pengoperasian dapat berjalan sesuai dengan standar yang ada.

Tabel 2.7

Kriteria Jaringan Pipa

	1. Kecepatan 0,1-2,5 m/detik
	- Kecepatan kurang dari 0,1 m/detik
	a. Diameter pipa diperkecil
	b. Ditambahkan pompa
	c. Elevasi hulu pipa hendaknya lebih tinggi (disesuaikan di lapangan)
Perubahan	- Kecepatan lebih dari 2,5 m/detik
	a. Diameter pipa diperbesar
	b. Elevasi pipa bagian hulu terlalu besar dibandingkan dengan hilir
	2. <i>Headloss Gradient</i> 0 – 15 m/km
	- <i>Headloss Gradient</i> lebih dari 15 m/km
	a. Diameter pipa diperbesar
	b. Elevasi pipa bagian hulu terlalu besar dibandingkan dengan hilir pipa
	3. Tekanan 0,5-8 atm
	- Tekanan kurang dari 0,5 atm
	a. Diameter pipa diperbesar
	b. Ditambahkan pompa
	c. Pemasangan pipa yang kedua di bagian atas, sebagian atau keseluruhan dari panjang pipa
	- Tekanan lebih dari 8 atm
	a. Diameter pipa diperkecil
	b. Ditambahkna bangunan bak pelepas tekan
	Pemasangan <i>Pressure Reducer Valve</i> (PRV)

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Penyelenggaraan Pengembangan SPAM, 2007

2.5.4 Perlengkapan Pipa

1. Sambungan Antar Pipa

Untuk mengetahui pipa diperlukan suatu sambungan pipa baik antara pipa yang berdiameter sama atau berbeda, belokan pada pipa dan penggabungan dua pipa yang berbeda jenis. Sambungan pipa antara lain :

- a. Bell dan Spigot

Spigot dari suatu pipa dimasukan ke dalam bell (socket) pipa lainnya. Untuk menghindari kebocoran, maka dilengkapi dengan gasket.



Gambar 2.5 Bell dan Spigot
Sumber : www.metalteknikraya.com

b. Flange Joint

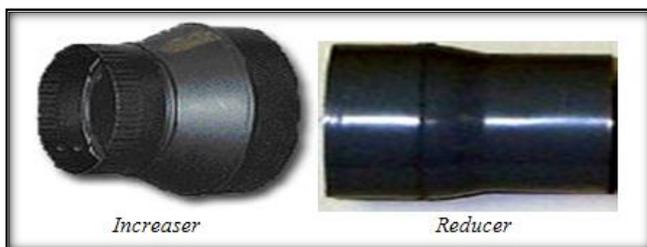
Biasanya dipakai untuk pipa bertekanan tinggi dan untuk sambungan yang letaknya dekat dengan instalasi pompa. Sebelum kedua flange disatukan dengan mur dan baut, maka diantara flange disisipkan packing untuk mencegah kebocoran.



Gambar 2.6 Flange Joint
Sumber : www.FlangeJoint.com

c. Reducer-increaser

Increaser untuk menyambung pipa dari diameter kecil ke diameter besar sedangkan reducer untuk menyambung dua pipa dari diameter besar ke diameter kecil.



Gambar 2.7 Reducer dan Increaser
Sumber : www.beritaipetek.com

d. Bend

Sambungan yang digunakan untuk membelokkan saluran dengan sudut yang tajam . Sudut belokan yang umum digunakan 90° , 45° , $22,5^\circ$, $11,25^\circ$.



Gambar 2.8 Bend 90°
Sumber : [www. pipa bend.com](http://www.pipa bend.com)

e. Tee

Tee ini digunakan untuk membagi saluran menjadi dua arah.

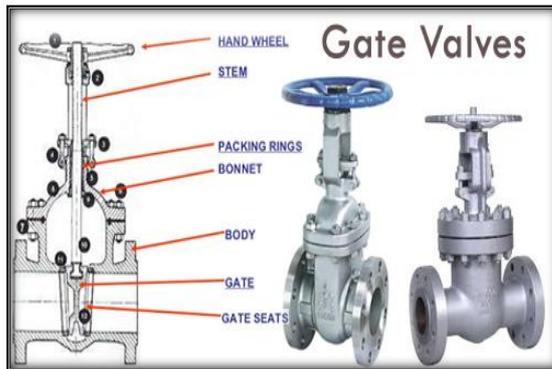


Gambar 2.9 Tee
Sumber : [www. Pipa T.com](http://www.Pipa T.com)

2. Katup

a. Gate Valve

Gate valve ini berfungsi membuka dan menutup aliran tetapi tidak untuk mengatur besar kecil aliran. gate valve ini biasanya digunakan pada pipa yang berdiameter besar dan pipa ini tahan terhadap tekanan yang tinggi.



Gambar 2.10 Gate Valves

Sumber : http://www.flanges.co/gate_valve.html

b. Air Release Valve

Air Release Valve ini berfungsi untuk melepaskan udara yang ada di dalam air. Dipasang pada setiap jalur pipa tinggi dan mempunyai tekanan lebih dari 1 atm. Air release valve ini biasanya dipasang di pada jembatan-jembatan untuk membuang udara guna menjamin kelancaran air.



Gambar 2.11 Air Release Valve

Sumber : www.cla-val.com

c. Check Valve

Valve ini dipasang bila pengaliran di dalam pipa diinginkan satu arah. Alat ini dipasang pada pipa tekan antara pompa dan gate valve. Tujuannya apabila pompa mati maka pukulan akibat aliran balik tidak merusak pompa.



Gambar 2.12 Check Valve

Sumber : www.brookvalves.com.

d. PRV (*Pressure Reducer Valve*)

PRV (*Pressure Reducer Valve*) digunakan untuk mengatur tekanan pada suatu jaringan perpipaan yang mempunyai tekanan tinggi sehingga menghasilkan tekanan yang lebih rendah sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 2.13 Meter Tekanan

Sumber : www.Meter tekanan .com

e. Meter air

Berfungsi untuk mengetahui besarnya jumlah pemakaian air dan juga sebagai alat pendeteksi kebocoran. Meter air terpasang pada setiap sambungan yang dipasang secara kontinu.



Gambar 2.14 Meter Air

Sumber : www.Meter air .com

2.6 Tandon

Tandon adalah tempat penyimpanan air untuk sementara sebelum didistribusikan kepada konsumen. Lama penampungan disesuaikan dengan tingkat pemakaian air pada masa jam pemakaian jam puncak dan pemakaian rata-rata.

Selain tandon mempunyai fungsi sebagai tempat penampungan, tandon juga mempunyai beberapa fungsi lain diantaranya adalah :

- a. Melayani fluktuasi pemakaian

Karena pemakaian air oleh pelanggan yang berubah-ubah setiap saat maka reservoir harus selalu siap dalam arti tidak kekurangan persediaan.

- b. Pemerataan tekanan

Air yang berasal dari sumber biasanya mempunyai tekanan yang tinggi (karena beda elevasi) dengan daerah layanan, dengan adanya reservoir yang merupakan sebagai perantara dari transmisi ke distribusi maka tekanan kembali nol lagi sebelum melewati jaringan distribusi.

- c. Meratakan tekanan pemompaan pada area distribusi

Reservoir juga berfungsi untuk meratakan tekanan pemompaan pada area distribusi.

Pada saat perencanaan tandon, ukuran volume tandon disesuaikan dengan kebutuhan air bersih sehingga dapat memenuhi kebutuhan air bersih pada saat jam puncak. Syarat untuk perencanaan tandon yaitu lokasi tandon harus mudah dijangkau, dekat dengan pusat kegiatan dan tandon dapat memenuhi semua kebutuhan air bersih yang akan dilayani.

Untuk keamanan diberikan volume untuk ruang udara dalam tandon yang di ambil sebesar 10 % dari volume tandon. Kemudian volume tandon ditambah dengan volume udara dijadikan sebagai volume rencana dalam pembuatan tandon. Dengan demikian diperoleh dimensi tandon dengan Persamaan sebagai berikut:

$$V = T \cdot L \cdot P \quad (2-17)$$

dengan:

V = Volume tandon (m³)

T = Tinggi tandon (m)

L = Lebar tandon (m)

P = Panjang tandon (m)

Setiap tandon paling tidak memiliki perlengkapan sebagai berikut:

- a. Pipa air masuk (*inlet*) dan pipa air keluar (*outlet*)

Pipa air masuk berfungsi untuk mengalirkan air ke dalam tandon. Tandon biasanya mempunyai *inlet* dan *outlet* yang terpisah. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan

sirkulasi aliran di dalam tandon sehingga air yang keluar mempunyai kualitas yang terjamin.

b. Lubang inspeksi (*manhole*)

Setiap tandon harus dilengkapi dengan lubang inspeksi untuk memudahkan perawatan dengan ukuran yang cukup agar orang yang masuk ke dalam tandon tidak sulit.

c. Tangga naik dan turun ke dalam bak

Tangga harus disiapkan untuk menjaga keamanan dan kemudahan akses ke beberapa bagian tandon.

d. Pipa penguras

Pipa penguras dipakai untuk menguras tandon. Pada pipa ini dibuat pengaman seperti pipa peluap.

e. Alat penunjuk level air

Alat penunjuk level air digunakan untuk menunjukkan tinggi rendahnya permukaan air.

f. Ventilasi udara

Ventilasi udara dipasang pada tandon untuk keluar masuknya udara pada saat air turun dan naik, juga harus dipasang saringan serangga.

2.7 Perencanaan Sistem Pompa

Pompa adalah salah satu alat atau mesin yang berfungsi untuk merubah energi mekanis (kerja putar poros) menjadi tenaga hidrolis (Linsley II,1996,p.17). Pompa mampu menaikkan cairan dari dataran rendah ke dataran yang tinggi untuk menambah tekanan pada suatu jaringan perpipaan.

Untuk menggunakan dalam pekerjaan konstruksi diperlukan pengetahuan dan perhitungan, beberapa faktor yang mempengaruhi perencanaan pompa diantaranya yaitu :

- Debit yang tersedia
- Fluktuasi keadaan air yang dipompa
- Total head yang diperlukan
- Jumlah air yang harus dipompa

2.7.1 Daya Pompa

Daya hidrolis (daya pompa teoritis) adalah daya yang diperlukan untuk mengalirkan sejumlah zat cair. Menurut Peraturan Menteri Pu,2007 daya ini dapat dinyatakan sebagai berikut ini :

$$P = HP \cdot \frac{\gamma_w \cdot Q \cdot H}{e \cdot 75} \quad (2-18)$$

dimana:

P = daya pompa (kW)

Q = debit (m³/detik)

γ_w = Berat jenis benda persatuan volume

e = efisiensi pompa (60%-75%)

HP = daya kuda (horse power)

2.7.2 Head Total Pompa

Head total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air seperti direncanakan dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa. Head total pompa dapat ditulis sebagai berikut :

$$H_p = h_f + H_{Lm} + Z_b + \frac{V_b^2}{2g} \quad (2-20)$$

dimana :

H_p = head total pompa

h_f = Kehilangan tinggi karena gesekan pada pipa atau major losses (m)

H_{Lm} = Kehilangan tinggi minor (m)

Z_b = perbedaan head tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air (m)

2.8 Analisa Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih dengan Aplikasi *Software*

Analisis sistem jaringan distribusi air bersih merupakan suatu perencanaan yang digunakan untuk mempermudah dalam menganalisis sistem jaringan distribusi air bersih. Analisa sistem jaringan distribusi air bersih dengan aplikasi *software* dengan proses *trial and error* yang harus dilakukan pada seluruh komponen yang ada pada sistem jaringan distribusi air bersih jaringan tersebut. Proses *trial and error* dapat dilakukan dalam waktu singkat dengan tingkat kesalahan yang relatif kecil karena programlah yang akan menganalisisnya.

Dalam studi ini program yang digunakan untuk menganalisa jaringan kebutuhan air bersih menggunakan program *WaterCAD V8i*.

2.8.1 Deskripsi Program *WaterCAD V8i*

Program *WaterCAD V8i* merupakan produksi dari *Bentley* yang menggambarkan simulasi hidrolis yang mengalir didalam jaringan pipa. Jaringan itu sendiri terdiri dari pipa, node (titik koneksi pipa), pompa, tangki air atau reservoir. Program *WaterCAD V8i* dapat digunakan dengan jumlah pipa yang mampu dianalisis yaitu lebih dari 250 buah pipa sesuai pemesanan spesifikasi program *WaterCAD V8i*. *WaterCAD V8i* adalah alat bantu analisis hidrolis yang didalamnya terkandung kemampuan seperti :

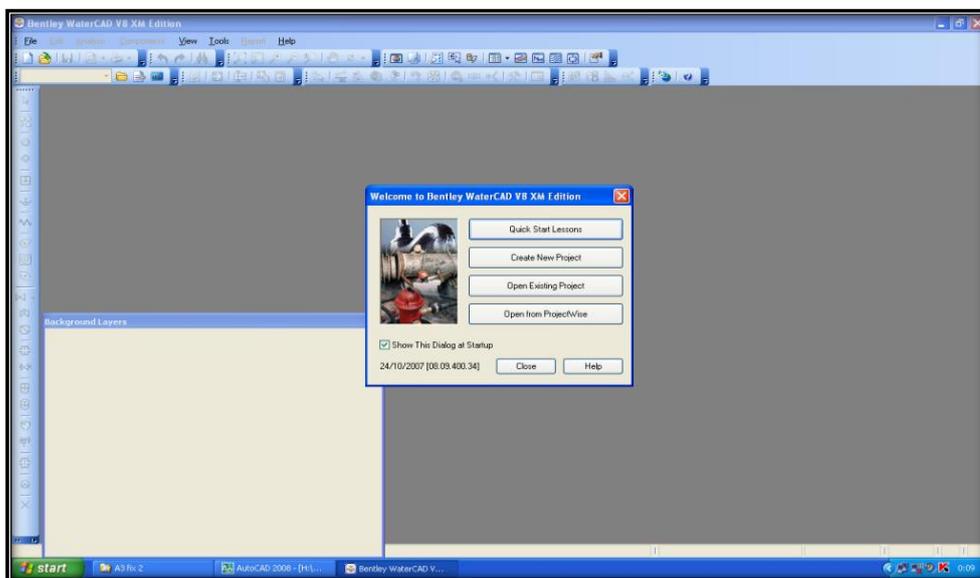
- Menganalisis distribusi air bersih pada waktu aliran tetap dan aliran tidak tetap dengan menggunakan pompa, reservoir/tangka air, dan pintu pengontrol (katup).

- Memberikan tahapan-tahapan dari simulasi jaringan perpipaan terhadap adanya kebutuhan air maupun pemberian air yang berfluktuasi.
- Dapat memperkirakan adanya kehilangan yang terjadi pada sistem jaringan distribusi air bersih.

2.8.2. Tahapan-Tahapan dalam Penggunaan Program *WaterCAD v8i*

a. *Welcome Dialog* dan Pembuatan Lembar Kerja

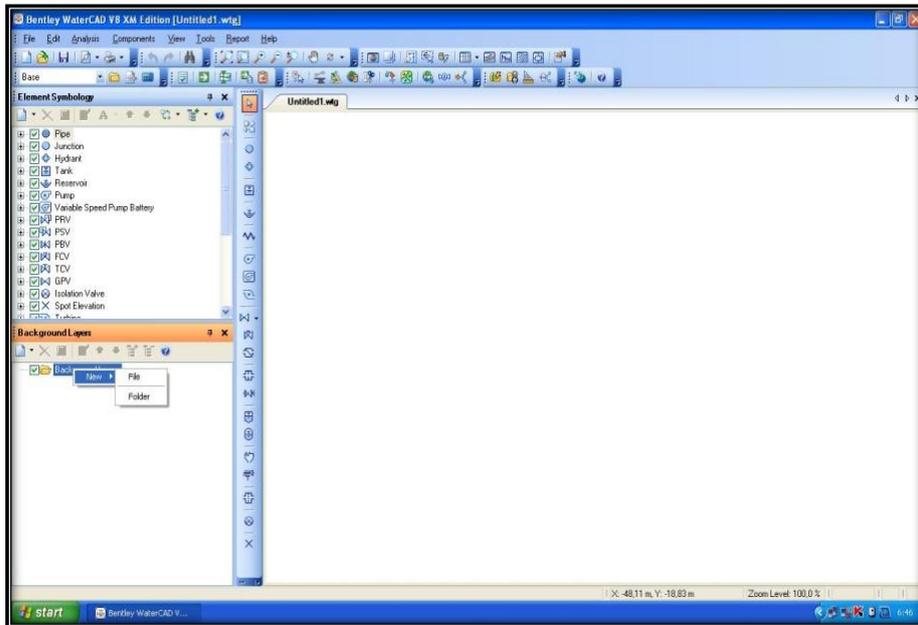
Pada setiap membuka program *WaterCAD v8i* terdapat kotak dialog tersedia menu yaitu Quick Start Lesson, Create New Project, Open Existing Project serta Open from Project Wise.



Gambar 2.15 Tampilan *Welcome Dialog* pada *WaterCAD V8i*

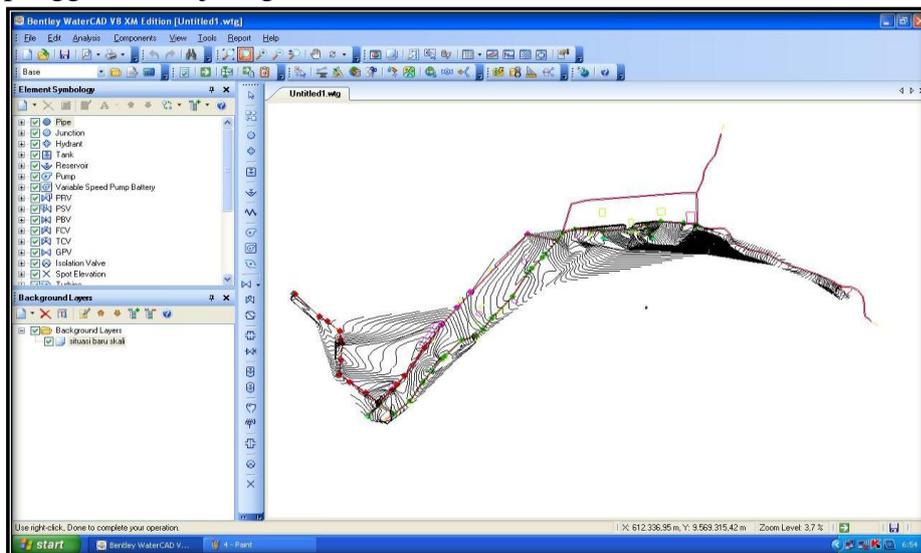
Sumber: Bentley Program *WaterCAD v8i*

Setelah diklik *Create New Project*, *WaterCAD v8i* akan menampilkan lembar kerja baru. *WaterCAD v8i* akan secara otomatis membuat nama secara umum dengan nama *Untitled1.wtg*.



Gambar 2.16 Tampilan Lembar Kerja pada *WaterCAD V8i*
Sumber: Bentley Program *WaterCAD v8i*

Setelah *Background Layers* muncul dalam tampilan maka perencanaan atau penggambaran jaringan bisa dilakukan.



Gambar 2.17 Tampilan *Background Layers* pada *WaterCAD V8*
Sumber: Bentley Program *WaterCAD v8i*

Setelah penggambaran jaringan dilakukan adalah pengisian data-data teknis dan pemodelan komponen-komponen sistem jaringan distribusi air bersih yang akan dipakai dalam penggambaran yang memudahkan untuk pengecekan. Komponen tersebut terdiri dari *reservoir*, pipa, titik simpul (*junction*), tandon, dan lain-lain.

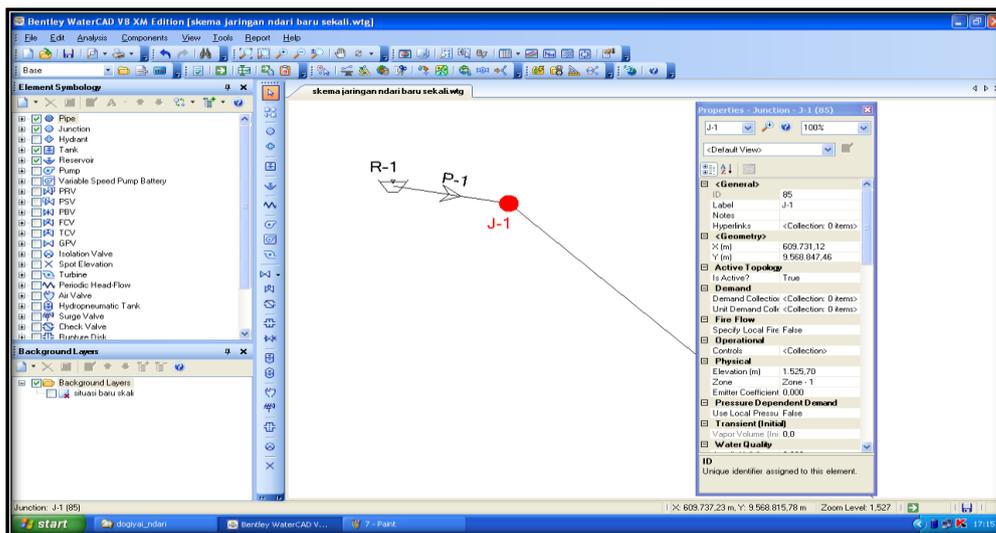
b. Pemodelan Komponen-Komponen Sistem Jaringan Distribusi Air Baku

Dalam *WaterCAD V8i*, terdapat beberapa komponen-komponen sistem jaringan distribusi air baku seperti titik reservoir, pipa, titik simpul (*junction*), tandon tersebut

dimodelkan sedemikian rupa sehingga mendekati kinerja komponen tersebut di lapangan. Adapun jenis-jenis pemodelan komponen sistem jaringan distribusi air baku dalam *WaterCAD V8i* adalah sebagai berikut:

1. Pemodelan titik-titik simpul (*junction*)

Titik simpul adalah suatu simbol yang bersinggungan dengan konsumen. Terdapat dua tipe tipe aliran pada titik simpul yaitu kebutuhan air (*demand*) dan berupa aliran masuk (*inflow*). Titik simpul pada saat terjadi permintaan konsumen dapat disebut tipe aliran kebutuhan air namun pada saat terjadi penambahan debit maka dapat disebut tipe aliran masuk (*inflow*).



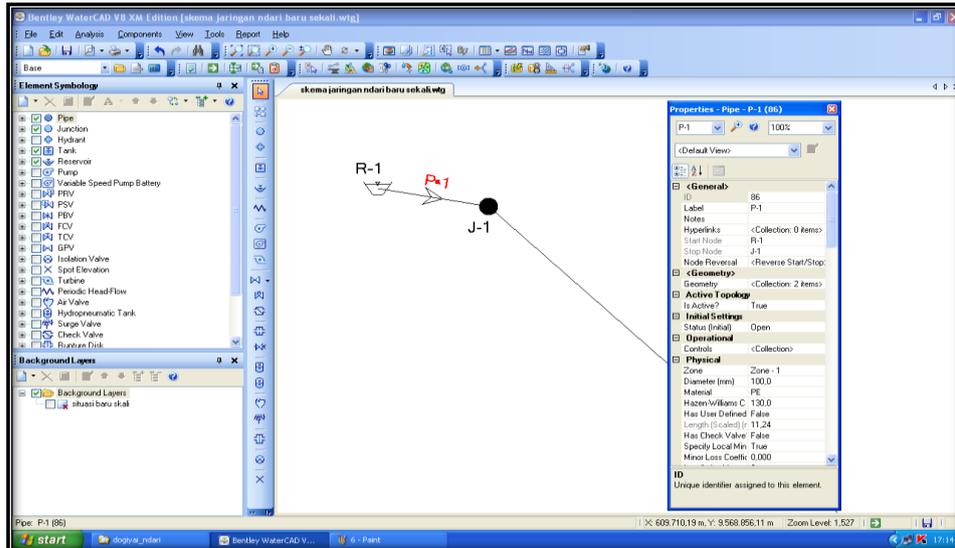
Gambar 2.18 Tampilan Pengisian Data Teknis *Junction* pada *WaterCAD V8i*
Sumber: Bentley Program *WaterCAD v8i*

2. Pemodelan kebutuhan air baku

Kebutuhan air bersih pada tiap titik simpul berbeda-beda tergantung jumlah luas daerah yang dilayani. Kebutuhan air bersih berubah-ubah sesuai dengan pemakaian air setiap jamnya.

3. Pemodelan pipa

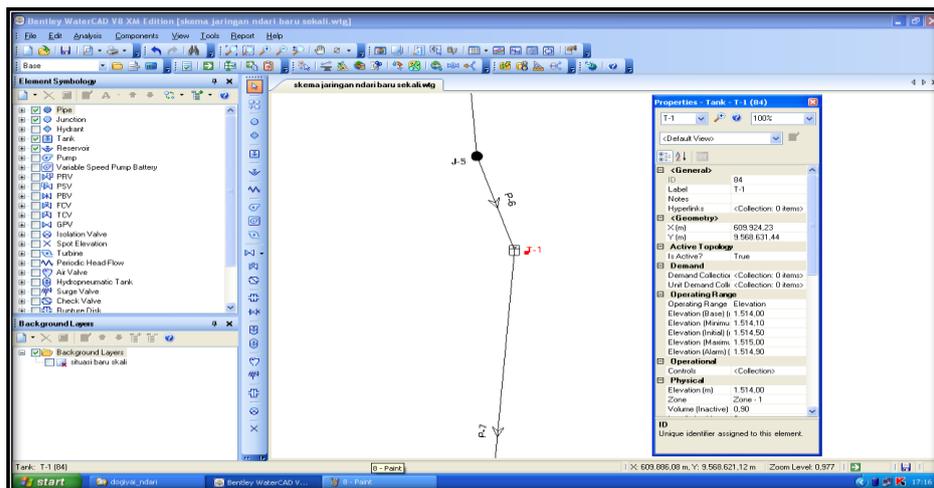
Pipa adalah suatu komponen yang menghubungkan katup (*valve*), titik simpul, pompa dan tandon. Untuk memodelkan pipa, memerlukan beberapa data teknis seperti jenis bahan, diameter dan panjang pipa, kekasaran (*roughness*) dan status pipa (buka-tutup). Jenis bahan pipa oleh *WaterCAD V8i* telah disediakan sehingga dapat dipilih secara langsung sesuai dengan jenis bahan pipa yang digunakan di lapangan.



Gambar 2.19 Tampilan Pengisian Data Teknis Pipa pada *WaterCAD V8i*
Sumber: Bentley Program *WaterCAD v8i*

4. Pemodelan tandon (*watertank*)

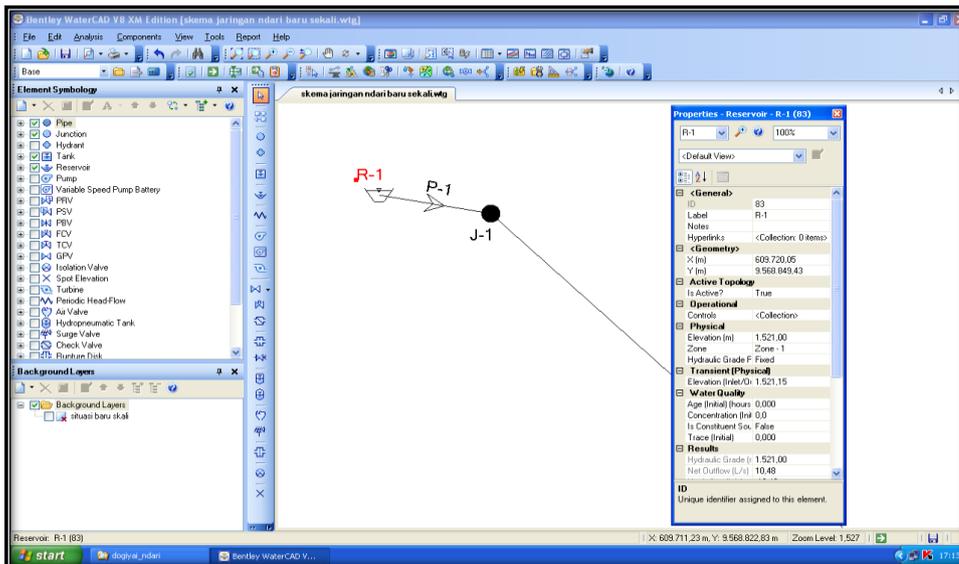
Untuk pemodelan tandon di program *WaterCAD v8i* diperlukan beberapa data seperti data elevasi dasar, elevasi minimum dan elevasi maksimum.



Gambar 2.20 Tampilan Pengisian Data Teknis Tandon pada *WaterCAD V8i*
Sumber: Bentley Program *WaterCAD v8i*

5. Pemodelan mata air (*reservoir*)

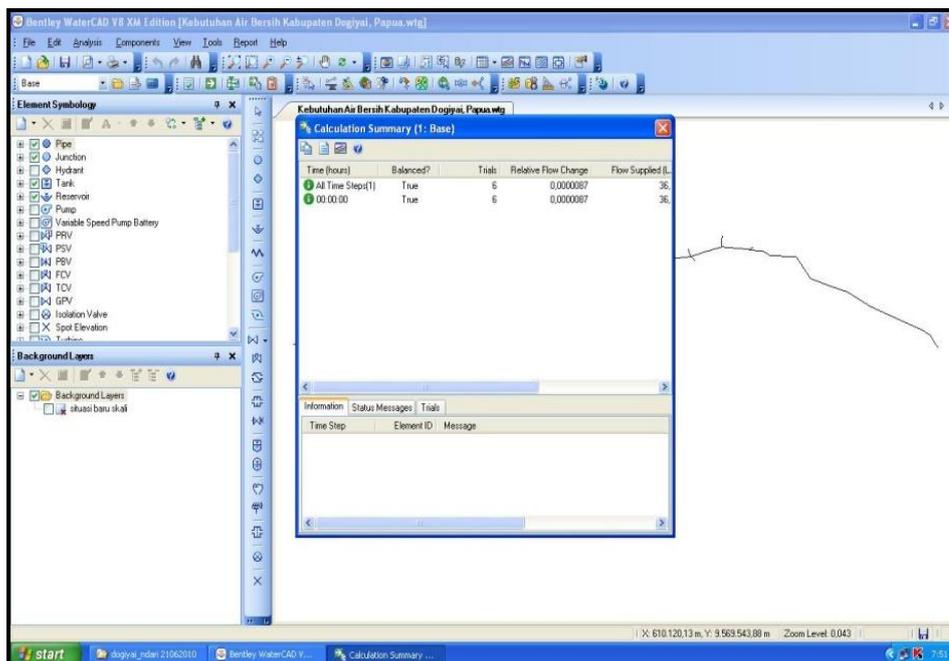
Pada program *WaterCAD V8i*, *reservoir* digunakan sebagai model dari suatu sumber air seperti danau dan sungai. Di sini *reservoir* dimodelkan sebagai sumber air yang tidak bisa habis atau elevasi air selalu berada pada elevasi konstan pada saat berapapun kebutuhan airnya. Data yang dibutuhkan untuk memodelkan sebuah mata air adalah kapasitas debit dan elevasi mata air tersebut.



Gambar 2.21 Tampilan Pengisian Data Teknis Reservoir pada *WaterCAD V8i*
Sumber: Bentley Program *WaterCAD v8i*

c. Perhitungan dan Analisis Sistem Jaringan Distribusi Air Baku

Setelah jaringan tergambar dan semua komponen tertata sesuai dengan yang diinginkan, maka untuk menganalisis sistem jaringan tersebut dilakukanlah *running (calculate)*.



Gambar 2.22 Tampilan Hasil *Running (Calculate)* pada *WaterCAD V8i*
Sumber: Bentley Program *WaterCAD v8i*

2.9 Bunga

Bunga adalah uang yang dibayarkan/diterima atas penggunaan sejumlah pinjaman atau sejumlah uang yang disimpan (Giatman,2007,p.39). Bunga terdiri dari bunga sederhana (simple interest) dan bunga majemuk.

2.9.1 Bunga Sederhana (*Simple Interest*)

Bunga sederhana yaitu sistem perhitungan bunga yang didasarkan atas besarnya pinjaman semula, dan bunga periode sebelumnya yang belum dibayar tidak termasuk faktor pengali bunga (Giatman,2007,p.40).

$$I = P i n \quad (2-21)$$

dengan:

P = jumlah atau nilai sekarang

i = tingkat bunga pada suatu periode

n = waktu

Jika jumlah modal yang dipinjamkan P adalah suatu nilai yang tetap, maka bunga tahunan yang diperhitungkan adalah konstan. Oleh karena itu uang yang harus dikembalikan adalah:

$$\begin{aligned} F &= P + I & (2-22) \\ &= P + P.i.n \\ &= P(1+i.n) \end{aligned}$$

dengan:

F adalah harga yang akan datang.

2.9.2 Bunga Berganda/Berlipat (*Compound Interest*)

Bunga berganda adalah sistem perhitungan bunga dimana bunga tidak hanya dihitung terhadap besarnya pinjaman awal tetapi bunga hasil pinjaman ditambahkan terhadap pinjaman pokok secara berkala sehingga bunga yang dihasilkan dari pokok pinjaman dibungakan lagi bersama-sama (Giatman,2007,p.41)..

Tabel 2.8

Jumlah Bunga dan Modal Setelah n Tahun

Tahun Ke	Modal (P)	Jmlah Bunga (i)	Jumlah Modal Baru (i)
1	P	P.i	P + Pi = P(1+i)
2		P(1+i)i	P(1+i) + P(1+i) i = P(1 + i) ²
3		P(1 + i) ² i	P(1 + i) ² (1+i) = P(1 + i) ³
N		P(1 + i) ⁿ i	P(1 + i) ⁿ

Sumber: (Suyanto,2001:.,p.24)

2.10 Komponen Biaya Untuk Analisa Ekonomi

Komponen biaya untuk analisa ekonomi terdapat dua biaya yang perlu mendapat perhatian yaitu:

- a. Biaya (*cost*) adalah semua pengorbanan yang dibutuhkan dalam rangka mencapai suatu tujuan yang diukur dengan nilai uang.

- b. Pengeluaran (*expenditure*) adalah sejumlah uang yang dikeluarkan atau di bayarkan dalam rangka mendapatkan sesuatu hasil yang diharapkan.

Komponen biaya untuk analisa ekonomi dikelompokkan menjadi dua yaitu biaya modal (*capital cost*) dan biaya tahunan.

2.10.1 Biaya Modal (*Capital Cost*)

Biaya modal adalah biaya yang harus dikeluarkan pada saat awal proyek sampai proyek selesai dibangun. Semua pengeluaran yang termasuk biaya modal ini dibagi menjadi dua bagian yaitu :

1. Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Biaya langsung merupakan biaya yang diperlukan untuk pembangunan suatu proyek. Komponen biaya langsung terdiri dari biaya upah pekerja, operasi peralatan, dan material. Semua biaya ini yang nantinya menjadi biaya konstruksi yang ditawarkan pada kontraktor kecuali biaya pembebasan tanah.

2. Biaya Tak Langsung (*Indirect Cost*)

Biaya tak langsung merupakan biaya yang tidak terkait langsung dengan besaran volume komponen fisik hasil akhir proyek tetapi mempunyai kontribusi terhadap penyelesaian suatu proyek. Pada biaya ini terdapat tiga komponen yaitu:

- Kemungkinan / hal yang tak diduga dari biaya langsung. Kemungkinan hal yang tidak pasti ini bila dikelompokkan dapat dibagi menjadi tiga yaitu :
 - Biaya/ pengeluaran yang mungkin timbul tetapi tidak pasti.
 - Biaya yang mungkin timbul, namun belum terlihat.
 - Biaya yang mungkin timbul akibat tidak tetapnya harga pada waktu yang akan mendatang misalnya kemungkinan adanya kenaikan harga.
- Biaya Teknik (*engineering cost*)

Biaya teknik adalah biaya untuk pembuatan desain mulai dari studi awal, pra studi kelayakan, studi kelayakan, biaya perencanaan dan biaya pengawasan selama waktu pelaksanaan konstruksi.

2.10.2 Biaya Tahunan (*Annual Cost*)

Biaya tahunan adalah biaya yang harus dikeluarkan setiap tahunnya oleh pihak investor setelah proyek selesai dibangun dan mulai dimanfaatkan. Pada prinsipnya biaya yang masih diperlukan sepanjang umur proyek ini merupakan biaya tahunan (A) yang terdiri dari 3 komponen yaitu:

- Bunga

Biaya yang harus dikeluarkan akibat pemakaian uang sebelumnya yang menyebabkan penambahan pada biaya modal awal karena adanya tingkat suku bunga selama umur proyek.

- Depresiasi atau amortisasi

Depresiasi adalah penyusutan atau penurunan nilai aset bersamaan dengan berlalunya waktu. Sedangkan amortisasi adalah suatu penurunan atau pengurangan nilai aset secara bertahap dalam rentang jangka waktu di setiap periode.

- Biaya Operasi dan Pemeliharaan

Biaya yang harus dikeluarkan setiap tahun untuk memenuhi umur proyek sesuai yang direncanakan.

2.11 Analisa Kelayakan Ekonomi

Proyek adalah suatu kegiatan yang menggunakan modal untuk mencapai suatu keuntungan dari investasinya. Oleh karena itu untuk menilai apakah investasi yang akan ditanamkan layak atau tidak, maka ada beberapa aspek yang harus ditinjau untuk menentukan kelayakan dari suatu proyek. Aspek-aspek yang harus ditinjau yaitu *nilai Benefit Cost Ratio (BCR)*, Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Payback Period, dan Analisa Sensitivitas.

2.11.1 Perbandingan Manfaat dan Biaya (BCR)

Metode perbandingan manfaat dan biaya merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam tahap evaluasi awal perencanaan investasi. Metode BCR ini memberikan penekanan terhadap nilai perbandingan antara aspek manfaat (benefit) yang akan diperoleh dengan aspek biaya dan kerugian yang akan di tanggung (*cost*) dengan adanya investasi tersebut (Giatman, 2007,p.80).

Adapun metode analisis benefit cost ratio (BCR) adalah sebagai berikut :

$$BCR = \frac{B}{C} \quad (2-23)$$

Kriteria keputusan :

Untuk mengetahui apakah suatu rencana investasi layak ekonomis atau tidak setelah melalui metode ini adalah :

Jika: $BCR > 1$ \longrightarrow investasi layak

$BCR < 1$ \longrightarrow investasi tidak layak

2.11.2 Metode Net Present Value

Net Present Value adalah metode menghitung nilai bersih (*netto*) pada waktu sekarang (*present*) (Giatman, 2007,p.69).

Adapun metode *Net Present Value* (NPV) adalah sebagai berikut :

$$\text{Net Present Value} = B - C \quad (2-24)$$

dengan:

B = *Benefit*

C = *Cost*

Kriteria keputusan:

Untuk mengetahui apakah rencana suatu investasi tersebut layak ekonomis atau tidak, diperlukan suatu ukuran /kriteria tertentu dalam metode NPV yaitu:

Jika: NPV > 0 artinya investasi akan menguntungkan/layak.

NPV < 0 artinya investasi tidak akan menguntungkan/layak.

Jika: NPV positif maka investasi menguntungkan/layak.

NPV negatif maka investasi tidak akan menguntungkan/layak.

2.11.3 Internal Rate of Return (IRR)

Internal Rate of Return (IRR) adalah suatu metode yang menggambarkan tingkat keuntungan dari suatu proyek atau investasi dalam persentase dimana nilai NPV sama dengan nol (Giatman, 2007,p. 90).

$$\text{IRR} = I' + \frac{(B-C)'}{(B-C)' - (B-C)''} (I'' - I') \quad (2-25)$$

dengan:

I' = suku bunga memberikan nilai B-C positif

I'' = suku bunga memberikan nilai B-C negatif

B-C = selisih antara nilai seragam dari manfaat dan biaya

(B-C)' = B-C positif

(B-C)'' = B-C negatif

2.11.4 Payback Period

Analisa *payback period* pada dasarnya bertujuan untuk mengetahui seberapa lama (periode) investasi akan dapat dikembalikan saat terjadinya kondisi pulang pokok (*break event point*) (Giatman, 2007,p. 85). Lamanya periode pengembalian (k) saat kondisi BEP adalah:

$$K_{(PBP)} = \frac{\text{investasi}}{\text{Annual Benefit}} \times \text{periode waktu} \quad (2-26)$$

Kriteria keputusan:

Untuk mengetahui apakah rencana suatu investasi tersebut layak ekonomis atau tidak, diperlukan suatu ukuran/kriteria tertentu.

Dalam metode *Payback Period* ini rencana investasi dikatakan layak (*feasible*) yaitu:

Jika $k \leq n$ dan sebaliknya.

k = jumlah periode pengembalian

n = umur investasi

2.11.5 Analisa Sensitivitas

Analisa Sensitivitas adalah analisa yang digunakan untuk dapat diperkirakan dampak yang akan terjadi apabila mengetahui sejauh mana dampak parameter-parameter investasi yang telah ditetapkan sebelumnya boleh berubah karena adanya faktor situasi dan kondisi selama umur investasi (Giatman, 2007,p.129).

Parameter-parameter investasi yang memerlukan analisis sensitivitas antara lain:

- 1) Investasi
- 2) Benefit/Pendapatan
- 3) Biaya/Pengeluaran
- 4) Suku bunga

Analisa sensitivitas terdapat beberapa keadaan yang biasanya dilakukan dalam analisa sensitivitas adalah sebagai berikut:

- a. Terjadi 10% penurunan pada nilai benefit yang diperkirakan.
- b. Terjadi 10% kenaikan pada biaya proyek yang diperkirakan.
- c. Tertundanya penyelesaian proyek selama 2 tahun.

2.12 Harga Air

Harga air adalah keuntungan yang dihasilkan dari perhitungan nilai air (Kuiper,1971,p.184). Dalam hal ini, nilai air yang diperhitungkan adalah berbeda dengan biaya air. Nilai air akan lebih tinggi penilaiannya dibanding biaya air. Nilai air tidak hanya menghitung proses dari penyediaan air sampai terpenuhinya kebutuhan tetapi juga memperhitungkan nilai dari air itu sendiri. Sedangkan untuk biaya air lebih pada perhitungan secara komersil dari proses penyediaan air itu saja dan nilai dari air itu sendiri tidak diperhitungkan.

Parameter yang dipakai dalam penentuan harga air bersih biasanya adalah:

1. Perbandingan manfaat dan biaya (*benefit cost ratio*), manfaat dalam hal ini adalah rencana harga itu sendiri. Nilai BCR harus lebih dari 1. Sehingga jika harga yang akan kita rencanakan dengan biaya tertentu bila dibandingkan nilainya tidak boleh 1 (satu), harus lebih.
2. Selisih *benefit* dengan *cost* (titik impas sama dengan nol), jika pemasukan dikurangi pengeluaran hasilnya diharapkan diatas nol (untung).

3. Bunga sangat berpengaruh besar terhadap suatu perencanaan harga. Bunga disini adalah bunga bank jika aktivitas pengadaan air oleh Pengelola Air dananya dipinjam dari Bank. Perhitungan harga air berdasarkan pada bunga yaitu perhitungan akan besarnya harga air dilihat dari faktor bunga kompon untuk mengetahui sejauh mana harga air minimum yang dapat diketahui. Perhitungan ini memasukkan beberapa parameter yaitu biaya konstruksi, biaya O&P, kebutuhan air, faktor konversi, dan manfaat.

Dalam perhitungan harga air dalam prosesnya maka harus dicari tarif dasar air yakni dengan menggunakan rumus,

$$\text{Tarif Dasar air} = \frac{\text{Biaya Usaha}}{\text{Jumlah Produksi-Jumlah kehilangan air}} \quad (2-27)$$

Setelah ditemukan tarif dasar air bersih per m³ maka ditentukan harga air menurut klasifikasi pelanggan yang tentunya tetap mengacu pada Peraturan Menteri Daalam Negeri No 23 Tahun 2006.

Halaman ini sengaja dikosongkan