

BAB II

LANDASAN TEORI

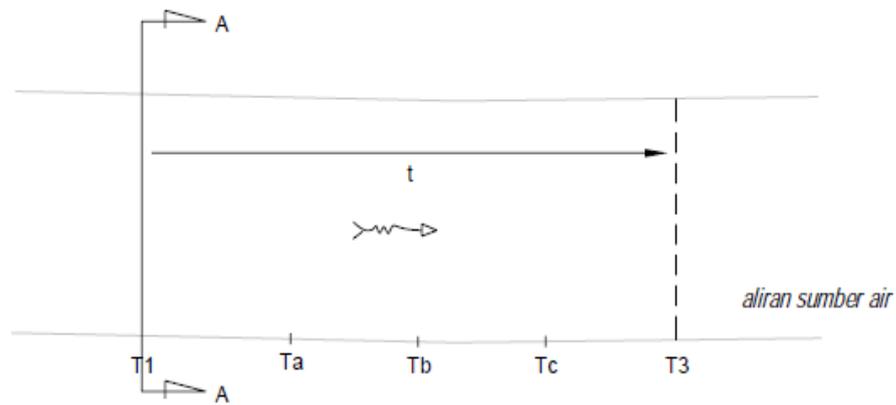
2.1. Analisa Hidrometri (Pengukuran Debit Sesaat)

Pengukuran debit air baku dilakukan untuk menghitung potensi sumber air yang akan digunakan. Berdasarkan pada Petunjuk Teknis Pelaksanaan Prasarana Air Minum Sederhana Metoda yang dikeluarkan oleh Direktorat Cipta Karya, maka pengukuran debit air baku disesuaikan kepada jenis sumber air. Untuk sumber air baku yang berupa mata air (yang membentuk aliran permukaan), maka pengukuran debit air baku dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu :

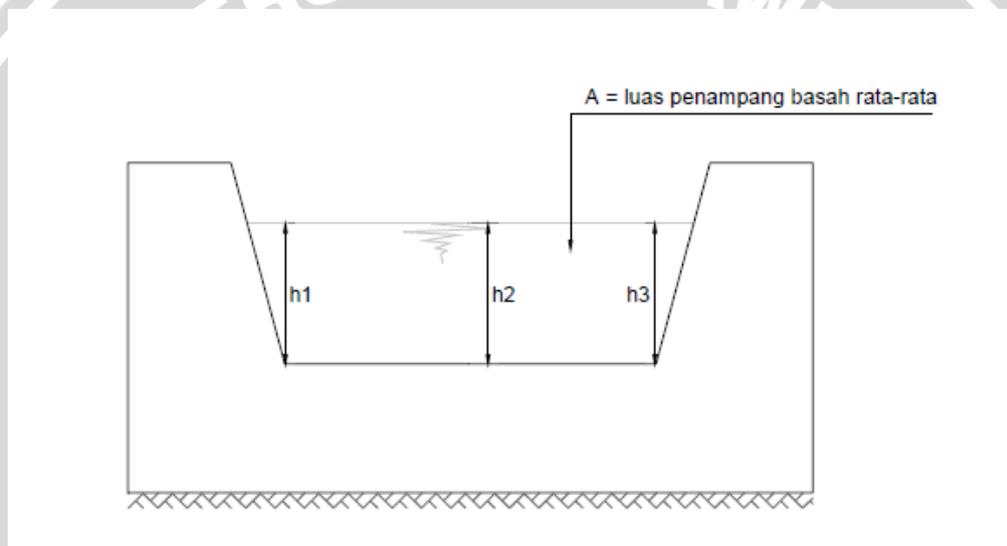
1. Dengan metoda benda apung
2. Dengan metode ember

Pengukuran Dengan Metoda Benda Apung

- a. Alat yang diperlukan
 - Bahan yang dapat mengapung di air (bola pingpong, gabus, dan lain-lain)
 - Alat ukur panjang (penggaris, tongkat ukur atau pita ukur)
 - Alat ukur waktu (stopwatch)
- b. Cara pengukuran
 1. Pilih lokasi yang baik pada beban air dengan lebar, kedalaman, kemiringan dan kecepatan yang dianggap tetap sepanjang + 2 meter. Harus diperhatikan agar tidak ada rintangan, halangan atau gangguan lain di sepanjang lintasan pengamatan.
 2. Tetapkan titik awal (T1) dan titik akhir (T2) pengukuran. Catat panjang lintasan yang akan digunakan (L) (lihat Gambar 2.1)



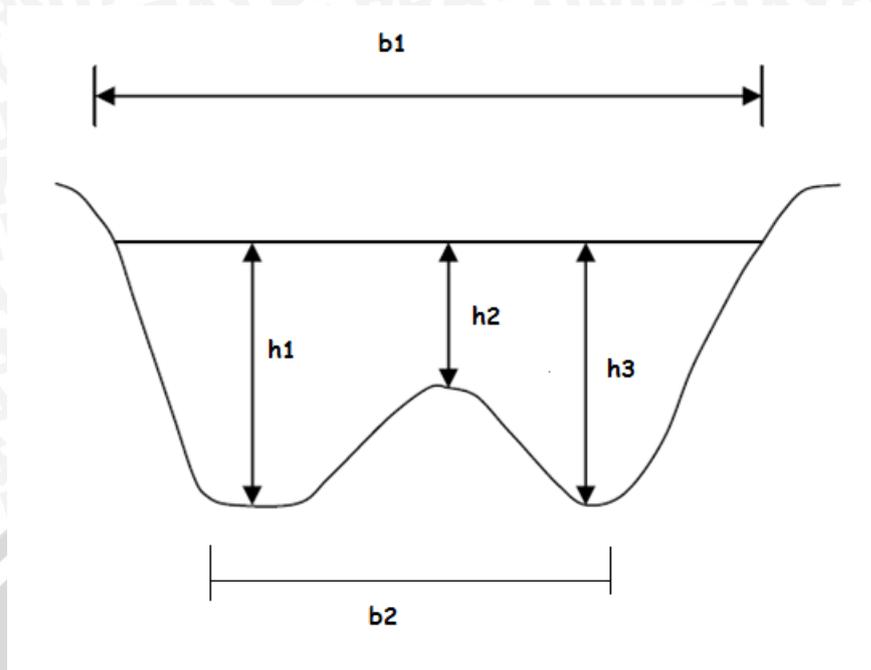
(a) Tampak Atas



(b) Potongan A-A

Gambar 2.1 Pengukuran dengan Laju Aliran

3. Jatuhkan bahan yang terapung pada T1. Pada waktu bersamaan, hidupkan alat ukur waktu (stopwatch)
4. Hentikan alat ukur waktu pada saat benda terapung mencapai titik T2. Catat waktu yang terhitung (t)
5. Antara T1 dan T2 dibagi menjadi beberapa titik penampang (misalnya T_a , T_b , T_c ... T_n). Hitung luas penampang aliran pada titik-titik tersebut
6. Pada titik-titik ini hitung luas penampang aliran
7. Ukur kedalaman air pada beberapa titik penampang aliran, juga lebar penampang itu. tepi dan tengah saluran di masing-masing titik penampang (h_1 , h_2 , h_3)
8. Lakukan di beberapa tempat



Gambar 2.2 Sketsa Penampang Aliran

c. Perhitungan debit

9. Hitung luas penampang basah di setiap titik penampang dengan persamaan:

$$A = (b_1 + b_2)/2 \cdot (h_1 + h_2 + h_3)/3$$

dengan:

A = luas penampang basah (m²)

b₁; b₂ = lebar penampang atas; bawah (m)

h₁; h₂; h₃ = kedalaman air (m)

– Luas penampang basah rata-rata dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$A_{\text{rata-rata}} = (A_{T_1} + A_{T_2} + A_{T_a} + A_{T_b} + A_{T_c}) / 5$$

dengan:

A_{rata-rata} = luas penampang basah rata (m²)

A_{T₁, T₂, T_a, T_b, T_c} = luas penampang basah di T₁, T₂, T_a, T_b, T_c (m²)

5 = jumlah titik pengukuran mulai T₁ sampai T₂

– Debit dihitung dengan persamaan:

$$Q = A_{\text{rata-rata}} \times L / t \times 1000$$

dengan:

Q = debit aliran (L/dt)

A_{rata-rata} = luas penampang basah rata (m²)

- L = panjang lintasan dari T1 ke T2 (m)
 t = waktu tempuh dari T1 ke T2 (detik)

d. Keadaan untuk pengukuran

- Pengukuran dilakukan pada ruas yang relatif lurus
- Lakukan di beberapa ruas lurus untuk mendapatkan nilai debit rata-rata

2.2. Proyeksi Jumlah Penduduk

Kebutuhan air dalam studi ini dihitung berdasarkan jumlah penduduk yang akan dilayani sampai pada jangka waktu tertentu. Proyeksi jumlah penduduk di masa mendatang dapat dilakukan dengan tiga metode yaitu :

1. Metode Aritmatik

Jumlah perkembangan penduduk dengan menggunakan metode ini dirumuskan sebagai berikut (Muliakusumah, 1998)

$$P_n = P_0 (1 + rn) \quad (2-24)$$

Dimana :

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

P_0 = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)

r = angka pertambahan penduduk per tahun (%)

n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

2. Metode Geometrik

Dengan menggunakan metode geometrik, maka perkembangan penduduk suatu daerah dapat dihitung dengan formula sebagai berikut (Rusli, 1996 : 115). Metode ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P_n = P_0 (1 + r)^n \quad (2-25)$$

Dimana :

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

P_0 = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)

r = angka pertambahan penduduk tiap tahun (%)

n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

3. Metode Eksponensial

Perkiraan jumlah penduduk berdasarkan metode eksponensial dapat didekati dengan persamaan berikut (Rusli, 1996 : 115) :

$$P_n = P_0 \cdot e^{r \cdot n} \quad (2-26)$$

Dimana :

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

P_o = jumlah penduduk pada akhir tahun data (jiwa)

r = prosentase jumlah pertumbuhan penduduk tiap tahun (%)

n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

e = bilangan logaritma natural (2,7182818)

Pemilihan metode proyeksi pertumbuhan penduduk di atas berdasarkan cara pengujian statistik yakni berdasarkan pada nilai koefisien korelasi yang terbesar mendekati +1. Adapun rumusan untuk menentukan besarnya koefisien korelasi adalah sebagai berikut (Dajan, 1986: 350) :

Koefisien korelasi :

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{(nX^2 - (\sum X)^2)(n \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \quad (2-27)$$

r = koefisien korelasi

X = jumlah penduduk data (jiwa)

Y = jumlah penduduk hasil proyeksi (jiwa)

n = jumlah tahun proyeksi

2.3. Kebutuhan Air Baku

Kebutuhan air baku adalah jumlah air yang diperlukan secara wajar untuk keperluan pokok manusia (domestik) dan kegiatan-kegiatan lainnya yang memerlukan air. Dalam perencanaan sistem jaringan air bersih, perencanaan kebutuhan air bersih harus disesuaikan dengan standar yang ada dengan mempertimbangkan kondisi yang ada di sekitarnya seperti perkembangan daerah, kondisi penduduk dan daerahnya. Untuk itu, perencanaan besarnya tingkat kebutuhan air bersih sehari-hari harus mempertimbangkan adanya faktor kehilangan air. Secara umum, kehilangan air pada sistem jaringan pipa dapat dibedakan menjadi dua faktor (DPUD Jendral Cipta Karya Direktorat Air Bersih, 1987: 158), yakni:

1. Kehilangan air akibat faktor teknis

- Adanya lubang atau celah pada pipa dan sambungannya,
- Pipa pada jaringan distribusi pecah,
- Pipa dan meter yang dipasang pada pipa konsumen kurang baik

2. Kehilangan air akibat faktor non teknis

- Kesalahan membaca meter,
- Kesalahan pencatatan hasil pembacaan meter air,
- Kesalahan pemindahan atau pembuatan rekening air,
- Angka yang ditunjukkan oleh meter air berkurang akibat adanya aliran udara pada pipa distribusi ke rumah konsumen melalui meter air.

Kebutuhan air penduduk akan dihitung berdasarkan beberapa jenis kebutuhan, antara lain :

1. Kebutuhan air bersih domestik untuk sambungan rumah dan kran umum.
2. Kebutuhan air non domestik, misalnya untuk fasilitas peribadatan dan sekolah, diperhitungkan sebesar 5 % dari kebutuhan domestik.
3. Kehilangan air.
4. Kebutuhan hari maksimum, diperhitungkan sebesar $1,1 \times$ kebutuhan air baku.
5. Kebutuhan jam puncak, diperhitungkan sebesar $1,56 \times$ kebutuhan air baku.

Selanjutnya kebutuhan air baku penduduk dapat dirumuskan sebagai berikut :

Keb. Total = Kebutuhan Domestik + Kebutuhan air sosial + kehilangan air.

Semakin besar kota tempat tinggal maka tingkat kebutuhan air akan semakin besar. Kebutuhan air per-orang per-hari disesuaikan dengan standar yang biasa digunakan serta kriteria pelayanan berdasarkan pada kategorinya.

Tabel 2.1. Standart Kebutuhan Air Bersih

Kategori Kota	Keterangan	Jumlah Penduduk (orang)	Kebutuhan Air (liter/orang/hari)
I	Kota Metropolitan	Diatas 1 juta	190
II	Kota Besar	500000 s.d 1 juta	170
III	Kota Sedang	100000 s.d 500000	150
IV	Kota Kecil	20000 s.d. 100000	130
V	Desa	10000 s.d. 20000	100
VI	Desa Kecil	3000 s.d. 10000	60

Sumber : Badan Penelitian dan Pengembangan Kimpraswil, Pedoman/Petunjuk Teknik dan Manual (2002: 30)

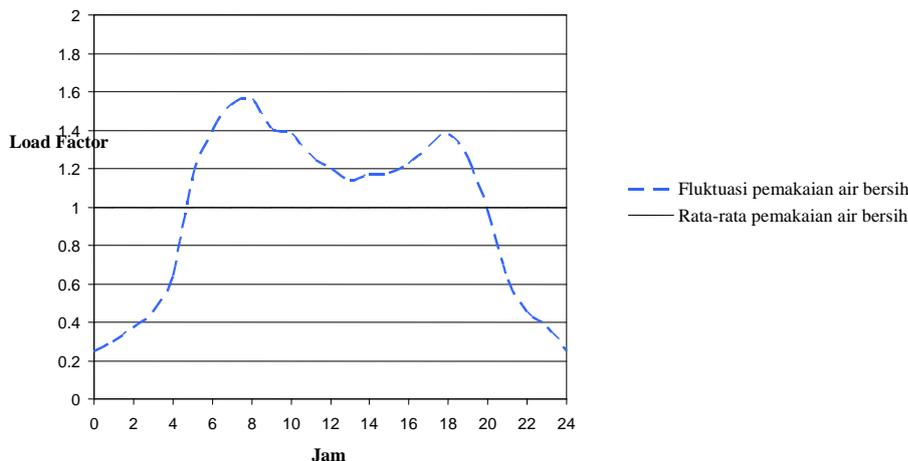
Tabel 2.2. Kriteria Pemakaian Air Bersih

No.	Parameter	Kota			
		Metro	Besar	Sedang	Kecil
1	Kebutuhan Domestik (tingkat pemakaian air) :				
	▪ Sambungan Rumah (liter/orang/hari)	190	170	150	130
	▪ Kran Umum (liter/orang/hari)	30	30	30	30
2	Kebutuhan Non domestik :				
	▪ Industri (liter/detik/hektar)				
	- Berat			0,5 - 1,00	
	- Sedang			0,25 - 0,50	
	- Ringan			0,15 - 0,25	
	▪ Komersial (liter/detik/hektar)				
	- Pasar			0,10 - 1,00	
	- Rumah Makan (liter/unit/hari)			15	
	- Hotel (liter/kamar/hari)				
	➤ Lokal			400	
	➤ Internasional			1000	
	▪ Sosial dan Institusi				
	- Sekolah (liter/siswa/hari)			15	
	- Rumah Sakit (m ³ /unit/hari)			1- 2	
	- Puskesmas (liter/hari)			400	
3	Kebutuhan Air Rata-rata	Kebutuhan domestik + non domestik			
4	Kebutuhan Air Maksimum	Kebutuhan rata-rata x 1,15 -1,2 (faktor kehilangan jam maksimum)			
5	Kehilangan Air				
	Kota Metro dan Besar	25% x Kebutuhan rata-rata			
	Kota Sedang dan Kecil	30% x Kebutuhan rata-rata			
6	Kebutuhan Jam Puncak	Kebutuhan rata-rata x Faktor jam puncak (165% - 200%)			

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum RI Ditjen Cipta Karya (1994 : 38)

Besarnya kebutuhan air baku pada suatu sistem jaringan distribusi air baku tidaklah berlangsung konstan, tetapi terjadi fluktuasi setiap waktunya. Fluktuasi kebutuhan air baku harian yang terjadi pada titik simpul dihitung dengan metode pendekatan penelitian yang dilakukan Dirjen Cipta Karya Departemen PU, karena dianggap dapat mewakili perubahan kebutuhan air baku di Indonesia.

Grafik Fluktuasi Pemakaian Air Bersih



Gambar 2.3. Grafik Fluktuasi Pemakaian Air Bersih Harian

(Sumber : DPUD Jendral Cipta Karya 1994 : 24)

Tabel 2.3. Faktor Pengali (Load Factor) Terhadap Kebutuhan Air Bersih

Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Load Factor	0.3	0.37	0.45	0.64	1.15	1.4	1.53	1.56	1.41	1.38	1.27	1.2
Jam	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Load Factor	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 : DPUD Jendral Cipta Karya 1994 : 24

2.4. Analisa Hidrolika Dalam Sistem Jaringan Distribusi Air Baku

Pipa adalah saluran tertutup yang biasanya berpenampang lingkaran, dan digunakan untuk mengalirkan fluida dengan tampang aliran penuh. (Triatmodjo, 1996 : 25). Dalam kajian ini yang akan dibahas adalah pipa dengan tampang aliran penuh dan zat cair yang digunakan adalah air.

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. Aliran tersebut memiliki tiga macam energi yang bekerja di dalamnya, yaitu :

1. Energi ketinggian = h , dengan :
 h = ketinggian titik tersebut dari garis referensi yang ditinjau (m)
2. Energi kecepatan = $\frac{v^2}{2g}$, dengan :
 v = kecepatan (m/det)
 g = percepatan gravitasi (m^2/det)



3. Energi tekanan = $\frac{P}{\gamma_w}$, dengan :

P = tekanan (kg/m^2)

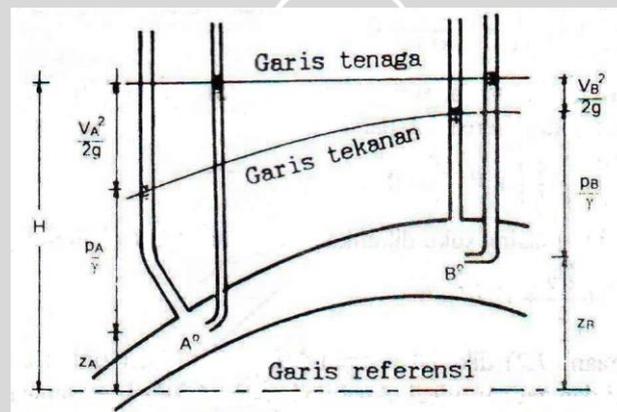
γ_w = berat jenis air (kg/m^3)

Prinsip Bernoulli menerangkan bahwa tinggi energi total pada sebuah penampang pipa adalah jumlah energi kecepatan, energi tekanan dan energi ketinggian yang dapat ditulis sebagai berikut :

E_{Tot} = Energi ketinggian + Energi kecepatan + Energi tekanan

$$= h + \frac{v^2}{2g} + \frac{P}{\gamma_w} \quad (2-29)$$

Menurut teori kekekalan energi dari hukum Bernoulli yakni 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 di bawah ini :



Gambar 2.4. Diagram Energi pada Dua Tempat
(Sumber: Bambang Triadmodjo, 1995: 144)

Hukum kekekalan Bernoulli pada gambar di atas dapat ditulis sebagai berikut (Triadmodjo, 1996 : 145) :

$$Z_A + \frac{P_A}{\gamma_w} + \frac{v_A^2}{2g} = Z_B + \frac{P_B}{\gamma_w} + \frac{v_B^2}{2g} \quad (2-30)$$

Dimana : $\frac{P_A}{\gamma_w}, \frac{P_B}{\gamma_w}$ = tinggi tekan di titik A dan B (m)

$\frac{v_A^2}{2g}, \frac{v_B^2}{2g}$ = tinggi energi di titik A dan B (m)

P_A, P_B = tekanan di titik A dan B (kg/m^2)

γ_w = berat jenis air (kg/m^3)

v_A, v_B = kecepatan aliran di titik A dan B (m/det)

g = percepatan gravitasi (m/det^2)

Z_A, Z_B = tinggi elevasi di titik A dan B dari garis yang ditinjau (m)

2.4.2. Hukum Kontinuitas

Air yang mengalir sepanjang pipa yang mempunyai luas penampang $A \text{ m}^2$ dan kecepatan $V \text{ m/det}$ selalu memiliki debit yang sama pada setiap penampangnya. Hal tersebut dikenal sebagai hukum kontinuitas yang dituliskan :

$$Q_1 = Q_2 \quad \text{atau} \quad A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \quad (2-31)$$

Dimana :

Q_1 = debit pada potongan 1 (m^3/det)

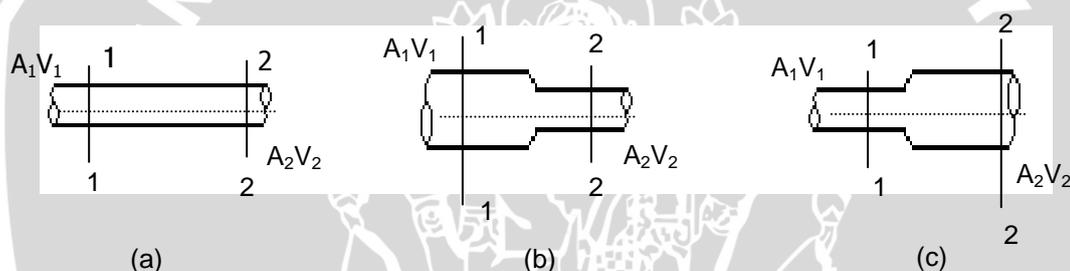
Q_2 = debit pada potongan 2 (m^3/det)

A_1 = luas penampang pada potongan 1 (m^2)

A_2 = luas penampang pada potongan 2 (m^2)

V_1 = kecepatan pada potongan 1 (m/det)

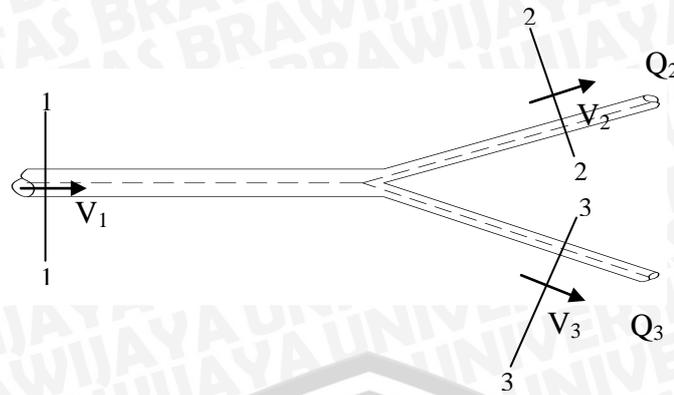
V_2 = kecepatan pada potongan 2 (m/det)



Gambar 2.5. Aliran Dalam Pipa

Pada gambar (a), potongan 1-1 dan potongan 2-2 mempunyai luas penampang yang sama sehingga kecepatan aliran di potongan 1-1 sama dengan kecepatan aliran di potongan 2-2. Pada gambar (b), potongan 1-1 memiliki luas penampang yang lebih besar dari potongan 2-2 sehingga kecepatan aliran di potongan 1-1 lebih kecil dibandingkan dengan kecepatan aliran di potongan 2-2. Sedangkan pada gambar (c), potongan 1-1 memiliki luas penampang yang lebih kecil dari potongan 2-2 sehingga kecepatan aliran di potongan 1-1 lebih besar dibandingkan dengan kecepatan aliran di potongan 2-2. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa kecepatan aliran selalu berbanding terbalik dengan luas penampang.

Pada aliran percabangan pipa juga berlaku hukum kontinuitas dimana debit yang masuk pada suatu pipa sama dengan debit yang keluar pipa. Hal tersebut diilustrasikan sebagai berikut :



Gambar 2.6. Aliran bercabang
(Sumber : Bambang Triatmojo, 1995: 137)

Dengan :

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \tag{2-32}$$

$$A_1 \cdot V_1 = (A_2 \cdot V_2) + (A_3 \cdot V_3) \tag{2-33}$$

Dimana :

Q_1, Q_2, Q_3 = debit yang mengalir pada penampang 1, 2 dan 3 (m^3/det)

V_1, V_2, V_3 = Kecepatan pada penampang 1, 2 dan 3 (m/det).

2.5. Kehilangan Tinggi Tekan (*Head Loss*)

Kehilangan tinggi tekan dalam pipa dapat dibedakan menjadi kehilangan tinggi tekan mayor (*major losses*) dan kehilangan tinggi tekan minor (*minor losses*). Dalam merencanakan sistem jaringan distribusi air bersih, aliran dalam pipa harus berada pada kondisi aliran turbulen. Untuk mengetahui kondisi aliran dalam pipa turbulen atau tidak, dapat dihitung dengan identifikasi bilangan Reynold menggunakan persamaan berikut :

$$Re = \frac{vD}{\nu} \tag{2-34}$$

Dimana :

Re = bilangan *Reynold*

v = kecepatan aliran dalam pipa (m/det)

D = diameter pipa (m)

ν = kekentalan kinematik air pada suhu tertentu (m^2/det)

Tabel 2.4. Kekentalan Kinematik Air

Suhu ($^{\circ}C$)	Kekentalan kinematik (m^2/dtk)	Suhu ($^{\circ}C$)	Kekentalan Kinematik (m^2/dtk)
0	$1,785 \cdot 10^{-6}$	40	$1,658 \cdot 10^{-6}$
5	$1,519 \cdot 10^{-6}$	50	$1,553 \cdot 10^{-6}$
10	$1,306 \cdot 10^{-6}$	60	$1,474 \cdot 10^{-6}$
15	$1,139 \cdot 10^{-6}$	70	$1,413 \cdot 10^{-6}$

Suhu (°C)	Kekentalan kinematik (m ² /dtk)	Suhu (°C)	Kekentalan Kinematik (m ² /dtk)
20	1,003 . 10 ⁻⁶	80	1,364 . 10 ⁻⁶
25	1,893 . 10 ⁻⁶	90	1,326 . 10 ⁻⁶
30	1,800 . 10 ⁻⁶	100	1,294 . 10 ⁻⁶

Sumber : Bambang Triatmojo 1995 : 15

Dari perhitungan bilangan Reynold, maka sifat aliran di dalam pipa dapat diketahui dengan kriteria sebagai berikut :

- $Re < 2000$ → aliran bersifat laminar
- $Re = 2000 - 4000$ → aliran bersifat transisi
- $Re > 4000$ → aliran bersifat turbulen

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

Fluida yang mengalir di dalam pipa akan mengalami tegangan geser dan gradien kecepatan pada seluruh medan karena adanya kekentalan kinematik. Tegangan geser tersebut akan menyebabkan terjadinya kehilangan energi selama pengaliran. Tegangan geser yang terjadi pada dinding pipa merupakan penyebab utama menurunnya garis energi pada suatu aliran (*major losses*) selain bergantung juga pada jenis pipa.

Ada beberapa teori dan formula untuk menghitung besarnya kehilangan tinggi tekan mayor ini yaitu dari Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, Manning, Chezy, Colebrook-White dan Swamme-Jain. Dalam kajian ini digunakan persamaan Hazen-Williams (Haestad, 2001 : 278) yaitu :

$$Q = 0.85 \cdot C_{hw} \cdot A \cdot R^{0.63} \cdot S^{0.54} \quad (2-35)$$

$$V = 0.85 \cdot C_{hw} \cdot R^{0.63} \cdot S^{0.54} \quad (2-36)$$

Dengan :

Q = debit aliran pada pipa (m³/det)

V = kecepatan pada pipa (m/det)

0.85 = konstanta

C_{hw} = koefisien kekasaran Hazen-Williams

A = Luas penampang aliran (m²)

R = Jari-jari hidrolis (m)

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

R = $\frac{D}{4}$

S = kemiringan garis energi (m/m)

$$= \frac{hf}{L}$$

Untuk $Q = \frac{V}{A}$, didapat persamaan kehilangan tinggi tekan mayor menurut

Hazen-Williams sebesar (Webber, 1971 : 121) :

$$hf = k.Q^{1.85}$$

Dengan :

$$k = \frac{10.675 L}{C_{hw}^{1.85} D^{4.87}}$$

Dimana :

hf = kehilangan tinggi tekan mayor (m) D = Diameter pipa (m)

k = koefisien karakteristik pipa L = panjang pipa (m)

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

C_{hw} = koefisien kekasaran Hazen-Williams

Tabel 2.5. Koefisien Kekasaran Pipa Menurut Hazen-Williams

No	Jenis Pipa	Nilai Koefisien Hazen-Williams (C_{hw})
1	PVC	140-150
2	Pipa asbes	120-150
3	Batu berlapis semen	100-140
4	Pipa besi digalvanis	100-120
5	Cast Iron	90-125

Sumber : Buku Utama Sistem Jaringan Pipa, 1987

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

Faktor lain yang juga ikut menambah besarnya kehilangan tinggi tekan pada suatu aliran adalah kehilangan tinggi tekan minor. Kehilangan tinggi tekan minor ini disebabkan oleh adanya perubahan mendadak dari ukuran penampang pipa yang menyebabkan turbulensi, belokan-belokan, adanya katup dan berbagai jenis sambungan. Kehilangan tinggi tekan minor semakin besar bila terjadi perlambatan kecepatan aliran di dalam pipa dibandingkan peningkatan kecepatan akibat terjadi pusaran arus yang ditimbulkan oleh pemisahan aliran dari bidang batas pipa. Untuk jaringan pipa sederhana, kehilangan tinggi tekan minor ini tidak boleh diabaikan karena nilainya cukup berpengaruh. Namun untuk pipa-pipa yang panjang atau $L/D \geq 1000$, kehilangan tinggi tekan minor ini dapat diabaikan. Persamaan umum untuk menghitung besarnya kehilangan tinggi tekan minor ini dapat ditulis sebagai berikut:

$$h_{Lm} = k \frac{v^2}{2g} \quad (2-37)$$

Dimana :

- h_{Lm} = kehilangan tinggi tekan minor (m)
 k = koefisien kehilangan tinggi tekan minor
 v = kecepatan rata-rata dalam pipa (m/det)
 g = percepatan gravitasi (m/det²)

Besarnya nilai koefisien k sangat beragam, tergantung dari bentuk fisik penyempitan, pelebaran, belokan, katup dan sambungan dari pipa. Namun, nilai k ini masih berupa pendekatan karena sangat dipengaruhi oleh bahan, kehalusan membuat sambungan maupun umur sambungan tersebut.

Tabel 2.6. Koefisien Kekasaran Pipa Menurut Jenis Perubahan Bentuk Pipa

Jenis Perubahan Bentuk Pipa	k	Jenis Perubahan Bentuk Pipa	k
Awal masuk pipa		Belokan halus 90°	
<i>Bell mouth</i>	0,03 - 0,05	Radius belokan/D = 4	0,16 - 0,18
<i>Rounded</i>	0,12 - 0,25	Radius belokan/D = 2	0,19 - 0,25
<i>Shard edge</i>	0,5	Radius belokan/D = 1	0,35 - 0,40
<i>Projecting</i>	0,8		
Pengecilan mendadak		Belokan tiba-tiba (<i>mitered</i>)	
$D_2/D_1 = 0,80$	0,18	$\theta = 15^\circ$	0,05
$D_2/D_1 = 0,50$	0,37	$\theta = 30^\circ$	0,10
$D_2/D_1 = 0,20$	0,49	$\theta = 45^\circ$	0,20
		$\theta = 60^\circ$	0,35
		$\theta = 90^\circ$	0,80
Pengecilan mengerucut		T(<i>Tee</i>)	
$D_2/D_1 = 0,80$	0,05	Aliran searah	0,30 - 0,40
$D_2/D_1 = 0,50$	0,07	Aliran bercabang	0,75 - 1,80
$D_2/D_1 = 0,20$	0,08		
Pembesaran mendadak		Persilangan	
$D_2/D_1 = 0,80$	0,16	Aliran searah	0,50
$D_2/D_1 = 0,50$	0,57	Aliran bercabang	0,75
$D_2/D_1 = 0,20$	0,92		
Pembesaran mengerucut		45° Wye	
$D_2/D_1 = 0,80$	0,03	Aliran searah	0,30
$D_2/D_1 = 0,50$	0,08	Aliran bercabang	0,50
$D_2/D_1 = 0,20$	0,13		

Sumber : Haestad, 2001 : 292

2.6. Elemen-Elemen Pada Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih

2.6.1. Pipa

2.6.1.1 Jenis Pipa

Pada suatu sistem jaringan distribusi air, pipa merupakan komponen yang utama. Pipa ini berfungsi sebagai sarana untuk mengalirkan air dari sumber air ke tandon, maupun dari tandon ke konsumen. Pipa tersebut memiliki bentuk penampang lingkaran

dengan diameter yang bermacam-macam. Dalam pelayanan penyediaan air bersih lebih banyak digunakan pipa bertekanan karena lebih sedikit kemungkinan tercemar dan biayanya lebih murah dibanding menggunakan saluran terbuka atau talang. Suatu pipa bertekanan adalah pipa yang dialiri air dalam keadaan penuh. Pipa yang umumnya dipakai untuk sistem jaringan distribusi air dibuat dari bahan-bahan seperti di bawah ini:

- Besi tuang (cast iron)

Pipa besi tuang telah digunakan lebih dari 200 tahun yang lalu. Pipa ini biasanya dicelupkan dalam larutan kimia untuk perlindungan terhadap karat. Panjang biasa dari suatu bagian pipa adalah 4 m dan 6 m. Tekanan maksimum pipa sebesar 25 kg/cm² dan umur pipa dapat mencapai 100 tahun.

Keuntungan dari pipa ini adalah :

- pipa cukup murah
- pipa mudah disambung
- pipa tahan karat

Kerugian dari pipa ini adalah :

pipa berat sehingga biaya pengangkutan mahal

- Besi galvanis (galvanized iron)

Pipa jenis ini bahannya terbuat dari pipa baja yang dilapisi seng. Umur pipa pendek yaitu antara 7 – 10 tahun. Pipa berlapis seng digunakan secara luas untuk jaringan pelayanan yang kecil di dalam sistem distribusi.

Keuntungan dari pipa ini adalah :

- harga murah dan banyak tersedia di pasaran
- ringan sehingga mudah diangkut
- pipa mudah disambung

Kerugian dari pipa ini adalah : pipa mudah berkarat

- Plastik (PVC)

Pipa ini lebih dikenal dengan sebutan pipa PVC (*Poly Vinyl Chloride*) dan di pasaran mudah didapat dengan berbagai ukuran. Panjang pipa 4 m atau 6 m dengan ukuran diameter pipa mulai 16 mm hingga 350 mm. Umur pipa dapat mencapai 75 tahun.

Keuntungan dari pipa ini adalah:

- harga murah dan banyak tersedia di pasaran
- ringan sehingga mudah diangkut
- mudah dalam pemasangan dan penyambungan

- pipa tahan karat

Kerugian dari pipa ini adalah:

- pipa jenis ini mempunyai koefisien muai besar sehingga tidak tahan panas
- mudah bocor dan pecah

- **Baja**

Pipa ini terbuat dari baja lunak dan mempunyai banyak ragam di pasaran. Pipa baja telah digunakan dengan berbagai ukuran hingga lebih dari 6 m garis tengahnya. Umur pipa baja yang cukup terlindungi paling sedikit 40 tahun.

Keuntungan dari pipa ini adalah:

- tersedia dalam berbagai ukuran panjang
- mudah dalam pemasangan dan penyambungan

Kerugian dari pipa ini adalah:

- pipa tidak tahan karat
- pipa berat sehingga biaya pengangkutan mahal

2.6.1.2. Sarana Penunjang

Pipa yang digunakan dalam distribusi air minum harus dilengkapi dengan alat bantu agar bisa berfungsi dengan baik, seperti:

1. Sambungan antar pipa

Untuk menggabungkan pipa yang satu dengan yang lain diperlukan suatu sambungan pipa, baik pipa yang berdiameter sama atau berbeda, belokan pada pipa dan penggabungan dua pipa yang berbeda jenis.

Sambungan pada pipa antara lain:

- mangkok (*bell*) dan lurus (*spingot*)

Spigot dari suatu pipa dimasukkan ke dalam *Bell (socket)* pipa untuk menghindari kebocoran.

- sambungan mekanik
- sambungan dorong (*push on joint*)
- sambungan flens

Sambungan tersebut dipakai sesuai kebutuhan dan kondisi lapangan saat pemasangan pipa ditambah dengan perlengkapan sambungan yaitu :

- **Belokan (*bend*)**

Digunakan untuk mengubah arah dari arah lurus dengan sudut perubahan standar yang merupakan sudut dari belokan tersebut. Besar belokan standar adalah $11\frac{1}{4}^{\circ}$, $22\frac{1}{2}^{\circ}$, 45° , dan 90° . Bahan belokan itu biasanya sama dengan pipa.

- Perlengkapan “T”
Untuk pipa sekunder dipasang tegak lurus (90°) pada pipa primer berbentuk T. Untuk ujung-ujungnya perlengkapan dapat terdiri dari kombinasi spigot, socket dan flens.
- Perlengkapan “Y”
Untuk pipa sekunder yang dipasang pada pipa primer dengan sudut 45° .

2. Pintu dan Katup

Aliran air yang baik di dalam pipa sangat ditunjang oleh katup yang bekerja pada sambungan antar pipa. Berbagai jenis katup memiliki fungsi berbeda yang penggunaannya disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi lapangan agar suatu rangkaian pipa berfungsi dengan baik. Beberapa macam katub dalam rangkaian jaringan pipa adalah (Haestads, 2001 : 277) :

- *Flow Control Valve (FCV)*
Digunakan untuk membatasi aliran maksimum rata-rata yang melalui katup dari hulu ke hilir. Dimaksudkan untuk melindungi suatu komponen tertentu yang letaknya di hilir agar tidak rusak akibat aliran yang terlalu besar.
- *Pressure Reducer Valve (PRV)*
Digunakan untuk menanggulangi tekanan yang terlalu besar di hilir katup. Jika tekanan naik hingga melebihi nilai batas, maka PRV akan menutup dan akan terbuka penuh bila tekanan di hulu lebih rendah dari nilai yang telah ditetapkan pada katup tersebut.
- *Pressure Sustaining Valve (PSV)*
Digunakan untuk menanggulangi penurunan secara drastis pada tekanan di hulu dari nilai yang telah ditetapkan. Jika tekanan di hulu lebih rendah dari batas minimumnya, maka katup akan menutup.
- *Pressure Breaker Valve (PBV)*
Digunakan untuk memberikan tekanan tambahan pada tekanan yang menurun di katup. Di samping itu, katup jenis ini juga dapat memberikan tambahan tekanan pada aliran yang berbalik arah (karena tekanan di hilir lebih tinggi dari tekanan di hulu) sehingga tekanan di hilir lebih rendah dari tekanan di hulu.
- *Throttle Control Valve (TCV)*
Katup jenis ini digunakan untuk mengontrol minor losses yang berubah setiap waktu.

2.6.2. Titik Simpul (*Junction/Node*)

Titik simpul merupakan titik-titik pada sistem jaringan pipa dimana air akan masuk dan keluar dari jaringan melalui titik tersebut, sedangkan yang dimaksud dengan titik simpul persimpangan adalah titik simpul yang merupakan penghubung dua pipa atau lebih. Titik simpul mempunyai kondisi tetap jika tekanan dan elevasinya tetap.

Suatu titik simpul pada sistem jaringan distribusi air minum dapat berupa titik simpul persimpangan, tandon atau reservoir. Data yang dibutuhkan pada sebuah titik simpul adalah nomor titik, elevasi, data pipa awal dan akhir, debit pembebanan titik simpul serta variasi corak kebutuhannya.

Elevasi titik simpul diidentifikasi sebagai elevasi titik dimana tekanan akan dihitung. Untuk keperluan praktis digunakan elevasi muka tanah sebagai elevasi titik simpul dengan catatan bahwa tekanan akan berbeda pada keluaran hidran titik simpul tersebut atau di kran-kran konsumen.

Tetapi pada kenyataannya, konsumsi air tidak terjadi persis di titik simpul, melainkan terjadi di sepanjang jalur sistem distribusi. Untuk keperluan pemodelan simulasi sistem distribusi ini kebutuhan air minum diasumsikan terpusat menurut lokasi pada titik-titik simpul.

2.6.3. Pompa

Pompa adalah suatu komponen yang dapat memberikan tambahan tekanan pada sistem jaringan distribusi air bersih. Pompa digunakan untuk menaikkan kembali tinggi tekanan sehingga dapat mengalirkan air ke daerah pelayanan yang lebih tinggi dan jauh. Apabila telah ada aliran dengan tekanan cukup, maka pompa digunakan untuk menambah kapasitas debit pada sistem jaringan distribusi air bersih.

Pompa dapat dipasang secara paralel dan secara seri. Pada pemasangan secara paralel, pompa dipasang sejajar pada dua pipa yang ujung-ujungnya disatukan. Debit yang dihasilkan pada pompa paralel menjadi dua kali lipat, namun tinggi tekannya sama dengan satu unit pompa saja. Sedangkan pada pemasangan seri, pompa yang satu diletakkan di hilir pompa yang lain. Pada pemasangan seperti ini, debit yang dihasilkan sama dengan satu unit pompa saja, namun tinggi tekannya menjadi dua kali lipat.

Head total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah air seperti yang direncanakan dapat ditentukan berdasarkan kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa. Untuk perhitungan head total pompa dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut (Ungkawa, 2010 : 9):

$$H = h_a + h_{im} + h_f + \frac{v^2}{2g} \quad (2-17)$$

dengan:

H = head total pompa (m)

h_a = head statis total (m)

Head ini adalah perbedaan tinggi antara muka air di sisi keluar dan sisi isap.

h_{Lm} = kehilangan minor (m)

h_f = kehilangan tinggi tekan karena gesekan atau major losses (m)

$V^2/2g$ = head kecepatan keluar (m)

2.6.4. Tandon

Tandon berfungsi untuk melayani sistem distribusi supaya tekanan merata dengan volume yang dibutuhkan secara kontinu. Karena air tidak selalu terpakai pada tingkatan yang tepat sepanjang hari, tetapi bervariasi. Umumnya pada malam hari penampungan untuk digunakan pada pagi hari saat waktu kebutuhan puncak.

Yang perlu diperhatikan dalam merencanakan tandon adalah aspek kuantitas dan kontinuitas. Kapasitas tampungan dari suatu tandon, harus mampu melayani area pelayanan dan mampu beroperasi sesuai rencana pengembangan seiring dengan meningkatnya kebutuhan air bersih setiap tahunnya.

Besarnya kapasitas tandon bergantung pada variasi kebutuhan air minimum, maksimum, kapasitas konstan pemompaan dan faktor kegunaan dari tandon tersebut. Rencana volume tandon ditentukan dengan memperhitungkan debit pada jam puncak dan perkiraan lama jam puncak.

Volume tandon dapat dihitung menggunakan 2(dua) metode yaitu metode kurva massa dan metode presentase. Berikut penjelasan dari 2(dua) metode tersebut:

1. Metode Kurva Massa

Metode ini dilakukan simulasi aliran masuk dan aliran keluar. *Load faktor* digunakan untuk simulasi aliran keluar. Aliran yang masuk adalah debit pompa. Pada studi ini aliran masuk digunakan sebesar 9.7 liter/detik, dengan asumsi pompa menyala terus. Aliran keluar menggunakan kebutuhan air rata-rata dikalikan *load faktor* tiap jam.

2. Metode Presentase

Berdasarkan Permen PU nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum dapat dilakukan pendekatan presentase untuk perhitungan volume tandon. Volume efektif ditentukan sebesar 15% dari kebutuhan air maksimum per hari.

Berdasarkan perhitungan volume tandon di atas maka diperoleh dimensi tandon dengan persamaan sebagai berikut :

$$V = T \cdot L \cdot P \quad (2-18)$$

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.

b. Lubang inspeksi (*manhole*)

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

c. Tangga naik dan turun ke dalam bak

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

d. Pipa pelimpah untuk kelebihan air

Pipa pelimpah terutama digunakan pada saat pengukur ketinggian air dalam keadaan rusak. Ujung dari pipa peluap ini tidak boleh disambung langsung ke pipa buangan, harus ada celah udara yang cukup. Pada ujung pipa peluap juga harus dilengkapi dengan saringan serangga.

e. Pipa penguras

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

f. Alat penunjuk level air

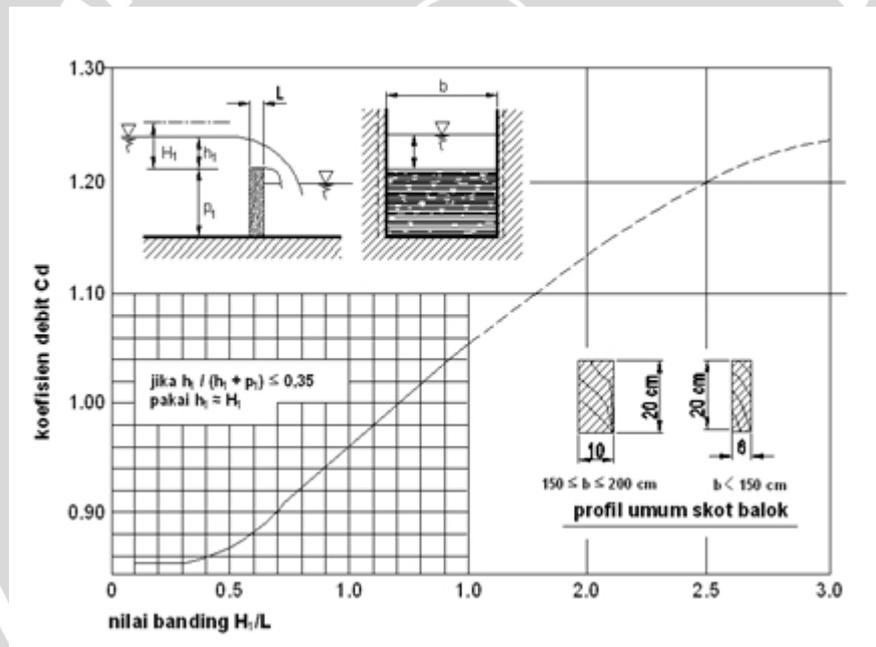
Alat penunjuk level air digunakan untuk menunjukkan tinggi rendahnya permukaan air.

g. Ventilasi udara

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

2.6.5. Pintu Skot Balok

Dilihat dari segi konstruksi, pintu skot balok merupakan peralatan yang sederhana. Balok balok profil segi empat itu ditempatkan tegak lurus terhadap potongan segi empat saluran. Balok - balok tersebut disangga di dalam sponeng/ alur yang lebih besar 0,03m sampai 0,05m dari tebal balok - balok itu sendiri. Dalam bangunan - bangunan saluran irigasi, dengan lebar bukaan pengontrol 2,0 m atau lebih kecil lagi, profil - profil balok seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.6. biasa dipakai.



Gambar 2.7. Profil Skot Balok

2.6.5.1. Perencanaan Hidrolis

Aliran pada skot balok dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan tinggi debit berikut :

$$Q = C_d \times \frac{2}{3} \times (2/3 \times g)^{0.5} \times b \times h_1^{1.5}$$

Dimana :

C_d = koefisien debit

g = percepatan gravitasi, m/dt^2 (9,8)

b = lebar normal, m

h_1 = kedalaman air diatas balok, m

Koefisien debit C_d untuk potongan segi empat dengan tepi hulu yang tajamnya 90° , sudah diketahui untuk nilai banding H_1/L kurang dari 1,5 lihat gambar 2.6.

Untuk harga-harga H_1/L yang lebih tinggi, pancaran air yang melimpah bisa sama sekali terpisah dari mercu skot balok. Bila H_1/L menjadi lebih besar dari sekitar 1,5 maka pola alirannya akan menjadi tidak mantap dan sangat sensitif terhadap “ketajaman” tepi skot balok bagian hulu. Juga, besarnya airasi dalam kantong udara dibawah pancaran, dan tenggelamnya pancaran sangat mempengaruhi debit pada skot balok.

Karena kecepatan datang yang menuju ke pelimpah skot balok biasanya rendah, $h_1/(h_1 + P_1) < 0,35$ kesalahan yang timbul akibat tidak memperhatikan harga tinggi kecepatan rendah berkenaan dengan kesalahan dalam C_d . Dengan menggunakan persamaan diatas dikombinasi dengan Gambar 2.6. aliran pada skot balok dapat diperkirakan dengan baik.

Jelaslah bahwa tinggi muka air hulu dapat diatur dengan cara menempatkan/mengambil satu atau lebih skot balok. Pengaturan langkah demi langkah ini dipengaruhi oleh tinggi sebuah skot balok. Seperti yang sudah disebutkan dalam Gambar 2.6, ketinggian yang cocok untuk balok dalam bangunan saluran irigasi adalah 0,20 m.

Seorang operator yang berpengalaman akan mengatur tinggi muka air di antara papan balok 0,20 m dengan tetap membiarkan aliran sebagian di bawah balok atas.

2.6.5.2. Kelebihan – kelebihan yang dimiliki pintu skot balok

- Kontribusi ini sederhana dan kuat
- Biaya pelaksanaannya kecil

2.6.5.2. Kelemahan – kelemahan yang dimiliki pintu skot balok

- Pemasangan dan pemindahan balok memerlukan sedikit–dikitnya dua orang dan memerlukan banyak waktu .
- Tinggi muka air bisa diatur selangkah demi selangkah saja; setiap langkah sama dengan tinggi sebuah balok.
- Ada kemungkinan dicuri orang
- Skot balok bisa dioperasikan oleh orang yang tidak berwenang
- Karakteristik tinggi–debit aliran pada balok belum diketahui secara pasti

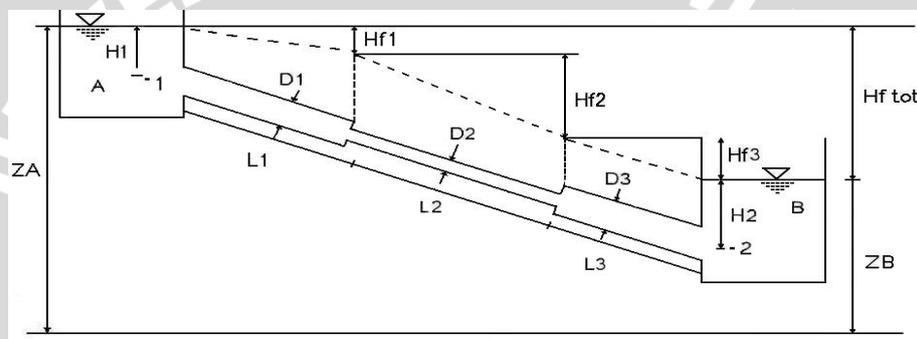
2.7. Mekanisme Pengaliran Dalam Pipa

2.7.1. Sistem Perpipaan

Sistem pemipaan dalam jaringan distribusi air dapat dibagi menjadi dua yaitu hubungan seri dan hubungan paralel. Penggunaan dua sistem pemipaan ini bergantung pada kondisi lapangan dan melihat tingkat kebutuhan airnya.

2.7.1.1. Pipa Hubungan Seri

Apabila suatu saluran pipa terdiri dari beberapa pipa berdiameter sama atau berbeda dalam kondisi tersambung, maka pipa-pipa tersebut terpasang dalam hubungan seri. Pada pipa hubungan seri, debit aliran di semua titik adalah sama sedangkan kehilangan tekanan di semua titik berbeda. Hal tersebut ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.8. Pipa Dalam Hubungan Seri $Q_1 = Q_2 = Q_3$

(Sumber : Bambang Triatmojo, 1996: 74)

Dimana :

$Q_1 = Q_2 = Q_3 =$ debit pada tiap pipa (m^3/det)

sedangkan, $hf_{tot} = hf_1 + hf_2 + hf_3$

$$= \sum_{i=1}^n hf$$

Dimana :

$hf_{tot} =$ total kehilangan tekanan pada pipa terpasang seri (m)

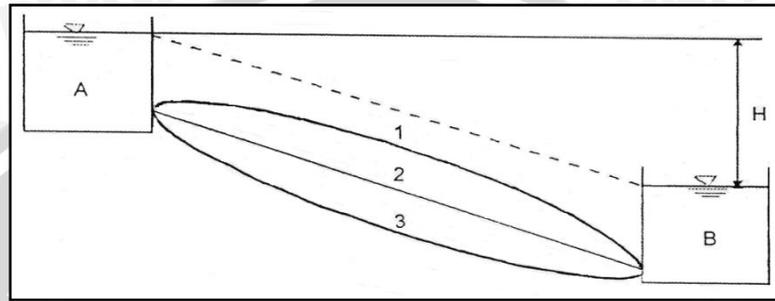
$hf_1 = hf_2 = hf_3 =$ kehilangan tekanan pada tiap pipa (m)

Sehingga persamaan Bernoulli menjadi :

$$Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} = Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + hf_{tot} \quad (2-38)$$

2.7.1.2. Pipa Hubungan Paralel

Apabila dua pipa atau lebih yang letaknya sejajar dan pada ujung-ujungnya dihubungkan oleh satu titik simpul (*junction*), maka pipa-pipa tersebut terpasang dalam hubungan paralel. Pada pipa hubungan paralel, debit total merupakan penjumlahan debit aliran di tiap pipa, sedangkan kehilangan tekanan pada tiap pipa sama. Hal tersebut ditunjukkan pada gambar 12. di bawah ini:



Gambar 2.9. Pipa Dalam Hubungan Paralel $hf_1 = hf_2 = hf_3$

(Sumber : Bambang Triatmojo, 1996: 79)

Dimana :

$hf_1 = hf_2 = hf_3 =$ kehilangan tekanan pada tiap pipa (m^3/det)

Sedangkan,

$$\begin{aligned} Q_{tot} &= Q_1 + Q_2 + Q_3 \\ &= \sum_{i=1}^n Q \end{aligned} \quad (2-39)$$

Dimana :

$Q_{tot} =$ total debit pada pipa terpasang paralel (m^3/det)

$Q_1 = Q_2 = Q_3 =$ debit pada tiap pipa (m^3/det)

2.7.2. Metode Perhitungan Aliran Dalam Pipa

Hasil dari analisa pada jaringan pipa adalah nilai tinggi tekan pada tiap titik simpul dan besarnya debit pada tiap pipa. Pada setiap jaringan pipa terdapat dua kondisi dasar yang harus dipenuhi (Webber, 1971: 122):

1. Hukum kontinuitas, aliran yang memasuki suatu titik pertemuan harus sama besar dengan yang meninggalkan titik tersebut. Dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sum Q_{in} &= \sum Q_{out} \\ \sum Q_{in} - \sum Q_{out} &= \sum Q_i = 0 \end{aligned} \quad (2-40)$$

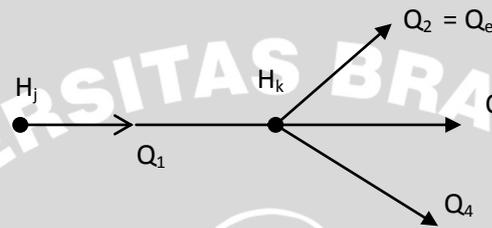
2. Hukum konservasi energi, jumlah aljabar dari kehilangan energi dalam setiap jaringan pipa tertutup harus sama dengan nol. Kekekalan energi pada dasarnya

suatu energi tidak dapat hilang, atau dapat dikatakan bahwa jumlah energi selalu tetap (kekal). Dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sum h_f = 0 \quad (2-41)$$

2.7.3. Metode Titik Simpul (*Junction Method*)

Dalam persamaan titik simpul digunakan persamaan kontinuitas aliran dengan lebih mempertimbangkan besarnya debit aliran pada pipa seperti yang dipakai dalam metode jaringan tertutup (*loop method*). Pada Gambar 2.7. ditunjukkan suatu skema jaringan dengan memakai metode titik simpul.



$$Q_{in} - Q_{out} = Q_e$$

$$(Q_1 - Q_4) - Q_3 = Q_2$$

Gambar 2.10. Contoh Skema Jaringan Sederhana

2.8. Analisa Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih dengan Software Komputer

Analisa sistem jaringan distribusi air bersih merupakan suatu perencanaan yang rumit. Penyebab utama rumitnya analisis dikarenakan banyaknya jumlah proses *trial and error* yang harus dilakukan pada seluruh komponen yang ada pada sistem jaringan distribusi air bersih jaringan tersebut.

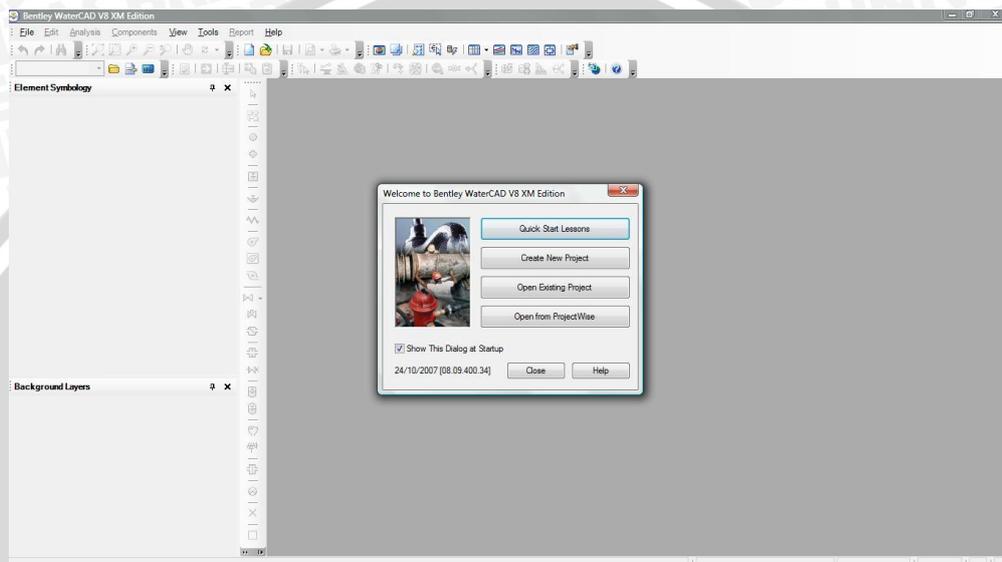
Pada saat ini program-program komputer di bidang perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih sudah demikian berkembang dan maju sehingga kerumitan dalam perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih dapat diatasi dengan menggunakan program tersebut. Proses *trial and error* dapat dilakukan dalam waktu singkat dengan tingkat kesalahan yang relatif kecil karena programlah yang akan menganalisisnya.

Beberapa program komputer di bidang rekayasa dan perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih diantaranya adalah program Loops, Wadiso, Epanet 1.1, Epanet 2.0 dan WaterCAD. Dalam kajian ini digunakan program *WaterCAD v 8 XM Edition* karena program ini tergolong baru dan belum banyak diketahui dalam fungsinya untuk menganalisis sistem jaringan distribusi air bersih. Berikut ini akan dipaparkan mengenai langkah-langkah penggunaan program *WaterCAD v 8 XM Edition*.

2.9. Tahapan-Tahapan Dalam Penggunaan Program *WaterCAD ver 8 XM Edition*

2.9.1. *Welcome Dialog*

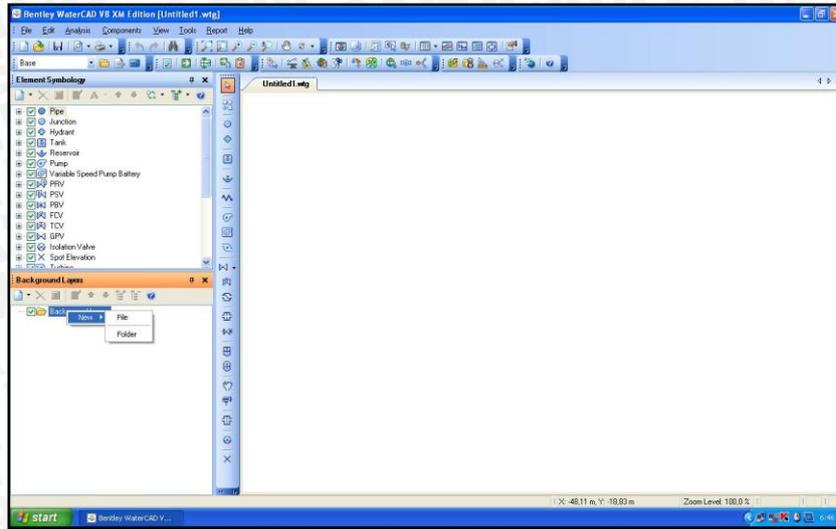
Pada setiap pembukaan awal program *WaterCAD*, akan diperlihatkan sebuah *dialog box* yang disebut *welcome dialog*. Kotak tersebut memuat *quick start lesson*, *create new project*, *open existing project* serta *open from project wise* seperti terlihat pada gambar di bawah. Melalui *welcome dialog* ini pengguna dapat langsung mengakses ke bagian lain untuk menjalankan program ini.



Gambar 2.11. Tampilan *Welcome Dialog* Pada *WaterCAD*
(Sumber : Bentley System, Inc. Haestad Methods Solution Center, 2010)

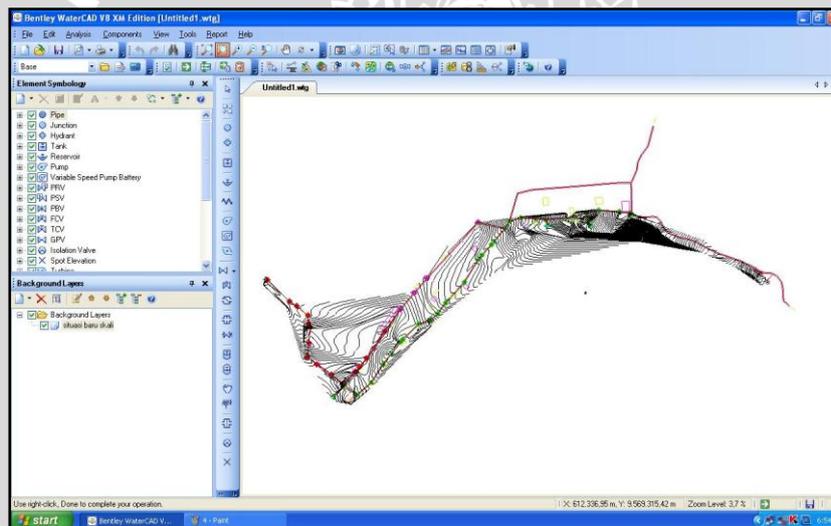
2.9.2. *Pembuatan Lembar Kerja*

Pembuatan lembar kerja baru atau *Create New Project* pada program *WaterCAD ver 8 XM Edition* ini dapat dilakukan dengan mendouble klik *Create New Project* pada *Welcome Dialog*. Setelah masuk ke dalam lembar kerja baru tampilkan *Background Layers* dengan cara mengklik kanan *Background Layers – New – File* dan pilih file *dxf*. Setelah file *dxf* terpilih masuk dalam *dxf. Properties* dan unit diganti dalam m (meter). Setelah itu klik OK dan *zoom extents*.



Gambar 2.12. Tampilan Lembar Kerja Pada WaterCAD ver 8 XM Edition
(Sumber : Bentley System, Inc. Haestad Methods Solution Center, 2010)

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



Gambar 2.13. Tampilan Background Layers Pada WaterCAD ver 8 XM Edition
(Sumber : Bentley System, Inc. Haestad Methods Solution Center, 2010)

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

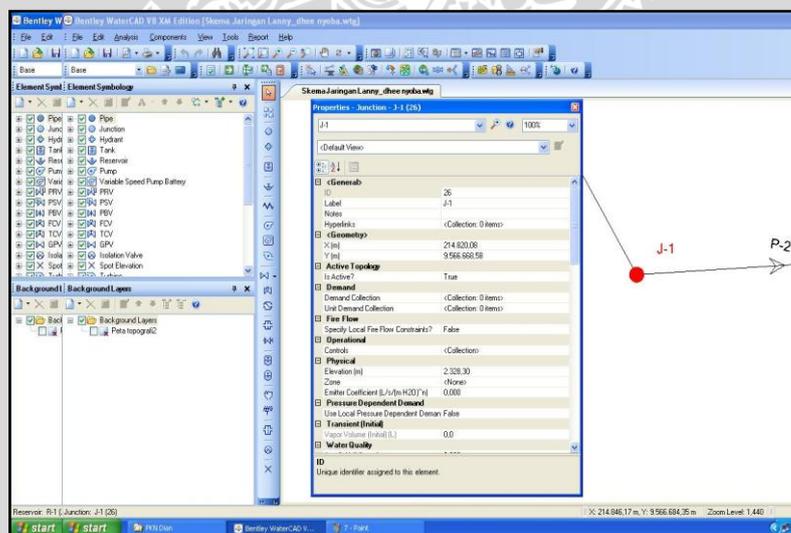
2.9.3. Pemodelan Komponen-Komponen Sistem Jaringan Distribusi Air Baku

Dalam *WaterCAD ver 8 XM Edition*, 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. Untuk keperluan pemodelan, *WaterCAD ver 8 XM Edition* telah memberikan

penamaan setiap komponen tersebut secara otomatis yang dapat diganti sesuai dengan keperluan agar memudahkan dalam pengerjaan, pengamatan, penggantian ataupun pencarian suatu komponen tertentu. Agar dapat memodelkan setiap komponen sistem jaringan distribusi air baku dengan benar, perancang harus mengetahui cara memodelkan komponen tersebut dalam *WaterCAD ver 8 XM Edition*. Adapun jenis-jenis pemodelan komponen sistem jaringan distribusi air baku dalam *WaterCAD ver 8 XM Edition* adalah sebagai berikut:

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

Titik simpul merupakan suatu simbol yang mewakili atau komponen yang bersinggungan langsung dengan konsumen dalam hal pemberian air baku. Ada dua tipe aliran pada titik simpul ini, yaitu berupa kebutuhan air (*demand*) dan berupa aliran masuk (*inflow*). Jenis aliran yang berupa kebutuhan air baku digunakan bila pada simpul tersebut ada pengambilan air, sedangkan aliran masuk digunakan bila pada titik simpul tersebut ada tambahan debit yang masuk. Data yang dibutuhkan sebagai masukan bagi titik simpul antara lain elevasi titik simpul dan data kebutuhan air baku pada titik simpul tersebut.



Gambar 2.14. Pengisian Data Teknis Junction Pada WaterCAD ver 8 XM Edition
(Sumber : Bentley System, Inc. Haestad Methods Solution Center, 2010)

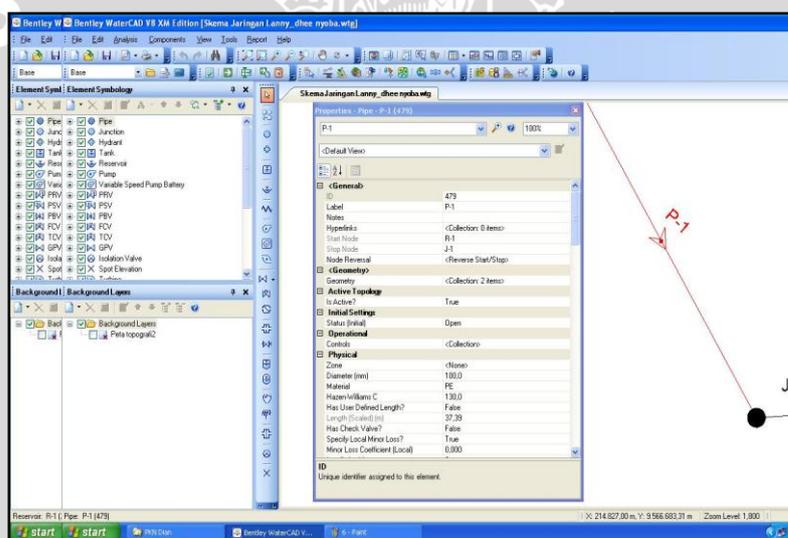
2. Pemodelan kebutuhan air baku

Kebutuhan air baku pada tiap-tiap titik simpul dapat berbeda-beda yang bergantung dari luas cakupan layanan dan jumlah konsumen pada titik simpul tersebut. Kebutuhan air menurut *WaterCAD ver 8 XM Edition* dibagi menjadi dua yaitu kebutuhan tetap (*fixed demand*) dan kebutuhan berubah (*variable demand*). Kebutuhan tetap adalah kebutuhan air rerata tiap harinya sedangkan kebutuhan

berubah atau berfluktuatif adalah kebutuhan air yang berubah setiap jamnya sesuai dengan pemakaian air.

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 ver 8 XM Edition* telah disediakan sehingga dapat dipilih secara langsung sesuai dengan jenis bahan pipa yang digunakan di lapangan. Sedangkan diameter dan panjang pipa dapat dirancang sesuai dengan kondisi di lapangan. Apabila diatur secara skalatis, maka ukuran panjang pipa secara otomatis berubah sesuai dengan perbandingan skala ukuran yang dipakai. Sedangkan dalam pengaturan skematis, panjang pipa dapat diatur tanpa memperhatikan panjang pipa di layar komputer.

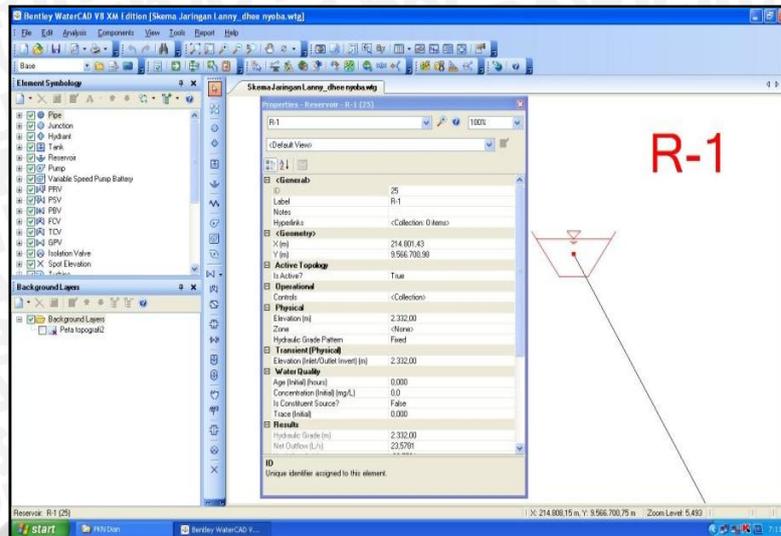


Gambar 2.15. Tampilan Pengisian Data Teknis Pipa Pada *WaterCAD ver 8 XM Edition*

(Sumber : Bentley System, Inc. Haestad Methods Solution Center, 2010)

4. Pemodelan mata air (*reservoir*)

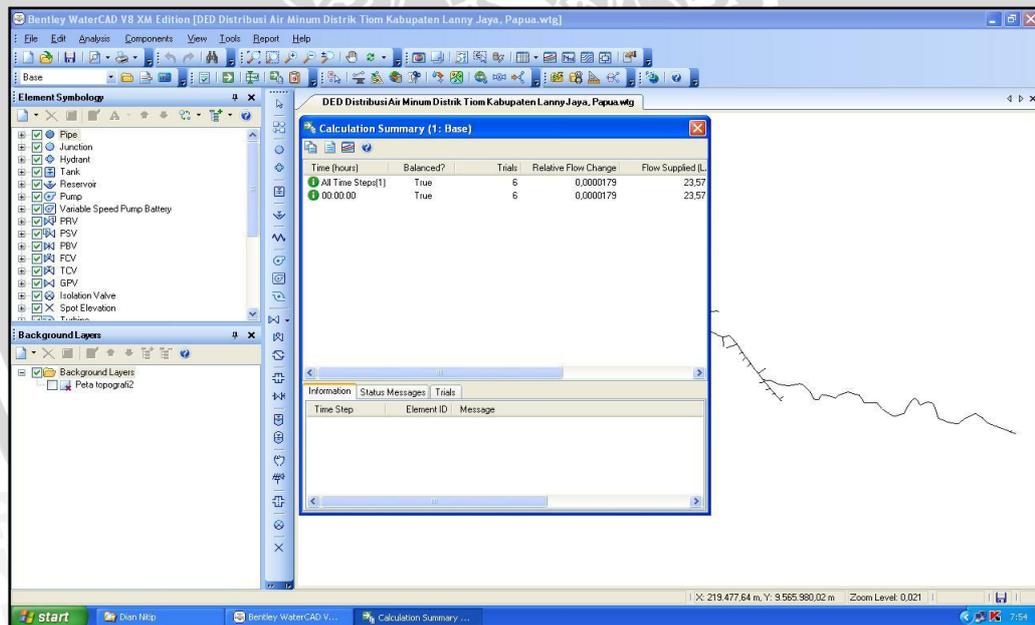
Pada program *WaterCAD ver 8 XM Edition*, *reservoir* digunakan sebagai model dari suatu sumber air seperti danau dan sungai. Di sini *reservoir* dimodelkan sebagai sumber air yang tidak bisa habis atau elevasi air selalu berada pada elevasi konstan pada saat berapapun kebutuhan airnya. Data yang dibutuhkan untuk memodelkan sebuah mata air adalah kapasitas debit dan elevasi mata air tersebut.



Gambar 2.16. Pengisian Data Teknis Reservoir Pada WaterCAD ver 8 XM Edition
(Sumber : Bentley System, Inc. Haestad Methods Solution Center, 2010)

2.9.4. 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 2.17. Tampilan Hasil Running (Calculate) Pada WaterCAD ver 8 XM Edition

(Sumber : Bentley System, Inc. Haestad Methods Solution Center, 2010)