

ABSTRAKSI

LILIK SRIWAHYUNI, NIM. 0210640048, Jurusan Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Agustus 2006, **Evaluasi Sistem Jaringan Pipa Air Baku untuk Pemenuhan Kebutuhan Air di Balai Besar Inseminasi Buatan (BBIB) Singosari Kabupaten Malang**, Dosen pembimbing : Sumiadi, ST. MT., dan Riyanto Haribowo, ST. MT.

Di Balai Besar Inseminasi Buatan (BBIB) Singosari Kabupaten Malang yang terdiri dari kebutuhan domestik dan non domestik, dalam pemenuhan kebutuhannya memanfaatkan mata air. Adapun pendistribusian air ke kandang-kandang ternak, perumahan, rumah dinas, asrama, kantor, laboratorium, workshop, masjid dan ruang makan menggunakan sistem gravitasi. Seiring dengan bertambahnya usia sistem jaringan pipa dan meningkatnya jumlah kebutuhan di BBIB Singosari menjadi bermasalah yang disebabkan oleh kurang efisiennya jaringan pipa air yang telah ada.

Kajian ini bertujuan untuk mengevaluasi sistem jaringan pipa air *existing* dengan memanfaatkan program *WaterCAD versi 4.5* produksi dari *Haestad Methods Inc.* Besarnya kebutuhan air disesuaikan dengan kondisi di lapangan. Kebutuhan air ini diproyeksikan pada titik simpul dan dilakukan simulasi dengan kondisi tidak permanen. Dari evaluasi jaringan *existing* ini ternyata didapatkan hasil berwarna kuning yang berarti bahwa jaringan bisa berjalan tetapi ada bagian-bagian tertentu dari jaringan yang bermasalah. Oleh karena itu maka dilakukan perbaikan jaringan dengan perencanaan jaringan baru yang lebih baik. Adapun perbaikan-perbaikan yang dilakukan yaitu dengan penambahan debit sebesar 2.5 lt/det, pembesaran diameter pipa dan penambahan pompa sebanyak tiga buah. Setelah didapatkan perencanaan yang baik, selanjutnya jaringan ini dievaluasi untuk kondisi lima tahun kedepan (tahun 2011) dan sepuluh tahun kedepan (tahun 2016). Pada kondisi ini besarnya kebutuhan air disesuaikan dengan perencanaan dan dilakukan penambahan debit lagi sehingga debit yang masuk ke tandon pertama sebesar 5 lt/det.

Dari hasil akhir proses evaluasi jaringan rencana, jaringan lima tahun dan sepuluh tahun kedepan terlihat warna hijau yang berarti bahwa jaringan bisa berjalan dengan baik atau mampu mendistribusikan air dengan baik. Dan didapatkan hasil yang telah sesuai dengan perencanaan yaitu tekanan lebih dari 10 – 50 m H₂O, dan kecepatan serta *headloss gradien* yang sesuai dengan rencana.

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam upaya pemenuhan kebutuhan gizi masyarakat, kebutuhan akan hasil ternak semakin meningkat. Karena itu dalam usaha meningkatkan populasi ternak baik secara kualitatif maupun kuantitatif yang mana bibit merupakan salah satu sarana produksi yang sangat penting, persoalan reproduksi perlu mendapat perhatian. Selain itu dengan pengelolaan ternak sebaik apapun tanpa didukung bibit yang berkualitas produksi dan produktifitasnya tidak optimal, sangat mempengaruhi nilai tambah yang akan diperoleh. Dalam bidang peternakan, air berfungsi untuk mengatur suhu tubuh, membantu proses pencernaan, mengeluarkan bahan-bahan yang tidak berguna lagi dalam tubuh (keringat, air seni, dan kotoran). Air merupakan bagian utama dari zat-zat yang ada didalam tubuh. Komposisi tubuh hewan lebih dari 50% terdiri dari air dan sebagian besar jaringan tubuhnya mengandung 70 – 90% air. Hewan yang kekurangan air biasanya akan lebih cepat mati dari pada kekurangan makanan. Ini merupakan suatu bukti bahwa air mempunyai fungsi yang sangat penting bagi ternak. Oleh karena itu para peternak harus sungguh- sungguh memperhatikan kebutuhan air bagi ternaknya.

Khususnya ternak sapi di BBIB (Balai Besar Inseminasi Buatan) Singosari Kabupaten Malang, air digunakan untuk minum, memandikan, dan membersihkan kandang ternak, agar tercipta suatu lingkungan yang bersih sehingga ternak akan tumbuh dengan sehat. Karena pendistribusian air ke kandang-kandang ternak sangat penting dalam memenuhi kebutuhan air ternak, maka perlu dibangun suatu instalasi jaringan pipa yang baik. Selain membangun jaringan pipa yang baik juga tidak kalah penting yaitu pola pengoperasian distribusi air yang tepat.

Sumber air yang dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan ternak di BBIB Singosari Kabupaten Malang berasal dari mata air. Dimana mata air ini pada musim kemarau ketersediaannya sangat minim sehingga tidak mampu memenuhi kebutuhan air baku ternak. Oleh karena itu diperlukan suatu instalasi jaringan pipa yang baik dan efisien. Yang mana dengan adanya perbaikan sistem pendistribusian air diharapkan kebutuhan air ternak yang tidak tercukupi terutama pada musim kemarau dapat terpenuhi dengan lancar.

Sistem pemenuhan kebutuhan air dan distribusi jaringan pipa air ternak di BBIB Singosari Kabupaten Malang ini perlu dikaji salah satunya dengan cara mengevaluasi dan perbaikan sistem jaringan air.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan hasil studi di Singosari Kabupaten Malang menunjukkan bahwa lokasi disini mempunyai potensi sumber air yang semakin lama debit airnya semakin kecil sehingga kurang mampu memenuhi kebutuhan air ternak.

Dengan adanya perbaikan pendistribusian air baku ternak di BBIB Singosari Kabupaten Malang perlu dievaluasi bagaimana sistem jaringan airnya, dengan menganalisa hidrolis sistem jaringan pipa air. Dengan melihat permasalahan diatas, maka salah satu alternatif yang dapat dipakai adalah dengan perbaikan sistem jaringan pipa air dan penambahan debit dari sumber lain, yang diharapkan mampu mengatasi semua kendala yang ada serta mampu meningkatkan kualitas produksi ternak yang berupa sperma didaerah tersebut.

1.3. Batasan Masalah

Untuk memperjelas pembahasan pada studi ini dan mengingat masalah yang dihadapi cukup kompleks, maka diperlukan suatu batasan masalah. Adapun batasan-batasan masalah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Daerah studi yang dibahas di daerah BBIB Singosari Kabupaten Malang.
2. Mengevaluasi sistem jaringan pipa yang telah ada.
3. Perencanaan jaringan pipa.
4. Tidak membahas kualitas air sumber dan perilakunya.
5. Tidak membahas analisa biaya dan ekonomi
6. Tidak membahas masalah analisa dampak lingkungan.
7. Dalam perhitungan memakai paket program *WaterCAD v 4.5*.

1.4. Rumusan Masalah

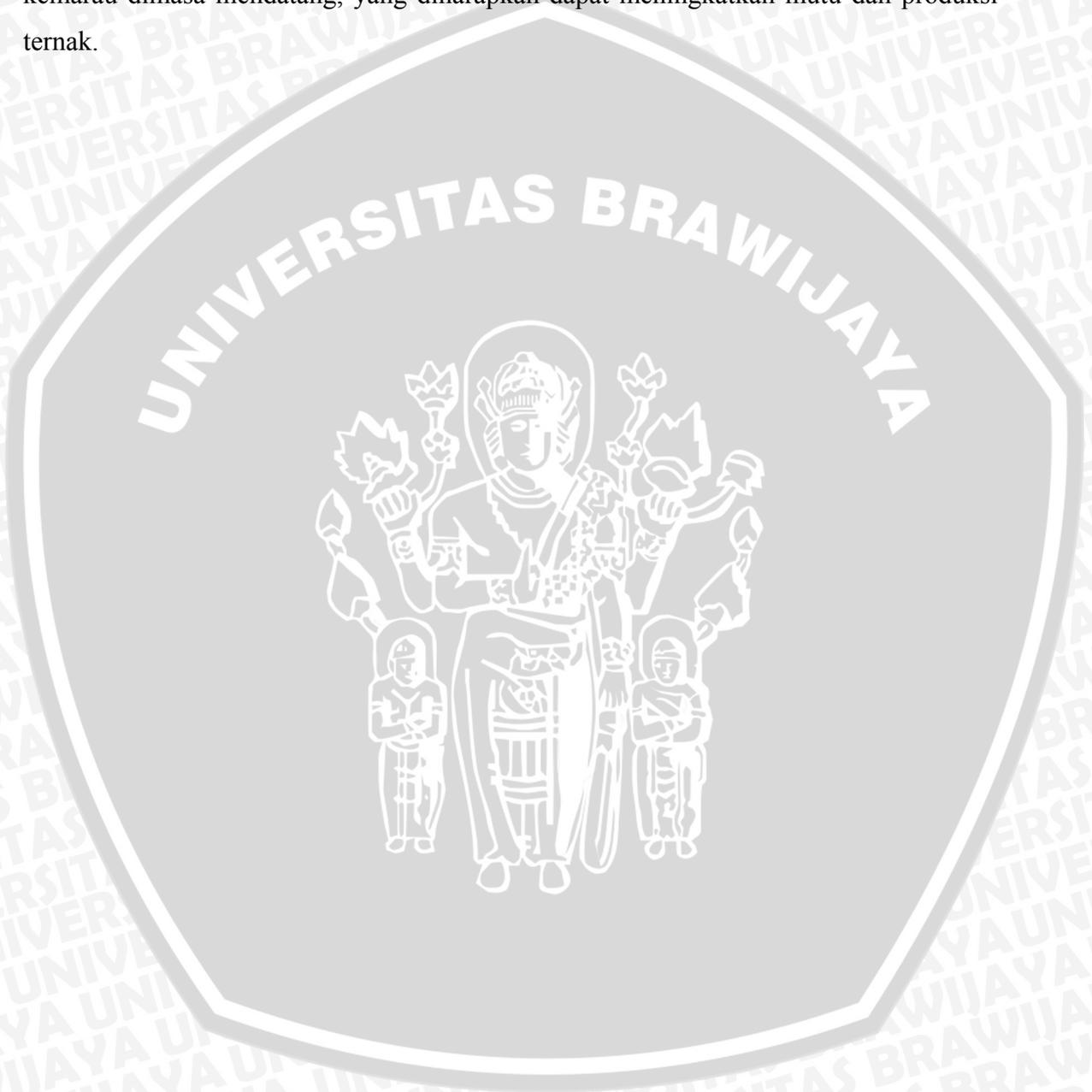
Dari identifikasi masalah dan batasan masalah yang diberikan, maka permasalahan yang dibahas dalam studi ini adalah:

1. Berapa debit kebutuhan di daerah BBIB Singosari Kabupaten Malang ?
2. Bagaimana kondisi hidrolis pada komponen-komponen sistem distribusi air yang dikaji dengan paket program *WaterCAD v 4.5* ?
3. Bagaimana analisa sistem jaringan pipa ?

1.5. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari studi ini adalah evaluasi dan perbaikan sistem jaringan pipa air ternak agar kebutuhan air di daerah studi dapat terpenuhi dengan lancar.

Adapun manfaat dari studi ini adalah sebagai masukan dan saran dalam upaya menangani masalah kekurangan kebutuhan air khususnya air baku ternak pada musim kemarau dimasa mendatang, yang diharapkan dapat meningkatkan mutu dan produksi ternak.

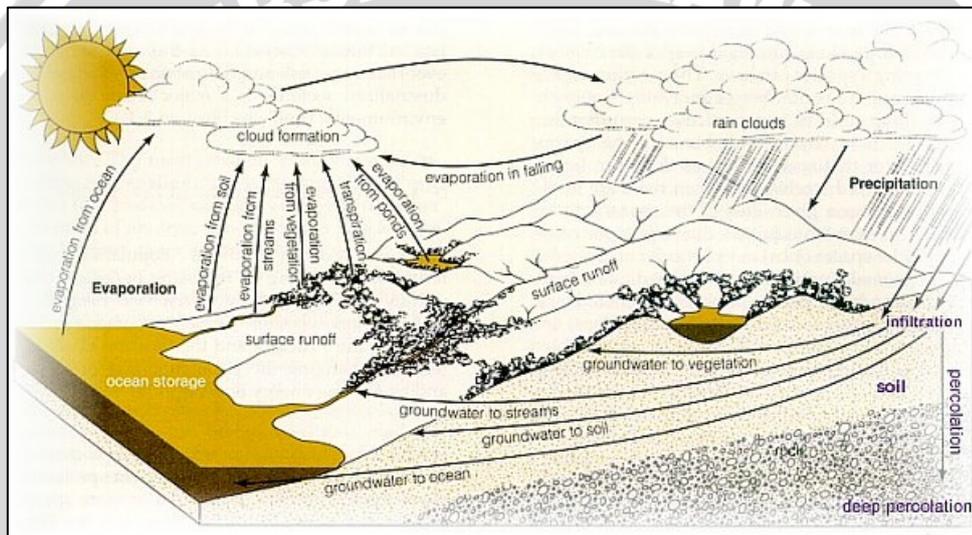


BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Air Tanah

Air tanah adalah air yang bergerak dalam tanah yang terdapat di dalam ruang-ruang antara butir-butir tanah yang membentuk itu dan di dalam retak-retak dari batuan (Sosrodarsono, 1999 : 93). Atau air tanah adalah air yang menempati rongga-rongga dalam lapisan geologi (Bisri, 1988 : 2).

Hampir semua air tanah dapat dianggap sebagai bagian dari daur hidrologi, termasuk air permukaan dan air atmosfer. Sejumlah kecil air tanah yang berasal dari sumber lain dapat pula masuk kedalam daur tersebut (Gambar 2.1).



Gambar 2.1. Daur Hidrologi

2.2. Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air pada suatu kota atau daerah merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari. Penggunaan air berbeda dari kota yang satu ke kota yang lainnya, tergantung pada cuaca, ciri-ciri masalah lingkungan hidup, penduduk industrialisasi dan faktor lainnya. Pada suatu kota tertentu, penggunaan air juga berubah dari musim ke musim, hari ke hari, dan jam ke jam. Dengan demikian, dalam perencanaan suatu sistem penyediaan air, kemungkinan penggunaan air dan variasinya haruslah diperhitungkan secermat mungkin (Linsley, 1996 : 91).

Untuk memproyeksi jumlah kebutuhan air dapat dilakukan berdasarkan perkiraan kebutuhan air untuk berbagai macam tujuan dikurangi perkiraan kehilangan air. Kebutuhan air ini pada umumnya dapat dibagi sebagai berikut:

1. kebutuhan domestik
2. kebutuhan non domestik

Kebutuhan Domestik

Kebutuhan domestik adalah kebutuhan air yang dipergunakan untuk kebutuhan rumah tangga, dan jumlah kebutuhannya didasarkan pada jumlah penduduk. Dalam kajian ini kebutuhan domestik terdiri dari kebutuhan penduduk disekitar daerah studi yang sekaligus juga sebagai pekerja, kebutuhan rumah dinas dan asrama. Kebutuhan air perorang perhari disesuaikan dengan dimana orang tersebut tinggal. Setiap kategori kota tertentu mempunyai kebutuhan akan air yang berbeda satu sama lainnya.

Kebutuhan Non Domestik

Kebutuhan non domestik adalah kebutuhan air yang dipergunakan selain untuk keperluan rumah tangga, misalnya semua kebutuhan yang termasuk penyediaan air untuk komersil, kantor pemerintah, sosial dan industri. Dalam kajian ini kebutuhan nondomestik meliputi:

1. kebutuhan air ternak dan kandang
2. kebutuhan air laboratorium
3. kebutuhan air masjid
4. kebutuhan air kantor
5. kebutuhan air workshop
6. kebutuhan air ruang makan

Adapun besarnya kebutuhan untuk masing-masing kebutuhan baik domestik maupun non domestik dapat dilihat pada tabel 2.1 dan 2.2, sedangkan untuk kebutuhan ternak sapi dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.1. Nilai Kebutuhan Air Bersih untuk Bangunan Tempat Tinggal

Kategori Kota	Keterangan	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Keb. Air Minum (liter/orag/hari)
Kategori I	Kota Metropolitan	Diatas 1 juta	190
Kategori II	Kota Besar	500.000 s.d. 1 juta	170
Kategori III	Kota Sedang	100.000 s.d. 500.000	150
Kategori IV	Kota Kecil	20.000 s.d. 100.000	130
Kategori V	Desa	10.000 s.d. 20.000	100
Kategori VI	Desa Kecil	3000 s.d. 10.000	60

Sumber : Anonim, 1994

Tabel 2.2. Kriteria Pemakaian Air Bersih

No.	Parameter	Kota			
		Metro	Besar	Sedang	Kecil
1	Kebutuhan Domestik (tingkat pemakaian air)				
	* Sambungan rumah (lt/org/hr)	190	170	150	130
	* Kran Umum (lt/org/hr)	30	30	30	30
2	Kebutuhan Non Domestik :				
	* Industri (lt/det/ha)				
	- Berat			0,50 - 1,00	
	- Sedang			0,25 - 0,50	
	- Ringan			0,15 - 0,25	
	* Komersial (lt/det/ha)				
	- Pasar			0,10 - 1,00	
	- Hotel (lt/kamar/hari)				
	# Lokal			400	
	# Internasional			1000	
	* Sosial dan institusi				
	- Universitas (lt/siswa/hari)			20	
- Sekolah (lt/siswa/hari)			15		
- Masjid (m ³ /hari/unit)			1 - 2		
- Rumah Sakit (m ³ /hari/unit)			1 - 2		
- Puskesmas (lt/hr)			400		
- Kantor (lt/pegawai/hari)			10		
- Militer (m ³ /hari/unit)			10		
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	25% x Kebutuhan rata-rata			
		30% x Kebutuhan rata-rata			
6	Kebutuhan jam puncak	Kebutuhan rata-rata x faktor jam puncak (165% - 200%)			

Sumber : Kamulyan, 2000

Tabel 2.3. Standar Kebutuhan Air untuk Ternak

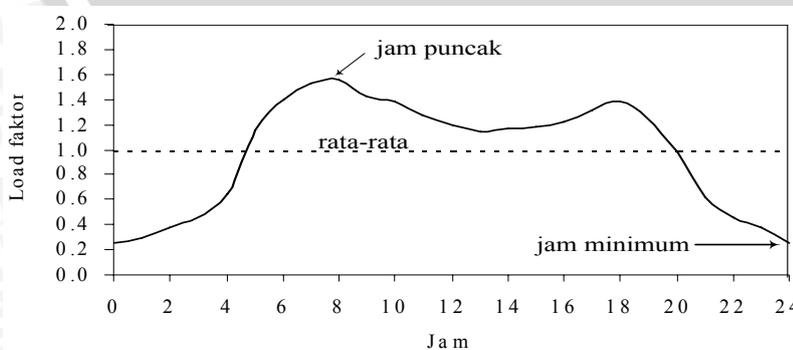
Ternak	Kebutuhan Air (liter/ekor/hari)
Sapi ¹⁾	40,00
Ayam buras ²⁾	0,14
Ayam ras petelur ³⁾	0,18
Kambing ettawa ⁴⁾	3,33
Itik ⁵⁾	0,14
Babi ⁶⁾	5,14

Sumber : 1) Santosa, 2004 2) Rukmana, 2003
 3) Sudaryani & Santosa, 2003
 4) Setiawan & Tanius, 2005
 5) Sirregar, 1996 6) AAK, 1974

2.3. Fluktuasi Kebutuhan Air

Pada umumnya masyarakat/pelanggan di Indonesia melakukan aktifitas penggunaan air pada pagi dan sore hari, dengan tingkat pemakaian air lebih banyak daripada jam-jam lainnya. Dan di malam hari, pemakaian air yang relatif kecil bahkan bisa tidak ada sama sekali. Dari keseluruhan aktifitas dan konsumsi selama sehari (24 jam) dapat diketahui konsumsi rata-rata dan koefisien jam puncak untuk hari yang dimaksud.

Besarnya pemakaian air oleh masyarakat pada suatu sistem jaringan distribusi air bersih tidaklah berlangsung konstan, namun terjadi fluktuasi antara waktu yang satu dengan waktu yang lain. Corak variasi kebutuhan air bersih harian yang terjadi pada titik simpul dihitung dengan menggunakan metode pendekatan penelitian corak fluktuasi kebutuhan air bersih harian yang dilakukan oleh Dirjen Cipta Karya Departemen PU, karena metode pendekatan berdasarkan penelitian variasi kebutuhan air bersih tersebut diasumsikan dapat mewakili perubahan kebutuhan air bersih sepanjang waktu di Indonesia



Gambar 2.2. Grafik Fluktuasi Pemakaian Air Harian

Sumber : Dirjen Cipta Karya Departemen PU, Anonim, 1994:24

Tabel 2.4. Faktor Pengali (*Load Factor*) Kebutuhan Titik Simpul

Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LF	0,30	0,37	0,45	0,64	1,15	1,40	1,53	1,56	1,42	1,38	1,27	1,20
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

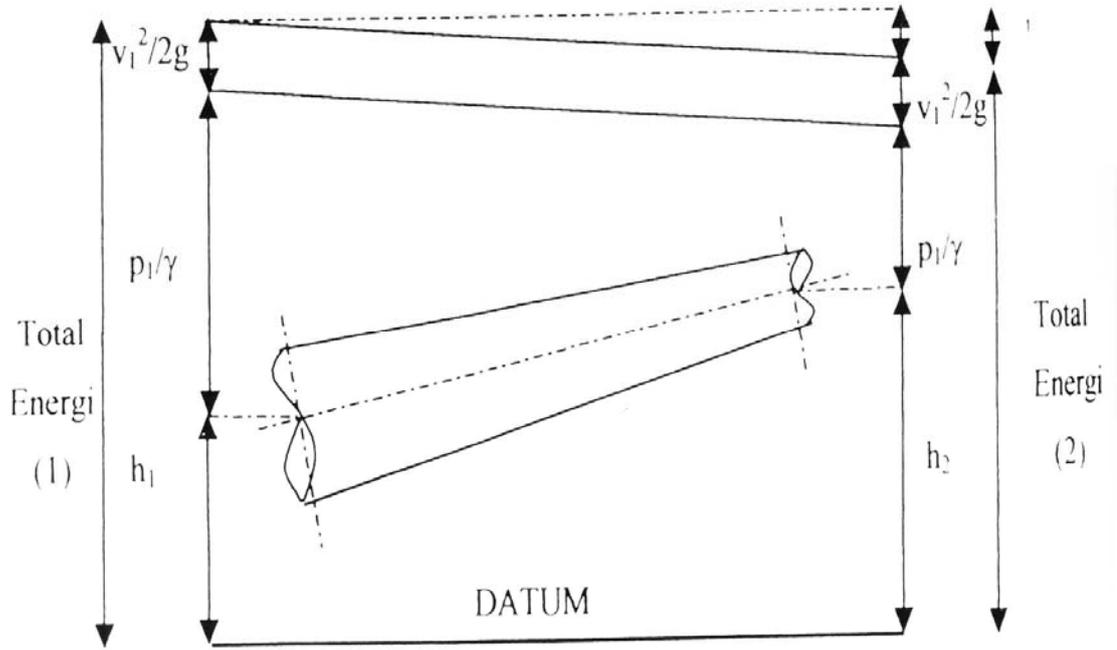
Sumber : Grafik fluktuasi pemakaian air bersih oleh Dirjen Cipta Karya Departemen PU, Anonim 1994:24

2.4. Hidrolika Aliran Pada Sistem Jaringan Air

Pada sistem jaringan air pipa merupakan komponen yang paling penting karena pipa disini dipergunakan untuk menyalurkan atau mendistribusikan air dari tempat atau titik simpul ke tempat atau titik simpul yang lain. Aliran pada pipa akan timbul bila terjadi perbedaan tekanan pada dua tempat, yang mana perbedaan tekanan ini terjadi karena ada perbedaan elevasi muka air atau karena mempergunakan pompa. Hidrolika disini digunakan untuk menghitung tekanan dan kecepatan aliran air dalam jaringan pipa.

Air yang mengalir dalam pipa dipengaruhi oleh tinggi energi yaitu air akan mengalir dari penampang yang mempunyai tinggi energi lebih besar ke penampang yang mempunyai tinggi energi lebih kecil. Aliran yang terjadi dalam pipa mempunyai tiga bentuk energi, yaitu (Priyantoro,2001:5):

1. Energi kinetik, yaitu energi yang ada pada partikel massa air sehubungan dengan kecepatannya.
2. Energi tekanan, yaitu energi yang ada pada partikel massa air sehubungan dengan tekanannya.
3. Energi ketinggian, yaitu energi yang ada pada partikel massa air sehubungan dengan ketinggiannya terhadap garis referensi (*datum line*)



Gambar 2.3. Diagram Energi dalam Pipa

2.4.1. Hukum Kontinuitas

Prinsip kontinuitas yang dimaksud disini adalah jumlah air yang masuk dalam suatu sistem perpipaan adalah sama dengan jumlah air yang keluar dari sistem perpipaan tersebut. Air yang mengalir sepanjang pipa dengan luas penampang A m² dan kecepatan v m/det memiliki debit yang sama pada setiap penampangnya. Adapun rumusan hukum kontinuitas tersebut adalah sebagai berikut:

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \quad (2-1)$$

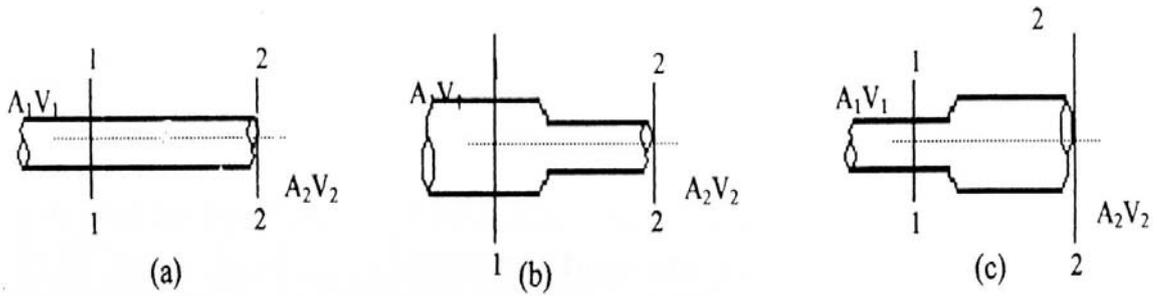
Dimana:

Q_1, Q_2 = Debit pada potongan 1 dan 2 (m³/det)

A_1, A_2 = Luas penampang pada potongan 1 dan 2 (m²)

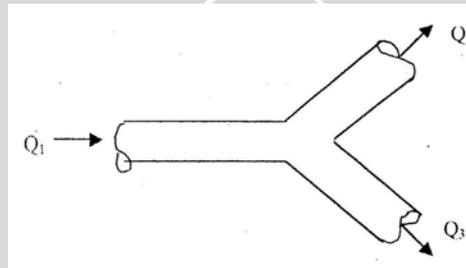
v_1, v_2 = Kecepatan pada potongan 1 dan 2 (m/det)

Gambaran dari rumusan diatas dalam 3 kondisi dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 2.4. (a) Pipa Lurus, (b) Penyempitan Pipa, (c) Pelebaran Pipa

Hukum kontinuitas juga berlaku untuk pipa yang bercabang, yaitu debit yang masuk pada suatu pipa sama dengan debit yang keluar dari pipa seperti gambar berikut ini:



Gambar 2.5. Aliran Bercabang

$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

$$A_1 \cdot v_1 = (A_2 \cdot v_2) + (A_3 \cdot v_3) \tag{2-2}$$

Dimana:

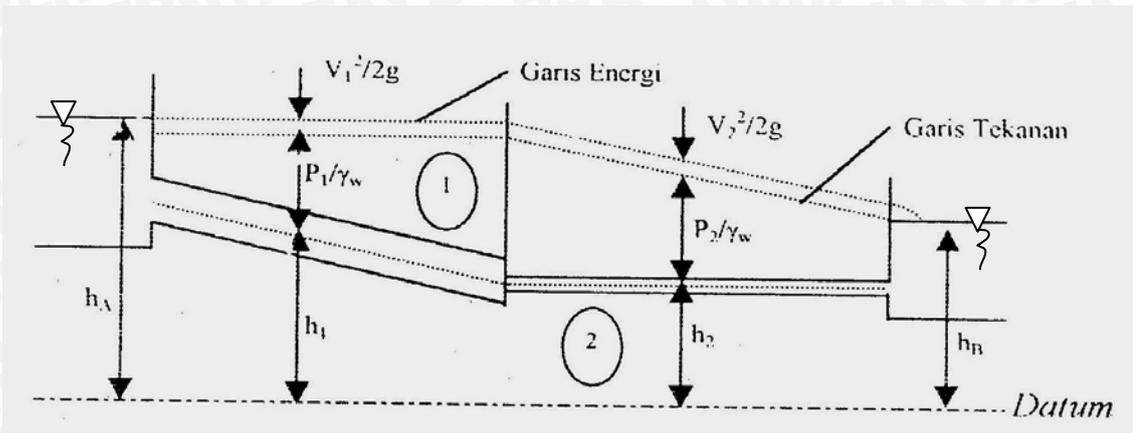
Q_1, Q_2, Q_3 = Debit yang mengalir pada penampang 1, 2, dan 3 (m³/det)

v_1, v_2, v_3 = Kecepatan pada penampang 1, 2, dan 3 (m/det)

A_1, A_2, A_3 = Luas penampang 1, 2, dan 3 (m²)

2.4.2. Kekelalan Energi

Kekelalan energi yang ada disini sesuai dengan prinsip Bernoulli. Dimana tinggi energi total pada sebuah penampang pada elemen pipa adalah jumlah dari energi kecepatan, energi tekanan, dan energi elevasi. Garis yang menghubungkan titik tersebut dinamakan garis energi, yang digambar di atas yang tampak memanjang pipa seperti yang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.6. Garis Energi dan Garis Tekanan

Adapun persamaan Bernoulli dalam gambar diatas dapat ditulis sebagai berikut (Tiatmodjo, 1993: 20):

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{\rho_1}{\gamma_w} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{\rho_2}{\gamma_w} + h_L \quad (2-3)$$

dimana:

$\frac{v_1^2}{2g}$ = tinggi kecepatan di titik 1 (m)

$\frac{v_2^2}{2g}$ = tinggi kecepatan di titik 2 (m)

$\frac{\rho_1}{\gamma_w}$ = tinggi tekanan di titik 1 (m)

$\frac{\rho_2}{\gamma_w}$ = tinggi tekanan di titik 2 (m)

h_1 = tinggi elevasi di titik 1 (m)

h_2 = tinggi tekanan di titik 2 (m)

h_L = kehilangan tinggi tekan dalam pipa (m)

Pada gambar 2.6 tampak garis yang menunjukkan besarnya tekanan air pada penampang tinjauan. Garis tekanan ini pada umumnya disebut garis gradien hidrolis atau garis kemiringan hidrolis. Jarak vertikal antara pipa dengan garis gradien hidrolis menunjukkan tekanan yang terjadi dalam pipa. Pada gambar juga tampak adanya perbedaan ketinggian antara titik 1 dan 2 merupakan kehilangan energi (*head loss*) yang terjadi sepanjang antara penampang 1 dan 2.

2.4.3. Kehilangan Tinggi Tekan Pada Aliran Air Di Dalam Pipa

Pada perencanaan suatu jaringan pipa air tidak mungkin dapat dihindari adanya kehilangan tinggi tekan selama air mengalir melalui pipa tersebut. Besarnya kehilangan tinggi energi tersebut terdiri dari kehilangan tinggi mayor (*major losses*) dan kehilangan tinggi minor (*minor losses*)

Dalam perencanaan sistem jaringan pipa air, aliran yang terjadi dalam pipa direncanakan dalam kondisi aliran turbulen yang didefinisikan dengan bilangan Reynold yang secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Re = \frac{D.V}{\nu} \quad (2-4)$$

dimana:

Re = Bilangan Reynold

D = diameter pipa (m)

V = kecepatan rerata (m/det)

ν = kekentalan kinematik (m^2/det)

Nilai batas bilangan Reynold untuk kondisi aliran pada saluran tertutup (pipa) adalah sebagai berikut:

Re < 2000 → aliran bersifat laminar

2000 < Re < 4000 → aliran bersifat transisi

Re > 4000 → aliran bersifat turbulen

Sedangkan untuk angka kekentalan kinematik dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2.5. Kekentalan Kinematik Air

Suhu (°C)	Kekentalan Kinematik (m^2/det)	Suhu (°C)	Kekentalan Kinematik (m^2/det)
0	$1,785 \cdot 10^{-6}$	40	$0,658 \cdot 10^{-6}$
5	$1,519 \cdot 10^{-6}$	50	$0,553 \cdot 10^{-6}$
10	$1,306 \cdot 10^{-6}$	60	$0,474 \cdot 10^{-6}$
15	$1,139 \cdot 10^{-6}$	70	$0,413 \cdot 10^{-6}$
20	$1,003 \cdot 10^{-6}$	80	$0,364 \cdot 10^{-6}$
25	$0,893 \cdot 10^{-6}$	90	$0,326 \cdot 10^{-6}$
30	$0,800 \cdot 10^{-6}$	100	$0,294 \cdot 10^{-6}$

Sumber : Priyantoro, 2001

2.4.3.1. Kehilangan Tinggi Mayor (*Major Losses*)

Pada zat cair yang mengalir di dalam pipa akan mengalami tegangan geser dan gradien kecepatan pada seluruh medan aliran karena adanya kekentalan kinematik. Tegangan geser tersebut akan menyebabkan terjadinya kehilangan energi selama pengaliran (Triatmodjo, 1993 : 20). Tegangan geser yang terjadi pada dinding pipa dan jenis pipa merupakan penyebab utama menurunnya garis energi pada suatu aliran (*major losses*) tetapi tidak dipengaruhi oleh tekanan air.

Ada beberapa teori dan formula yang dapat digunakan untuk menghitung besarnya kehilangan tinggi tekan mayor (h_f) diantaranya yaitu, *Hazen-Williams*, *Darcy-Weisbach*, *Manning*, *Chezy*, *Colebrook-White*, dan *Swamme-Jain* (Haestad, 2001 ; 278). Persamaan yang sering digunakan untuk menentukan besarnya h_f adalah persamaan *Hazen-Williams*. Adapun persamaannya dapat ditulis dalam bentuk (Webber, 1971 : 121):

$$V = 0,354 C_{hw} D^{0,63} S^{0,54} \quad (2-5)$$

$$h_f = k_i Q^{1,85} \quad (2-6)$$

$$K_i = \frac{10,67L}{C_{hw}^{1,85} D^{4,87}} \quad (2-7)$$

dimana:

- V = kecepatan aliran pada pipa (m/det)
- C_{hw} = koefisien kekasaran *Hazen-Williams* (Tabel 2.6)
- D = diameter pipa (m)
- S = kemiringan garis energi
- Q = debit aliran pada pipa (m³/det)
- L = panjang pipa (m)
- h_f = kehilangan tinggi tekan mayor (m)

Tabel 2.6. Koefisien Kekasaran Pipa Hazen-Williams (C_{hw})

No	Jenis Pipa	C_{hw}
1	Asbes Semen	140
2	Kuningan	135
3	Batu bata	100
4	Besi Tuang Baru	130
5	Beton	
	- Dicetak dengan Baja	140
	- Dicetak dengan Kayu	120
	- Adonan Berputar	135
6	Tembaga	135
7	Logam berombang permukaannya	-
8	Besi Galvanis	120
9	Kaca	140
10	Timah	135
11	Plastik	150
12	Baja:	
	- Berlapis aspal cair	148
	- Lapisan baru	145
	- Baja dikeling	110
13	Kayu	120

Sumber : Haestad, 2001 : 292

2.4.3.2. Kehilangan Tinggi Minor (Minor Losses)

Kehilangan tinggi minor yang terjadi pada suatu sistem perpipaan yang penting untuk diketahui diantaranya adalah (Priyantoro, 2001 : 26):

1. Kehilangan tinggi akibat pengecilan
2. Kehilangan tinggi akibat pembesaran
3. Kehilangan tinggi akibat belokan, dan
4. Kehilangan tinggi melalui katup

Pada sistem jaringan pipa kehilangan tinggi minor tidak boleh diabaikan kecuali pada pipa panjang atau $L/D \gg 1000$, kehilangan tinggi minor dapat diabaikan (Priyantoro, 2001 : 37). Kehilangan tinggi minor biasanya akan lebih 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 (Linsley, 1989 : 273). Adapun persamaan umumnya adalah sebagai berikut:

$$h_{Lm} = K \frac{V^2}{2g} \quad (2-8)$$

dimana:

h_{Lm} = kehilangan tinggi minor (m)

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

g = percepatan gravitasi (m/det²)

K = koefisien kehilangan tinggi tekan minor (tabel 2.6)

Besarnya nilai koefisien K sangat beragam, tergantung dari bentuk fisik pengecilan, pembesaran, belokan, dan katup. Namun nilai K ini masih merupakan pendekatan karena dipengaruhi bahan, kehalusan sambungan, dan umur sambungan. Adapun nilai K dapat dilihat pada tabel 2.7 berikut ini:



Tabel 2.7. Koefisien Kehilangan Tinggi Tekan Berdasarkan Perubahan Bentuk Pipa (K)

Jenis Perubahan Bentuk Pipa	K	Jenis Perubahan Bentuk Pipa	K
Inlet		Belokan 90°	
Bell mouth	0,03 – 0,05	R/D = 4	0,16-0,18
Rounded	0,12-0,25	R/D = 2	0,19-0,25
Sharp Edged	0,50	R/D = 1	0,35-0,40
Projecting	0,80	Belokan Tertentu	
Pengecilan Tiba-tiba		$\theta = 15^\circ$	0,05
$D_2/D_1 = 0,80$	0,18	$\theta = 30^\circ$	0,10
$D_2/D_1 = 0,50$	0,37	$\theta = 45^\circ$	0,20
$D_2/D_1 = 0,20$	0,49	$\theta = 60^\circ$	0,35
Pengecilan Mengerucut		$\theta = 90^\circ$	0,80
$D_2/D_1 = 0,80$	0,05	T (Tee)	
$D_2/D_1 = 0,50$	0,07	Aliran searah	0,03-0,04
$D_2/D_1 = 0,20$	0,08	Aliran Bercabang	0,75-1,80
Pembesaran Tiba-tiba		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	45° Wye	
Pembesaran Mengerucut		Aliran searah	0,30
$D_2/D_1 = 0,80$	0,03	Aliran bercabang	0,50
$D_2/D_1 = 0,50$	0,08		
$D_2/D_1 = 0,20$	0,13		

Sumber : Haestad, 2001 : 293

2.5. Komponen-komponen Pada Sistem Jaringan Pipa Air

2.5.1. Pipa

2.5.1.1. Jenis Pipa

Pipa merupakan komponen yang paling utama dalam menyalurkan air dari suatu tempat ke tempat yang lain. Pipa mempunyai penampang lingkaran dengan diameter yang bermacam-macam. Pipa bertekanan adalah pipa yang dialiri air dalam keadaan penuh, sering digunakan untuk menghindari kehilangan air karena rembesan dan

penguapan yang dapat terjadi pada saluran terbuka dan lebih disukai untuk pelayanan penyediaan air umum, karena kemungkinan ercemarnya sedikit. Selain itu pemakaian pipa lebih murah dari pada saluran atau talang (Linsley, 1991 : 270).

Bahan pipa yang utama adalah baja, besi tuang, beton, kayu, semen asbes, lempung keramik dan berbagai jenis plastik. Dalam pemilihan pipa yang akan dipakai sangat dipengaruhi pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut (Mays, 200 : 3.32) :

1. Kondisi yang digunakan:

- Tekanan (termasuk saat pengoperasian dan pemindahan)
- Beban tanah, kapasitas tanah dan potensi daerah yang digunakan
- Potensi korosi dari tanah
- Potensi korosi dari air

2. Ketersediaan:

- Ketersediaan bahan pipa dan pengalaman para ahli dalam menginstalasi pipa
- Ukuran dan ketebalan
- Potensi korosi dari air

3. Karakteristik pipa:

- Kekuatan pipa (khususnya jika terjadi pukulan air)
- Bentuk
- Ketahanan terhadap korosi
- Ketahanan terhadap gesekan air

4. Ekonomi

- Biaya (biaya instalasi termasuk pekerjaan dan bahan)
- Usia pipa yang dibutuhkan
- Biaya perbaikan dan pemeliharaan

Pipa yang sering digunakan pada umumnya terbuat dari bahan-bahan seperti sebagai berikut:

1. Pipa Baja (*Steel Pipe*)

Pipa baja sering digunakan dalam berbagai ukuran sampai lebih dari 6m garis tengahnya. Pipa-pipa baja yang ditanamkan kedalam tanah biasanya tidak dilengkai dengan sambungan pemuaiian karena tidak mengalami perbedaan suhu yang besar. Sebaliknya untuk pipa-pipa baja yang langsung terkena udara dibutuhkan sambungan pemuaiian untuk memperkecil tegangan suhu. Garis tengah dalam dari pipa baja tergantung pada tebal dindingnya. Umur bahan pipa sangat tergantung

pada kondisi keterbukaannya terhadap udara bebas, tetapi pipa-pipa baja yang cukup terlindung akan berumur paling sedikit 40 tahun.

Keuntungannya:

- Tersedia dalam berbagai ukuran
- Kekuatan lentur yang kuat
- Dilapisi campuran semen sebagai pelindung

Kerugian:

- Tidak tahan karat
- Biaya pengangkutan pipa dari pabrik kelapangan mahal karena pipa berat

(Linsley, 1991 : 297)

2. Pipa besi Tuang (*Cast Iron*)

Pipa besi tuang banyak digunakan dalam jaringan distribusi air karena sangat tahan karat, sehingga umurnya panjang. Dimana dalam keadaan normal pipa besi tuang ini bisa diharapkan berumur 100 tahun. Panjang dari suatu pipa ini adalah 40m dan ada juga yang 6m. Pipa besi tuang biasanya dibenamkan dalam suatu senyawa bitumen untuk perlindungan terhadap karat dan untuk memperbaiki mutu hidroliknya, sedangkan untuk ukuran yang besar dapat dilapisi plesteran semen.

Keuntungan:

- Tahan karat
- Umur panjang
- Mudah disambung

Kerugian:

- Dibutuhkan tenaga ahli untuk sambungan
- Pipa berat sehingga mempengaruhi biaya

(Linsley, 1991 : 297)

3. Pipa Beton

Pipa beton yang sering digunakan adalah pipa beton pracetak kecuali jika ukuran yang dibutuhkan tidak ada dalam bentuk pracetak dan kesulitan dalam pengangkutan beton pracetak. Pipa beton pracetak biasanya bermutu lebih tinggi dan tidak perlu setebal pipa beton yang dicor ditempat yang ukurannya sama. Selain itu sehubungan dengan pemindahan mesin-mesin dan cetakan pada jarak yang jauh, pipa yang dicor di tempat lebih mahal. Pipa beton pracetak tersedia dalam ukuran garis tengah hingga 2m, sedangkan untuk garis tengah hingga 5m telah dibuat berdasarkan pesanan khusus.

Keuntungan:

- Bermutu tinggi
- Bisa dibuat di pabrik ataupun di lapangan

Kerugian

- Air alkali yang menyebabkan karat

(Linsley, 1991 : 297)

4. Pipa PVC

Pipa PVC merupakan kepanjangan dari *Poly Vinyl Chloride*, mudah didapat dalam berbagai ukuran 100 – 900 mm dengan berbagai kapasitas tekanan.

Keuntungan:

- Murah dan banyak tersedia dipasaran
- Ringan sehingga mudah diangkut
- Tahan karat

Kerugian:

- Koefisien muai yang besar sehingga tidak tahan panas
- Mudah bocor dan pecah
- Tidak dilapisi atau dilindungi

(Linsley, 1991 : 301)

5. Pipa Galvanis (*Galvanised Iron*)

Bahan dasar dari pipa ini terbuat dari pipa baja yang dicelupkan kedalam seng. Umur pipa pendek ± 5 tahun. Pelapisan dengan cara ini merupakan pengendalian karat yang efektif. Pipa yang dilapisi seng digunakan secara luas untuk jaringan pelayanan yang kecil didalam sistem distribusi tetapi mahal untuk pipa yang besar.

Keuntungan:

- Ringan
- Mudah disambung
- Tidak berkarat

Kerugian:

- Mudah berkarat dalam air yang asam
- Memerlukan tenaga ahli dalam pengendalian karat

(Linsley, 1991 : 301)

6. Pipa Besi Bentukan (*Ductile Iron Pipe*)

Pipa ini tersedia dalam ukuran 100-1350 mm (4-5 inci). DIP merupakan produk dari besi tuang (Cast Iron) yang merupakan campuran pasir dan metal. Panjang standar dari produk ini adalah 5.5m (18 ft).

Keuntungan:

- Pelapis campuran semen sebagai pelindung
- Tahan terhadap korosi dan pukulan air
- Kuat terhadap beban tanah

Kerugian:

- Biaya mahal
- Mudah berkarat dalam air yang asam
- Mudah rusak oleh limbah

(Ways, 200 : 3.14)

7. Semen Asbes (*Asbestos cement Pipe*)

Pipa semen asbes ini terbuat dari asbes, silika dan semen, pipa jenis ini teraedia dengan ukuran garis tengah 4-31 inci (0.1-1 m).

Keuntungan:

- Tahan karat
- Bobot ringan
- Dapat dipasang tanpa pekerja ahli
- Efisiensi hidrolik tinggi
- Bisa disambung kepipa besi tuang dapat dipotong dengan mudah serta disusupi untuk sambungan-sambungan pelayanan

Kerugian:

- Mudah rusak oleh alat-alat galian
- Kekuatan rendah terhadap lenturan

(Linsley, 1991 : 301)

2.5.1.2. Sarana Penunjang

Agar dapat berfungsi dengan baik suatu rangkaian sistem jaringan pipa harus dilengkapi alat-alat bantu sebagai berikut:

1. Sambungan antar pipa

Untuk menggabungkan dua buah pipa, kita memerlukan suatu sambungan pipa, baik antar pipa yang berdiameter sama atau berbeda, pada belokan, dan pada pipa yang berbeda jenis. Sambungan antar pipa antara lain:

- *Bell dan Spigol*
Spigol dari suatu pipa dimasukkan ke dalam *bell* (socket) pipa lainnya untuk menghindari kebocoran.
- *Flange Joint*
Biasanya dipakai untuk pipa bertekanan tinggi, untuk sambungan dekat dengan pompa perlu disiapkan packing diantara *flange* untuk menghindari kebocoran.
- *Increaser dan Reducer*
Increaser digunakan untuk menyambung pipa dari berdiameter kecil ke diameter yang lebih besar. Sedangkan *reducer* digunakan untuk menyambung pipa dari yang berdiameter besar ke diameter yang lebih kecil.
- *Bend Elbow*
Digunakan untuk mengubah arah dari arah lurus menjadi berbelok dengan sudut perubahan standar yang merupakan sudut dari belokan tersebut. Besar belokan standar tersebut adalah $11\frac{1}{4}^\circ$, $22\frac{1}{2}^\circ$, 45° , dan 90° . Bahan dari *bend* biasanya sama dengan pipa.
- *Tee*
Sambungan ini berbentuk “T” digunakan untuk menyambung pipa yang bercabang.

2. Katup

Katup yang bekerja pada sambungan antar pipa sangat mendukung aliran dalam pipa. Berbagai jenis katup mempunyai fungsi berbeda yang penggunaannya disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi lapangan sehingga rangkaian pipa dapat bekerja dengan baik. Beberapa macam katup dalam jaringan pipa adalah (Haestads, 2001 : 277):

- *Flow Control Valve (FCV)*
Berfungsi untuk mengatur aliran dalam pipa, pada nilai tertentu yang melalui katup dari hulu ke hilir. Hal ini dimaksudkan untuk membatasi permintaan maksimum pada suatu titik agar tidak mempengaruhi kinerja dan kapasitas sistem.
- *Pressure Reduser Valve (PRV)*
Berfungsi untuk meredakan tekanan pukulan air yang terlalu besar di hilir katup dari nilai yang ditetapkan agar tidak merusak sistem. Jika tekanan naik hingga melebihi nilai batas, maka PRV akan menutup dan akan terbuka penuh bila tekanan dihilir lebih rendah dari nilai yang telah ditetapkan pada katup tersebut.

- *Pressure Sustaining Valve* (PSV)
Berfungsi 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)
Berfungsi untuk memberikan tekanan tambahan pada tekanan yang menurun di katup. Disamping itu, katup jenis ini juga dapat memberikan tambahan tekanan pada aliran yang berbalik arah (karena tekanan di hilir lebih tinggi dari tekanan di hulu).
- *Trottle Control Valve* (TCV)
Berfungsi untuk mengontrol minor losses yang berubah setiap waktu.

2.5.2. Tandon

Secara umum tandon adalah tempat tampungan sementara air baku dari sumber. Adapun fungsi yang sangat penting dari tandon atau tampungan, diantaranya adalah sebagai berikut:

- Menampung kelebihan air pada pemanfaatan atau pemakaian air.
- Mensuplay air pada saat pemakaian puncak pada daerah pelayanan
- Menambah tekanan air pada jaringan pipa
- Tempat pengendapan kotoran
- Tempat pembubuhan desinfektan

2.6. Jaringan Pipa

Seiring dengan perkembangan zaman jaringan pipa telah banyak digunakan dalam kehidupan masyarakat untuk pendistribusian air. Analisa jaringan pipa ini cukup rumit dan memerlukan perhitungan yang besar sehingga diperlukan pula waktu yang lama. Oleh karena itu pemakaian piranti komputer untuk analisa ini akan sangat membantu. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan perhitungan sistem jaringan pipa, diantaranya adalah metode *Hardy Cros* dan metode *Matriks* (Triatmodjo, 1993 : 75). Dalam perhitungan sistem jaringan pipa metode *Hardy Cross* lebih banyak digunakan.

Dalam menyelesaikan perhitungan analisa sistem jaringan pipa, didasarkan pada dua kondisi dasar yang harus dipenuhi, yaitu (Webber, 1971 : 122):

1. Untuk kontinuitas aliran, jumlah aliran di dalam pipa yang bertemu di titik persimpangan harus sama dengan nol.

$$\Sigma Q = 0$$

- Untuk kontinuitas tekanan, jumlah kehilangan tekanan di dalam sistem jaringan tertutup harus sama dengan nol.

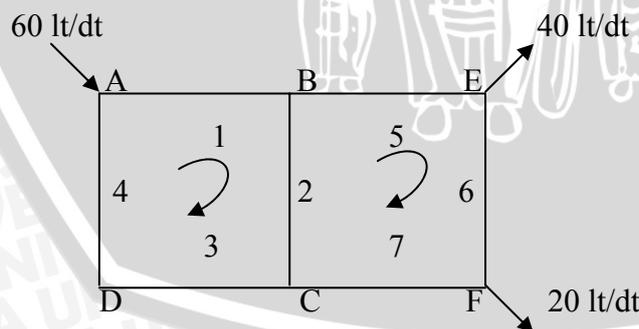
$$\Sigma hf = 0$$

Sehubungan dengan persamaan di atas, Hardy Cross menggunakan dua metode untuk analisa pada jaringan pipa. Dua metode tersebut adalah metode jaringan tertutup (*Loop Method*) dan metode titik simpul (*Node Methode*). Metode jaringan tertutup ini menyatakan persamaan energi dipandang dari segi debit aliran pada pipa. Sedangkan metode titik simpul menyatakan persamaan kontinuitas dari segi elevasi tinggi tekan pada titik simpul persimpangan (*junction nodes*).

2.6.1. Metode Jaringan Tertutup (Loop Method)

Pada metode jaringan tertutup ini persamaan yang digunakan adalah prinsip keseimbangan tinggi tekan (head balance) yaitu dengan menganggap bahwa aliran masuk dan keluar dari jaringan harus diketahui dan itu menentukan aliran dalam setiap komponen pipa. Jika tekanan pada sistem juga diperlukan, maka tinggi tekan pada satu titik dalam jaringan harus diketahui (Webber, 1971 : 122).

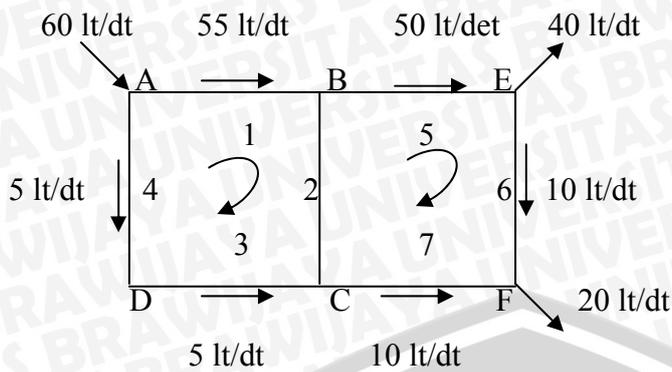
Gambar 2.7 menunjukkan suatu sistem jaringan kecil dimana bila semua persyaratan standar telah dipenuhi maka kehilangan gesekan di pipa 1 dan 2 sama dengan kehilangan di pipa 3 dan 4. Dengan perumpamaan arah jarum jam, kehilangan tinggi tekan dikatakan positif bila searah jarum jam dan sebaliknya dikatakan negatif bila berlawanan arah jarum jam. Kemudian sistem jaringan tersebut dikatakan seimbang bila $\Sigma hf = 0$



Gambar. 2.7. Skema Jaringan Menggunakan Metode Jaringan Tertutup

Sumber: Hasil Analisa

Konsep yang dikemukakan oleh Hardy Cross adalah menggunakan persamaan kontinuitas, dimana aliran masuk sama dengan aliran keluar dalam suatu sistem jaringan, seperti yang ditunjukkan pada contoh gambar 2.8 dibawah ini:



Gambar 2.8. Ilustrasi Persamaan Kontinuitas Dalam Jaringan Tertutup

Sumber: Hasil Analisa

Perhitungan metode jaringan tertutup yang dikemukakan oleh Hardy Cross menggunakan prinsip keseimbangan tinggi tekan (*head balance*) dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Asumsi aliran Q_a dari tiap-tiap pipa dalam sistem sehingga terpenuhi syarat:
 $\Sigma Q = 0$ atau syarat kontinuitas ($Q_{masuk} = Q_{keluar}$)
2. Menghitung nilai tinggi tekan hf_a tiap-tiap pipa dengan menggunakan rumus (2-7)
3. Membagi jaringan pipa kedalam sejumlah jaringan pipa tertutup untuk memastikan bahwa tiap-tiap pipa termasuk dalam paling sedikit satu jaringan.
4. Menghitung jumlah kehilangan tekanan (Σhf_n) pada tiap-tiap jaringan pipa, jika pengaliran seimbang maka $\Sigma hf = 0$
5. Menghitung nilai $\Sigma (hf_a / Q_a)$ untuk tiap-tiap jaringan tertutup.
6. Menentukan debit koreksi (ΔQ) pada tiap-tiap jaringan dengan menggunakan rumus:

$$\Delta Q = \frac{\Sigma hf_a}{m \Sigma (hf_a / Q_a)} \quad (2-9)$$

7. Koreksi debit dengan menggunakan rumus:

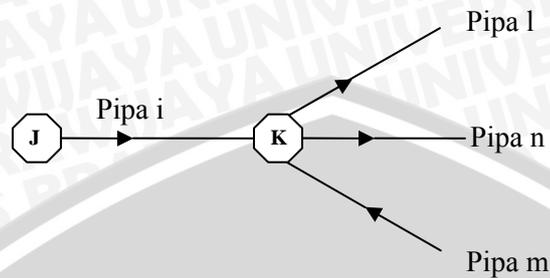
$$Q = Q_a + \Delta Q \quad (2-10)$$

8. Ulangi perhitungan diatas sehingga dicapai harga yang konvergen dan akurat ($\Delta Q = 0$).

2.6.2. Metode Titik Simpul (Node Method)

Pada metode titik simpul ini persamaan yang digunakan adalah prinsip keseimbangan debit (*Quantity Balance*) yaitu mempertimbangkan tinggi tekan pada

suatu titik simpul sebagai variabel yang tidak diketahui dari pada mempertimbangkan besarnya debit aliran pada pipa seperti yang digunakan dalam metode jaringan tertutup.



$$Q_{in} = Q_{out}$$

$$Q_i + Q_m = Q_n + Q_l$$

Gambar 2.9. Skema Jaringan Menggunakan Metode Titik Simpul

Penggunaan sistem keseimbangan debit ini merupakan modifikasi yang diusulkan oleh R. J. Connish dengan langkah sebagai berikut (Webber, 1991 : 126):

1. Asumsikan tinggi tekan h_a pada tiap-tiap pertemuan yang tekanannya belum diketahui.
2. Memilih salah satu dari titik-titik pertemuan dan menghitung nilai hf_a untuk masing-masing percabangan.
3. hitung dan cocokkan debit Q_a dengan menggunakan rumus (2-7)
4. Jika tinggi tekan yang telah diasumsikan pada awal perhitungan tidak sesuai dengan jumlah debit pada titik pertemuan tidak sama dengan nol, maka hitung kelebihan atau kekurangan debit ΣQ_a .
5. Menghitung nilai dari $\Sigma(Q_a / hf_a)$ untuk pipa-pipa percabangan.
6. Menentukan koreksi Δh pada pipa pertemuan dengan persamaan:

$$\Delta h = \frac{m \Sigma Q_a}{\Sigma(Q_a / hf_a)} \quad (2-11)$$

7. Kehilangan tinggi tekan pada titik-titik pertemuan dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$h = h_a + \Delta h \quad (2-12)$$

8. Hasil perhitungan tinggi tekan untuk titik-titik pertemuan ditetapkan didalam jaringan pipa, diperoleh dari kehilangan tinggi tekan sebelumnya.

9. Ulangi langkah-langkah diatas sampai didapatkan keseimbangan seperti yang dikehendaki.

2.7. Simulasi Kondisi Aliran Pada Sistem Jaringan Distribusi Air

Dalam menganalisa sistem jaringan distribusi air ada kondisi pendekatan yang dapat digunakan yaitu:

1. Analisa kondisi permanen
2. Analisa kondisi tidak permanen

2.7.1. Analisa Kondisi Permanen

Analisa pada kondisi permanen (*steady state analysis*) akan mengevaluasi kondisi aliran, tekanan dan kapasitas dari komponen sistem distribusi air bersih termasuk sistem pipa, penampungan dan sistem pompa pada suatu corak permintaan tunggal. Simulasi ini dilakukan pada saat kondisi kritis seperti pada harian maksimum, jam puncak, kebutuhan puncak pemadam kebakaran, dan pengisian tampungan sehingga memberikan suatu informasi dari kondisi jaringan pada suatu titik waktu yang diberikan.

2.7.2. Analisa Kondisi Tidak Permanen

Analisa kondisi tidak permanen (*extended period time dependent analysis*) akan mengevaluasi kondisi aliran, tekanan dan kapasitas sistem sepanjang waktu pada suatu corak rangkaian permintaan sistem berubah-ubah. Dalam simulasi ini terdapat beberapa parameter yang digunakan seperti karakteristik tandon, kontrol operasi pompa, durasi dan nilai tahap waktu, resiko, dan faktor beban (*loading faktor*).

2.8. Penggunaan Software Pada Analisa Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih

Perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih merupakan suatu perencanaan yang rumit. Penyebab utama rumitnya perencanaan itu dikarenakan banyaknya jumlah proses *trial and error* yang harus dilakukan pada seluruh komponen yang ada pada sistem jaringan distribusi air bersih tersebut. Akan tetapi kerumitan dalam perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih ini seiring dengan perkembangan zaman dan kemajuan teknologi dapat diatasi dengan bantuan program komputer untuk perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih sehingga proses *trial and error* dapat dilakukan dalam waktu yang singkat dengan tingkat kesalahan relatif kecil.

Dalam bidang rekayasa dan perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih ada beberapa program komputer diantaranya adalah *Loops*, *Wadiso*, *Kypipe*, *Epanet* dan

WaterCad. Dalam studi ini digunakan program *WaterCad v 4.5*. Berikut ini akan dipaparkan mengenai langkah-langkah penggunaan program *WaterCad v 4.5*.

2.8.1. Diskripsi Program *WaterCad v 4.5*

Program *WaterCad v 4.5* merupakan produk dari *Haestad Methods* tahun 2001 dengan kemampuan jumlah pipa yang dapat dianalisis yaitu maksimal 250 buah pipa. Program tersebut memiliki tampilan *interface* yang memudahkan pengguna, pengoperasiannya seperti program-program windows pada umumnya sehingga program ini bisa dikatakan *user friendly*. Program *WaterCad v 4.5* ini dapat bekerja pada sistem Windows 95, 98, 2000, dan Windows NT 4.0 ke atas. Dalam pemrograman diperlukan data masukan (input) berupa data debit kebutuhan, data ketersediaan air baku, data distribusi air, peta dan data teknis jaringan, dimana nantinya akan diperoleh hasil (output) sifat dan karakteristik jaringan yang meliputi debit, kecepatan, tekanan dan kehilangan tekan. Kegunaan program *WaterCad v 4.5*, antara lain (Haestad, 2001) :

1. Menganalisa sistem jaringan distribusi air pada satu kondisi waktu (kondisi permanen).
2. Memberikan tahapan-tahapan atau periodisasi dari simulasi jaringan perpipaan terhadap adanya air maupun pemberian air yang bervariasi (berfluktuatif) menurut waktu (kondisi tidak permanen).
3. Menganalisa kualitas air pada sistem jaringan distribusi air bersih dan mengkalkulasi adanya kehilangan dari suatu unsur kimia selama distribusi berlangsung.
4. Menganalisa kondisi jaringan pada saat kondisi ekstrim untuk keperluan pemadam kebakaran (*fire flow analysis*) dan menunjukkan bagaimana perilaku jaringan perpipaan tersebut pada kondisi ekstrim.
5. Menghitung biaya konstruksi dari alternatif jaringan distribusi air bersih yang dibuat.
6. Menganalisis skenario perbandingan atau alternatif jaringan pada kondisi yang berlainan pada satu file kerja.

Adapun kelebihan program *WaterCad* dibandingkan dengan program lain adalah (Haestad, 2001) :

- Mendukung *GIS database connection* (Sistem Informasi Geografis) pada program *ArcView*, *Arinfo*, *ArcCAD*, *MapInfo* dan *AutoCAD* yang memudahkan untuk penggabungan model hidraulik *WaterCad* dengan database utama pada program tersebut.

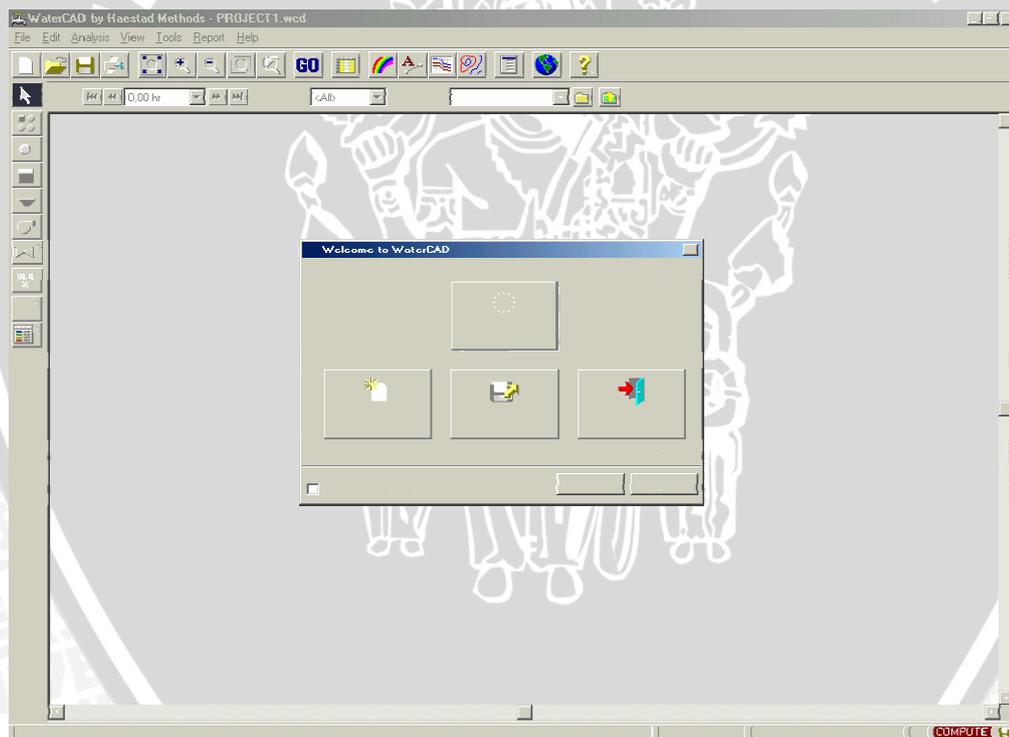
- Mendukung program *Microsoft Office*, *Microsoft Excel* dan *Microsoft Access* untuk *sharing* data pada file *WaterCad*.
- Mendukung program *Epanet* versi Windows dan *Kypipe* sehingga dapat mengubah *file* jaringan pipa program tersebut ke dalam bentuk *file WaterCad* (.wcd).

2.8.2. Tahapan-tahapan dalam Penggunaan Program *WaterCad v 4.5*

Dalam penggunaan program *WaterCad v 4.5* yang digunakan sebagai alat bantu untuk menganalisa suatu jaringan distribusi air bersih, dibutuhkan suatu tahapan-tahapan dalam penggunaannya, yaitu :

1. *Welcome Dialog*

Pada setiap awal pembukaan program *WaterCad* akan diperlihatkan sebuah *dialog box* yang disebut *Welcome Dialog*. Kotak tersebut memuat *tutorials*, *create new project*, *open existing project* dan *exit WaterCad*. Melalui *Welcome Dialog* ini pengguna dapat langsung mengakses ke bagian lain untuk menjalankan program ini.



Gambar 2.10. Tampilan *Welcome Dialog* pada *WaterCad*

Sumber : User Manual *WaterCad v 4.5*

Keterangan dari *welcome dialog*:

- a. *Tutorials*, digunakan untuk mempelajari program dengan melihat contoh jaringan yang telah disediakan. *WaterCad* akan menuntun kita memahami cara menggunakan program ini. Untuk membuka *tutorials* dilakukan dengan cara *double* klik kotak *tutorials*

- b. *Create new project*, digunakan untuk membuat lembar kerja baru.
- c. *Open existing project* digunakan untuk membuka kembali pekerjaan atau data yang telah disimpan sebelumnya. Untuk membuka menu ini digunakan cara yang sama seperti pada *tutorials*.
- d. *Exit WaterCad* digunakan apabila ingin mengakhiri program ini melalui *dialog box*.

2. Pembuatan Lembar Kerja

Pembuatan lembar kerja baru atau *create new project* pada program *WaterCad* ini dapat dilakukan melalui dua cara yaitu melalui *welcome dialog box* atau melalui pilihan *new* pada menu utama *file*. Sebelum proses penggambaran atau pengubahan jaringan dilakukan, terlebih dahulu akan ditemui tampilan *project setup wizard*. *Project setup wizard* ini terdiri dari empat tahapan yaitu penamaan *file*, pemilihan rumus yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan, penentuan besaran dari skala dan dimensi dalam penggambaran serta penentuan *prototipe* dari komponen-komponen dalam sistem jaringan.

3. Pemodelan Komponen-komponen Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih

Untuk keperluan pemodelan, *WaterCad v 4.5* telah menyediakan komponen tersebut secara otomatis yang dapat diganti sesuai dengan yang dibutuhkan. Agar dapat memodelkan setiap komponen dari sistem jaringan dengan benar, maka harus mengetahui cara memodelkan komponen tersebut ke dalam *WaterCad v 4.5*. Jenis-jenis pemodelan komponen sistem jaringan yang terdapat pada *WaterCad v 4.5*, yaitu :

Tabel 2.8. Notasi dalam Pemodelan Komponen dengan *WaterCad v 4.5*

Jenis Pemodelan	Notasi dalam <i>WaterCad</i>
- Pemodelan titik simpul (<i>Junction</i>)	
- Pemodelan pipa (<i>Pipe</i>)	
- Pemodelan katup (<i>Valve</i>)	
- Pemodelan pompa (<i>Pump</i>)	
- Pemodelan tandon (<i>WaterTank</i>)	
- Pemodelan mata air (<i>Reservoir</i>)	

Sumber :User Manual *WaterCad v 4.5*



- Pemodelan titik simpul (*junction*)

Titik simpul merupakan suatu simbol yang mewakili atau komponen yang bersinggungan langsung dengan konsumen dalam hal pemberian air bersih. 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 titik simpul tersebut ada pengambilan air, sedangkan aliran masuk digunakan bila pada titik simpul itu ada tambahan debit yang masuk. Data yang dibutuhkan sebagai masukan bagi titik simpul antara lain elevasi titik simpul dan data kebutuhan air bersih pada titik simpul tersebut.

- Pemodelan pipa (*pipe*)

Pipa adalah suatu komponen yang menghubungkan katup (*valve*), titik simpul, pompa dan tandon. Untuk memodelkan pipa memerlukan beberapa data teknis seperti bahan pipa, diameter, panjang pipa, nilai kekasaran (*roughness*) dan status pipa (buka-tutup). Jenis bahan pipa oleh *WaterCad* 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 melalui *prototypes tools*. 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.

- Pemodelan katup (*valve*)

Katup atau *valve* digunakan untuk memenuhi suatu kondisi tertentu di lapangan agar aliran dalam pipa berfungsi dengan baik. Misalnya kondisi aliran yang terlalu kecil akibat beda tekanan yang terlalu besar atau karena adanya perbaikan jalan, maka pipa pada daerah tersebut ditutup menggunakan katup. Untuk pemodelan katup diperlukan beberapa data masukan yaitu elevasi katup, karakteristik katup seperti jenis, diameter dan status katup.

- Pemodelan pompa (*pump*)

Pemodelan pompa pada *WaterCad* membutuhkan data masukan seperti model dan kekuatan pompa, data tinggi head dan debit pompa serta elevasi pompa. *WaterCad* memberikan enam model pompa, yaitu *Constant Power*, *Design Point (One Point)*, *Standart (Three Point)*, *Standart Extended*, *Custom Extende* dan *Multiple Point*.

- Pemodelan tandon (*watertank*)

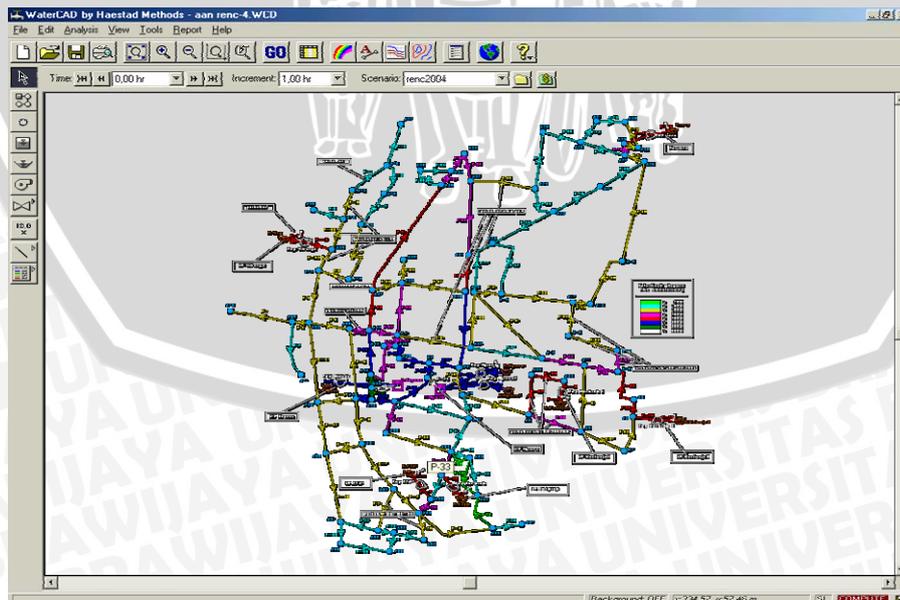
Untuk pemodelan tandon diperlukan beberapa data yaitu ukuran bentuk dan elevasi tandon. Pada kondisi *steady state simulation*, permukaan air dalam tandon akan menjadi konstan (*constan water surface elevation*) dan pada kondisi *Extended Period Simulation* permukaan air di dalam tandon menjadi berubah-ubah sesuai kebutuhan.

- Pemodelan mata air (*reservoir*)

Pada program *WaterCad*, *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.

4. Proses Penggambaran Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih

Setelah pengisian project setup wizard dan pemodelan komponen telah selesai, maka proses pembuatan jaringan pipa dapat dimulai. Pada sisi samping dan atas lembar kerja terdapat berbagai tools untuk menggambarkan jaringan pipa beserta komponennya. Proses penggambaran cukup sederhana dan mudah, dengan memilih model atau komponen yang akan digambar kemudian diletakkan pada lembar kerja. Yang perlu dipastikan yaitu antar komponen-komponen pada seluruh jaringan harus benar-benar tersambung agar tidak menyebabkan kesalahan dalam perhitungan dan analisis nantinya.



Gambar 2.11. Proses Penggambaran Suatu Jaringan dengan Program *WaterCad*

Sumber : User Manual *WaterCad* v 4.5

5. Perhitungan dan Analisa Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih

Setelah jaringan tergambar dan semua komponen telah sesuai dengan kondisi yang ada. Maka proses selanjutnya yaitu menganalisa sistem jaringan tersebut, dengan cara *running (GO)*. Ada dua pilihan analisis yang dapat dilakukan yaitu *steady state* (kondisi permanen) dengan fasilitas *fire flow analisis* dan *extended period* (kondisi tidak permanen) dengan fasilitas *water quality analysis*.

Untuk memberi nilai hasil analisis yang dilakukan ada tiga buah tanda yaitu warna hijau, kuning dan merah, masing-masing warna tersebut mempunyai catatan mengenai keadaan dari sistem jaringan distribusi yang kita buat. Warna hijau berarti sistem jaringan distribusi air tersebut benar-benar baik tanpa ada masalah. Warna Kuning berarti sistem jaringan dapat bekerja, namun ada beberapa bagian komponen yang tidak bekerja normal. Sedangkan warna merah berarti sistem tersebut tidak dapat bekerja seperti yang diharapkan karena ada kesalahan dalam perencanaan maupun pada penggambaran. Catatan-catatan hasil *running* tersebut dapat dilihat pada bagian *report* yang akan selalu diberikan setelah proses analisis selesai dilakukan.

6. Pembuatan Alternatif-Alternatif (*Scenario*)

Dalam perencanaan suatu sistem jaringan distribusi air, diperlukan pemecahan suatu masalah misalnya dengan penambahan atau penggantian beberapa komponen jaringan sesuai dengan kebutuhan. Hal ini dapat dilakukan karena dalam suatu perencanaan yang dilakukan belum tentu mampu memenuhi kebutuhan. Pada *Water CAD v 4.5*, alternatif-alternatif (*scenario*) tersebut dapat dirancang sesuai dengan sistem jaringan yang sudah ada (*existing*), kemudian dibandingkan secara bersama (*scenario comparison*) sehingga dapat dipilih alternatif yang terbaik.

BAB III METODOLOGI KAJIAN

3.1. Lokasi Kajian

Umumnya Kota Malang secara geografis terletak pada ketinggian 440 – 667 m di atas permukaan air laut, serta terletak pada koordinat $7^{\circ} 6' - 8^{\circ} 2'$ Lintang Selatan dan $112^{\circ} 6' - 112^{\circ} 7'$ Bujur Timur.

Adapun lokasi daerah studi adalah di daerah BBIB (Balai Besar Inseminasi Buatan) yang terletak di Desa Toyomarto Kecamatan Singosari Kabupaten Malang, kurang lebih berjarak 20 km sebelah utara Kota Malang. Topografi daerah studi merupakan dataran tinggi yaitu di lereng gunung Arjuno seluas 97,72 ha dengan elevasi 800 - 1200 m di atas permukaan air laut dengan suhu $17 - 25^{\circ}\text{C}$ dan curah hujan 2.705 mm/tahun serta kelembaban 65-85%. Dengan kondisi seperti itu daerah ini sangat cocok untuk pertumbuhan rumput-rumput belukar sehingga kebutuhan makan ternak terutama hijauan dan kebutuhan air dapat terpenuhi dengan baik.

Dengan terpenuhinya kebutuhan makanan ternak terutama hijauan yang merupakan makanan utama ternak sebagai pengunyah yang banyak mengandung mineral, karbohidrat, vitamin dan protein (terutama yang berasal dari kacang-kacangan), pertumbuhan ternak akan baik. Lokasi daerah studi jauh dari pemukiman penduduk sehingga tidak mengganggu aktivitas dan kesehatan penduduk akibat limbah dari ternak.

3.2. Kondisi Mata Air

Telah dijelaskan bahwa air yang dimanfaatkan di daerah studi berasal dari sumber mata air. Pada musim penghujan debit yang masuk ke tandon pertama sebesar 1 lt/dt, yang mana debit ini dirasa kurang mampu memenuhi kebutuhan ternak dan penduduk yang menghuni perumahan terutama pada musim kemarau dimana debitnya menurun. Hal ini akan mempengaruhi kesehatan ternak sehingga mempengaruhi kualitas dan kuantitas sperma yang dihasilkan oleh ternak pejantan.

3.3. Kondisi Pipa

Keadaan pipa di daerah studi dapat dikatakan cukup baik, pipa yang digunakan adalah jenis pipa besi dan PVC dengan diameter 2, $1\frac{1}{4}$, dan 1 dim. Namun masih diperlukan adanya suatu evaluasi pipa yang disebabkan oleh beberapa faktor baik teknis maupun non teknis.

Dari segi teknis:

- Adanya lossis yaitu kehilangan tinggi tekan, sehingga suplay atau distribusi air berkurang.
- Adanya kebocoran pipa dan kerusakan katup pada aliran air sehingga Q_{masuk} tidak sama dengan Q_{keluar}

Dari segi non teknis:

- Pemasangan pipa kurang baik
- Pembagian air yang tidak merata

3.4. Kondisi Tandon

Dalam upaya pemenuhan kebutuhan air sangat diperlukan adanya tandon. Tandon air yang digunakan di daerah studi adalah tipe ground reservoir (tampungn dibawah tanah). Adapun jumlah tandon yang ada di daerah studi sebanyak 12 buah dengan ukuran sebagai berikut:

Tabel 3.1. Dimensi Tandon

Tandon	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)
1	6.5	6.5	2	84.5
2	6.5	6.5	2	84.5
3	6.5	6.5	2	84.5
4	6.5	6.5	2	84.5
5	10	9	1.5	135
6	3	2	1	6
7	3	2	1	6
8	3	2	1	6
9	2.5	2.5	1.5	9.375
10	4.75	5	2	47.5
11	2.5	2.5	1.5	7.813
12	2.8	2.8	1.85	14.504

Sumber: Hasil Survey dan Analisa

3.5. Pemanfaatan Air

Air yang berasal dari mata air ini akan didistribusikan ke kandang-kandang ternak, kantor, rumah dinas, laboratorium, masjid, workshop, asrama, ruang makan dan

perumahan. Adapun besarnya pemanfaatan air sesuai dengan landasan teori yaitu tabel 2.1, 2.2 dan 2.3 dapat dilihat pada table 3.2.

Tabel 3.2. Pemanfaatan Air

Jenis Kebutuhan Air	Jumlah	Kebutuhan Air	Satuan
<ul style="list-style-type: none"> • Domestik - Perumahan - Rumdin -Asrama 	<p>8 (buah)</p> <p>6 (buah)</p> <p>10 (orang)</p>	<p>100</p> <p>100</p> <p>100</p>	<p>lt/orang/hari</p> <p>lt/orang/hari</p> <p>lt/orang/hari</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Non Domestik - Ternak - Kandang - Kantor - Laboratorium - Masjid - Workshop - Ruang makan 	<p>90 (ekor)</p> <p>9 (buah)</p> <p>30 (pegawai)</p> <p>2 (buah)</p> <p>1 (buah)</p> <p>2 (buah)</p> <p>1 (buah)</p>	<p>40</p> <p>50</p> <p>10</p> <p>20</p> <p>1</p> <p>15</p> <p>30</p>	<p>lt/ekor/hari</p> <p>lt/buah/hari</p> <p>lt/pegawai/hari</p> <p>lt/buah/hari</p> <p>m³/buah/hari</p> <p>lt/buah/hari</p> <p>lt/buah/hari</p>

Sumber: Hasil Survey dan Analisa

3.6. Tahapan Pengerjaan Studi Dan Simulasi Program *WaterCAD v 4.5*

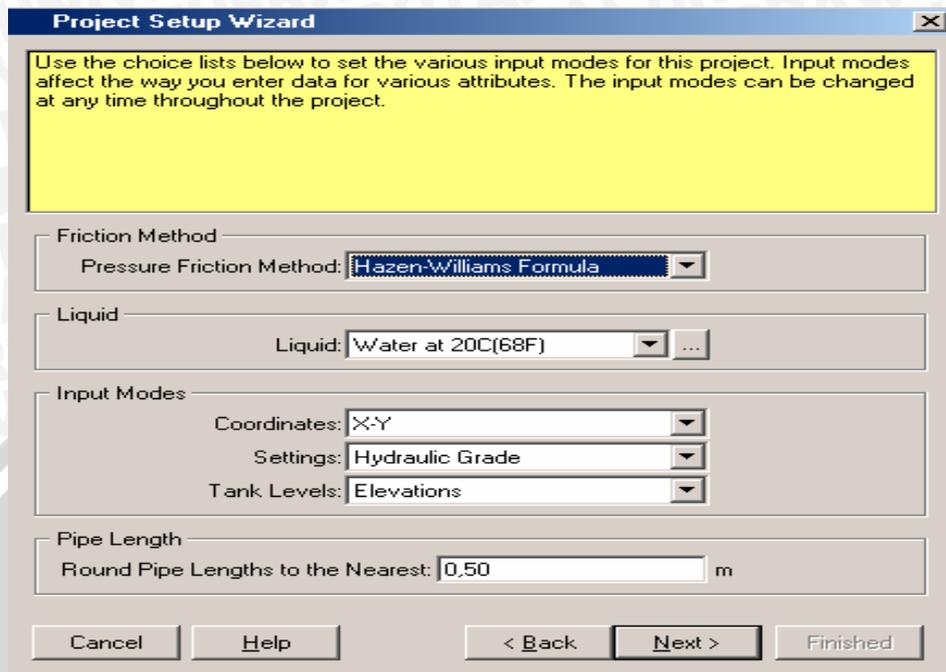
Untuk mencapai tujuan yang diharapkan maka diperlukan suatu langkah pengerjaan secara sistematis. Adapun langkah-langkah dalam studi ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung besarnya kebutuhan air bersih
2. Perhitungan dengan menggunakan *WaterCAD v 4.5*

Untuk melakukan simulasi sistem jaringan distribusi air pada *WaterCad v 4.5* diperlukan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Buka dan beri nama file baru sistem jaringan distribusi air bersih dalam format *WaterCad* (xxx.wcd)
- b. Mengisi tahap pembuatan file baru :
 - Memilih satuan yang akan digunakan. Satuan yang disediakan oleh *WaterCad v 4.5* yaitu : Satuan US dan Satuan Internasional (SI). Simulasi ini menggunakan Satuan Internasional karena lebih umum digunakan.
 - Memilih rumus kehilangan tinggi tekan. Program ini menyediakan beberapa metode rumus kehilangan tinggi tekan diantaranya : *Darcy-*

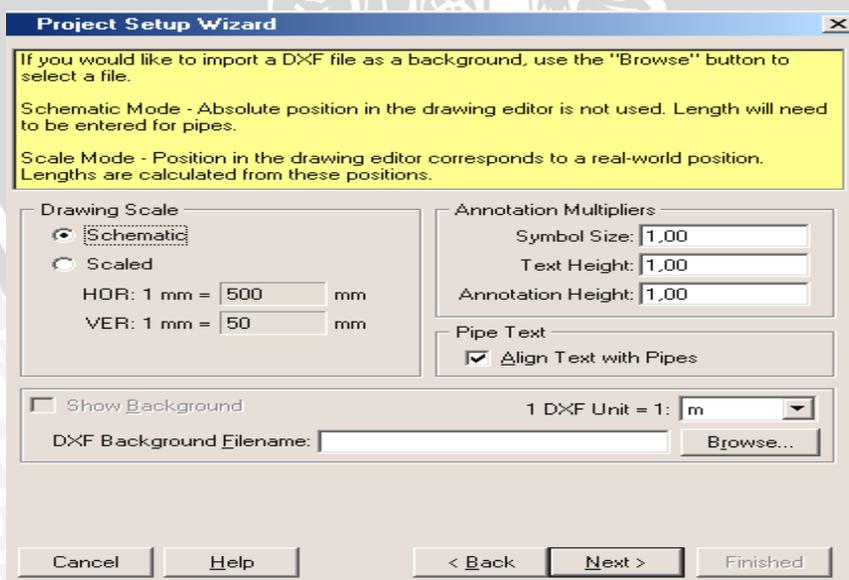
Weisbach, Hazen-Williams dan Manning. Pada simulasi ini menggunakan metode *Hazen-Williams* berdasarkan pada landasan teori.



Gambar 3.1. Tampilan pemilihan rumus

Sumber : User Manual *WaterCad v 4.5*

- Penggambaran pipa dapat secara *Schematic* (skema) dan *Schalatic* (sebenarnya sesuai dengan skala). Kajian ini dipilih metode penggambaran pipa secara *schematic* dengan latar belakang (*background*) gambar peta jaringan pipa daerah kajian.



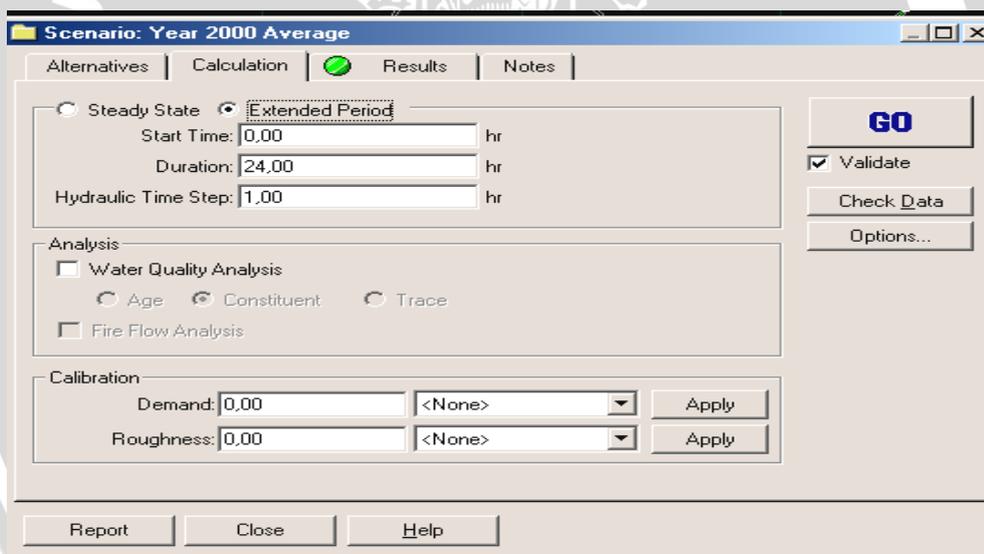
Gambar 3.2 Tampilan pengisian besaran skala dan system dimensi

Sumber : User Manual *WaterCad v 4.5*

3. Menggambar sistem jaringan distribusi air bersih dengan memodelkan atau memberi notasi komponen sistem jaringan distribusi air bersih, yaitu pipa, titik simpul, *reservoir*, tandon dan pompa dari data-data yang telah terkumpul.
4. Menggambar lengkap jaringan beserta komponennya yang telah dibuat pada *WaterCad v 4.5* kemudian disimpan setelah latar belakang (*background*) peta dihilangkan.
5. Melakukan simulasi sistem jaringan distribusi air bersih serta menganalisa hasil yang diperoleh (*report*).

Parameter yang diperlukan pada simulasi kondisi tidak permanen pada program *WaterCad v 4.5* adalah :

1. *Start Time*, waktu yang digunakan untuk memulai melakukan simulasi.
2. *Duration*, system akan disimulasikan selama 24 jam.
3. *Hydraulic Time Step*, tahapan waktu untuk simulasi adalah 24 jam dengan interval 1 jam.

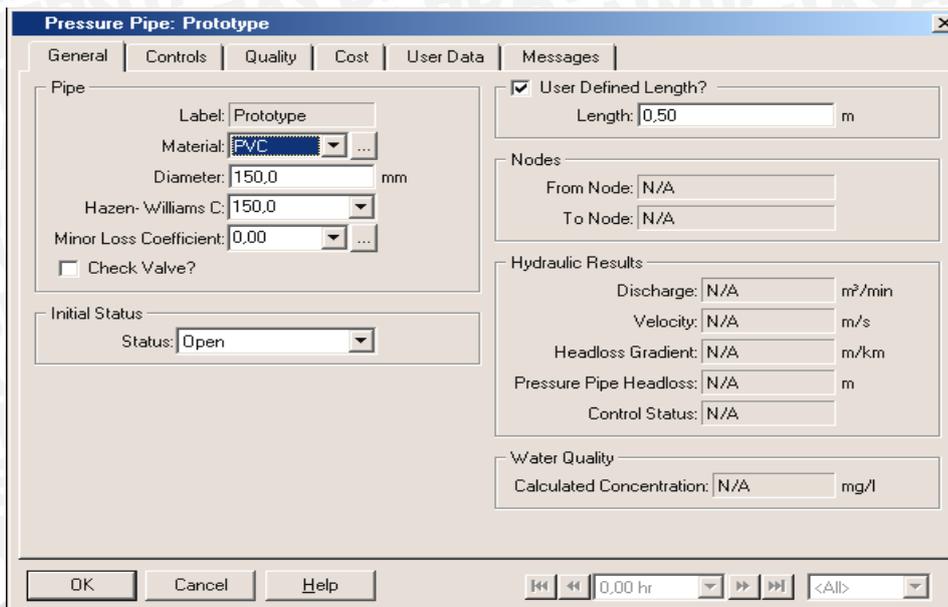


Gambar 3.3. Input Parameter Simulasi Kondisi Tidak Permanen

Sumber : User Manual *WaterCad v 4.5*

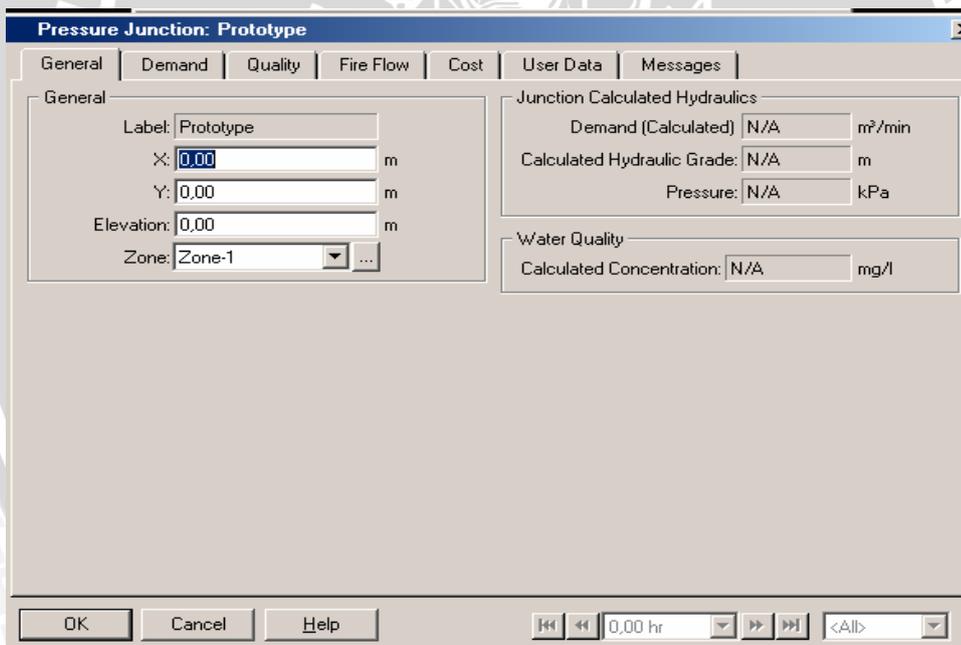
Komponen-komponen jaringan distribusi air bersih mempunyai beberapa kata kunci di dalam pemrogramannya, yaitu :

1. *Pressure Pipe*, data pipa, nomer titik, titik simpul awal dan akhir, panjang, diameter, koefisien kekasaran, bahan pipa (Gambar 3.4).



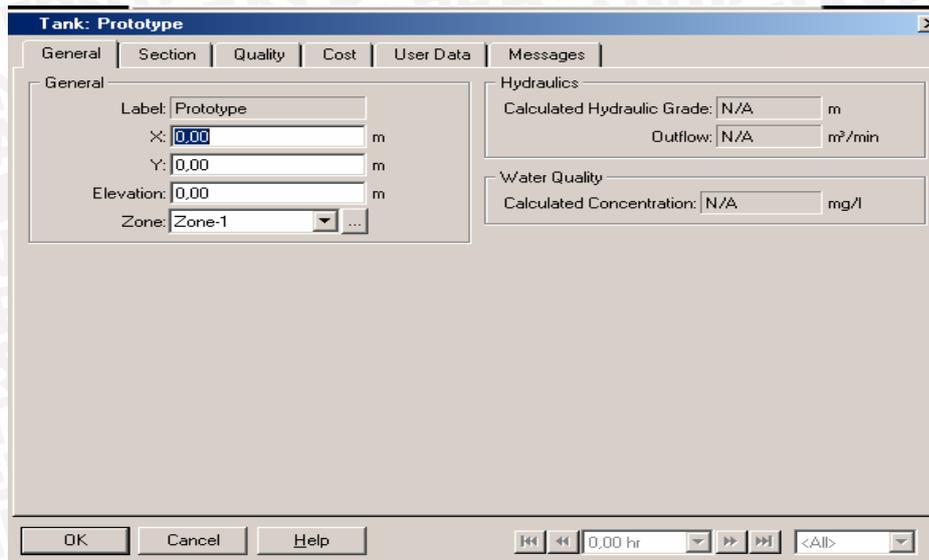
Gambar 3.4. Input Data Pipa
 Sumber : User Manual *WaterCad v 4.5*

2. *Pressure Junction*, titik simpul, nomer titik, elevasi, debit kebutuhan (Gambar 3.5).



Gambar 3.5. Input Data Titik Simpul
 Sumber : User Manual *WaterCad v 4.5*

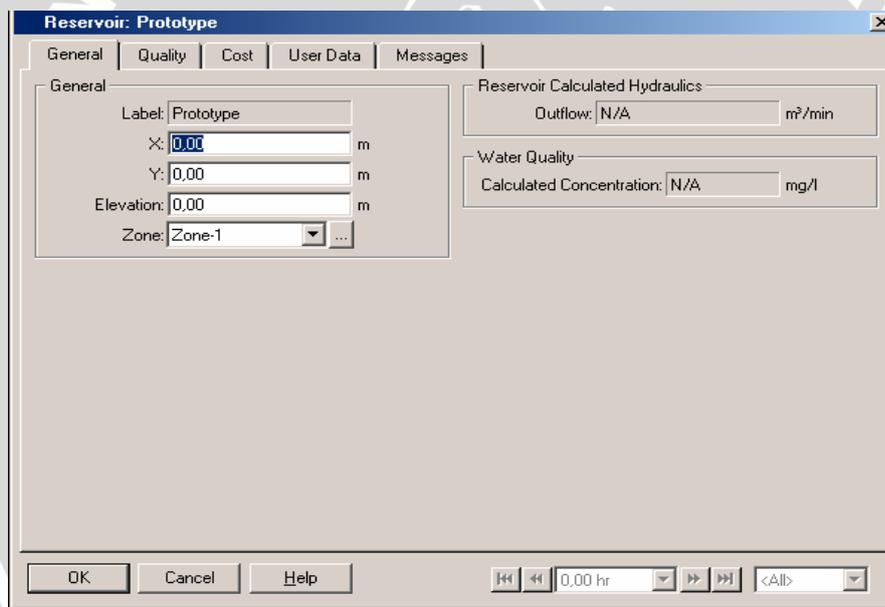
3. *Tank*, data tandon, nomer identitas, elevasi dasar, elevasi HWL, dan LWL, dimensi tandon (Gambar 3.6).



Gambar 3.6. Input Data Tandon

Sumber : User Manual *WaterCad* v 4.5

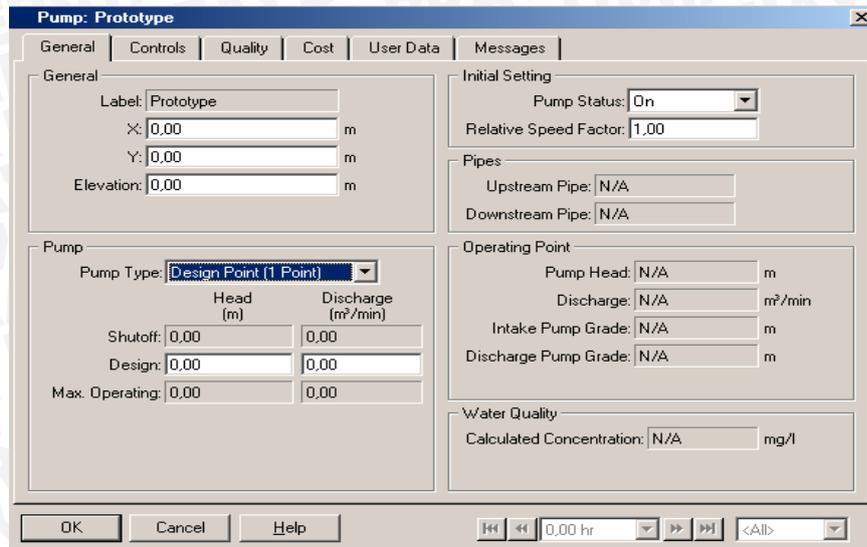
4. *Reservoir*, data sumber, elevasi, diasumsikan konstan (Gambar 3.7).



Gambar 3.7. Input Data Sumber Air

Sumber : User Manual *WaterCad* v 4.5

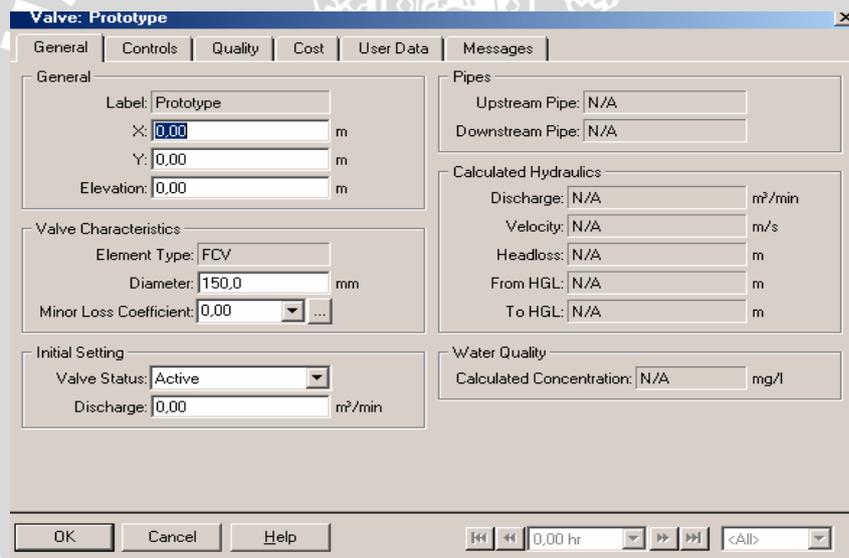
5. *Pump*, data pompa, elevasi, tinggi tekan, kapasitas pompa, nomer titik simpul awal dan akhir (Gambar 3.8).



Gambar 3.8. Input Data Pompa

Sumber : User Manual WaterCad v 4.5

6. *Valve*, data katup, nomer titik simpul awal dan akhir, diameter, jenis, koefisien kekasaran (Gambar 3.9).



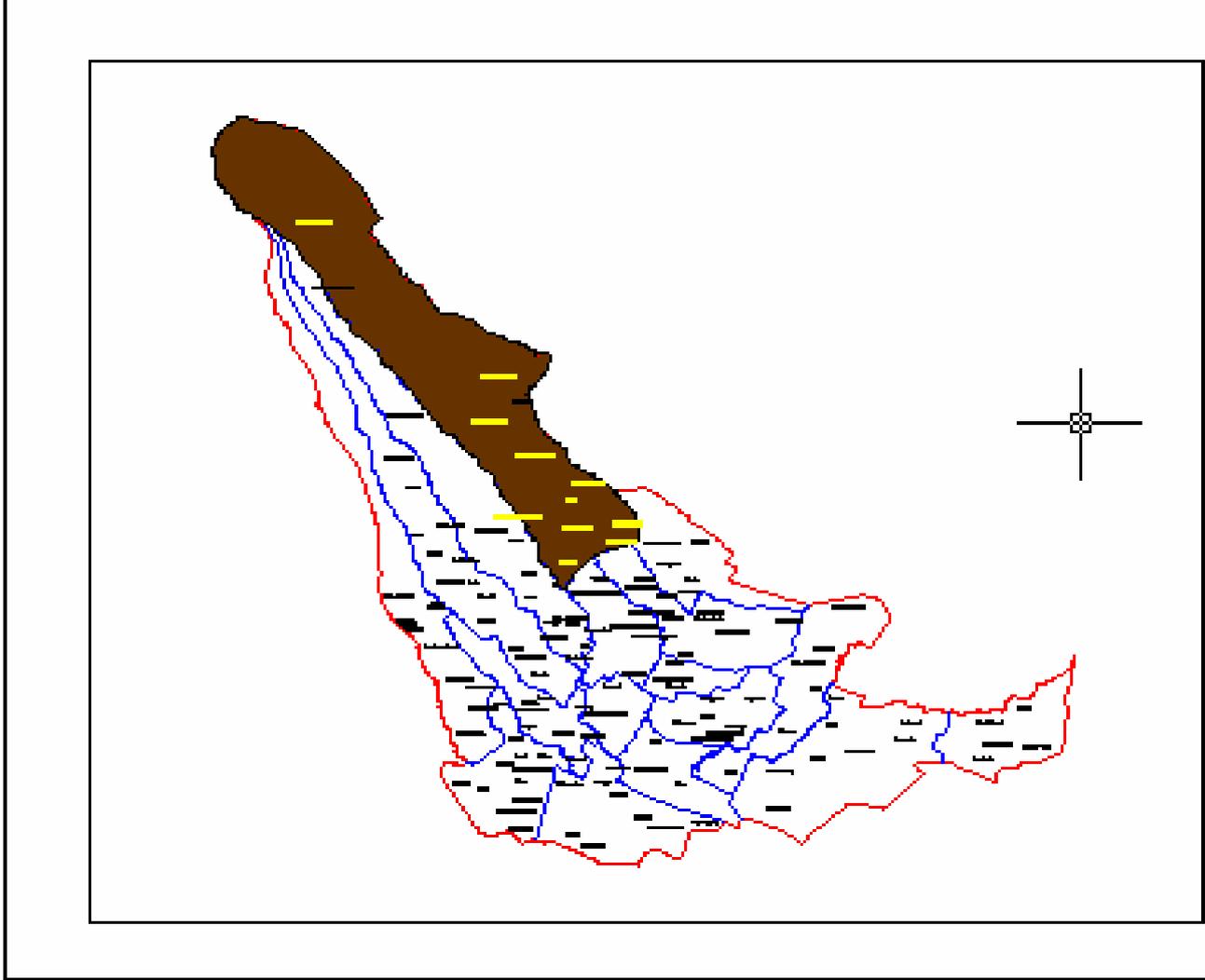
Gambar 3.9. Input Data Katup

Sumber : User Manual WaterCad v 4.5

7. *Compute*, melakukan proses simulasi atau *running*.
8. *Report*, hasil dari simulasi, nomer titik simpul, nomer pipa.

3.7. Alur Pengerjaan Skripsi

Untuk memudahkan dalam pemrosesan pengerjaan studi maka diperlukan adanya suatu gambaran secara sistematis dan menyeluruh berupa alur secara lengkap yang disajikan dalam gambar 3.10, 3.11 dan 3.12 berikut.



BAB IV ANALISA DATA

Pada bab ini akan dikaji sistem jaringan distribusi air baku di Balai Besar Inseminasi Buatan Singosari. Dari hasil tersebut akan diketahui pertumbuhan jumlah ternak yang ada di lokasi dan jumlah kebutuhan air dilokasi kajian, sedangkan pertumbuhan penduduk (perumahan dan rumah dinas) diasumsikan berubah sesuai dengan perencanaan. Tahap selanjutnya adalah melakukan simulasi pada sistem jaringan *existing* dengan memasukkan nilai kebutuhan air baku pada saat sekarang dan apabila jumlah air yang tersedia tidak mampu memenuhi atau terdapat beberapa masalah dalam sistem tersebut maka perlu adanya perbaikan hingga didapatkan hasil yang sesuai dengan yang diharapkan.

Simulasi yang dilakukan pada simulasi ini menggunakan program *WaterCAD v 4.5* dan hanya dilakukan pada kondisi *existing* dan dengan memasukkan nilai proyeksi kebutuhan air baku tiap tahun pada kondisi rencana yaitu kondisi *existing* yang telah diperbaiki. Hasil dari simulasi kondisi *existing* yang telah diperbaiki dievaluasi lima tahun dan sepuluh tahun yang akan datang. Dari hasil simulasi tersebut dapat diupayakan beberapa rekomendasi untuk rencana pengembangan jaringan transmisi dan distribusi agar mampu memenuhi kebutuhan air baku tersebut.

Berikut akan dibahas perhitungan-perhitungan dan hasil analisa yang akan dilakukan untuk mengkaji sistem jaringan distribusi air baku pada jaringan di Balai Besar Inseminasi Buatan Singosari Kabupaten Malang.

4.1. Kebutuhan Air Baku

Kebutuhan air baku terdiri atas kebutuhan domestik, non domestik dan faktor kehilangan air. Untuk lebih jelasnya pada kondisi *existing* tahun 2006 dapat disajikan sebagai berikut:

a. Kebutuhan Domestik

Kebutuhan domestik di daerah studi meliputi perumahan, rumah dinas dan asrama sedangkan kebutuhan air bakunya diambil 100 lt/det sesuai tabel 3.2. Adapun rinciannya dapat disajikan sebagai berikut:

- Jumlah Perumahan = 8 buah
- Jumlah Rumah Dinas = 6 buah
- Jumlah Asrama = 1 buah
- Kebutuhan air baku lt/orang/hari perumahan = 100 lt/orang/hari

- Kebutuhan air baku lt/orang/hari rumdin = 100 lt/orang/hari
- Kebutuhan air baku lt/orang/hari asrama = 100 lt/orang/hari
- Jumlah pengguna pada sambungan perumahan = 5 orang
- Jumlah pengguna pada sambungan rumah dinas = 5 orang
- Jumlah pengguna pada sambungan asrama = 10 orang

b. Kebutuhan Non Domestik

Kebutuhan non domestik di daerah studi meliputi kebutuhan ternak, kandang, kantor, laboratorium, masjid, workshop, dan ruang makan. Kebutuhan air baku non domestik ini diambil sesuai dengan tabel 3.2.

- Jumlah Ternak = 90 ekor
- Jumlah Kandang = 9 buah
- Jumlah Kantor = 1 buah
- Jumlah Laboratorium = 2 buah
- Jumlah Masjid = 1 buah
- Jumlah Workshop = 2 buah
- Jumlah Ruang Makan = 1 buah
- Kebutuhan air baku lt/ekor/hari Ternak = 40 lt/ekor/hari
- Kebutuhan air baku lt/buah/hari Kandang = 50 lt/buah/hari
- Kebutuhan air baku lt/buah/hari Kantor = 10 lt/pegawai/hari
- Kebutuhan air baku lt/buah/hari Laboratorium = 20 lt/buah/hari
- Kebutuhan air baku lt/buah/hari Masjid = 1 m³/buah/hari
- Kebutuhan air baku lt/buah/hari Workshop = 15 lt/buah/hari
- Kebutuhan air baku lt/buahr/hari Ruang Makan = 30 lt/buah/hari
- Jumlah pengguna pada kantor = 30 pegawai

c. Kehilangan air akibat kebocoran

Kehilangan air merupakan jumlah air yang hilang selama proses pendistribusiannya. Untuk prosentase kehilangan air akibat kebocoran di daerah studi yang termasuk kota sedang dan kecil (karena hanya melanyani BBIB saja) diambil 30% dari kebutuhan rata-rata sesuai dengan landasan teori tabel 2.2.

Contoh perhitungan kebutuhan air baku pada jaringan *existing* tahun 2006 adalah sebagai berikut:

Kebutuhan Domestik = keb. perumahan + keb. Asrama
= (jumlah perumahan x rasio perumahan x 100) +
(jumlah rumdin x rasio rumdin x 100) + (jumlah
asrama x rasio asrama x 100)
= (8 x 5 x 100) + (6 x 5 x 100) + (1 x 10 x 100)
= 4000 + 3000 + 1000
= 8000 lt/hari

= 8000 / 86400
= 0.0926 lt/det

Kebutuhan Non Domestik = keb. ternak + keb. kandang + keb. kantor + keb.
Laboratorium + keb. masjid + keb. workshop +
keb. ruang makan

= (jumlah ternak x 40) + (jumlah kandang x 50) +
(jumlah kantor x jumlah pegawai x 10) +
(jumlah laboratorium x 20) + (jumlah masjid x
1000) + (jumlah workshop x 15) + (jumlah
ruang makan x 30)

= (90 x 40) + (9 x 50) + (1 x 30 x 10) + (2 x 20) +
(1 x 1000) + (2 x 15) + (1 x 30)
= 3600 + 450 + 300 + 40 + 1000 + 30 + 30

= 5450 lt/hari
= 5450 / 86400

= 0.0631 lt/det

Kebutuhan air rata-rata = keb. domestik + keb. non domestik

= 0.0926 + 0.0631

= 0.1557 lt/det

Kehilangan air akibat kebocoran = 30 % x keb. rata-rata

= 0.3 x 0.1557

= 0.0467 lt/det

Kebutuhan air total = keb. rata-rata + kehilangan air

= 0.1557 + 0.0467

= 0.2024 lt/det

Kebutuhan air maksimum

= faktor kehilangan jam maksimum x keb. air rata
rata

$$= 1.12 \times 0.1557$$

$$= 0.1744 \text{ lt/det}$$

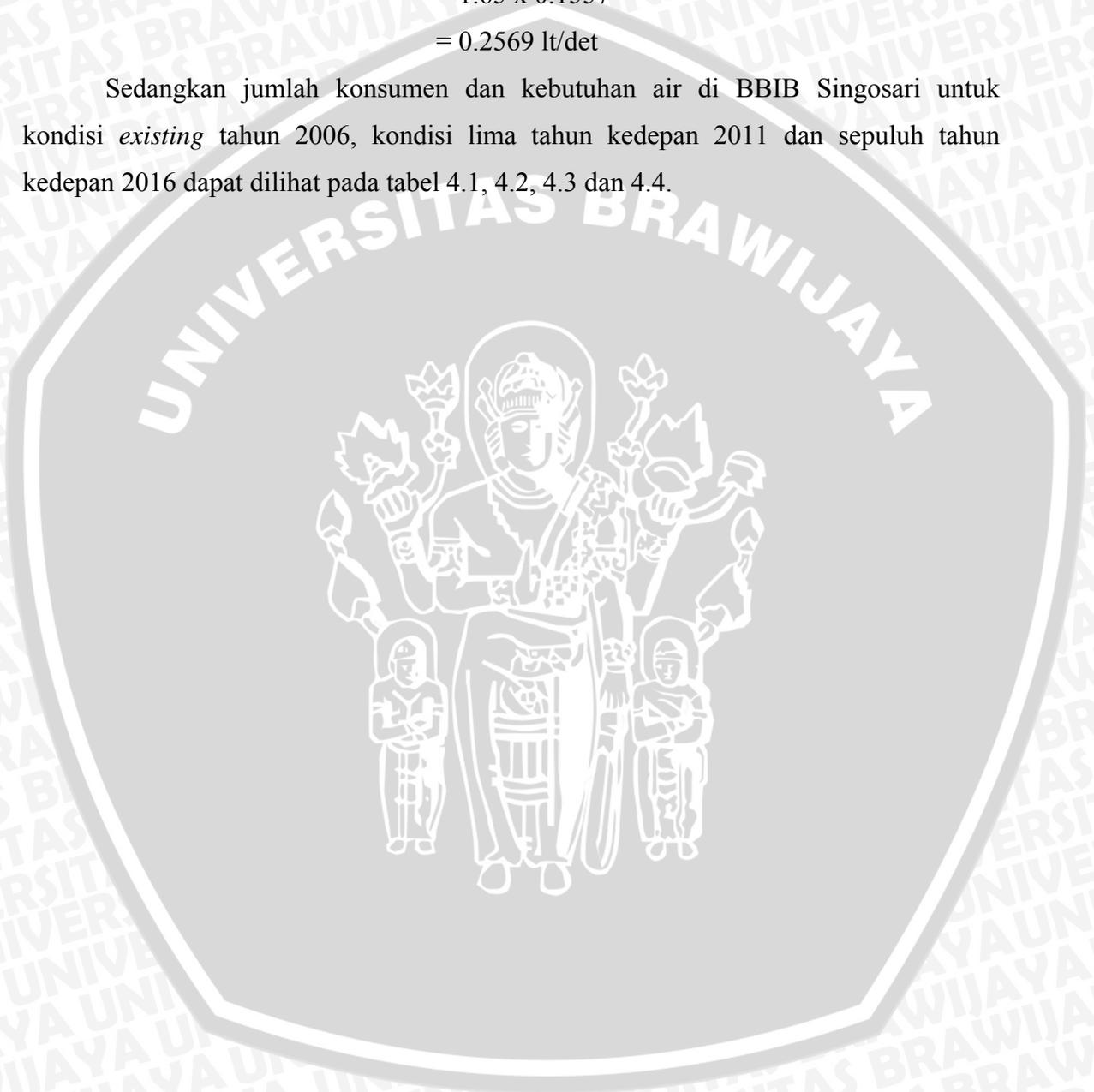
Kebutuhan air jam puncak

= 165 % x keb. air rata-rata

$$= 1.65 \times 0.1557$$

$$= 0.2569 \text{ lt/det}$$

Sedangkan jumlah konsumen dan kebutuhan air di BBIB Singosari untuk kondisi *existing* tahun 2006, kondisi lima tahun kedepan 2011 dan sepuluh tahun kedepan 2016 dapat dilihat pada tabel 4.1, 4.2, 4.3 dan 4.4.



4.2. Kebutuhan Air Baku Pada Tiap Titik Simpul

Kebutuhan air baku pada tiap titik simpul dalam sistem jaringan distribusi air baku sangat beragam tergantung pada debit pembebanan air oleh konsumen. Titik simpul yang dilayani ini mempunyai karakteristik variasi kebutuhan tiap jam yang berbeda (faktor pengali kondisi tidak permanen yang berbeda-beda), Adapun faktor pengali untuk perumahan, asrama dan rumah dinas dapat dilihat pada tabel 4.5, sedangkan faktor pengali untuk kandang, ternak, kantor, laboratorium, workshop, masjid dan ruang makan disesuaikan dengan waktu atau jam pemakaian air dilapangan, misalnya untuk ternak waktu pemakaian airnya mulai jam tuju sampai jam dua siang, untuk kantor dan laboratorium jam pemakaiannya disesuaikan dengan jam kerja pegawai yaitu jam tuju pagi sampai jam tiga sore.

Tabel 4.5. Faktor Pengali Kebutuhan Air Baku

Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LF	0.33	0.38	0.45	0.67	1.21	1.43	1.55	1.53	1.43	1.35	1.28	1.21
Jam	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
LF	1.15	1.18	1.21	1.25	1.33	1.41	1.23	0.85	0.55	0.41	0.28	0.23

Contoh perhitungan kebutuhan air baku pada tiap titik simpul:

Titik simpul a (j-a) (kondisi *existing* tahun 2006)

- zona rumah dinas
- jumlah konsumen 5 orang
- kebutuhan air baku 100lt/orang/hari
- kebutuhan air rata-rata = jumlah konsumen x kebutuhan air baku
= 5 x 100
= 500 lt/hari
= 500 / 86400
= 0.0058 lt/det
= 0.3472 lt/menit
- kehilangan air akibat kebocoran = 30 % x keb. rata-rata
= 0.3 x 0.3472
= 0.1042 lt/menit
- kebutuhan air baku total = keb. rata-rata + kehilangan air akibat kebocoran
= 0.3472 + 0.1042

- g. pemakaian air maksimum
- $$= 0.4514 \text{ lt/menit}$$
- = faktor kehilangan jam maks. X keb. air rata-rata
- $$= 1.12 \times 0.3472$$
- $$= 0.3889 \text{ lt/menit}$$
- h. pemakaian air jam puncak
- $$= 165 \% \times \text{keb. air rata-rata}$$
- $$= 1.65 \times 0.3472$$
- $$= 0.5729 \text{ lt/menit}$$

Dalam perhitungan kebutuhan titik simpul yaitu untuk zona kandang mempunyai dua kategori yaitu kebutuhan ternak dan kebutuhan kandang, dengan kata lain zona kandang ini memakai kebutuhan gabungan (*composite*). Perhitungan selanjutnya disajikan dalam tabel 4.6, 4.7 dan 4.8.



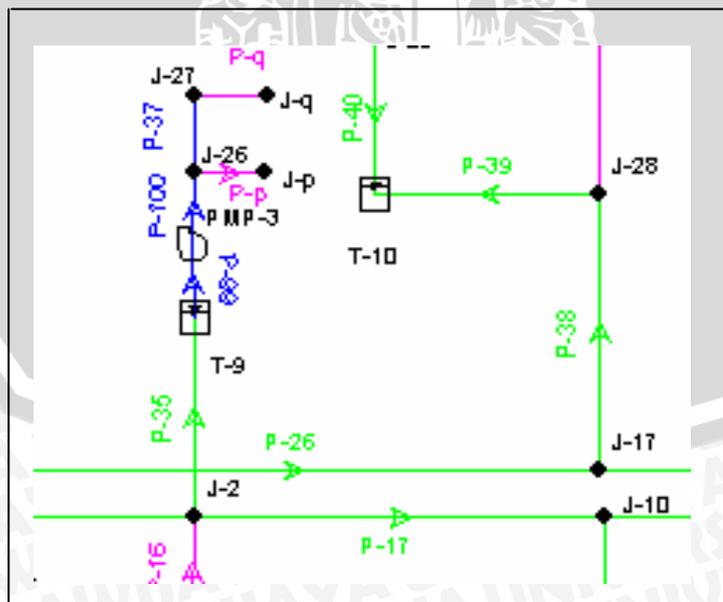
4.3. Simulasi Kondisi Tidak Permanen Jaringan *Existing* (tahun 2006)

Simulasi ini dilakukan pada jaringan *existing* yang ada dilapangan yaitu distribusi air dilakukan secara gravitasi tanpa pemakaian pompa. Jumlah pengguna (konsumen) disesuaikan dengan jumlah dilapangan tahun 2006. Besarnya pembebanan kebutuhan air baku tiap titik simpul yang berfluktuasi berdasarkan waktu dan dilakukan pada kondisi normal dimana variasi kebutuhan titik simpul hanya disebabkan oleh fluktuasi kebutuhan pelanggan tiap jam. Dalam sistem distribusi air harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

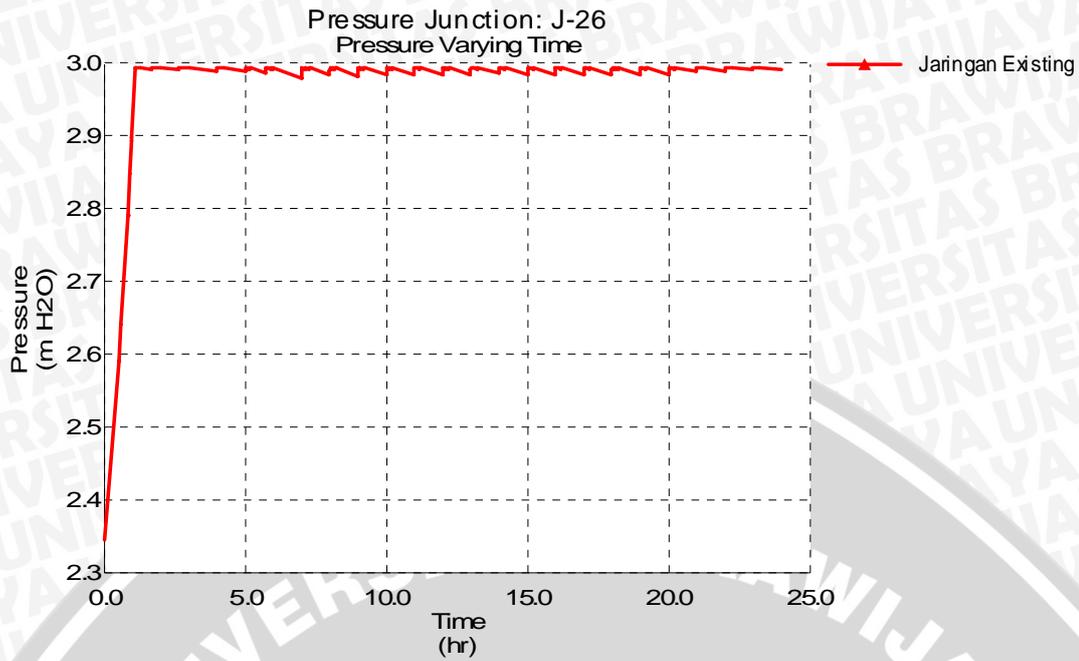
- Tekanan di tiap-tiap titik simpul minimum 10 – 50 m H₂O
- Kecepatan dalam pipa yang ideal 0.2 – 2 m/det
- Kemiringan garis hidrolis (*headloss gradient*) 0 – 15 m/km

4.3.1. Hasil Simulasi Kondisi Tidak Permanen Jaringan *Existing* (tahun 2006)

- ❖ Setelah jaringan *existing* digambar pada papan gambar dalam program *WaterCAD* dan semua data telah dimasukkan, kemudian dilakukan *running*. Dari hasil *running* ini ternyata terlihat warna kuning yang mana berarti jaringan bisa berjalan tetapi ada beberapa bagian yang bermasalah dan perlu dirubah (diperbaiki).
- ❖ Pada simulasi kondisi *existing* ini diperoleh hasil tekanan yang rendah, seperti terlihat pada titik simpul 26 (J-26), pada jam efektif titik ini mengalami peningkatan tekanan namun kenaikannya masih belum bisa mencapai 10 m H₂O sesuai rencana, kondisi ini disebabkan oleh diameter pipa yang dipergunakan kecil berkisar antara 12.7 mm sampai 50.8 mm.

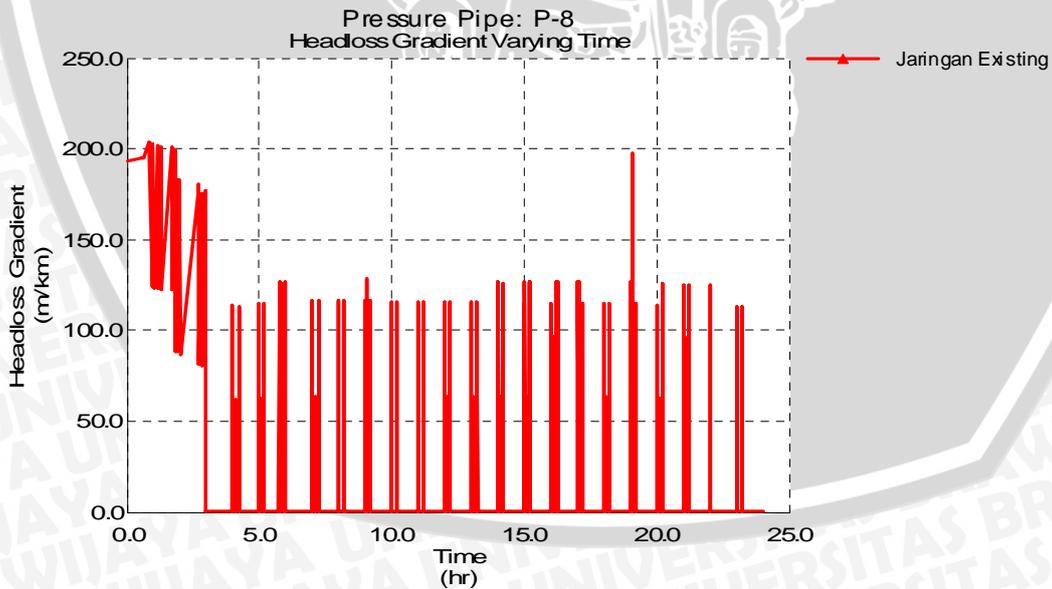


Gambar 4.1. Kondisi Titik Simpul 26 (J-26) pada Jaringan *Existing*
Sumber: Hasil Analisa



Gambar 4.2. Grafik fluktuasi Tekanan Titik J-26 pada Jaringan Existing
Sumber: Hasil Analisa

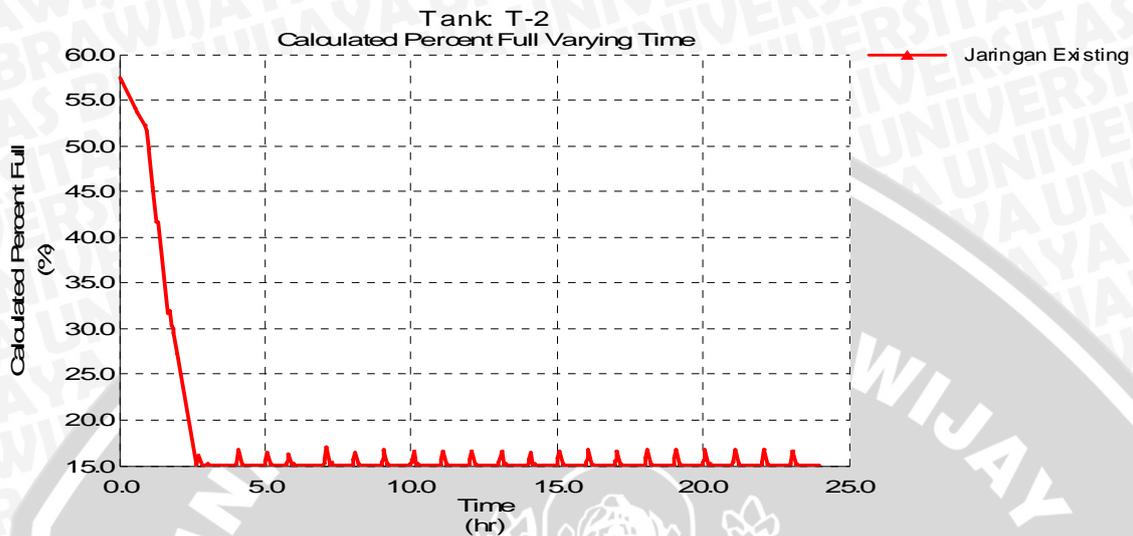
- ❖ *Headloss gradient* yang terjadi rata-rata lebih besar dari 15 m/km bahkan pada pipa no 8 mencapai 203.25 m/km seperti terlihat pada gambar 4.3. Hal ini terjadi karena pipa yang terpasang diameternya terlalu kecil sehingga kecepatan dan *headloss gradient* yang terjadi terlalu besar.



Gambar 4.3. Grafik fluktuasi Headloss Gradient P-8 pada Jaringan Existing
Sumber: Hasil Analisa

- ❖ Pada jaringan *existing* ini yang memiliki 12 buah tandon ternyata volume tandon dan pengalirannya ke tiap titik simpul tidak terkontrol dengan baik seperti terlihat pada

gambar 4.4. Dimana pada jam efektif persentase tandon sangat kecil kurang dari 20 % atau dapat dikatakan tandon dalam kondisi kosong, yang mana hal ini disebabkan oleh debit yang masuk ketandon kecil yaitu 1 lt/det dan kondisi ini sangat mempengaruhi proses pendistribusian air.



Gambar 4.4. Grafik fluktuasi Persen Penuh Tandon 2 pada Jaringan Existing
Sumber: Hasil Analisa

Adapun hasil dari simulasi untuk kondisi tidak permanen jaringan *existing* dapat dilihat pada lampiran I.

4.4. Simulasi Kondisi Tidak Permanen Jaringan Rencana

Karena setelah dilakukan simulasi ternyata jaringan *existing* yang sistem distribusi airnya dilakukan secara gravitasi tidak mampu memenuhi kebutuhan dengan baik dan lancar, maka perlu dilakukan suatu perbaikan jaringan sampai didapatkan hasil yang baik dimana jaringan mampu memenuhi kebutuhan dengan baik dan lancar. Adapun usulan perbaikan yang dilakukan adalah dengan menambah debit baru minimal sebesar 2.75 lt/det jadi debit yang masuk ke tandon pertama sebesar 3.75 lt/det. Hal ini dapat dilakukan karena ketersediaan air tanah di lokasi kajian mampu dieksploitasi (masih mencukupi).

Dengan penambahan debit sebesar 2.75 lt/det ini hasilnya terlihat warna hijau yang mana hal ini menunjukkan bahwa sistem bisa berjalan tetapi tekanan yang dihasilkan pada sebagian besar titik simpul masih rendah. Untuk memperbaiki kondisi tekanan yang terlalu rendah ini alternatif yang dapat dilakukan adalah:

1. Penggantian pipa dengan diameter yang lebih besar.
2. Pemompaan.
3. Memasang saluran pipa yang kedua di atas, sebagian atau keseluruhan panjang pipa.

Dari beberapa alternatif-alternatif diatas maka perbaikan yang dapat dilakukan adalah :

- o Penambahan debit sebesar 2.75 lt/det
- o Penggantian pipa dengan diameter yang lebih besar pada pipa-pipa yang mempunyai tekanan kurang dari 10 m H₂O, data pipa yang perlu dirubah diameternya dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9. Perubahan Diameter Pipa

No. Pipa	Diameter lama (mm)	Diameter baru (mm)	No. Pipa	Diameter lama (mm)	Diameter baru (mm)
1	50.8	150	26	31.75	50.8
2	50.8	150	27	31.75	50.8
3	31.75	50.8	28	31.75	50.8
4	31.75	50.8	29	31.75	50.8
5	50.8	150	31	12.7	31.75
6	31.75	150	32	12.7	31.75
7	31.75	100	33	12.7	31.75
8	31.75	50.8	34	12.7	31.75
9	31.75	50.8	35	25.4	50.8
17	31.75	50.8	37	25.4	31.75
18	25.4	50.8	38	31.75	50.8
19	25.4	50.8	39	31.75	50.8
21	25.4	31.75	40	31.75	50.8
22	25.4	31.75	41	31.75	50.8
23	25.4	31.75	42	31.75	50.8
24	25.4	31.75	44	25.4	50.8
25	31.75	50.8	45	31.75	50.8

Sumber: Hasil Analisa

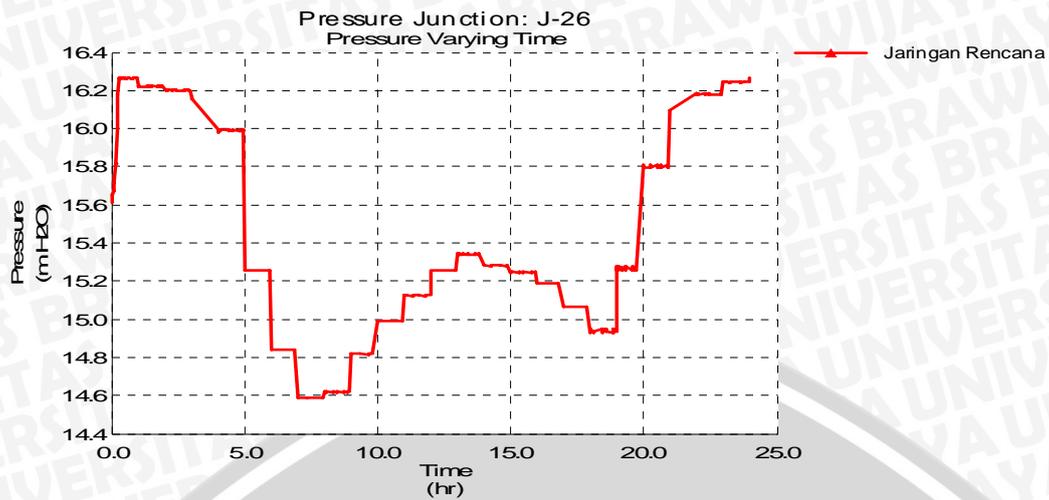
- o Pemasangan pompa adapun jenis pompa yang digunakan adalah pompa *desaign 1 point* sebanyak tiga buah yang pemasangannya dapat dilihat pada gambar jaringan rencana (lampiran II), dengan spesifikasi pompa seperti pada tabel 4.10. Pemasangan pompa ini dilakukan karena walaupun hampir semua diameter pipa sudah diganti ternyata masih didapat hasil tekanan dibawah 10 m H₂O dan pemilihan tipe pompa ini disebabkan karena tipe satu poin (*desaign 1 point*) data yang dibutuhkan lebih sederhana.

Tabel 4.10 Spesifikasi Pompa

Pompa I	Head (m)	Debit (lt/min)
Saat operasi minimum	26.67	0
Rencana	20	3
Saat operasi maksimum	0	6
Pompa II	Head (m)	Debit (lt/min)
Saat operasi minimum	26.67	0
Rencana	20	2
Saat operasi maksimum	0	4
Pompa III	Head (m)	Debit (lt/min)
Saat operasi minimum	13.33	0
Rencana	10	2
Saat operasi maksimum	0	4

4.4.1. Hasil Simulasi Kondisi Tidak Permanen Jaringan Rencana

- ❖ Setelah dilakukan *running* pada kondisi ini ternyata terlihat warna hijau dimana hal ini memberikan informasi bahwa jaringan bisa berjalan dengan lancar.
- ❖ Seperti pada gambar 4.5 setelah dilakukan perbaikan J-26 terlihat pola tekanan dalam jangka waktu satu hari pada pukul 05.00 dini hari saat dimulainya aktivitas yang menuntut penggunaan air tekanan pada titik simpul turun dratis sampai pukul 08.00. Pada siang hari tekanan mulai naik karena kebutuhan air pada jam ini berkurang. Pada sore hari tekanan menurun lagi dan pada malam hari tekanan mulai naik lagi akibat berkurangnya aktivitas yang membutuhkan air. Dari gambar ini juga dapat dikatakan J-26 mempunyai tekanan sesuai dengan rencana, tekanan pada kondisi ini naik setelah dilakukan pemasangan pompa. Sedangkan untuk titik simpul lainnya yang mengalami kenaikan setelah dilakukan perbaikan dapat dilihat pada tabel 4.11.



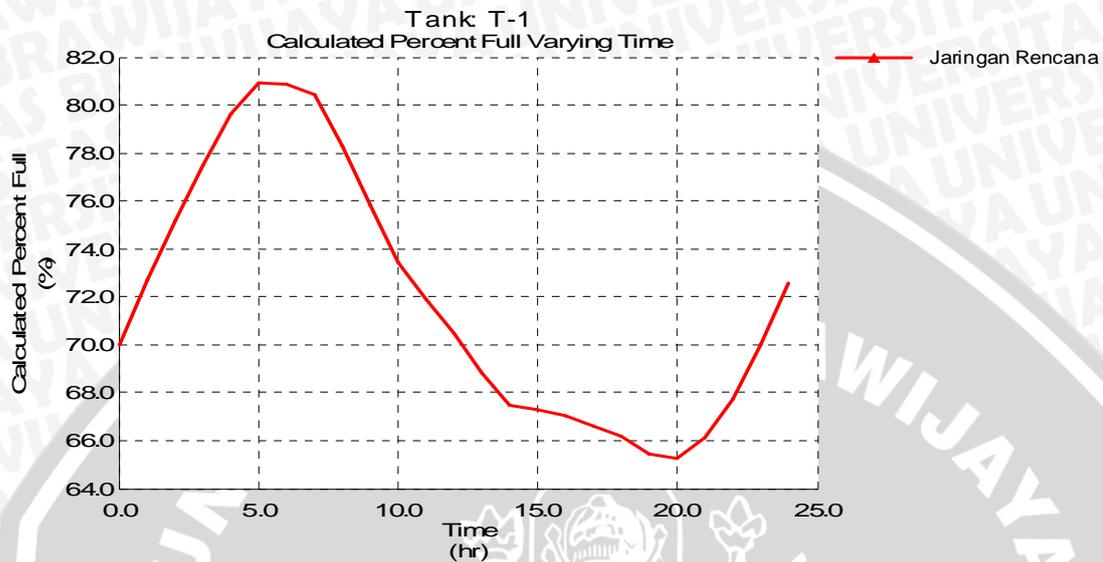
Gambar 4.5. Grafik fluktuasi Tekanan Titik J-26 pada Jaringan Rencana
Sumber: Hasil Analisa

Tabel 4.11. Tekanan Pada Titik Simpul Yang Mengalami Peningkatan

Titik Simpul	Tekanan (m H ₂ O)	
	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan
1	0.961	14.964
2	2.62	24.942
9	1.737	23.445
11	2.01	38.912
12	1.492	27.219
13	5.98	31.709
14	8.971	34.702
15	9.969	35.7
21	0.985	18.795
22	1.903	19.792
23	3.353	21.289
24	3.83	21.788
25	5.82	23.783
26	2.984	14.619
27	3.982	15.617
g	6.01	31.739
h	8.989	34.722
i	9.999	35.73
p	3.015	14.658
q	4.022	15.657
l	-0.55	17.836
k	1.022	18.835
m	3.391	21.329
n	3.868	21.827
o	5.858	23.823

Sumber : Hasil Analisa

- ❖ Setelah dilakukan perbaikan yaitu dengan penambahan debit sebesar 2.75 l/det, prosentase tandon meningkat yang sebelumnya pada tandon 2 kurang dari 20 persen sekarang menjadi meningkat, walaupun pada jam puncak prosentase tandon menurun. Fluktuasi yang terjadi ini sesuai dengan kebutuhan yang berubah-ubah tiap jamnya.



Gambar 4.6. Grafik fluktuasi Persen Penuh Tandon 2 pada Jaringan Rencana
 Sumber: Hasil Analisa

Adapun hasil dari simulasi untuk kondisi tidak permanen jaringan rencana dapat dilihat pada lampiran II.

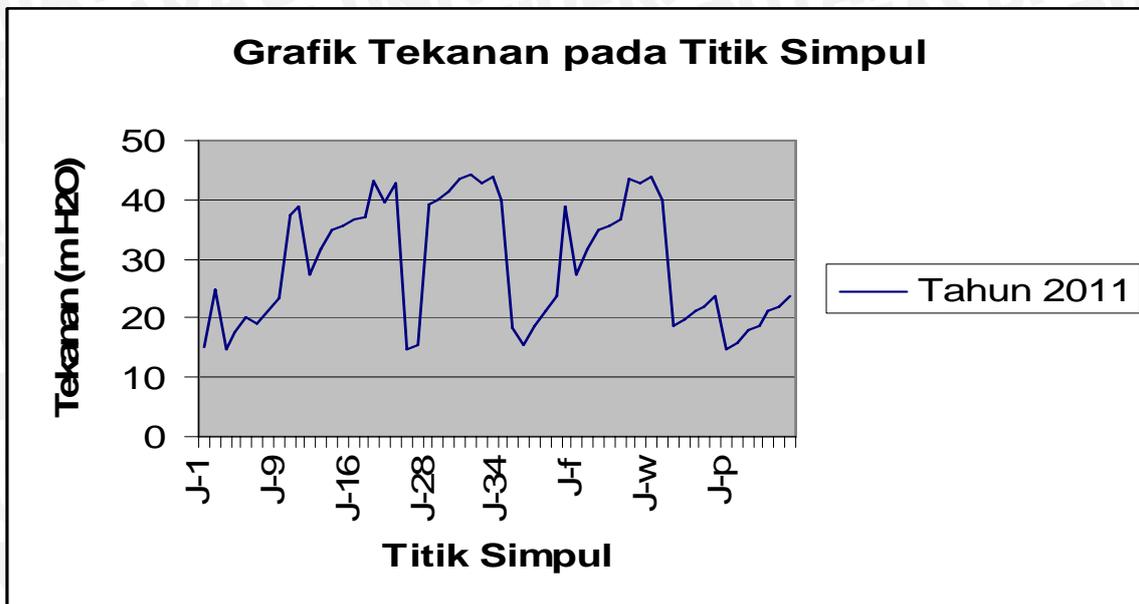
4.5. Simulasi Kondisi Tidak Permanen Jaringan Lima Tahun Kedepan (tahun 2011)

Simulasi ini dilakukan pada jaringan rencana. Pada simulasi ini kebutuhan disesuaikan dengan perencanaan tahun 2011, dengan jumlah debit yang masuk ke tandon I sebesar 5 lt/det. Besarnya pembebanan kebutuhan air baku tiap titik simpul yang berfluktuasi berdasarkan waktu dan dilakukan pada kondisi normal dimana variasi kebutuhan titik simpul hanya disebabkan oleh fluktuasi kebutuhan pelanggan tiap jam

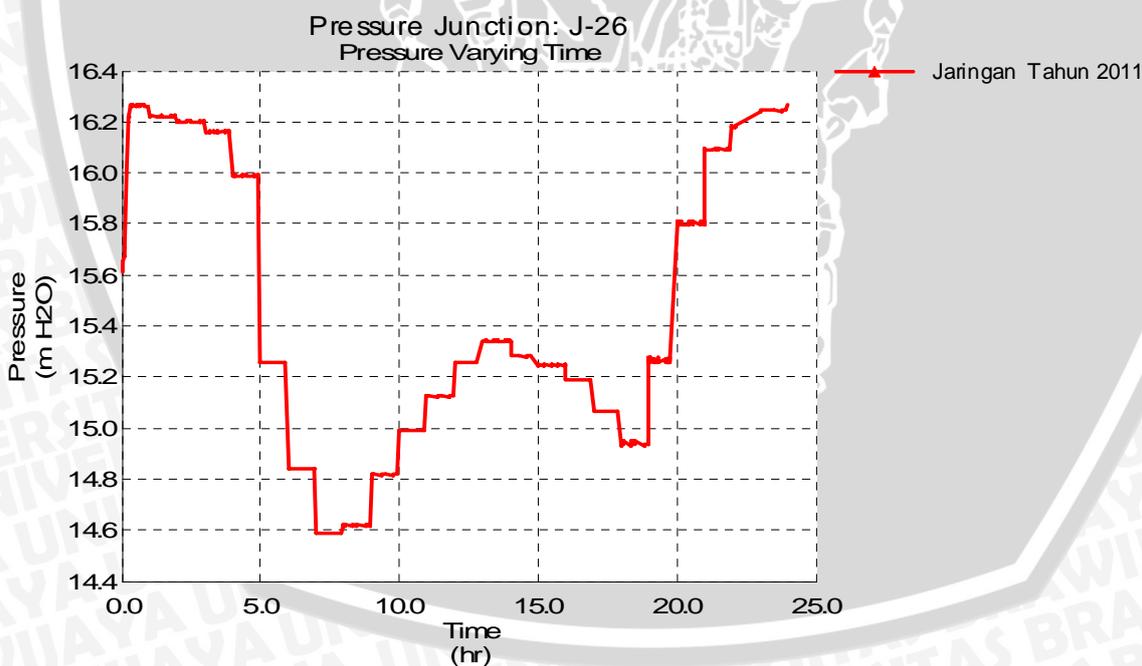
4.5.1. Hasil Simulasi Kondisi Tidak Permanen Jaringan Lima Tahun Kedepan (tahun 2011)

- ❖ Setelah dilakukan *running* pada jaringan ini ternyata hasilnya terlihat warna hijau yang mana hal ini memberikan informasi bahwa jaringan mampu mendistribusikan air dengan lancar dan baik.
- ❖ Pada kondisi ini titik-titik simpulnya mempunyai tekanan yang sesuai dengan rencana, seperti terlihat pada gambar 4.7. Pada gambar ini semua titik simpul pada jam puncak

- ❖ mempunyai tekanan diatas 10 m H₂O. Dengan tekanan yang lebih dari 10 m H₂O ini air akan bisa terdistribusi dengan baik. Kondisi ini juga dapat dilihat pada gambar 4.8 titik simpul 26 (J-26), pada jam puncak mempunyai tekanan yang sesuai dengan rencana.



Gambar 4.7. Grafik Tekanan Titik Simpul Tahun 2011
Sumber : Hasil Analisa



Gambar 4.8. Grafik fluktuasi Tekanan Titik J-26 pada Jaringan Tahun 2011
Sumber : Hasil Analisa

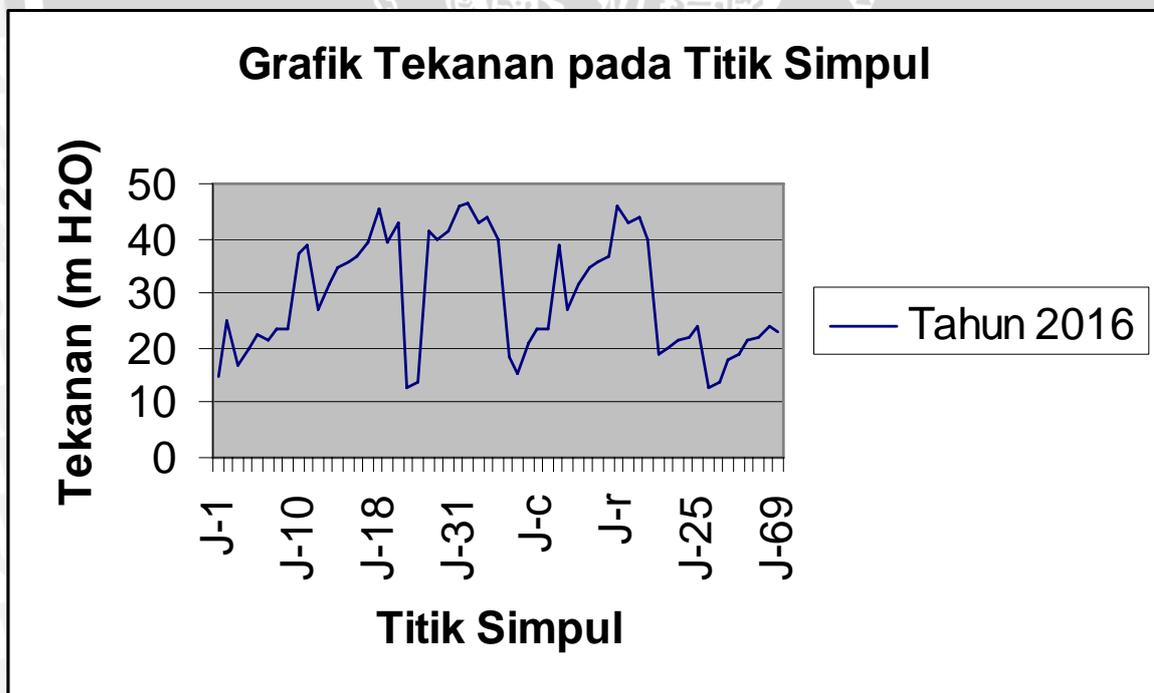
Adapun hasil dari simulasi untuk kondisi tidak permanen jaringan lima tahun kedepan (tahun 2011) dapat dilihat pada lampiran III.

4.6. Simulasi Kondisi Tidak Permanen Jaringan sepuluh tahun kedepan (tahun 2016)

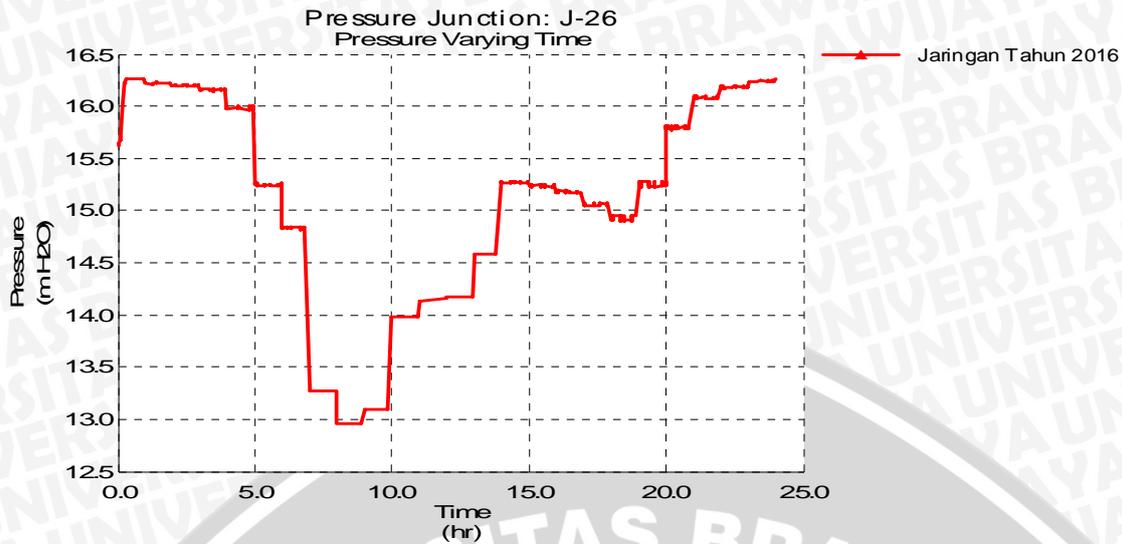
Simulasi ini dilakukan pada jaringan tahun 2016. Pada simulasi ini kebutuhan disesuaikan dengan perencanaan, dengan jumlah debit yang masuk ke tandon I sebesar 5 lt/det. Besarnya pembebanan kebutuhan air baku tiap titik simpul yang berfluktuasi berdasarkan waktu dan dilakukan pada kondisi normal dimana variasi kebutuhan titik simpul hanya disebabkan oleh fluktuasi kebutuhan pelanggan tiap jam

4.6.1. Hasil Simulasi Kondisi Tidak Permanen Jaringan Sepuluh Tahun Kedepan (tahun 2016)

- ❖ Setelah dilakukan *running* pada jaringan ini ternyata hasilnya terlihat warna hijau
- ❖ Pada kondisi sepuluh tahun kedepan titik simpul mempunyai tekanan yang hampir sama dengan kondisi lima tahun kedepan seperti terlihat pada gambar 4.9, hal ini disebabkan karena debit pembebanan yang terjadi kenaikannya tidak terlalu besar. Dari gambar ini juga dapat diketahui bahwa setelah penambahan debit sebesar 5 lt/det pada tahun 2011, ternyata debit ini setelah didistribusikan selama 5 tahun yaitu sampai tahun 2016 masih mampu mensuplay kebutuhan air. Hal ini juga dapat dilihat pada gambar 4.10, titik simpul 26 (j-26) pada tahun 2016 titik ini walaupun tekanannya menurun dari tahun 2011 tetapi masih sesuai dengan rencana.



Gambar 4.9. Grafik Tekanan Titik Simpul Tahun 2016
Sumber : Hasil Analisa

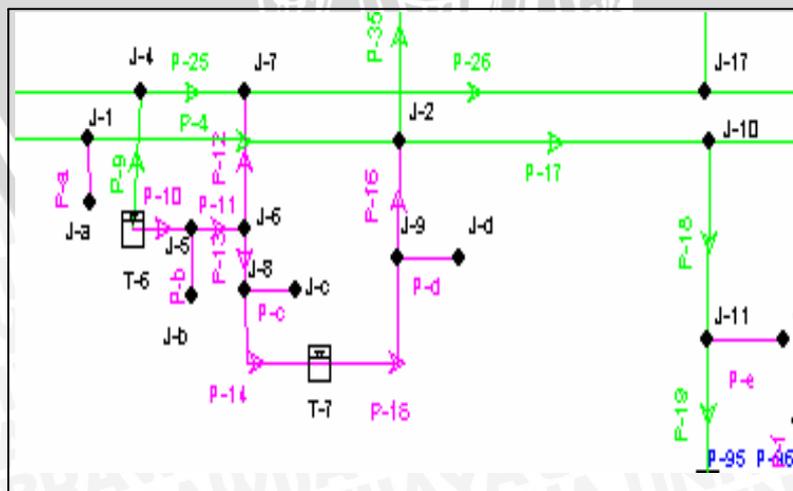


Gambar 4.10. Grafik fluktuasi Tekanan Titik J-26 pada Jaringan Tahun 2016
Sumber : Hasil Analisa

Adapun hasil dari simulasi untuk kondisi tidak permanen jaringan sepuluh tahun kedepan (tahun 2016) dapat dilihat pada lampiran IV.

4.7. Kontrol Manual Jaringan Pipa Distribusi

Pada suatu sistem jaringan pipa air dalam upaya pendistribusian air harus dipenuhi syarat kondisi dasar yaitu hukum kontinuitas aliran dimana debit yang masuk ke jaringan sama dengan debit yang keluar dari jaringan. Berikut ini akan diberikan contoh analisis perhitungan jaringan pipa bercabang (*branched*) menggunakan hukum kontinuitas tersebut pada kondisi jaringan rencana.



Gambar 4.11. Jaringan Bercabang pada Distribusi Air BBIB Singosari
Sumber: Hasil Analisa



Tabel 4.12. Hasil Perhitungan Kehilangan Tinggi Tekan Pada Kondisi Jam Puncak Jaringan Rencana

No	No. Pipa	Panjang (m)	Diameter (mm)	Material	Debit (lt/menit)
1	P-12	6	25.4	PVC	-1
2	P-25	21	50.8	PVC	5
3	P-26	42	50.8	PVC	4

Sumber: Hasil Analisa

Perhitungan kontinuitas aliran

a. Debit yang masuk ke titik simpul

$$\begin{aligned} Q_{in} &= Q_{P-25} + Q_{P-12} \\ &= 5 + (-1) \\ &= 4 \text{ lt/menit} \end{aligned}$$

b. Debit yang keluar dari titik simpul

$$Q_{out} = Q_{P-26} = 4 \text{ lt/det}$$

c. Debit kebutuhan pada titik simpul

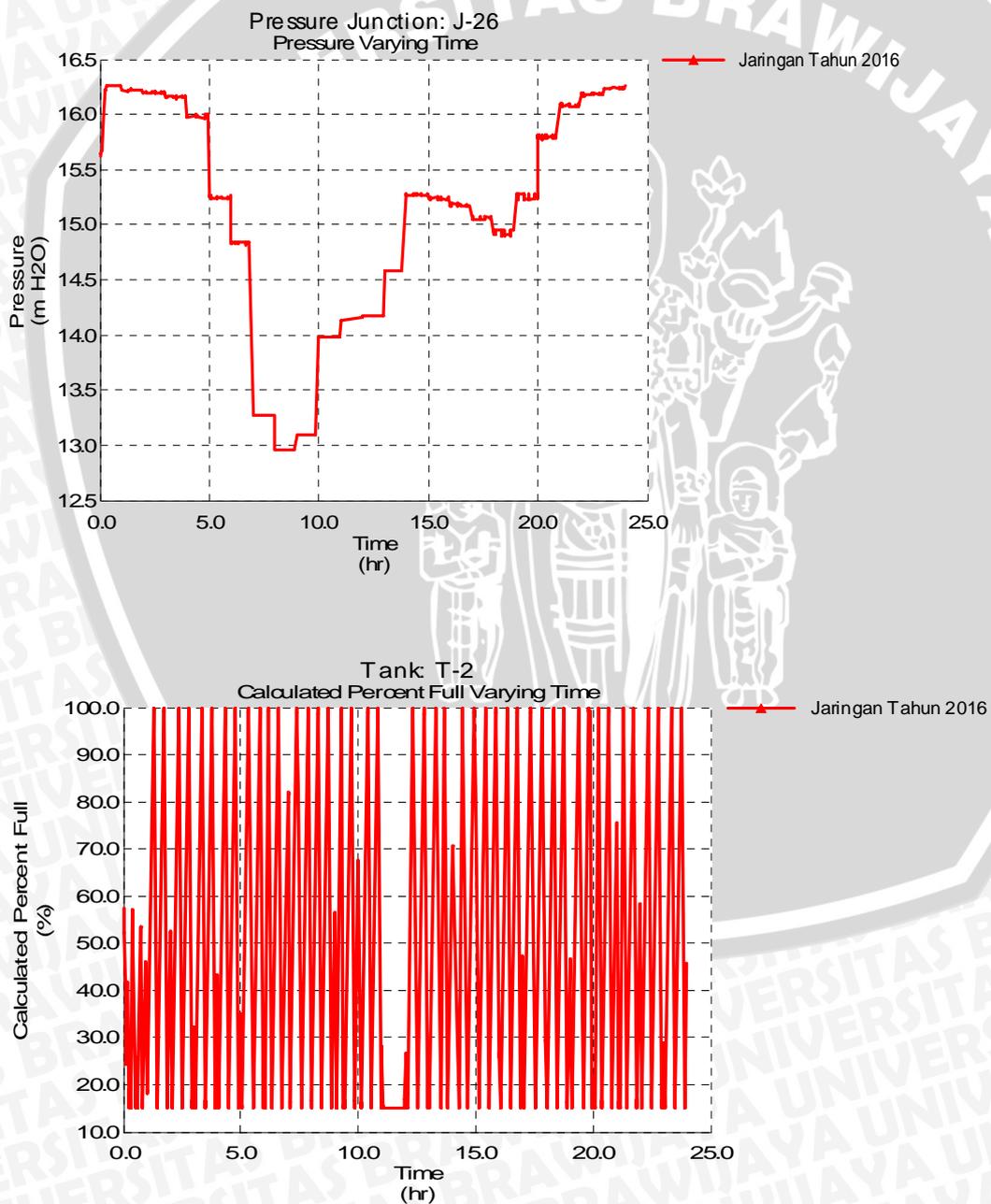
$$Q_e = Q_{J-7} = 0$$

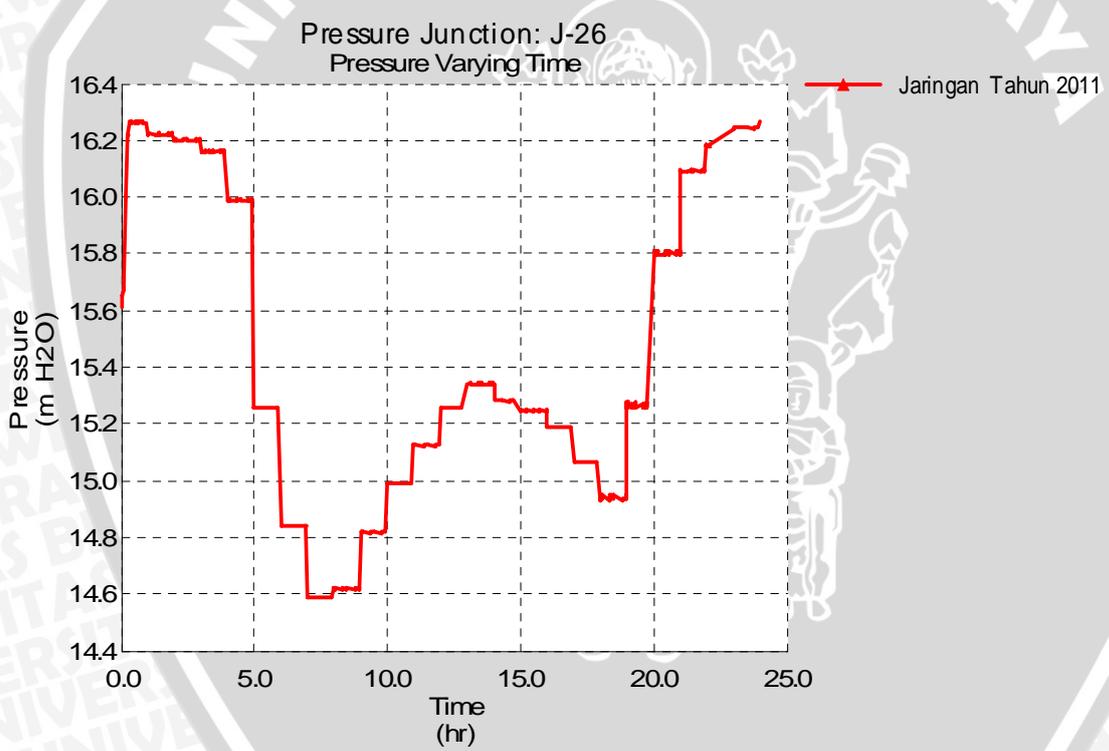
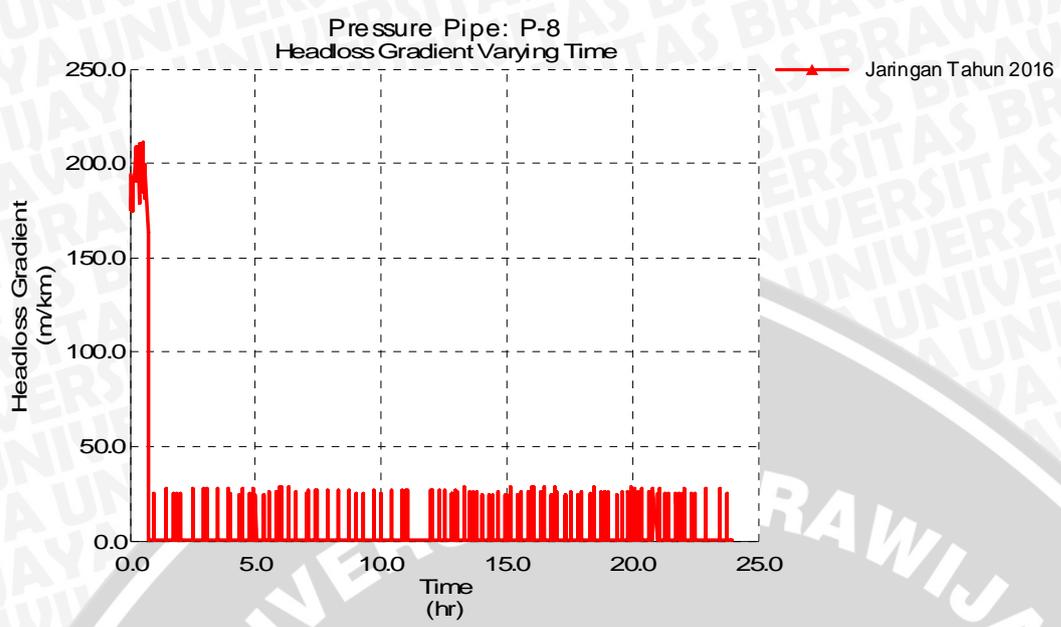
Jadi

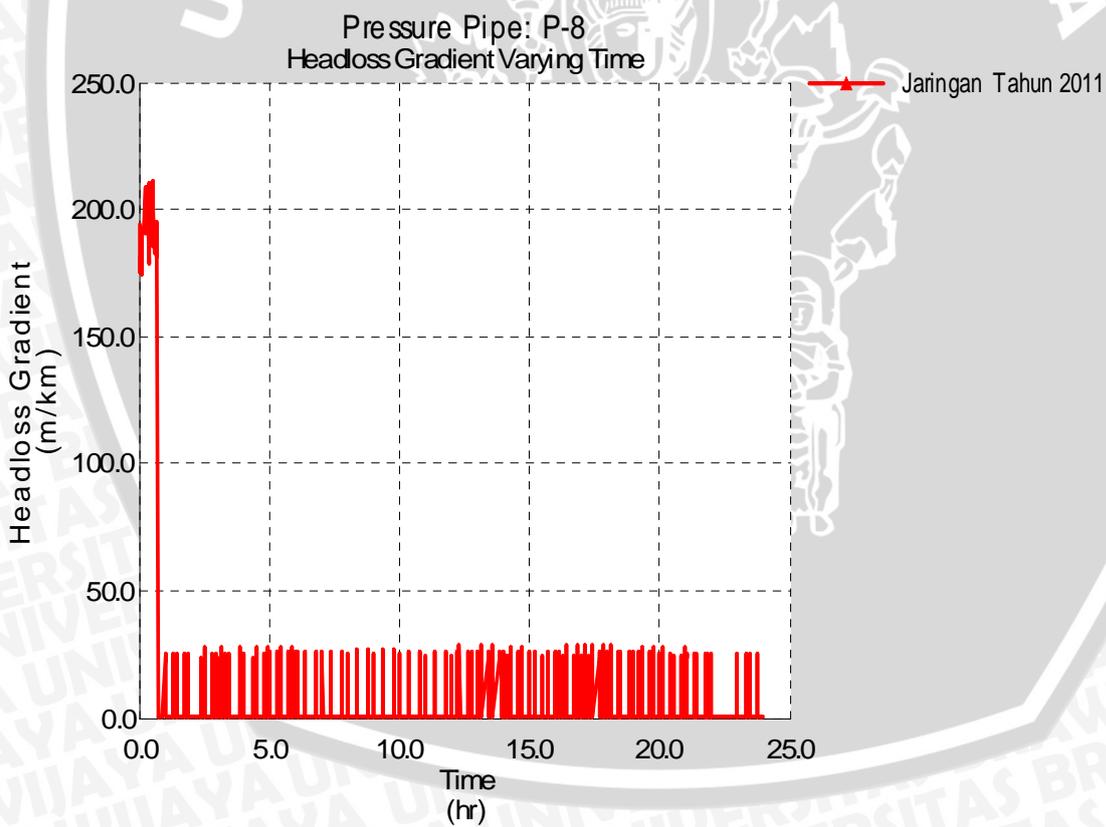
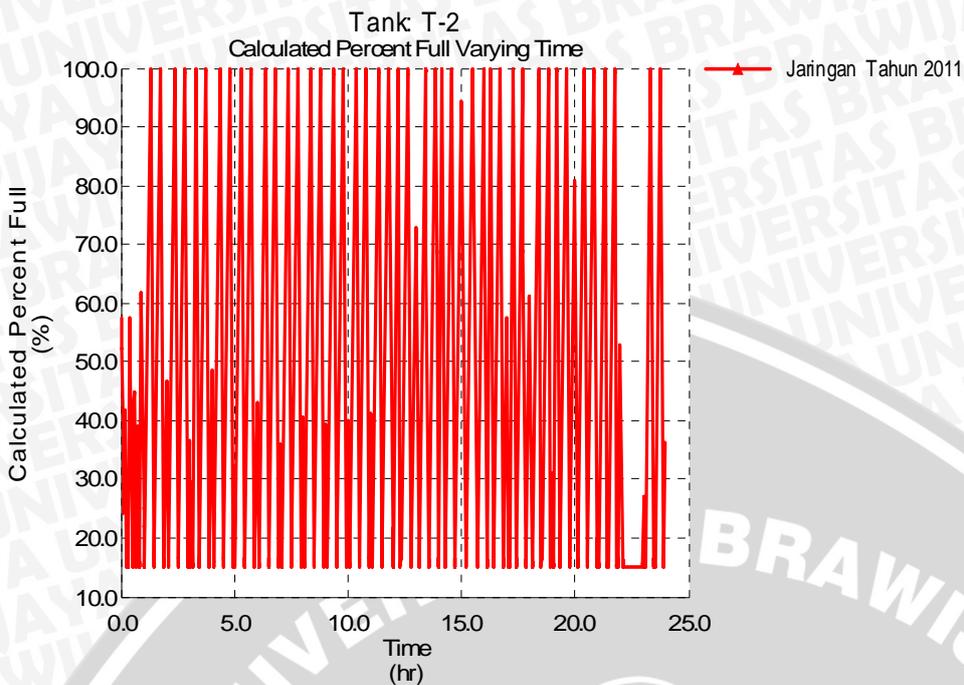
$$\begin{aligned} \sum Q &= Q_{in} - Q_{out} - Q_e \\ &= 4 - 4 - 0 \\ &= 0 \end{aligned}$$

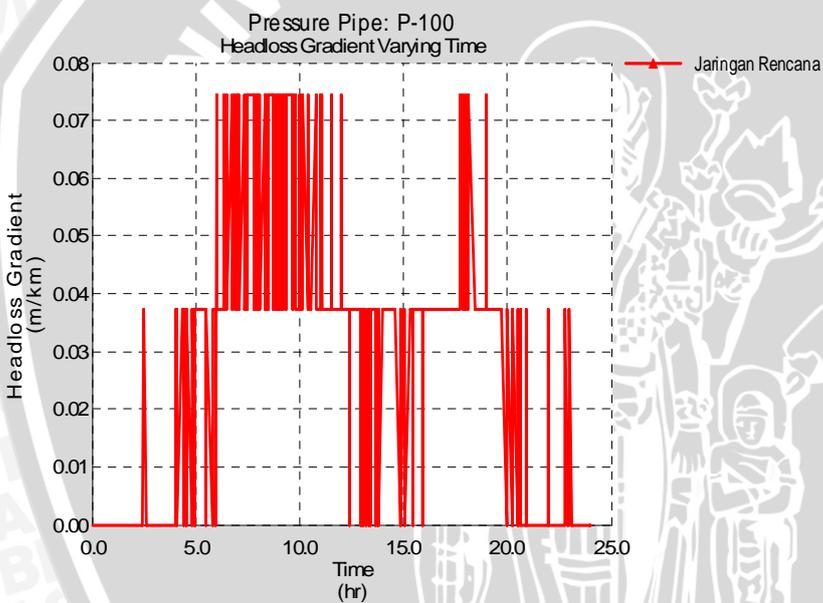
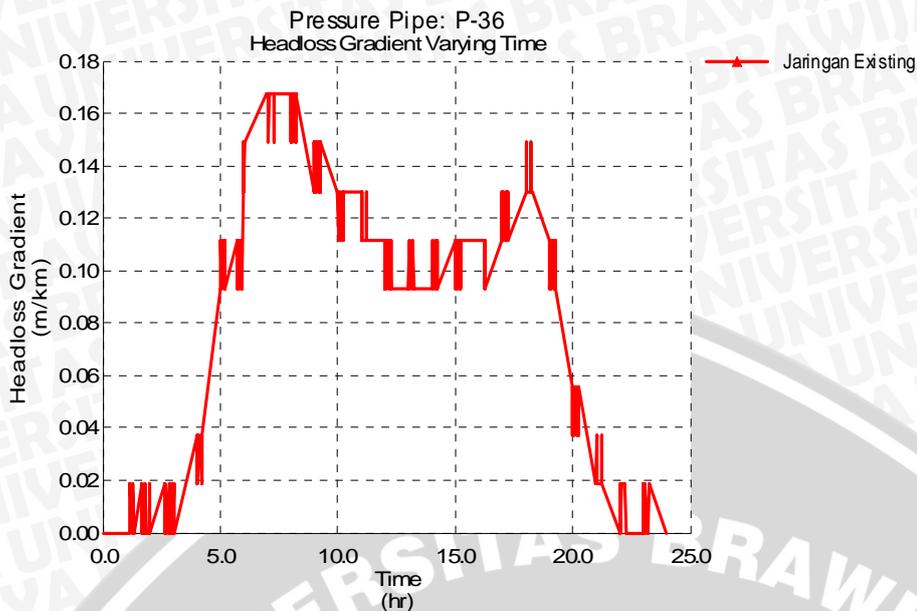
Hasil dari perhitungan di atas menunjukkan bahwa sistem bercabang tersebut telah memenuhi syarat kondisi dasar yang harus dipenuhi.

Tabel 4.13. Hasil Perhitungan Tekanan Titik Simpul Pada Kondisi Jam Puncak Jaringan
Existing Setelah Perbaikan









BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah dan hasil analisa yang dilakukan pada pembahasan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan kebutuhan air baku dapat diketahui besarnya kebutuhan air di BBIB Singosari pada kondisi *existing* tahun 2006 dan pada kondisi lima tahun kedepan 2011 serta sepuluh tahun kedepan tahun 2016 seperti terlihat pada tabel berikut ini:

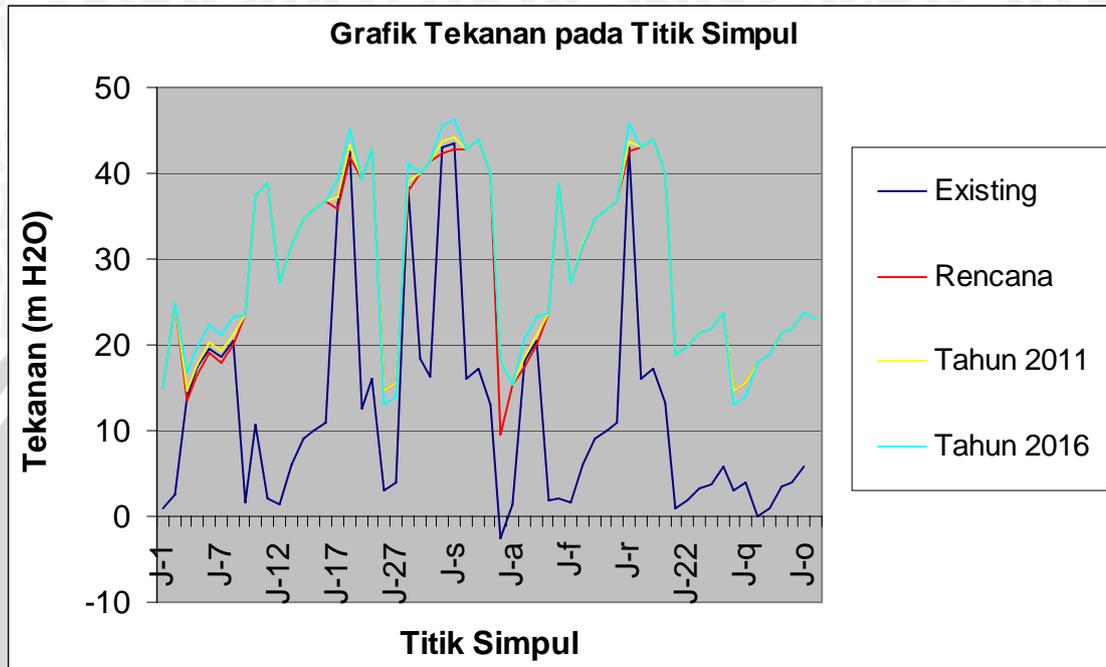
Jenis Kebutuhan	Tahun			Satuan
	2006	2011	2016	
Keb. Domestik	0.0926	0.1042	0.1331	lt/det
Keb. Non Domestik	0.0631	0.0711	0.0769	lt/det
Keb. rata-rata	0.1557	0.1752	0.2100	lt/det
Kehilangan air akibat kebocoran	0.0467	0.0526	0.0630	lt/det
Keb. total	0.2024	0.2278	0.2729	lt/det
Kebutuhan air maksimum	0.1744	0.1963	0.2351	lt/det
Kebutuhan air jam puncak	0.2569	0.2891	0.3464	lt/det

2. Kondisi hidrolis pada komponen-komponen sistem distribusi air yang dikaji dengan paket program *WaterCAD v 4.5* adalah sebagai berikut:

- ❖ Tekanan

- Pada kondisi *existing* jaringan air BBIB Singosari, dari hasil simulasi menunjukkan bahwa 59.7% titik simpul tidak memenuhi persyaratan tekanan. Pada jam ke 08.00 dari 59 titik simpul terdapat 34 titik simpul mempunyai tekanan dibawah 10 m H₂O. Tetapi apabila dilakukan perencanaan ulang yaitu dengan penambahan debit sebesar 2.75 lt/det, pembesaran diameter pipa dan pemakaian pompa, 93.2% titik simpul mempunyai tekanan lebih dari 10 m H₂O. Meskipun tekanan yang terjadi berfluktuasi yaitu pada jam puncak (08.00) tekanan menurun, hal ini disebabkan adanya perubahan kebutuhan yang meningkat pada jam puncak.
- Pada tahun 2011 jaringan air BBIB Singosari apabila jaringan yang digunakan adalah jaringan rencana tahun 2006 dan debit yang masuk ke tandon 1 sebesar 5 lt/det, dari hasil simulasi menunjukkan bahwa titik simpul mempunyai tekanan diatas 10 m H₂O.

- Pada tahun 2016 jaringan air BBIB Singosari apabila jaringan yang digunakan adalah jaringan rencana tahun 2006 dengan penambahan satu kandang dan debit yang masuk ke tandon 1 sebesar 5 lt/det, jaringan ini masih mempunyai tekanan yang sesuai dengan rencana.



❖ *Headloss*

- Pada kondisi *existing* umumnya *headloss* yang terjadi masih sangat besar lebih dari 15 m/km pada jam ke-08.00, sedangkan apabila dilakukan perbaikan, *headloss* yang terjadi sesuai dengan rencana begitu juga pada kondisi lima tahun dan sepuluh tahun kedepan.
3. Dari analisa sistem jaringan pipa *existing* didapatkan hasil bahwa jaringan ini tidak bisa mendistribusikan air dengan lancar, tetapi apabila dilakukan perencanaan ulang jaringan ini mampu mendistribusikan air dengan cukup lancar dan baik. Setelah dilakukan simulasi kondisi lima tahun kedepan (2011) dan 10 tahun kedepan (2016) dengan adanya penambahan kebutuhan, jaringan yang telah diperbaiki ini masih mampu mendistribusikan air dengan cukup lancar dan baik.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan hasil kajian, maka saran yang dapat diberikan oleh penyusun sebagai wacana pada studi ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam perencanaan sistem jaringan pipa perlu diperhatikan ukuran diameter pipa yang akan di pakai karena sangat berpengaruh pada tekanan yang terjadi pada titik simpul. Pemakaian pipa yang tidak sesuai dengan kebutuhan akan menyebabkan tekanan yang terjadi akan rendah bahkan mencapai nilai negatif dan juga bisa menyebabkan tekanan yang terjadi akan terlalu besar melebihi kriteria, yang mana hal ini akan sangat mempengaruhi kelancaran distribusi air.
2. Karena dalam analisa ini hanya ditinjau dari segi teknik atau hidrolis, maka ada baiknya jika jaringan yang direncanakan sebagai jaringan perbaikan dilakukan pula tinjauan dari segi ekonomi. Hal ini dilakukan dengan alasan agar dalam pemilihan alternatif perbaikan benar-benar yang paling baik dan ekonomis.
3. Pada umumnya program *WaterCAD* sudah banyak membantu dalam penyelesaian masalah-masalah distribusi air, tetapi masih ada kekurangan, seperti dalam satu *file* tidak bisa dilakukan dua atau lebih *scenario* jaringan yang berbeda. Misal *scenario1* direncanakan tidak memakai pompa dan pada *scenario2* direncanakan memakai pompa, dua *scenario* ini tidak bisa dijadikan dalam satu *file* dan harus dipisah atau dijadikan dua *file*. Karena bila dijadikan dalam satu *file*, jika jaringan pada *scenario2* ditambahkan pompa maka jaringan pada *scenario1* akan berubah ada pompa juga. Oleh karena itu perlu adanya penyempurnaan lebih lanjut pada program *WaterCAD v 4.5* sehingga akan lebih memudahkan dalam menganalisa sistem distribusi air.