

IV. PERHITUNGAN DAN PEMBUATAN SIMULASI

1. PERHITUNGAN

Perhitungan yang akan dilakukan adalah perhitungan daya motor yang akan dipergunakan untuk menggerakkan pompa utama dan perhitungan debit air yang harus dialirkan pada pipa-pipa di zona Simohilir untuk menentukan pengaturan valve yang nantinya valve tersebut akan dikendalikan oleh motor. Setelah dilakukan perhitungan selanjutnya dilakukan pembuatan program serta akan dilakukan analisa terhadap pengaruh pengguaan wonderware terhadap motor yang mengendalikan pompa maupun valve di pipa-pipa zona Simohilir.

1.1 Perhitungan daya pompa

Untuk menghitung daya motor yang diperlukan untuk menggerakkan pompa utama faktor yang harus kita tentukan adalah daya poros, dimana daya poros merupakan daya yang masuk ke poros pompa bila pompa tersebut dikopel langsung dengan sebuah motor listrik.

Daya poros dapat kita hitung dengan memepergunakan rumus:

$$P_{sh} = \frac{\sigma_1 \times Q_r \times H_e}{75 \times \eta_{op}} \quad (4.1^1)$$

dimana:

P_{sh} = Daya poros pompa (Metric Hp)

σ_1 = berat jenis cairan (Kg/m^3)

¹. I Made Arya Djoni. *Pompa dan Corpressor* . P. 19

Q_r = kapasitas pompa (m^3/s)

H_e = Head Efektif Pompa (meter kolom cairan)

η_{op} = Efisiensi total pompa

Cairan yang didistribusikan adalah air sehingga $\sigma_1 = 1000 \text{ Kg/m}^3$, kapasitas pompa utama adalah 1000 //detik, Head efektif pompa sebesar 50 meter kolom air (mka), efisiensi total pompa sebesar 75 %, pipa distribusi keluar pompa memiliki diameter sebesar 1400 mm.

Kecepatan aliran air keluar pompa:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (4.2)$$

dimana:

v = Kecepatan aliran air (m/s)

Q = Debit air (m^3/s)

A = Luas penampang pipa (m^2)

$$v = \frac{Q}{\pi \cdot r^2} \quad (4.3)$$

$$= \frac{1 \text{ m}^3 / \text{det}}{\pi \cdot (700 \text{ mm})^2}$$

$$= 0.65 \text{ m/detik}$$

Daya Poros Pompa (Psh) :

$$P_{sh} = \frac{\sigma_1 \times Q_r \times H_e}{75 \times \eta_{op}}$$

$$= \frac{1000 \text{ Kg/m}^3 \times 1 \text{ m}^3 \times 50 \text{ mka}}{75 \times 0,75}$$

$$= 888.88 \text{ Hp}$$

$$= 888.88 \times 0,736 \text{ Kw}$$

$$= 654 \text{ Kw}$$

Daya Motor Listrik :

Daya Motor Listrik yang dipergunakan untuk menggerakkan pompa pada umumnya diambil 20 % lebih besar dari daya poros pompa.

$$\begin{aligned} P_{\text{motor}} &= 1,2 \times P_{\text{sh}} \\ &= 1,2 \times 654 \text{ Kw} \\ &= 785 \text{ Kw} \end{aligned}$$

Efisiensi Motor :

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\% \quad (4.4)$$

$$\eta = \frac{654 \text{ Kw}}{785 \text{ Kw}} \times 100\%$$

$$\eta = 83,31\%$$

Perhitungan Arus untuk penentuan kabel dan pengaman motor :

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \phi} \times \text{faktor pengaman} \quad (4.5)$$

$$I = \frac{785.000}{\sqrt{3} \times 6000 \times 0.85} \times 1,7$$

$$I = 151 \text{ Ampere}$$

Untuk arus sebesar 151 Ampere dipilih kabel NYFGBY 150 mm². Kabel yang sekarang digunafain adalah kabel NYFGBY 240 mm². Kabel yang digunakan lebih besar dari hasil perhitungan, jadi penggunaan kabel telah memenuhi standart PUIL.

Untuk pengaman dipilih sekering dengan kapasitas pemutusan arus sebesar 150 Ampere. Sekering yang sekarang digunakan memiliki kapasitas pemutusan arus sebesar 100 Ampere, sekering yang terpasang memiliki kapasitas yang lebih kecil dari hasil perhitungan. Untuk meningkatkan keamanan sebaiknya sekering yang digunakan diganti dengan sekering 150 Ampere.

Daya motor sebesar 785 Kw diperlukan untuk menghasilkan debit sebesar 1000 //detik dengan tekanan sebesar 5 Kg/cm².

Pada saat-saat tertentu ada kalanya kebutuhan air tidak mencapai 1000 //detik, misalnya pada malam hari. Pada malam hari pelanggan tidak memerlukan air sebanyak pada waktu siang hari, oleh karena itu diperlukan pengontrolan tekanan dan debit pompa agar debit dan tekanan yang dihasilkan dapat dikurangi.

Pengurangan tekanan dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu dengan menggunakan Pressure Reduction Valve atau dengan cara pengontrolan putaran motor yang menggerakkan pompa. Pengurangan tekanan dengan menggunakan Pressure Reduction Valve merupakan cara pengurangan tekanan yang cukup praktis, hanya saja akan menyebabkan efisiensi dari pompa menjadi rendah sebab motor pompa tetap bekerja dengan daya penuh pada beban rendah.

Cara lain yang dapat dipergunakan adalah pengontrolan motor penggerak pompa dengan menggunakan Inverter. Dengan menggunakan Inverter kita dapat mengatur frekuensi suplai motor pompa sehingga putarannya dapat kita kontrol.

Dengan mempergunakan hukum kesebangunan pompa kita dapat menentukan Head dan Debit dari pompa akibat penurunan putaran motor tersebut:

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{n_1^2 \times D_1^2}{n_2^2 \times D_2^2} \quad (4.6^2)$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1 \times D_1^3}{n_2 \times D_2^3} \quad (4.7^3)$$

Dimana:

H_1 = Head pompa mula-mula (meter kolom air)

H_2 = Head pompa akhir (meter kolom air)

Q_1 = Debit pompa mula-mula (m^3 / det)

Q_2 = Debit pompa akhir (m^3 / det)

n_1^2 = Putaran pompa mula-mula (Rpm)

n_2^2 = Putaran pompa akhir (Rpm)

D_1^2 = Diameter impeller pompa mula-mula (m)

D_2^2 = Diameter impeller pompa akhir (m)

Untuk melakukan pengontrolan tekanan pompa, mula-mula kita tentukan daya poros pompa pada masing-masing Head yang ingin dihasilkan.

- Untuk menghasilkan Head 49 meter kolom air :

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{n_1^2 \times D_1^2}{n_2^2 \times D_2^2}$$

². Sularso dan Haruo Tahara. *Pompa dan Kompresor* . P.5

³. Ibid

Oleh karena pompa yang dipergunakan adalah pompa yang sama maka dalam perhitungan diameter impeller dapat kita abaikan.

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2}$$

$$\frac{50}{49} = \frac{1000^2}{n_2^2}$$

$$n_2 = \sqrt{1000^2 \times 49 \times 50}$$

$$n_2 = 989,95 \text{ Rpm}$$

Debitnya akan menjadi :

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1 \times D_1^3}{n_2 \times D_2^3}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{1}{Q_2} = \frac{1000}{989,95}$$

$$Q_2 = 0,98 \text{ m}^3 / \text{det}$$

Untuk menghasilkan debit 0,98 m³ / detik pompa memerlukan daya sebesar :

$$P_{sh} = \frac{\sigma_1 \times Q_r \times H_e}{75 \times \eta_{op}}$$

$$P_{sh} = \frac{1000 \text{ Kg/m}^3 \times 0,98 \text{ m}^3 / \text{det} \times 49 \text{ mka}}{75 \times 0,75}$$

$$P_{sh} = 853,7 \times 0,736 \text{ Kw}$$

$$P_{sh} = 628,31 \text{ Kw}$$

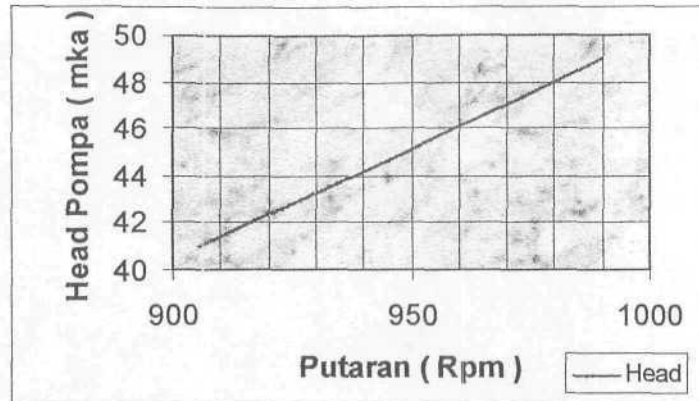
Daya motor listrik yang dipergunakan untuk menggerakkan pompa:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{motor}} &= 1,2 \times P_{\text{sh}} \\
 &= 1,2 \times 628,31 \text{ Kw} \\
 &= 753,98 \text{ Kw}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.1

Tabel debit dan head untuk masing-masing putaran motor

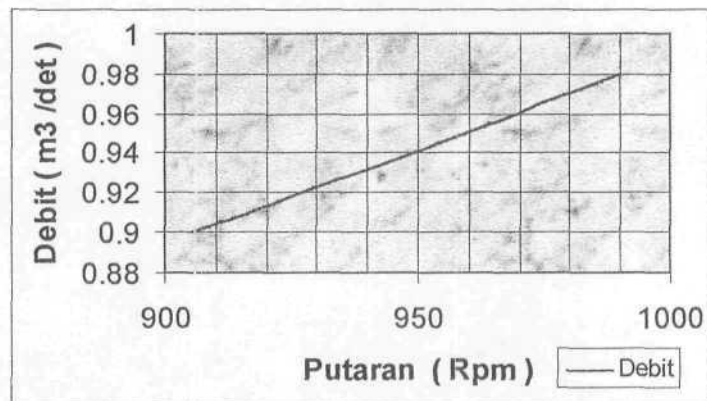
No	Putaran (Rpm)	Debit (m ³ /det)	Head (meter kolom air)
1	989,95	0,98	49
2	979,8	0,97	48
3	969,5	0,96	47
4	959,16	0,95	46
5	948,68	0,94	45
6	938,08	0,93	44
7	927,36	0,92	43
8	916,51	0,91	42
9	905,5	0,90	41



Grafik 4.1

Grafik Perubahan Putaran Pompa terhadap Head Pompa

Dari Grafik 4.1 terlihat bahwa pengurangan putaran pompa akan mengakibatkan head pompa juga berkurang.



Grafik 4.2

Grafik Perubahan Putaran Pompa terhadap Debit yang Dihasilkan

Dari Grafik 4.2 terlihat bahwa debit yang dihasilkan oleh pompa juga akan bertambah seiring dengan meningkatnya putaran motor.

Motor yang dipergunakan memiliki 6 kutub, putaran mula-mula motor dapat kita hitung dengan rumus:

$$f = \frac{n \times P}{60}$$

dimana:

f = Frekuensi (hz)

n = Putaran (Rpm)

P = Jumlah pasang kutub

$$50 = \frac{n \times 3}{60}$$

$$n = 1000 \text{ Rpm}$$

Dengan mengubah frekuensi suplai maka kita dapat mengatur kecepatan motor penggerak pompa. Bila frekuensi diubah menjadi 49 hz maka :

$$f = \frac{n \times P}{60}$$

$$49 = \frac{n \times 3}{60}$$

$$n = 980 \text{ Rpm}$$

Tegangan motor ikut berubah seiring dengan pengubahan kecepatan motor. Jika frekuensi berkurang sedangkan tegangan dibiarkan tetap maka arus daya magnetic motor akan menjadi jenuh, akibatnya motor akan menjadi panas kemudian terbakar. Untuk menghindari hal tersebut maka Inverter memiliki kemampuan untuk menjaga harga

$\frac{\text{Tegangan (V)}}{\text{Frekuensi (f)}}$ agar selalu konstan.

Bila $\frac{\text{Tegangan (V)}}{\text{Frekuensi (f)}}$ Konstan, maka:

$$\frac{V}{f} = \text{Konstan}$$

$$\frac{6000}{50} = 120$$

Jika frekuensi diturunkan menjadi 49 hz, maka:

$$\frac{V}{49} = 120$$

$$V = 5880 \text{ Volt}$$

Arus motor juga akan berubah seiring dengan berkurangnya tegangan:

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi$$

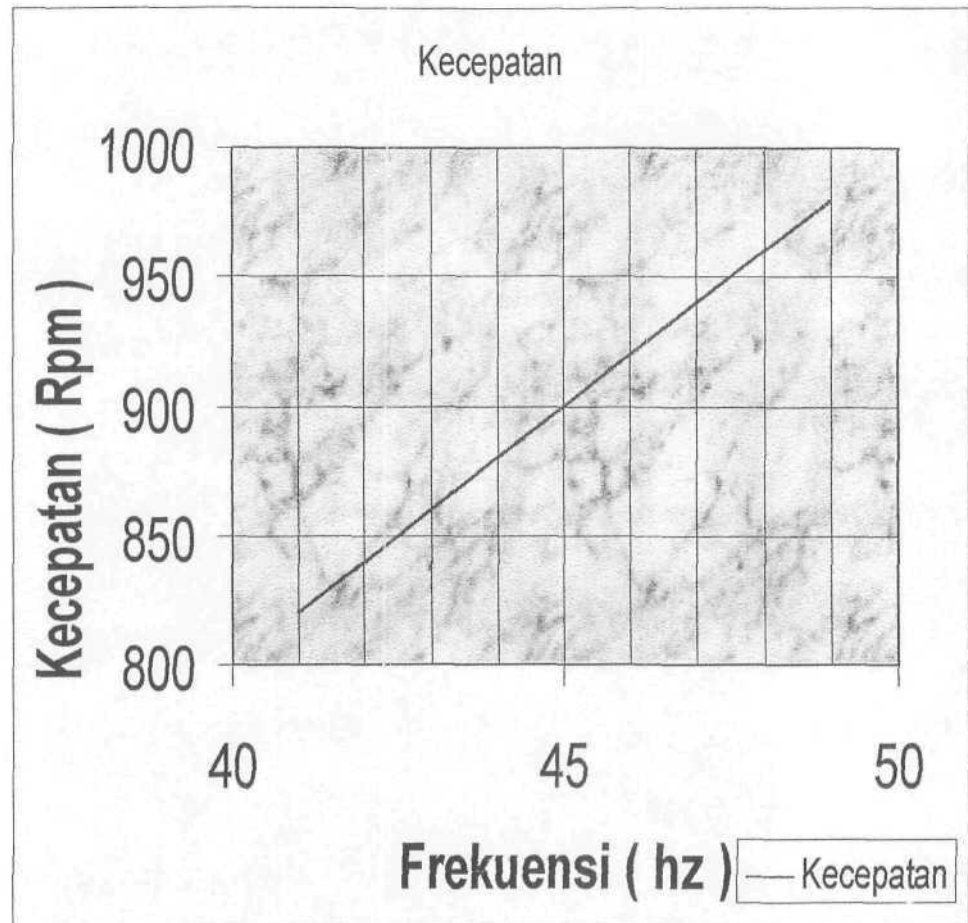
$$800.000 = \sqrt{3} \times 5880 \times I \times 0.85$$

$$I = 92.41 \text{ Ampere}$$

Tabel 4.2

Tabel frekuensi terhadap putaran motor

No	Frekuensi (hz)	Putaran (Rprn)
1	49	980
2	48	960
3	47	940
4	46	920
5	45	900
6	44	880



Grafik 4.3

Grafik Perubahan Kecejoatan Motor akibat Perubahan Frekuensi

1.2 Perhitungan distribusi air di tiap pipa

Zona Simohilir terbagi menjadi 3 sub zona, masing-masing sub zona memiliki meter induk yang berfungsi mencatat debit air yang masuk ke dalam masing-masing sub zona tersebut. Dari hasil perhitungan akan diperoleh debit yang dibutuhkan oleh masing-masing sub zona. Dengan mengasumsikan bahwa setiap 10 m² dihuni oleh 1 orang maka dapat diperoleh jumlah penduduk yang mendiami sub zona tersebut. Hasil perhitungan akan dibandingkan dengan pemakaian air oleh masing-

masing pelanggan. Pelanggan merupakan satu kepala keluarga yang terdiri dari 6 jiwa. Hasil perhitungan akan dipergunakan untuk pengaturan valve yang mengendalikan debit air yang masuk ke masing-masing sub zona.

- Meter Induk Simohilir Timur I :

$$\text{Jumlah Penduduk} = \frac{\text{Luas Wilayah}}{10 \text{ m}^2 / \text{Jiwa}}$$

Sub zona Simohilir Timur I memiliki wilayah seluas 121.030 m^2 , maka :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Penduduk} &= \frac{121.030 \text{ m}^2}{10 \text{ m}^2 / \text{Jiwa}} \\ &= 12.103 \text{ Jiwa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air (Q}_d\text{)} &= 200 \text{ l / hari} \times \text{Jumlah penduduk} \\ &= 200 \times 12.103 \\ &= 2.420,6 \text{ m}^3 / \text{hari} \end{aligned}$$

Sebagai antisipasi kebocoran pipa maka debit air yang dibutuhkan masyarakat ditambah 20 % sehingga debitnya menjadi:

$$\begin{aligned} Q_d &= 1,2 \times 2.420,6 \text{ m}^3 / \text{hari} \\ &= 2.904,72 \text{ m}^3 / \text{hari} \end{aligned}$$

Hasil pencatatan Meter Induk menunjukkan pemakaian air sub zona Simohilir Timur I sebesar $6.566,26 \text{ m}^3 / \text{hari}$.

- Meter Induk Raya Simohilir :

Sub zona Raya Simohilir memiliki wilayah seluas 31.115 m^2 , maka:

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Penduduk} &= \frac{31.115 \text{ m}^2}{10 \text{ m}^2 / \text{ Jiwa}} \\ &= 3.111,5 \text{ Jiwa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan air } (Q_d) &= 200 \text{ l / hari} \times \text{Jumlah penduduk} \\ &= 200 \times 3.111,5 \\ &= 622,3 \text{ m}^3 / \text{hari}\end{aligned}$$

Sebagai antisipasi kebocoran pipa maka debit air yang dibutuhkan masyarakat ditambah 20 % sehingga debitnya menjadi:

$$\begin{aligned}Q_d &= 1,2 \times 622,3 \text{ m}^3 / \text{hari} \\ &= 746,76 \text{ m}^3 / \text{hari}\end{aligned}$$

Hasil pencatatan Meter Induk menunjukkan pemakaian air sub zona Raya Simohilir sebesar $1.059,8 \text{ m}^3/\text{hari}$.

- Meter Induk Sukomanunggal Jaya :

Sub zona Sukomanunggal Jaya memiliki wilayah seluas 55.664 m^2 , maka :

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Penduduk} &= \frac{55.664 \text{ m}^2}{10 \text{ m}^2 / \text{ Jiwa}} \\ &= 5.566,4 \text{ Jiwa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan air } (Q_d) &= 200 \text{ l / hari} \times \text{Jumlah penduduk} \\ &= 200 \times 5.566,4 \\ &= 1113,28 \text{ m}^3 / \text{hari}\end{aligned}$$

Sebagai antisipasi kebocoran pipa maka debit air yang dibutuhkan masyarakat ditambah 20 % sehingga debitnya menjadi:

$$Q_d = 1,2 \times 1113,28 \text{ m}^3 / \text{hari}$$

$$= 1335,93 \text{ m}^3 / \text{hari}$$

Hasil pencatatan Meter Induk menunjukkan pemakaian air sub zona Sukomanunggal Jaya sebesar 286,8 m³/hari.

Tabel 4.3

Perbandingan hasil perhitungan dan pencatatan meter

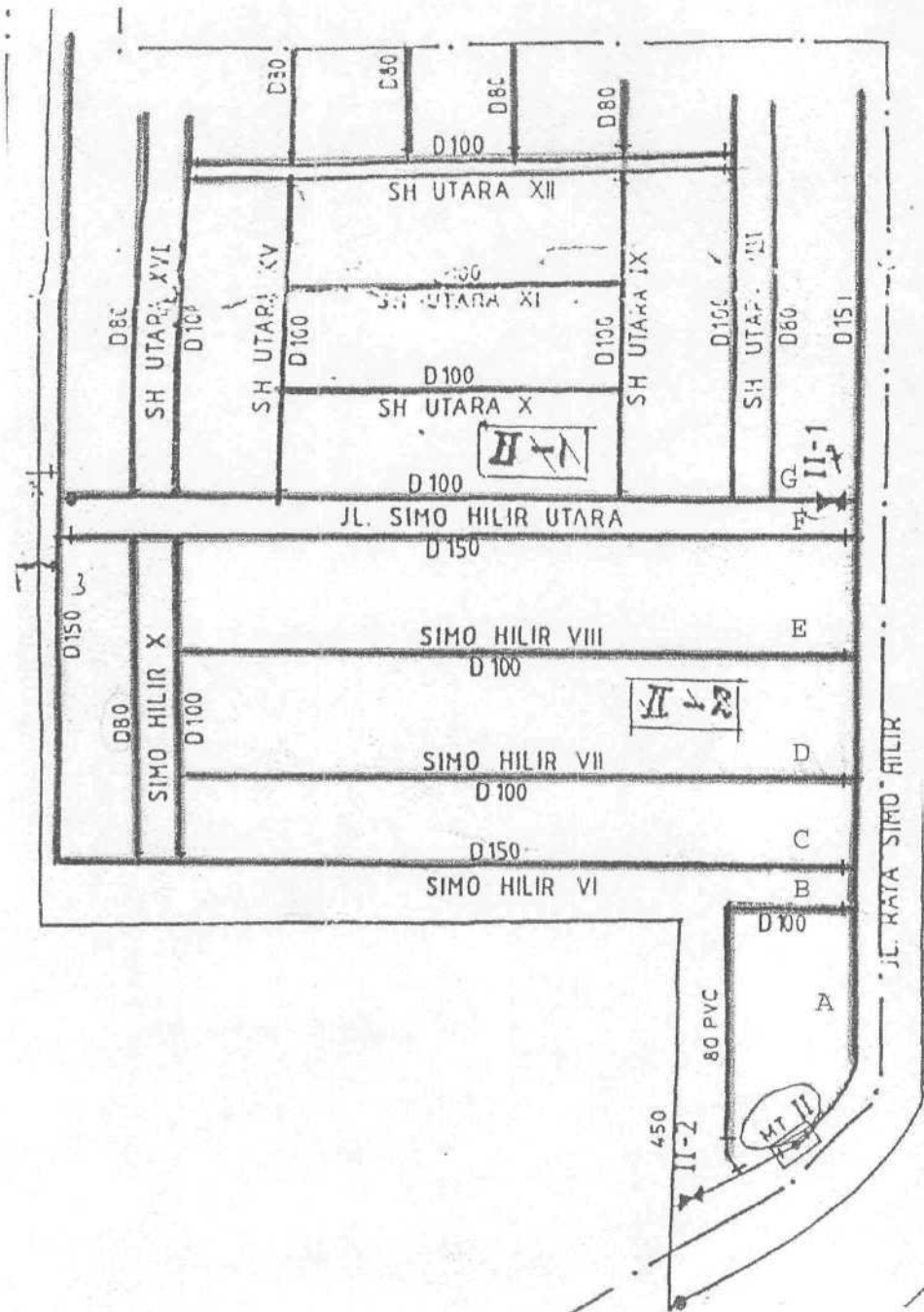
No	Sub zona	Debit air (m ³)	
		Hasil Perhitungan	Pencatatan Meter
1	Simohilir Timur I	2.904,72 m ³ /hari	6.566,26 m ³ /hari
2	Raya Simohilir	746,76 m ³ /hari	1.059,8 m ³ /hari
3	Sukomanunggal Jayfi	1335,93 m ³ /hari	286,8 m ³ /hari

Dari Tabel 4.3 terlihat bahwa pada Subzona Sknohilir Timur 1 dan Raya Simohilir hasil pencatatan meter lebih besar daripada hasil perhitungan, tetapi pada Sub zona Suiomanunggal hasil pencatatan meter lebih kecil daripada hasil perhitungan.

Setelah diketahui debit air yang masuk melalui masing-masing meter induk maka selanjutnya akan dihitung debit air yang mengalir pada masing-masing pipa untuk menentukan pembagian air pada pipa distribusi ke rumah pelanggan.

Gambar di bawah ini menunjukkan lokasi sub zona Raya Simohilir. Mula-mula kita akan menghitung debit air yang mengalir pada masing-

masing pipa, kemudian kita perkirakan air yang dibutuhkan oleh pelanggan yang berada di sepanjang jalan yang dilalui pipa distribusi tersebut. Hasil perhitungan akan menentukan pengaturan valve pada masing-masing pipa distribusi tersebut.



.Gambar4.1

Gambar Lokasi Sub zona Raya Simohilir

Debit air yang mengalir pada masing-masing pipa distribusi dapat kita tentukan dengan cara perbandingan diameter.

$$\begin{aligned}\text{Total Diameter pipa A sampai pipa G} &= 150 + 100 + 150 + 100 + 100 + \\ &\quad 150 + 100 \\ &= 850 \text{ mm}\end{aligned}$$

Debit air yang mengalir pada pipa A telah diketahui dari perhitungan sebesar $746,76 \text{ m}^3/\text{hari}$, dari pipa A air akan didistribusikan ke pipa B sampai pipa G.

$$\begin{aligned}\text{Debit air pada pipa B} &= \frac{\text{Diameter pipa B}}{\text{Diameter total pipa A - G}} \times \text{Debit total} \\ &= \frac{100 \text{ mm}}{850 \text{ mm}} \times 746,76 \text{ m}^3 / \text{hari} \\ &= 87,85 \text{ m}^3 / \text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Debit air pada pipa C} &= \frac{\text{Diameter pipa C}}{\text{Diameter total pipa A - G}} \times \text{Debit total} \\ &= \frac{150 \text{ mm}}{850 \text{ mm}} \times 746,76 \text{ m}^3 / \text{hari} \\ &= 131,78 \text{ m}^3 / \text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Debit air pada pipa D} &= \frac{\text{Diameter pipa D}}{\text{Diameter total pipa A - G}} \times \text{Debit total} \\ &= \frac{100 \text{ mm}}{850 \text{ mm}} \times 746,76 \text{ m}^3 / \text{hari} \\ &= 87,85 \text{ m}^3 / \text{hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Debit air pada pipa E} &= \frac{\text{Diameter pipa E}}{\text{Diameter total pipa A - G}} \times \text{Debit total} \\
 &= \frac{100 \text{ mm}}{850 \text{ mm}} \times 746,76 \text{ m}^3 / \text{hari} \\
 &= 87,85 \text{ m}^3 / \text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Debit air pada pipa F} &= \frac{\text{Diameter pipa F}}{\text{Diameter total pipa A - G}} \times \text{Debit total} \\
 &= \frac{150 \text{ mm}}{850 \text{ mm}} \times 746,76 \text{ m}^3 / \text{hari} \\
 &= 131,78 \text{ m}^3 / \text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Debit air pada pipa G} &= \frac{\text{Diameter pipa G}}{\text{Diameter total pipa A - G}} \times \text{Debit total} \\
 &= \frac{100 \text{ mm}}{850 \text{ mm}} \times 746,76 \text{ m}^3 / \text{hari} \\
 &= 87,85 \text{ m}^3 / \text{hari}
 \end{aligned}$$

Perkiraan air yang dibutuhkan oleh penduduk yang berada di sepanjang jalan yang dilalui pipa distribusi :

Pipa distribusi C menyuplai wilayah seluas 3.381 m^2 ,

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah penduduk} &= \frac{3.381 \text{ m}^2}{10 \text{ m}^2 / \text{jiwa}} \\
 &= 338,1 \text{ jiwa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan air (Q}_d\text{)} &= 200 \text{ l / hari} \times \text{Jumlah penduduk} \\
 &= 200 \times 338,1 \\
 &= 67,62 \text{ m}^3 / \text{hari}
 \end{aligned}$$

Pipa distribusi D menyuplai wilayah seluas 2.940 m^2 ,

$$\text{Jumlah penduduk} = \frac{2.940 \text{ m}^2}{10 \text{ m}^2 / \text{jiwa}}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air (Q}_d\text{)} &= 200 \text{ l / hari} \times \text{Jumlah penduduk} \\ &= 200 \times 294 \\ &= 58,8 \text{ m}^3 / \text{hari} \end{aligned}$$

Pipa distribusi E menyuplai wilayah seluas 2.940 m^2 ,

$$\text{Jumlah penduduk} = \frac{2.940 \text{ m}^2}{10 \text{ m}^2 / \text{jiwa}}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air (Q}_d\text{)} &= 200 \text{ l / hari} \times \text{Jumlah penduduk} \\ &= 200 \times 294 \\ &= 58,8 \text{ m}^3 / \text{hari} \end{aligned}$$

Pipa distribusi F menyuplai wilayah seluas 2.940 m^2 ,

$$\text{Jumlah penduduk} = \frac{2.940 \text{ m}^2}{10 \text{ m}^2 / \text{jiwa}}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air (Q}_d\text{)} &= 200 \text{ l / hari} \times \text{Jumlah penduduk} \\ &= 200 \times 294 \\ &= 58,8 \text{ m}^3 / \text{hari} \end{aligned}$$

Pipa distribusi G menyuplai wilayah seluas 2.254 m^2 ,

$$\text{Jumlah penduduk} = \frac{2.254 \text{ m}^2}{10 \text{ m}^2 / \text{jiwa}}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air (Q}_d\text{)} &= 200 \text{ l / hari} \times \text{Jumlah penduduk} \\ &= 200 \times 225,4 \\ &= 45,08 \text{ m}^3 / \text{hari} \end{aligned}$$

Tabel 4.4

Tabel Perbandingan kebutuhan air teoritis dan pencatatan meter

No	Pipa	Debit air (m ³)	Kebutuhan air Teoritis (m ³)	Pencatatan Meter (m ³)
1	A	746,76 m ³ /hari		1.059,8 m ³ /hari
2	B	87,85 m ³ /hari		
3	C	131,78 m ³ /hari	67,62 m ³ /hari	42,16 m ³ /hari
4	D	87,85 m ³ /hari	58,8 m ³ /hari	75,6 m ³ /hari
5	E	87,85 m ³ /b.ari	58,8 m ³ /hari	72,23 m ³ /hari
6	F	131,78 m ³ /hari	58,8 m ³ /hari	36,73 nrVhari
7	G	87,85 nrVhari	45,08 nrVhari	36,73 nrVhari

Tekanan air pada pelanggan yang berada paling jauh dari Meter Induk dapat diperkirakan dengan mempergunakan rumus :

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} + g z_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + g z_2 + h l_t \quad (4.4^4)$$

$$h l_t = \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{g}$$

dimana :

P_1 = Tekanan di titik awal (dalam Pa)

P_2 = Tekanan di titik akhir (dalam Pa)

ρ = Berat jenis cairan (dalam kg/m³)

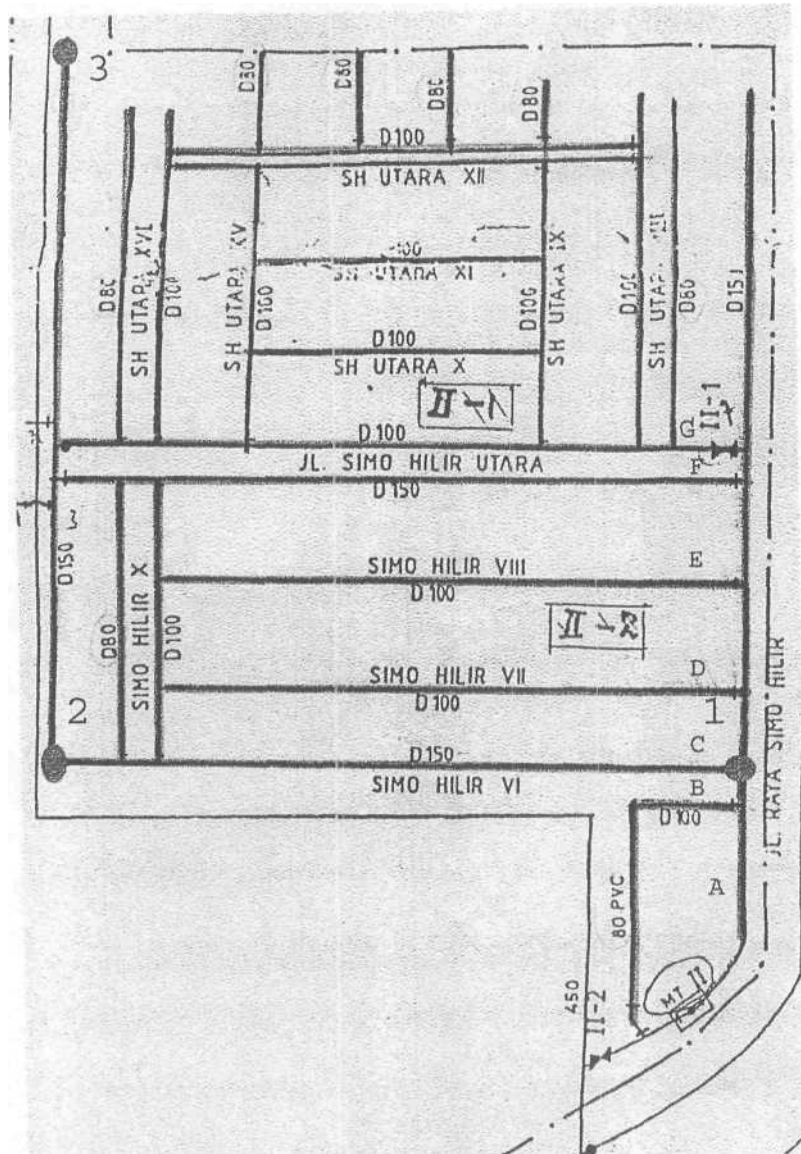
v_1 = Kecepatan cairan di titik awal (m/sec)

v_2	=	Kecepatan cairan di titik akhir (m/sec)
g	=	Percepatan gravitasi (m/sec ²)
z_1	=	Ketinggian titik awal (dalam meter)
z_2	=	Ketinggian titik akhir (dalam meter)
h_{lt}	=	Head loss yang disebabkan adanya valve dan belokan pada pipa(dalam Pa)
L	=	Panjang pipa (dalam meter)
D	=	Diameter pipa (dalam meter)

Pipa distribusi diasumsikan memiliki ketinggian yang sama pada titik awal dan pada titik akhir sehingga “z” dapat diabaikan. Dengan demikian rumus tersebut dapat kita sederhanakan menjadi :

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} = \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + h_{lt}$$

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} + h_{lt}$$



Gambar4.2

Gambar Titik Terjauh dari Meter Induk

Tekanan minimum pada titik 3 harus mencapai 1 meter kolom air dengan kecepatan sekurang-kurangnya 0.01 m/sec, untuk itu kita tentukan tekanan minimum yang terdapat pada titik 1. Untuk mencari tekanan pada titik 1, kita hitung tekanan pada titik 2 terlebih dahulu:

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} + \left(\frac{L}{D} \times \frac{v^2}{g} \right)$$

$$\frac{P_1 - P_2}{1000} = \frac{(0.01)^2 - (0.0849)^2}{2} + \left(\frac{168}{0.15} \times \frac{(0.0849)^2}{9.8} \right)$$

$$P_1 - P_2 = 0.82015 \text{ KPa}$$

$$P_1 - P_2 = 0.82015 \times 0.0098 \text{ atm}$$

$$P_1 - P_2 = 0.008 \text{ atm}$$

$$P_1 - P_2 = 0.008 \times 10 \text{ mka}$$

$$P_1 - P_2 = 0.08 \text{ mka}$$

P_2 yang dikehendaki adalah 1 mka, maka:

$$P_1 = 1.08 \text{ mka}$$

Setelah tekanan di titik 2 diketahui, kita lanjutkan untuk menghitung tekanan pada titik 1 yang merupakan tekanan pada sisi masuk ke sub zona Raya Simohilir.

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} + \left(\frac{L}{D} \times \frac{v^2}{g} \right)$$

$$\frac{P_1 - P_2}{1000} = \frac{(0.0849)^2 - (0.4869)^2}{2} + \left(\frac{161}{0.15} \times \frac{(0.4869)^2}{9.8} \right)$$

$$P_1 - P_2 = 25.85 \text{ KPa}$$

$$P_1 - P_2 = 25.85 \times 0.0098 \text{ atm}$$

$$P_1 - P_2 = 0.25 \text{ atm}$$

$$P_1 - P_2 = 2.5 \text{ mka}$$

Tekanan di titik 2 adalah 1.08 mka, maka :

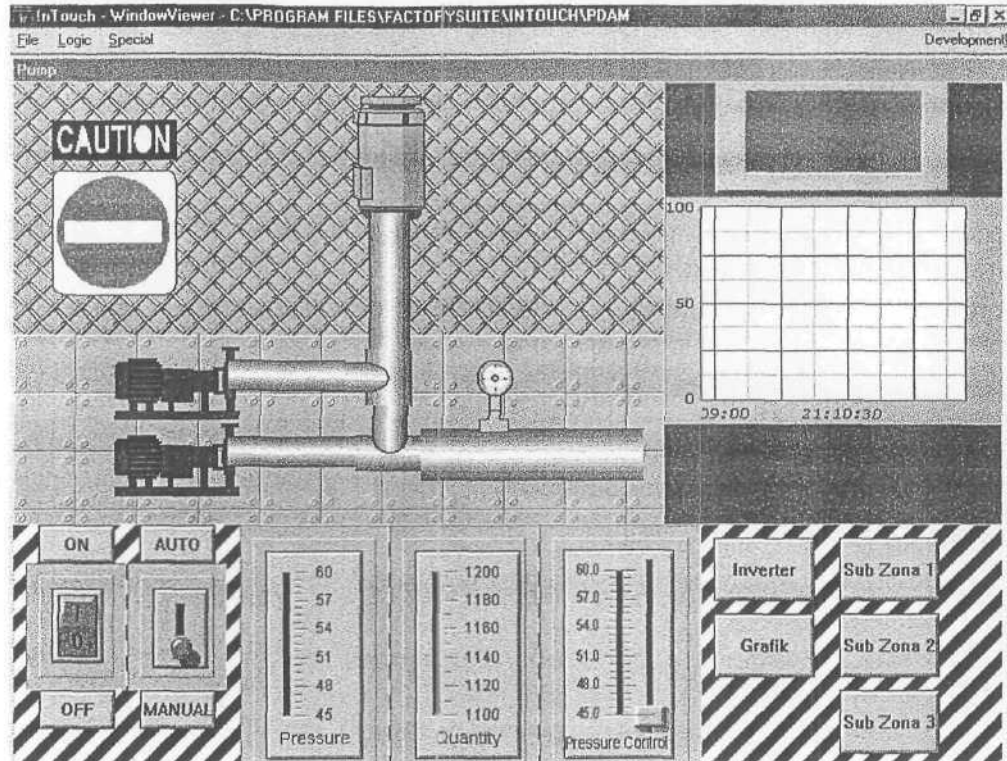
$$P_1 = 3.6 \text{ mka}$$

Data dari PDAM menunjukkan bahwa tekanan pada Meter Induk Sub zona Raya Simohilir 2.1 - 2.48 mka, berarti PDAM tidak memerlukan pengatoran frekuensi suplai pompa dengan Inverter karena pengurangac frekuensi suplai akan mengakibatkan Head yang dihasilkan akan semakin berkurang, akibatnya pelanggan tidak mendapat air. Sebaliknya justru PDAM sebaiknya menambahkan ponipa booster agar penyediaan air kepada pelanggan semakin optimal.

Bila dilakukan pen;ubahan pompa booster maka barulah dapat dilakukan pengaturan frekuensi pada pompa utama.

2. PEMBUATAN SIMULASI

Berikut akan dibahas tentang pembuatan program simulasi pengaturan pompa distribusi air beserta penanggulangan kebocoran pada wilayah Zona Simohilir. Pertama-tama akan dijelaskan terlebih dahulu semua pengontrolan yang dapat dilakukan dari program ini. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari gambar berikut ini.



Gambar 4.3

Gambar Window Pengontrolan Pompa Distribusi

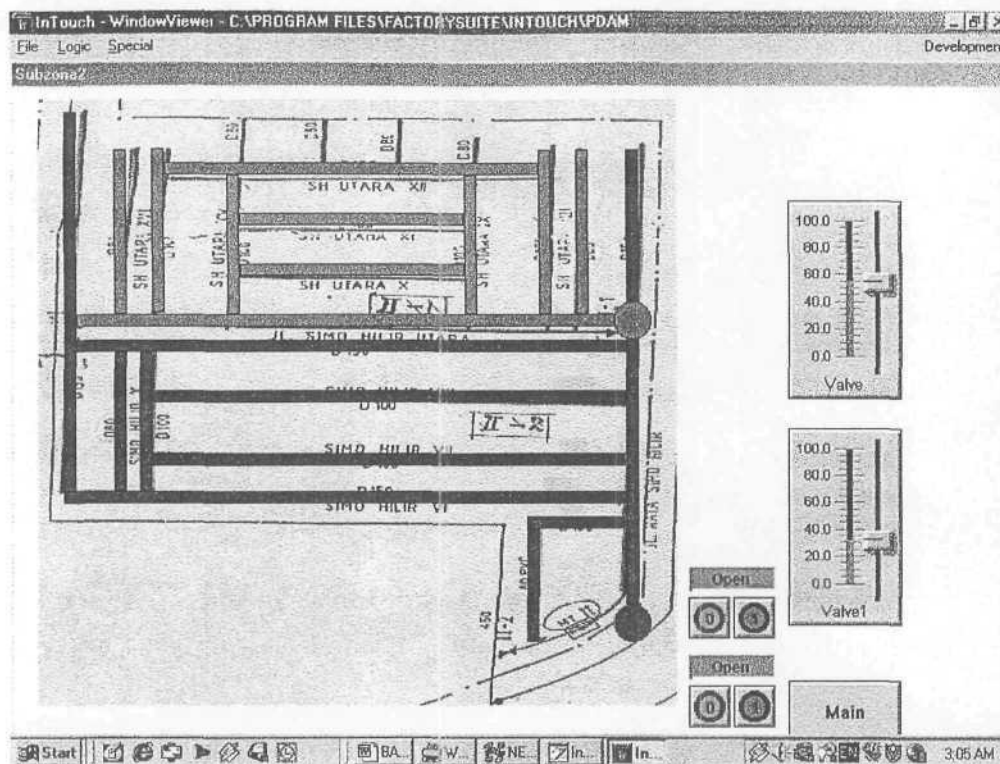
Dari window ini kita dapat melakukan pengontrolan terhadap pompa distribusi. Parameter yang dapat kita control antara lain: Tekanan, Debit air dan Frekuensi suplai bagi motor pompa.

Dari window ini kita bisa beralih ke window yang lain sesuai dengan yang terdapat pada gambar di atas yaitu:

- Inverter ; Untuk menampilkan panel Inverter, dimana di window ini kita bisa melihat frekuensi suplai yang diberikan pada motor pompa. Pada pengontrolan secara manual, harga dari Frekuensi ini tergantung dari nilai tekanan dan debit yang ingin dihasilkan sesuai dengan hasil perhitungan, misalnya: pengaturan tekanan

60 mka akan mengatur frekuensi suplai sebesar 50 hz dan debit yang dihasilkan sebesar 1200 //det. Pada pengontrolan secara otomatis Inverter akan mengatur Frekuensi suplai sebesar 50 hz pada siang hari sedangkan pada malam hari frekuensi suplai akan turun menjadi 47 hz sehingga tekanan yang dihasilkan menjadi 47 mka dan debitnya sebesar 1130 //det,

- SubZona; Untuk beralih ke window masing-masing Subzona sehingga kita bisa melihat bagaimana pendistribusian air pada kawasan Subzona tersebut. Dari window *M* kita bisa melakukan pengaturan valve secara otomatis maupun manual. Bila pengaturan valve kita set secara otomatis maka valve akan terbuka atau tertutup sesuai dengan kondisi pompa pusat, bila tekanan yang dihasilkan pompa pusat tinggi maka valve akan ditutup hingga mencapai 75 % namun bila tekanan yang dihasilkan rendah maka valve akan dibuka 100 %. Sebaliknya bila pengaturan di-set secara manual maka kita bisa melakukan pengontrolan terhadap valve sesuai dengan kebutuhan.
- Grafik ; Untuk menampilkan window grafik tekanan dan debit air yang dihasilkan oleh pompa pusat. Dari grafik ini kita dapat memonitor tekanan yang dihasilkan untuk mengbindari terjadinya tekananii berlebihan.



Gambar 4.4

Gambar Wilayah Sub Zona II Raya Simohilir

Berikut akan dijelaskan proses yang terjadi pada setiap window untuk memperjelas fungsi simulasi berikut ini.

2.1 Kondisi Pengontrolan Manual

Setelah Saklar dalam posisi ON, kita bisa mengatur besarnya tekanan yang ingin kita hasilkan. Besarnya tekanan yang dihasilkan oleh pompa akan terlihat pada grafik di sebelahnya. Pompa akan berkedip untuk menunjukkan bahwa pompa dalam kondisi ON, dua pompa pembantu akan ON jika tekanan yang dihasilkan kurang dari 60 mka dan akan berhenti berkedip saat tekanan yang dihasilkan telah

melewati 60 mka. Pada window Subzona kita bisa mengatur valve agar terbuka atau tertutup sesuai dengan debit yang ingin kita salurkan ke wilayah tersebut.

2.2 Kondisi Pengontrolan Otomatis

Pada kondisi pengontrolan otomatis Komputer akan memberikan pengontrolan yang terbaik dalam arti semua peralatan pendukung dalam kondisi ideal. Tekanan akan diatur 60 mka, valve pada wilayah Subzona akan diatur pada posisi dimana semua wilayah cukup mendapatkan air.

2.3 Kondisi Bila Terjadi Kebocoran

Bila terjadi kebocoran pada salah satu pipa di wilayah Subzona maka pipa yang mengalami kebocoran akan berkedip-kedip dengan warna merah.

3.1 Pengujian Pertama

Input diberikan melalui PLC kemudian kita memonitor harga dari Input tersebut dari software Intouch. Contoh: Kondisi kebocoran pada pipa yang diberikan oleh perbedaan nilai flow meter di kedua ujung pipa. Pada pengujian ini perbedaan nilai flow meter diwakili oleh switch, bila posisi kedua switch pada ujung pipa tidak menunjukkan harga yang sama maka dapat diasumsikan bahwa flow meter menunjukkan harga yang berbeda sehingga PLC berkomunikasi dengan software Intouch dan menampilkan pesan kebocoran tersebut di layer monitor.

3.2 Pengujian Kedua

Input diberikan melalui software Intouch lalu disimpan dalam memory PLC untuk memerintahkan PLC agar bekerja sesuai dengan kondisi yang baru kita Input-kan. Hasil dari kondisi yang baru akan ditampilkan juga pada layer monitor. Contoh: Pengaturan besar tekanan akan menyebabkan frekuensi yang diberikan pada motor pompa menjadi bertambah besar, hasil pengaturan tekanan akan ditampilkan di layer monitor dalam bentuk perubahan harga debit dan tekanan pompa.