

4. ANALISA DATA

Bagian yang akan dianalisa pada bab ini adalah : analisa cairan, pompa, mixer, heater, valve, PLC, dan SCADA.

4.1. Analisa Cairan

Karena cairan yang akan digunakan adalah campuran antara air dan sirup, maka perlu untuk dilakukan analisa pada tiap-tiap campuran tersebut. Hal-hal yang akan dianalisa meliputi :

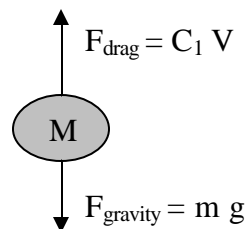
- Massa jenis dan viskositas cairan
- Debit cairan

Pada percobaan ini digunakan sirup dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Merk : Del Monte 750 mL
- Rasa *strawberry*

4.1.1. Massa Jenis Dan Viskositas Cairan

Untuk mengetahui viskositas dari tiap-tiap cairan, maka akan dilakukan percobaan dengan sebuah kelereng besi kecil yang akan dimasukkan dalam pipa yang berisi cairan. Kelereng besi saat memasuki cairan tersebut akan terkena gaya gravitasi dan gaya tarik seperti pada gambar 4.1 dibawah ini :



Gambar 4.1. Hukum Gaya Gravitasi dan Gaya Tarik¹

¹ David Boal, PHYS 101 Lecture 8, Viscosity and Drag. p. 8-2

Kelereng besi tersebut akan terus melaju karena gaya gravitasi yang diberikan lebih besar dari gaya tarik yang mempunyai kecepatan yang rendah. Yang paling maksimum adalah besarnya gaya tarik mendekati dari gaya gravitasi tetapi tidak bisa untuk menyamainya. Kemudian dengan menggunakan hukum Stoke mengenai gaya aliran benda pada cairan dengan viskositas tertentu untuk kecepatan rendah, seperti pada rumus dibawah ini :

$$F = 6 \pi \mu R V \quad (4.1)^2$$

Keterangan :

F : Gaya (N)

μ : Viskositas cairan (Pa . s)

R : Jari-jari benda (m)

V : Kecepatan aliran (m /s)

Pada gambar 4.1 apabila gaya tarik pada kelereng besi tersebut merupakan gaya Stoke maka dapat dicari persamaannya sebagai berikut :

$$F_{\text{drag}} = F_{\text{stoke}}$$

$$C_1 V = 6\pi\mu RV$$

$$C_1 = 6\pi\mu R \quad (4.2)$$

Kemudian dengan mengambil asumsi gaya gravitasi yang didapat sama dengan gaya tarik maka :

$$C_1 V = m g$$

$$C_1 = (m g) / V \quad (4.3)$$

Viskositas dapat dicari dengan mensubstitusikan rumus (4.2) dengan rumus (4.3) sebagai berikut :

$$\frac{m g}{V} = 6\pi\mu R$$

$$\mu = \frac{m g}{V 6\pi R} \quad (4.4)$$

Keterangan :

μ : Viskositas cairan (Pa . s)

² Ibid. p. 8-1

m : Massa benda (kg)

g : Percepatan gravitasi (m/s^2)

R : Jari-jari benda (m)

V : Kecepatan aliran (m /s)

Sedangkan kecepatan jatuhnya dapat dicari dengan mengukur waktu yang dicapai oleh kelereng besi tersebut saat melintasi pipa yang berisi cairan.

Pada percobaan ini digunakan pipa Pyrex dengan volume cairan 600 mL dengan tinggi 100,8 cm. Berat dari pipa tersebut 1100 gram. Juga digunakan dua kelereng besi dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Kelereng besar $R = 4,75$ mm
 $m = 3,52$ gram
- Kelereng kecil $R = 3,5$ mm
 $m = 1,41$ gram

Sedangkan massa jenis dari cairan dapat dicari dengan menimbang berat total dikurangi berat pipa akan didapatkan berat dari campuran cairan tersebut. Dari ukuran pada pipa tersebut dapat dilihat volume dari campuran air dan sirup yang telah ditimbang.

Kemudian dilakukan percobaan satu persatu untuk setiap jenis kadar campuran dari air dan sirup seperti untuk kadar 100 % sirup didapatkan massanya 720 gram saat volume 600 ml sehingga massa jenisnya :

$$m = 720 \text{ gram}$$

$$v = 600 \text{ mL}$$

$$\rho = m / v$$

$$\rho = 720 / 600 \text{ gr/mL}$$

$$\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$$

Saat dilakukan percobaan untuk mencari viskositasnya didapatkan data sebagai berikut :

* Kelereng besi kecil $t_1 = 0,22$ s

$$V_1 = \frac{\text{tinggi pipa saat volume 600 mL}}{t_1}$$

$$V_1 = \frac{100,8}{0,22} \text{ cm/s}$$

$$V_1 = 458,182 \text{ cm/s}$$

$$V_1 = 4,58182 \text{ m/s}$$

Viskositasnya dapat dicari dengan rumus (4.4) seperti berikut :

$$\mu_1 = \frac{m \cdot g}{V \cdot 6 \pi R}$$

$$\mu_1 = \frac{1,41 \cdot 10^{-3} \times 9,8}{4,58182 \times 6 \times 3,14 \times 3,5 \cdot 10^{-3}} \text{ Pa. s}$$

$$\mu_1 = 45,736 \cdot 10^{-3} \text{ Pa. s}$$

* Kelereng besi besar $t_2 = 0,14 \text{ s}$

$$V_1 = \frac{\text{tinggi pipa saat volume 600 mL}}{t_1}$$

$$V_1 = \frac{100,8}{0,14} \text{ cm/s}$$

$$V_1 = 720 \text{ cm/s}$$

$$V_1 = 7,20 \text{ m/s}$$

Viskositasnya dapat dicari dengan rumus (4.4) seperti berikut :

$$\mu_1 = \frac{m \cdot g}{V \cdot 6 \pi R}$$

$$\mu_1 = \frac{3,52 \cdot 10^{-3} \times 9,8}{7,2 \times 6 \times 3,14 \times 4,75 \cdot 10^{-3}} \text{ Pa. s}$$

$$\mu_1 = 53,538 \cdot 10^{-3} \text{ Pa. S}$$

Sehingga untuk viskositasnya diambil nilai rata-rata dari kedua percobaan diatas sebagai berikut

$$\mu_t = \frac{(45,736 + 53,538)}{2} 10^{-3} \quad \text{Pa. s}$$

$$\mu_t = 49,637 \cdot 10^{-3} \quad \text{Pa. S}$$

Untuk kadar campuran air dan sirup yang lain dapat dilihat pada tabel 4.1 dan tabel 4.2 dibawah ini :

Tabel 4.1. Massa Jenis dan Viskositas Cairan

Kadar Sirup	600 mL Massa (gram)	ρ (kg / m ³)	kelereng Besi Kecil			kelereng besi besar		
			T (s)	V (m / s)	10 ⁻³ (Pa. S)	t (s)	v (m / s)	10 ⁻³ (Pa. s)
100%	720	1200	0,22	4,58182	45,736	0,14	7,2	53,538
90%	690	1150	0,17	5,92941	35,341	0,11	9,16364	42,066
80%	678	1130	0,16	6,30	33,263	0,1	10,08	38,241
70%	666	1110	0,13	7,75385	27,026	0,09	11,20	34,417
60%	660	1100	0,14	7,2	29,105	0,08	12,60	30,593
50%	654	1090	0,12	8,4	24,967	0,08	12,60	30,593
40%	642	1070	0,11	9,16364	22,868	0,07	14,40	26,769
30%	630	1050	0,1	10,08	20,789	0,06	16,80	22,945
20%	618	1030	0,07	14,40	14,552	0,05	20,16	19,121
10%	606	1010	0,05	20,16	10,395	0,04	25,20	15,297
0%	600	1000	0,04	25,20	8,316	0,02	50,40	7,648

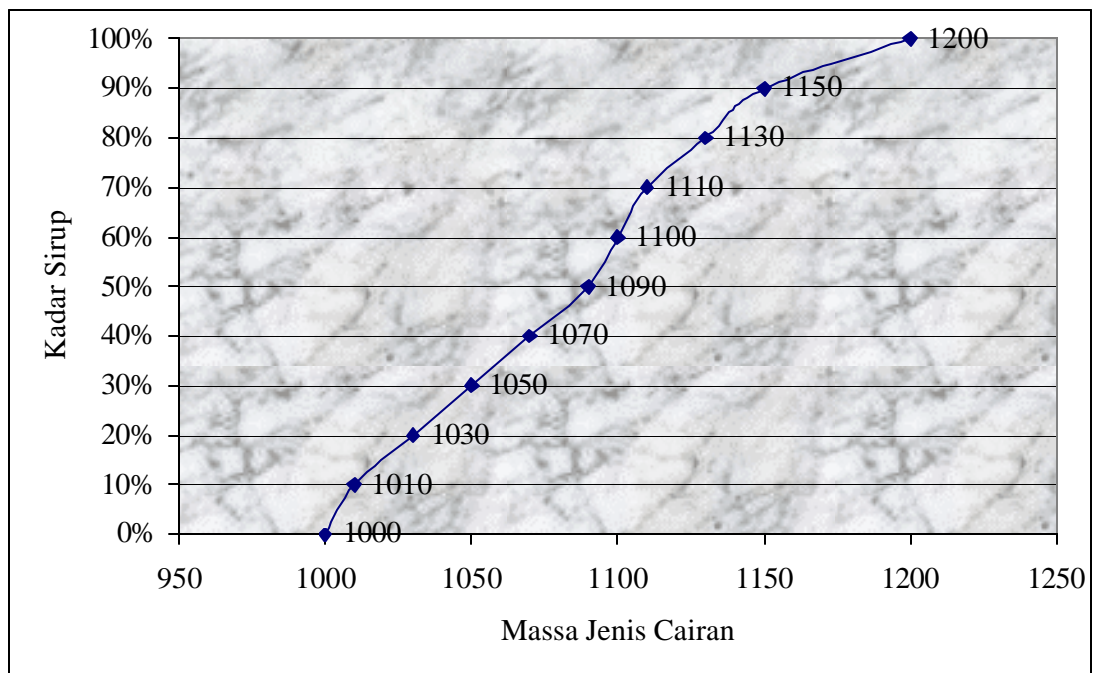
Tabel 4.2. Massa Jenis dan Viskositas Rata-rata

Kadar Sirup	ρ (kg / m ³)	Viskositas Rata-rata 10 ⁻³ (Pa. s)
100%	1200	49.637
90%	1150	38.7035
80%	1130	35.752
70%	1110	30.7215
60%	1100	29.849
50%	1090	27.78
40%	1070	24.8185
30%	1050	21.867

Tabel 4.2. Massa Jenis dan Viskositas Rata-rata (Sambungan)

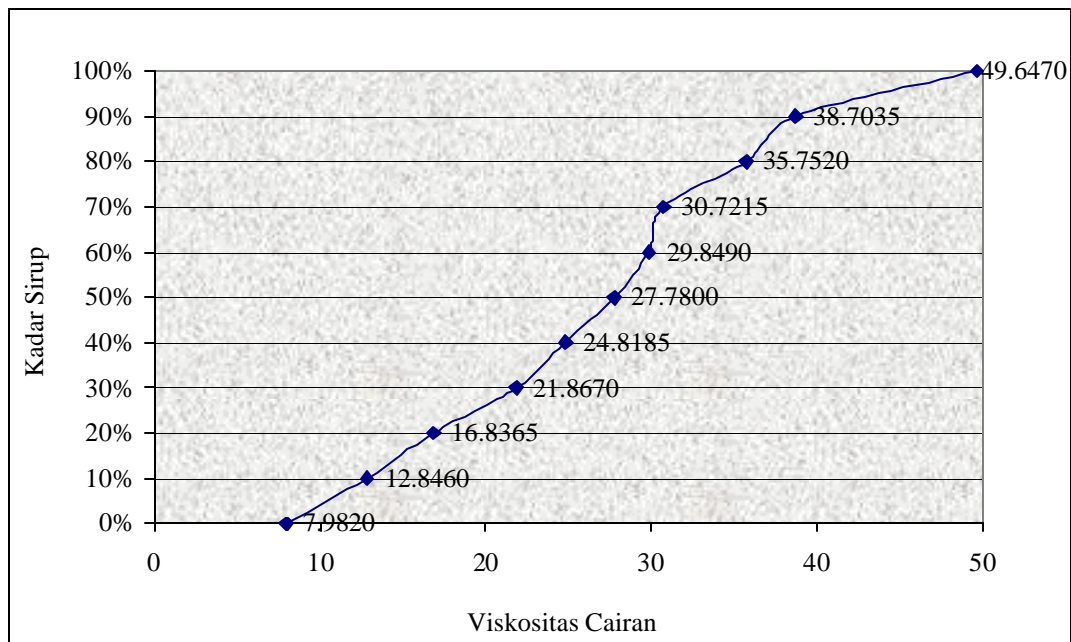
Kadar Sirup	ρ (kg / m ³)	Viskositas Rata-rata 10 ⁻³ (Pa. s)
20%	1030	16.8365
10%	1010	12.846
0%	1000	7.982

Apabila tabel 4.2 dibuat grafiknya untuk massa jenis sirup dan viskositas rata-rata terhadap kadarnya maka akan terlihat seperti pada gambar 4.2 dan gambar 4.3.



Gambar 4.2. Grafik Massa Jenis Cairan

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa kadar sirup apabila semakin besar kandungannya dalam cairan, maka massa jenisnya akan semakin besar. Sehingga apabila dilakukan percobaan dengan volume yang sama maka yang kandungannya sirup banyak akan semakin berat.

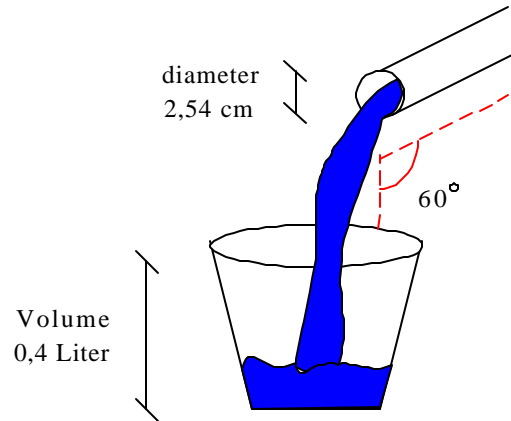


Gambar 4.3. Grafik Viskositas Rata-rata Sirup

Dari gambar diatas dapat diambil kesimpulan, bahwa dengan semakin besarnya kadar sirup dalam suatu cairan, maka viskositasnya akan semakin besar. Dimana viskositas cairan berhubungan erat dengan kekentalan cairan tersebut. Viskositas ini akan terlihat pengaruhnya terhadap pemakaian pompa dan motor untuk menjalankan mixer.

4.1.2. Debit Cairan

Untuk menganalisa debit cairan yang keluar pada pompa, dilakukan dengan cara menghitung waktu dari cairan untuk mengisi wadah dengan kapasitas tertentu. Pada percobaan ini dipakai tempat dengan kapasitas 0,4 liter. Dimana setiap kadar sirup dalam campuran cairan ini dilakukan percobaan sebanyak delapan kali, kemudian diambil nilai rata-ratanya. Bentuk dari percobaan seperti pada gambar berikut ini :

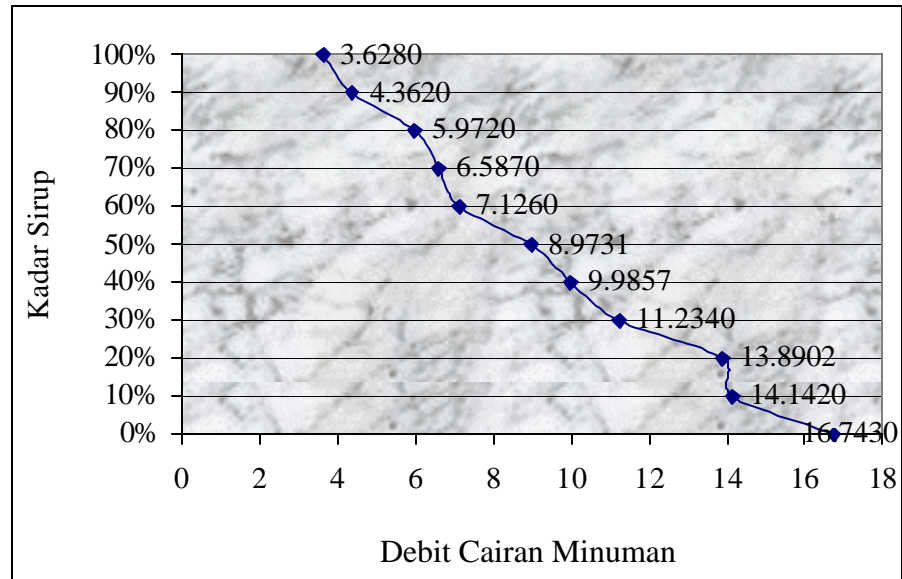


Gambar 4.4. Percobaan Debit Cairan

Percobaan ini dilakukan untuk mencari debit minimum yang masih memungkinkan dapat diterima oleh plan dengan bentuk desain simulasi proses produksi minuman seperti pada gambar 3.1. Dari setiap campuran antara air dan sirup dilakukan percobaan dengan sudut jatuh 60° . Tujuan dari diketahuinya debit minimum yang cocok pada bentuk plan ini, adalah untuk mengetahui daya poros pompa minimum yang masih dapat digunakan. Hasil dari percobaan adalah sebagai berikut :

Tabel 4.3. Debit Cairan Pompa Satu

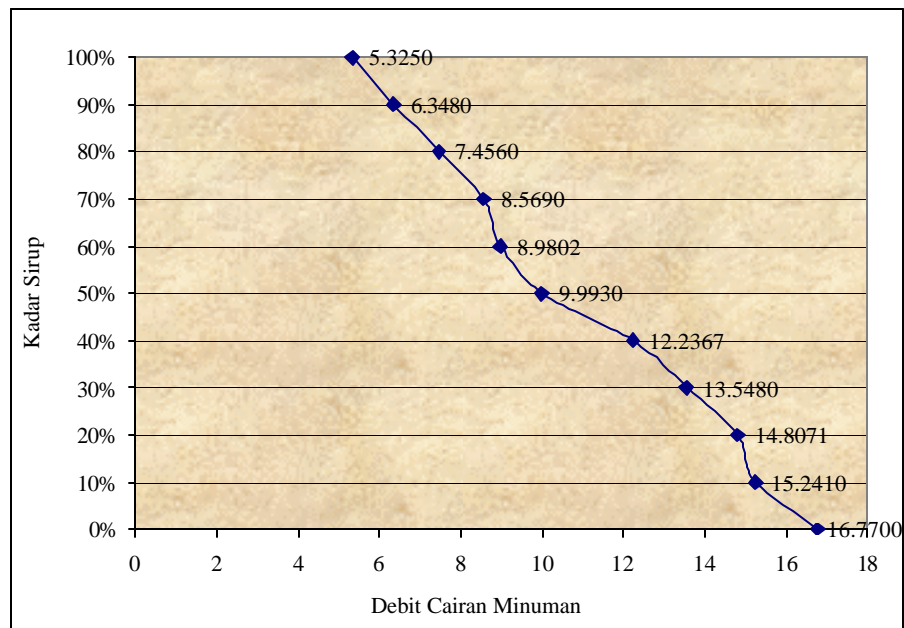
Kadar Sirup	Q (L / Min)
100%	3.628
90%	4.362
80%	5.972
70%	6.587
60%	7.126
50%	8.9731
40%	9.9857
30%	11.234
20%	13.8902
10%	14.142
0%	16.743



Gambar 4.5. Grafik Debit Cairan Pompa Satu

Tabel 4.4. Debit Cairan Pompa Dua

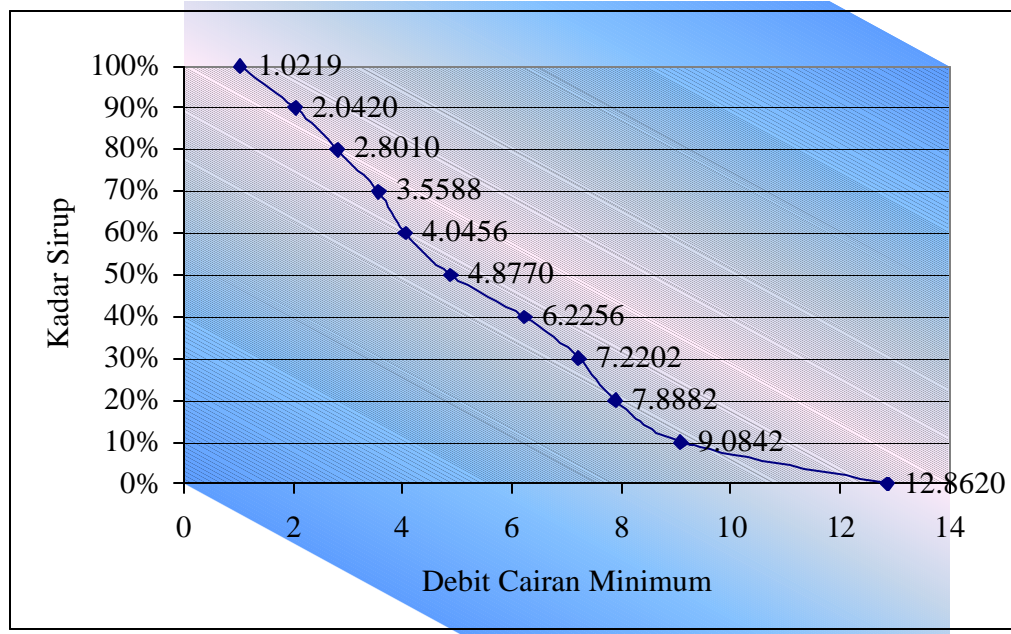
Kadar Sirup	Q (L / Min)
100%	5.325
90%	6.348
80%	7.456
70%	8.569
60%	8.9802
50%	9.993
40%	12.2367
30%	13.548
20%	14.8071
10%	15.241
0%	15.87



Gambar 4.6. Grafik Debit Cairan Pompa Dua

Tabel 4.5. Debit Cairan Pompa Tiga

Kadar Sirup	Q (L / Min)
100%	1.0219
90%	2.042
80%	2.801
70%	3.5588
60%	4.0456
50%	4.87702
40%	6.2256
30%	7.2202
20%	7.8882
10%	9.0842
0%	12.862



Gambar 4.7. Grafik Debit Cairan Pompa Tiga

4.2. Pompa

Semua analisa perhitungan pada pompa sama dengan perhitungan yang telah diberikan pada bab tiga sebelumnya. Hanya saja debit, viskositas, dan massa jenis cairan diberikan sesuai dengan data yang telah dianalisa pada bab ini.

4.2.1. Pompa 1

Pompa satu yang digunakan untuk memompa cairan 100 % sirup, dari percobaan pada tabel 4.14 telah diketahui untuk debit cairannya sebagai berikut :

$$Q = 3,628 \quad \text{L / Min}$$

$$Q = \frac{3,628 \times 10^{-3}}{60} \quad \text{m}^3 / \text{s}$$

$$Q = 0,060467 \cdot 10^{-3} \quad \text{m}^3 / \text{s}$$

Dari debit air diatas dapat dicari kecepatan aliran air rata-rata dalam pipa dengan rumus (2.11) :

$$C = \frac{Q}{A}$$

$$C = \frac{4 Q}{\pi d^2}$$

$$C = \frac{4 \times 0,060467 \times 10^{-3}}{3,14 \times 0,0254^2}$$

$$C = 0,119393 \text{ m / s}$$

Dari rumus diatas dan asumsi percepatan gravitasi bumi; $g = 9,8 \text{ m / s}^2$, maka dapat dicari velocity head dengan rumus (2.12) :

$$h_c = \frac{C^2}{2 g}$$

$$h_c = \frac{(0,119393^2)}{2 \times 9,8}$$

$$h_c = 7,2728 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

Dengan asumsi $f = 0,03$, dengan rumus (2.13) dapat dicari kerugian head yang terjadi pada pipa isap dengan bentuk desain gambar seperti pada gambar 3.1.

$$\Delta h_s = \left(f \frac{l_s}{d_s} \right) \times \frac{C^2}{2 g}$$

$$\Delta h_s = \left(0,03 \times \frac{29 \cdot 10^{-2}}{0,0254} \right) \times (7,2728 \cdot 10^{-4})$$

$$\Delta h_s = 2,4911 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

Kerugian yang terjadi pada pipa tekan juga dicari dengan menggunakan rumus (2.13), adalah sebagai berikut :

$$\Delta h_d = \left(f \frac{l_d}{d_d} + 2 K_e \right) \times \frac{C^2}{2 g}$$

$$\Delta h_d = \left(\frac{0,03 \times (42 + 4,5 + 21,5) \cdot 10^{-2} + 2 \cdot 0,3}{0,0254} \right) \times (7,2728 \cdot 10^{-4})$$

$$\Delta h_d = 1,02048 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Jadi kerugian head totalnya menjadi

$$\Sigma \Delta h = \Delta h_s + \Delta h_d$$

$$\Sigma \Delta h = (2,4911 \cdot 10^{-4}) + (1,02048 \cdot 10^{-3})$$

$$\Sigma \Delta h = 1,26959 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Sebelum mencari head efektif pompa, dapat dicari dahulu tinggi kenaikan geometris total pompa dengan rumus (2.2)

$$H_z = H_d - H_s$$

Dimana :

$$H_d = (0,42 - 0,045) \text{ m}$$

$$H_d = 0,375 \text{ m}$$

$$H_s = - 0,25 \text{ m}$$

$$H_z = 0,375 - (- 0,25)$$

$$H_z = 0,625 \text{ m}$$

Sehingga dengan rumus (2.10), head efektifnya menjadi

$$H_e = H_z + \Sigma \Delta h_s + \Sigma \Delta h_d$$

$$H_e = 0,625 + 1,26959 \cdot 10^{-3}$$

$$H_e = 0,62626959 \text{ m}$$

Pada desain pompa dua ini dapat dilihat persentase kerugian totalnya mencapai

$$\% \text{ Kerugian} = \frac{1,26959 \cdot 10^{-3}}{0,62626959}$$

$$\% \text{ Kerugian} = 0,2027 \%$$

Karena tangki dalam keadaan terbuka maka $H_m = H_e = 0,62626959$ m. Dari tabel 4.2 dapat dilihat massa jenis untuk 100 % sirup adalah 1200 kg/m^3 . Maka daya pompa satu dapat dicari dengan rumus (2.14) sebagai berikut :

$$P_{sh} = \frac{\rho \times Q_r \times H_e}{102 \times \eta_{op}}$$

$$P_{sh} = \frac{1200 \times 0,060467 \cdot 10^{-3} \times 0,62626959}{102 \times 0,75}$$

$$P_{sh} = 0,00059402 \text{ KW}$$

$$P_{sh} = 0,59402 \text{ Watt}$$

Jadi untuk memompa sirup dengan desain seperti pada gambar 3.1 maka dibutuhkan pompa dengan daya poros 0,59402 Watt. Daya motor listrik yang dipakai biasanya diambil 20% lebih besar dari daya poros pompa, jadi daya motor penggerak pompa dapat dicari dengan rumus (2.15), menjadi :

$$P_{mtr} = 1,2 \times P_{sh}$$

$$P_{mtr} = 1,2 \times 0,59402$$

$$P_{mtr} = 0,712824 \text{ Watt}$$

Tetapi karena pompa yang dipakai mempunyai daya motor 125 watt, maka daya poros pompa didapatkan 104,167 Watt.

4.2.2. Pompa 2

Pompa dua akan digunakan untuk memompa air, dimana pada tabel 4.14 dapat diketahui debit airnya sebagai berikut :

$$Q = 15,87 \quad \text{L / Min}$$

$$Q = \frac{15,87 \times 10^{-3}}{60} \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q = 0,2645 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$$

Dari debit air diatas dapat dicari kecepatan aliran air rata-rata dalam pipa dengan rumus (2.11) :

$$C = \frac{Q}{A}$$

$$C = \frac{4 Q}{\pi d^2}$$

$$C = \frac{4 \times 0,2645 \cdot 10^{-3}}{3,14 \times 0,0254^2}$$

$$C = 0,522262 \text{ m / s}$$

Dari rumus diatas dan asumsi percepatan gravitasi bumi; $g = 9,8 \text{ m / s}^2$, maka dapat dicari velocity head dengan rumus (2.12) :

$$h_c = \frac{C^2}{2g}$$

$$h_c = \frac{(0,522262^2)}{2 \times 9,8}$$

$$h_c = 0,01392 \text{ m}$$

Dengan asumsi $f = 0,03$, dengan rumus (2.13), maka kerugian head yang terjadi pada pipa isap adalah

$$\Delta h_s = (f \frac{L_s}{ds} + Ke) \times \frac{C^2}{2g}$$

$$\Delta h_s = (\frac{0,03 \times (10+62)}{0,0254} + 0,3) \times 0,01392$$

$$\Delta h_s = 0,016013 \text{ m}$$

Kerugian yang terjadi pada pipa tekan juga dapat dicari dengan rumus (2.13), adalah sebagai berikut ini :

$$\Delta h_d = \left(f \frac{L_d}{d_d} + 2 K_e \right) \times \frac{C^2}{2g}$$

$$\Delta h_d = \left(\frac{0,03 \times (173 + 108 + 11) \cdot 10^{-2} + 2 \cdot 0,3}{0,0254} \right) \times 0,01392$$

$$\Delta h_d = 0,05634 \text{ m}$$

Jadi kerugian head totalnya menjadi

$$\Sigma \Delta h = \Delta h_s + \Delta h_d$$

$$\Sigma \Delta h = 0,016013 + 0,05634$$

$$\Sigma \Delta h = 0,072353 \text{ m}$$

Sebelum mencari head efektif pompa, dapat dicari dahulu tinggi kenaikan geometris total pompa dengan rumus (2.2)

$$H_z = H_d - H_s$$

Dimana :

$$H_d = (173 - 11) \text{ cm}$$

$$H_d = 162 \text{ cm}$$

$$H_d = 1,62 \text{ m}$$

$$H_s = - (0,10 + 0,30) \text{ m}$$

$$H_s = - 0,4 \text{ m}$$

$$H_z = 1,62 - (- 0,4)$$

$$H_z = 2,02 \text{ m}$$

Sehingga head efektifnya dapat dicari dengan rumus (2.10), sebagai berikut :

$$H_e = H_z + \Sigma \Delta h_s + \Sigma \Delta h_d$$

$$H_e = 2,02 + 0,072353$$

$$H_e = 2,092353 \text{ m}$$

Pada desain pompa dua ini dapat dilihat kerugian totalnya mencapai

$$\% \text{Kerugian} = \frac{0,072353}{2,092353}$$

$$\% \text{Kerugian} = 3,458 \%$$

Karena tangki dalam keadaan terbuka maka $H_m = H_e = 2,092353$ m.

Karena cairan yang akan dipindahkan oleh pompa dua adalah air, dan efisiensi pompa 0,75 ($\eta_{op} = 0,75$) juga pada tabel 4.14 diketahui untuk air debit cairannya 1000 kg/m^3 , maka dengan rumus (2.14), daya pompa dua menjadi :

$$P_{sh} = \frac{\rho \times Q_r \times H_e}{102 \times \eta_{op}}$$

$$P_{sh} = \frac{1000 \times 0,2645 \cdot 10^{-3} \times 2,092353}{102 \times 0,75}$$

$$P_{sh} = 0,0072343 \text{ KW}$$

$$P_{sh} = 7,2343 \text{ Watt.}$$

Jadi karena pompa dua digunakan untuk memompa air dengan desain seperti pada gambar 3.1 maka dibutuhkan pompa dengan daya poros 7,2343 Watt. Bila digunakan data dari analisa maka didapatkan daya motornya :

$$P_{mtr} = 1,2 \times P_{sh}$$

$$P_{mtr} = 1,2 \times 7,2343$$

$$P_{mtr} = 8,68116 \text{ Watt}$$

4.2.3. Pompa 3

Pompa tiga akan digunakan untuk memompa campuran air dan sirup dimana pada tabel 4.5 didapatkan debit cairan yang berbeda-beda untuk kadar yang berbeda-beda. Maka pada tabel 4.6 terlihat nilai-nilai kecepatan aliran rata-rata dan velocity head untuk harga yang berbeda-beda.

Tabel 4.6. Harga Kecepatan Aliran dan Velocity Head

Kadar Sirup	Q (L / Min)	Q (m ³ / s)	c (m / s)	hc (m)
100%	1.0219	0.17032 x 10 ⁻⁴	0.03363	5.7703 . 10 ⁻⁵
90%	2.042	0.3403 x 10 ⁻⁴	0.06719	2.3033 . 10 ⁻⁴
80%	2.801	0.4668 x 10 ⁻⁴	0.09217	4.3343 . 10 ⁻⁴
70%	3.5588	0.593 x 10 ⁻⁴	0.117089	6,9948 . 10 ⁻⁴
60%	4.0456	0.674 x 10 ⁻⁴	0.133083	9.0363 . 10 ⁻⁴
50%	4.87702	0.813 x 10 ⁻⁴	0.16053	1.3148 . 10 ⁻³
40%	6.2256	1.0376 x 10 ⁻⁴	0.204877	2.1416 . 10 ⁻³
30%	7.2202	1.203 x 10 ⁻⁴	0.23754	2.8788 . 10 ⁻³
20%	7.8882	1.3147 x 10 ⁻⁴	0.25959	3.4381 . 10 ⁻³
10%	9.0842	1.514 x 10 ⁻⁴	0.29894	4.5594 . 10 ⁻³
0%	12.862	2.14367 x 10 ⁻⁴	0.42327	9.141 . 10 ⁻³

Dengan asumsi $f = 0,03$ dan pada desain pompa tiga didapatkan $l_s = 1,01$ m, dengan rumus (2.13), kerugian head yang terjadi pada pipa isap adalah :

$$\Delta h_s = (f \frac{l_s}{d_s} + K_e) \times \frac{C^2}{2g}$$

Kerugian yang terjadi pada pipa tekan dapat dicari dengan rumus (2.13) dengan $l_d = 1,95$ m, adalah sebagai berikut :

$$\Delta h_d = (f \frac{l_d}{d_d} + 2 K_e) \times \frac{C^2}{2g}$$

Jadi kerugian head totalnya dicari dengan rumus :

$$\Sigma \Delta h = \Delta h_s + \Delta h_d$$

Maka hasil dari tiap-tiap kadar sirup akan seperti pada tabel 4.7 dibawah ini :

Tabel 4.7. Tabel kerugian Head Total

Kadar Sirup	hc (m)	Δ hs m kolom air	Δ hd m kolom air	Σ Δ h m kolom air
100%	$5.7703 \cdot 10^{-5}$	$8.6146 \cdot 10^{-5}$	$16.752 \cdot 10^{-5}$	$25.3666 \cdot 10^{-5}$
90%	$2.3033 \cdot 10^{-4}$	$3.4386 \cdot 10^{-4}$	$6.6868 \cdot 10^{-4}$	$10.1254 \cdot 10^{-4}$
80%	$4.3343 \cdot 10^{-4}$	$6.4707 \cdot 10^{-4}$	$12.5831 \cdot 10^{-4}$	$19.0538 \cdot 10^{-4}$
70%	$6,9948 \cdot 10^{-4}$	$10.4426 \cdot 10^{-4}$	$20.307 \cdot 10^{-4}$	$30.7496 \cdot 10^{-4}$
60%	$9.0363 \cdot 10^{-4}$	$13.4904 \cdot 10^{-4}$	$26.2337 \cdot 10^{-4}$	$39.7241 \cdot 10^{-4}$
50%	$1.3148 \cdot 10^{-3}$	$1.9629 \cdot 10^{-3}$	$3.8171 \cdot 10^{-3}$	$5.78 \cdot 10^{-3}$
40%	$2.1416 \cdot 10^{-3}$	$3.1972 \cdot 10^{-3}$	$6.2174 \cdot 10^{-3}$	$9.4146 \cdot 10^{-3}$
30%	$2.8788 \cdot 10^{-3}$	$4.2978 \cdot 10^{-3}$	$8.3576 \cdot 10^{-3}$	$12.6554 \cdot 10^{-3}$
20%	$3.4381 \cdot 10^{-3}$	$5.1328 \cdot 10^{-3}$	$9.9813 \cdot 10^{-3}$	$15.1141 \cdot 10^{-3}$
10%	$4.5594 \cdot 10^{-3}$	$6.8068 \cdot 10^{-3}$	$13.2366 \cdot 10^{-3}$	$20.0434 \cdot 10^{-3}$
0%	$9.141 \cdot 10^{-3}$	$13.6467 \cdot 10^{-3}$	$26.5377 \cdot 10^{-3}$	$40.1844 \cdot 10^{-3}$

Sebelum mencari head efektif pompa, dapat dicari dahulu tinggi kenaikan geometris total pompa dengan rumus (2.2)

$$H_z = H_d - H_s$$

Dimana :

$$H_d = (163 - 10) \text{ cm}$$

$$H_d = 153 \text{ cm}$$

$$H_d = 1,53 \text{ m}$$

$$H_s = - (44 + 35 + 6) \text{ cm}$$

$$H_s = - 0,85 \text{ m}$$

$$H_z = 1,53 - (- 0,85)$$

$$H_z = 2,38 \text{ m}$$

Sehingga head efektifnya dapat dicari dengan rumus (2.10), adalah sebagai berikut :

$$H_e = H_z + \sum \Delta h_s + \sum \Delta h_d$$

Karena tangki dalam keadaan terbuka maka harga dari head efektifnya sama dengan head manometrisnya. Dimana harga-harga dari setiap campuran dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8. Tabel Head Efektif

Kadar Sirup	$\Sigma \Delta h$ m kolom air	H_e m	Efisiensi Kerugian
100%	$25.3666 \cdot 10^{-5}$	2.3803	0,0107 %
90%	$16.8122 \cdot 10^{-4}$	2.3817	0.07%
80%	$31.6369 \cdot 10^{-4}$	2.3832	0.13%
70%	$51.0566 \cdot 10^{-4}$	2.3851	0.21%
60%	$65.9578 \cdot 10^{-4}$	2.3866	0.28%
50%	$9.5971 \cdot 10^{-3}$	2.3896	0.40%
40%	$15.632 \cdot 10^{-3}$	2.3956	0.65%
30%	$21.013 \cdot 10^{-3}$	2.401	0.88%
20%	$25.0954 \cdot 10^{-3}$	2.4051	1.0434%
10%	$33.28 \cdot 10^{-3}$	2.41328	1.38%
0%	$40.1844 \cdot 10^{-3}$	2.4202	1.66%

Karena cairan yang akan dipindahkan oleh pompa tiga adalah campuran antara air dan sirup dan efisiensi pompa 0,75 ($\eta_{op} = 0,75$), maka daya pompa tiga dapat dicari dengan rumus (2.14), seperti dibawah ini :

$$P_{sh} = \frac{\rho \times Q_r \times H_e}{102 \times \eta_{op}}$$

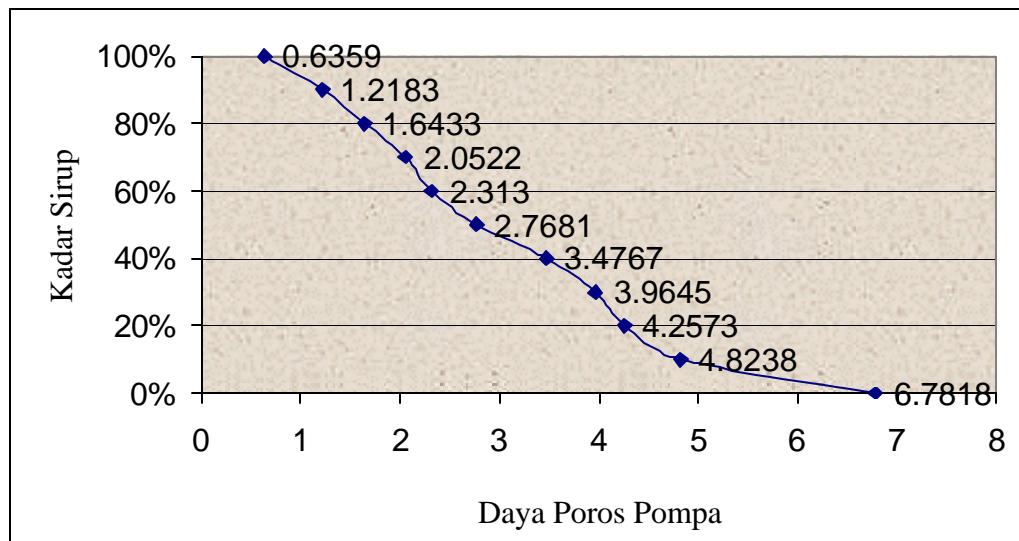
Dan daya motor untuk menggerakkan pompa dapat dicari dengan rumus (2.15) seperti dibawah ini :

$$P_{mtr} = 1,2 \times P_{sh}$$

Maka harga dari setiap campuran sirup dapat dilihat pada tabel 4.18 dibawah ini :

Tabel 4.9. Tabel Daya Pompa Tiga

Kadar Sirup	Massa Jenis kg/m	Debit Cairan m^3/s	He m	Daya Pompa Watt	Daya Motor Watt
100%	1200	0.17032×10^{-4}	2.3803	0.6359	0.7631
90%	1150	0.3403×10^{-4}	2.3817	1.2183	1.4621
80%	1130	0.4668×10^{-4}	2.3832	1.6433	1.9719
70%	1110	0.593×10^{-4}	2.3851	2.0522	2.4627
60%	1100	0.674×10^{-4}	2.3866	2.313	2.7756
50%	1090	0.813×10^{-4}	2.3896	2.7681	3.3217
40%	1070	1.0376×10^{-4}	2.3956	3.4767	4.172
30%	1050	1.203×10^{-4}	2.401	3.9645	4.7574
20%	1030	1.3147×10^{-4}	2.4051	4.2573	5.1088
10%	1010	1.514×10^{-4}	2.41328	4.8238	5.7886
0%	1000	2.14367×10^{-4}	2.4202	6.7818	8.13816



Gambar 4.8. Grafik Daya Pompa Tiga

Ladder diagram PLC yang digunakan diatur untuk membuat jumlah campuran sirup mencapai harga 40 % dari keseluruhan. Sehingga He = 2,3956 m dan daya pompa 3,4767 Watt. Sehingga dengan bentuk desain ini kerugiannya mencapai 0,6525 %.

Dibawah ini adalah tabel perbedaan desain ketiga pompa yang digunakan pada proses pembuatan automasi.

Tabel 4.10. Perbedaan Desain Antar Pompa

	Kondisi Isap		Kondisi Tekan		$\Sigma \Delta H$ (m)	Hd (m)	Hs (m)	He (m)	Psh (Watt)
	Ls (m)	Elbow	Ld (m)	Elbow					
Pompa 1	0,29	-	1,61	2	$1,2696 \cdot 10^{-3}$	0,375	-0,25	0,62627	0,59402
Pompa 2	0,72	1	1,99	2	0,072353	1,62	-0,4	2,092353	7,2343
Pompa 3	1,01	1	1,95	2	$9,4146 \cdot 10^{-4}$	1,53	-0,85	2,3956	3,4767

4.3. Mixer

Cairan yang akan diaduk merupakan campuran dari air dan sirup, sehingga perlu sekali untuk diperhitungkan viskositas dan massa jenisnya. Dibawah ini adalah tabel massa jenis dan viskositas untuk setiap cairan dalam satuan british.

Tabel 4.11. Tabel Massa Jenis Dan Viskositas

Kadar Sirup	Massa Jenis g / mL	Massa Jenis lb / ft	Viskositas 10^{-3} Pa. S	Viskositas 10^{-3} lb / ft s
100%	1.200	74.9389	49.647	33.3755
90%	1.150	71.8164	38.7035	26.0187
80%	1.130	70.5675	35.752	24.0345
70%	1.110	69.3185	30.7215	20.6527
60%	1.100	68.694	29.849	20.0662
50%	1.090	68.0695	27.78	18.6753
40%	1.070	66.8205	24.8185	16.6844
30%	1.050	65.5715	21.867	14.7002
20%	1.030	64.3226	16.8365	11.3184
10%	1.010	63.0736	12.846	8.6358
0%	1.000	62.449	7.982	5.3659

Dengan $N_{RE} = 10000$ dan diameter untuk pengaduknya 35 cm ($D = 1,48$ ft). Untuk rumus *Reynolds Impeller Number* pada rumus (2.16) dibawah ini :

$$N_{RE} = \frac{D^2 N_i \rho}{\mu}$$

$$N_i = \frac{N_{RE} \mu}{D^2 \rho}$$

Maka setiap putaran motor yang diperlukan dalam setiap jenis campuran kadar sirup diberikan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.12. Putaran Mixer Untuk Setiap Kadar Sirup

Kadar Sirup	Massa Jenis lb / ft	Viskositas 10^{-3} lb / ft s	Putaran Mixer Motor		
			rps	rpm	rpm
100%	74.9389	33.3755	3.3794	202.7626	203
90%	71.8164	26.0187	2.7490	164.9413	165
80%	70.5675	24.0345	2.5843	155.0593	155
70%	69.3185	20.6527	2.2607	135.6423	136
60%	68.694	20.0662	2.2165	132.9884	133
50%	68.0695	18.6753	2.0818	124.9058	125
40%	66.8205	16.6844	1.8946	113.6759	114
30%	65.5715	14.7002	1.7011	102.0647	102
20%	64.3226	11.3184	1.3351	80.1104	80
10%	63.0736	8.6358	1.0389	62.3336	62
0%	62.449	5.3659	0.6520	39.1187	39

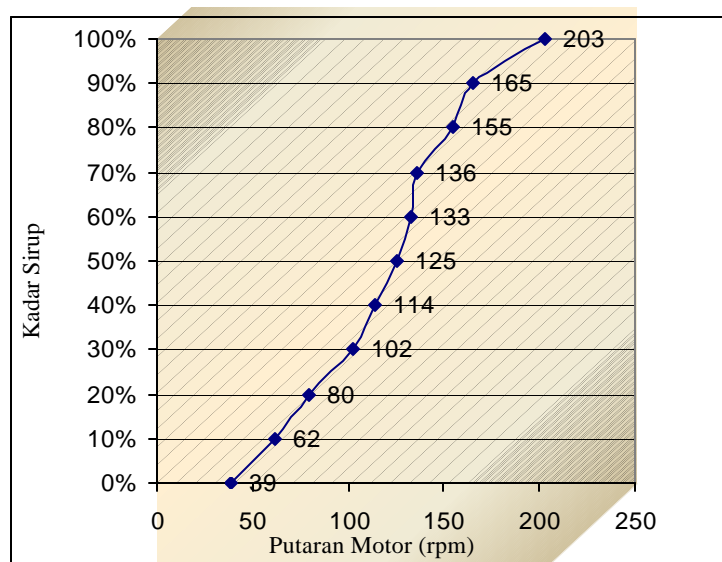
Dengan menggunakan motor $\frac{1}{4}$ HP dapat dicari torsi motor yang digunakan dengan menggunakan rumus (2.19) dibawah ini :

$$T_m = 9550 \times \frac{P}{N}$$

Dimana torsi dari tiap-tiap campuran dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

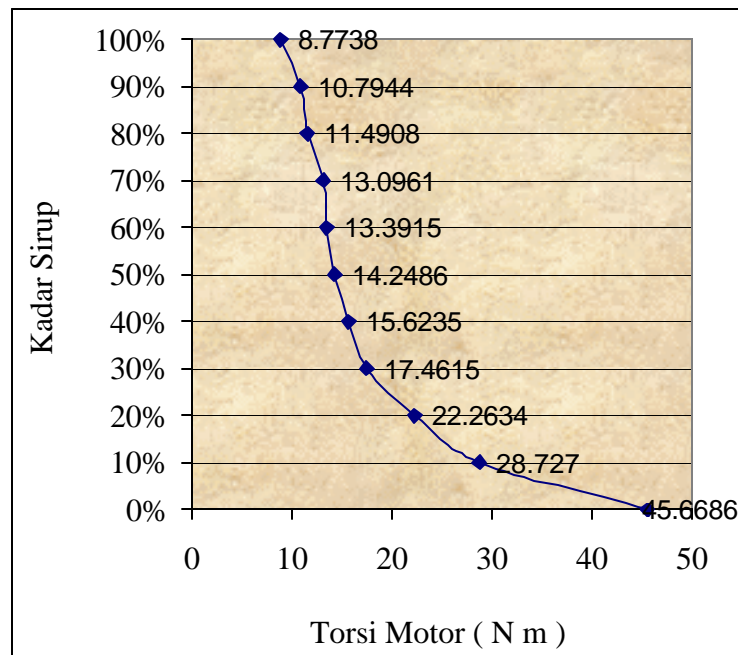
Tabel 4.13. Torsi Mixer Untuk Tiap Kadar Sirup

Kadar Sirup	Putaran Motor rpm	Torsi Motor N m
100%	203	8.7738
90%	165	10.7944
80%	155	11.4908
70%	136	13.0961
60%	133	13.3915
50%	125	14.2486
40%	114	15.6235
30%	102	17.4615
20%	80	22.2634
10%	62	28.727
0%	39	45.6686



Gambar 4.9. Grafik Kecepatan Motor

Pada gambar 4.9 dan gambar 4.10 terlihat bahwa apabila kecepatan motor tinggi maka torsi motornya akan rendah, demikian juga sebaliknya.



Gambar 4.10. Grafik Torsi Motor

Motor yang digunakan mempunyai kecepatan putaran 900 rpm, inverter yang ada digunakan untuk mengatur putaran motor pada kecepatan 450 rpm. Sedangkan PLC diprogram untuk membuat cairan dengan campuran sirup 40 % dimana kecepatan minimum yang dibutuhkan motor adalah 114 rpm.

4.4 Heater

Tangki yang akan digunakan untuk heater mempunyai kapasitas maksimum 43,96 liter. Bahasa PLC diprogram hanya untuk mengisi tangki heater dengan kapasitas maksimum 25 liter. Cairan yang akan berada dalam tangki heater merupakan campuran antara air dan sirup. Maka massa kedua cairan dapat dicari dengan rumus :

$$\rho = \frac{M}{V}$$

$$M = \rho \times V$$

Tabel 4.14. Massa Cairan Tiap Kadar Sirup

Kadar Sirup	Massa Jenis Kg / L	Massa Cairan Kg
100%	1.2	30
90%	1.15	28.75
80%	1.13	28.25
70%	1.11	27.75
60%	1.1	27.5
50%	1.09	27.25
40%	1.07	26.75
30%	1.05	26.25
20%	1.03	25.75
10%	1.01	25.25
0%	1	25

Dengan asumsi $c = 4180 \text{ J/kg } ^\circ \text{C}$. Dapat dicari panas yang diperlukan untuk memanaskan cairan pada suhu normal $31 ^\circ \text{C}$ (suhu dalam air untuk kondisi Surabaya $29 ^\circ \text{C}$) sampai pada suhu $85 ^\circ \text{C}$ dengan menggunakan rumus (2.22) sebagai berikut :

$$Q = M c \Delta T$$

Akan dilakukan perhitungan untuk cairan dengan volume 25 liter dengan menggunakan heater listrik 1000 Watt. Waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu $85 ^\circ \text{C}$ dapat dicari dengan rumus (2.21) sebagai berikut :

$$Q = P \times t$$

Dibawah ini adalah tabel yang berisi waktu yang diperlukan untuk memanaskan cairan dalam tiap kadar sirup berdasarkan hitungan didapatkan.

Tabel 4.15. Waktu Yang diperlukan Heater

Kadar Sirup	Massa Cairan Kg	Q J	Waktu (Hitungan)
100%	30	7022400	01:57:02.4
90%	28.75	6729800	01:52:09.8
80%	28.25	6612760	01:50:12.76
70%	27.75	6495720	01:48:15.72
60%	27.5	6437200	01:47:17.2
50%	27.25	6378680	01:46:18.68
40%	26.75	6261640	01:44:21.64
30%	26.25	6144600	01:42:24.6
20%	25.75	6027560	01:40:27.56
10%	25.25	5910520	01:38:30.52
0%	25	5852000	01:37:32

Maka waktu yang digunakan heater untuk memanaskan cairan dengan kadar sirup 40 % sampai pada suhu 85 ° C dengan daya heater 1000 Watt dibutuhkan waktu 01:44:21.64. Sedangkan dari percobaan campuran 40% sirup dengan volume 25 liter dan massa 26.75 Kg dibutuhkan waktu 01:54:12.42.

Akan dilakukan analisa untuk cairan dengan campuran 40% sirup pada volume 25 liter dengan massa 26.75 Kg. Ini dilakukan untuk menguji hasil kebenaran dalam perhitungan dengan percobaan sebenarnya. Dengan mensubstitusikan rumus (2.21) ke rumus (2.22) akan didapatkan sebagai berikut :

$$P \cdot t = M c \Delta T \quad (4.1)$$

$$\Delta T = \frac{P t}{M c} \quad (4.2)$$

Tabel 4.16. Analisa Percobaan Heater

t (Menit)	Hitungan ΔT	Percobaan ΔT
5	2,683	1,5

Tabel 4.16. Analisa Percobaan Heater (Sambungan)

T (Menit)	Hitungan ΔT	Percobaan ΔT
6	3,2196	2,5
7	3,7562	3
8	4,2928	4
9	4,8294	4,5
10	5,366	5

Hasil dari hitungan merupakan hasil hitungan yang dilakukan diruangan tertutup. Sedangkan percobaan dilakukan dengan kondisi tangki yang terbuka. Sehingga ada udara luar yang ikut masuk.

4.5. Valve

Analisa data yang digunakan untuk solenoid valve adalah dengan melihat debit cairan yang dikeluarkan oleh tiap valve, kemudian dilihat kecepatan aliran cairan tersebut.

4.5.1. Valve 1

Karena pada tangki dua akan diisi air maka akan digunakan $\rho = 1000 \text{ kg / m}^3$ dan tekanan udara (P_o) diasumsikan $1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Maka dengan rumus (2.20), pada valve satu didapatkan :

$$P = P_o + \rho gh$$

$$P = (1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}) + (1000 \text{ kg/m}^3) (9,80 \text{ m/s}^2) [(30+10+6) \cdot 10^{-2} \text{ m}]$$

$$P = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa} + 0,04508 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P = 1,05508 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P = 105,508 \text{ KPa}$$

Sebelum masuk ke valve satu digunakan pipa dengan diameter 2,54 cm (1" dim) kemudian keluar pipa digunakan diameter ¼" dim. Dengan rumus (2.11) dapat dicari kecepatan aliran cairan rata-rata dalam pipa adalah :

$$V = (Q / A)$$

Dengan

$$A = 0,25 \times 3,14 \times (1,27 \times 10^{-2})^2$$

$$A = 1,266125 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Dengan melakukan analisa dari debit cairan, maka akan didapatkan kecepatan aliran pada valve satu. Seperti pada tabel 4.26 dibawah ini, dimana yang dipakai sebagai hasil percobaan adalah air.

Tabel 4.17. Analisa Kecepatan Aliran Valve Satu

Vol Cairan (L)	Waktu (s)	Debit (L / s)	Kecepatan Aliran (m / s)
0.1	19.23	$5.2 \cdot 10^{-3}$	0.04107
0.1	18.73	$5.339 \cdot 10^{-3}$	0.042168
0.1	18.3	$5.4645 \cdot 10^{-3}$	0.043159
0.1	18.61	$5.3734 \cdot 10^{-3}$	0.0424397
0.1	18.2	$5.495 \cdot 10^{-3}$	0.0434
0.1	19.24	$5.198 \cdot 10^{-3}$	0.0410543
0.1	18.14	$5.5127 \cdot 10^{-3}$	0.0435399
0.1	18.04	$5.5432 \cdot 10^{-3}$	0.043781
		$5.391 \cdot 10^{-3}$	0.0425765

3.5.2. Valve 2

Karena pada tangki satu akan diisi 100 % sirup maka akan digunakan $\rho = 1200 \text{ kg / m}^3$ dan tekanan udara (P_0) diasumsikan $1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Maka dengan rumus (2.20) tekanan fluida pada valve dua adalah :

$$P = P_0 + \rho gh$$

$$P = (1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}) + (1200 \text{ kg/m}^3) (9,80 \text{ m/s}^2) [(30+10+6) \cdot 10^{-2} \text{ m}]$$

$$P = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa} + 0,054096 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P = 1,064096 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P = 106,4096 \text{ KPa}$$

Pipa yang dipakai sebelum masuk pada valve dua adalah pipa yang berukuran 1" dim (diameter 2,54 cm), tetapi setelah keluar dari valve dua digunakan pipa dengan ukuran 3/8" dim (diameter 0,9525). Pemakaian ukuran pipa yang berbeda disebabkan karena terbatasnya valve yang dipakai pada tugas akhir ini. Melalui rumus (2.14) :

$$V = (Q / A)$$

Dengan

$$A = 0,375 \times 3,14 \times (1,27 \times 10^{-2})^2$$

$$A = 1,8992 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Maka melalui percobaan akan didapatkan kecepatan aliran rata-rata cairan dengan kadar sirup 100 %, akan didapatkan data seperti pada tabel 4.27 dibawah ini :

Tabel 4.18. Analisa Kecepatan Aliran Valve Dua

Vol Cairan (L)	Waktu (s)	Debit (L / s)	Kecepatan Aliran (m / s)
0.1	27.12	$3.687 \cdot 10^{-3}$	0.0194135
0.1	28.09	$3.56 \cdot 10^{-3}$	0.018745
0.1	27.5	$3.636 \cdot 10^{-3}$	0.019145
0.1	28.62	$3.494 \cdot 10^{-3}$	0.018397
0.1	28.21	$3.545 \cdot 10^{-3}$	0.018667
0.1	28.04	$3.566 \cdot 10^{-3}$	0.018776
0.1	28.13	$3.555 \cdot 10^{-3}$	0.018719
0.1	28.17	$3.55 \cdot 10^{-3}$	0.018692
		$3.574 \cdot 10^{-3}$	0.0188193

3.5.3. Valve 3

Pada valve tiga tidak dilakukan analisa percobaan untuk mencari debit cairan dan kecepatan aliran cairan. Karena valve tiga hanya berfungsi untuk menahan cairan pada tangki tiga supaya sebelum diaduk oleh mixer tidak mengalir dahulu menuju pada pompa tiga. Sehingga analisa debit cairannya hanya dilakukan untuk pompa tiga.

Karena pada tangki tiga akan diisi campuran air dan sirup maka dengan asumsi tekanan udara (P_o) diasumsikan $1,01 \cdot 10^5$ Pa. Maka tekanan fluida dalam valve tiga dapat dicari dengan rumus (2.20) adalah sebagai berikut :

$$P = P_o + \rho_1gh$$

Dengan

$$h = (35+10+6) 10^{-2} \text{ m}$$

$$h = 0,51 \text{ m}$$

akan didapatkan tekanan fluida seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.19. Tabel Tekanan Fluida Pada Valve Tiga

Kadar Sirup	ρ (kg / m ³)	Tekanan Fluida P KPa
100%	1200	106.9976
90%	1150	106.7477
80%	1130	106.6477
70%	1110	106.5478
60%	1100	106.4978
50%	1090	106.4478
40%	1070	106.3479
30%	1050	106.2479
20%	1030	106.1479
10%	1010	106.048
0%	1000	105.998

Karena cairan yang ada adalah campuran antara air dan sirup dengan kadar sirup 40 %, maka tekanan fluida pada valve tiga adalah 106,3479 KPa.

3.5.4. Valve 4

Valve empat mempunyai desain yang sama dengan valve tiga, dimana untuk rumus (2.20) digunakan $h = 0,51$ m. Sehingga tekanan fluidanya didapatkan 106,4478 KPa. Apabila pada valve empat dicari kecepatan aliran cairannya untuk kadar sirup 40%, dengan rumus (2.14), akan didapatkan hasil seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.20. Analisa Kecepatan Aliran Valve Empat

Vol Cairan (L)	Waktu (s)	Debit (L / s)	Kecepatan Aliran (m / s)
0.1	19.23	$5.2 \cdot 10^{-3}$	0.02738
0.1	20.35	$4.914 \cdot 10^{-3}$	0.025874
0.1	19.65	$5.089 \cdot 10^{-3}$	0.026796
0.1	19.05	$5.2493 \cdot 10^{-3}$	0.02764
0.1	18.77	$5.3277 \cdot 10^{-3}$	0.028052
0.1	18.52	$5.3996 \cdot 10^{-3}$	0.028431
0.1	19.67	$5.084 \cdot 10^{-3}$	0.02677
0.1	20.67	$4.838 \cdot 10^{-3}$	0.025474
		$5.1377 \cdot 10^{-3}$	0.02705

Dibawah ini adalah tabel perbedaan dari analisa keempat valve yang dipakai pada tugas akhir ini :

Tabel 4.21 Tabel Perbedaan Ketiga Valve

Valve	Tekanan Fluida KPa	Debit Cairan (L / s)	Kecepatan Aliran (m / s)
Valve 1	105,508	$5.391 \cdot 10^{-3}$	0.0425765
Valve 2	106,4096	$3.574 \cdot 10^{-3}$	0.0188193
Valve 3	106,3479	-	-
Valve 4	106,3479	$5.1377 \cdot 10^{-3}$	0,02705

4.6. Software Control And Data Acquisition (SCADA)

Pada bab tiga digunakan SCADA yang berupa simulasi yang tidak disambungkan PLC. Pada bab empat ini dibuat SCADA untuk dapat disambungkan pada PLC, dibawah ini adalah nama-nama yang dipakai untuk pembuatan tagname pada program ini :

Tabel 4.22. Tabel Tagname SCADA Menggunakan PLC

Tagname	Tipe Tagname	Animasi
Pb Valve	I/O Discrete	Line Color
Gelas	Memory Real	Visibility, Percent Fill Vertical
delay	Memory Real	-
mboh	Memory Real	-
Heater	I/O Discrete	Line color, blink
Mixer	I/O Discrete	Line color, blink
Pompa 1	I/O Discrete	Line Color
Pompa 2	I/O Discrete	Line Color
Speed1	Memory Real	-
Speed2	Memory Real	-
Speed2	Memory Real	-
Start	I/O Discrete	Touch Pushbutton, Value Display
Step1	Memory Real	-
Tank1	Memory Real	Fill color, Percent Fill Vertical
Tank2	Memory Real	Fill color, Percent Fill Vertical
Tank3	Memory Real	Fill color, Percent Fill Vertical
Tank4	Memory Real	Fill color, Percent Fill Vertical
Reset	I/O Discrete	Touch Pushbutton, Value Display
Valve1	I/O Discrete	Line Color
Valve2	I/O Discrete	Line Color
Valve3	I/O Discrete	Line Color
Valve4	I/O Discrete	Line Color
Error	Memory Real	Fill color, Visibility Blink

Dengan bentuk penulisan *script* sebagai berikut :

```
IF Start == 1 THEN
  IF pompa1 == 1 THEN
```

```

    delay= delay+1;
    IF delay >= 25 THEN
        step1=1;
    IF step1==1 THEN
        tank1=tank1+speed1;
        IF (IR00005==1) OR (tank1>=300) THEN
            step1=0;
            tank1=300;
            delay=0;
        ENDIF;
    ENDIF;
    ENDIF;
    ENDIF;
IF pompa2 == 1 THEN
    delay = delay + 1;
    IF delay >= 25 THEN
        step1=1;
    IF step1==1 THEN
        tank2 = tank2 + speed2;
        IF (IR00009 == 1) OR (tank2>=300) THEN
            step1=0;
            tank2=300;
            delay=0;
        ENDIF;
    ENDIF;
    ENDIF;
    ENDIF;
IF HR00003 ==1 THEN
    IF valve1 == 1 THEN
        tank1=tank1 - speed1;
        tank3=tank3 + speed1;
    ENDIF;
    IF valve1 == 0 THEN
        tank1=tank1;
        tank3=tank3;
    ENDIF;
    IF tank1 <= 0 THEN
        tank1=0;
        tank3=tank3 - speed1;
    ENDIF;
    IF valve2 == 1 THEN
        tank2=tank2 - speed2;
        tank3=tank3 + speed2;
    ENDIF;
    IF valve2 == 0 THEN

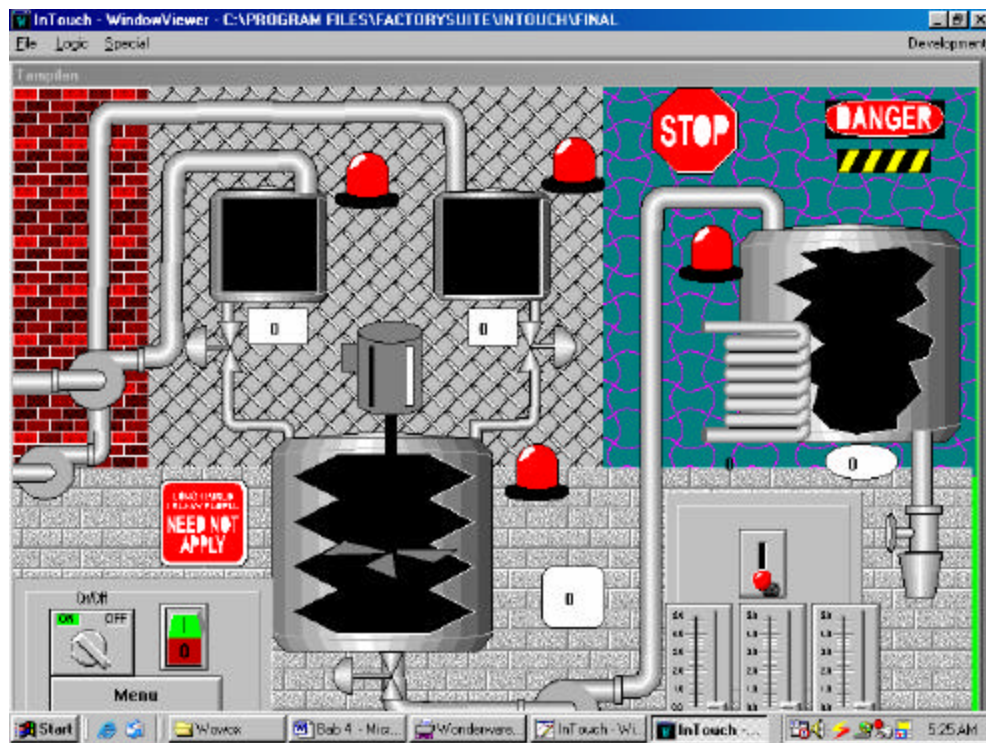
```

```

    tank2=tank2;
    tank3=tank3;
ENDIF;
    IF tank2 <=0 THEN
        tank2=0;
        tank3 = tank3 - speed2;
    ENDIF;
ENDIF;
IF HR00004 == 1 THEN
    IF mixer == 0 THEN
        Error=1;
    ELSE
        Error=0;
    ENDIF;
ENDIF;
IF valve3==1 THEN
    delay=delay + 1;
    IF delay >= 25 THEN
        step1=1;
        IF step1==1 THEN
            tank3 = tank3 - speed3;
            tank4 = tank4 + speed3;
            IF IR00014 == 1 THEN
                step1=0;
                tank3=tank3;
                tank4=tank4;
                delay=0;
            ENDIF;
        ENDIF;
    ENDIF;
ENDIF;
IF (TbMin == 1) AND (tank4>=0) THEN
    mboh=1;
ENDIF;
IF (mboh==1) AND (TbMin==0) THEN
    gelas=gelas+1;
    mboh=0;
ENDIF;
IF (PBvalve == 1) AND (tank4>=0) THEN
    tank4=tank4 - 1;
    IF tank4 <= 0 THEN
        tank4=0;
    ENDIF;
ELSE
    tank4=tank4;

```

```
ENDIF;  
IF Reset ==1 THEN  
    step1=0;  
    delay=0;  
    tank1=0;  
    tank2=0;  
    tank3=0;  
    tank4=0;  
    Error=0;  
    gelas=0;  
ENDIF;  
ENDIF;
```



Gambar 4.11. Tampilan Intouch

The screenshot shows the InTouch software interface with a yellow background. At the top, there are two buttons: "Menu" and "Tampilan". Below them are three tables:

Volume Tank			
Vol Tank 1	Vol Tank 2	Vol Tank 3	Vol Tank 4
0	0	0	0

Volume Total	
PB valve	Jumlah Prod Gelas
Stopped	0

Pompa1	Pompa2	S Valve 1	S Valve 2	Mixer	Pompa3	Heater
Stopped	Stopped	Stopped	Stopped	Stopped	Stopped	Stopped

Gambar 4.12. Tampilan Database Intouch

4.7. Pemakaian Kabel

Kabel yang dipakai pada tugas akhir ini terdiri dari empat jenis kabel yang berbeda-beda, yaitu :

- Kabel yang digunakan untuk pemasangan panel relai-relai pada penyambungan PLC. Kabel ini mempunyai spesifikasi :
 - JEMBO CABLE
 - NYAF 0,75 mm²
 - 450 / 750 V
- Kabel untuk penyambungan plan seperti pompa, valve, inverter. Kabel ini mempunyai spesifikasi :
 - NYAF 2 x 0,75 mm²
- Kabel untuk menyambungkan heater. Kabel ini mempunyai spesifikasi sebagai berikut :
 - NYMHY 2 x 0,75 mm²

- Kabel untuk menyambungkan motor tiga phasa dengan inverter. Kabel ini mempunyai spesifikasi sebagai berikut :
 - Focus
 - NYMHY 3 x 0,75 mm²

4.7.1. Kabel Relai-PLC

Kabel ini dipakai untuk mengalirkan tegangan 24 V DC, 0.3 A dari PLC ke card baik input dan output pada PLC. Juga digunakan untuk mengalirkan tegangan 20 V DC, 0.5 A dari suplai ke bagian sensor ketinggian, tombol *push button* yang digunakan untuk mengaktifkan relai. Semua kabel ini digunakan didalam panel pengoperasian sistem kontrolnya. Apabila dihitung kuat arus yang mengalir pada kabel maka :

$$I_{KHA} \text{ Kabel} > 1,7 \times I_A$$

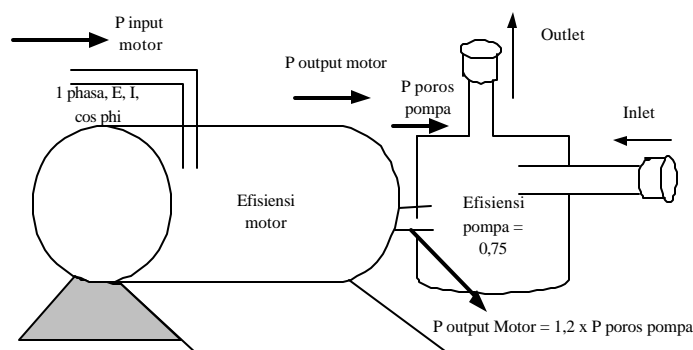
$$I_{KHA} \text{ Kabel} > 1,7 \times 0,5$$

$$I_{KHA} \text{ Kabel} > 0.85 \text{ A}$$

Dari spesifikasi kabel yang digunakan dapat diketahui bahwa kuat arus maksimum yang mampu ditahan kabel tersebut adalah 7 A³.

4.7.2. Kabel Plan

Pada pompa diketahui bahwa daya output motor untuk menggerakkan pompa adalah 125 Watt. Dapat dilihat sistem pompanya seperti pada gambar 4.13.



Gambar 4.13. Sistem Pompa

³ Katalog Kabel Yanamaka. p. 34

Maka dengan mengambil asumsi efisiensi motor pada pompa adalah 0.84 maka :

$$P_{in} = P_{out} / \eta$$

$$P_{in} = 125 / 0.84$$

$$P_{in} = 148.81 \text{ Watt}$$

Dengan mengambil asumsi $\cos \phi = 0,7$ maka :

$$I = \frac{P \text{ (KW)} \times 1000}{E \times \cos \phi} \quad (4.3)^4$$

$$I = \frac{0,14881 \times 1000}{220 \times 0,7}$$

$$I = 0,9663 \text{ A}$$

Dimana :

$$I_{KHA} \text{ Kabel} > 1,7 \times I_A$$

$$I_{KHA} \text{ Kabel} > 1,7 \times 0,9663$$

$$I_{KHA} \text{ Kabel} > 1,64271 \text{ A}$$

Sedangkan untuk valve, dengan asumsi $\cos \phi = 0,8$ didapatkan arusnya :

$$I = \frac{P \text{ (KW)} \times 1000}{E \times \cos \phi}$$

$$I = \frac{0,017 \times 1000}{220 \times 0,8}$$

$$I = 0,0966 \text{ A}$$

Dimana :

⁴ R. Gary and M. Glen. Electrical Motor Controls. American Technical Publishers, Inc. 2th ED 2001. p. 504

$$I_{KHA} \text{ Kabel} > 1,7 \times I_A$$

$$I_{KHA} \text{ Kabel} > 1,7 \times 0,0966$$

$$I_{KHA} \text{ Kabel} > 1,6422 \text{ A}$$

Dari desain diatas maka diperlukan kabel yang dapat dilewati arus 1,64271 A. Sedang kabel yang dipakai dapat untuk menahan kuat arus maksimum 7 A pada suhu 30° C.⁵

4.7.3. Kabel Heater

Sedangkan desain kabel yang digunakan untuk heater, dengan memakai asumsi $\cos \varphi = 0,8$ didapatkan arusnya :

$$I = \frac{P \text{ (KW)} \times 1000}{E \times \cos \varphi}$$

$$I = \frac{1 \times 1000}{220 \times 0,8}$$

$$I = 5,68 \text{ A}$$

Dimana :

$$I_{KHA} \text{ Kabel} > 1,7 \times I_A$$

$$I_{KHA} \text{ Kabel} > 1,7 \times 5,68$$

$$I_{KHA} \text{ Kabel} > 9,656 \text{ A}$$

Sedangkan dari spesifikasi kabel dapat diketahui bahwa kabel tersebut mampu untuk menahan arus maksimum 12 A pada suhu 30° C⁶.

4.7.4. Kabel Motor-Inverter

Daya motor untuk mixer adalah ¼ HP (186,5 Watt). Dan diketahui $I = 0,71$ A, karena menggunakan inverter arus awalnya hanya naik 150 % maka :

$$I_{KHA} \text{ Kabel} > 1,7 \times 1,5 \times I_A$$

$$I_{KHA} \text{ Kabel} > 1,7 \times 1,5 \times 0,71$$

⁵ Katalog Kabel Yanamaka. p. 34.

⁶ Ibid. p. 30

$I_{KHA} \text{ Kabel} > 1.8105 \text{ A}$

Sedangkan kabel yang dipakai mempunyai kuat arus maksimum 12 A pada suhu 30°C ⁷. Sehingga masih memenuhi syarat dalam desain ini.

⁷ Ibid.