

BAB IV
PERHITUNGAN, HASIL PENGUJIAN,
PENGUKURAN DAN ANALISA

4.1 Perhitungan

4.1.1 Perencanaan Poros

a. Spesifikasi

Motor penggerak yang digunakan dalam perancangan ini adalah motor listrik dengan data sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Daya motor} &= 1/16 \text{ HP} \\ &= 1/16 \times 0.735 \text{ kW} \\ &= 0.0459375 \text{ kW} \\ \text{Putaran motor (N)} &= 6000 \text{ rpm} \\ \text{Diameter puli motor (dp)} &= 8 \text{ mm} \\ \text{Diameter puli poros (Dp)} &= 76.2 \text{ mm}\end{aligned}$$

b. Daya Rencana (pd)

Daya rencana adalah daya yang digunakan dalam perancangan poros di mana :

$$P_d = f_c \times P \text{ (kW)}$$

di mana :

f_c = factor koreksi (1.2-2.0)

P_d = daya rencana (kW)

P = Daya nominal output motor

$$\begin{aligned}P_d &= 2 \times 0,0459375 \\ &= 0.091875 \text{ kW}\end{aligned}$$

c. Momen Puntir Atau Torsi

Momen puntir rencana adalah T (kg.mm).

$$T = 9.74 \times 10^5 \frac{P_d}{N}$$

Jadi momen rencana (T)

$$\begin{aligned} T &= 9.74 \times 10^5 \frac{0.091875}{6000} \\ &= 14.914375 \text{ kg.mm} \end{aligned}$$

d. Memilih Bahan Poros Dengan Kekuatan Tarik (σ_B) Serta Menentukan Faktor Koreksi Bahan (Sf_1) Dan Faktor Koreksi Bentuk Poros (Sf_2).

Poros dari bahan S30C dengan tegangan tarik (σ_B) = 48 kg/mm²

$Sf_1 = 6.0$ (Standar ASME) $Sf_2 = 1.3-3.0$ (yang diambil 3.0).

e. Menentukan Tegangan Geser Yang Diijinkan (τ_a)

$$\begin{aligned} \tau_a &= \frac{\sigma_B}{Sf_1 \times Sf_2} \\ &= \frac{48}{6 \times 3} \\ &= 2.66 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

Jadi tegangan yang diijinkan sebesar 2.66 kg/mm²

f. Menghitung Diameter Poros (d_s)

$$d_s = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T \cdot K_t \cdot C_b}{\pi \cdot \tau}}$$

di mana : d_s = diameter poros (mm)

K_t = faktor koreksi (1.5-3.0)

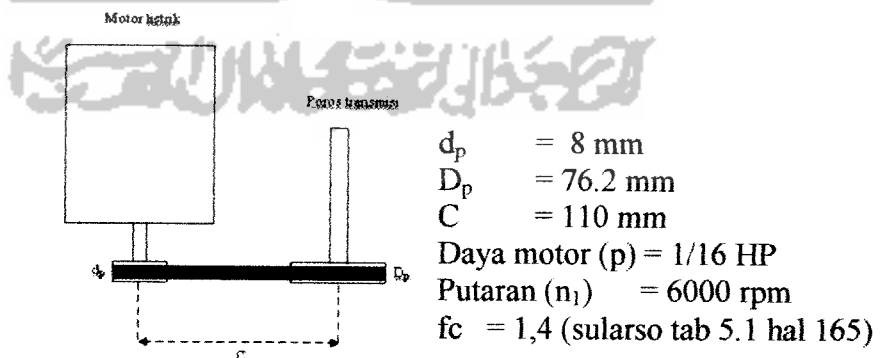
C_b = faktor beban lentur (1.2-2.3)

T = momen rencana ($\text{kg} \cdot \text{mm}^2$)

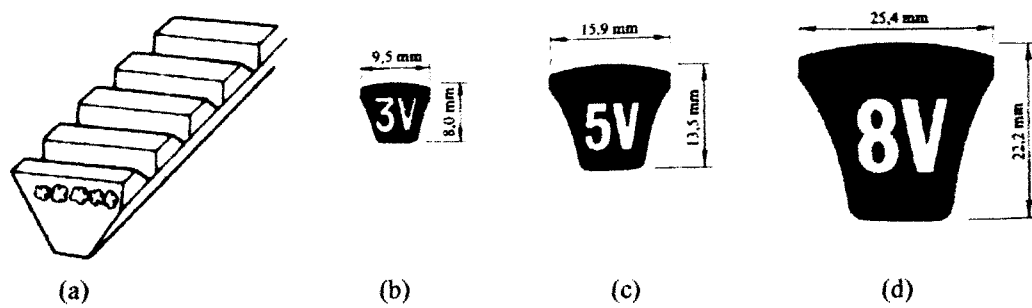
$$\begin{aligned} d_s &= \sqrt[3]{\frac{16 \times 14.914375 \times 3 \times 2.3}{2.66 \times 3.14}} \\ &= \sqrt[3]{\frac{1646.547}{8.3524}} \\ &= 5.82 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dalam perencanaan diameter poros minimum sebesar 5.82 mm. dalam perencanaan mesin pembuat pola, diameter poros sebesar 12 mm.

4.1.2 Perancangan Sabuk- V

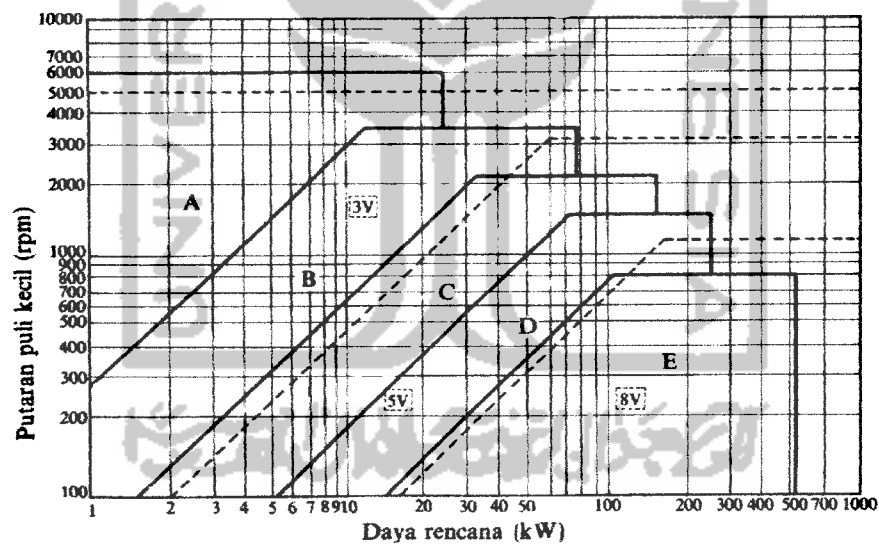


Gambar 4.1. Jarak poros puli



Gambar 4.2 Sabuk-V Sempit. (Sularso, 1997)

- a.) Tipe Sudut Sempit
- b.) Tipe 3V.
- c.) Tipe 5V
- d.) Tipe 8V



Gambar 4.3 Diagram pemilihan sabuk-V (Sularso, 1997)

Atas dasar daya rencana dan putaran poros penggerak, penampang sabuk -V yang sesuai adalah penampang sabuk-V Sempit.

a. Daya Yang Direncanakan (pd)

$$\begin{aligned} Pd &= fc \times p \\ &= 1.4 \times 0.459375 \text{ kw} \\ &= 0.64 \text{ kw} \end{aligned}$$

b. Kecepatan linier Sabuk- V Sempit (m/s)

$$v = \frac{\pi \times d_p \times n_1}{60 \times 1000}$$

di mana :

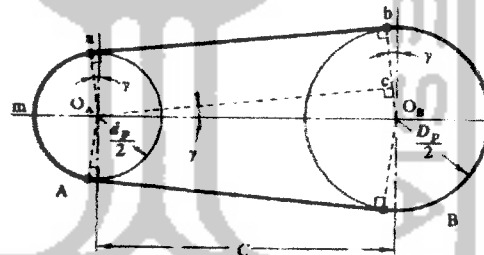
v = kecepatan sabuk linier (m/s)

d_p = diameter puli penggerak (mm)

n_1 = putaran motor (rpm)

$$v = \frac{3.14 \times 8 \times 6000}{60 \times 1000}$$

$$= 2.5 \text{ m/s} \Rightarrow 2.5 < 30 \text{ (baik)}$$



Gambar 4.4 Perhitungan panjang keliling sabuk (Sularso, 1997)

c. Panjang sabuk-V sempit

Untuk mengetahui panjang sabuk (mm) yang digunakan, menggunakan rumus di bawah ini : (Sularso, 1997)

$$\begin{aligned} L &= 2C + \frac{\pi}{2}(d_p + D_p) + \frac{1}{2}(D_p - d_p)^2 - \frac{C}{4C}(D_p - d_p)^2 \\ &= 2C + \frac{\pi}{2}(d_p + D_p) + \frac{1}{4C}(D_p - d_p)^2 \end{aligned}$$

Maka

$$L = 2 \times 110 + \frac{3.14}{2} (8 + 76.2) + \frac{1}{4 \times 110} (76.2 - 8)^2$$

$$= 353.155 \text{ mm} \approx 356 \text{ mm}$$

Jadi keliling sabuk dalam perencanaan mesin pembuat pola lilin disesuaikan dengan (Sularso, 1997) adalah 14" atau 356 mm.

d. Sudut kontak (θ)

$$(\theta) = 180^\circ - \frac{57(D_p - d_p)}{C}$$

di mana : $C = 110 \text{ mm}$

$d_p = 8 \text{ mm}$

$D_p = 76.2 \text{ mm}$

$$(\theta) = 180^\circ - \frac{57 \times (76.2 - 8)}{110}$$

$$= 144.66^\circ \Rightarrow \text{Faktor koreksi (} K_\theta \text{)} = 0.91$$

e. Menghitung Kapasitas Daya Yang Ditransmisikan Oleh Sabuk (P_o).

$$P = F \times v$$

di mana : $P = \text{Daya yang di transmisikan}$
oleh motor

$$= 0.0459375 \times 75 \text{ kg.m/det}$$

$$= 3.45 \text{ kg.m/det}$$

$$F = \frac{P}{v}$$

$$= \frac{3.45}{2.5}$$

$$= 1.38 \text{ kg}$$

Kapasitas daya yang ditransmisikan sabuk

$$P_o = \frac{F.d.\lambda.N}{60.1000}$$

Dimana :

F = Gaya

d = Dimeter puli

N = Putaran mesin

$$P_o = \frac{1.38 \times 8 \times 3.14 \times 6000}{60000}$$

$$= 3.47 \text{ KW}$$

f. Jumlah Sabuk Yang Diperlukan

$$N = \frac{pd}{P_o.K\theta}$$

$$= \frac{0,64}{3.47 \times 0.91}$$

$$= 0,20 \approx 1 \text{ buah sabuk}$$

g. Daerah Penyetelan ΔC_i Dan ΔC_t

(Dari table 5.8 Hal 174)

$$\Delta C_i = 20 \text{ mm} \quad \Delta C_t = 25 \text{ mm}$$

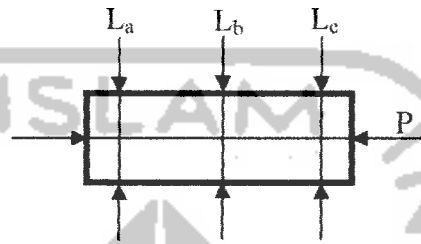
4.2 Hasil Pengujian Pola

Setelah mendapatkan mesin pembuat pola lalu mesin yang dihasilkan diuji dengan beberapa pengujian untuk mengetahui prestasi mesin. Dalam pengujian terdapat error dimensi, error dimensi didapatkan dari persamaan :

$$\text{Error dimensi (\%)} = \left| \frac{\text{ukuran pola} - \text{ukuran produk}}{\text{ukuran pola}} \times 100 \% \right|$$

a. Pengujian dimensi panjang dan lebar dari pola persegi panjang.

Pengujian dilakukan pada 3 pola persegi panjang hasil pemotongan dengan mesin pembuat pola. Alat ukur yang digunakan dalam pengujian menggunakan jangka sorong dengan kecermatan 0.02 mm. Dari pengujian yang dilakukan didapat data hasil pengujian dari masing-masing pola persegi panjang seperti terlihat pada Tabel 4.1.



Gambar 4.5 Pengukuran pola persegi panjang

Tabel 4.1. Hasil pengujian pola persegi panjang

Ø Pahat (mm)	Tebal Lilin (mm)	Warna Poal / produk	Persegi Panjang 1 (mm)				Persegi Panjang 2 (mm)				Persegi Panjang 3 (mm)			
			P	La	Lb	Lc	P	La	Lb	Lc	P	La	Lb	Lc
2 mm	5 mm	Biru	38,59	22,03	22,01	21,90	38,50	22,00	22,05	22,04	38,49	22,04	22,02	22,04
	10 mm	kuning	38,57	22,05	22,04	21,9	38,59	22,02	22,01	22,03	38,57	22,05	22,03	22,02
3 mm	5 mm	Kuning emas	38,52	21,90	21,90	22,00	38,54	22,03	22,03	22,02	38,56	21,90	21,90	21,90
	10 mm	Merah	38,50	22,00	22,01	21,90	38,58	22,01	21,90	22,02	38,52	21,90	22,00	22,01

Dari data di atas dapat diketahui selisih antara cetakan (mal) dan pola persegi panjang seperti pada Tabel 4.2.

Selisih cetakan dan pola = dimensi cetakan – dimensi pola

Tabel 4.2 Selisih cetakan pola persegi panjang (mm)

Ø Pahat (mm)	Tebal Lilin (mm)	Warna Poal / produk	Selisih Persegi Panjang 1 (mm)				Selisih Persegi Panjang 2 (mm)				Selisih Persegi Panjang 3 (mm)			
			P	La	Lb	Lc	P	La	Lb	Lc	P	La	Lb	Lc
2 mm	5 mm	Biru	-0,09	-0,03	-0,01	0,10	0,00	0,00	-0,05	-0,05	0,01	-0,04	-0,02	-0,04
	10 mm	kuning	-0,07	-0,05	-0,04	-0,01	-0,09	-0,05	-0,01	-0,03	-0,07	-0,05	-0,03	-0,02
3 mm	5 mm	Kuning emas	-0,02	0,10	0,10	0,00	-0,04	-0,03	-0,03	-0,02	-0,06	0,10	0,10	0,10
	10 mm	Merah	0,00	0,00	-0,01	0,10	-0,08	-0,01	0,10	-0,02	-0,02	0,10	0,00	-0,01

Tabel 4.3. Error pola persegi panjang (%)

Ø Pahat (mm)	Tebal Lilin (mm)	Warna Poal / produk	Error Persegi Panjang 1 (%)				Error Persegi Panjang 2 (%)				Error Persegi Panjang 3 (%)			
			P	L _a	L _b	L _c	P	L _a	L _b	L _c	P	L _a	L _b	L _c
2 mm	5 mm	Biru	0,23	0,07	0,02	0,26	0,00	0,00	0,12	0,12	0,02	0,10	0,05	0,10
	10 mm	kuning	0,18	0,12	0,10	0,26	0,23	0,12	0,02	0,07	0,18	0,12	0,07	0,05
3 mm	5 mm	Kuning emas	0,05	0,26	0,26	0,00	0,10	0,07	0,07	0,05	0,15	0,26	0,26	0,26
	10 mm	Merah	0,00	0,00	0,02	0,26	0,20	0,02	0,26	0,05	0,02	0,26	0,00	0,02

Dari data di atas dapat diketahui nilai hasil rata-rata pengujian dimensi dari hasil pemotongan dengan diameter pahat gundi 2 mm dan 3 mm seperti terlihat pada Tabel 4.4 di bawah ini:

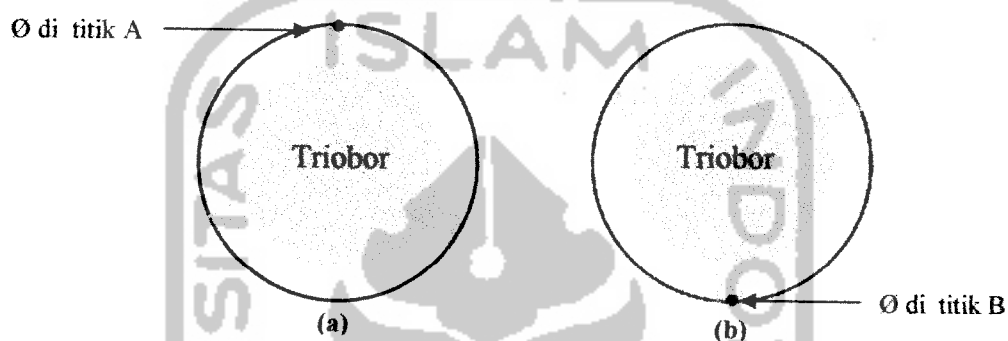
Tabel 4.4 Hasil rata-rata pengujian dimensi pola persegi panjang

Ø pahat (mm)	Tebal lilin (mm)	Warna pola/produk	Hasil rata-rata pengujian dimensi pola (mm)	
			P	L
2 mm	5 mm	Biru	38,53	22,01
	10 mm	Kuning	38,58	22,02
3 mm	5 mm	Kuning emas	38,54	21,95
	10 mm	Merah	38,53	21,97

Dari data Tabel 4.4 diketahui pada pemotongan pola dengan diameter pahat yang berbeda terjadi penyimpangan ukuran dimensi panjang dan lebar dengan pola asli. Pada pemotongan dengan diameter pahat 2 mm, penyimpangan dimensi panjang sebesar 0.03 mm pada ketebalan lilin 5 mm. Sedangkan penyimpangan ukuran dimensi lebar sebesar 0.01 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0.04 mm pada ketebalan lilin 10 mm. Pada pemotongan dengan diameter pahat 3 mm, penyimpangan dimensi panjang sebesar 0.04 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0.03 mm pada ketebalan lilin 10 mm. Sedangkan penyimpangan ukuran dimensi lebar sebesar 0.01 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0.03 pada ketebalan lilin 10 mm.

b. Pengujian kebulatan pola lingkaran

Pengujian dilakukan pada 3 pola lingkaran hasil pemotongan dengan mesin pembuat pola. Alat ukur yang digunakan dalam pengujian kebulatan pola lingkaran menggunakan mikrometer tiga kaki (triobor) dengan kecermatan 0.005 mm. Dari pengujian yang dilakukan didapat data hasil pengujian dari masing-masing pola lingkaran seperti terlihat pada Tabel 4.5.



Gambar 4.6 (a) Pengukuran pola lingkaran di titik A
(b) Pengukuran pola lingkaran di titik B

Tabel 4.5 Hasil pengujian pola lingkaran

Ø Pahat (mm)	Tebal lilin (mm)	Warna Pola / produk	Diameter Lingk 1 (mm)		Diameter Lingk 2 (mm)		Diameter Lingk 3 (mm)	
			a	b	a	b	a	b
2 mm	5 mm	Biru	35,97	35,94	35,96	35,99	35,98	35,91
	10 mm	Kuning	35,97	35,96	35,98	35,97	36,00	36,03
3 mm	5 mm	Kuning emas	35,98	36,01	36,05	35,96	35,95	35,98
	10 mm	Merah	36,01	36,00	36,00	36,02	35,97	35,97

Tabel 4.6 Selisih cetakan dan pola lingkaran

Ø Pahat (mm)	Tebal lilin (mm)	Warna Pola / produk	Selisih Diameter Lingk 1 (mm)		Selisih Diameter Lingk 2 (mm)		Selisih Diameter Lingk 3 (mm)	
			a	b	a	b	a	b
2 mm	5 mm	Biru	0,03	0,04	0,04	0,09	0,02	0,01
	10 mm	Kuning	0,03	0,04	0,02	0,03	0,00	- 0,03
3 mm	5 mm	Kuning emas	0,08	-0,01	-0,05	-0,04	0,05	0,02
	10 mm	Merah	-0,01	0,00	0,00	-0,02	0,03	0,03

Tabel 4.7 Error pola lingkaran (%)

Ø Pahat (mm)	Tebal lilin (mm)	Warna Pola / produk	Error Diameter Lingk 1 (%)		Error Diameter Lingk 2 (%)		Error Diameter Lingk 3 (%)	
			a	b	a	b	a	b
2 mm	5 mm	Biru	0,08	0,11	0,11	0,25	0,05	0,03
	10 mm	Kuning	0,08	0,11	0,05	0,08	0,00	0,08
3 mm	5 mm	Kuning emas	0,22	0,03	0,14	0,11	0,14	0,05
	10 mm	Merah	0,03	0,00	0,00	0,05	0,08	0,08

Dari data di atas dapat diketahui nilai hasil rata-rata pengujian dimensi dari hasil pemotongan dengan diameter pahat 2 mm dan 3 mm seperti terlihat pada Tabel 4.8 di bawah ini:

Tabel 4.8 Hasil rata-rata pengujian dimensi pola lingkaran

Ø Pahat (mm)	Tebal Lilin (mm)	Warna Pola/produk	Diameter rata-rata pegujian kebulatan (mm)
2 mm	5 mm	Biru	35,95
	10 mm	Kuning	35,98
3 mm	5 mm	Kuning emas	35,99
	10 mm	Merah	35,99

Dari data Tabel 4.8 diketahui pada pemotongan pola dengan diameter pahat yang berbeda terjadi penyimpangan ukuran diameter pola lilin dengan pola asli. Pada pemotongan dengan diameter pahat 2 mm, penyimpangan diameter sebesar 0.05 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0.02 pada ketebalan lilin 10 mm. Pada pemotongan dengan diameter pahat 3 mm, penyimpangan diameter sebesar 0.05 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0,01 mm pada ketebalan lilin 10 mm.

4.3 Pengukuran Produk

Setelah rongga cetak atau pola dihasilkan dari pemotongan dengan mesin kemudian pola dituang dengan resin untuk menghasilkan produk persegi panjang dan lingkaran. Setelah pola jadi, kemudian langkah pengukuran dapat dilakukan. Alat ukur yang digunakan dalam pengukuran produk berbeda dengan pengukuran pada pola. Dimensi pola berbeda dengan dimensi produk dikarenakan sewaktu pembuatan produk terjadi penyusutan.

a. Produk Persegi Panjang

Pengukuran produk dilakukan pada 3 produk persegi panjang. Alat ukur yang digunakan dalam pengukuran menggunakan mikrometer dengan kecermatan 0.01 mm. Dari pengukuran yang dilakukan didapat data hasil pengukuran dari masing-masing produk persegi panjang seperti terlihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Pengukuran produk persegi panjang (mm)

Ø Pahat (mm)	Tebal Lilin (mm)	Warna Poal / produk	Persegi Panjang 1 (mm)				Persegi Panjang 2 (mm)				Persegi Panjang 3 (mm)			
			P	L _a	L _b	L _c	P	L _a	L _b	L _c	P	L _a	L _b	L _c
2 mm	5 mm	Biru	38,54	21,90	22,00	21,90	38,49	22,00	21,90	22,01	38,47	22,00	21,90	22,01
	10 mm	kuning	38,53	22,01	22,01	21,90	38,55	22,02	22,00	22,01	38,51	22,03	22,01	22,00
3 mm	5 mm	Kuning emas	38,50	21,80	21,90	22,00	38,52	22,00	22,01	22,00	38,53	21,90	21,90	21,80
	10 mm	Merah	38,49	22,00	21,90	21,80	38,54	22,00	21,90	20,01	38,50	21,90	22,00	22,00

Tabel 4.10 Selisih pola dan produk persegi panjang (mm)

Ø Pahat (mm)	Tebal Lilin (mm)	Warna Poal / produk	Selisih Persegi Panjang 1 (mm)				Selisih Persegi Panjang 2 (mm)				Selisih Persegi Panjang 3 (mm)			
			P	L _a	L _b	L _c	P	L _a	L _b	L _c	P	L _a	L _b	L _c
2 mm	5 mm	Biru	-0,04	0,10	0,00	0,10	0,01	0,00	0,10	-0,01	0,03	0,00	0,10	-0,01
	10 mm	kuning	-0,03	-0,01	-0,01	0,10	-0,05	-0,02	0,00	-0,01	-0,01	-0,03	-0,01	0,00
3 mm	5 mm	Kuning emas	0,00	0,20	0,10	0,00	-0,02	0,00	-0,01	0,00	-0,03	0,10	0,10	0,20
	10 mm	Merah	0,01	0,00	0,10	0,20	-0,04	0,00	0,10	-0,01	0,00	0,10	0,00	0,00

Tabel 4.11 Error produk persegi panjang (%)

Ø Pahat (mm)	Tebal Lilin (mm)	Warna Poal / produk	Error Persegi Panjang 1 (%)				Error Persegi Panjang 2 (%)				Error Persegi Panjang 3 (%)			
			P	L _a	L _b	L _c	P	L _a	L _b	L _c	P	L _a	L _b	L _c
2 mm	5 mm	Biru	0,10	0,26	0,00	0,26	0,02	0,00	0,26	0,02	0,07	0,00	0,26	0,02
	10 mm	kuning	0,07	0,12	0,02	0,26	0,12	0,05	0,00	0,02	0,02	0,07	0,02	0,00
3 mm	5 mm	Kuning emas	0,00	0,51	0,26	0,00	0,05	0,00	0,02	0,00	0,07	0,26	0,26	0,51
	10 mm	Merah	0,02	0,00	0,26	0,51	0,10	0,00	0,26	0,02	0,00	0,28	0,00	0,00

Dari data Tabel 4.9 diketahui hasil pengukuran dimensi produk berbeda dengan hasil pengujian pola (Tabel 4.1). Hal ini dikarenakan adanya penyusutan pada produk. Dari data hasil pengujian pola dengan hasil pengukuran produk dapat diketahui selisih pola dan produk seperti pada Tabel 4.10.

Selisih pola dan produk = dimensi pola – dimensi produk

Dari data Tabel 4.10 diketahui penyusutan produk terjadi dikarenakan sifat bahan dasar produk. Bahan dasar pembuat produk terbuat dari campuran resin dan katalis. Resin memiliki sifat kental, sehingga sewaktu penuangan resin ke dalam pola, tidak semua resin menempel pada dinding pola. Jadi bisa dipastikan ukuran dimensi pola berbeda dengan dimensi produk.

b. Produk lingkaran

Pengukuran produk dilakukan pada 3 produk lingkaran. Alat ukur yang digunakan dalam pengukuran menggunakan jam ukur atau *dial indicator* dan alat ukur bantu berupa *V-block* dan *dial stand* dengan kecermatan 0.01 mm. Dari pengukuran yang dilakukan didapat data hasil pengukuran dari masing-masing produk lingkaran seperti terlihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Pengukuran produk lingkaran.

Tabel 4.12 A
Produk warna biru
Ukuran pahat : 2 mm
Tebal lilin : 5 mm

No	Kebulatan produk		
	Ling I	Ling II	Ling III
1	+ 0,28	- 0,19	+ 0,25
2	+ 0,21	- 0,28	+ 0,38
3	+ 0,05	+ 0,19	+ 0,10
4	- 0,53	- 0,29	+ 0,27
5	- 0,12	+ 0,27	+ 0,08
6	- 0,11	- 0,06	+ 0,35
7	- 0,34	- 0,21	+ 0,20
8	- 0,32	- 0,05	- 0,01
9	- 0,27	+ 0,40	+ 0,65
10	+ 0,61	- 0,24	+ 0,21
11	+ 0,52	- 0,38	+ 0,55
12	+ 0,09	+ 0,25	+ 0,55

Tabel 4.12 C
Produk warna kuning emas
Ukuran pahat : 3 mm
Tebal lilin : 5 mm

No	Kebulatan produk		
	Ling I	Ling II	Ling III
1	- 0,07	- 0,07	- 0,19
2	- 0,17	+ 0,09	+ 0,07
3	- 0,01	+ 0,43	- 0,37
4	- 0,03	+ 0,46	+ 0,36
5	+ 0,15	+ 0,50	+ 0,17
6	- 0,01	- 0,19	- 0,30
7	+ 0,15	+ 0,50	- 0,29
8	+ 0,29	+ 0,49	+ 0,19
9	+ 0,23	+ 0,10	+ 0,46
10	- 0,13	+ 0,54	- 0,29
11	+ 0,21	+ 0,22	+ 0,19
12	- 0,13	- 0,18	- 0,21

Tabel 4.12 B
 Produk warna kuning
 Ukuran pahat : 2 mm
 Tebal lilin : 10 mm

No	Kebulatan produk		
	Ling I	Ling II	Ling III
1	- 0,01	+ 0,07	- 0,35
2	+ 0,44	+ 0,04	- 0,06
3	+ 0,38	- 0,04	- 0,22
4	+ 0,42	+ 0,08	- 0,18
5	+ 0,39	+ 0,10	+ 0,17
6	+ 0,30	+ 0,15	+ 0,32
7	- 0,05	- 0,25	- 0,22
8	- 0,08	+ 0,41	- 0,31
9	+ 0,19	+ 0,09	- 0,34
10	+ 0,50	- 0,04	+ 0,01
11	+0,55	+ 0,06	+ 0,45
12	- 0, 10	+ 0,27	+ 0,13

Tabel 4.12 D
 Produk Warna merah
 Ukuran pahat : 3 mm
 Tebal lilin : 10 mm

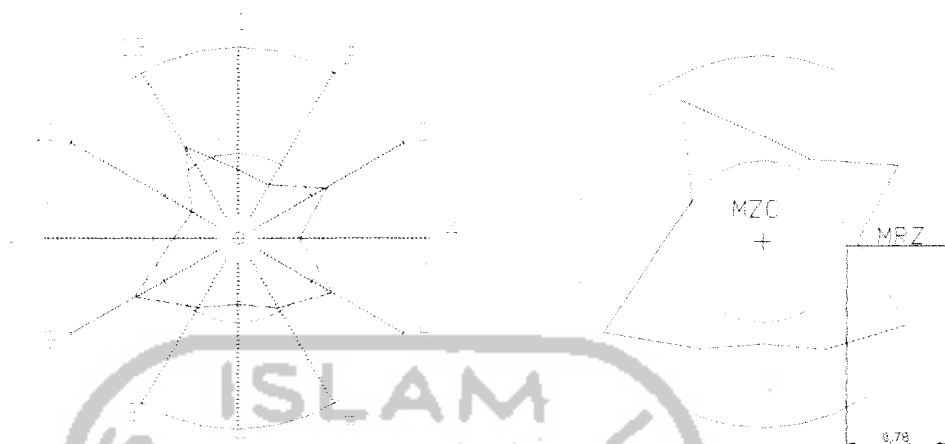
No	Kebulatan produk		
	Ling I	Ling II	Ling III
1	+ 0,09	- 0,09	+ 0,02
2	- 0,07	+ 0,05	+ 0,64
3	+ 0,05	- 0,17	- 0,17
4	+ 0,02	- 0,12	+ 0,09
5	+ 0,18	+ 0,41	+ 0,12
6	+ 0,20	+ 0,33	+ 0,02
7	- 0,05	+ 0,31	+ 0,13
8	+ 0,12	- 0,12	- 0,13
9	+ 0,27	- 0,07	+ 0,48
10	+ 0,43	- 0,22	+ 0,20
11	+ 0,09	+ 0,25	+ 0,61
12	+ 0,08	+ 0,49	+ 0,60

Setelah melakukan proses pengukuran dengan hasil pengukuran pada Tabel 4.12 didapat grafik koordinat polar dari masing-masing lingkaran. Grafik kebulatan dari benda ukur (lingkaran) pada grafik koordinat polar untuk mencari letak titik *minimum zone centre* (MZC) dan *minimum radila zone* (MRZ)

c. Grafik Kebulatan Produk Lingkaran



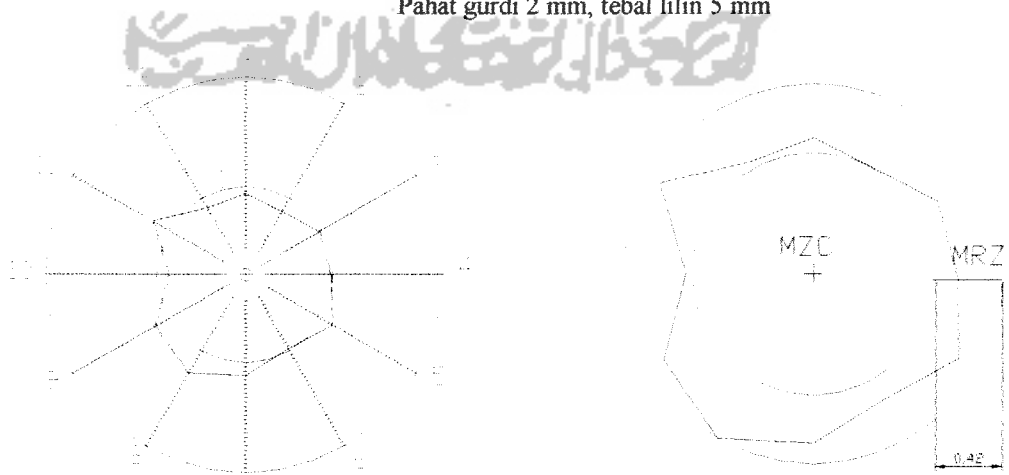
Gambar 4.7 Grafik kebulatan lingkaran 1 warna biru
 Pahat gurdi 2 mm, tebal lilin 5 mm



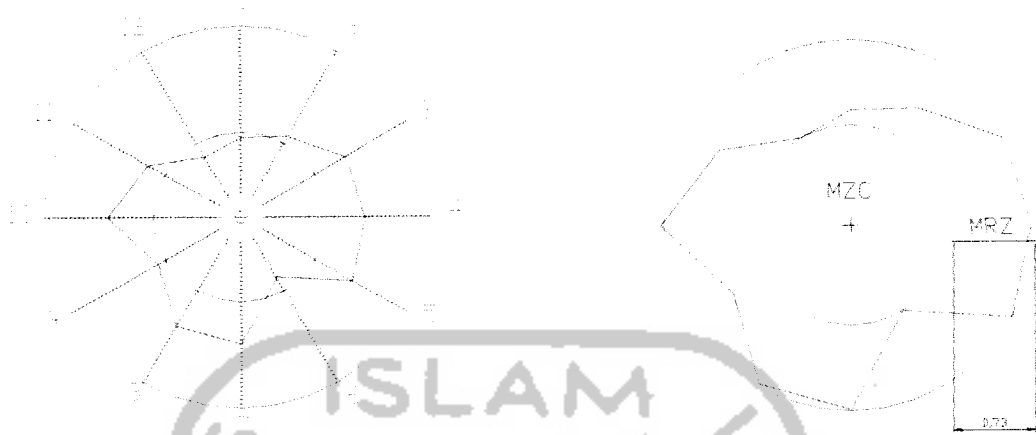
Gambar 4.8 Grafik kebulatan lingkaran 2 warna biru.
Pahat gurdi 2 mm, tebal lilin 5 mm



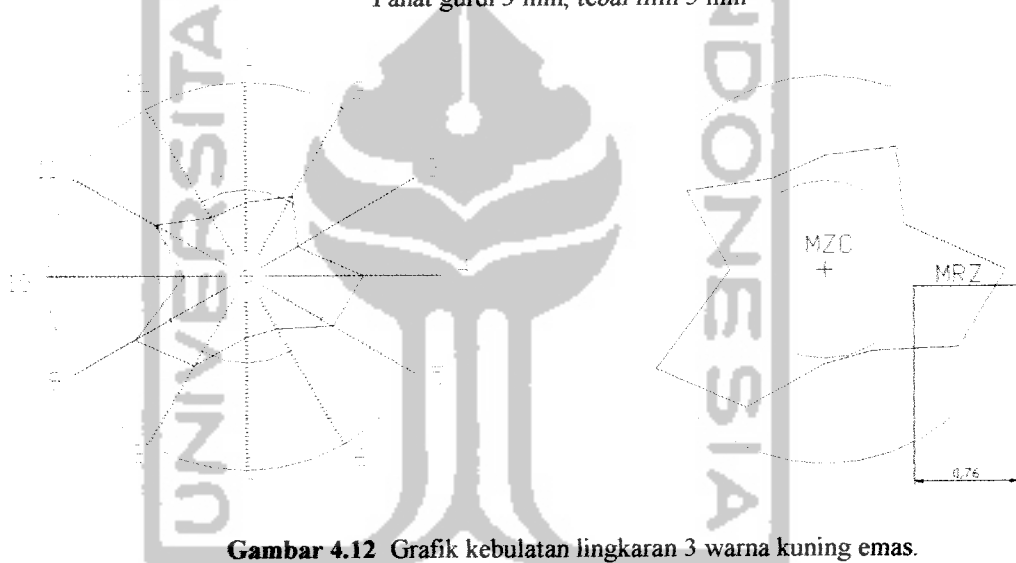
Gambar 4.9 Grafik kebulatan lingkaran 3 warna biru.
Pahat gurdi 2 mm, tebal lilin 5 mm



Gambar 4.10 Grafik kebulatan lingkaran 1 warna kuning emas.
Pahat gurdi 3 mm, tebal lilin 5 mm



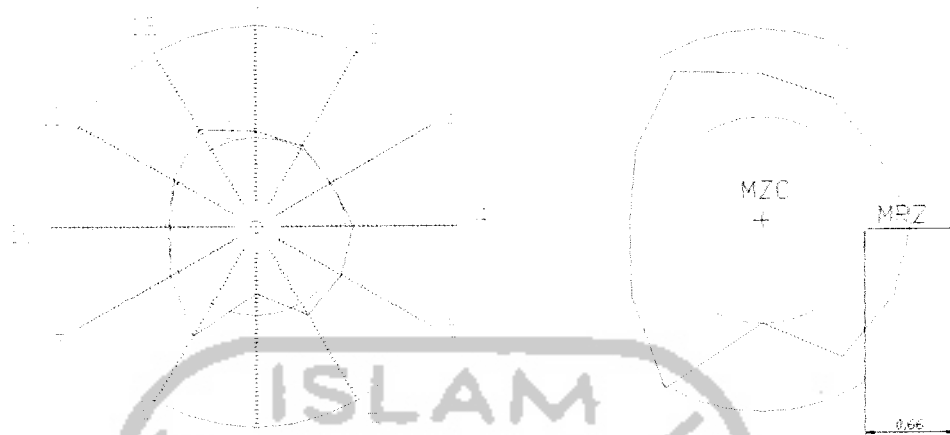
Gambar 4.11 Grafik kebulatan lingkaran 2 warna kuning emas.
Pahat gurdi 3 mm, tebal lilin 5 mm



Gambar 4.12 Grafik kebulatan lingkaran 3 warna kuning emas.
Pahat gurdi 3 mm, tebal lilin 5 mm



Gambar 4.13 Grafik kebulatan lingkaran 1 warna kuning.
Pahat gurdi 2 mm, tebal lilin 10 mm



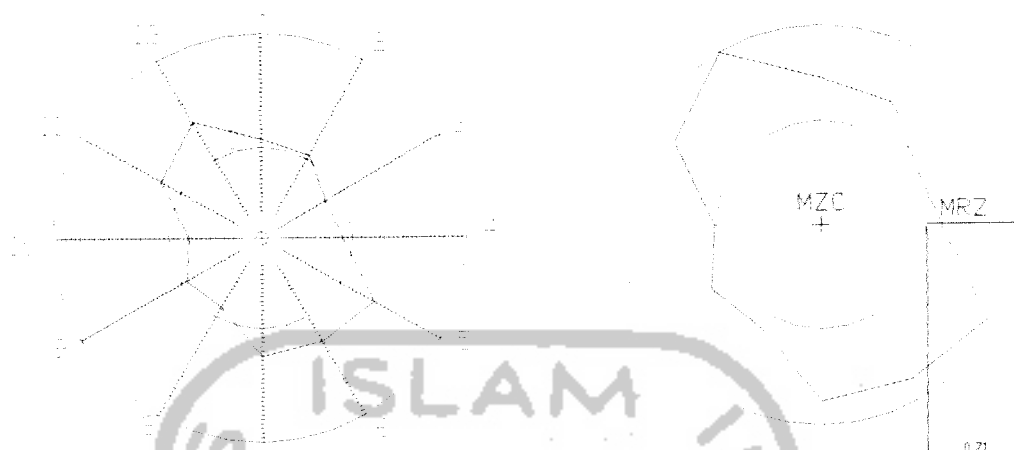
Gambar 4.14 Grafik kebulatan lingkaran 2 warna kuning
Pahat gurdi 2 mm, tebal lilin 10 mm



Gambar 4.15 Grafik kebulatan lingkaran 3 warna kuning
Pahat gurdi 2 mm, tebal lilin 10 mm



Gambar 4.16 Grafik kebulatan lingkaran 1 warna merah.
Pahat gurdi 3 mm, tebal lilin 10 mm



Gambar 4.17 Grafik kebulatan lingkaran 2 warna merah.
Pahat gurdi 3 mm, tebal lilin 10 mm



Gambar 4.18 Grafik kebulatan lingkaran 3 warna merah
Pahat gurdi 3 mm, tebal lilin 10 mm.

Dari grafik kebulatan didapat Tabel 4.14 yang menunjukkan hasil *minimum radial zone* (MRZ) dari produk masing-masing lingkaran dari pengukuran dengan menggunakan V-block dan *dial indicator* dengan ketelitian 0.01 mm.

Tabel 4.13 MRZ produk

Ø pahat (mm)	Tebal lilin (mm)	Warna pola/ produk	MRZ		
			Lingk 1 (mm)	Lingk 2 (mm)	Lingk 3 (mm)
2 mm	5 mm	Biru	1,14	0,78	0,66
	10 mm	Kuning	0,65	0,66	0,80
3 mm	5 mm	Kuning emas	0,42	0,73	0,76
	10 mm	Merah	0,51	0,71	0,81

4.4 Analisa

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian pola yaitu dengan membuat rongga cetak berupa persegi panjang dan lingkaran. Dengan pahat gurdi diameter 2 mm dan 3 mm dengan tebal lilin 5 mm dan 10 mm dengan ukuran lilin A4 (21x29,7). Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana prestasi mesin pembuat pola lilin terhadap kelurusan dan kebulatan. Dengan pengujian dapat diketahui data penyimpangan dimensi. Dengan data yang didapat penyimpangan dimensi panjang dan lebar untuk pola persegi panjang. Pada pemotongan dengan diameter pahat 2 mm, penyimpangan dimensi panjang sebesar 0.03 mm pada ketebalan lilin 5 mm. Sedangkan penyimpangan ukuran dimensi lebar sebesar 0.01 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0.04 mm pada ketebalan lilin 10 mm. Pada pemotongan dengan diameter pahat 3 mm, penyimpangan dimensi panjang sebesar 0.04 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0.03 mm pada ketebalan lilin 10 mm. Sedangkan penyimpangan ukuran dimensi lebar sebesar 0.01 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0.03 pada ketebalan lilin 10 mm. Penyimpangan pada pola lingkaran Pada pemotongan dengan diameter pahat 2 mm, penyimpangan diameter sebesar 0.05 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0.02 pada ketebalan lilin 10 mm. Pada pemotongan dengan diameter pahat 3 mm, penyimpangan diameter sebesar 0.05 mm pada ketebalan lilin 5 mm dan 0,01 mm pada ketebalan lilin 10 mm.

Dalam pemotongan harus diperhatikan juga bagian mana yang mau digunakan kalau bagian luar yang dipakai pemotongan yang dilakukan adalah *down milling* dan yang dipakai bagian dalam pemotongan yang dilakukan adalah *up milling*, dimaksudkan agar serpihan bekas potongan melekat pada bagian yang tidak digunakan.