

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Perancangan

Proses perancangan merupakan serangkaian proses dari pembuatan suatu alat/produk di mana pada proses ini dilakukan perencanaan mengenai alat yang akan dibuat sampai dengan menghasilkan gambar kerja. Dalam melakukan proses perancangan penulis menggunakan pendekatan metode VDI 2222. Berikut adalah tahapan proses perancangan.

4.1.1 Merencana

Tahap merencana dilakukan tahapan identifikasi masalah dimana tahapan ini penulis menggunakan 2 cara yaitu studi lapangan dan studi literatur. Berikut merupakan tahapan dalam proses merencana:

1. Studi lapangan

Studi lapangan dilakukan hasil pengamatan permasalahan yang dilakukan di program studi D3-Teknik Mesin Politeknik Negeri Cilacap dengan melakukan wawancara dengan salah seorang dosen pengajar terkait pembelajaran di program studi D-3 Teknik Mesin. Berikut merupakan quisioner dari hasil wawancara pada tabel 4.1

Tabel 4. 1 Hasil wawancara terkait pembelajaran di program studi D-3 Teknik Mesin Politeknik Negeri Cilacap

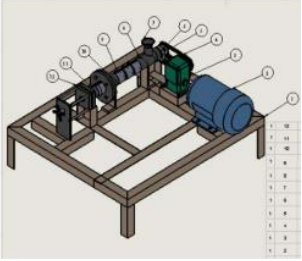
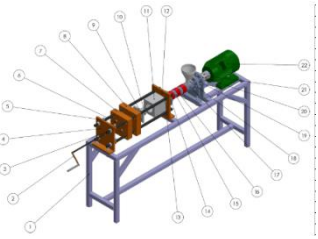
No.	Pertanyaan	Keterangan
1.	Bagaimana pembelajaran di program studi D3 Teknik Mesin Politeknik Negeri Cilacap?	Masih banyak kekurangan dalam hal pembelajaran, terutama dalam hal praktikum
2.	Apa saja sarana pendukung pembelajaran di laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Cilacap?	Ada beberapa sarana pendukung, namun masih banyak kekurangan untuk media pembelajaran

3.	Apakah diperlukan suatu alat/mesin yang berguna sebagai pendukung sarana pembelajaran di Program Studi D3 Teknik Mesin Politeknik Negeri Cilacap?	Diperlukan
4.	Mesin seperti apakah yang dibutuhkan sebagai sarana pembelajaran di Program Studi D3 Teknik Mesin Politeknik Negeri Cilacap?	Mesin yang praktis dan mudah dipahami oleh mahasiswa, serta pembelajarannya mudah, contohnya mesin <i>plastic injection molding</i>
5.	Apakah mesin <i>plastic injection molding</i> dapat membantu mahasiswa untuk menambah pengetahuan dalam hal pembelajaran di kampus?	Ya diperlukan, karena dapat membantu dalam hal pembelajaran di kampus khususnya program studi D3 Teknik Mesin
6.	Bagaimana konsep desain mesin <i>plastic injection molding</i> yang diinginkan untuk memudahkan mahasiswa dalam hal pembelajaran di kampus?	Konsepnya praktis dan simple, namun mudah dipahami dan digunakan oleh mahasiswa

2. Studi literatur

Tahapan studi literatur ini yaitu melakukan pengumpulan data mengenai permasalahan yang timbul dengan mencari beberapa jurnal referensi penelitian terdahulu, serta membaca buku-buku referensi yang terkait dari prinsip kerja mesin *plastic injection molding*.

Tabel 4. 2 Data dari beberapa jurnal terkait pembuatan mesin *plastic injection molding*

No.	Penulis	Keterangan	Desain alat
1	Lusi et al., 2020	Hasil perancangan mesin ini tekanan daya motor yang digunakan sebesar 0,746 Kw dengan RPM 1430. Transmisi yang digunakan <i>gearbox</i> . Menggunakan specimen uji <i>polypropylene</i> (PP).	
2	Setyawan., 2023	Mesin ini membutuhkan daya sebesar 1 HP. Putaran mesin yang paling optimal untuk mencetak produk tempat pensil adalah menggunakan putaran 1390 RPM. Transmisi yang digunakan kopling. Menggunakan specimen uji <i>polypropylene</i> (PP).	

4.1.2 Mengkonsep



Tahapan mengkonsep penulis melakukan pemilihan konsep awal dan pemilihan konsep desain terpilih mengenai desain sistem transmisi pada mesin *plastic injection molding* dengan mengacu beberapa penelitian terdahulu yang sudah dilakukan pada studi literatur mengenai sistem transmisi.

1. Pemilihan konsep desain



Penulis membuat beberapa pemilihan konsep awal mengenai sistem transmisi yang mengacu dari kajian literatur kemudian data-data dari referensi

jurnal penelitian terdahulu. Dari pengumpulan data tersebut diperoleh beberapa konsep awal desain sistem transmisi pada mesin *plastic injection molding* yang ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 3 Alternatif konsep motor penggerak pada mesin *plastic injection Molding*

No.	Alternatif Konsep	Kelebihan	Kekurangan
1.	Alternatif 1 (1A)  Motor <i>stepper</i> ((https://www.hwlibre.com/id/nama-17/)	Motor <i>stepper</i> mampu mempertahankan torsi pada kecepatan yang ditentukan	Instalasi lebih rumit memerlukan komponen tambahan
2.	Alternatif 2 (2A)  Motor listrik DC (https://www.etsworlds.id/2018/05/pengertian-klasifikasi-dan-jenis-motor.html)	Motor DC menghasilkan torsi tinggi pada kecepatan rendah	Instalasi lebih mudah

Tabel 4. 4 Alternatif konsep sistem transmisi pada mesin *plastic injection molding*.

No	Alternatif Konsep	Kelebihan	Kekurangan
1.	Alternatif 1 (1B)  <p><i>Pulley</i> dan sabuk gilir (https://china-gears.net/timing-belt-pulleys/)</p>	Gigi pada sabuk gilir memastikan <i>transfer</i> putaran tanpa <i>slip</i> .	Pemasangan sabuk gilir lebih rumit
2.	Alternatif 2 (2B)  <p><i>Pulley</i> dan sabuk V (https://teknikjaya.co.id/fungsi-pulley/)</p>	Pemasangan sabuk V lebih mudah	Gesekan pada sabuk V dapat menyebabkan sedikit <i>slip</i>

2. Pemilihan konsep desain terpilih

Setelah melakukan tahapan pemilihan konsep awal maka akan diketahui tahapan selanjutnya menentukan konsep desain terpilih dimana pada tahapan ini melakukan pengamatan tentang kebutuhan sistem transmisi.

Tabel 4. 5 Pemilihan konsep desain komponen sistem transmisi pada mesin *plastic injection molding* menggunakan kotak morfologi

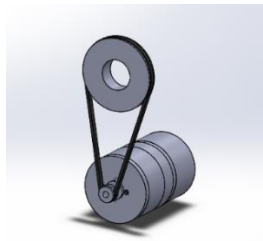
No.	Jenis Konsep	Konsep Awal 1	Konsep Awal 2
1	A. Motor penggerak	Motor listrik DC	Motor <i>stepper</i>
2	B. Sistem transmisi	<i>Pulley</i> dan sabuk gilir	<i>Pulley</i> dan sabuk V

Berdasarkan tabel di atas di dapatkan beberapa hasil alternatif konsep desain pilihan yang akan diterapkan dalam sistem transmisi pada mesin *plastic injection molding* sebagai berikut.

a. Alternatif konsep 1

Menggunakan motor listrik DC sebagai penggerak, *pulley* dan sabuk V sebagai transmisi.

Alternatif konsep 1 : 2A+2B

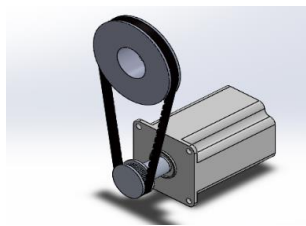


Gambar 4. 1 Konsep desain alternatif 1 sistem transmisi pada mesin *plastic injection molding*

b. Alternatif konsep 2

Menggunakan motor *stepper* sebagai penggerak, *pulley* dan sabuk gilir sebagai sistem transmisi.

Alternatif konsep 2 : 1A+1B



Gambar 4. 2 Konsep desain alternatif 2 sistem transmisi pada mesin *plastic injection molding*

4.1.3 Evaluasi desain rancangan

Komponen pada sistem transmisi yang telah dipilih melalui pemilihan beberapa alternatif konsep di atas, selanjutnya dapat menentukan konsep yang akan digunakan. Pemilihan konsep yang akan digunakan yaitu dengan penilaian masing-masing alternatif konsep desain yang akan dijelaskan pada tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4. 6 Evaluasi desain rancangan sistem transmisi pada mesin *plastic injection molding*

No.	Alternatif Konsep	Kelebihan	Kekurangan
1	Alternatif Konsep 1	Penggunaan motor listrik DC menghasilkan torsi tinggi pada kecepatan rendah dan pemasangan <i>pulley</i> dan sabuk V lebih mudah	Motor listrik DC instalasi lebih mudah dan penggunaan <i>pulley</i> dan sabuk V terdapat gesekan pada sabuk V dapat menyebabkan sedikit slip
2	Alternatif Konsep 2	Penggunaan motor <i>stepper</i> mampu mempertahankan torsi pada kecepatan yang ditentukan dan penggunaan <i>pulley</i> dan sabuk gilir gigi pada sabuk gilir memastikan transfer putaran tanpa <i>slip</i> .	motor <i>stepper</i> instalasi lebih rumit memerlukan komponen tambahan dan pemasangan <i>pulley</i> dan sabuk gilir lebih rumit.

4.1.4 Merancang

A. Perhitungan perencanaan pada *ballscrew*

a. Perhitungan motor penggerak

Berikut ini merupakan tahapan-tahapan dalam menghitung perencanaan motor yang dibutuhkan pada mesin *plastic injection molding*.

Diketahui:

$D_{\text{ballscrew}}$ = Diameter *ballscrew* (16mm)

n_{pulley} = Putaran *pulley* (100 rpm)

Panjang *ballscrew* = 293mm

Tabel 4. 7 Spesifikasi motor *stepper* yang digunakan

Motor Stepper 57 Nema 23		
No	Spesifikasi	Keterangan
1	<i>Phase</i>	2 <i>Phase</i>
2	<i>Ampere</i>	3.5 <i>Ampere</i>
3	<i>Voltage</i>	3.3 VDC
4	Resolusi <i>step angle</i>	1,8 °
5	Torsi	2 N.m

1) Perhitungan daya motor

$$P = V \times I$$

Dimana

V: Tegangan diambil dari spesifikasi motor *stepper* (3,3VDC)

I: Arus diambil dari spesifikasi motor *stepper* (3,5A)

Jawab:

$$\begin{aligned} P &= 3,3\text{VDC} \times 3,5\text{A} \\ &= 11,5 \text{ watt} = 0,0115 \text{ kW} \end{aligned}$$

2) Perhitungan daya rencana

Diketahui daya motor yang akan digunakan sebesar 0,0115 kW dengan factor koreksi (f_c) sebesar 1,1 (Lampiran 1.A) maka daya rencana dapat dihitung seperti persamaan berikut:

$$P_d = f_c \times P = 1,1 \times 0,0115 \text{ kW} \\ = 0,01265$$

3) Menghitung jumlah langkah motor *stepper*

Perencanaan pada panjang *ballscrew* untuk mengetahui jumlah langkah pada motor *stepper* 293 mm dan diameter *ballscrew* 16 mm.

Dimana:

N = Jumlah pulsa

d = diameter *ballscrew*

L = Panjang langkah

Resolusi motor *stepper* ($1,8^\circ$)

$$N = \frac{L}{\pi \times d} \times \frac{360}{\text{resolusi}} \\ = \frac{293}{3,14 \times 16} \times \frac{1,8}{360} = 1166,4 \text{ langkah} \approx 1166 \text{ langkah}$$

4) Perhitungan kecepatan motor

Dari hasil perhitungan sebelumnya diketahui jumlah langkah pada motor *stepper* yang dihasilkan adalah 1166 langkah, maka untuk menghitung kecepatan motor pada motor *stepper* dapat dihitung:

$$n = 60 \frac{pps}{np}$$

Dimana:

n : Kecepatan putar motor (Rpm)

pps: Putaran per *second*/jumlah pulsa (1166 langkah)

np : 1 putaran penuh $360^\circ/200$ pulsa

jawab:

$$n = 60 \frac{1166}{200} = 349,8 \approx 350 \text{ rpm}$$

b. Perencanaan *pulley* pada *ballscrew*

Berikut ini merupakan tahapan tahapan dalam menghitung perencanaan *pulley* dan sabuk gilir yang digunakan pada sistem transmisi mesin *plastic injection molding*.

1) Momen rencana

Diketahui:

$$Pd = 0,0126 \text{ kW}$$

$$n_1 = 350 \text{ rpm}$$

$$n_2 = 100 \text{ rpm}$$

$$i = n_1/n_2 = 350/100 = 3,5$$

$$T_1 = 9,74 \times 10^5 \times \left(\frac{0,0126}{350} \right) = 35,06 \text{ kg. mm}$$

$$T_2 = 9,74 \times 10^5 \times \left(\frac{0,0126}{100} \right) = 122,724 \text{ kg. mm}$$

2) Perhitungan poros untuk *ballscrew*

Bahan poros *ballscrew* yaitu S45C dengan $\sigma_b = 58 \text{ kg/mm}^2$ (Lampiran 1.G). $Sf_1 = 6$ (untuk bahan S-C dan baja paduan) dan $Sf_2 = 2$ (untuk pengaruh konsentrasi tegangan poros bertangga) (Lampiran 1.F), maka untuk menentukan tegangan geser yang diizinkan (τ_a) dapat diperoleh dari persamaan berikut.

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{sf_1 \times sf_2}$$

$$\tau_a = \frac{58}{6 \times 2}$$

$$\tau_a = \frac{58}{12} = 4,83 \text{ kg/mm}^2$$

$K_t : 1,0$ (beban dikenakan secara halus) (Lampiran 1,I)

$C_b : 1,0$ (jika diperkirakan tidak akan terjadi pembebanan lentur) (Lampiran 1.H)

$$d_s = \left[\left(\frac{5,1}{\tau_a} \right) K_t \times C_b \times T \right]^{\frac{1}{3}}$$

jawab :

$$d_{s1} = \left[\left(\frac{5,1}{4,83} \right) 1 \times 1 \times 35,06 \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_{s1} = [37,0198]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_{s1} = 3,33\text{mm} \rightarrow 6\text{mm}$$

$$d_{s2} = \left[\left(\frac{5,1}{4,83} \right) 1 \times 1 \times 122,724 \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_{s2} = [129,584]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_{s2} = 5,06\text{mm} \rightarrow 16\text{mm}$$

3) Penampang sabuk gilir pada *ballscrew*

a) Penampang sabuk gilir XL, jarak bagi $p = 5,08$ (Lampiran 1.B)

b) Pemilihan jumlah gigi

Diketahui :

z_1 : 12 (Lampiran 1.C)

n_1 : 350 Rpm

n_2 : 100 Rpm

Jadi, untuk mencari z_2 dapat diperoleh dengan persamaan berikut.

$$z_2 = z_1 \times \frac{n_1}{n_2}$$

$$z_2 = 12 \times \frac{350}{100} = 42$$

c) Perhitungan diameter *pulley* gilir

$$d_p = \frac{p \times z_1}{\pi}$$

$$D_p = \frac{p \times z_2}{\pi}$$

Dimana:

z_1 : 12

z_2 : 42

P: Jarak bagi (5,08)

Jawab:

$$d_p = \frac{5,08 \times 12}{3,14} = 19,41\text{mm}$$

$$D_p = \frac{5,08 \times 42}{3,14} = 67,94\text{mm}$$

d) Pemilihan panjang keliling

$$Lp = \frac{z_1+z_2}{2} + 2CP + \left(\frac{(z_2-z_1)/6,28}{CP}\right)^2$$

$$Lp = \frac{12+42}{2} + 2 \frac{170}{5,08} + \left(\frac{(42-12)/6,28}{170/5,08}\right)^2$$

$$Lp = 27 + 66,92 + \left(\frac{(30)/6,28}{170/5,08}\right)^2$$

$$Lp = 27 + 66,92 + \left(\frac{4,77}{33,46}\right)^2$$

$$Lp = 27 + 66,92 + (0,142)^2$$

$$Lp = 27 + 66,92 + 0,020 = 93,9 \approx 94$$

Jadi untuk ukuran sabuk gilir yang dapat digunakan sesuai hasil perhitungan yaitu 188 XL dengan jumlah gigi 94 (Lampiran 2.A).

e) Jarak antar sumbu poros

$$Cp = \frac{1}{4} \left[\left(Lp - \frac{z_1+z_2}{2} \right) + \sqrt{\left(Lp - \frac{z_1+z_2}{2} \right)^2 - \frac{2}{9,68} (z_1-z_2)^2} \right]$$

$$Cp = \frac{1}{4} \left[\left(94 - \frac{12+42}{2} \right) + \sqrt{\left(94 - \frac{12+42}{2} \right)^2 - \frac{2}{9,68} (12-42)^2} \right]$$

$$Cp = \frac{1}{4} \left[(67) + \sqrt{(67)^2 - 0,20(-30)^2} \right]$$

$$Cp = \frac{1}{4} \left[(67) + \sqrt{4489 - 0,20(900)} \right]$$

$$Cp = \frac{1}{4} \left[(67) + 65,64 \right]$$

$$Cp = 33,16$$

$$C = Cp \times P$$

$$C = 33,16 \times 5,08 = 168,45\text{mm} \approx 170\text{mm}$$

f) Daya ditransmisikan

$$Po_1: 0,02 \text{ Kw}, 100 \text{ Rpm (Lampiran 2.B)}$$

$$Po_2: 0,07 \text{ Kw}, 400 \text{ Rpm (Lampiran 2.B)}$$

$$z_1 : 12$$

Jawab:

$$Po = Po_1 + (Po_2 - Po_1) \times \frac{50}{200}$$

$$P_o = 0,02 + (0,07 - 0,02) \times \frac{50}{200}$$

$$P_o = 0,02 + 0,05 \times 0,25$$

$$P_o = 0,032 \text{ kW}$$

g) Sudut kontak sabuk

Untuk perhitungan sudut kontak sebagai berikut:

$$\theta = 180^\circ - \frac{57(Dp-dp)}{c}$$

Diketahui:

θ : Sudut kontak sabuk pada *pulley* kecil ($^\circ$)

D_p : Diameter *pulley* besar (67,94mm)

d_p : Diameter *pulley* kecil (19,41mm)

C : Jarak sumbu poros (170mm)

Jawab:

$$\theta = 180^\circ - \frac{57(67,94-19,41)}{170}$$

$$\theta = 180^\circ - \frac{57(48,53)}{170}$$

$$\theta = 180^\circ - \frac{2766,21}{170}$$

$$\theta = 180^\circ - 16,27$$

$$\theta = 163,73^\circ$$

h) Faktor koreksi gigi terkait (J.G.T)

$$JGT = \frac{\theta}{360} Z_1$$

Diketahui :

θ : Sudut kontak sabuk pada *pulley* kecil (163,73 $^\circ$)

z_1 : Jumlah gigi *pulley* kecil/motor (12)

Jawab:

$$JGT = \frac{163,73^\circ}{360} 12$$

$$JGT = 0,454 \times 12$$

$$JGT = 5,44$$

Dari (Lampiran 1.D) JGT 5,44 maka diperoleh $f_t = 0,8$

c. Perhitungan perencanaan poros pada *ballscrew*

1) Menghitung daya rencana (P_d)

Faktor koreksi yang digunakan 1,1 (daya normal) (Lampiran 1.E) maka untuk menghitung besarnya daya rencana (P_d) dapat ditentukan melalui persamaan berikut:

$$P_d = f_c \cdot P$$

$$P_d = 1,1 \times 0,0115 \text{ kW}$$

$$P_d = 0,0126 \text{ kW}$$

2) Menghitung momen rencana (T)

Setelah diketahui daya rencana (P_d) sebesar 0,0126 kW dan putaran yang diinginkan (n_2) sebesar 100 rpm, maka dapat diketahui dengan persamaan:

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_2}$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{0,0126 \text{ kW}}{100 \text{ rpm}}$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \times 0,000126$$

$$T = 122,724 \text{ kg. mm}$$

3) Menghitung tegangan geser yang dizinkan (τ_a)

Rencana bahan poros yang akan digunakan S45 C dengan $\sigma_b = 58$ kg/mm² (Lampiran 1.G). $Sf_1 = 6$ (untuk bahan S-C dan baja paduan) dan $Sf_2 = 2$ (untuk pengaruh konsentrasi tegangan dan poros bertangga) (Lampiran 1.F), maka untuk menentukan tegangan geser yang dizinkan (τ_a) dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$\tau_a = \sigma_b / (Sf_1 \times Sf_2)$$

$$\tau_a = 58 / (6 \times 2)$$

$$\tau_a = 58 / 12$$

$$\tau_a = 4,83 \text{ kg/mm}^2$$

4) Menghitung diameter poros (d_s)

menentukan besarnya diameter poros (d_s) yang digunakan adalah sebagai berikut, dengan asumsi:

$$(C_b) = 1,0 \text{ (diperkirakan tidak akan terjadi beban lentur) (Lampiran 1.H)}$$

$$(K_t) = 1,0 \text{ (beban dikenakan halus) (Lampiran 1.I)}$$

$$d_s = \left[\left(\frac{5,1}{\tau_a} \right) K_t \times C_b \times T \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_s = \left[\left(\frac{5,1}{4,83} \right) 1 \times 1 \times 122,724 \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_{s2} = [129,584]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_{s2} = 5,06 \text{ mm} \rightarrow 16 \text{ mm}$$

Jadi diameter poros sementara yang digunakan adalah 16 mm.

d. Perhitungan umur bantalan pada *ballscrew*

Diketahui:

Tipe bantalan : 6809 2RS (Lampiran 3.A)

Tebal bantalan : 7mm

Diameter dalam bantalan : 30 mm

Diameter luar bantalan : 40 mm

Massa *ballscrew* : 0,8 kg

Kapasitas nominal statis : 4400 N = 448,6 ≈ 449 kg.f

Massa *pulley* (diameter kecil) = 0,015 kg

Massa *pulley* (diameter besar) = 0,130 kg

1) Perhitungan beban ekuivalen (F_r)

a) Perhitungan beban radial

$F_r = \text{massa poros} + \text{massa pulley (besar)} + \text{massa pulley (kecil)}$

$$F_r = 0,8 \text{ kg} + 0,130 + 0,015 = 0,945 \text{ kg}$$

b) Beban aksial

Beban aksial (F_a) yang sejajar dengan sumbu poros tidak ada beban sejajar yang terjadi sehingga $F_a = 0$

V : pembebanan pada cincin yang berputar (1) (Lampiran 1.J)

Faktor (X): 0,56 (Lampiran 1.J)

Faktor (Y): 2,30 (Lampiran 1.J)

Jadi besarnya ekuivalen (F_r)

$$P_r = X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a$$

$$= 0,56 \times 1 \times 0,945 + 2,30 \times 0 = 0,529 \text{ kg}$$

2) Faktor kecepatan (f_n)

Untuk menghitung faktor kecepatan yaitu menggunakan rumus sebagai berikut:

$$f_n = \left[\frac{33,3}{n_2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$f_n = \left[\frac{33,3}{100} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$f_n = 0,693 \text{ rad}$$

3) Faktor umur

Jika C (kg) menyatakan beban nominal statis spesifik dan Fr beban ekuivalen statis (kg). Maka faktor umur dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$f_h = f_n \frac{C}{F_r}$$

Dimana:

C : 449 kg

Fr : 0,529 kg

Jadi besarnya faktor umur:

$$f_h = 0,693 \frac{449}{0,529}$$

$$f_h = 0,693 \times 848,77$$

$$f_h = 588,19$$

4) Umur bantalan

$$L_h = 500 \cdot f_h^3$$

$$L_h = 500 \times 588,19^3$$

$$L_h = 500 \times 203.494.609,767$$

$$L_h = 101.747.304.883,5 \text{ putaran}$$

$$N = 100 \times 60 \text{ menit} = 6000 \text{ rph}$$

Jadi umur nominal bantalan di *ballscrew* pada mesin *plastic injection molding* ini adalah 6000 rph.

B. Perhitungan perencanaan pada *screw extruder*

a. Perhitungan motor penggerak

Berikut ini merupakan tahapan-tahapan dalam menghitung perencanaan motor yang dibutuhkan pada mesin *plastic injection molding*.

Diketahui:

$\varnothing_{screw\ extruder}$ = Diameter *screw extruder* (25mm)

n_{pulley} = Putaran *pulley* (100 rpm)

Panjang *screw extruder* = 500mm

Tabel 4. 8 Spesifikasi motor *stepper* yang digunakan

Motor Stepper 57 Nema 23		
No	Spesifikasi	Keterangan
1	<i>Phase</i>	2 <i>Phase</i>
2	<i>Ampere</i>	3.5 <i>Ampere</i>
3	<i>Voltage</i>	3.3 VDC
4	Resolusi <i>step angle</i>	1,8 °
5	Torsi	2 N.m

1) Perhitungan daya motor

$$P = V \times I$$

Dimana

P: Daya

V: Tegangan diambil dari motor *stepper* (3,3 VDC)

I: Arus diambil dari spesifikasi motor *stepper* (3,5 A)

Jawab:

$$P = 3,3 \text{ VDC} \times 3,5 \text{ A}$$

$$P = 11,55 \text{ Watt} = 0,0115 \text{ Kw}$$

2) Perhitungan daya rencana

Diketahui daya motor yang akan digunakan sebesar (P) 0,0115 kW dengan faktor koreksi (f_c) sebesar 1,1 (Lampiran 1.A) maka daya rencana dapat dihitung seperti persamaan berikut:

$$P_d = f_c \cdot P = 1,1 \times 0,0115 \text{ kW}$$

$$P_d = 0,0126 \text{ kW}$$

3) Menghitung jumlah langkah/jumlah *belt*

Perencanaan pada panjang *screw extruder* untuk mengetahui jumlah langkah pada motor *stepper* 293mm dan diameter *screw extruder* 25mm.

Dimana:

$$N = \frac{L}{\pi \times d} \times \frac{360}{\text{resolusi}}$$

Diketahui:

N: Jumlah pulsa

d: Diameter *screw extruder* (25mm)

L: Panjang langkah (500mm)

Resolusi motor *stepper* (1,8°)

Jawab:

$$N = \frac{500}{3,14 \times 25} \times \frac{360}{1,8^\circ} = 1273,8 \approx 1274 \text{ langkah/jumlah step}$$

4) Perhitungan kecepatan motor

Dari hasil perhitungan sebelumnya diketahui jumlah langkah pada motor *stepper* yang dihasilkan adalah 1274 langkah, maka untuk menghitung kecepatan motor pada motor *stepper* dapat dihitung:

$$n = 60 \frac{\text{pps}}{\text{np}}$$

Dimana

n : Kecepatan putar (Rpm)

pps : Putaran per *second*/jumlah pulsa (1274 langkah)

np : 1 Putaran *full* (360°)/200 pulsa

Jawab :

$$n = 60 \frac{1274}{200} = 382,2 \approx 382 \text{ rpm}$$

b. Perencanaan pulley pada *screw extruder*

Berikut ini merupakan tahapan-tahapan dalam menghitung rencana *pulley* dan sabuk gilir yang digunakan pada mesin *plastic injection molding*.

Diketahui:

1) Momen rencana

Diketahui:

$$P_d = 0,0126 \text{ kW}$$

$$n_1 = 382 \text{ rpm}$$

$$n_2 = 100 \text{ rpm}$$

$$T_1 = 9,74 \times 10^5 \times \left(\frac{0,0126}{382} \right) = 32,126 \text{ kg. mm}$$

$$T_2 = 9,74 \times 10^5 \times \left(\frac{0,0126}{100} \right) = 122,724 \text{ kg.mm}$$

2) Perhitungan poros

Bahan poros S45C dengan $\sigma_b = 58 \text{ kg/mm}^2$ (Lampiran 1.G) . $Sf_1 = 6$ (untuk bahan S-C dan baja paduan) dan $Sf_2 = 2$ (untuk pengaruh konsentrasi tegangan dan poros bertangga) (Lampiran 1.F), maka untuk menentukan tegangan geser yang diizinkan (τ_a) dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$T_a = \frac{\sigma_b}{Sf_1 \times Sf_2}$$

$$\tau_a = 58 / (6 \times 2)$$

$$\tau_a = 58/12$$

$$\tau_a = 4,83 \text{ kg/mm}^2$$

Untuk menghitung diameter poros (d_s) yang akan digunakan dapat menggunakan persamaan berikut

K_t : 1,0 (beban dikenakan secara halus) (Lampiran 1.I)

C_b : 1,0 (jika diperkirakan tidak akan terjadi pembebanan lentur) (Lampiran 1.H)

$$d_s = \left[\left(\frac{5,1}{\tau_a} \right) K_t \times C_b \times T \right]^{\frac{1}{3}}$$

Jawab :

$$d_{s1} = \left[\left(\frac{5,1}{4,83} \right) 1 \times 1 \times 32,126 \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_{s1} = [33,921]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_{s1} = 3,23 \text{ mm} \rightarrow 6 \text{ mm}$$

$$d_{s2} = \left[\left(\frac{5,1}{4,83} \right) 1 \times 1 \times 122,724 \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_{s2} = [129,584]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_{s2} = 5,06 \text{ mm} \rightarrow 25 \text{ mm}$$

3) Penampang sabuk gilir pada *screw extruder*

Penampang sabuk gilir menggunakan tipe XL dengan jarak bagi $p = 5,08$ yang dapat dilihat pada (Lampiran 1.B).

a) Pemilihan jumlah gigi

Diketahui :

Z_1 : 12 (Lampiran 1.C)

n_1 : 382 Rpm

n_2 : 100 Rpm

Jadi untuk mencari z_2 dapat diperoleh dengan persamaan :

$$z_2 = z_1 \times \frac{n_1}{n_2}$$

$$z_2 = 12 \times \frac{382}{100} = 45,84 \approx 46$$

b) Perhitungan diameter *pulley* gilir

$$d_p = \frac{p \times z_1}{\pi}$$

$$D_p = \frac{p \times z_2}{\pi}$$

Dimana:

z_1 : 12

z_2 : 46

P : Jarak bagi (5,08)

Jawab:

$$d_p = \frac{5,08 \times 12}{3,14} = 19,41 \text{ mm}$$

$$D_p = \frac{5,08 \times 46}{3,14} = 74,42 \text{ mm}$$

c) Pemilihan panjang keliling

$$Lp = \frac{z_1+z_2}{2} + 2CP + \left(\frac{(z_2-z_1)/6,28}{CP}\right)^2$$

$$Lp = \frac{12+46}{2} + 2\frac{170}{5,08} + \left(\frac{(46-12)/6,28}{170/5,08}\right)^2$$

$$Lp = 29 + 66,92 + \left(\frac{(34)/6,28}{170/5,08}\right)^2$$

$$Lp = 95,92 + \left(\frac{5,41}{33,46}\right)^2$$

$$Lp = 95,92 + (0,161)^2$$

$$Lp = 95,92 + 0,025 = 95,94 \approx 96$$

Jadi untuk ukuran sabuk giril yang dapat digunakan sesuai hasil perhitungan yaitu 192XL dengan jumlah gigi 96 (Lampiran 2.A)

d) Jarak antar sumbu poros

$$Cp = \frac{1}{4} \left[\left(Lp - \frac{z_1+z_2}{2} \right) + \sqrt{\left(Lp - \frac{z_1+z_2}{2} \right)^2 - \frac{2}{9,68} (z_1-z_2)^2} \right]$$

$$Cp = \frac{1}{4} \left[\left(96 - \frac{12+46}{2} \right) + \sqrt{\left(96 - \frac{12+46}{2} \right)^2 - \frac{2}{9,68} (12-46)^2} \right]$$

$$Cp = \frac{1}{4} \left[(96 - 29) + \sqrt{(96 - 29)^2 - 0,20(-36)^2} \right]$$

$$Cp = \frac{1}{4} \left[(67) + \sqrt{4489 - 0,20(1296)} \right]$$

$$Cp = \frac{1}{4} \left[(67) + \sqrt{4489 - 259,2} \right]$$

$$Cp = \frac{1}{4} \left[(67) + 65,03 \right]$$

$$Cp = 33$$

$$C = Cp \times P$$

$$C = 33 \times 5,08 = 167,64 \text{ mm} \approx 170 \text{ mm}$$

e) Daya ditransmisikan

Daya yang ditransmisikan setiap satuan lebar sabuk giril digunakan *pulley* kecil jumlah gigi 12, dengan interpolasi.

$$Po_1 : 0,02 \text{ Kw}, 100 \text{ Rpm (Lampiran 2.B)}$$

$$Po_2 : 0,07 \text{ Kw}, 400 \text{ Rpm (Lampiran 2.B)}$$

$$z_1 : 12$$

Jawab:

$$P_o = P_{o1} + (P_{o2} - P_{o1}) \times \frac{50}{200}$$

$$P_o = 0,02 + (0,07 - 0,02) \times \frac{50}{200}$$

$$P_o = 0,02 + 0,05 \times 0,25$$

$$P_o = 0,032 \text{ kW}$$

f) Sudut kontak sabuk

Untuk perhitungan sudut kontak sebagai berikut :

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

Diketahui:

θ : Sudut kontak sabuk pada *pulley* kecil ($^\circ$)

D_p : Diameter *pulley* besar (74,42mm)

d_p : Diameter *pulley* kecil (19,41mm)

C : Jarak sumbu poros (170mm)

Jawab:

$$\theta = 180^\circ - \frac{57(74,42 - 19,41)}{170}$$

$$\theta = 180^\circ - \frac{57(55,01)}{170}$$

$$\theta = 180^\circ - \frac{3135,57}{170}$$

$$\theta = 180^\circ - 18,44$$

$$\theta = 161,56$$

g) Faktor Koreksi Gigi Terkait (JGT)

$$JGT = \frac{\theta}{360} Z_1$$

Diketahui :

θ : Sudut kontak sabuk pada *pulley* kecil (161,56 $^\circ$)

z_1 : Jumlah gigi *pulley* kecil/motor (12)

Jawab:

$$JGT = \frac{161,56^\circ}{360} \times 12$$

$$JGT = 0,448 \times 12$$

$$JGT = 5,37$$

Dari (Lampiran 1.D) JGT 5,37 maka diperoleh $f_t = 0,8$

c. Perhitungan perencanaan poros pada *screw extruder*

1) Menghitung daya rencana (P_d)

Faktor koreksi yang digunakan 1,1 (Lampiran 1.E) maka untuk menghitung besarnya daya rencana (P_d) dapat ditentukan melalui persamaan berikut:

$$P_d = f_c \cdot P$$

$$P_d = 1,1 \times 0,0115 \text{ Kw}$$

$$P_d = 0,0126 \text{ kW}$$

2) Menghitung momen puntir rencana (T)

Setelah diketahui daya rencana (P_d) sebesar 0,0126 kW dan putaran yang diinginkan (n_2) sebesar 100 rpm, maka dapat diketahui dengan persamaan:

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_2}$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{0,0126 \text{ Kw}}{100 \text{ rpm}}$$

$$T = 9,74 \times 10^5 \times 0,000126$$

$$T = 122,724 \text{ kg. mm}$$

3) Menghitung tegangan geser yang diizinkan (τ_a)

Rencana bahan poros yang akan digunakan S45 C dengan $\sigma_b = 58 \text{ kg/mm}^2$ (Lampiran 1.G). $Sf_1 = 6$ (untuk bahan S-C dan baja paduan) dan $Sf_2 = 2$ (untuk pengaruh konsentrasi tegangan dan poros bertangga) (Lampiran 1.F), maka untuk menentukan tegangan geser yang diizinkan (τ_a) dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$\tau_a = \sigma_b / (Sf_1 \times Sf_2)$$

$$\tau_a = 58 / (6 \times 2)$$

$$\tau_a = 58 / 12$$

$$\tau_a = 4,83 \text{ kg/mm}^2$$

4) Menghitung diameter poros (d_s)

menentukan besarnya diameter poros (d_s) yang digunakan adalah sebagai berikut, dengan asumsi:

(C_b) = 1,0 (diperkirakan tidak akan terjadi beban lentur) (Lampiran 1.H)

(K_t) = 1,0 (beban dikenakan halus), (Lampiran 1.I)

$$d_s = \left[\left(\frac{5,1}{\tau_a} \right) K_t \times C_b \times T \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_s = \left[\left(\frac{5,1}{4,83} \right) 1 \times 1 \times 122,724 \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_{s2} = [129,584]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_{s2} = 5,06 \text{ mm} \rightarrow 25 \text{ mm}$$

Jadi diameter poros sementara yang digunakan adalah 25 mm.

d. Perhitungan umur bantalan pada *screw extruder*

Diketahui :

Tipe bantalan : 6804 2RS (Lampiran 3.A)

Tebal bantalan : 7mm

Diameter dalam bantalan : 20mm

Diameter luar bantalan : 32mm

Massa *screw extruder* : 2kg

Kapasitas nominal statis : 2400 N = 244,73 kg.f \approx 245 kg.f

Massa *pulley* (diameter kecil) = 0,015 kg

Massa *pulley* (diameter besar) = 0,168 kg

1) Perhitungan beban ekuivalen (F_r)

a) Perhitungan beban radial

$$F_r = \text{massa poros} + \text{massa pulley (besar)} + \text{massa pulley (kecil)}$$

$$F_r = 2 \text{ kg} + 0,168 + 0,015 = 2,18 \text{ kg}$$

b) Beban aksial

Beban aksial (F_a) yang sejajar dengan sumbu poros tidak ada beban sejajar yang terjadi sehingga $F_a = 0$

V : pembebanan pada cincin yang berputar (1) (Lampiran 1.J)

Faktor (X) : 0,56 (Lampiran 1.J)

Faktor (Y) : 2,30 (Lampiran 1.J)

Jadi besarnya ekuivalen (Pr)

$$\begin{aligned} Pr &= X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a \\ &= 0,56 \times 1 \times 2,18 + 2,30 \times 0 = 1,22 \text{ kg} \end{aligned}$$

2) Faktor kecepatan (f_n)

Untuk menghitung faktor kecepatan yaitu menggunakan rumus sebagai berikut:

$$f_n = \left[\frac{33,3}{n_2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$f_n = \left[\frac{33,3}{100} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$f_n = 0,693 \text{ rad}$$

3) Faktor umur

Jika C (kg) menyatakan beban nominal dinamis spesifik dan F_r beban ekuivalen statis (kg). Maka faktor umur dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$f_h = f_n \frac{C}{F_r}$$

Dimana:

C : 245 kg

Fr : 1,22 kg

Jadi, besarnya faktor umur:

$$f_h = 0,693 \frac{245}{1,22}$$

$$f_h = 0,693 \times 200,81$$

$$f_h = 139,16$$

4) Umur bantalan

$$L_h = 500 \cdot f_h^3$$

$$L_h = 500 \times 139,16^3$$

$$L_h = 500 \times 2.694.903,75$$

$$L_h = 1.347.451.875 \text{ putaran}$$

$$N = 100 \times 60 \text{ menit} = 6000 \text{ rph}$$

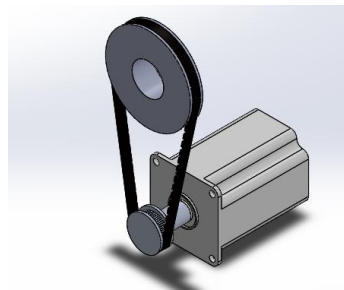
Jadi umur nominal bantalan di *screw extruder* pada mesin *plastic injection molding* ini adalah 6000 rph.

C. Merancang desain wujud dan desain bagian mesin *plastic injection molding*

Pada tahap merancang maka dibuatlah desain wujud yang dimana nantinya akan digunakan dalam membuat desain perbagian dari mesin tersebut agar mudah dalam proses produksi. Konsep yang telah dipilih kemudian dituangkan pada desain berupa gambar jadi alat yang akan dibuat.

1. Desain wujud

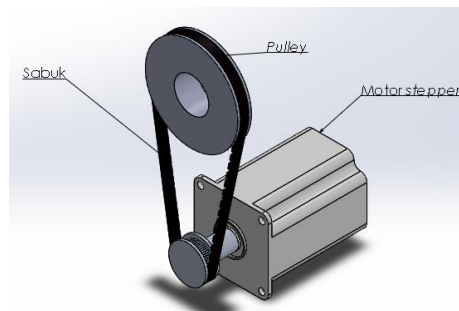
Desain wujud merupakan desain keseluruhan yang telah di tentukan dari suatu alat atau mesin yang akan dibuat. Desain wujud dibuat setelah menentukan konsep yang digunakan untuk sistem transmisi pada mesin *plastic injection molding*, berikut merupakan hasil dari desain transmisi pada mesin *plastic injection molding* dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4. 3 Desain wujud sistem transmisi pada mesin *plastic injection molding*

2. Desain bagian

Desain bagian merupakan bagian komponen yang akan digunakan untuk membuat alat atau mesin. Setelah desain wujud terpenuhi selanjutnya menentukan bagian-bagian atau *part* sistem transmisi dari mesin *plastic injection molding* dengan penjelasan dimensi dan informasi yang lebih detail. Berikut merupakan bagian-bagian dari sistem transmisi pada mesin *plastic injection molding* dapat dilihat pada gambar 4.4



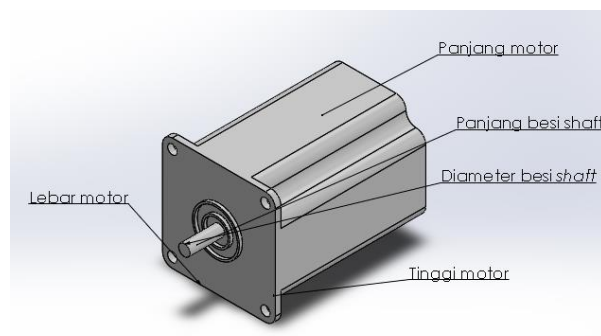
Gambar 4. 4 Desain bagian sistem transmisi pada mesin *plastic injection molding*

a. Motor *stepper*

Motor *stepper* berfungsi sebagai penggerak pada sistem transmisi. Berikut informasi dan gambar mengenai hasil desain rancangan motor *stepper* untuk mesin *plastic injection molding*.

Tabel 4. 9 Ukuran desain motor penggerak

Diameter besi <i>shaft</i>	6mm
Panjang besi <i>shaft</i>	18mm
Lebar motor	60mm
Tinggi motor	60mm
Panjang motor	80mm



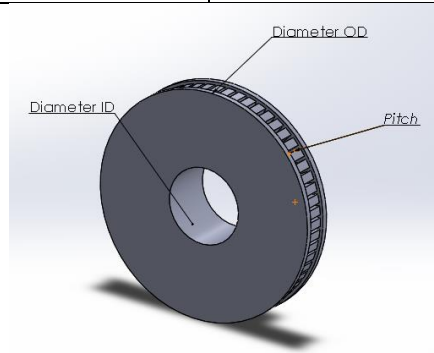
Gambar 4. 5 Desain motor penggerak

b. Perencanaan *pulley*

Pulley dan sabuk yang digunakan menggunakan material aluminium alloy. *Pulley* besar dengan diameter 73mm, diameter dalam 20mm, *pitch* 3mm, jumlah gigi 46.

Tabel 4. 10 Ukuran desain *pulley* besar

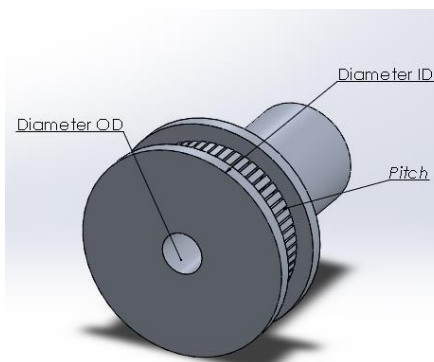
Diameter luar (OD)	74,42
Diameter dalam (ID)	20mm
<i>Pitch</i>	3mm

Gambar 4. 6 Desain *pulley* besar

Sedangkan untuk *pulley* kecil diameter ukuran 19,41mm, diameter dalam 6mm, jumlah gigi 12, *pitch* 3mm.

Tabel 4. 11 Ukuran desain *pulley* kecil

Diameter luar (OD)	19,41mm
Diameter dalam (ID)	6mm
<i>Pitch</i>	3mm

Gambar 4. 7 Desain *pulley* kecil

c. Perencanaan sabuk

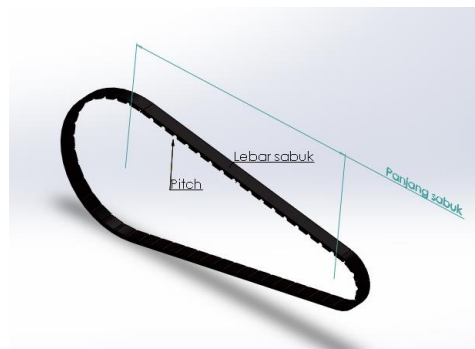
Perencanaan sabuk ditentukan setelah mengetahui diameter *pulley*. Ukuran panjang sabuk yang ditentukan yaitu 170mm, lebar sabuk 10mm,

pitch 3mm. Material yang digunakan sabuk ini menggunakan *rubber*

Berikut informasi dan gambar mengenai desain rancangan sabuk.

Tabel 4. 12 Ukuran desain sabuk

Panjang sabuk	170mm
Lebar sabuk	10mm
<i>Pitch</i>	3mm



Gambar 4. 8 Desain sabuk

4.1.5 Penyelesaian

Tahap terakhir dalam diagram alir penyelesaian perancangan sistem transmisi pada mesin *plastic injection molding* adalah membuat gambar jadi. Gambar wujud dibuat sebagai acuan dan mempermudah dalam proses pembuatan mesin.