

BAB III

PERANCANGAN MESIN

3.1 TEGANGAN

3.1.1 Tegangan Bengkok yang Terjadi Pada Pelat

Dalam perencanaan pembuatan mesin, hal yang harus diperhatikan adalah faktor keamanan. Faktor keamanan tergantung dari jenis beban yang diberikan, adapun jenis beban yang biasa terjadi adalah:

- Beban statis $S_{F1} : 1 - 2,25$
- Beban dinamis I $S_{F2} : 2,25 - 5,5$
- Beban dinamis II $S_{F3} : 5,5 - 10$.

Gaya yang terjadi pada mesin adalah beban statis I, yaitu beban yang terjadi adalah beban tetap dengan dikenakan tekanan. Berdasarkan ketiga jenis beban di atas, maka diambil faktor keamanan rata-rata, dimana faktor keamanan rata-rata pada pembebanan statis I adalah 2.

Tegangan bengkok yang diizinkan pada pelat dapat dihitung dan diketahui sebagai berikut:

$$\bar{\sigma}_b \approx \bar{\sigma}_t = \frac{\sigma_u}{sf_1}$$
$$\bar{\sigma}_b \approx \bar{\sigma}_t = \frac{370 \text{ N/mm}^2}{2} = 185 \text{ N/mm}^2$$

Untuk mengetahui panjang dari bentangan pelat yang akan dibentuk kita terlebih dahulu harus menghitung jari-jari rata-rata pelat yang dibentuk, selanjutnya menghitung keliling lingkaran dan keliling dari pelat tersebut.

$$R_1 = 4 + (\frac{1}{2} \times 0,7)$$

$$= 4,35 \text{ mm}$$

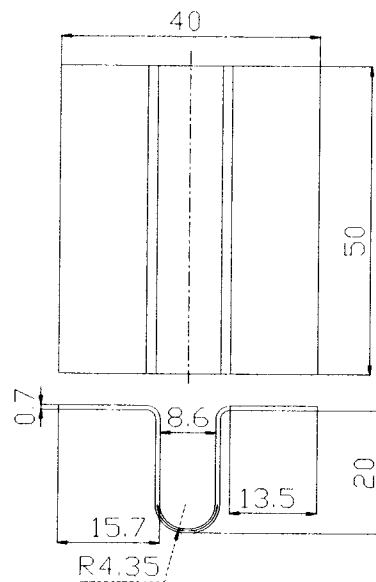
$$\begin{aligned} \text{Keliling } \frac{1}{2} \text{ lingkaran 1} &= \frac{\pi \cdot D_1}{2} \\ &= \frac{3,14 \cdot 8,7}{2} \\ &= \frac{27,318}{2} \\ &= 13,659 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$R_2 = 1,5 + (\frac{1}{2} \times 0,7)$$

$$= 1,5 + 0,35$$

$$= 1,85 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Keliling } \frac{1}{2} \text{ lingkaran 2} &= \frac{\pi \times D_2}{2} \\ &= \frac{3,14 \times 3,7}{2} \\ &= \frac{11,618}{2} \\ &= 5,809 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 8. Pelat yang Sudah Dibentuk

Ukuran bahan pelat yang dibutuhkan untuk pembentukan satu buah benda dengan lebar pelat 50 mm, dan tebal pelat 0,7 mm, panjang dari pelat sampai tepi tekukan (Pp) ditambah Tinggi pelat sampai garis tengah radius 1 (Tp) dan ditambah keliling lingkaran (Kl), maka lebar totalnya adalah:

$$\begin{aligned} L_{\text{tot}} &= Pp1 + Tp1 + Kl1 + Kl2 + Tp1 + Pp1 \\ &= 15 + 20 + 5,809 + 13,659 + 20 + 15 \\ &= 89,468 \text{ mm} \approx 90 \text{ mm} \end{aligned}$$

Setelah diketahui ukuran pelat yang akan dibentuk, selanjutnya adalah menghitung momen bengkoknya. Jadi momen bengkoknya dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{M_b}{W_b} \rightarrow W_b = \frac{I_{xx}}{y} = \frac{\frac{bh^3}{12}}{\frac{h}{2}} = \frac{bh^2}{6} \\ &= \frac{90 \text{ mm} (0,7 \text{ mm})^2}{6} \\ &= 7,35 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_b &= \sigma_t \cdot W_b \\ &= 370 \text{ N/mm}^2 \times 7,35 \text{ mm}^3 \\ &= 2719,5 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Mencari keliling lingkaran 1 untuk membuat radius ke-1 pada pelat dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} K_1 &= \frac{\pi d}{4} \\ K_1 &= \frac{3,14 \cdot 3}{4} \\ K_1 &= 2,355 \text{ mm} \end{aligned}$$

Mencari keliling lingkaran 2 untuk membuat radius ke-2 pada pelat dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$K_2 = \frac{\pi d}{4}$$

$$K_2 = \frac{3,14 \cdot 8}{4}$$

$$K_2 = 6,28 \text{ mm}$$

Jadi untuk mengetahui panjang dari pelat yang akan ditekuk kita harus mengukur panjang dari tepi atau ujung pelat. sehingga ditemukan ukuran sebagai berikut

$$L = 13,5 + 2,355$$

$$= 18,855 \text{ mm}$$

$$M_b = F_b \cdot L$$

$$F_{b1} = \frac{M_b}{L} = \frac{2719,5 \text{ Nmm}}{18,855 \text{ mm}} = 144,232 \text{ N}$$

Setelah diketahui ukuran dari tepi pelat terhadap pusat dari penekukan, kita mencari jumlah panjang total dari pelat yang akan menerima gaya bengkok. Adapun untuk mengetahui panjang total dari pelat tersebut dapat dicari dengan rumus berikut:

$$L = (13,5 + 2,355 + 20 + 6,28) \times 2$$

$$L = 84,27 \text{ mm}$$

$$M_b = F_b \cdot \frac{1}{2}L$$

$$F_b = \frac{M_b}{\frac{1}{2}L} = \frac{2719,5 \text{ Nmm}}{42,135 \text{ mm}} = 64,54 \text{ N}$$

Gaya bengkok yang terjadi pada pelat ada dua buah, maka gaya bengkok (F_b) total adalah:

$$\begin{aligned} F_{b \text{ tot}} &= F_{b1} + F_{b2} \\ &= 144,232 + 64,54 \end{aligned}$$

$$F_{b \text{ tot}} = 208,772 \text{ N}$$

Jadi gaya bengkok total yang terjadi pelat sebesar 208,772 N.

3.1.2 Perhitungan pada Poros Penekan

Berdasarkan perhitungan di atas, dimana Gaya sebesar 208,772 N adalah sebagai acuan untuk mengetahui ukuran dari poros penekan. Bila bahan poros yang digunakan adalah St 45, maka modulus elastisitas $E = 2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$. Bila direncanakan batang poros adalah 500 mm dan faktor kolom $C = 0,3$, diameter dari poros penekan dapat dicari dengan rumus berikut:

$$l = \sqrt{\frac{C \pi^2 \cdot E \cdot I}{Sf \cdot F}}, \text{ maka}$$

$$500 = \sqrt{\frac{0,3 \cdot 3,14^2 \cdot 2,1 \times 10^5 \cdot I}{3,5 \cdot 208,77}}$$

$$500^2 = 850,08 I$$

$$I = 294,089$$

$$I = \frac{\pi \cdot D_p^4}{64}$$

$$255,087 = \frac{3,14 \cdot D_p^4}{64}$$

$$D_p = \sqrt[4]{\frac{294,089 \times 64}{3,14}}$$

$$D_p = 8,79 \text{ mm}$$

Diameter poros yang aman untuk dipakai adalah berukuran 8,79 mm, tapi dalam prakteknya diameter yang diambil adalah berukuran 20 mm, ukuran tersebut diambil berdasarkan faktor keamanan dan alasan teknis untuk dudukan batang gigi (*Rack*) yang memiliki ketebalan 20 mm.

3.2 MENENTUKAN TEGANGAN

Dalam sebuah perancangan harus disesuaikan pula ukuran dari bahan yang akan dibuat. Selain dari ukuran perlu juga diperhatikan faktor keamanan dari bahan tersebut, oleh karena itu kita harus mengetahui tegangan yang akan terjadi pada bahan tersebut.

3.2.1 Tegangan Tekan yang Terjadi

$$\sigma_c = \frac{F}{\frac{1}{4}\pi D_p^2} = \frac{4F}{\pi D_p^2}$$

$$\sigma_c = \frac{4.208,772}{3,14 \cdot 20^2} = \frac{835,088}{1256} = 0,66 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Tegangan tarik izin } \bar{\sigma}_t = \frac{\sigma_t}{Sf}, \bar{\sigma}_t = \frac{370}{3,5} = 105,7 \text{ N/mm}^2$$

Jika diberikan tegangan tekanan izin $\bar{\sigma}_c = 1,5 \bar{\sigma}_t$

$$\bar{\sigma}_c = 1,5 \times 105,7 = 158,55 \text{ N/mm}^2$$

Karena $\sigma_c \leq \bar{\sigma}_c$, maka poros penekan aman dari tegangan tekan.

3.2.2 Tegangan Akibat Momen Bengkok

$$F_{cr} = \frac{C \pi^2 E I}{l^2 S_f}, \text{ dimana } I = \frac{\pi D_p^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 20^4}{64} = 7850 \text{ mm}^4$$

$$F_{cr} = \frac{0,3 \cdot 3,14^2 \cdot 2,1 \times 10^5 \cdot 7850}{500^2 \cdot 3,5}$$

$$F_{cr} = 5572,65 \text{ N}$$

Karena $F = 208,772 \text{ N} \leq F_{cr} = 5572,65 \text{ N}$, maka poros penekan dengan diameter 20 mm aman dari beban tekuk.

3.3 RODA GIGI

3.3.1 Perhitungan Dimensi Roda Gigi

roda gigi adalah komponen penggerak utama dalam alat ini, oleh karenanya kita harus mengetahui bahan, dimensi dan jumlah roda gigi tersebut. Untuk mengetahui dimensi dari roda gigi, harus ditentukan jumlah roda gigi. Putaran yang terjadi pada proses ini sangat rendah, maka penulis memilih 2 untuk modul, dan jumlah roda giginya adalah 30 buah, maka dimensi dari roda gigi yang dipakai dapat dihitung dengan rumus-rumus roda gigi sebagai berikut:

a. Diameter lingkaran jarak bagi

$$d_i = z \cdot m$$

$$= 30 \cdot 2$$

$$d_i = 60 \text{ mm}$$

b. Kelonggaran sisi dan kelonggaran puncak

$$\text{Dimana } C_o = 0, \text{ dan } c_k = 0,25 \times 4 = 1 \text{ mm}$$

c. Diameter kepala (dk_1)

$$dk_1 = (z_1 + 2,5) \times 2$$

$$dk_1 = (30 + 2,5) \times 2 = 65 \text{ mm}$$

d. Diameter kaki (df_1)

$$df_1 = (z - 2,5) \times 2$$

$$df_1 = (30 - 2,5) \times 2 = 55 \text{ mm}$$

e. Tinggi gigi (dedendum)

$$\text{Dedendum} = 1 \times 2 = 2 \text{ mm}$$

f. Tinggi kaki gigi (addendum)

$$\text{Addendum} = 1,25 \times 2 = 2,5 \text{ mm}$$

g. Tinggi kerja kaki

$$\text{Tinggi kerja kaki} = 2 \times 2 = 4 \text{ mm}$$

h. Tinggi gigi total

$$\text{Tinggi gigi total} = 2,25 \times 2 = 4,5 \text{ mm}$$

i. Lebar gigi pada lingkaran pitch

$$\text{Lebar gigi pada lingkaran pitch} = 1,5708 \times 2 = 3,142 \text{ mm}$$

j. Radius kaki gigi

$$\text{Radius kaki gigi} = 0,4 \times 2 = 0,8 \text{ mm}$$

k. Lebar roda gigi (b)

$$\text{Lebar roda gigi (b)} = 10 \times 2 = 20 \text{ mm}$$

3.3.2 Perhitungan Jarak Sumbu Poros Roda Gigi

Setelah ukuran roda gigi diketahui, selanjutnya mencari jarak sumbu poros (a_0). Untuk menghitung jarak sumbu poros dapat dicari dengan perhitungan sebagai berikut:

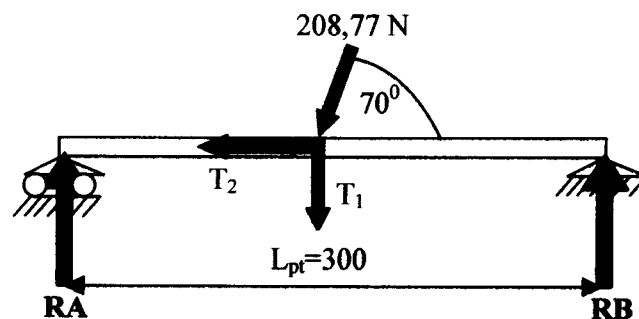
$$\begin{aligned}
 a_0 &= \frac{z_1 \cdot m}{2} + hf \\
 &= \frac{30 \cdot 2}{2} + 2 \\
 &= 32 \text{ mm} \\
 &= 32 + x \\
 &= 90 + 35 \\
 &= 125 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Jadi jarak sumbu poros roda gigi dengan sumbu batang gigi (a_0) adalah 125 mm.

3.4 POROS

3.4.1 Perhitungan Poros Transmisi

Momen lentur yang terjadi pada poros transmisi dengan $F = 208,772 \text{ N}$ adalah:



Gambar 9. *Free Body Diagram* Poros Transmisi

$$\frac{F}{\sin 90} = \frac{T_1}{\sin 110} = \frac{T_2}{\sin 160}$$

$$\frac{208,77}{1} = \frac{T_1}{0,94} = \frac{T_2}{0,34}$$

$$T_1 = \frac{208,77 \times 0,94}{1} = 196,24 N$$

$$T_2 = \frac{208,77 \times 0,34}{1} = 70,98 N$$

$$RA = RB = \frac{1}{2} T_1$$

$$RA = RB = \frac{1}{2} 196,24 N$$

$$RA = RB = 98,12 N$$

$$M_B = \frac{\frac{1}{2} l_{pt} \cdot RB}{2}$$

$$M_B = \frac{150,98,12}{2}$$

$$M_B = 7359 N.mm$$

Bahan yang digunakan untuk poros transmisi adalah S35C dengan kekuatan tarik 480 N/mm^2 . Faktor keamanan yang ditentukan untuk bahan S35C, $Sf_1 = 6$ dan $Sf_2 = 1,3$.

$$\bar{\tau}_a = \frac{\bar{\sigma}_B}{Sf_1 \times Sf_2}$$

$$\bar{\tau}_a = \frac{480}{6 \times 1,3} = 61,54 \text{ N/mm}^2$$

$$d_s = \left[\frac{10,2}{\bar{\tau}_a} \times M_B \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_s = \left[\frac{10,2}{61,54} \times 7359 \right]^{\frac{1}{3}} = 10,689 \approx 11 \text{ mm}$$

Jadi diameter poros transmisi yang digunakan menurut perhitungan adalah 11 mm. Dalam realisasinya diameter poros transmisi yang diambil sebesar 30 mm, karena faktor keamanan dan penyesuaian dengan bearing yang digunakan, dan supaya lebih tahan terhadap beban maksimal dalam proses.

3.4.2 Perhitungan Defleksi Pada Poros Transmisi

Untuk menyesuaikan dengan ukuran dari diameter bantalan (*Bearing*) yang tersedia dan roda gigi, maka diameter poros transmisi diambil ukuran 30 mm. Untuk mencari perhitungan defleksi yang terjadi pada poros transmisi dapat dilakukan sebagai berikut:

$$\bar{\delta}_r \geq \frac{qJ_{pt}^4}{8 \cdot E \cdot I_r} ; \text{dimana } I_r = \frac{\pi D_{pt}^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 30^4}{64} = 39740,63 \text{ mm}^4$$

$$\bar{\delta}_r \geq \frac{25 \cdot 300^4}{8 \cdot 2,1 \times 10^6 \cdot 39740,63}$$

$$\bar{\delta}_r \geq \frac{2025 \times 10^8}{667642584 \times 10^3}$$

$$\bar{\delta}_r \geq 0,303305998 \text{ mm}$$

Apabila defleksi yang diizinkan ($\bar{\delta}_r$) sebesar 1 mm, maka setelah dihitung dimana $\bar{\delta}_r = 1 \text{ mm} \geq \delta = 0,303305998 \text{ mm}$, maka diameter poros transmisi sebesar 30 mm aman dari tegangan bengkok.

3.4.3 Panjang Tuas Pemutar

Setelah diameter poros diketahui selanjutnya kita mencari panjang tuas, panjang tuas dapat dicari setelah diketahui momen yang terjadi (M_B) dan gaya yang bekerja pada tuas tersebut. Dimana $F_B = 208,772 \text{ N.mm}$ dan gaya pada tuas yang diberikan adalah $F_t = 25 \text{ N}$, maka panjang tuas dapat diketahui sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_t \times R1 &= F_b \times R2 = 25 \times R1 = 208,772 \times 42,5 \\ 25R1 &= 208,772 \times 42,5 \\ R1 &= \frac{8872,81}{25} = 354,91 \approx 355 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi panjang tuas pemutar yang akan dipakai adalah 355 mm.

3.5 PASAK

3.5.1 Menghitung Lebar dan Ketebalan Pasak

Pasak berfungsi sebagai penahan slip yang akan terjadi akibat gesekan antara roda gigi dengan poros. Berdasarkan diameter poros transmisi $d_s = 32 \text{ mm}$, maka ukuran dari pasak dapat dicari dengan perhitungan sebagai berikut:

1). Lebar Pasak

Ukuran lebar pasak dapat dicari dengan perhitungan berikut:

$$w = \frac{d_s}{4} = \frac{32}{4} = 8$$

2). Ketebalan Pasak

Ketebalan pasak dapat dicari dengan perhitungan berikut:

$$t = \frac{2}{3} w = \frac{2}{3} 8 = 5,33 \text{ mm}$$



Untuk disesuaikan dengan tinggi alur yang ada pada roda gigi dan sesuai dengan yang tertera pada tabel, jadi ukuran pasak adalah 8x7 mm.

3.5.2 Menghitung Gaya Tangensial

Menghitung gaya tangensial harus diketahui terlebih dahulu bahan yang digunakan, jika bahan untuk pasak telah ditentukan S35C, maka kekuatan tariknya adalah 480 N/mm^2 . Jika faktor keamanan ($Sf_1 = 6$), dan ($Sf_2 = 3$), maka tegangan geser dapat diketahui sebagai berikut:

$$\tau_t = \frac{480}{6 \times 3} = 26,66 \text{ N/mm}^2$$

Setelah diketahui tegangan tarik, maka selanjutnya mencari gaya tangensial (F_{tg}) dimana rumusnya adalah:

$$F_{tg} = \frac{2T}{d_s}, \text{ dimana } T = \frac{\pi}{16} \tau_t d_s^3$$

$$T = \frac{3,14}{16} 26,66 \times 30^3 = 141264,675 \text{ N.mm},$$

$$\text{maka } F_{tg} = \frac{2 \times 141264,675}{30} = 9417,645 \text{ N}$$

3.5.3 Menghitung Panjang Pasak

Panjang pasak dapat dicari setelah diameter poros transmisi diketahui dengan perhitungan sebagai berikut:

$$l_{ps} = \frac{\pi d_s^2}{8w} = \frac{3,14 \times 30^2}{8 \times 8} = \frac{2826}{64} = 44,156 \text{ mm} \approx 45 \text{ mm}$$

3.5.4 Menghitung Tekanan Permukaan yang Diizinkan

Tekanan permukaan yang diizinkan harus lebih kecil atau sama dengan tegangan tarik yang diizinkan. Untuk itu perhitungan tekanan permukaan yang diizinkan adalah berikut:

$$p_p = \frac{F_{tg}}{l_{ps} \times t_{ps}} = \frac{9417,645}{45 \times 5,33} = \frac{9417,645}{239,85} = 39,26 \text{ N/mm}^2$$

$$P_p \leq \overline{\sigma}_t$$

$$39,26 \leq 105,7 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, dimana tegangan geser yang diizinkan lebih besar dari tekanan permukaan yang diizinkan maka pasak aman dari tekanan permukaan.

3.6 BANTALAN

Bantalan yang digunakan pada mesin pembentuk dudukan pada kompor ini ada dua macam yaitu; bantalan radial dan bantalan aksial radial. Bantalan aksial digunakan untuk menahan dan mengarahkan poros penekan dudukan kompor. Bahan yang digunakan untuk bantalan luncur adalah bahan yang lebih lunak dari bahan poros, bahan ini dipilih supaya mencegah atau mengurangi terjadinya aus pada poros penekan dudukan kompor. Bantalan aksial radial digunakan sebagai poros transmisi yang mampu menahan beban dengan arah tegak lurus terhadap sumbu poros transmisi. Bahan untuk bantalan luncur ini sesuai dengan bantalan bola yang dipakai sesuai dengan kebutuhan, bantalan yang digunakan adalah bantalan yang tercantum lampiran.