

Perhitungan Roda Gigi Transmisi

3.1 Menentukan Ukuran Roda Gigi

Untuk merancang roda gigi yang mampu mentransmisikan daya maksimum sebesar 103 kW pada putaran 6300 rpm. Pada mobil Honda New Civic 1.8L MT dan direncanakan menggunakan roda gigi miring.

Hal-hal yang direncanakan antara lain :

- Sudut miring , $\alpha = 25^\circ$
- Sudut tekanan , $\beta = 20^\circ$
- Jarak sumbu poros , $a = 100 \text{ mm}$
- Perbandingan transmisi seperti pada brosur, (i)
 - $i_1 = 3,142$
 - $i_2 = 1,869$
 - $i_3 = 1,235$
 - $i_4 = 1$ (tertera 0,948 karena terjadi kehilangan daya 0.9%)
 - $i_5 = 0,727$
 - $i_T = 3,307$
 - $i_{fg} = 4,294$
- Modul (m) = 3

Karena dasar dalam perencanaan roda gigi yaitu perbandingan kecepatan atau perbandingan transmisi (i) yaitu perbandingan diameter lingkungan jarak roda gigi atau jumlah gigi satu dengan jumlah gigi yang kedua.

3.1.1 Perhitungan Transmisi

- Diameter jarak bagi lingkaran sementara, d'

➤ Perhitungan transmisi 1

Jumlah roda gigi (Z) :

$$Z_1 = \frac{2a}{(1+i_1).m} = \frac{2.100}{(1+3.142).3} = 16$$

$$Z_2 = \frac{2ai_1}{(1+i_1).m} = \frac{2.100.3,142}{(1+3,142).3} = 51$$

Dimensi Roda Gigi :

Diameter Tusuk , Dt

$$Dt_1 = m \times Z_1$$

$$= 3 \times 16$$

$$= 48 \text{ mm}$$

$$Dt_2 = m \times Z_2$$

$$= 3 \times 51$$

$$= 153 \text{ mm}$$

Diameter Kepala , Dk

$$Dk_1 = m(z_1 + 2)$$

$$= 3 (16 + 2)$$

$$= 54 \text{ mm}$$

$$Dk_2 = m(z_2 + 2)$$

$$= 3 (51 + 2)$$

$$= 159 \text{ mm}$$

Diameter Kaki , Df

$$Df_1 = m(z_1 - 2)$$

$$= 3 (16 - 2)$$

$$= 42 \text{ mm}$$

$$Df_2 = m(z_2 - 2)$$

$$= 3 (51 - 2)$$

$$= 147 \text{ mm}$$

Jarak Sumbu Poros pada Roda Gigi

$$a = \frac{dt_1 + dt_2}{2}$$
$$= \frac{39 + 162}{2} = 100.5 = 101$$

➤ **Perhitungan transmisi 2**

Jumlah roda gigi (Z) :

$$Z_1 = \frac{2a}{(1+i_2).m} = \frac{2.100}{(1+1.869).3} = 23$$

$$Z_2 = \frac{2ai_2}{(1+i_2).m} = \frac{2.100.1,869}{(1+1,869).3} = 43$$

Dimensi Roda Gigi :

Diameter Tusuk , Dt

$$Dt_1 = m \times Z_1$$
$$= 3 \times 23$$
$$= 69 \text{ mm}$$

$$Dt_2 = m \times Z_2$$
$$= 3 \times 43$$
$$= 129 \text{ mm}$$

Diameter Kepala , Dk

$$Dk_1 = m(z_1 + 2)$$
$$= 3 (23 + 2)$$
$$= 75 \text{ mm}$$

$$Dk_2 = m(z_2 + 2)$$
$$= 3 (43 + 2)$$
$$= 135 \text{ mm}$$

Diameter Kaki , Df

$$\begin{aligned} Df_1 &= m(z_1 - 2) \\ &= 3 (23 - 2) \\ &= 63 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Df_2 &= m(z_2 - 2) \\ &= 3 (43 - 2) \\ &= 123 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak Sumbu Poros pada Roda Gigi

$$\begin{aligned} a &= \frac{dt_1 + dt_2}{2} \\ &= \frac{69 + 129}{2} = 99 \end{aligned}$$

➤ **Perhitungan transmisi 3**

Jumlah roda gigi (Z) :

$$Z_1 = \frac{2a}{(1+i_3).m} = \frac{2.100}{(1+1,235).3} = 30$$

$$Z_2 = \frac{2ai_3}{(1+i_3).m} = \frac{2.100.1,235}{(1+1,235).3} = 37$$

Dimensi Roda Gigi :

Diameter Tusuk , Dt

$$Dt_1 = m \times Z_1 = 90 \text{ mm}$$

$$= 3 \times 30 \qquad Dt_2 = m \times Z_2$$

$$= 3 \times 37$$

$$= 111 \text{ mm}$$

Diameter Kepala , Dk

$$Dk_1 = m(z_1 + 2)$$

$$= 3 (30 + 2)$$

$$= 96 \text{ mm}$$

$$Dk_2 = m(z_2 + 2)$$

$$= 3 (37 + 2)$$

$$= 117 \text{ mm}$$

Diameter Kaki , Df

$$Df_1 = m(z_1 - 2)$$

$$= 3 (30 - 2)$$

$$= 84 \text{ mm}$$

$$Df_2 = m(z_2 - 2)$$

$$= 3 (37 - 2)$$

$$= 105 \text{ mm}$$

Jarak Sumbu Poros pada Roda Gigi

$$a = \frac{dt_1 + dt_2}{2}$$

$$= \frac{90 + 111}{2} = 100.5 = 101$$

➤ Perhitungan transmisi 4

Jumlah roda gigi (Z) :

$$Z_1 = \frac{2a}{(1+i_4).m} = \frac{2.100}{(1+1).3} = 33$$

$$Z_2 = \frac{2ai_4}{(1+i_4).m} = \frac{2.100.1}{(1+1).3} = 33$$

Dimensi Roda Gigi :

Diameter Tusuk , Dt

$$\begin{aligned} Dt_1 &= m \times Z_1 \\ &= 3 \times 33 \\ &= 99 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Dt_2 &= m \times Z_2 \\ &= 3 \times 33 \\ &= 99 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diameter Kepala , Dk

$$\begin{aligned} Dk_1 &= m(z_1 + 2) \\ &= 3 (33 + 2) \\ &= 105 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Dk_2 &= m(z_2 + 2) \\ &= 3 (33 + 2) \\ &= 105 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diameter Kaki , Df

$$\begin{aligned} Df_1 &= m(z_1 - 2) \\ &= 3 (33 - 2) \\ &= 93 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Df_2 &= m(z_2 - 2) \\ &= 3 (33 - 2) \\ &= 93 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak Sumbu Poros pada Roda Gigi

$$\begin{aligned} a &= \frac{dt_1 + dt_2}{2} \\ &= \frac{99 + 99}{2} = 99 \end{aligned}$$

➤ **Perhitungan transmisi 5**

Jumlah roda gigi (Z) :

$$Z_1 = \frac{2a}{(1+i_5).m} = \frac{2.100}{(1+0.727).3} = 39$$

$$Z_2 = \frac{2ai_5}{(1+i_5).m} = \frac{2.100.0,727}{(1+0,727).3} = 28$$

Dimensi Roda Gigi :

Diameter Tusuk , Dt

$$Dt_1 = m \times Z_1$$

$$= 3 \times 39$$

$$= 117 \text{ mm}$$

$$Dt_2 = m \times Z_2$$

$$= 3 \times 28$$

$$= 84 \text{ mm}$$

Diameter Kepala , Dk

$$Dk_1 = m(z_1 + 2)$$

$$= 3 (39 + 2)$$

$$= 123 \text{ mm}$$

$$Dk_2 = m(z_2 + 2)$$

$$= 3 (28 + 2)$$

$$= 90 \text{ mm}$$

Diameter Kaki , Df

$$Df_1 = m(z_1 - 2)$$

$$= 3 (39 - 2)$$

$$= 111 \text{ mm}$$

$$Df_2 = m(z_2 - 2)$$

$$= 3 (28 - 2)$$

$$= 78 \text{ mm.}$$

Jarak Sumbu Poros pada Roda Gigi

$$a = \frac{dt_1 + dt_2}{2} = \frac{117 + 84}{2} = 100.5 = 101$$

Tabel 3.1 Dimensi Roda Gigi

Transmisi	Z ₁	Z ₂	Dt ₁	Dt ₂	Dk ₁	Dk ₂	Df ₁	Df ₂	a
1	16	51	48	153	54	159	42	147	101
2	23	43	69	129	75	135	63	123	99
3	30	37	90	111	96	117	84	105	101
4	33	33	99	99	105	105	93	93	99
5	39	28	117	84	123	90	111	78	101

3.2 Perancangan roda gigi mundur

Hasil pengukuran dan pengamatan spesifikasi mesin adalah sebagai berikut

- Putaran motor (n) = 6300 Rpm
- Daya (N₁) = 140 PS
- Rasio roda gigi mundur(i_r) = 3,307
- Rasio roda gigi reverse(i_{fg}) = 4,294
- Material = Baja St 70.11
- Sudut tekan normal (α₀) = 20° (menurut standar ISO)
- β_o = 0 (untuk roda gigi lurus)

3.2.1. Diameter Referensi

Diamater referensi roda gigi pertama pada poros penggerak (poros 1) ditentukan dengan persamaan :

$$db \leq 113 \sqrt[3]{\frac{db_1 \cdot N_1}{b \cdot N_1 \cdot B_{zul}}} \quad (mm)$$

Sedangkan diameter referensi roda gigi yang digerakan pada poros 2 ditentukan dengan :

$$db_2 = 1 \times db_2 \text{ (mm)}$$

Dimana rasio $\left(\frac{b}{db_1}\right)$ besarnya tergantung dari jenis tumpuan (Tabel 22/17),

karena poros ditumpu oleh dua bantalan (Straddle mounting) maka $\left(\frac{b}{db_1}\right) \leq 1.2$

Ditentukan nilai dari $\left(\frac{b}{db_1}\right) = 0.5$ B_{zid} merupakan intensitas beban yang

diizinkan

(Tabel 22/11) tergantung pemilihan faktor keamanan terhadap pitting. Jika $S_g \geq$,

maka $B_{zid} = B_o$ dan jika $S_g \leq 1$, maka $B_{zid} = B_o$ s/d $3 B_o$ dimana

$$B_o = \frac{0.35 \cdot K_D \cdot i}{C_s \cdot S_G (1 + i)}$$

C_s = Faktor kejut dipilih 1,5 (Tabel 22/18)

S_G = Faktor keamanan terhadap pitig dipilih 0,8

K_D = Kekuatan permukaan gigi yang tergantung pada pemilihan bahan (24 Kgf/mm²)

Bahan kedua roda gigi dipilih dari Baja St.70 11 (Tabel 22/25) dengan data sebagai berikut :

$$K_o = 24 \text{ Kgf/mm}^2$$

$$\sigma_o = 85 \text{ Kgf/mm}^2$$

Adapun alasan pemilihan bahan adalah sebagai berikut :

- a. Bahan tidak memiliki kekerasan yang terlalu tinggi sehingga akan memudahkan dalam proses machining.
- b. Produk yang dihasilkan tahan aus.
- c. Bahan memiliki kekuatan yang baik sehingga tahan lama sesuai dengan umur yang dikehendaki.

Kekuatan permukaan gigi ditentukan oleh :

$$K_D = Y_G \times Y_H \times Y_S \times Y_V \times K_O \quad (\text{Kgf/mm}^2)$$

Dimana :

Y_G , Y_H , Y_V dan Y_S adalah faktor-faktor permukaan gigi (Tabel 22/26)

Y_G adalah faktor material, dengan harga 1 untuk baja, dan 1.5 untuk besi cor

Y_H adalah faktor kekerasan permukaan, dengan harga 1 jika harga kekerasannya sama dengan kekerasan permukaan (Tabel 22/25)

K_O adalah faktor ketahanan permukaan material Y_S adalah faktor pelumasan, sedangkan viskositas sendiri fungsi dari kecepatan tangensial v (Tabel 22/28).

Apabila diasumsikan $v = 10 \text{ m/s}$ maka $V_{50} = 39 \text{ sd } 78 \text{ cSt}$, diambil $V_{50} = 40,1 \text{ cSt}$, sehingga $Y_S = 0,85$.

Y_V adalah fungsi dari kecepatan tangensial v .

$$Y_V = 0.7 + \left(\frac{0.6}{1 + \left(\frac{8}{V} \right)^2} \right) = 0.7 + \left(\frac{0.6}{1 + \left(\frac{8}{10} \right)^2} \right)$$

$$= 1.066$$

Sehingga

$$\begin{aligned}
 KD &= Y_G \times Y_H \times Y_S \times Y_V \times K_O \text{ kgf/mm}^2 \\
 &= 1 \cdot 1 \cdot 0.85 \cdot 1.066 \cdot 0.72 \text{ kgf/mm}^2 \\
 &= \mathbf{0,652 \text{ kgf/mm}^2}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B_o &= \frac{0.35 \cdot K \cdot d \cdot i}{C_s \cdot S_G (1 + i)} \\
 &= \frac{0.35 \times 0.62 \times 4.22}{1.5 \times 0.8 \times (1 + 4.2)} \\
 &= \frac{0.91574}{6.264} \\
 &= 0.1462 \text{ Kgf/mm}^2
 \end{aligned}$$

Karena $S_G < 1$ maka dipilih $B_{Zul} = B_o = 0,1521 \text{ Kgf/mm}^2$, sehingga diameter referensi roda gigi 1 adalah :

$$db \leq 113 \sqrt[3]{\frac{db_1 \cdot N_1}{b \cdot N_1 \cdot B_{Zul}}} \quad (mm)$$

$$db \leq 113 \sqrt[3]{\frac{1 \times 140}{0.5 \times 6300 \times 0.1462}}$$

$$db_1 = 74,99 = 75$$

Harga kecepatan tangensial yang semula dimisalkan dapat diperiksa harganya :

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 10^3} = \frac{3.14 \times 74.99 \times 6300}{60000} = 24,73 \text{ m/s}$$

Diameter referensi roda gigi yang kedua :

$$db_2 = i_r \times db_1 = 3,307 \times 74,99 = 247,99 \text{ mm}$$

$$db_3 = i_{fg} \times db_1 = 4,294 \times 74,99 = 322,03 \text{ mm}$$

3.2.2. Diameter jarak bagi

Dianggap tidak ada faktor korigasi ($X_1 = X_2 = 0$) sehingga diameter jarak bagi (d) sama dengan diameter referensinya.

$$dq = db_1 = 74,99 \text{ mm}$$

$$dq = db_2 = 247,99 \text{ mm}$$

$$dq = db_3 = 322,03 \text{ mm}$$

3.2.3. Jumlah Gigi

$$\text{Jumlah gigi roda gigi 1 dipilih } Z_1 = \frac{2a}{(1 + i_1) \cdot m} = \frac{2.100}{(1 + 3.307) \cdot 3} = 16$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah gigi roda gigi 2 dipilih } Z_2 &= i_r \times Z_1 \\ &= 3.307 \times 16 = 53 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah gigi roda gigi 2 dipilih } Z_3 &= i_{fg} \times Z_1 \\ &= 4.294 \times 16 = 68,7 = 69 \end{aligned}$$

3.2.4. Modul

Modul ditentukan dengan ;

$$M1 = d_{o1}/z1 = d_{o2}/z2 = \frac{74.99}{16} = 4,965$$

Modul penampang normal :

$$m_n = m \cos \beta_o = 4.965$$

3.2.5. Lebar Gigi

Lebar gigi ditentukan dengan persamaan :

$$\begin{aligned} W &= b \times d_{b1} \\ &= 0.5 \times 74.99 \\ &= 39.72 \text{ mm} \end{aligned}$$

3.2.6. Tinggi Kepala dan Tinggi Kaki Gigi

Berdasarkan Standar DIN 867 (Tabel 21/5)

$$H_k/m = 1 \text{ dan } h_f/m = 1,1 - 1,3$$

Tinggi kepala sama dengan modul :

$$H_k = m = 4,965$$

Tinggi kepala pasangan roda gigi dipilih sama :

$$h_{k1} = h_{k2}$$

Tinggi kaki dipilih sebesar 1,25 m

$$H_{f1} = 1,25 \times 4,965 = 6.206 \text{ mm}$$

Tinggi kaki pasangan roda gigi adalah :

$$h_{f1} = h_{f2} = h_f = 6.206 \text{ mm}$$

3.2.7. Diameter Lengkungan Kepala

Untuk roda gigi 1

$$D_{k1} = d_{o1} + 2h_{f1} = 74.99 + 9.93 = 87.76 \text{ mm}$$

Untuk roda gigi 2

$$D_{k2} = d_{o2} + 2h_{k2} = 247.99 + 9.93 = 257.92 \text{ mm}$$

Untuk roda gigi 3

$$D_{k3} = d_{o3} + 2h_{k3} = 322.03 + 9.93 = 331.96 \text{ mm}$$

3.2.8. Diameter Lingkaran Kaki

Untuk roda gigi 1

$$D_{f1} = d_{o1} - 2h_{f1} = 74.99 - 9.93 = 62.6 \text{ mm}$$

Untuk roda gigi 2

$$D_{f2} = d_{o2} - 2h_{f2} = 247.99 - 9.93 = 235.6 \text{ mm}$$

Untuk roda gigi 2

$$D_{f3} = d_{o3} - 2h_{f3} = 322.03 - 9.93 = 309.6 \text{ mm}$$

3.2.9. Jarak Pusat

Jarak pusat ditentukan dengan :

$$\begin{aligned} a . &= 0,5 (db1 + db2) \\ &= 0,5 (74.99 + 247.99) \\ &= 161.49 \text{ mm} \end{aligned}$$

3.2.10. Jarak Bagi

Jarak bagi ditentukan dengan :

$$\begin{aligned} t_0 &= \pi.m \\ &= 3.14 \times 4.965 \\ &= 15.6 \end{aligned}$$

3.3 Kekuatan Gigi

Untuk memperhitungkan kekuatan gigi digunakan dua metode yang paling dasar pada perhitungan dan diutamakan pada kekuatan terhadap lenturan dan tekanan permukaan gigi. Kedua metode ini merupakan metode perencanaan menurut standart. Untuk itu melakukan perencanaan roda gigi perlu diketahui hal-hal sebagai berikut :

- Bahan pinyon S45C dengan :

a. Kekuatan tarik, $\sigma_{b1} = 58 \text{ N/mm}^2$

b. Kekuatan permukaan sisi gigi, $Hb1 = 198$

- Tegangan lentur yang diizinkan, $\sigma_{a1} = 30 \text{ N/mm}^2$

Misalkan faktor tegangan kontak diambil antara baja dengan kekerasan (200Hb)

dengan besi cor maka $K_h = 0,079 \text{ N/mm}^2$.

Maka perhitungan dapat dilakukan sebagai berikut :

➤ **Transmisi kecepatan 1 :**

$$F_b^i = \sigma_a m \gamma f_v$$

Faktor bentuk gigi

$$Z_1 = 14 \quad Y_1 = 0,276$$

$$Z_2 = 51 \quad Y_2 = 0,408 + \frac{(0,421 - 0,408) \times 1}{10} = 0,409$$

Kec Keliling :

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60} \\ &= \frac{3,14 \times 48 \times 6300}{60000} \\ &= 15,82 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Gaya Tangensial :

$$\begin{aligned} F_t &= \frac{102 \times P}{v} \\ &= \frac{102 \times 140}{15,82} \\ &= 902,65 \text{ N} \end{aligned}$$

Faktor Dinamis :

$$F_v = \frac{6}{6 + v}$$

$$= \frac{6}{6 + 15.82} = 0.274$$

Beban Lentur yang diizinkan :

$$F^1b_1 = \sigma_{a1}.m.Y_1.fv$$

$$= 30 \times 3 \times 0.276 \times 0.274$$

$$= 6.81 \text{ N/mm}$$

$$F^1b_2 = \sigma_{a1}.m.Y_2.fv$$

$$= 30 \times 3 \times 0.409 \times 0.274$$

$$= 10.09 \text{ N/mm}$$

Beban permukaan yang diizinkan persatuan lebar

$$F^1H = fv Kh dt_1 \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$= 0.274 \times 0.079 \times 48 \times \frac{2 \times 51}{16 + 51} = 1.58 \text{ N/mm}$$

➤ **Transmisi kecepatan 2 :**

$$F^i_b = \sigma_a m \gamma fv$$

Faktor bentuk gigi

$$Z_1 = 23 \quad Y_1 = 0,333$$

$$Z_2 = 43 \quad Y_2 = 0,396$$

Kec Keliling :

$$\begin{aligned}V_1 &= \frac{\pi \cdot dt \cdot n}{1000 \cdot 60} \\ &= \frac{3.14 \times 69 \times 6300}{60000} \\ &= 22.74 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Gaya Tangensial :

$$\begin{aligned}F_t &= \frac{102 \times P}{v} \\ &= \frac{102 \times 140}{22.74} \\ &= 627.96 \text{ N}\end{aligned}$$

Faktor Dinamis :

$$\begin{aligned}F_v &= \frac{5.5}{5.5 + v^{1/2}} \\ &= \frac{5.5}{5.5 + 4.77} = 0.535\end{aligned}$$

Beban Lentur yang diizinkan :

$$\begin{aligned}F^1_{b_1} &= \sigma_{a1} \cdot m \cdot Y_1 \cdot f_v \\ &= 30 \times 3 \times 0.333 \times 0.535 \\ &= 16.03 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F^1_{b_2} &= \sigma_{a1} \cdot m \cdot Y_2 \cdot f_v \\ &= 30 \times 3 \times 0.396 \times 0.535 \\ &= 19.06 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

Beban permukaan yang diizinkan persatuan lebar

$$\begin{aligned}F^1_H &= f_v \cdot K_h \cdot dt_1 \cdot \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} \\ &= 0.535 \times 0.079 \times 69 \times \frac{2 \times 43}{23 + 43} \\ &= 3.8 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

➤ **Transmisi kecepatan 3 :**

$$F_b^i = \sigma_a m \gamma f v$$

Faktor bentuk gigi

$$Z_1 = 30 \quad Y_1 = 0,358$$

$$Z_2 = 37 \quad Y_2 = 0,371 + \frac{(0,383 - 0,371) \times 3}{4} = 0,380$$

Kec Keliling :

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60} \\ &= \frac{3,14 \times 90 \times 6300}{60000} \\ &= 29,67 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Gaya Tangensial :

$$\begin{aligned} F_t &= \frac{102 \times P}{v} \\ &= \frac{102 \times 140}{29,67} \\ &= 481,29 \text{ N} \end{aligned}$$

Faktor Dinamis :

$$\begin{aligned} F_v &= \frac{5,5}{5,5 + v^{1/2}} \\ &= \frac{5,5}{5,5 + 5,45} = 0,502 \end{aligned}$$

Beban Lentur yang diizinkan :

$$\begin{aligned} F_{b1}^l &= \sigma_{a1} \cdot m \cdot Y_1 \cdot f v \\ &= 30 \times 3 \times 0,358 \times 0,502 = 16,17 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{b2}^l &= \sigma_{a1} \cdot m \cdot Y_2 \cdot f v \\ &= 30 \times 3 \times 0,380 \times 0,502 = 17,16 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Beban permukaan yang diizinkan persatuan lebar

$$F^1H = f_v K_h d t_1 \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$= 0.502 \times 0.079 \times 90 \times \frac{2 \times 37}{30 + 37} = 3.94 \text{ N/mm}$$

➤ **Transmisi kecepatan 4 :**

$$F b^i = \sigma_a m \gamma f_v$$

Faktor bentuk gigi

$$Z_1 = 33 \quad Y_1 = 0,358 + \frac{(0.371 - 0.358)3}{4} = 0,368$$

$$Z_2 = 33 \quad Y_2 = 0,358 + \frac{(0.371 - 0.358)3}{4} = 0,368$$

Kec Keliling :

$$V_1 = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60}$$

$$= \frac{3.14 \times 105 \times 6300}{60000}$$

$$= 34.62 \text{ m/s}$$

Gaya Tangensial :

$$F_t = \frac{102 \times P}{v}$$

$$= \frac{102 \times 140}{34.62}$$

$$= 412.47 \text{ N}$$

Faktor Dinamis :

$$\begin{aligned}F_v &= \frac{5.5}{5.5 + v^{1/2}} \\ &= \frac{5.5}{5.5 + 5.9} = 0.482\end{aligned}$$

Beban Lentur yang diizinkan :

$$\begin{aligned}F^l_{b_1} &= \sigma_{a1} \cdot m \cdot Y_1 \cdot f_v \\ &= 30 \times 3 \times 0.368 \times 0.482 = 15.96 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F^l_{b_2} &= \sigma_{a1} \cdot m \cdot Y_2 \cdot f_v \\ &= 30 \times 3 \times 0.368 \times 0.482 = 15.96 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

Beban permukaan yang diizinkan persatuan lebar

$$\begin{aligned}F^l_H &= f_v K_h d t_1 \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} \\ &= 0.482 \times 0.079 \times 102 \times \frac{2 \times 33}{33 + 33} = 3.9 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

➤ **Transmisi kecepatan 5 :**

$$F^i_b = \sigma_a m \gamma f_v$$

Faktor bentuk gigi

$$Z_1 = 39 \quad Y_1 = 0.383 + \frac{(0.396 - 0.383) \times 1}{5} = 0.3856$$

$$Z_2 = 28 \quad Y_2 = 0.349 + \frac{(0.358 - 0.349) \times 1}{3} = 0.352$$

Kec Keliling :

$$\begin{aligned}V_1 &= \frac{\pi \cdot dt \cdot n}{1000 \cdot 60} \\ &= \frac{3.14 \times 117 \times 6300}{60000} \\ &= 38.57 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Gaya Tangensial :

$$\begin{aligned}F_t &= \frac{102 \times P}{v} \\ &= \frac{102 \times 140}{38.57} \\ &= 370.23 \text{ N}\end{aligned}$$

Faktor Dinamis :

$$\begin{aligned}F_v &= \frac{5.5}{5.5 + v^{1/2}} \\ &= \frac{5.5}{5.5 + 6.21} = 0.470\end{aligned}$$

Beban Lentur yang diizinkan :

$$\begin{aligned}F^1_{b_1} &= \sigma_{a1} \cdot m \cdot Y_1 \cdot f_v \\ &= 30 \times 3 \times 0.3856 \times 0.47 = 16.31 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F^1_{b_2} &= \sigma_{a1} \cdot m \cdot Y_2 \cdot f_v \\ &= 30 \times 3 \times 0.352 \times 0.47 = 14.88 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

Beban permukaan yang diizinkan persatuan lebar

$$\begin{aligned}F^1_H &= f_v \cdot K_h \cdot dt_1 \cdot \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} \\ &= 0.47 \times 0.079 \times 117 \times \frac{2 \times 28}{39 + 28} = 3.63 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

Tabel 3.2 Tabel Hasil Perhitungan Kekuatan Gigi

Transmisi	Z ₁	Z ₂	V	F _t	F _v	F _{b1}	F _{b2}	F ¹ H
1	16	51	15.82	902.65	0.274	6.81	10.09	1.58
2	23	43	22.74	627.96	0.535	16.03	19.06	3.8
3	30	37	29.67	481.29	0.502	16.17	17.16	3.94
4	33	33	34.62	412.47	0.482	15.96	15.96	3.9
5	39	28	38.57	370.23	0.470	16.31	14.88	3.63

3.4 Hitungan Efisiensi Roda gigi

Perhitungan efisiensi roda gigi diambil berdasarkan data jumlah roda gigi masing – masing yang telah dihitung . Efisiensi roda gigi yang akan dihitung adalah efisiensi gigi setiap roda gigi

$$Z_1 = 16 \quad Z_6 = 37 \quad Z_{11} = 16$$

$$Z_2 = 51 \quad Z_7 = 33 \quad Z_{12} = 53$$

$$Z_3 = 23 \quad Z_8 = 33 \quad Z_{13} = 69$$

$$Z_4 = 43 \quad Z_9 = 39$$

$$Z_5 = 30 \quad Z_{10} = 28$$

Efisiensi Transmisi I

$$\eta_I = 1 - \frac{1}{7} \left[\frac{Z_1 + Z_2}{Z_1 \cdot Z_2} + \frac{Z_7 + Z_8}{Z_7 \cdot Z_8} \right]$$

$$= 1 - \frac{1}{7} \left[\frac{16 + 51}{16 \times 51} + \frac{33 + 33}{33 \times 33} \right]$$

$$= 97,97\%$$

Efisiensi Transmisi II

$$\begin{aligned}\eta_{II} &= 1 - \frac{1}{7} \left[\frac{Z_1 + Z_2}{Z_1 \cdot Z_2} + \frac{Z_5 + Z_6}{Z_5 \cdot Z_6} \right] \\ &= 1 - \frac{1}{7} \left[\frac{16 + 51}{16 \times 51} + \frac{30 + 37}{30 \times 37} \right] \\ &= 98,96\%\end{aligned}$$

Efisiensi Transmisi III

$$\begin{aligned}\eta_{III} &= 1 - \frac{1}{7} \left[\frac{Z_1 + Z_2}{Z_1 \cdot Z_2} + \frac{Z_3 + Z_4}{Z_3 \cdot Z_4} \right] \\ &= 1 - \frac{1}{7} \left[\frac{16 + 51}{16 \times 51} + \frac{23 + 43}{23 \times 43} \right] \\ &= 97,87\%\end{aligned}$$

Efisiensi Transmisi V

$$\begin{aligned}\eta_V &= 1 - \frac{1}{7} \left[\frac{Z_1 + Z_2}{Z_1 \cdot Z_2} + \frac{Z_{12} + Z_{13}}{Z_{12} \cdot Z_{13}} \right] \\ &= 1 - \frac{1}{7} \left[\frac{16 + 51}{16 \times 51} + \frac{53 + 69}{53 \times 69} \right] \\ &= 98,35\%\end{aligned}$$

Efisiensi Transmisi Mundur

$$\begin{aligned}\eta_R &= 1 - \frac{1}{7} \left[\frac{Z_1 + Z_2}{Z_1 \cdot Z_2} + \frac{Z_9 + Z_{10}}{Z_9 \cdot Z_{10}} + \frac{Z_{10} + Z_{11}}{Z_{10} \cdot Z_{11}} \right] \\ &= 1 - \frac{1}{7} \left[\frac{16 + 51}{16 \times 51} + \frac{39 + 28}{39 \times 28} + \frac{28 + 16}{28 \times 16} \right] \\ &= 97,04\%\end{aligned}$$

Efisiensi Mekanis :

$$\begin{aligned}n_{\max} &= n_I \cdot n_{II} \cdot n_{III} \cdot n_V \cdot n_R \cdot n_{\text{Bantalan}} \\ &= 0.9797 \times 0.9896 \times 0.9787 \times 0.9835 \times 0.9704 \times 0.99 \\ &= 89.65 \%\end{aligned}$$

Kerugian daya , P_g

Daya maksimum mesin , $P_{\max} = 140 \text{ Ps}$

$$\begin{aligned}P_g &= P_{\max} (1 - n_{\max}) \\ &= 140 (1 - 89.65\%) \\ &= 14.486 \text{ kW}\end{aligned}$$

Efisiensi Total

$$\begin{aligned}\text{Total} &= \left[\frac{P_{\max} - P_g}{P_{\max}} \right] 100\% \\ &= \left[\frac{140 - 14.486}{140} \right] \times 100\% \\ &= 89.65\%\end{aligned}$$

Lampiran

Faktor Dinamis Fv

Kecepatan Rendah $v = 0.5 - 10\text{m/s}$	$fv = \frac{3}{3+v}$
Kecepatan Sedang $v = 5 - 20\text{ m/s}$	$fv = \frac{6}{6+v}$
Kecepatan Tinggi $v = 20 - 50\text{ m/s}$	$fv = \frac{5.5}{5.5+v^{1/2}}$

Jumlah gigi Z	Y	Jumlah gigi Z	Y
10	0,201	25	0,339
11	0,226	27	0,349
12	0,245	30	0,358
13	0,261	34	0,371
14	0,276	38	0,383
15	0,289	43	0,396
16	0,295	50	0,408
17	0,302	60	0,421
18	0,308	75	0,434
19	0,314	100	0,446
20	0,320	150	0,459
21	0,327	300	0,471
23	0,333	Batang gigi	0,484

Tabel Tegangan Lentur yang diizinkan

Tabel 6.7 Tegangan lentur yang diizinkan σ_a pada bahan roda gigi.

Kelompok bahan	Lambang bahan	Kekuatan tarik σ_B (kg/mm ²)	Kekerasan (Brinell) H_B	Tegangan lentur yang diizinkan σ_a (kg/mm ²)
Besi cor	FC 15	15	140-160	7
	FC 20	20	160-180	9
	FC 25	25	180-240	11
	FC 30	30	190-240	13
Baja cor	SC 42	42	140	12
	SC 46	46	160	19
	SC 49	49	190	20
Baja karbon untuk konstruksi mesin	S 25 C	45	123-183	21
	S 35 C	52	149-207	26
	S 45 C	58	167-229	30
Baja paduan dengan pengerasan kulit	S 15 CK	50	400 (dicelup dingin dalam minyak)	30
	SNC 21 SNC 22	80 100	600 (dicelup dingin dalam air)	35-40 40-55
Baja khrom nikel	SNC 1	75	212-255	35-40
	SNC 2	85	248-302	40-60
	SNC 3	95	269-321	40-60
Perunggu Logam delta Perunggu fosfor (coran) Perunggu nikel (coran)		18 35-60 19-30 64-90	85 - 80-100 180-260	5 10-20 5-7 20-30
	Damar phenol, dll.			3-5

Tabel 6.8 Faktor tegangan kontak pada bahan roda gigi.

Tabel Faktor tegangan kontak

Tabel 6.8 Faktor tegangan kontak pada bahan roda gigi.

Bahan roda gigi (Kekerasan H_B)			k_H (kg/mm ²)	Bahan roda gigi (Kekerasan H_B)			k_H (kg/mm ²)
Pinyon	Roda gigi besar			Pinyon	Roda gigi besar		
Baja (150)	Baja (150)	0,027	Baja (400)	Baja (400)	0,311		
" (200)	" (150)	0,039	" (500)	" (400)	0,329		
" (250)	" (150)	0,053	" (600)	" (400)	0,348		
" (200)	" (200)	0,053	" (500)	" (500)	0,389		
" (250)	" (200)	0,069	" (600)	" (600)	0,569		
" (300)	" (200)	0,086	" (150)	Besi cor	0,039		
" (250)	" (250)	0,086	" (200)	"	0,079		
" (300)	" (250)	0,107	" (250)	"	0,130		
" (350)	" (250)	0,130	" (300)	"	0,139		
" (300)	" (300)	0,130	" (150)	Perunggu fosfor	0,041		
" (350)	" (300)	0,154	" (200)	"	0,082		
" (400)	" (300)	0,168	" (250)	"	0,135		
" (350)	" (350)	0,182	Besi cor	Besi cor	0,188		
" (400)	" (350)	0,210	Besi cor nikel	Besi cor nikel	0,186		
" (500)	" (350)	0,226	Besi cor nikel	Perunggu fosfor	0,155		

Sudut tekanan $\alpha = 20^\circ$