

---

---

## PERANCANGAN WORM GEAR MAINFERMENTOR POMPA SENTRIFUGAL DI PT. CHAIL JEDANG INDONESIA

Rif'an Arif

Program Studi Teknik Mesin Universitas Yudharta Pasuruan

### Abstrak

Roda gigi adalah salah satu bentuk sistem transmisi yang mempunyai fungsi mentransmisikan gaya, membalikkan putaran, mereduksi atau menaikkan putaran/kecepatan. Roda gigi cacing ialah suatu elemen transmisi yang dapat meneruskan daya dan putaran pada poros yang bersilang dan mempunyai gigi yang dipotong menyudut seperti pada roda gigi helik dan dipasangkan dengan ulir yang dinamakan ulir cacing. Dalam perancangan dimensi rodagigi cacing dengan tipe E dengan jarak antar poros  $a = 200$  mm, rasio reduksi  $i = 10$  dengan mengambil nilai  $z_1 = 3$  dan  $z_{m2} = 25$  didapatkan Modul ( $m$ ): 12 mm, Diameter Minor: 55 mm, Diameter Rata: 85 mm, Diameter Kepala: 104 mm, Diameter Luar: 116 mm, Diameter Pitch: 82 mm, Lebar Gigi: 152 mm, Faktor Gigi: 6,25 mm, Pitch H: 104,5 mm, Sudut kisar rata-rata: 22 mm, Sudut kisar: 22 mm, Modul normal: 10 mm, Sudut heliks wheel: 68 mm. Untuk material yang dipilih adalah paduan Aluminium dengan ketahanan temperatur pada worm ( $NT$ ) sebesar 3,75 dan ketahanan permukaan pada worm ( $N1F$ ) sebesar 25 HP, dan ketahanan permukaan pada wheel ( $N2F$ ) sebesar 18,27 HP, Efisiensi roda gigi berdasarkan kekuatan permukaan sebesar 75 % dan efisiensi roda gigi berdasarkan ketahanan temperatur sebesar 65 % dengan Nilai keamanan terhadap patah gigi sebesar  $SB = 2,96 \geq 1$ .

Kata kunci. Worm gear, perancangan

### Abstract

Gears are a form of transmission system that has the function of transmitting force, reversing rotation, reducing or increasing rotation/speed. A worm gear is a transmission element that can transmit power and rotation to intersecting shafts and has teeth cut at an angle like a helical gear and paired with a thread called a worm thread. In designing the dimensions of a worm gear with type E with a distance between shafts  $a = 200$  mm, reduction ratio  $i = 10$  by taking the values  $z_1 = 3$  and  $z_{m2} = 25$ , we get Module ( $m$ ): 12 mm, Minor Diameter: 55 mm, Average Diameter: 85 mm, Head Diameter: 104 mm, Outer Diameter: 116 mm, Pitch Diameter: 82 mm, Tooth Width: 152 mm, Tooth Factor: 6.25 mm, H Pitch: 104.5 mm, Average range angle: 22 mm, Range angle: 22 mm, Normal module: 10 mm, Helix wheel angle: 68 mm. The material chosen is aluminum alloy with a temperature resistance on the worm ( $NT$ ) of 3.75 and a surface resistance on the worm ( $N1F$ ) of 25 HP, and a surface resistance on the wheel ( $N2F$ ) of 18.27 HP. Gear efficiency is based on strength. surface area of 75% and gear efficiency based on temperature resistance of 65% with a safety value against tooth fracture of  $SB = 2.96 \geq 1$ .

Keywords. *Worm gear, design*

---

## PENDAHULUAN

Roda gigi merupakan elemen mesin yang berfungsi untuk mentransmisikan daya dan putaran poros sehingga sistem mekanisme mesin dapat bekerja sesuai dengan fungsinya (Erinopriadi et al., 2015). Roda gigi mempunyai prinsip kerja berdasarkan pasangan gerak, bentuk gigi dibuat untuk menghindari slip sehingga putaran dan daya dapat berlangsung dengan baik, selain itu dapat dicapai keliling yang sama pada lingkaran singgung sepasang roda gigi (Nugroho et al., 2019).

Roda gigi adalah salah satu bentuk sistem transmisi yang mempunyai fungsi mentransmisikan gaya, membalikkan putaran, mereduksi atau menaikkan putaran/kecepatan (Simanjuntak et al., 2018). Transmisi roda gigi mempunyai keunggulan dibandingkan dengan sabuk atau rantai karena lebih ringkas, putaran lebih tinggi dan tepat, dan daya lebih besar (Sularso, 2004). Roda gigi dipasang pada sebuah poros yang akan mentransmisikan gerak tersebut kepada poros kedua dan selanjutnya. Roda gigi dapat pula digunakan untuk merubah arah putaran, meningkatkan kecepatan atau menurunkan kecepatan (Kevin Alfiansyah, 2023).

Roda gigi harus mempunyai perbandingan kecepatan sudut tetap antara dua poros. Di samping itu terdapat pula roda gigi yang perbandingan kecepatan sudutnya dapat bervariasi. Ada pula roda gigi dengan putaran yang terputus-putus (Adinata, 2010).

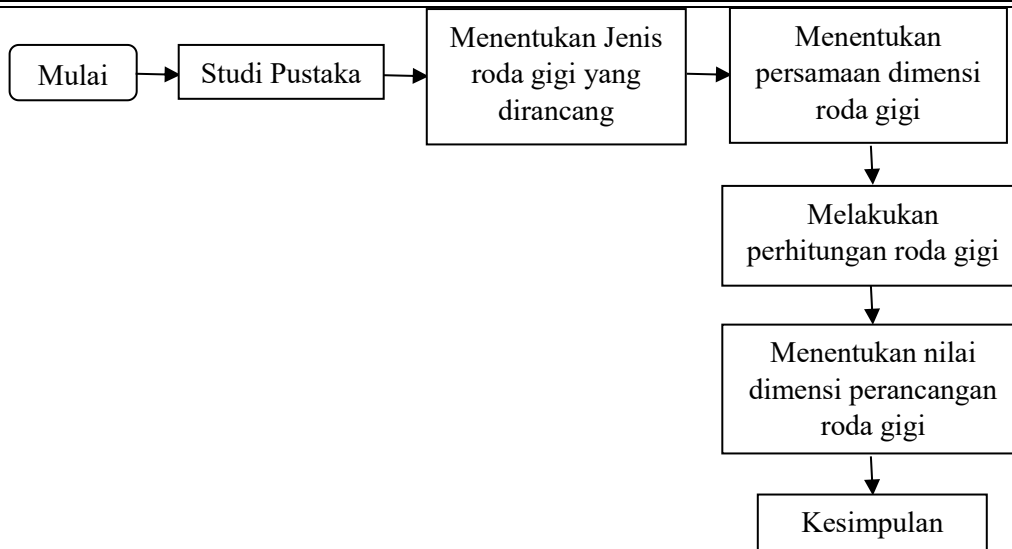
Roda gigi cacing ialah suatu elemen transmisi yang dapat meneruskan daya dan putaran pada poros yang bersilang. Roda gigi cacing mempunyai gigi yang dipotong menyudut seperti pada roda gigi helik dan dipasang dengan ulir yang dinamakan ulir cacing (Suryawan et al., 2016). Penggunaan roda gigi ini biasanya untuk mereduksi kecepatan, roda gigi ini dalam operasionalnya akan “mengunci sendiri” sehingga tidak dapat diputar pada arah yang berlawanan (Kawasaki & Tsuji, 2023). Keuntungan dari roda gigi ini adalah dengan memberikan input minimal dapat dihasilkan output dengan kekuatan maksimal. Roda gigi ini biasanya digunakan untuk kecepatan-kecepatan tinggi dengan kemampuan mereduksi kecepatan yang maksimal (Falendra, 2017).



Gambar 1. Ilustrasi Roda Gigi Cacing

## METODE

Menurut (Siregar et al., 2019) Perancangan roda gigi dilakukan dengan menentukan data-data yang diberikan seperti jenis roda gigi yang dirancang, dimensi roda gigi yang meliputi diameter pinion, diameter gear, tinggi kepala, tinggi kaki, kelonggaran kepala, diameter lingkaran kepala pinion, diameter lingkaran kepala gear, diameter lingkaran kaki pinion, diameter lingkaran kaki gear, kedalaman total, kedalaman kerja, tebal gigi, jarak antar pusat, diameter lingkaran dasar pinion, perhitungan gaya dan torsi serta tegangan yang bekerja pada roda gigi.



Gambar 2. Diagram alir Perancangan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan observasi diperkirakan dimensi rodagigi cacing dengan tipe E dengan jarak antar poros  $a = 200$  mm, rasio reduksi  $i = 10$  dengan mengambil nilai  $z_1 = 3$  dan  $z_{m2} = 25$ , maka: (Khurmi, 2002)

➤ Menghitung diameter minor worm:  $d_{f1} \approx 0,6 \cdot a^{0,85} = (0,6) (200^{0,85}) = 54,20$  mm  $\approx 54$  mm

➤ Modul

$$m = \frac{d_{m2}}{z_{m2}} \approx \frac{2a - d_{f1}}{z_{m2} + 2,4} = \frac{2 \cdot (200) - 54}{30 + 2,4} = \frac{346}{32,4} = 10,7 \text{ mm} \approx 11 \text{ mm}$$

➤ Diameter Rata-Rata ( $d_{m1}$ ) dan worm:  $d_{m1} = d_{f1} + 2,4 m = 54 + 2,4 (11) = 80,4$  mm  $\approx 80$  mm

➤ Diameter kepala  $d_{k1}$  dan worm:

Jika diketahui  $d_{a1} = 113$  mm, maka

$$d_{k1} = d_{m1} + 2m = 80,4 + 2 (11) = 102,4 \text{ mm} \approx 102 \text{ mm}$$

➤ Jika diketahui periksa harga factor gigi  $z_f$  dan tangen sudut kisar  $\tan \gamma_m$ , maka:

$$z_f = \frac{d_{m1}}{m} \geq 6 = \frac{80}{11} = 7,28 > 6 \qquad \tan \gamma_m = \frac{z_1}{z_f} \leq 1 = \frac{3}{7,28} = 0,412 < 1$$

$L_D$  memenuhi syarat dan bisa dipakai

Selanjutnya untuk menghitung dimensi gear/ whell menggunakan rumus sebagai berikut: (Khurmi, 2002)

➤  $d_{m2} = 2a - d_{m1} = 2 (200) - 80 = 320$  mm

➤  $d_{f2} = d_{m2} - 2,4 = 320 - 2,4 (11) = 293,6$  mm

➤  $Z_{m2} = \frac{d_{m2}}{m} = \frac{320}{11} = 29,11$

➤  $Z_2 = Z_{m2} = 29$

➤  $d_{k2} = d_{m2} + 2m = 320 + 2(11) = 342$  mm

➤  $d_{a2} = d_{m2} + 3m = 320 + 3(11) = 353$  mm (diameter luar wheel)

➤ Diameter pitch pinion dan gear

$$d_{o1} = 2a - d_{o2} = 2 (200) - 319 = 81 \text{ mm}$$

$$d_{o2} = z_2 \cdot m = 29 \cdot (11) = 319 \text{ mm}$$

➤ Lebar gigi worm

$$b_1 = 2,5 \cdot m \sqrt{Z_{m2} + 2} = 2,5 \cdot (11) \sqrt{29 + 2} = 154 \text{ mm}$$

➤ Lebar gigi wheel

$$b_{m1} = 0,45 (d_{m1} + 6m) = 0,45 (80 + 6 (11)) = 65,7 \text{ mm}$$

$$b_{m2} = 0,45 m (z_f + 6) = 0,45 \cdot (11) \cdot (7,28 + 6) = (4,95) \cdot (13,28) = 65,736 \text{ mm}$$

➤ Untuk material perunggu  $b_2 = b_{m2} = 65,7 \text{ mm}$

➤ Untuk material paduan aluminium  $b_2 = b_{m2} + 1,8m = 65,7 + 1,8 (11) = 85,5 \text{ mm}$

Menurut khurmi, 2002 bahwa data material bisa dilihat pada tabel 1 dibawah ini. Tabel 1. data of material

Pairing	Worm made of	Wheel rim made of	$k_a$ kgf/mm <sup>2</sup>	$\gamma_w$
1	Steel hardened and ground	Cu-Sn-Bronze	0,8	1
2		Al-alloy	0,425	1
3		Pearlite casting	1,2	1,10
4	Steel heat treated and not ground	Cu-Sn-Bronze	0,47	1,5
5		Al-alloy	0,25	1,5
6		Zinc-alloy	0,17	1,6
7		CI 12	0,4	1,8
8	Grey casting CI 18	Cu-Sn-Bronze	0,4	1,2
9		Al-alloy	0,2	1,16
10		CI 12	0,35	1,30

Untuk menentukan parameter lain dan perancangan pasangan roda gigi cacing menggunakan rumus:

➤ Pitch:  $H = \pi \cdot m \cdot z_1 = \pi (11) \cdot (3) = 103,7 \text{ mm}$

➤ Sudut kisar rata-rata:  $\gamma_m = \arctan \left[ \frac{z_1}{z_2} \right] = \arctan \left[ \frac{3}{7,28} \right] = 22,4^\circ$

➤ Sudut kisar:  $\gamma_0 = \arctan \left[ \frac{m_{z1}}{d_{o1}} \right] = \arctan \left[ \frac{33}{81} \right] = 22,16 \approx 22,2^\circ$

➤ Modul normal:  $m_n = m \cdot \cos \gamma_0 = 11 \cos 22,2^\circ = 10,2$

➤ Sudut helix wheel:  $\beta_1 = 90^\circ - \gamma = 90^\circ - 22,2^\circ = 67,8^\circ$

Berdasarkan tabel 2 untuk pemilihan roda gigi cacing, diperoleh ketentuan-ketentuan sebagai berikut: (Khurmi, 2002)

Tabel 2. Pemilihan roda gigi cacing

Worm E10	a (mm) 200	i 10	$d_{ms}$ 80	m 10,7	$\gamma_m$ 22,4
$M_1$ (rpm) 1000	i 10	a (mm) 200	$\eta$ 92,0	$N_{1E}$ 47,8	$N_{1r}$ 28,7

Sedangkan untuk mengetahui Efisiensi dan Kerugian Daya, didapatkan data-data sebagai berikut:

$$N_1 = 25 \text{ HP} \quad n_1 = 1000 \text{ rpm}$$

$$N_2 = 20 \text{ HP} \quad n_2 = 100 \text{ rpm}$$

Sehingga dapat diketahui bahwa

➤ Worm sebagai penggerak  $\eta = \frac{N_2}{N_1} = \frac{20}{25} = 80\%$

➤ Harga daya yang hilang

Berdasarkan tabel 3 berikut diketahui coefisien  $y_2 = 4,22$  dan  $y_3 = 0,020$

Tabel 3. Koefisien  $y_2$

Worm	$\frac{d_{w1} \cdot n_2}{1400}$	5	6	7	8	10	14	20	30	40	50	60	80	100	120	160	200	300
E	$y_2$	2,47	2,75	3,00	3,20	3,48	3,87	4,17	4,35	4,43	4,35	4,28	4,28	4,17	4,17	4,25	4,46	
H	$y_2$	2,90	2,20	1,78	1,48	1,13	0,69	0,37	0,17	0,085	0,032	0,020	0,010	0	0	0	0	
E	$y_2$	4,00	4,30	4,42	4,50	4,55	4,42	4,14	3,75	3,46	3,05	2,91	2,80	2,90	3,10	3,30		
H	$y_2$	1,58	1,18	0,81	0,72	0,48	0,25	0,11	0,055	0	0	0	0	0	0	0	0	

$$\frac{N_v}{N_2} = \left( \tan 22,46 + \frac{1}{\tan 22,46} \right) (4,22) \left( 0,020 + \sqrt{\frac{100}{200}} \right)$$

$$N_v = 8,710 N_2$$

$$N_v = 174,2 HP$$

➤ Kehilangan daya  $N_v$  karena gesekan pada kontak gigi

$$\mu_o = y_2 \frac{y_w}{\sqrt{a}} = 0,304 \frac{1}{\sqrt{200}} = 0,0215$$

$$e = \sqrt{\frac{7,2}{100 \mu_o}} = \sqrt{\frac{7,2}{100(0,0215)}} = 1,830$$

$$\mu_2 = \mu_o + \frac{U_A - U_o}{(1 + V_f)^e} = 0,0215 + \frac{0,1 - 0,0215}{(1 + 3,17)^{1,930}} = 0,027$$

$$N_{v2} = N_2 \mu_2 \left( \frac{1}{\tan \gamma_m} + \tan \gamma_m \right) = 20 \cdot (0,027) \left( \frac{1}{\tan 22,4} + \tan 22,4 \right) = 1,529$$

$$N_o \approx \left( \frac{a}{100} \right)^{2,5} \cdot \frac{V + 90}{1,8 \cdot 1000} \left( \frac{n_1}{1000} \right)^{1/3} \approx \left( \frac{200}{100} \right)^{2,5} \cdot \frac{21 + 90}{1,8 \cdot 1000} \left( \frac{1000}{1000} \right)^{1/3} = 0,349$$

$$N_p \approx 0,228 N_2 \left( \frac{a}{100} \right)^{0,44} \cdot \frac{i}{d_{m2}} = 0,2289(20) \left( \frac{200}{100} \right)^{0,44} \cdot \frac{10}{320} = 0,193$$

$$N_v = N_{v2} + N_o + N_p = 1,529 + 0,349 + 0,193 = 2,071$$

Langkah –langkah yang di tempuh untuk memeriksa kekuatan permukaan gigi (Safety Flank) adalah sbb:

➤ Menghitung gaya tangensial wheel  $U_1$  dan  $U_2$

$$U_1 = 1,43 \cdot 10^6 \cdot \frac{N_1}{d_{m1} \cdot n_1} = 1,43 \cdot 10^6 \cdot \frac{25}{80 \cdot 1000} = 446,875 kgf$$

$$U_2 = 1,43 \cdot 10^6 \cdot \frac{N_2}{d_{m2} \cdot n_2} = 1,43 \cdot 10^6 \cdot \frac{20}{320 \cdot 1000} = 893,75 kgf$$

➤ Menentukan koefisien  $f_m$ , yaitu  $f_m = \sqrt{\frac{10}{z_f}} \Rightarrow f_{m1} = \sqrt{\frac{10}{7,27}} = 1,17$  dan  $f_{m2} = \sqrt{\frac{10}{29,1}} = 0,59$

➤ Menentukan koefisien system gigi gear  $f_z$  berdasarkan tabel 4 dibawah ini didapatkan  $f_z = 0,370$  dan  $y_z = 0,295$

Tabel 4. Faktor bentuk gigi

	$\frac{d_{w1}}{d_{m1}}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
E-worm	$f_z =$	0,550	0,490	0,440	0,400	0,370	0,345	0,324	0,310	0,300	0,296	0,295
	$y_z =$	0,250	0,266	0,277	0,292	0,304	0,310	0,314	0,314	0,314	0,314	0,314
H-worm	$f_z =$	0,095	0,066	0,055	0,048	0,040	0,030	0,020	0,010	0,005	0,005	0,005
	$y_z =$	0,157	0,159	0,158	0,155	0,149	0,143	0,135	0,127	0,117	0,108	0,097

➤ Menghitung factor k, yaitu:  $k = \frac{U_2}{f_m \cdot f_z \cdot b_{m2} \cdot d_{m2}} = \frac{893,75}{(1,17)(0,295)(83,5)(320)} = 0,19 kgf / mm^2$

- Memiliki data kekuatan material  $k_o$  dari tabel 5 untuk material worm terbuat dari Steel hardened and ground dan wheel dari Al alloy dan mempunyai kekuatan material  $k_o = 0,425 \text{ kgf/mm}^2$  dan  $y_w = 1$ .

Tabel 5. Material worm

Pairing	Worm made of	Wheel rim made of	$k_o$ kgf/mm <sup>2</sup>	$F_o$
1	Steel hardened and ground	Cu-Sn-Bronze	0,8	1
2		Al-alloy	0,425	1
3		Pearlite casting	1,2	1,10
4	Steel heat treated and not ground	Cu-Sn-Bronze	0,47	1,5
5		Al-alloy	0,25	1,5
6		Zinc-alloy	0,17	1,5
7		CI 12	0,4	1,8
8	Grey casting CI 18	Cu-Sn-Bronze	0,4	1,2
9		Al-alloy	0,2	1,16
10		CI 12	0,35	1,30

- Menghitung kecepatan luncur rata-rata ( $V_f$ )

$$v_1 = d_{m1} \frac{n_1}{19100} = \frac{80.1000}{19100} = 4,18 \text{ m/s} \qquad v_2 = d_{m2} \frac{n_2}{19100} = \frac{320.1000}{19100} = 1,68 \text{ m/s}$$

$$v_f = \frac{v_1}{\cos \gamma_m} = \frac{4,18}{\cos 22,4} = 4,52 \text{ m/s} \qquad v_f = \frac{v_2}{\cos \gamma_m} = \frac{1,68}{\cos 22,4} = 2,41 \text{ m/s}$$

- Mencari koefisien kecepatan  $f_n$  didapatkan dari tabel 6 dengan rumus:

Tabel 6. koefisien velocity

$v_f$ [m/sec]	0,1	0,4	1,0	2,0	4,0	8,0	12	16	24	32	46	64
$f_n$	0,935	0,816	0,666	0,526	0,390	0,265	0,194	0,159	0,108	0,095	0,071	0,055

Sehingga:  $f_n = \frac{2}{2 + v_f^{0,85}}$

$$f_{n1} = \frac{2}{2 + 4,52^{0,85}} = 0,36$$

$$f_{n2} = \frac{2}{2 + 2,41^{0,85}} = 0,49$$

- Koefisien umur  $f_h$

Berdasarkan tabel 3 Umurnya diharapkan selama 10 tahun untuk 300 hari kerja per tahun dan 8 jam kerja per hari, sehingga  $Lh = 8 \times 300 \times 10 = 2400$  jam kerja beroperasi sedangkan  $fh = 0,8$

- Koefisien beban bolak balik  $f_w = 1$  untuk beban konstan

- Menghitung factor  $k_{grenz}$

$$k_{grenz} = k_o \cdot f_n \cdot f_h \cdot f_w \leq k_o$$

$$k_{grenz} = (0,425) \cdot (0,36) \cdot (0,8) \cdot (1) = 0,12 \text{ kgf/mm}^2 \leq k_o$$

$$k_{grenz} = (0,425) \cdot (0,49) \cdot (0,8) \cdot (1) = 0,17 \text{ kgf/mm}^2 \leq k_o$$

- Menghitung nilai keamanan permukaan

$$S_{f1} = \frac{0,12}{0,084} = 1,44 \geq 1 \rightarrow 0,14$$

$$S_{f2} = \frac{0,17}{0,19} = 1,01 \geq 1 \rightarrow 0,14$$

- Batas kapasitas kekuatan permukaan gigi dari wheel  $N_{2F}$  adalah:

$$N_{1F} = 0,7 \frac{k_{grenz}}{S_{F1}} \cdot f_{m1} \cdot f_1 \cdot \frac{b_{m1}}{100} \left( \frac{d_{m1}}{100} \right)^2 \cdot n_1$$

$$N_{1F} = 0,7 \frac{0,12}{1,44} \cdot (1,17) \cdot (0,370) \cdot \frac{153}{100} \left( \frac{80}{100} \right)^2 \cdot 1000 = 24,97HP$$

$$N_{2F} = 0,7 \frac{k_{grenz}}{S_{F2}} \cdot f_{m2} \cdot f_2 \cdot \frac{b_{m2}}{100} \left( \frac{d_{m2}}{100} \right)^2 \cdot n_2$$

$$N_{2F} = 0,7 \frac{0,17}{1,01} \cdot (0,59) \cdot (0,295) \cdot \frac{89,5}{100} \left( \frac{320}{100} \right)^2 \cdot 100 = 17,37HP$$

➤ Efisiensi roda gigi cacing berdasarkan kekuatan permukaan

$$\eta = \frac{N_{2F}}{N_{1F}} = \frac{17,37}{24,97} = 0,70 \rightarrow 70\%$$

Memeriksa Kapasitas Ketahanan Temperatur antara casing dengan udara luar, yaitu:

➤ Beda temperature antara casing dengan udara luar

$$t_u = t_w - t_L$$

$$t_u = 70^0 - 25^0 = 45^0$$

➤ Menentukan nilai  $y_B \approx 0,14$  (untuk gear tanpa air vanes)

➤ Menghitung nilai  $y_k$  yaitu :  $y_k = 1 + 0,14 \left( \frac{60}{100} \right)^{1,55} = 1,01778$

➤ Menghitung nilai  $F_k$  dan  $\alpha_k$  yaitu:

$$F_k \alpha_k \approx 5,52 \left( \frac{200}{100} \right)^{1,85} \cdot 1,01778 = 19,551$$

$$F_k = 0,20 \cdot (2)^{1,85} = 0,721$$

$$\alpha_k = \frac{19,551}{0,721} = 27,1165$$

Kapasitas pendinginan  $N_k$  adalah sama dengan daya yang hilang  $N_v$ . Jika nilai  $N_k$  untuk pendinginan di udara adalah ( $N_{KL}$ ), maka:

➤ Untuk beban konstan  $N_{KL} = 45^0 \cdot 0,721 \cdot \frac{27,1165}{632} = 1,392$

➤ Untuk beban *short time* :  $N_v \leq 1,392$

Kapasitas ketahanan temperature untuk wheel ( $N_{2T}$ ) dan worm ( $N_{1T}$ ) dicari dengan membuat  $N_v = N_k$  dan menggunakan rumus:

$$N_{2T} = \frac{1,392}{\left( 0,412 + \frac{1}{0,412} \right) \cdot 1,24 \cdot \left( 2,31 + \sqrt{\frac{100}{20}} \right)} = 2,487$$

$$N_{1T} = N_{2T} + N_k$$

$$N_{1T} = 2,487 + 1,392 = 3,88$$

➤ Efisiensi worm gear berdasarkan ketahanan temperature

$$\eta = \frac{N_{2T}}{N_{1T}} = \frac{2,487}{3,88} = 0,641 \approx 64,1\%$$

➤ Memeriksa Keamanan pada Patah Gigi

Berdasarkan tabel 7 data  $C_{grenz}$  dibawah ini maka didapatkan:

Tabel 7. data  $C_{grenz}$

Wheel rim made of	$C_{grenz}$ [kgf/mm <sup>2</sup> ] for worm		
	A	N, Z, K	H
Cu-Sn-Bronze . . . . .	2,4	3,0	4,0
Al-alloy . . . . .	1,15	1,43	1,9
Cl 18 . . . . .	1,2	1,5	2,0

$$S_B = \frac{C_{grenz}}{C_{max}} \geq 1$$

$$C_{max} = \frac{U_{2max}}{m_n \cdot \pi \cdot b_2} = \frac{2.300}{11.3,14.65,7} = 1,0135$$

Untuk  $U_{2max}$  didapat dari tabel dibawah ini, sehingga didapatkan nilai keamanan terhadap patah gigi sebesar  $S_B = \frac{3}{1,0135} \geq 1 \Rightarrow 2,96 \geq 1$

Tabel 8. Nilai keamanan terhadap patah gigi

i = z <sub>1</sub> / z <sub>2</sub>	z <sub>1</sub>	z <sub>2</sub>	a = 20 mm r <sub>a1</sub> = 25 mm			100 45			200 72			400 240		
			σ (%)	σ <sub>1F</sub> (HfF)	σ <sub>1P</sub> (HfP)	σ (%)	σ <sub>1F</sub> (HfF)	σ <sub>1P</sub> (HfP)	σ (%)	σ <sub>1F</sub> (HfF)	σ <sub>1P</sub> (HfP)	σ (%)	σ <sub>1F</sub> (HfF)	σ <sub>1P</sub> (HfP)
F-worm	5	250	83,2	0,790	0,899	87,0	5,58	5,80	91,5	59,4	20,9	94,8	211	116
		500	84,3	1,31	0,991	89,4	8,43	5,10	93,1	59,5	27,1	95,7	285	151
		1000	85,5	2,09	1,39	90,8	12,5	7,15	94,1	69,5	38,5	95,9	386	191
		2000	87,5	3,14	2,28	91,5	17,4	11,8	94,2	90,4	59,4	96,7	473	277
	10	250	79,0	0,63	0,577	81,8	3,61	2,74	88,4	29,4	15,1	93,4	140	90,0
		500	77,8	0,91	0,701	85,2	5,71	3,62	90,7	34,2	20,1	94,6	200	119
		1000	80,2	1,46	0,963	87,2	8,68	5,09	92,0	47,8	25,7	94,7	296	149
		2000	82,3	2,19	1,59	88,3	13,2	8,45	92,3	69,7	43,1	94,8	393	216
	20	250	62,0	0,375	0,330	71,2	2,43	1,74	81,0	15,3	9,29	89,0	82,0	65,8
		500	45,7	0,696	0,452	75,1	3,86	2,26	84,5	22,5	12,2	90,9	132	71,5
		1000	49,2	1,01	0,630	79,0	5,78	3,13	86,5	31,9	16,8	91,2	176	89,8
		2000	71,6	1,61	0,99	80,7	8,03	5,13	86,8	41,9	23,9	90,9	224	130
40	250	45,6	0,281	0,264	66,0	1,73	1,14	65,8	9,88	6,60	80,8	67,3	31,6	
	500	49,5	0,483	0,310	62,1	2,65	1,49	73,7	14,4	7,12	83,8	85,1	40,3	
	1000	53,6	0,711	0,469	69,0	3,86	1,91	78,7	20,0	9,76	84,8	106	50,3	
	2000	64,4	1,04	0,646	68,4	5,31	3,11	77,3	26,7	13,0	83,8	137	73,3	
F-wheel	5	250	86,0	1,19	1,10	91,8	8,53	6,05	96,9	57,9	43,4	98,3	285	340
		500	89,1	2,13	1,42	94,2	13,7	9,26	97,0	87,7	62,3	98,5	544	430
		1000	91,8	3,20	2,16	95,6	20,4	14,4	97,5	123	94,0	98,4	725	484
		2000	93,2	4,78	3,15	96,0	29,6	24,5	97,6	165	139	98,5	900	642
	10	250	77,0	0,751	0,63	85,1	5,20	3,25	82,3	24,0	12,6	94,5	220	171
		500	81,2	1,27	0,829	89,3	8,35	5,03	84,3	31	16,5	97,1	317	220
		1000	85,1	2,02	1,35	91,6	12,6	8,00	85,4	43,7	24,1	97,0	424	289
		2000	87,7	2,99	2,29	92,8	17,7	11,6	86,3	60,5	32,3	94,7	532	360
	20	250	64,0	0,470	0,393	75,1	3,00	2,00	85,8	19,8	12,2	93,3	124	90,0
		500	69,4	0,780	0,505	80,9	4,82	2,82	89,6	29,7	17,8	94,4	178	117
		1000	74,6	1,13	0,723	85,0	7,04	4,33	91,3	42,0	25,0	94,4	233	142
		2000	78,7	1,60	1,25	86,8	10,2	7,42	91,2	55,8	38,6	94,0	300	195
40	250	47,7	0,307	0,274	60,2	1,80	1,26	75,6	11,7	7,1	87,5	70,0	48,7	
	500	53,0	0,50	0,330	65,5	3,04	1,71	81,3	17,0	10,0	89,6	100	62,8	
	1000	59,5	0,780	0,482	74,2	4,36	2,52	84,2	23,8	14,3	89,7	132	76,0	
	2000	64,8	1,10	0,800	76,8	6,02	4,22	84,2	31,6	21,5	89,0	170	106	

### Kesimpulan

Dari hasil perhitungan roda gigi diatas didapatkan dimensi utama dari roda gigi cacing yaitu: Modul (m): 12 mm, Diameter Minor: 55 mm, Diameter Rata: 85 mm, Diameter Kepala: 104 mm, Diameter Luar: 116 mm, Diameter Pitch: 82 mm, Lebar Gigi: 152 mm, Faktor Gigi: 6,25 mm, Pitch H: 104,5 mm, Sudut kisar rata-rata: 22 mm, Sudut kisar: 22 mm, Modul normal: 10 mm, Sudut heliks wheel: 68 mm. Untuk material yang dipilih adalah paduan Aluminium dengan ketahanan temperatur pada worm (NT) sebesar 3,75 dan ketahanan permukaan pada worm (N1F) sebesar 25 HP, dan ketahanan permukaan pada wheel (N2F) sebesar 18,27 HP, Efisiensi roda gigi berdasarkan kekuatan permukaan sebesar 75 % dan efisiensi roda gigi berdasarkan ketahanan temperatur sebesar 65 % dengan Nilai keamanan terhadap patah gigi sebesar  $S_B = 2,96 \geq 1$ .

### Daftar Pustaka

Adinata, D. A. (2010). Pembuatan Roda Gigi Dan Puli Sebagai Pemindah Daya Dan Putaran Pada Prototype Turbin Angin Savonius Sebagai Pembangkit Listrik Energi Terbaruhari. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret201, 2(1)*, 41–49.

Erinopriadi, E., Kevin, A., & Hendra, H. (2015). Perancangan Roda Gigi Lurus, Roda Gigi Miring Dan Roda Gigi Kerucut Lurus Berbasis Program Komputasi. *Mechanical, 4(1)*, 16–21.

Falendra, R. P. (2017). *Perencanaan Dan Perancangan Roda Gigi Cacing ( Worm Gear ) dengan Metode Niemann Dosen : Pak Ojo Kurdi Disusun Oleh :*

Kawasaki, K., & Tsuji, I. (2023). Manufacturing Method for Large Cylindrical Worm Gear Set of ISO Type I on Universal CNC Machine Tools. *Journal of Manufacturing and*

---

*Materials Processing*, 7(2). <https://doi.org/10.3390/jmmp7020053>

- Kevin Alfiansyah. (2023). Proses Pembuatan Roda Gigi Miring Pada Mesin Kertas. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 8.
- Nugroho, Y. R., Winarso, R., & Qomaruddin, Q. (2019). Rancang Bangun Mekanisme Ulir Dan Roda Gigi Cacing Pada Meja Mesin Planer Otomatis. *Jurnal Crankshaft*, 2(1), 35–42. <https://doi.org/10.24176/crankshaft.v2i1.3074>
- R. S. Khurmi and J. K. Gupta, Text Book Of Machine Design. 2002.
- Simanjuntak, F., Widyastuti, I., & Gunarko. (2018). Perencanaan Sistem Transmisi Penggerak Mecanum Wheel Robot Tempur Kota. *Transmisi*, 14(2), 321–334.
- Siregar, R. A., Umurani, K., & Mukhlas, M. (2019). Studi Eksperimen Terhadap Keausan Pada Roda Gigi Cacing Komposit. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 2(2), 158–164. <https://doi.org/10.30596/rmme.v2i2.3670>
- Suryawan, A. A. A., Suweden, N., & ... (2016). Implementasi Roda Gigi Cacing Pada Alat Pembentuk Motif Pada Kerajinan Plat Seng. *Buletin Udayana ...*, 15(0361), 143–149. <https://jurnal.harianregional.com/index.php/jum/article/download/22582/14840>
- Sularso. Ir. MSME dan Kiyokatsu Suga, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, PT. Pradnya Paramita, Jakarta 2004.