

ANALISA PERHITUNGAN ULANG RODAGIGI MATAHARI PADA GARDAN BELAKANG LAND ROVER

Bambang HP¹, Edy Budi Santoso², Nurtjahyono³

Teknik Mesin Pertahanan. Akademi Militer^{1,2,3}

bambanghadipriyanto@nikmesinhan.akmil.ac.id, edybudisantoso@nikmesinhan.akmil.ac.id,
nurcahyono644@gmail.com

Abstract

This study aims to evaluate the need for a sun gear in the rear axle of the Land Rover, which is difficult to source domestically. The research focuses on determining the appropriate size, suitable materials, and specific details. Quantitative analysis is conducted to recalculate and obtain the required dimensions. The research concludes that the appropriate size has been determined through meticulous calculations, enabling the fabrication of a sun gear suitable for the Land Rover. This study is crucial due to the urgent need for spare parts to ensure the smooth progress of Taruna's basic driving training

Keywords: Land Rover, Rear Axle, Sun Gear

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kebutuhan roda gigi matahari pada gardan belakang Land Rover, yang sulit didapat di dalam negeri. Fokus penelitian adalah mencari ukuran yang tepat, bahan yang sesuai, dan detailnya. Analisis kuantitatif dilakukan untuk menghitung ulang dan memperoleh ukuran yang dibutuhkan. Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa ukuran yang sesuai telah dihasilkan melalui perhitungan yang teliti, memungkinkan pembuatan roda gigi matahari yang cocok untuk Land Rover. Penelitian ini penting karena kebutuhan mendesak akan suku cadang yang harus dipenuhi, memastikan kelancaran latihan dasar mengemudi Taruna.

Kata kunci : Land Rover, Gardan Belakang, Roda gigi Matahari

PENDAHULUAN

Akademi Militer bertujuan untuk menciptakan perwira yang profesional dan dicintai oleh rakyat. Latihan dasar mengemudi dilakukan menggunakan kendaraan milik Akademi Militer, termasuk Land Rover yang usianya sudah cukup tua. Kerusakan pada gardan belakang dan roda gigi matahari sering terjadi karena faktor usia dan kesulitan dalam mencari suku cadang yang sesuai. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisa perhitungan ulang terhadap roda gigi matahari pada gardan belakang Land Rover. Penelitian ini akan mencari penyebab kerusakan, alternatif penggantian komponen, serta solusi untuk mengatasi masalah tersebut. Judul "Analisa Perhitungan Ulang Roda Gigi Matahari pada Gardan Belakang Land Rover" dipilih untuk menekankan pentingnya pemahaman terhadap masalah tersebut dan pencarian solusi yang tepat. Dengan demikian, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan efisiensi dan keandalan kendaraan Land Rover yang digunakan dalam pelatihan di Akademi Militer

LANDASAN TEORI

Karakteristik Land Rover

Land Rover, terutama seri III, sering digunakan sebagai kendaraan militer di berbagai negara, termasuk Indonesia, karena cocok dengan kondisi geografisnya. Di Akademi Militer, Land Rover digunakan sebagai kendaraan angkut dan ambulans. Seri III merupakan kelanjutan dari Seri II A dengan sedikit perubahan pada aksesoris, namun mesinnya tetap sama. Mesin yang digunakan memiliki 4 silinder dengan perbandingan 1:2,25, dengan peningkatan pada bantalan poros engkol untuk meningkatkan kekuatan kendaraan. Sistem transmisi juga diperbaharui untuk meningkatkan daya mesin saat digunakan dalam beban besar. Kapasitas muatan juga ditingkatkan untuk mengangkut muatan yang lebih besar. Dengan demikian, Land Rover Seri III menjadi pilihan yang handal untuk kebutuhan transportasi di Akademi Militer.



Spesifikasi dari Land Rover

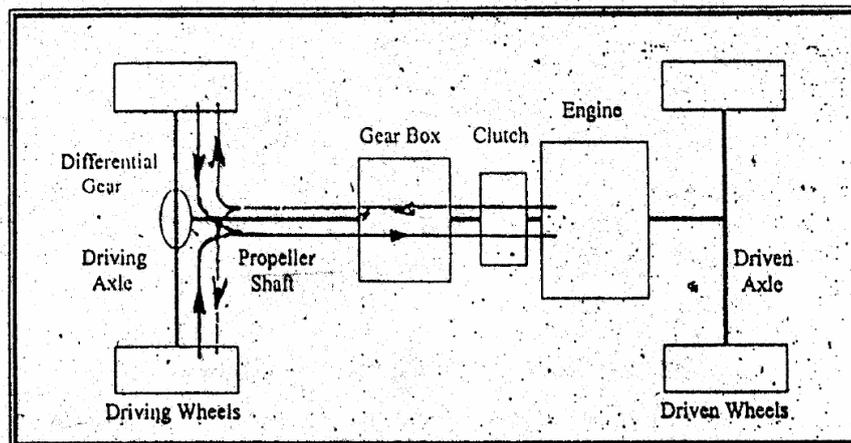
Produksi : 1971-1985
 Bentuk : Kendaraan offroad 2 pintu
 Mesin : 2,25 L 73 hp I4(bensin)
 Transmisi : 4 Speed manual
 Jarak roda : 2,235 m
 Panjang : 3,617 m
 Lebar : 1,176 m
 Tinggi : 1,969 m



Gambar 1. Mobil Land Rover

Sistem Transmisi pada kendaraan.

Bagian-bagian umum pada kendaraan yang terkait dengan performa adalah mesin, kopling, sistem transmisi (gearbox), propeler shaft, differential gear, poros roda penggerak, roda penggerak, dan roda yang tidak digerakkan. Sistem transmisi roda gigi (gearbox) sangat penting untuk mengatur aliran daya dan torsi dari mesin ke roda penggerak. Kendaraan dapat memiliki penggerak 2 roda (two-wheel drive) atau penggerak 4 roda (four-wheel drive), tergantung pada konfigurasi penggeraknya.



Gambar 2. Bagian-bagian kendaraan yang terkait dengan performasi.

Mesin mensuplai daya tidak hanya ke roda belakang, tetapi juga ke roda depan dalam kendaraan 4 roda, seperti jenis jip. Penggunaan transmisi manual lazim pada kendaraan jenis ini. Torsi yang ditransmisikan ke roda penggerak akan menghasilkan gaya dorong, yang tergantung pada gigi transmisi, kecepatan kendaraan, dan tahanan yang dihadapi. Sistem transmisi dalam mobil, terutama melalui gearbox, sangat penting untuk mentransmisikan daya dari mesin ke roda agar mobil dapat berjalan dengan baik

Sistem Gardan (Differential).

Gardan mobil, atau yang lebih dikenal sebagai differential, adalah bagian penting yang memungkinkan roda berputar pada kecepatan yang berbeda saat mobil berbelok. Ini mencegah masalah seperti kesulitan dalam belok dan potensi bahaya. Differential terbagi menjadi dua bagian:

- a. Final Gear: Terdiri dari drive pinion dan ring gear, berfungsi memperbesar momen dan mengubah arah putaran sebesar 90 derajat. Terdapat dua tipe final gear:
 1. Hypoid Bevel Gear: Digunakan pada penggerak roda belakang, dengan drive pinion terpasang offset, menghasilkan bunyi yang lebih halus.
 2. Helical Gear: Digunakan pada penggerak roda depan, mengurangi bunyi dan getaran, dan mentransfer momen secara lebih lembut.



b. Differential Gear: Terdiri dari side gear, berfungsi untuk membedakan kecepatan putaran roda kiri dan kanan saat mobil berbelok. Ini memungkinkan roda luar berputar lebih cepat daripada roda dalam saat berbelok, mencegah slip dan aus pada ban.

Roda Gigi.

Roda gigi adalah alat yang digunakan untuk mentransmisikan daya besar dan putaran yang tepat antara dua buah roda berbentuk silinder atau kerucut yang saling bersinggungan pada kelilingnya. Roda gigi memiliki gigi-gigi di sekelilingnya yang berfungsi untuk meneruskan putaran dan daya dengan lebih bervariasi dan kompak dibanding alat transmisi lainnya. Kelebihan roda gigi antara lain:

- Sistem transmisinya lebih ringkas, cocok untuk putaran tinggi dan daya besar.
- Kompak sehingga sistemnya sederhana.
- Kemampuan menerima beban lebih tinggi.
- Efisiensi pemindahan daya tinggi karena slip sangat kecil.
- Kecepatan transmisi dapat ditentukan, cocok untuk pengukuran kecil dan daya besar.

Pemakaian roda gigi telah dominan dalam berbagai bidang selama 200 tahun terakhir. Terdapat berbagai jenis roda gigi seperti roda gigi kerucut, lurus, miring, dan lainnya, yang diklasifikasikan berdasarkan letak poros, arah putaran, dan bentuk jalur

Klasifikasi Roda Gigi.

- Menurut letak poros maka roda gigi diklasifikasikan seperti tabel berikut:

Tabel 1. Klasifikasi Roda Gigi

Letak poros	Roda gigi	Keterangan
Roda gigi dengan poros sejajar	Roda gigi lurus Roda gigi miring Roda gigi miring ganda	(Klasifikasi atas dasar bentuk alur)
	Roda gigi luar Roda gigi dalam dan pinyon Batang gigi dan pinyon	Arah putaran berlawanan Arah putaran sama Gerakan lurus dan berputar
Roda gigi dengan poros berpotongan	Roda gigi kerucut lurus Roda gigi kerucut spiral	(Klasifikasi atas dasar bentuk jalur gigi)
	Roda gigi permukaan dengan poros berpotongan	(Roda gigi dengan poros berpotongan berbentuk istimewa)
Roda gigi dengan poros silang	Roda gigi miring silang Batang gigi miring silang	Kontak titik Gerakan lurus dan berputar
	Roda gigi cacing silindris Roda gigi cacing selubung ganda (globoid) Roda gigi cacing samping	
	Roda gigi hiperboloid Roda gigi hipoid Roda gigi permukaan silang	

- Menurut arah putaran, roda gigi dibedakan atas:
 - Roda gigi luar ; arah putarannya berlawanan
 - Roda gigi dalam dan pinion ; arah putarannya sama
- Menurut bentuk jalur gigi, roda gigi dapat dibedakan atas:
 - Roda gigi lurus

Roda gigi lurus digunakan untuk poros yang sejajar atau paralel. Roda gigi ini paling mudah pengerjaannya dibanding dengan yang lain. Roda gigi ini cocok digunakan untuk sistem transmisi yang gaya kelilingnya besar, karena tidak menimbulkan gaya aksial



Ciri-ciri roda gigi lurus adalah :

- a) Daya yang ditransmisikan < 25.000 Hp
- b) Putaran yang ditransmisikan < 100.000 rpm
- c) Kecepatan keliling < 200 m/s
- d) Rasio kecepatan yang digunakan :
 - (1) Untuk 1 tingkat (i) < 8
 - (2) Untuk 2 tingkat (i) < 45
 - (3) Untuk 3 tingkat (i) < 200
 - (4) = Perbandingan kecepatan antara penggerak dan yang digerakan

2) Roda gigi miring

Roda gigi miring kriterianya hampir sama dengan roda gigi lurus, tetapi dalam pengoperasiannya roda gigi miring lebih lembut dan tingkat kebisingannya lebih rendah dengan perkontakannya antara gigi lebih dari 1.

Ciri-ciri roda gigi miring adalah :

- a) Arah gigi membentuk sudut terhadap sumbu poros
- b) Distribusi beban sepanjang garis kontak tidak uniform
- c) Kemampuan pembebanan lebih besar dari pada rodagigi
- d) Gaya aksial lebih besar sehingga memerlukan bantalan aksial dan roda gigi yang kokoh.

3) Roda gigi kerucut

Roda gigi kerucut digunakan untuk mentransmisikan 2 buah poros yang saling berpotongan

Jenis-jenis roda gigi kerucut antara lain :

- a) Roda gigi kerucut lurus
- b) Roda gigi kerucut miring
- c) Roda gigi kerucut spiral
- d) Roda gigi kerucut hypoid

4) Roda gigi cacing

a) Ciri-ciri roda gigi cacing adalah :

- (1) Kedua sumbu saling bersilang dengan jarak sebesar a, biasanya sudut yang dibentuk kedua sumbu sebesar 90°
- (2) Kerjanya halus dan hampir tanpa bunyi
- (3) Umumnya arah transmisi tidak dapat dibalik untuk menaikan putaran dari roda cacing ke cacing (mengunci sendiri)
- (4) Perbandingan reduksi bisa dibuat sampai 1 : 150
- (5) Kapasitas beban yang besar dimungkinkan karena kontak beberapa gigi (biasanya 2 sampai 4)
- (6) Roda gigi cacing efisiensinya sangat rendah, terutama jika sudut kisarnya kecil

b) Batasan pemakaian roda gigi cacing adalah :

- (1) Kecepatan roda gigi maksimum 40.000 rpm
- (2) Kecepatan keliling roda gigi cacing max 69 m/s
- (3) Torsi roda gigi maksimum 70.000 m kgf
- (4) Gaya keliling roda gigi maksimum 80.000 kgf
- (5) Diameter roda gigi maksimum 2 m
- (6) Daya maksimum 1.400 Hp

c) Pemakaian dari roda gigi cacing meliputi :

- (1) Gigi reduksi untuk semua tipe transmisi sampai daya 1.400 Hp
- (2) Diantaranya pada lift
- (3) Motor derek
- (4) Untuk mesin tekstil
- (5) Rangkaian kemudi kapal



- (6) Mesin bor vertikal
- (7) Mesin freis dan juga untuk berbagai sistem kemudi kendaraan

Roda Gigi Kerucut

Roda gigi miring merupakan alternatif saat dibutuhkan transmisi untuk putaran tinggi, daya besar, dan bunyi kecil antara dua poros sejajar. Prinsip dasarnya mirip dengan roda gigi lurus, hanya diterapkan pada bidang tegak lurus alur gigi.

a. Profil roda gigi kerucut

Sepasang roda gigi kerucut yang saling berkait dapat diwakili dua bidang kerucut yang saling berimpit dan saling menggelinding tanpa slip. Kedua bidang kerucut ini disebut "kerucut jarak bagi". Besarnya sudut puncak kerucut tersebut merupakan ukuran bagi putaran masing-masing porosnya. Roda gigi kerucut yang alur giginya lurus dan menuju puncak kerucut dinamakan roda gigi kerucut lurus.

Sumbu poros roda gigi kerucut kerucut biasanya berpotongan dengan sudut 90° . Bentuk khusus dari roda gigi kerucut dapat berupa "roda gigi miter" yang mempunyai sudut kerucut jarak bagi sebesar 45° dan "roda gigi mahkota" dengan sudut kerucut jarak bagi sebesar 90° , seperti terlihat dalam gambar.

b. Proposi roda gigi kerucut

Diameter lingkaran jarak bagi :

$$\left. \begin{aligned} d_1 &= mz_1 \\ d_2 &= mz_2 \end{aligned} \right\} \text{(Kiyokatsu Suga : 1991 : 269)}$$

Sisi kerucut :

$$R = d_1 / (2 \sin \delta_1) = d_2 / (2 \sin \delta_2) \text{(Kiyokatsu Suga : 1991 : 269)}$$

Dalam beberapa roda gigi, tinggi gigi semakin kecil dari ujung luar ke ujung dalam, dan dalam beberapa roda gigi lain tinggi tetap sama. Yang pertama disebut "gigi tirus" dan yang terakhir disebut "gigi seragam". Gigi tirus lebih sering dipakai daripada gigi seragam. Dalam hal gigi tirus, kepala gigi pinyon dibuat lebih tinggi dari pada kepala roda gigi besar. Maka perubahan kepala yang di perlukan dapat dilakukan dengan koefisien masing-masing sebagai berikut :

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= 0,46 \left[1 - \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^2 \right] \\ x_2 &= -x_1 \end{aligned} \right\} \text{(Kiyokatsu Suga : 1991 : 269)}$$

Karena itu, jika $c_k \geq 0,188 m$ adalah kelonggaran puncak, maka untuk pinyon :

$$\left. \begin{aligned} \text{tinggi kepala } h_{k1} &= (1 + x_1)m \\ \text{tinggi kaki } h_{f1} &= (1 - x_1)m + c_k \end{aligned} \right\} \text{(Kiyokatsu Suga : 1991 : 269)}$$

Demikian pula dalam hal roda gigi besar :

$$\left. \begin{aligned} \text{tinggi kepala } h_{k2} &= (1 - x_1)m \\ \text{tinggi kaki } h_{f2} &= (1 + x_1)m + c_k \end{aligned} \right\} \text{(Kiyokatsu Suga : 1991 : 269)}$$

Dengan demikian, tinggi gigi adalah :

$$H = 2m + c_k \text{(Kiyokatsu Suga : 1991 : 269)}$$

Sudut kepala pinyon adalah $\theta_{k1} = \tan^{-1}(h_{k1}/R)$

dan sudut kaki pinyon adalah $\theta_{f1} = \tan^{-1}(h_{f1}/R)$ (Kiyokatsu Suga : 1991 : 270)

sudut kepala roda gigi besar $\theta_{k2} = \tan^{-1}(h_{k2}/R)$

dan sudut kaki roda gigi sebesar $\theta_{f2} = \tan^{-1}(h_{f2}/R)$

Dengan demikian, sudut kerucut kepala adalah :

$$\delta_{k1} = \delta_1 + \theta_{k1}, \delta_{k2} = \delta_2 + \theta_{k2} \text{(Kiyokatsu Suga : 1991 : 270)}$$

Demikian pula sudut kerucut kaki adalah :

$$\text{(Kiyokatsu Suga : 1991 : 270)}$$





$$\delta_{f1} = \delta_1 - \theta_{f1}, \delta_{f2} = \delta_2 - \theta_{f2}$$

Besarnya masing-masing diameter lingkaran kepala, yang diperlukan dalam pembuatan adalah :

$$\left. \begin{aligned} d_{k1} &= d_1 + 2h_{k1} \cos \delta_1 \\ d_{k2} &= d_2 + 2h_{k2} \cos \delta_2 \end{aligned} \right\} \text{(Kiyokatsu Suga : 1991 : 270)}$$

dan besarnya masing-masing diameter lingkaran kaki adalah:

$$\left. \begin{aligned} X_1 &= (d_2/2) - h_{k1} \sin \delta_1 \\ X_2 &= (d_1/2) - h_{k2} \sin \delta_2 \end{aligned} \right\} \text{(Kiyokatsu Suga : 1991 : 270)}$$

Jika sudut tekan adalah α_0 , dan kelonggaran belakang dianggap nol, maka tebal gigi (tebal lingkaran) adalah :

$$\left. \begin{aligned} s_1 &= (0,5\pi + 2x_1 \tan \alpha_0)m \\ s_2 &= (0,5\pi + 2x_2 \tan \alpha_0)m \end{aligned} \right\} \text{(Kiyokatsu Suga : 1991 : 270)}$$

$$s_1 + s_2 = \pi m$$

Lebar sisi gigi b sebaiknya diambil tidak lebih dari 1/3 sisi kerucut, atau kurang dari 10 kali modul pada ujung luar. Pada pasangan roda gigi kerucut hampir tidak pernah dijumpai pemakaian bantalan pada ke dua ujung poros pinyon maupun roda gigi besar. Biasanya hanya salah satu saja yang memakai bantalan pada kedua ujung poros, atau kedua-duanya memakai bantalan pada satu ujung saja. Dengan demikian beban pada permukaan gigi tidak dapat dibuat merata karena lenturan pada poros atau gigi. Karena itu pemilihan lebar sisi perlu diusahakan sekecil mungkin.

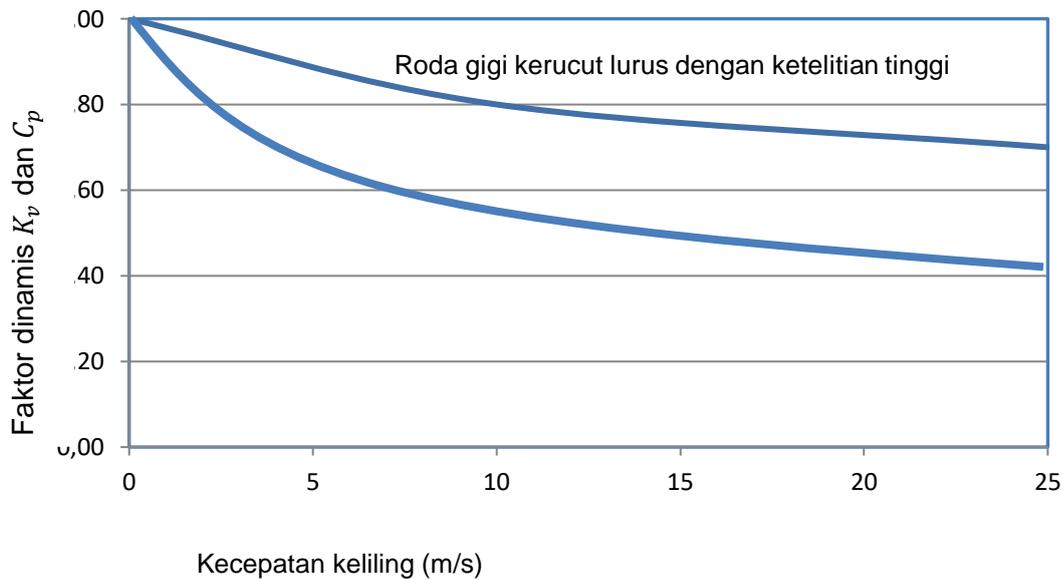
Untuk menentukan lebar sisi, mula-mula dihitung kekuatan terhadap bebab lentur. Beban lentur yang diizinkan dibagi dengan lebar sisi F_b (kg/mm), untuk gigi dengan penampang yang merupakan harga rata-rata dari penampang ujung luar dan ujung dalam, adalah :

$$\left. \begin{aligned} F'_{b1} &= \sigma_{a1} m K_v J_1 / (K_0 K_s K_m) \\ F'_{b2} &= \sigma_{a2} m K_v J_2 / (K_0 K_s K_m) \end{aligned} \right\} \text{(Kiyokatsu Suga : 1991 : 270)}$$

Di mana σ_{a1} dan σ_{a2} (kg/mm²) adalah tegangan lentur yang diizinkan, seperti diberikan :

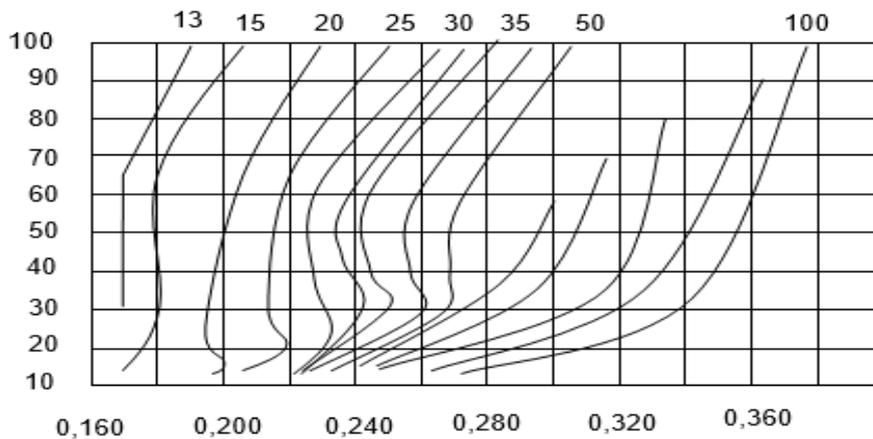
Tabel 2. Faktor beban lebih K_0 dan C_0

Sisi penggerak	Sisi yang digerakan		
	Tanpa tumbukan	Tumbukan sedang	Tumbukan berat
Tanpa tumbukan	1,00	1,25	1,75
Tumbukan sedang	1,25	1,50	2,00
Tumbukan berat	1,50	1,75	2,25



Gambar 3. Tegangan lentur yang diizinkan dan tegangan kontak yang diizinkan (roda gigi kerucut lurus)

K_v adalah faktor dinamis yang mirip dengan faktor dinamis pada roda gigi lurus. J_1 dan J_2 adalah faktor geometri dan K_0 ialah faktor beban beban lebih, K_s merupakan faktor ukuran, yang besarnya ditentukan sebagai $K_s = (\sqrt[4]{m/2,24})$ untuk $m \geq 1,5$ dan $K_s = 0,5$ untuk $m < 1,5$.



Gambar 4. Faktor dinamis roda gigi kerucut (Sumber <http://jonbatana.files.wordpress.com>)

K_m adalah faktor distribusi beban yang harganya ditentukan oleh letak bantalan terhadap roda gigi (pada satu ujung atau ke dua ujung poros). Harga-harga K_m diberikan dalam Tabel 4.

Perhitungan beban permukaan F_H (kg/mm), juga didasarkan pada ukuran penampang rata-rata gigi, dilakukan menurut rumus berikut :

$$F'_H = \sigma_c^2 \frac{d_1}{C_p^2} \frac{C_v \cdot I}{C_0 \cdot C_m \cdot C_f} \text{ (Kiyokatsu Suga : 1991 : 270)}$$

dimana σ_c (kg/mm²) adalah tegangan kontak yang diizinkan. Dalam hal ini, jika harga tegangan tersebut berbeda untuk pinyon dan roda gigi besar, maka harus diambil harga yang terkecil.

C_p ($\sqrt{kg/mm}$) adalah koefisien elastis; C_y adalah faktor dinamis ; C_0 faktor beban lebih ; C_m ialah faktor distribusi beban

Tabel 3. Faktor Pembagian beban K_m , C_m (Sumber <http://egavebriasandi.wordpress.com>)

	Pinyon dan roda gigi kedua-duanya memakai bantalan dua ujung	Salah satu dari pinyon atau roda gigi memakai bantalan satu ujung	Pinyon dan roda gigi kedua-duanya memakai bantalan satu ujung
Roda gigi reduksi umum	1,00 – 1,10	1,10 – 1,25	1,25 – 1,40
Otomobil	1,00 – 1,10	1,10 - 1,25	-
Kapal terbang	1,00 – 1,25	1,10 – 1,40	1,25 – 1,50

Tabel 4. Koefisien elastis $C_p(\sqrt{kg/mm})$ (Sumber <http://jonbatana.files.wordpress.com>)

Bahan roda gigi \ Bahan pinyon	Baja $E = 2,27 \times 10^{-4}(\text{kg/mm}^2)$	Besi cor $E = 1,44 \times 10^{-4}(\text{kg/mm}^2)$
Baja	74,2	64,9
Besi cor	64,9	59,6

C_f adalah faktor kondisi permukaan, yang besarnya biasanya = 1 ; dan I adalah faktor geometri. Diantara harga – harga F'_{b1} , F'_{b2} , dan F'_H dipilih yang terkecil dan selanjutnya disebut F'_{min} . Lebar gigi yang diperlukan dapat dihitung dari gaya tangensial $F_t(\text{kg}) = 102 P/v$ dibagi dengan F'_{min} (kg/mm). Jika lebar tersebut tidak lebih dari 1/3 sisi kerucut atau kurang dari 10 kali modul ujung luar gigi, maka dapat ditetapkan sebagai harga yang akan dipakai.

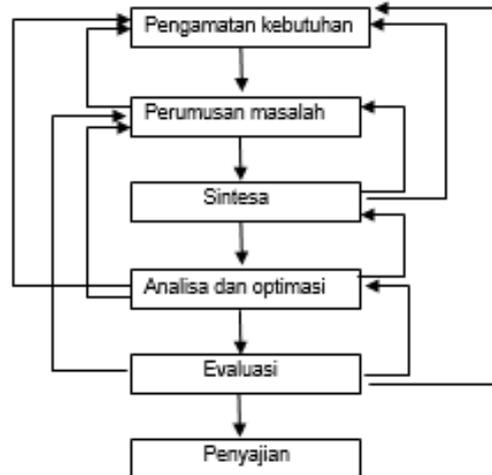
METODE PENELITIAN

Alur Penelitian.

Metode penelitian merupakan suatu proses suatu penelitian dilakukan dan merupakan tahap-tahap yang dilakukan untuk melakukan penelitian. Dalam melaksanakan penelitian tentang Analisa Perhitungan Ulang Roda Gigi Matahari pada Gardan Belakang Land Rover. Penulis melakukan penelitian tentang roda gigi matahari yang terletak pada gardan belakang mobil land rover. Land rover yang diteliti merupakan mobil yang dimiliki oleh Akademi Militer yang terdapat pada PAL Akmil. Pada penelitian ini penulis merencanakan roda gigi yang bisa digunakan untuk mengganti roda gigi yang asli yang terdapat pada mobil land rover yang dimiliki Akmil. Penulis melakukan pengukuran tentang diameter, tinggi puncak, dan masih banyak yang diukur dalam penelitian tersebut. Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode kuantitatif atau perhitungan.



Perancangan



Gambar 5. Tahapan Peranc

Proses perancangan dimulai dengan penentuan kebutuhan dan pengambilan keputusan terkait dengan hal tersebut. Proses ini melalui beberapa tahapan dan iterasi, yang berakhir dengan penyajian hasil rancangan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Secara ideal, metode perancangan dalam bidang teknik, termasuk perancangan roda gigi, mengikuti diagram berikut:

1. Pengenalan Kebutuhan: Perancang harus mendefinisikan kebutuhan yang akan dipenuhi. Ini dapat berupa data awal, seperti daya yang ditransmisikan, putaran mesin, atau dimensi ruang yang tersedia.
2. Perumusan Masalah: Merumuskan spesifikasi yang diinginkan, termasuk jenis roda gigi, dimensi, taksiran umur, batasan operasi, dan lain-lain
3. Pembatasan dalam Perancangan: Memperhatikan kendala yang ada, seperti dimensi ruang, material yang tersedia, proses manufaktur, dan biaya.
4. Sintesa: Menyusun solusi optimum dari sistem transmisi, menguji dengan analisis dan optimisasi. Jika tidak sesuai, kembali ke tahap sebelumnya.
5. Evaluasi: Menilai solusi yang lolos iterasi sebelumnya. Pengujian dilakukan pada prototip, jika gagal, kembali ke tahap sebelumnya.
6. Penyajian: Menyampaikan hasil rancangan secara komunikatif, baik melalui lisan, tertulis, atau grafis.

Pelaksanaan penelitian dilaksanakan di Universitas Gadjah Mada Fakultas teknik mesin Laboratorium bahan, hal ini dikarenakan alat yang diperlukan dalam melaksanakan pengujian seluruhnya ada di sana.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Merencanakan roda gigi Matahari dari mobil Land Rover dengan mesin dengan silinder I4 dengan daya mesin sebesar 54 kW dengan mendapatkan putaran sebesar 2500 rpm dengan sudut poros sebesar 90° dan sudut tekan sebesar 20° serta mempunyai sisi kerucut sebesar 114 mm.

Perhitungan dilakukan sesuai dengan langkah-langkah pada diagram alir.

a. $P = 54 \text{ kW}$, $n_1 = 2500 \text{ rpm}$, $R = 114 \text{ mm}$, $\Sigma = 90^\circ$

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{47}{10} = 4,7$$

b. Faktor koreksi (F_c)

$$F_c = 1,2$$

c. Daya yang direncanakan (P_d)

$$P_d = F_c \times P = 1,2 \times 54 = 64 \text{ kW}$$

d. Sudut kerucut jarak bagi (δ)

$$\delta_1 = \tan^{-1} (1/i) = \tan^{-1} (1/4,7) = 12,01^\circ$$

$$\delta_2 = 90 - \delta_1 = 90 - 12,01^\circ = 77,99^\circ$$

Diameter lingkaran jarak bagi ujung luar

$$d_1 = 2R \sin \delta_1 = 2 \times 114 \sin 12,01^\circ = 2 \times 23,72 = 47,44 \text{ mm}$$





- $d_2 = 2R \sin \delta_2 = 2 \times 114 \sin 77,99^\circ = 2 \times 111,504 = 223,01 \text{ mm}$
- e. Modul (m)
 $m = \frac{\text{diameter}}{\text{jumlah gigi}} = \frac{246,81}{47} = 5,25$
 sudut tekan = 20°
- f. Jumlah gigi (z)
 $z_1 = \frac{d_1}{m} = \frac{47,44}{5,25} = 9,036.9$
 $z_2 = \frac{d_2}{m} = \frac{223,01}{5,25} = 42,47.42$
- g. Sudut kerucut jarak bagi (δ)
 $\delta_1 = \tan^{-1} (z_1/z_2) = \tan^{-1} (9/42) = 12,09^\circ$
 $\delta_2 = 90 - \delta_1 = 90 - 12,09 = 77,91^\circ$
 Diameter lingkaran jarak bagi (d)
 $d_1 = 2R \sin \delta_1 = 2 \times 114 \sin 12,09^\circ = 47,75 \text{ mm}$
 $d_2 = 2R \sin \delta_2 = 2 \times 114 \sin 77,91^\circ = 222,94 \text{ mm}$
- h. Kecepatan keliling (v)
 $v = \frac{\mu \times d_2 \times n_1}{t} = \frac{3,14 \times 223,01 \times 2500}{60 \times 1000} = 29,117 \text{ m/s}$
 Gaya tangensial (Ft)
 $Ft = \frac{102 \times Pd}{v} = \frac{102 \times 64,8}{29,117} = 227,006 \text{ kg}$
- i. Kelonggaran puncak (Ck)
 $Ck = 0,25 \times m = 0,25 \times 5,25 = 1,3125 \text{ mm}$
 Kelonggaran belakang (Co) Co = 0
- j. Faktor perubahan kepala (x)
 $x_1 = 0,46 \left[1 - \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^2 \right] = 0,46 [1 - 0,214^2] = 0,4389$
 $x_2 = -x_1 = -0,4389$
- k. Tinggi kepala (h_k)
 $h_{k1} = (1 + x_1)m = (1 + 0,4389)5,25 = 7,554 \text{ mm}$
 $h_{k2} = (1 + x_2)m = (1 - 0,4389)5,25 = 2,945 \text{ mm}$
 Tinggi kaki (h_f)
 $h_{f1} = (1 - x_1)m + ck = (1 - 0,4389)5,25 + 1,3125 = 4,258 \text{ mm}$
 $h_{f2} = (1 - x_2)m + ck = (1 + 0,4389)5,25 + 1,3125 = 8,8867 \text{ mm}$
 Kedalaman gigi penuh (H)
 $H = 2m + ck = 2 \times 5,25 + 1,3125 = 11,8125 \text{ mm}$
- l. Sudut kepala (θ_k)
 $\theta_{k1} = \tan^{-1} (h_{k1}/R) = \tan^{-1} (7,554/114) = 3,791^\circ$
 $\theta_{k2} = \tan^{-1} (h_{k2}/R) = \tan^{-1} (2,945/114) = 1,479^\circ$
 Sudut kaki (θ_f)
 $\theta_{f1} = \tan^{-1} (h_{f1}/R) = \tan^{-1} (4,258/114) = 2,376^\circ$
 $\theta_{f2} = \tan^{-1} (h_{f2}/R) = \tan^{-1} (8,867/114) = 4,447^\circ$
 Sudut kerucut kepala (δ_k)
 $\delta_{k1} = \delta_1 + \theta_{k1} = 12,09 + 3,791 = 15,881^\circ$
 $\delta_{k2} = \delta_2 + \theta_{k2} = 77,91 + 1,479 = 79,389^\circ$
 Sudut kerucut kaki (δ_f)
 $\delta_{f1} = \delta_1 - \theta_{f1} = 12,09 - 2,376 = 9,714^\circ$
 $\delta_{f2} = \delta_2 - \theta_{f2} = 77,91 - 4,447 = 73,462^\circ$
- m. Diameter lingkaran kepala (d_k)
 $d_{k1} = d_1 + 2h_{k1} \cos \delta_1 = 47,44 + 2 \times 7,554 \cos 12,09^\circ = 62,212 \text{ mm}$
 $d_{k2} = d_2 + 2h_{k2} \cos \delta_2 = 223 + 2 \times 2,945 \cos 77,91^\circ = 21,985 \text{ mm}$
 Jarak Puncak (X)
 $X_1 = (d_2/2) - h_{k1} \sin \delta_1 = (223/2) - 7,554 \sin 12,09 = 114,968 \text{ mm}$
 $X_2 = (d_1/2) - h_{k2} \sin \delta_2 = (47,44/2) - 7,554 \sin 77,91 = 21,985 \text{ mm}$



- Tebal gigi (s)
- $$s_1 = (0,5\mu + 2x_1 \tan \alpha_o)m = (0,5 \times 3,14 + 2 \times 0,4389 \tan 20)$$
- $$= 18,552 \text{ mm}$$
- $$s_2 = (0,5\mu - 2x_1 \tan \alpha_o)m = (0,5 \times 3,14 - 2 \times 0,4389 \tan 20)$$
- $$= 2,067 \text{ mm}$$
- n. Pinyon berbahan SNC21, $\sigma_{B1} = 80 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_{b1} = 39 \text{ kg/mm}^2$
 Celup dingin sementara : $H_{RC} = 50$, $H_B = (55+3) \times 10 = 580$
 Gigi matahari berbahan S45C, baja celup dingin dan temper
 $\sigma_{B2} = 70 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_{b2} = 20 \text{ kg/mm}^2$, : $H_{RC} = 30$, $H_B = 330$
 $\sigma_{a1} = 39 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_{a1} = 20 \text{ kg/mm}^2$
- o. Faktor dinamis (K_v) $K_v = 0,65$
 Faktor beban lebih (K_0) $K_0 = 1,25$
 Faktor ukuran (K_s) $K_s = \sqrt[4]{m/22,4} = \sqrt[4]{5,25/22,4} = 1,011$
 Faktor distribusi beban (K_m) $K_m = 1,3$
 Faktor geometri (J) $J_1 = 0,185$, $J_2 = 0,230$
- p. Beban lentur yang diizinkan pada penampang rata-rata (F'_b)
 $F'_{b1} = \sigma_{a1} K_v m J_1 / (K_0 K_s K_m) = 39,5,25,0,65,0,185 / (1,25,1,011,1,3)$
 $= 14,98 \text{ kg/mm}$
 $F'_{b2} = \sigma_{a2} K_v m J_2 / (K_0 K_s K_m) = 20,5,25,0,65,0,23 / (1,25,1,011,1,3)$
 $= 9,554 \text{ kg/mm}$
- q. Tegangan lentur yang diijinkan $\sigma_c = 102 \text{ kg/mm}^2$
 Koefisien elastis (C_p) $C_p = 74,2$
 Faktor dinamis (C_v) $C_v = 0,70$
 Faktor beban lebih (C_0) $C_0 = 1,25$
 Faktor kondisi permukaan (C_f) $C_f = 1$
 Faktor distribusi beban (C_m) $C_m = 1,3$
 Faktor geometri (I) $I = 0,077$
- r. Beban permukaan per satuan lebar pada penampang rata-rata
 $F'_H = \sigma_c \frac{d1}{C_p^2} \cdot \frac{C_v \cdot I}{C_0 \cdot C_m \cdot C_f} = 102^2 \cdot \frac{47,75}{5506} \cdot \frac{0,7 \cdot 0,077}{1,25 \cdot 0,67 \cdot 1,3} = 4,446 \text{ kg/mm}$
- s. $F' \text{ min} = 4,4462 \text{ kg/mm}$, $F_t = 227 \text{ kg}$
- t. $b \geq \frac{227}{4,4662} = 51,05 \approx 51 \text{ mm}$
- u. $b/m : 10 \rightarrow 51/5,25 = 9,71$, $9,71 < 10 \rightarrow$ baik
 $R/m : 3 \rightarrow 114/51 = 2,235$, $2,325 < 3 \rightarrow$ baik
- v. Didapatkan ukuran roda gigi matahari sebagai berikut:
 Modul = 5,25
 Sudut tekan = 20°
 Jumlah gigi = 42
 Tebal sisi = 51 mm
 Diameter jarak bagi = 222,94 mm
 Diameter lingkaran kepala = 218,25 mm
 Jarak puncak = 21,985
 Sudut kerucut kepala = $79,389^\circ$
 Sudut kaki = $4,4474^\circ$
 Sudut kerucut kaki = $73,4626^\circ$
 Gigi matahari berbahan S45C
 Perlakuan baja celup temper

Perhitungan dilakukan dengan mencoba dengan metode trial dan eror yang di perlihatkan pada langkah ke 21 dimana bila ditemukan hasil perhitungan yang sesuai dengan batasan perbandingan yang ada maka hasilnya dinyatakan sesuai dan dapat dirancang. Selain itu metoda ini melihat perancangan yang dilakukan oleh para perancang sebelumnya sehingga kesalahan dalam perancangan tidak terlalu jauh.

Dari perhitungan yang didapatkan diperoleh tegangan lentur sebesar 102 kg/mm^2 yang dapat dilihat di tabel penggunaan bahan. Untuk bahan yang sesuai adalah S45C akan tetapi penggunaan bahan lain selain S45C diijinkan karena sesuai dengan hasil perhitungan yang diperoleh.

S45C merupakan logam berat yang memiliki kandungan karbon rendah dengan paduan karbon antara 0,11 – 0,16 %, paduan Mn antara 0,5 – 0,8 %, paduan P maksimal 0,04 %, paduan S maksimal 0,05 dan paduan lainnya. Selain itu baja ini merupakan baja yang tersedia di umum karena mudah didapatkan dalam bentuk plat, balok dan silinder.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari perancangan tersebut dapat didapatkan ukuran yang sesuai untuk membuat roda gigi matahari yang sesuai dengan kendaraan Land Rover yang dimiliki oleh Akademi Militer. Sehingga tidak perlu lagi untuk mencari suku cadang dari luar negeri sehingga mobil-mobil yang mengalami kerusakan dapat diperbaiki dan tidak perlu mengeluarkan banyak biaya untuk memperbaiki kendaraan yang ada. Sehingga dapat membuat rancangan yang bisa di produksi dalam negeri sendiri. Dengan ukuran sebagai berikut :

- a. Modul = 5,25
- b. Sudut tekan = 20°
- c. Jumlah gigi = 42
- d. Tebal sisi = 51 mm
- e. Diameter jarak bagi = 222,94 mm
- f. Diameter lingkaran kepala = 218,25 mm
- g. Jarak puncak = 21,985
- h. Sudut kerucut kepala = $79,389^\circ$
- i. Sudut kaki = $4,4474^\circ$
- j. Sudut kerucut kaki = $73,4626^\circ$
- k. Gigi matahari berbahan S45C
- l. Perlakuan baja celup temper

Saran

Adapun saran dari penulis dalam penelitian ini adalah: Kedepan diharapkan dapat dirancang lagi selain roda gigi matahari atau elemen mesin lainnya sehingga dapat dihasilkan suku cadang yang sesuai tetapi tidak membutuhkan biaya yang mahal)

Daftar Pustaka

- Suga, Kiyokatsu dan Sularso. 1991, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin : PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Shigley, Joseph E. Dan Larry D. Mitchell. 1992, Perencanaan Teknik Mesin : Erlangga, Jakarta.
- Dobrovolsky, V. , K. Zablonsky, S. Mak, A. Radchik dan L. Erlich. 1972, Machine Elements : Peace Publishers, Moscow.
- Abdi, M. Zainal. 2007, Permodelan Elemen Mesin 3 Dimensi Menggunakan AutoCAD : Informatika, Bandung.
- Pinem, Mhd Daud. 2010, AutoCAD 2010 Langkah Ringkas Menggambar Objek 2 + 3 Dimensi : Andi, Yogyakarta