

PROPELLER SHAFT REDESIGN ON GRAN MAX 1.3 PICK-UP VEHICLES

(Perencanaan Propeller shaft Pada Mobil Gran Max 1.3 Pick-Up)

Army Ardiyanto^{1*}, Kardiman², dan Iman Dirja³

ABSTRACT

The car component that will be discussed is a Propeller Shaft. The Propeller shaft that will be discussed is the Propeller shaft for the Daihatsu Gran Max 1.3 Pick Up. The task of this machine element 1 aims to determine safe and good axle planning. The material used to design the shaft is carbon steel for machine construction of cold finished steel rods for the shaft with the symbol S55C with a tensile strength of cold-finished results of the shaft planning calculations show that the design power is 51,744 kW, the torsional moment is 8399,775 kg.mm, the allowable stress is 5.5 kg/mm². The shear stress that occurs is 0.22269201 kg/mm² and, from the calculation results, it can be seen that the shear stress that occurs is smaller than the allowable stress, so it can be concluded that the planned shaft size is quite safe.

Keywords: Propeller Shaft, Gran Max

PENDAHULUAN

Mobil merupakan salah satu jenis kendaraan pribadi yang biasas digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Kendaraan dapat berjalan atau bergerak karena ada sistem yang memindahkan tenaga berupa momen putar dari mesin ke roda. Jenis dan merek tersebut juga banyak, salah satunya yaitu Daihatsu Gran Max 1.3 Pick Up. Sistem penggerak merupakan salahsatu bagian penting dalam kendaraan. Salah satunya adalah *propeller shaft* yang komponennya terdiri dari flange yoke, propeller shaft, universal joint, dan sleeve yoke.

Propeller shaft pada kendaraan tipe FR (Front engine rear drive) dan AWD/FWD (four wheel drive), untuk memindahkan tenaga mesin dari transmisi ke differensial, diperlukan propeller shaft. Panjang pendeknya *propeller shaft* tergantung panjang kendaraan. Mekanisme atau komponen tersebut adalah universal joint. *Propeller shaft* juga merupakan penghubung antara poros transmisi dengan as roda belakang. Sedangkan universal joint yaitu

¹ Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia

*Corresponding author:

armyardiyanto01@gmail.com

salah satu bagian dari sistem pemindah tenaga yang berfungsi untuk memungkinkan poros berputar dengan lancar walaupun terjadi perubahan sudut.

Rumusan masalah yang saya buat dalam penelitian ini yaitu, Bagaimana cara menghitung beban yang terjadi dengan dimensi dan spesifikasi pada *propeller shaft* beserta elemen penghubung lainnya pada mobil Daihatsu Gran Max 1.3 Pick Up dan Bagaimana cara memilih bahan yang cocok dengan dimensi dan spesifikasi poros *propeller shaft* beserta elemen penghubung lainnya pada mobil Daihatsu Gran Max 1.3 Pick Up. Penelitian ini bertujuan untuk menengetahui bahan poros yang baik dan mengetahui tipe serta umur bearing.

1. Prinsip Kerja Poros

Poros merupakan salah satu bagian terpenting dari setiap mesin. Hampir semua mesin meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran. Peranan utama dalam transmisi seperti itu dipegang oleh poros.

Poros propeller bekerja untuk meneruskan daya putaran dari transmisi ke diferensial dalam keadaan tidak dalam satu garis lurus. Dan putaran diteruskan dari transmisi ke poros propeller dan dari poros propeller ke diferensial melalui universal joint, universal joint berfungsi untuk meneruskan daya putaran yang dalam keadaan tidak satu garis.

1.1 Klasifikasi Poros

a. Poros Transmisi

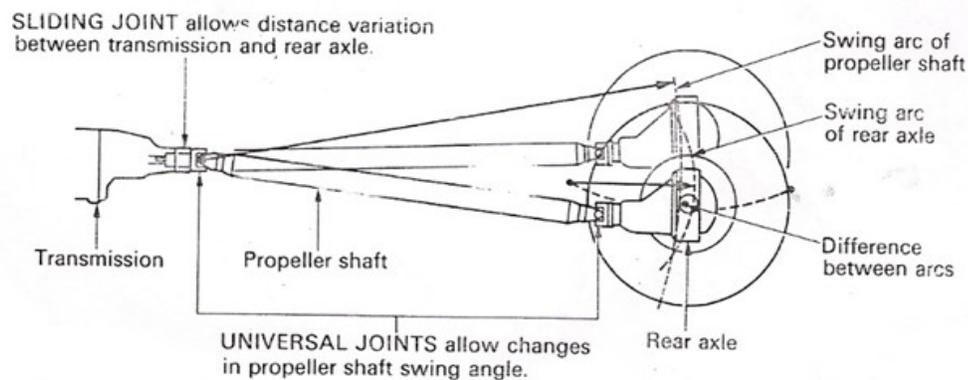
Poros tersebut mendapat beban puntir murni atau puntir dan lentur. Daya ditransmisikan kepada poros ini melalui kopling, roda gigi, puli sabuk atau sproket rantai dan lain-lain. Contoh pada mesin yang mengalami beban puntir murni yaitu gardan.

b. Poros Spindel

Poros spindel merupakan poros transmisi yang relatif pendek, seperti poros utama mesin perkakas, dimana beban utamanya berupa puntiran, disebut spindel.

2. Poros Propeller pada Daihatsu Gran Max 1.3 Pick Up

Propeller shaft memindahkan tenaga dari transmisi ke differential transmisi umumnya terpasang pada chassis frame, sedangkan differential dan sumbu belakang rear axle disangga oleh suspensi sejajar dengan roda belakang. Oleh sebab itu posisi differential terhadap transmisi selalu berubah-ubah pada saat kendaraan berjalan, sesuai dengan permukaan jalan dan ukuran *propeller shaft* beban.



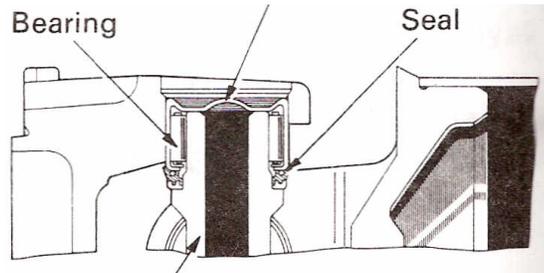
Gambar 1. Perubahan Transmisi dan Differential

3. Universal Joint

Universal joint, U sendi, *Cardan joint*, *Hardy-Spicer* sendi, atau sendi *Hooke* adalah *joint* dalam sebuah batang kaku yang dimungkinkan batang tersebut membengkok dalam segala arah, dan umumnya digunakan pada *rotary shaft* (poros yang berputar) yang mengirimkan gerakan (putaran).

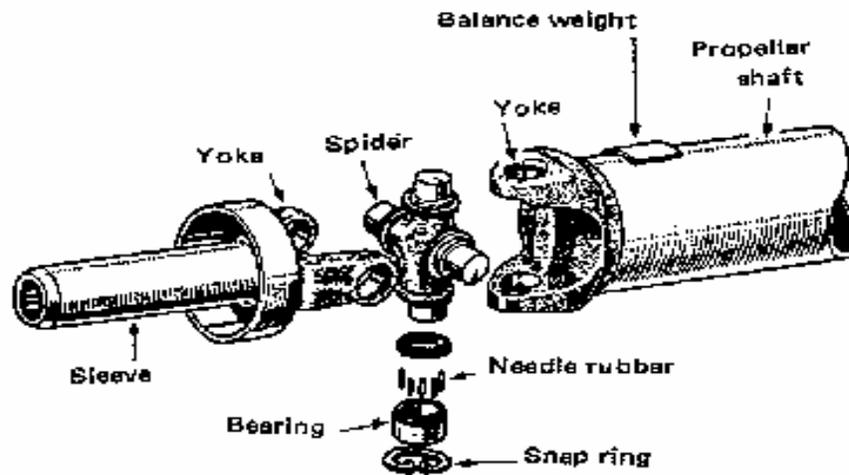
a. Universal Joint solid

Fungsi *universal joint* ialah untuk meredam bahan sudut dan untuk melembutkan perpindahan tenaga dari transmisi ke *differential*.



Gambar 2. Universal Joint

Kondisi jalan mempengaruhi kerja suspensi dan berakibat pada posisi *differential* selalu berubah-ubah terhadap transmisi. *Universal joint* dipakai untuk mengatasi kondisi tersebut agar poros selalu dapat berputar dengan lancar, sehingga *universal joint* harus mempunyai syarat : dapat mengurangi resiko kerusakan *propeller* saat poros bergerak naik/turun, tidak berisik atau berputar dengan lembut, konstruksinya sederhana dan tidak mudah rusak.

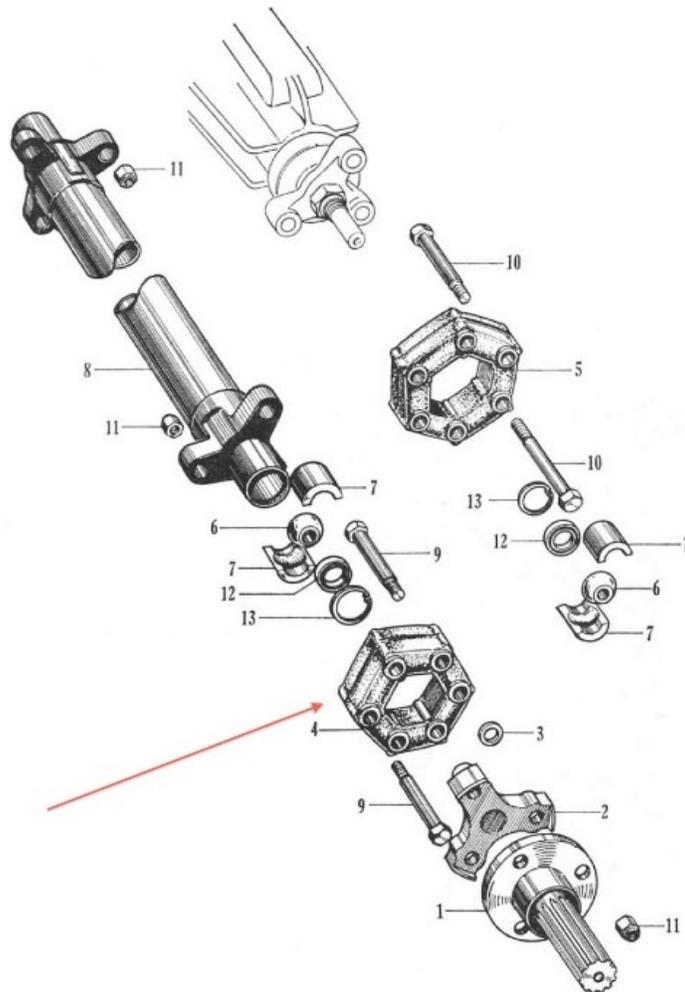


Gambar 3. Konstruksi Hook Joint

Pada umumnya poros *propeller* menggunakan konstruksi tipe ini, karena selain konstruksinya yang sederhana tipe ini juga berfungsi secara akurat dan konstan.

b. Flexible Joint

Flexible joint terdiri dari karet kopling yang keras yang diletakkan diantara dua *yoke* berbentuk kaki tiga. Selama *flexible joint* tidak menghasilkan gesekan akan berputar lembut tanpa diperlukan pelumasan.

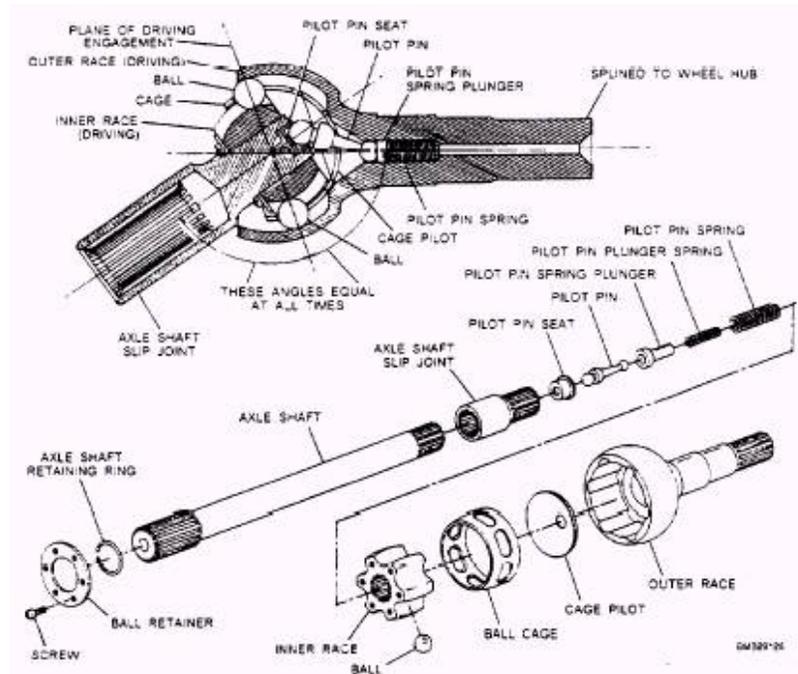


Gambar 4. Flexible Join

c. Constant Velocity Joint

Constant velocity joint mempunyai keuntungan memindahkan putaran dan momen lebih lembut, dan mempunyai kerugian mahal karena desainnya komplis. Oleh karena itu jarang dipakai untuk penyambungan propeller shaft, tetapi lebih sering dipakai pada poros

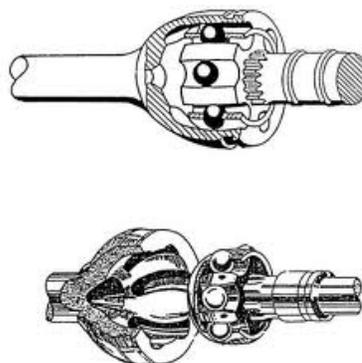
penggerak depan dari kendaraan penggerak roda depan atau poros penggerak belakang dari kendaraan dengan suspensi belakang independent.



Gambar 5. Constant Velocity Joint

d. Penghubung Bola Peluru (Pot Joint)

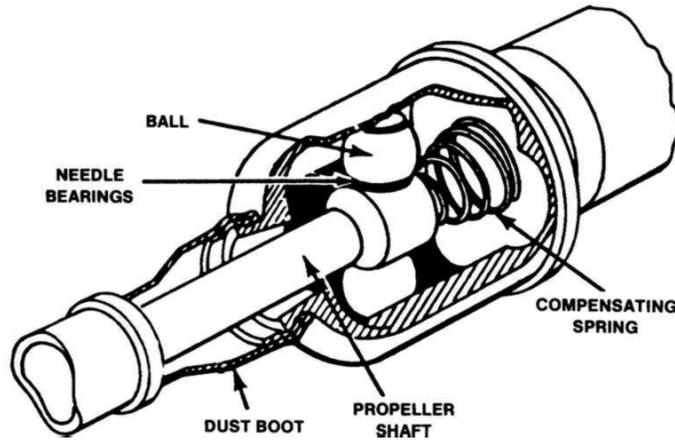
Kemampuan sudut dapat meneruskan tenaga/putaran pada sudut maksimum 50° (rata – rata 30°). Penggunaan pada suspensi *independent*.



Gambar 6. Penghubung Bola Peluru (Pot Joint)

e. Trunion Joint

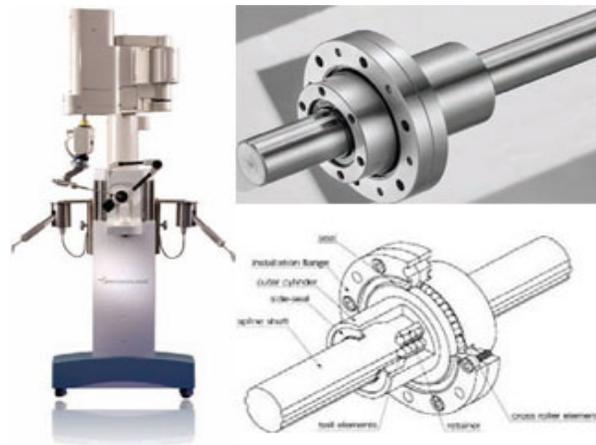
Model ini berusaha menggabungkan tipe hook joint dan slip joint, namun hasilnya masih dibawah slip joint sendiri, sehingga jarang digunakan.



Gambar 7. Trunion Joint

f. Slip Joint

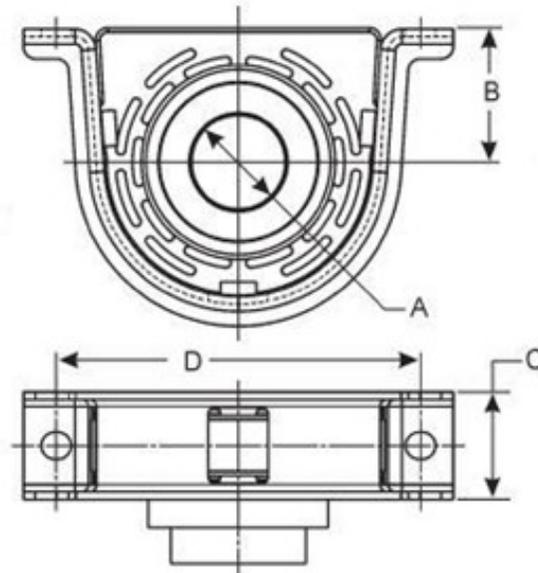
Bagian ujung poros propeller yang dihubungkan dengan poros output transmisi terdapat alur-alur untuk pemasangan slip joint. Hal ini memungkinkan panjangnya poros *propeller shaft* sesuai dengan jarak output transmisi dengan differential.



Gambar 8. Slip Joint

g. Center Bearing

Center bearing terdiri dari *rubber bushing* yang melindungi *bearing* dimana gerakannya menahan *propeller shaft*. *Rubber bushing* juga berfungsi untuk mencegah getaran yang mencapai bodi kendaraan. Dan hasilnya getaran atau bunyi dari *propeller shaft* pada kecepatan tinggi dapat dikurangi seminimal mungkin.



Gambar 9. Center Bearing

4. Rumusan Perhitungan

a. Momen Puntir

Momen puntir yang dialami pada poros dapat dilihat dari penurunan persamaan:

$$Daya = \frac{\text{ker } ja(W)}{\text{Waktu}(s)}$$

Dimana kerja dalam satu putaran = $F \times 2\pi r$, jika dalam satu menit ada n putaran, maka daya dalam satu putaran adalah

$$N = 2\pi r \times F \times n$$

Dengan mengkonversikan satuan menit ke detik maka diperoleh persamaan

$$N = \frac{2\pi r \times F \times n}{60} \quad (\text{kg m/s})$$

Dari definisi momen puntir adalah gaya yang terjadi dikalikan dengan jarak,

$$T = F \times r$$

Maka :

$$N = \frac{(T/1000) \times (2\pi \times n / 60)}{102}$$

Sehingga

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{N}{n} \quad (\text{kg mm})$$

Untuk langkah koreksi pada N diambil f_c sebagai faktor koreksi. faktor koreksi ini tergantung jenis daya yang ditransmisikan.

Tabel 1 :

Faktor – Faktor Koreksi Daya yang akan Ditransmisikan (f_c)

Daya yang akan ditransmisikan	F_c
Daya rata-rata yang diperlukan	1,2 – 2,0
Daya maksimum yang diperlukan	0,8 – 1,2
Daya normal	1,0 – 1,5

Maka :

$$T = k \cdot \frac{N}{4,128}$$

dimana : $Pd = N \times f_c$

T = Momen puntir (kg mm)

Pd = Daya hasil koreksi (hp)

n = Jumlah putaran per menit (rpm)

b. Tegangan Geser yang Diizinkan

Tegangan geser yang diizinkan dapat ditentukan dari persamaan:

$$\tau_a \frac{\sigma_B}{Sf}$$

dimana : τ_a = tegangan geser yang diizinkan

σ_b = kekuatan tarik yang dimiliki oleh suatu bahan poros

Sf1 = faktor keamanan yang tergantung pada sifat dari bahan yang bersangkutan.

c. Diameter Poros

Diameter poros dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{Sf}$$

$$\tau_{max} = \sqrt[3]{\frac{T.c}{ip}}$$

$$\tau_a = \sqrt[3]{\frac{T.c}{ip}} = \sqrt[3]{\frac{T.(\frac{do}{2})}{\frac{\pi}{32} \cdot (do^4 - di^4)}} = \sqrt[3]{\frac{16.T.do}{\pi \cdot (do^4 - di^4)}}$$

$$\frac{di}{do} = a$$

asumsi, $a = 0,8$

$$di = a.do$$

$$di^4 = (a.do)^4$$

maka ;

$$d_o min = \left(\frac{16.T}{\pi \cdot (1 - a^4) \cdot \tau_a} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$= \left[\frac{5,1}{\tau a \cdot (1 - a^4)} \cdot cb. kt. T \right]^{\frac{1}{3}}$$

d. Menghitung Universal Joint

- Tegangan Geser Maksimum

$$\tau = \frac{4}{3} \frac{F}{A}$$

$$\frac{4}{3} \frac{V}{\frac{\pi}{4} d^2} = \frac{16 \cdot V}{3 \cdot \pi \cdot d^2}$$

Keterangan : v = gaya geser (mm²)

A = luas penampang *universal joint*

- Tegangan Lentur Maksimum

$$\sigma_{max} = \frac{M \cdot C}{J} = \frac{M \cdot \frac{d}{2}}{\frac{\pi}{32} d^4} = \frac{32 \cdot M}{\pi \cdot d^3}$$

Keterangan : M = momen punter (Torsi) (kg.mm)

c = diameter *universal joint*.(mm)

J = momen inersia polar.(mm⁴)

- Diameter Universal Joint

$$\tau_{max} = \frac{\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}}{2}$$

$$\frac{\sqrt{\left(\frac{32.M}{\pi.d^3}\right)^2 + 4\left(\frac{16.V}{3.\pi.d^2}\right)^2}}{2}$$

Keterangan : τ = tegangan geser maksimum (kg/mm²)

σ = tegangan lentur maksimum (kg/mm²)

METODOLOGI

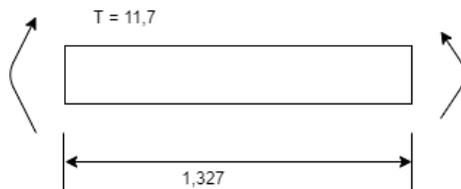
Metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui perencanaan *propeller shaft* pada mobil Gran Max 1.3 PU yaitu :

- Melakukan pengamatan
- Melakukan pencarian data pada mobil yang akan diteliti
- Melakukan perhitungan dengan data yang telah ditemukan
- Membuat kesimpulan dari hasil penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perhitungan Poros Propeller Shaft

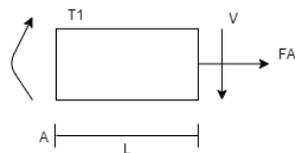
DBB :



$$\Sigma M_x = 0$$

$$T_2 - T_1 = 0$$

$$T_2 = T_1$$



Untuk irisan C-C

$$\Sigma F_A = 0$$

$$F_A = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$-V = 0$$

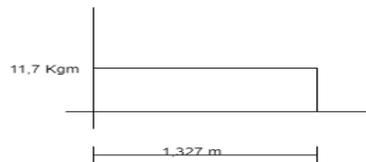
$$V = 0$$

$$\Sigma M_x = 0$$

$$T_1 + T_2 = 0$$

$$T_2 = T_1$$

$$0 < x < l$$



Hanya terjadi torsi

- a. Untuk menghitung torsi maksimum dengan asumsi daya yang konstan sebesar 88 PS kemudian dikonversikan menjadi satuan kw dengan dikalikan 0,735.

$$N = 88 \times 0,735 = 64,68 \text{ kw}$$

- b. Putaran mesin (input) pada 6000 rpm, karena daya yang dipakai adalah daya maksimum dan diteruskan ke roda belakang maka terjadi reduksi sehingga faktor koreksi (fc) yang digunakan adalah 0,8.

c. $P_d = F_c \text{ (kw)}$

$$= 0,8 \times 64,68 \text{ kw}$$

$$= 51,744$$

- d. Torsi yang terjadi

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{Pd}{n_1}$$

$$= 9,74 \times \frac{51,744}{6000}$$

$$= 8399,775 \text{ Kgmm}$$

- e. Perhitungan poros

Dalam perancangan *Propeller shaft* mobil Daihatsu Gran Max 1.3 *Pick Up* diasumsikan bahan yang digunakan S55C yang memiliki kekuatan tarik sebesar τ_b

66 Kg/mm² (Sularso, tabel 1.1 Baja karbon untuk konstruksi mesin) dan diasumsikan nilai $Sf_1 = 6$ dan $Sf_2 = 2$.

f. Tegangan geser yang diizinkan

Maka tegangan geser yang diizinkan adalah

$$\begin{aligned}\tau_a &= \frac{\tau_b}{Sf_1 \times Sf_2} \\ &= \frac{66 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}}{6 \times 2} \\ &= 5,5 \text{ Kg/mm}^2\end{aligned}$$

g. Diketahui

$K_t = 1,0$ (karena tidak ada beban kejut)

$C_b = 1,0$ (jika diperkirakan tidak terjadi pembebanan lentur)

h. Perhitungan diameter poros

$$\begin{aligned}ds &= \left[\frac{5,1}{\tau_a} K_t C_b T \right]^{1/3} \\ ds &= \left[\frac{5,1}{5,5} 1 \times 1 \times 8399,775 \right]^{1/3} \\ ds &= [2596,294 \text{ mm}]\end{aligned}$$

i. Perhitungan tegangan geser yang terjadi

Karna poros yang digunakan berongga maka rumus tegangan geser yang terjadi adalah :

$$\tau = \frac{T \times C}{J} = \frac{T \times \left(\frac{d_o}{2}\right)}{\frac{\pi}{32} \times (d_o^4 - d_i^4)} = \frac{16 \times T \times (d_o)}{\pi \times (d_o^4 - d_i^4)}$$

Diambil dari data yang didapat $d_o = 67 \text{ mm}$ dan diasumsikan besar perbandingan d_o dengan d_i adalah $a = 0,8$ sehingga besar d_i adalah :

$$\begin{aligned}d_i &= a \times d_o \\ &= 0,8 \times 67 \text{ mm} \\ &= 52 \text{ mm}\end{aligned}$$

Sehingga tegangan geser yang terjadi adalah

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{T \times C}{J} = \frac{T \times \left(\frac{d_o}{2}\right)}{\frac{\pi}{32} \times (d_o^4 - d_i^4)} = \frac{16 \times T \times (d_o)}{\pi \times (d_o^4 - d_i^4)} \\ &= \frac{16 \times 8399,775 \text{ kg} \cdot \text{mm} \times (70 \text{ mm})}{3,14 \times (70^4 - 57^4)} \\ &= 0,22269201 \text{ kg/mm}^2\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang diperoleh, maka Tegangan yang terjadi ($t = 0,22269201 \text{ kg/mm}^2$) lebih kecil dari tegangan geser yang diizinkan sebesar ($t_a = 5,5 \text{ kg/mm}^2$). Sehingga ($t_a = 5,5 \text{ kg/mm}^2 > t = 0,22269201 \text{ kg/mm}^2$). AMAN

2. Perhitungan *Cross Joint*

$$\begin{aligned}\tau &= F_1 r_1 + F_2 r_2 + F_3 r_3 + F_4 r_4 \\ \tau &= 4 \times F(r_1 + r_2 + r_3 + r_4) \\ F &= \frac{114 \times 10^3}{4(3,90)} \\ F &= 7307,6 \text{ N}\end{aligned}$$

Tegangan Geser Maksimum

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{7307,6 \text{ N}}{47,7594 \text{ mm}^2} \\ &= 153,00 \text{ N/mm}^2 \text{ menjadi } 153,00 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Tegangan Lentur Maksimum

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= \frac{32 \times M}{\pi d^3} \\ &= \frac{32 \times 8399,775}{3,14(1,93)^3} \\ &= \frac{268.792,8}{22,573}\end{aligned}$$

$$= 11.907,71 \text{ Kgmm}$$

Faktor keamanan *Cross Joint*

$$F = \frac{\sigma_y}{\sigma_{maks}}$$

$$\sigma_y = s_y = 89 \text{ kpsi}$$

S_y didapat dari AISI 4620 Tabel 18 Shigley

$$\sigma_{max=s_y/2} = \frac{89}{2} = 44,5$$

$$F_3 = \frac{\sigma_y}{\sigma_{max}}$$

$$= \frac{89}{44,5}$$

$$F_3 = 2$$

3. Perhitungan Bearing

Umur Nominal Bearing

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^{10/3}$$

$$\left(\frac{F_c \times I \times \text{eff}^{\frac{7}{9}} \times z^{\frac{3}{4}} \times D_w^{\frac{29}{27}}}{x \times F_r + Y \times F_a}\right)^{10/3}$$

$$= \frac{(0,8 \times (3,90)^{7/9} \times (3,90)^{3/4} (0,13 \times (21 + 12))^{10/3}}{1 \times 153,00 + 0} = \left(\frac{12702}{153,00}\right)$$

$$= 83,01 \text{ jutaan putaran}$$

Umur Bearing

$$H = 10^6 \left(\frac{L}{60 \times N}\right)$$

$$= 10^6 \left(\frac{83,01}{60 \times 4000}\right)$$

$$= 345,875 \text{ jam}$$

Kode bearing NU49 01 EMA.C3

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan dapat diambil kesimpulan spesifikasi poros *propeller shaft* mobil Gran Max 1.3 *Pick Up* sebagai berikut:

Poros Propeller Shaft

- Bahan S55C
- Daya pada mesin = 88 ps
- Momen puntir rencana (T) = 8399,775 Kg.mm
- Diameter poros luar $d_o = 67 \text{ mm}$
- Diameter poros dalam $d_i = 53,6 \text{ mm}$
- Tegangan geser yang diizinkan $\tau_a = 5,5 \text{ Kg/mm}^2$
- Tegangan geser maksimum (τ) = 0,22269201 Kg/mm²

Berdasarkan hasil perhitungan yg dilakukan, dapat diambil kesimpulan spesifikasi *Cross Joint* Gran Max 1.3 *Pick Up* hasil penentuan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Cross Joint

- Tegangan geser maksimum (τ) = 153,00 N/mm²
- Tegangan lentur maksimum (σ_{\max}) = 11.907,71 Kgmm
- Umur bearing = 345,875 jam

DAFTAR PUSTAKA

- Sularso dan Suga ,K. 1987. *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta : P.T. Pradnya Paramita.
- Popov, E.P. 1981. *SI Version Mechanics Of Matreials 2nd Edition*. Englewood Cliffs : Prentice Hall International, Inc.
- Shigley, J.E., Mitchell, L.D. and translator : Harahap, Gandhi (1986). *Perancangan Teknik Mesin Edisi Keempat Jilid 1*. Jakarta : Erlangga.