

PERHITUNGAN DIAMETER POROS PENUNJANG HUB PADA MOBIL LISTRIK TARSIS X3 BERDASARKAN ANALISA TEGANGAN GESER DAN FAKTOR KEAMANAN

Firly Rosa, S.S.T., M.T.

Staff Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung

Kawasan Kampus Terpadu Desa Balun Ijuk Kec. Merawang Kabupaten Bangka

f105a@yahoo.com

Abstrak

Mobil listrik yang dibuat oleh mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Bangka Belitung yang bernama Tarsius X3 merupakan mobil listrik dengan menggunakan 2 motor listrik dengan kapasitas masing-masing sebesar 1 kw yang ditransmisikan secara terpisah oleh 2 buah rantai dan *sprocket* ke poros penggerak roda belakang. Poros penggerak roda belakang yang digunakan berbahan ulet dengan *yield strength* sebesar $622,46 \text{ N/mm}^2$ dengan konstruksi yang terpisah antara poros penggerak roda belakang sebelah kanan dan poros penggerak roda belakang sebelah kiri sehingga beban yang diterima oleh masing-masing poros berbeda. Poros penggerak roda menerima beban normal maksimal sebesar 645,82 N dan torsi maksimal yang terjadi pada roda sebesar 68.469 Nmm dan jenis pembebanan yang terjadi merupakan beban kejutan. Dari perhitungan manual dengan menggunakan teori tegangan geser maksimum (*maximum shear stress theory* atau *Tresca* atau *Guest's theory*), didapatkan tegangan geser sebesar $26,65 \text{ N/mm}^2$ dengan faktor keamanan sebesar 23,35 yang terjadi pada lubang penghubung *hub* roda dengan poros penggerak roda belakang. Faktor keamanan yang terjadi melebihi faktor keamanan beban kejutan dengan nilai standar sebesar 12-16. Untuk mendapatkan faktor keamanan yang sesuai dengan nilai standar, maka dianalisa diameter minimum dan maksimum yang memenuhi faktor keamanan tersebut. Dengan menggunakan perhitungan teori tegangan geser maksimum secara manual, didapatkan diameter minimum 20,25 mm dan tegangan geser maksimum sebesar $51,87 \text{ N/mm}^2$ dengan nilai faktor keamanan sebesar 12 dan diameter maksimum sebesar 22,16 mm dan tegangan geser minimum sebesar $38,91 \text{ N/mm}^2$ dengan nilai faktor keamanan sebesar 16.

Kata kunci: rantai dan *sprocket*, faktor keamanan, teori *tresca*

Abstract

Electric car called Tarsius X3 was made by students of Mechanical Engineering Department University of Bangka Belitung. The car is using 2 electric motors with a capacity of each 1 kw transmitted separately by 2 chains and sprockets to the rear wheel drive shaft. The material of rear wheel drive shaft is ductile that have a yield strength of 622.46 N/mm^2 . The construction of shaft is separate between the rear drive rear axle right and the left rear drive shaft. The wheel drive shaft receives a maximum normal of 645.82 N and the maximum torque that caused by wheel is 68,469 Nmm. The type of loading on shaft is shock load. Based on manually calculations using maximum shear stress theory or Tresca or Guest theory, the maximum shear stress is 26.65 N/mm^2 and safety factor of 23.35 on hub that is used to connect wheel with rear driving axles. The value of the safety factor that occurs is above the standardized value of the security factor. To satisfy the standard of safety factors, the shaft has to be recalculated to find the minimum and maximum diameters. By using manually calculation, minimum diameter of shaft is 20.25 mm and maximum shear stress is 51.87 N/mm^2 to fulfill safety factor 12. The maximum diameter of shaft is 22.16 mm and minimum shear stress is 38.91 N/mm^2 to fulfill safety factor 16.

Keywords: chain and sprocket, safety factor, *tresca's theory*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi memungkinkan mencari solusi dengan mengoptimalkan bahan material dari sisi geometri suatu sistem mekanik. Salah satu efisiensi geometri dengan melakukan optimasi pada bentuk maupun dimensi suatu bentuk

mekanik dengan mempertimbangkan beban dan bahan yang digunakan. Optimasi merupakan proses mencari nilai minimum atau maksimum suatu fungsi objektif yang banyak ditemui di kehidupan sehari-hari dan diperlukan dalam aktivitas perancangan untuk berbagai ilmu. Dalam dunia pemecahan, optimasi diharapkan dapat menghasilkan sesuatu yang kualitasnya baik. Dalam penelitian ini, objek

yang digunakan untuk optimasi dimensi merupakan poros yang digunakan dalam mobil listrik Tarsius X3.

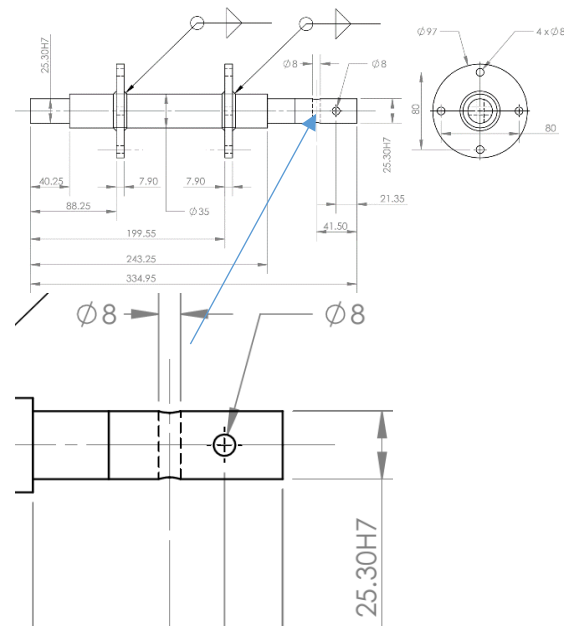
Mobil listrik tarsius X3 merupakan mobil listrik yang dibuat oleh mahasiswa jurusan teknik mesin Universitas Bangka Belitung yang dibuat pada tahun 2014 yang digunakan untuk kompetisi mobil listrik tingkat nasional di Politeknik Negeri Bandung seperti pada Gambar 1. Dalam membuat salah satu poros penggerak roda belakang tersebut, mahasiswa melakukannya berdasarkan bahan yang tersedia tanpa mempertimbangkan perhitungan dimensi minimum dan geometri yang sesuai dengan kondisi beban yang diterima oleh poros.

Joko Mardi (2014) kemudian melakukan penelitian tentang perhitungan poros yang digunakan pada mobil listrik tarsius X3 berdasarkan beban yang diterima oleh poros, material yang digunakan dan dimensi yang sudah dibuat dalam mobil listrik tersebut. Perhitungan yang dilakukan hanya sebatas mekanika kekuatan material dengan menggunakan *software* berdasarkan geometri dan dimensi yang ada tanpa melakukan optimasi dimensi untuk mendapatkan hasil yang optimum.



Gambar 1 Mobil Listrik Tarsius X3 (Joko Mardi Utomo, 2014)

Untuk mendapatkan hasil geometri dan dimensi yang optimum, perlu dilakukan perhitungan berdasarkan mekanika kekuatan material yang dibandingkan dengan material dari bahan poros yang digunakan. Dimensi yang menjadi variabel optimum merupakan dimensi diameter pada daerah *hub* pada motor listrik dengan dimensi yang sudah ada seperti pada Gambar 2 dengan posisi poros seperti pada Gambar 3.



Gambar 2 Gambar detail poros (Joko Mardi Utomo 2014)



Gambar 3 Bentuk poros (Joko Mardi Utomo 2014)

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, ada beberapa tahapan yang dilaksanakan dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Pengumpulan data dan studi literatur, yaitu mencari literatur-literatur mengenai optimasi dimensi. Untuk pengambilan data dilakukan dengan mengamati mobil listrik tarsius X3 dan hasil penelitian Joko Mardi Utomo.
2. Persiapan variabel perhitungan berdasarkan perhitungan mekanika kekuatan material dan material yang digunakan.

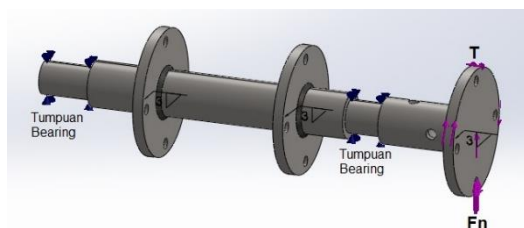
- Perhitungan diameter poros pada *hub* berdasarkan faktor keamanan dan material poros.

HASIL DAN PEMBAHASAN

- Pengumpulan data dan studi literature.

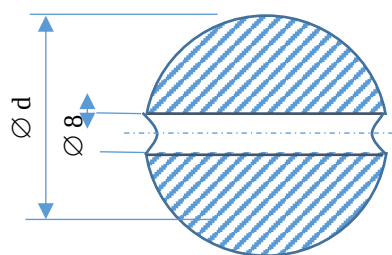
Pengumpulan data berdasarkan hasil penelitian Joko Mardi Utomo, 2014 yang menganalisa kekuatan poros dengan menggunakan *software* berdasarkan teori *Von Mises*. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan data sebagai berikut:

- Material poros didapatkan *yield strength* sebesar 622,46 N/mm² dan *tensile strength* sebesar 649,21 N/mm². Dari nilai *yield strength*, jenis material poros ini termasuk bahan ulet (*ductile*) dengan spesifikasi.
- Torsi yang terjadi pada poros sebesar $T = 68.469 \text{ Nmm}$.
- Beban normal (F_n) yang terjadi pada roda atau berjarak 60,75 mm pada lubang *hub* sebesar 645,82 N seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Diagram Benda Bebas Poros

- Bentuk dari permukaan poros pada titik kritis dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Geometri Penampang *Hub*

- Secara perhitungan manual dengan menggunakan metode teori tegangan geser maksimum (*maximum shear stress theory* atau *Tresca* atau *Guest's theory*), tegangan yang terjadi pada permukaan poros pada lubang *hub* sebesar 26,65 N/mm² dengan faktor keamanan sebesar 23,35 sehingga melampaui faktor keamanan yang diijinkan berdasarkan beban kejut atau *shock load* sebesar 12-16^[1].

Berdasarkan jenis material, bahan poros yang digunakan merupakan bahan ulet (*ductile*) sehingga perhitungan poros yang digunakan berdasarkan Khurmi, 2015 menggunakan perhitungan teori tegangan geser maksimum (*maximum shear stress theory* atau *Tresca* atau *Guest's theory*) dengan rumus sebagai berikut:

- Tegangan maksimum:

$$\tau_{max} = \frac{T_{yield}}{sf} \dots\dots\dots (1)$$

τ_{yield} : tegangan *yield* material

sf : faktor keamanan dengan nilai 12-16^[1]

- Maksimum tegangan geser :

$$\tau_{maks} = \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_b^2 + 4\tau^2} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

τ : tegangan geser yang dikenai momen puntir

σ_b : tegangan bengkok yang dikenai momen lentur

- Tegangan lentur maksimum:

$$\sigma_b = \frac{M}{w_b} \dots\dots\dots (3)$$

- Tahanan lentur berdasarkan penampang pada Gambar 3:

$$w_b = \frac{\pi d^3}{32} - \frac{h^3}{6} \dots\dots\dots (4)$$

- Tegangan torsi maksimum:

$$\tau = \frac{T}{w_p} \dots\dots\dots (5)$$

- Tahanan lentur berdasarkan penampang pada Gambar 4:

$$w_p = \frac{\pi d^3}{16} - \frac{h^3}{6} \dots\dots\dots (6)$$

- Variabel perhitungan

Dari data-data primer, maka variable perhitungan diameter berdasarkan tegangan yang terjadi berdasarkan rumus 2-6 sebagai berikut:

$$\tau_{maks} = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{M}{\frac{\pi d^3}{32} - \frac{h^3}{6}}\right)^2 + 4\left(\frac{T}{\frac{\pi d^3}{16} - \frac{h^3}{6}}\right)^2} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana $h = 0,8 \text{ mm}$

- Perhitungan diameter poros pada *hub*

Untuk mendapatkan diameter poros, maka hal-hal yang dilakukan perhitungan sebagai berikut:

- Momen lentur yang terjadi pada titik kritis yang berjarak 60,75 mm dari roda berdasarkan diagram benda bebas pada Gambar 4 sebagai berikut:

$$M_{titik \text{ kritis}} = F_n \cdot 41,5 \dots\dots\dots (8)$$

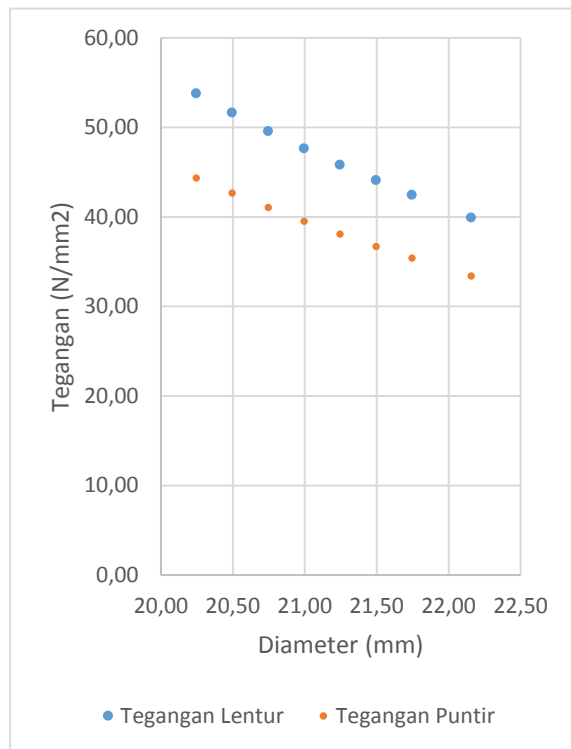
$$M_{titik \text{ kritis}} = 645,82 \times 41,5$$

$$M_{titik\ kritis} = 26801,53\ Nmm$$

- Tegangan maksimum (τ_{maks}) berdasarkan rumus 1:

$$\tau_{maks} = \frac{622,46}{12-16} \dots\dots\dots (9)$$

Dengan memasukkan rumus 1-9 dan perhitungan secara manual, maka didapatkan hasil seperti yang ditampilkan pada Gambar 6 sampai dengan Gambar 9.



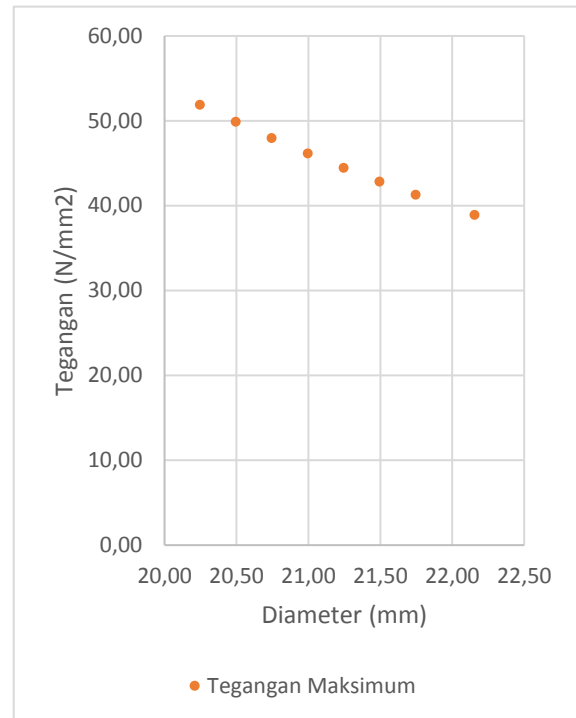
Gambar 6 Pengaruh diameter poros terhadap tegangan lentur dan tegangan puntir

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa minimum diameter yang memenuhi nilai beban kejut minimum 12 sebesar 20,25 mm dengan tegangan lentur maksimum sebesar 53,80 N/mm² dan nilai tegangan puntir maksimum sebesar 44,35 N/mm². Sedangkan maksimum diameter yang memenuhi beban kejut maksimum 16 sebesar 22,16 mm dengan tegangan lentur minimum sebesar 39,94 N/mm² dan nilai tegangan puntir minimum sebesar 33,40 N/mm².

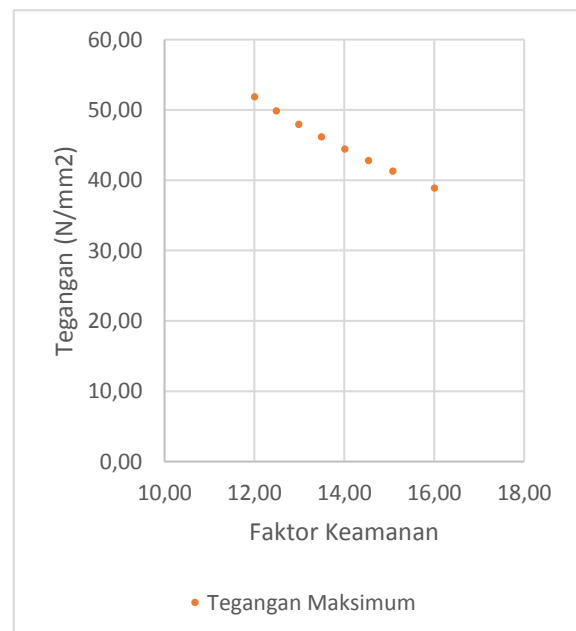
Dari perhitungan ulang tersebut, didapatkan diameter hasil perhitungan lebih kecil dibandingkan dengan diameter yang ada. Secara analisa, maka poros yang ada lebih kuat dan mampu menahan beban yang terjadi pada mobil listrik.

Untuk tegangan maksimum geser yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 7. Dari Gambar 7 terlihat bahwa diameter minimum dengan beban kejut minimum akan menghasilkan tegangan geser maksimum sebesar 51,87 N/mm². Sedangkan diameter maksimum dengan beban kejut maksimum

akan menghasilkan tegangan geser minimum sebesar 38,91 N/mm². Tegangan hasil perhitungan lebih besar jika dibandingkan dengan tegangan geser yang terjadi.



Gambar 7 Pengaruh diameter poros terhadap tegangan maksimum



Gambar 8 Pengaruh faktor keamanan terhadap tegangan maksimum

Dari Gambar 8 terlihat perbandingan antara faktor keamanan dengan tegangan maksimum geser.

Semakin tinggi faktor keamanan maka tegangan geser yang terjadi akan semakin kecil.

N/mm², nilai tegangan puntir minimum sebesar 33,40 N/mm² dan tegangan geser minimum sebesar 38,91 N/mm².

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa:

1. Diameter minimum berdasarkan perhitungan faktor keamanan minimum sebesar 20,25 mm dengan tegangan lentur maksimum sebesar 53,80 N/mm², nilai tegangan puntir maksimum sebesar 44,35 N/mm² dan tegangan geser maksimum sebesar 51,87 N/mm².
2. Diameter minimum berdasarkan perhitungan faktor keamanan minimum sebesar 22,16 mm dengan tegangan lentur minimum sebesar 39,94

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R.S. Khurmi., J.K. Gupta. 2015. **A Textbook of Machine Design (SI Unit)**. New Delhi : Eurasia Publishing House (PVT.) LTD
- [2] Utomo, Joko Mardi. 2014. **Analisa Tegangan Dan Keamanan Poros Mobil Listrik Tarsius X3 Menggunakan Software Solidworks 2013**. Pangkalpinang : Universitas Bangka Belitung