

PERHITUNGAN DIAMETER POROS PENGGERAK MOBIL LISTRIK TARSIOUS V 6.0 BERDASARKAN FAKTOR KEAMANAN

Firlya Rosa

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung
Desa Balunijuk, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka

E-mail: f105a@yahoo.com

ABSTRAK

Dalam perkembangan teknologi kendaraan, penggunaan energi listrik sebagai sumber energi penggerak berkembang sangat pesat. Motor listrik sebagai sumber energi untuk menggerakkan roda mulai dikembangkan sebagai alternatif pengganti bahan bakar. Perguruan tinggi pun turut andil dalam mengembangkan teknologi tersebut melalui pembuatan *prototype* mobil listrik. Salah satunya adalah motor listrik Tarsius V.6 yang merupakan mobil listrik yang dibuat oleh mahasiswa jurusan Teknik Mesin Universitas Bangka Belitung. Motor listrik yang digunakan berdaya 2 kW dengan putaran sebesar 800 rpm. Daya dan putaran motor diteruskan ke poros penggerak roda belakang melalui elemen transmisi rantai dan *sprocket* dengan poros penggerak berdiameter 30 mm dan beban yang diterima berasal dari motor dan massa mobil serta mobilistik mengalami pembebanan *shock load*. Dari hasil analisa *software* didapatkan bahwa faktor keamanan yang terjadi pada titik kritis yang berada pada lubang baut di bagian poros bagian kanan sebesar 1,37 yang berada dibawah faktor keamanan untuk jenis *shock load* yaitu bernilai 12-16. Untuk mendapatkan diameter minimum yang dibutuhkan untuk memenuhi nilai faktor keamanan, maka poros dianalisa secara manual dengan menggunakan metoda *maximum shear stress theory* atau *Guest's* atau *tresca's theory*. Dari hasil perhitungan di dapatkan diameter minimum sebesar 34,03 mm dengan tegangan maksimum yang terjadi sebesar 44,92 N/mm² dan diameter maksimum yang didapatkan sebesar 37,39 mm dengan tegangan maksimum yang terjadi sebesar 33,69 N/mm². Dari perbandingan antara tegangan *yield* material dengan tegangan maksimum hasil perhitungan, maka nilai faktor keamanan pada poros memenuhi standar faktor keamanan sebesar 12 – 16.

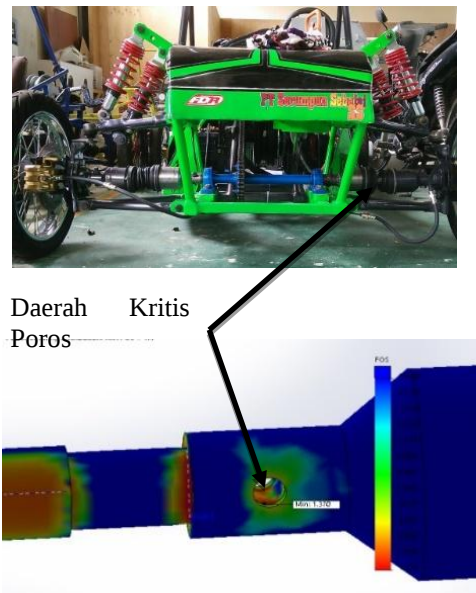
Kata kunci : faktor keamanan, *shock load*, motor listrik

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi memungkinkan manusia merancang dan membuat komponen-komponen maupun produk dengan teknologi yang muktahir. Perancangan komponen-komponen maupun produk pada pemesinan dimulai dari kebutuhan pasar, perencanaan, dan perancangan alat. Brown & Chandrasekaran, 1985 mengklasifikasikan perancangan terbagi menjadi 3 jenis, yaitu perancangan rutin, perancangan inovatif dan perancangan kreatif.

Dalam merancang mobil listrik Tarsius V.6, mahasiswa jurusan Teknik Mesin Universitas Bangka Belitung melakukan perancangan inovatif dengan menggantikan konstruksi poros yang awalnya pada mobil listrik Tarsius X.3, poros penggerak roda belakang bersifat *independent* dimana poros penggerak roda belakang terpisah antara roda sebelah kiri dan sebelah kanan. Dalam penelitian Utomo, 2015, poros mobil listrik yang *independent* berdiameter 25 mm, faktor keamanan yang didapatkan sebesar 5,48. Sedangkan pada mobil listrik Tarsius V.6, poros penggerak roda belakang bersifat *dependent* dimana satu poros menggerakkan 2 roda.

Tarigan, 2017, melakukan perhitungan poros penggerak belakang pada poros Tarsius V.6 berdiameter 30 seperti yang terlihat pada gambar 1. Material poros memiliki *yield strength* sebesar 539 N/mm² dan *tensile strength* 552 N/mm².



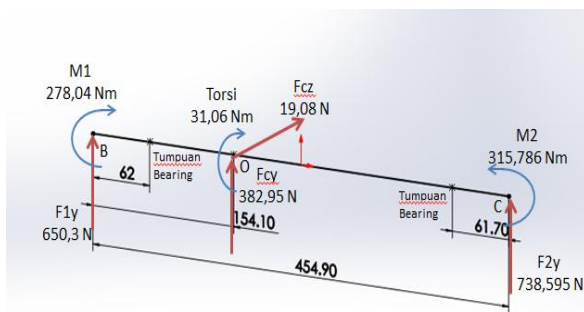
Gambar 1 Posisi Kritis Poros [Tarigan, 2017]

Dari hasil analisa *software* didapatkan tegangan maksimum berdasarkan metode tegangan *von mises* terjadi pada poros tersebut berkisar antara 360.647.456 - 393.433.472 $\frac{N}{m^2}$. Dari hasil tegangan tersebut kemudian dibandingkan dengan tegangan *yield* material didapatkan bahwa nilai faktor keamanan

(*safety factor*) sebesar 1,37 dengan titik kritis berada pada lubang baut di bagian poros bagian kanan.

Jika ditinjau berdasarkan jenis beban, maka motor listrik Tarsius V.6 mengalami *shock load*. Khurmi, 2015, menstandarkan nilai faktor keamanan sebesar 12-16. Jika dibandingkan dengan nilai faktor keamanan yang terjadi pada poros dengan nilai standar faktor keamanan, maka poros tersebut faktor keamanannya belum terpenuhi.

Adapun beban yang diterima oleh poros berasal dari beban dari elemen transmisi rantai dan *sprocket* berupa torsi dan gaya tangensial yang merupakan elemen transmisi dari motor ke penggerak roda belakang dan beban dari mobil yang dapat dilihat dengan diagram benda bebas pada gambar 2.



Gambar 2 Diagram Benda Bebas Poros [Tarigan, 2017]

Dari penjelasan di atas, perlu dilakukan analisa ulang untuk mencari diameter minimum yang dibutuhkan dengan menggunakan perhitungan secara manual. Khurmi, 2015, menyatakan ada 2 teori dalam memecahkan masalah tersebut, yaitu:

- Teori tegangan geser maksimum (*maximum shear stress theory* atau *Guest's theory*) yang digunakan untuk material ulet (*ductile material*) seperti *mild steel*.
- Teori tegangan normal maksimum (*maximum normal stress theory* atau *Rankine's theory*) yang digunakan untuk material getas (*brittle material*) seperti *cast iron*.

Ditinjau dari material yang digunakan dalam poros mobil listrik ini yang merupakan material ulet maka perhitungan berdasarkan *maximum shear stress theory* atau *Guest's* atau *tresca's theory*.

METODE PENELITIAN

Metode dalam penelitian ini dilakukan dengan mendapatkan data awal berdasarkan penelitian Alberto, 2017 kemudian data awal dianalisa ulang dengan melakukan perhitungan berdasarkan faktor keamanan yang terjadi pada mobil listrik tersebut. Perhitungan diameter poros minimum dilakukan secara manual dengan menggunakan perhitungan berdasarkan *maximum shear stress theory* atau *Guest's* atau *tresca's theory*. Dari hasil analisa akan didapatkan:

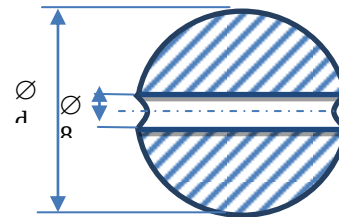
- Diameter minimum dan maksimum yang memenuhi nilai faktor keamanan
- Tegangan lentur pada titik kritis
- Tegangan puntir pada titik kritis

- Tegangan maksimum pada titik kritis poros Hasil diameter secara manual kemudian dilakukan analisa dengan menggunakan *software*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian Alberto, 2017, didapatkan data sebagai berikut:

- Tegangan yang terjadi pada titik kritis sebesar 393.433.472 N/m² atau 393,43 N/mm² dan diasumsikan berada ditengah-tengah diameter.
- Bentuk dari permukaan poros pada titik kritis dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Bentuk penampang poros pada titik kritis

- Material yang digunakan berbahan ulet dengan *yield strength* sebesar 539 N/mm² dan *tensile strength* 552 N/mm².
- Torsi (T) yang terjadi yang diakibatkan oleh motor dan ditransmisikan oleh rantai sebesar 31,06 Nm atau sebesar 31.060 Nmm.
- Pembebanan yang terjadi ditinjau dari beban yang diterima oleh mobil listrik Tarsius V.6 merupakan pembebanan *shock load* dengan faktor keamanan 12-16.

Dari data primer di atas maka dianalisa dengan menggunakan *maximum shear stress theory* atau *Guest's* atau *tresca's theory* untuk mendapatkan diameter (d) minimum yang diperlukan berdasarkan faktor keamanan 12-16. Khurmi, 2015, dalam penyelesaian permasalahan dengan metode tersebut menggunakan rumus yang sebagai berikut:

- Tegangan maksimum:

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

τ_{yield} : tegangan *yield* material
sf : faktor keamanan

- Maksimum tegangan geser :

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

Dimana :

τ : tegangan geser yang dikenai momen puntir
 σ_b : tegangan bengkok yang dikenai momen lentur

- Tegangan lentur maksimum:

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

- Tahanan lentur berdasarkan penampang pada gambar 3 :

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

- Tegangan torsi maksimum :

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

- Tahanan lentur berdasarkan penampang pada gambar 3 :

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

Dari rumus di atas dan data primer yang didapatkan, maka perhitungan diameter minimum sebagai berikut:

- Momen lentur yang terjadi pada titik kritis yang berjarak 30,85 mm dari titik C berdasarkan diagram benda bebas pada gambar 2 sebagai berikut:

$$M_{\text{titik kritis}} = M_2 + F_{2y} \cdot 30,85 \quad (7)$$

$$M_{\text{titik kritis}} = 315786 + (738,595 \times 30,85)$$

$$M_{\text{titik kritis}} = 338571.66 \text{ Nmm}$$

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

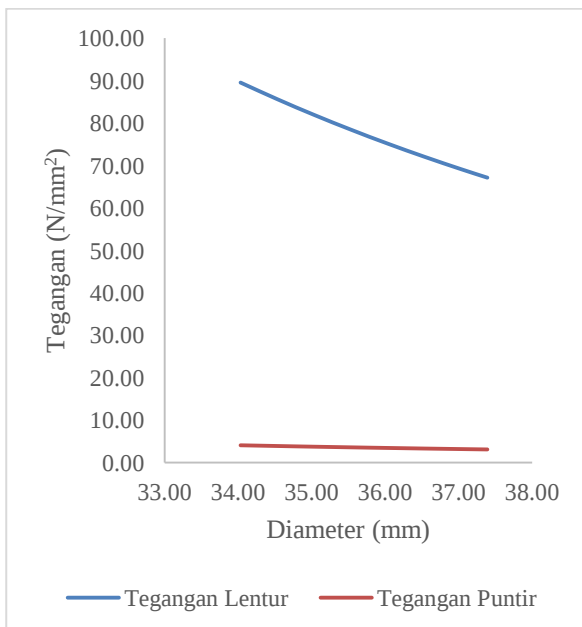
$$\tau_{\text{maks}} = \frac{539}{12-16} \quad (8)$$

- Tegangan yang terjadi berdasarkan rumus 2-6:

$$\tau_{\text{maks}} = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{M}{\frac{\pi d^3}{32} - \frac{h^3}{6}}\right)^2 + 4 \left(\frac{T}{\frac{\pi d^3}{16} - \frac{h^3}{6}}\right)^2} \quad (9)$$

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

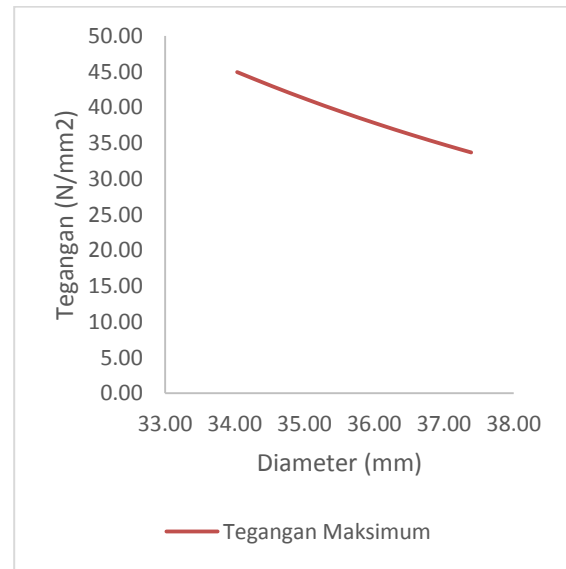
Berdasarkan hasil perhitungan tegangan maksimum pada persamaan 9, maka didapatkan diameter minimum poros pada daerah kritis sebesar 34,03 dan diameter maksimum sebesar 37,39 mm. Sedangkan perbandingan antara diameter poros dengan tegangan lentur dan tegangan puntir seperti yang terlihat pada gambar 4.



Gambar 4 Perbandingan antara diameter poros terhadap tegangan lentur dan tegangan puntir

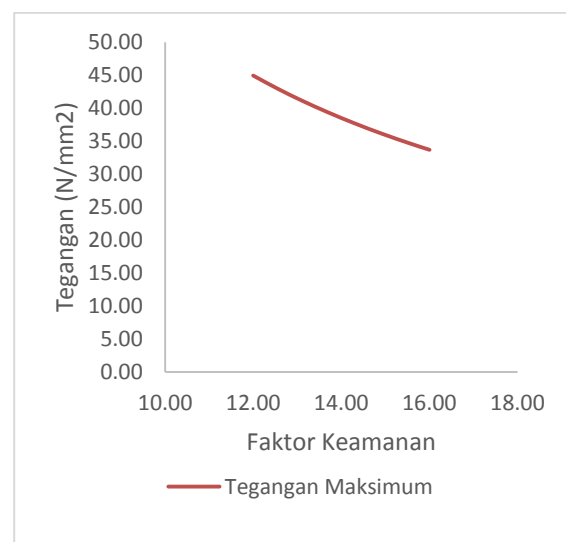
Dari gambar 4 dapat terlihat bahwa semakin besar diameter poros maka tegangan lentur yang terjadi akan semakin kecil. Jika ditinjau dari tegangan puntir, maka

semakin besar diameter poros maka tegangan puntir juga semakin kecil. Namun perubahan tegangan puntir yang terjadi tidak menurun secara signifikan dibandingkan dengan tegangan lentur. Momen lentur yang terjadi pada poros mobil listrik berdasarkan beban yang diterima oleh poros yang berasal dari beban motor dan beban mobil listrik tersebut. Sedangkan torsi yang terjadi merupakan torsi yang ditransmisikan oleh rantai dari motor dengan daya 2 KW dengan putaran motor sebesar 800 rpm dengan rasio *sprocket* sebesar 1:1,02.



Gambar 5 Perbandingan antara diameter poros terhadap tegangan maksimum

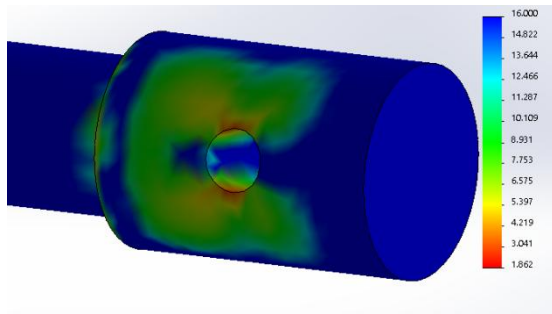
Pada gambar 5 didapatkan bahwa semakin besar diameter poros maka tegangan maksimum yang terjadi semakin kecil. Tegangan minimum yang terjadi sebesar 33,69 N/mm² pada diameter 37,39 mm dan tegangan maksimum yang terjadi sebesar 44,92 N/mm². Nilai tegangan hasil perhitungan lebih kecil dibandingkan dengan nilai tegangan yang terjadi. Hal ini disebabkan karena terjadinya perubahan diameter akan menyebabkan terjadinya perubahan tegangan.



Gambar 6 Perbandingan antara faktor keamanan terhadap tegangan maksimum

Jika ditinjau dari perbandingan antara faktor keamanan dengan tegangan maksimum yang terjadi seperti terlihat pada gambar 6, didapatkan bahwa semakin besar faktor keamanan maka semakin kecil tegangan yang terjadi.

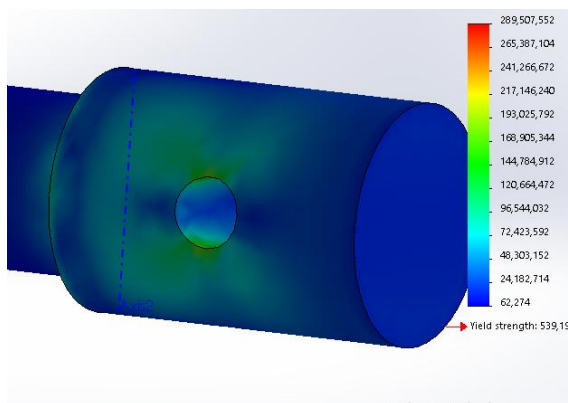
Dari diameter yang didapatkan secara manual, kemudian dianalisa menggunakan *software*, maka didapatkan seperti ditunjukkan dalam gambar 7.



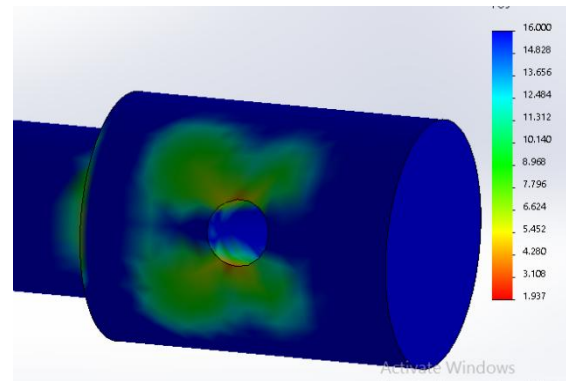
Gambar 7 Faktor keamanan pada titik kritis poros berdiameter 34,03 mm (Countersy Alberto Stevan Tarigan)

Pada gambar 7 jika dibandingkan dengan faktor keamanan pada titik kritis poros berdiameter 30 mm pada gambar 1 terlihat terjadi perbedaan signifikan. Pada gambar 7 terlihat rata-rata faktor keamanan pada daerah lubang meningkat berkisar pada 12,466 dengan penunjukkan daerah lubang rata-rata berwarna biru.

Hal yang sama terjadi pada analisa tegangan dengan menggunakan metode *von mises* seperti yang ditunjuk pada gambar 8. Dari gambar 8 dapat terlihat bahwa rata-rata tegangan pada daerah titik kritis berkisar di antara 24,18 N/mm² sampai dengan 48,30 N/mm². Ini menandakan bahwa lubang baut bukan lagi menjadi daerah kritis jika dibebani gaya dan torsi yang terjadi.

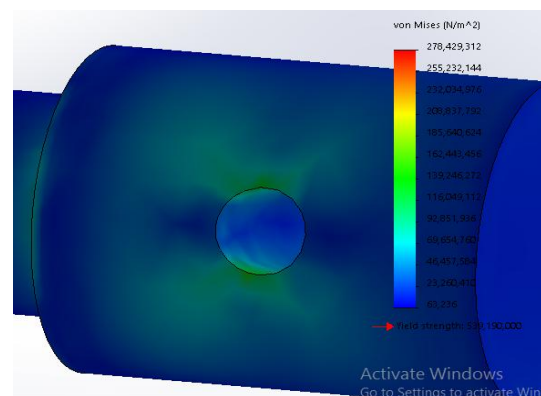


Gambar 8 Tegangan *von mises* pada titik kritis poros berdiameter 37,39 mm (Countersy Alberto Stevan Tarigan)



Gambar 9 Faktor keamanan pada titik kritis poros berdiameter 37,39 mm (Countersy Alberto Stevan Tarigan)

Begitu juga faktor keamanan untuk poros berdiameter 37,39 mm seperti yang terlihat pada gambar 9. Daerah yang berwarna merah semakin berkurang. Sedangkan bagian dalam lubang didominasi warna biru dengan faktor keamanan mendekati nilai 6. Sedangkan nilai tegangan *von mises* yang terjadi rata-rata berkisar antara 23,26 N/mm² sampai dengan 46,46 N/mm² dan menunjukkan lubang baut bukan sebagai daerah yang paling kritis seperti yang ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10 Faktor keamanan pada titik kritis poros berdiameter 37,39 mm (Countersy Alberto Stevan Tarigan)

KESIMPULAN

Dari hasil analisa, dapat disimpulkan bahwa:

- Minimum diameter poros pada titik kritis sebesar 34,03 mm dengan tegangan lentur yang terjadi sebesar 89,47 N/mm², tegangan puntir yang terjadi sebesar 4,06 N/mm² dan tegangan maksimum yang terjadi sebesar 44,92 N/mm² memenuhi nilai faktor keamanan sebesar 12.
- Maksimum diameter poros pada titik kritis sebesar 37,39 mm dengan tegangan lentur yang terjadi sebesar 67,10 N/mm², tegangan puntir yang terjadi sebesar 3,05 N/mm² dan tegangan maksimum yang terjadi sebesar 33,69 N/mm² memenuhi nilai faktor keamanan sebesar 16.

DAFTAR PUSTAKA

R.S. Khurmi., J.K. Gupta. 2015. A Textbook of Machine Design (SI Unit). New Delhi : Eurasia Publishing House (PVT.) LTD
Tarigan, Alberto Stevan. 2017. Analisa Tegangan Dan Kelelahan Poros Penggerak Mobil Listrik Tarsius V

6.0 Menggunakan Software Solidworks 2016. Pangkalpinang : Universitas Bangka Belitung
Utomo, Joko Mardi. 2014. Analisa Tegangan Dan Keamanan Poros Mobil Listrik Tarsius X3 Menggunakan Software Solidworks 2013. Pangkalpinang : Universitas Bangka Belitung