

Rancang Bangun Dan Analisis Kekuatan Poros Roda Belakang Pada Mobil Listrik

Muhammad Rizaldi T.^{1*}, Shinta Tri Kismanti², Muh. Firdan Nurdin³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Borneo Tarakan

E-mail: ^{1*}muhammadrizalddhi790@gmail.com, ²kismanti88@gmail.com, ³firdan@borneo.ac.id
*Corresponding author**

ABSTRACT

One of the crucial parts of an engine components is the shaft. The purpose of this study was to develop and design the shaft using computational and experimental techniques. The strength of the shaft was assessed using this technique. According to the design's outcomes, the shaft torsional moment was 974 kg.mm, its diameter was 20 mm, and bending moment varied depending on the rider's load and was between 45 kg, 55 kg, and 65 kg. The bending moment had a maximum value of 540.000 N.mm for the 65 kg rider load. Calculations were used during the design and simulation process on the axle with different rider loads of 45 kg, 55 kg, and 65 kg was the maximum rider load. The von mises value, according to the simulation result, was 172,25 Mpa. The displacement (deflection) value was 0,38 mm, while the safety factor had a minimum value of 2,03. According to the result the developed axle was safe for use with riders weighing up to 65 kg.

Keywords: axis, axis design, computing

ABSTRAK

Poros adalah salah satu bagian yang penting dari komponen mesin. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan merancang poros dengan metode eksperimen dan komputasi. Metode ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan poros. Hasil rancangan didapatkan momen puntir pada poros adalah 974 kg.mm, Diameter poros 20 mm, dan momen lentur dengan variasi beban pengendara 45 kg, 55 kg dan 65 kg. Nilai momen lentur yang paling besar terjadi pada beban 65 kg yaitu 540.000 N.mm. Proses Desain dan Simulasi pada poros menggunakan komputasi dengan variasi beban pengendara 45 kg, 55 kg dan 65 kg. Beban pengendara maksimal 65 kg didapatkan hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai von mises adalah 172,25 Mpa. Besar nilai displacement (lendutan) yang terjadi sebesar 0,38 mm, nilai minimum safety factor adalah 2,03. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa poros yang dirancang aman dengan beban pengendara hingga 65 kg.

Kata Kunci: komputasi, perancangan poros, poros

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dari masa ke masa terus mengalami perkembangan ke arah yang lebih modern. Perkembangan ini didasari dengan inovasi dan kreativitas manusia [1]. Seiring canggihnya teknologi saat ini berbagai temuan dan rancangan yang dapat memudahkan serta lebih efisien dari yang sebelum-sebelumnya seperti perkembangan teknologi transportasi dari yang menggunakan tenaga hewan ke kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor menggunakan bahan bakar hasil minyak bumi atau fosil yang merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui dan suatu saat akan habis. Selain itu penggunaan bahan bakar minyak dapat menimbulkan emisi dimana emisi tersebut dapat mengakibatkan polusi udara dan pemanasan global. Untuk mengurangi pemakaian bahan bakar minyak pada sektor transportasi diperlukan kendaraan hemat energi [2].

Berdasarkan pernyataan tersebut sehingga menimbulkan minat serta ide beralih ke kendaraan listrik salah satunya mobil listrik. Dengan hadirnya mobil listrik saat ini diharapkan mampu mengurangi penggunaan bahan bakar minyak. Mobil listrik merupakan kendaraan ramah lingkungan. Kelebihan dari mobil listrik dan mobil konvensional adalah suara yang halus, tidak berbau dan bebas dari asap. Mobil listrik adalah mobil yang digerakkan oleh motor listrik, menggunakan energi listrik yang disimpan di baterai [3]. Baterai dibuat dari sejumlah elemen yang terpisah kemudian disatukan pada kotak karet keras atau plastik [4].

Penggerak mobil umumnya menggunakan penggerak roda depan (*front drive*), penggerak belakang (*rear drive*), dan penggerak depan dan belakang biasa disebut 4WD (*four wheel drive*) [5]. Beberapa penggerak ini menggunakan poros yang berputar sehingga poros roda mobil listrik meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran yang dihasilkan motor penggeraknya. Meskipun demikian, kegagalan poros kendaraan masih sering terjadi yang dapat menyebabkan kerugian yang cukup besar bahkan kecelakaan. Kegagalan poros terjadi karena beban melebihi kekuatan komponen seperti beban kejut karena benturan maupun beban berlebih. Untuk itu konstruksi dari poros penggerak roda belakang harus dipastikan kuat untuk memenuhi kebutuhannya.

Berdasarkan hal tersebut maka penulis telah melakukan perancangan poros dan analisis kekuatan poros roda belakang mobil listrik sehingga memudahkan dalam penentuan karakteristik untuk poros roda belakang dan meningkatkan keselamatan pengendara.

II. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dimana peneliti melakukan perancangan yang terpasang pada poros belakang mobil listrik. Adapun waktu dan tempat penelitian dilaksanakan pada Bulan Mei - Juli 2022 di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja as, plat, *gear set*, *disc breake*, *bearing* duduk, baut dan mur.

Secara garis besar ada beberapa langkah (tahapan) yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Perancangan Poros Roda Belakang Mobil Listrik

Pada tahap ini dilakukan pendesainan dan perancangan poros berupa kekuatan puntir dan momen lentur pada poros penggerak belakang mobil listrik. Untuk kriteria desain dengan simulasi *safety* faktor $1,25 - 2 =$ aman. Untuk menghitung kekuatan poros berupa beban puntir dan beban lentur menggunakan rumus di bawah ini.

Daya Rencana

Daya rencana dapat dihitung dengan persamaan [6] berikut:

$$P_d = f_c \cdot P$$

Keterangan:

P_d = daya rencana (kW)

f_c = faktor koreksi (diambil berdasarkan pada Tabel 1)

P = daya nominal output dari motor penggerak (kW)

Daya nominal didapatkan pada *name plate* yang terdapat pada motor listrik yang digunakan. Faktor koreksi (f_c) yang digunakan diambil dari Tabel 1 dimana faktor koreksi daya yang ditransmisikan yaitu daya normal 1,5.

Tabel 1 Faktor koreksi daya yang akan ditransmisikan

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

Sumber: [7]

Menghitung Momen Puntir (Momen Gaya)

Untuk menghitung momen gaya (puntir) adalah sebagai berikut [6]:

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{N_1}$$

Keterangan:

T = momen gaya (kg/mm)

N_1 = putaran poros (rpm)

Untuk nilai putaran N_1 didapatkan pada *name plate* yang terdapat pada motor listrik yang digunakan.

Tegangan Geser

Menghitung tegangan geser yang diizinkan sesuai standar ASME [6].

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_\beta}{(sf_1 \times sf_2)}$$

Keterangan:

τ_α = tegangan geser yang diizinkan (kg/mm²)

σ_β = kekuatan tarik (kg/mm²)

sf_1 = angka keamanan 1

sf_2 = angka keamanan 2

Angka keamanan 1 (5,6 untuk beban SF dengan kekuatan yang dijamin. 6 untuk beban S-C dengan pengaruh massa). Angka keamanan 2 (1,2-3, pengaruh pemberian alur pasak atau dibuat bertangga). Kekuatan tarik bahan (σ_β) dapat diperoleh dari Tabel 2 baja karbon untuk konstruksi mesin dan baja batang yang difinis dingin untuk poros.

Tabel 2 Baja karbon untuk konstruksi mesin dan baja batang yang untuk poros

Standar Dan Macam	Lambang	Perlakuan Panas	Kekuatan Tarik (kg/mm ²)	Keterangan
Baja karbon konstruksi mesin (JIS G 4501)	S30C	Penormalan	48	
	S35C	“	52	
	S40C	“	55	
	S45C	“	58	
	S50C	“	62	
	S55C	“	66	
Batang baja yang difinis dingin	S35C-D	-	53	Ditarik dingin, digerinda, di bubut, atau gabungan antara hal-hal tersebut
	S45C-D	-	60	
	S55C-D	-	72	

Sumber: [7]

Baja karbon dapat digunakan dengan baik bila kekuatan dan syarat teknis lainnya tidak terlalu besar [8].

Menghitung Diameter Poros

Menentukan diameter poros dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut [7]:

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_\alpha} K_t C_b T \right]^{\frac{1}{3}}$$

Keterangan:

d_s = diameter poros (mm)

- τ_α = tegangan geser yang diizinkan (kg/mm²)
 K_t = faktor koreksi untuk puntiran
 C_b = faktor lenturan
 T = momen puntir pada poros (kg/mm)

Desain Dan Simulasi Poros

Desain poros dilakukan untuk menentukan bentuk dan dimensi poros sesuai dengan diameter yang telah direncanakan. Setelah proses desain dilanjutkan dengan melakukan simulasi, desain dan simulasi menggunakan *Software Autodesk Inventor Profesional 2021* dengan mengikuti kriteria desain pada *safety* faktor 1,25 -2 = aman.

2. Proses Manufaktur

Setelah proses perancangan poros roda belakang mobil listrik dan sesuai dengan kriteria desain, kemudian dilakukan proses manufaktur di bengkel bubut dan dilanjutkan proses perakitan di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Universitas Borneo Tarakan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Poros roda belakang merupakan bagian terpenting, karena mempunyai peranan sebagai komponen penerus putaran atau daya. Rancang bangun pada penelitian ini adalah suatu persoalan perencanaan dasar pada poros roda belakang mobil listrik, dimana poros dapat menerima beban pengendara. Berdasarkan pada perencanaan poros mobil listrik, poros tersebut termasuk ke dalam poros horizontal dan bertingkat. Poros roda belakang pada mobil listrik dirancang dengan panjang total 900 mm. Poros tersebut diputar oleh motor listrik dengan daya 3000 Watt (3 kW) dengan putaran pada motor yaitu 4500 rpm. Nilai faktor koreksi (f_c) yang digunakan yaitu 1,5. Untuk perhitungan perencanaan poros adalah sebagai berikut:

$$P_d = f_c \cdot P = 1,5 \times 3 \text{ kW} = 4,5 \text{ kW}$$

Hasil tersebut akan digunakan untuk menentukan nilai momen puntir. Nilai momen puntir adalah sebagai berikut:

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{N_1} = 9,74 \times 10^5 \times \frac{4,5}{4500} = 974 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

Hasil momen puntir sebesar 974 kg.mm akan digunakan untuk menentukan nilai besar diameter poros. Pada perancangan ini poros menggunakan batang baja yang difinis dingin dengan lambang S35C dengan kekuatan tarik 53 kg · mm². Nilai kekuatan tarik S35C akan digunakan untuk menentukan tegangan geser.

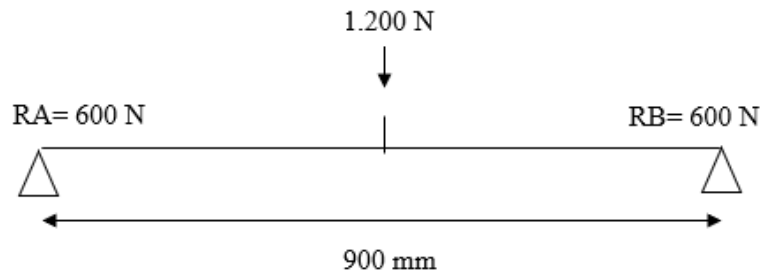
Untuk menghitung tegangan geser, ditentukan $sf_1 = 6,0$ dan $sf_2 = 2,0$ (dengan alur pasak), dan kekuatan Tarik 53 kg/mm² berdasarkan Tabel 2 maka sesuai Standar ASME dapat dihitung tegangan geser yang berdasarkan sebagai berikut:

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_\beta}{(sf_1 \times sf_2)} = \frac{53}{(6,0 \times 2,0)} = 4,42 \text{ kg} \cdot \text{mm}^2$$

Faktor koreksi diambil dengan jenis pembebanan poros yang berputar sehingga momen puntir (K_t) ditentukan sebesar 3,0. Karena akan terjadi pemakaian beban lentur maka nilai faktor lenturan (C_b) dengan nilai 2,3. Untuk menentukan diameter poros dapat ditentukan sebagai berikut:

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_\alpha} K_t C_b T \right]^{\frac{1}{3}} = \left[\frac{5,1}{4,42} \times 2,3 \times 3,0 \times 974 \right]^{\frac{1}{3}} = 19,79 \text{ mm} \cong 20 \text{ mm}$$

Poros ini termasuk poros horizontal dimana poros ini mendapat pembebanan lentur dengan besar gaya (F) adalah 1.200 N . besar nilai reaksi poros yang ditumpu oleh 2 buah roda belakang. Reaksi momen lentur dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Reaksi Momen Lentur

Momen lentur yang terjadi pada poros dengan beban 1.200 N atau 120 kg dengan panjang 900 mm dan nilai $R_A = 600$ N didapatkan momen lentur sebesar 540.000 Nmm. Adapun hasil nilai momen lentur dengan variasi berat pengendara yaitu 45 kg, 55 kg, dan 65 kg ditambah dengan beban statis yaitu 55 kg dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3 Momen Lentur Dengan Variasi Beban Pengendara

No.	Beban Statis + Pengendara (N)	R_A (N)	L (mm)	ML (N.mm)
1.	1.000	500	900	450.000
2.	1.100	550	900	495.000
3.	1.200	600	900	540.000

Dari Tabel 3 momen lentur dengan variasi berat pengendara yang diterima pada poros tergantung beban yang dikenakan pada poros, untuk beban 45 kg adalah 450.000 N.mm, 55 kg adalah 495.000 N.mm dan beban 65 kg adalah 540.000 N.mm. Nilai momen lentur terbesar yaitu pada beban pengendara 65 kg sebesar 540.000 N.mm sedangkan nilai momen lentur yang paling kecil yaitu 45 kg sebesar 450.000 N.mm fengan panjang poros 900 mm. Tegangan timbul karena perlawanan bahan terhadap beban luar, yang diukur dalam besaran beban persatuan luas [9].

Semakin kecil beban yang diberikan maka nilai *safety factor* semakin besar dimana kisaran faktor dari 1 sampai 15 faktor keamanan yang baik harus lebih dari 1 untuk menghindari terjadinya kegagalan suatu desain. Nilai *safety factor* yang digunakan yaitu 1,25-2 [10]. Karena nilai *safety factor* yang didapatkan sesuai dengan kriteria desain maka langkah selanjutnya yaitu proses manufaktur berupa proses pembubutan dan perakitan komponen poros roda belakang. Berikut merupakan hasil dari permesinan yang dilakukan di suatu bengkel bubut.



Gambar 2. Poros Roda Belakang

Gambar 2 merupakan hasil dari perancangan dan desain dengan melakukan proses pembubutan di bengkel bubut. Kemudian dilanjutkan dengan proses perakitan atau pemasangan poros pada rangka mobil listrik.



Gambar 3 Perakitan Poros

Gambar 3 merupakan poros yang telah dibubut dan kemudian dirakit dengan komponen pendukung lainnya. Dimana menggunakan roda dengan ukuran 6 inch.

IV. KESIMPULAN

1. Hasil perencanaan poros roda belakang pada mobil listrik didapatkan hasil sebagai berikut:
 - Momen puntir pada poros adalah 974 kg.mm
 - Diameter poros 20 mm
 - Momen lentur yang diterima pada poros tergantung beban yang dikenakan pada poros, untuk beban 45 kg adalah 450.000 N.mm, 55 kg adalah 495.000 N.mm dan beban 65 kg adalah 540.000 N.mm. Momen lentur yang paling besar terjadi pada pembebanan 65 kg.
 - Untuk perancangan poros, bagian yang didesain hanya poros yang menjadi tumpuan roda. Dari hasil perencanaan didapatkan bahwa jenis poros yang dirancang adalah poros bertingkat dengan diameter 25 mm, sedangkan diameter hasil perhitungan adalah 20 mm, 25 mm untuk sisi input *bearing*, 20 mm untuk sisi poros tempat nap roda yang merupakan dudukan roda.
2. Proses desain dan simulasi pada poros menggunakan komputasi. Beban maksimal pengendara adalah 65 kg. Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa nilai *von mises* adalah 172,25 Mpa. Besar nilai *displacement* (lendutan) yang terjadi sebesar 0,38 mm, nilai minimum *safety factor* adalah 2,03. Hasil ini menunjukkan bahwa poros yang di rancang aman dengan beban maksimal 65 kg.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Husein and M.I. Achmad, "Perencanaan Poros Roda Belakang Pada Gokart," *Roda Gigi Jurnal Teknik Mesin Unidayan*, vol. 1, no. 1, pp. 29-34, Februari 2017.
- [2] R.A. Subekti, dkk., *Peluang Dan Tantangan Pengembangan Mobil Listrik Nasional*. Jakarta: LIPI Press, 2014.
- [3] A. Efendi and A.S. Buchori, "Pemeliharaan Mesin Mobil Listrik Sula Politeknik Negeri Subang," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 14, no. 3, 2019.
- [4] M. Nasution, "Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik," *Journal of Electrical Technology*, vol. 6, no.1, 2021.
- [5] F. Fauzi, "Analisis Perancangan Penggerak Belakang Gokart 150cc DOHC," Tugas Akhir Program Studi D3 Teknik Mesin Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2016.

- [6] A. Gumilar, "Perencanaan Poros Pengaduk Bahan Baku Tegel Limbah Tempurung Kelapa," *Sekolah Tinggi Teknologi Bandung*, pp. 43-46, 2017.
- [7] Sularso and K. Suga, *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: PT. Pradya Paramita, 2013.
- [8] V.AT. Manurung, Y.T.J. Wibowo, S.Y. Baskoro, *Paduan Metalografi*, Jakarta: LP2M Politeknik Manufaktur Astra, 2020.
- [9] W. Pawirodikromo, *Analisis Tegangan Bahan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2014.
- [10] H. Salafuddin, "Desain Dan Analisis Kekuatan Pada Rangka Kendaraan Jenis Prototype Sesuai Standar Shell Eco Marathon Asia," Undergraduate Thesis, Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta, 2016.

