

## Design of an electric motor bracket for an energy-efficient car prototype

Agung Premono<sup>a,1</sup>, Wardoyo<sup>a</sup>, Kartiko Nugroho<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta

<sup>1</sup>[agung-premono@unj.ac.id](mailto:agung-premono@unj.ac.id)

### ABSTRACT

Indonesia is currently encouraging the development of energy-efficient cars using electric motors. The design of the car's structure is needed to reduce the vehicle's weight. One component to support this car is the electric motor bracket. This component is used as the stand of the electric motor, so it must be rigid. The bracket design must also be lightweight to reduce the overall car load. This research aims to design the electric motor bracket for the Turnigy Rotomax 50cc Size Brushless Outrunner Motor. The Finite Element Method (FEM) is used to simulate the model using the Ansys software. Linear static analysis is selected to carry out the Von Mises Stress and the Safety factor numbers of the bracket. The model used is four brackets with differences in the bracket's support construction. Two bracket models use an overhang construction, while two others use an extended arm construction. The material is an Aluminum 6061 series with a thickness of 8 mm. The load consists of two load sources. The first load is caused by the moment due to the electric motor's weight of 7950 Nmm. The second one is the tensile force of the chain on the motor sprocket of 705.4 N. The results show that the fourth bracket model with extended arm support construction is the best construction. It produced the Safety Factor number of 2.98, the Von Mises Stresses of 92.593 MPa, and a total deformation of 0.02 mm. This model also has the lightest mass of 534 grams.

**Keywords:** Bracket, electric motor, finite element method, the Ansys software

**Received** 30 September 2023; **Presented** 5 October 2023; **Publication** 27 May 2024

### PENDAHULUAN

Indonesia sudah mencanangkan penggunaan mobil hemat energi untuk mengatasi penurunan jumlah bahan bakar fosil dan juga mengurangi pemanasan global [1]. Berbagai pihak diberi kesempatan oleh Pemerintah untuk mengembangkan kendaraan hemat energi dalam beragam model. Salah satu pihak tersebut adalah kalangan akademisi melalui Program kontes mobil hemat energi yang diselenggarakan sejak tahun 2012 oleh Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi yang saat ini ditangani oleh Balai Pengembangan Talenta Indonesia (BPTI) bekerjasama dengan tuan rumah perguruan tinggi di Indonesia. Salah satu tujuan KMHE adalah memberikan alternatif solusi bagi masalah energi nasional saat ini yang memberikan efek positif dalam pengembangan kendaraan masa depan yang hemat bahan bakar dan ramah lingkungan [2]. Kegiatan tersebut merupakan salah satu usaha dalam rangka menggali ide dari para mahasiswa untuk membuat mobil hemat energi.

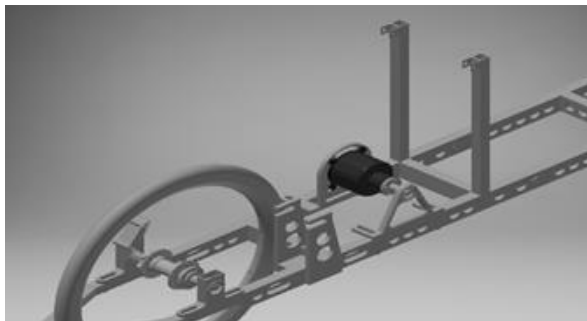
Dalam pelaksanaan KMHE, seluruh peserta wajib mematuhi aturan yang ditetapkan oleh panitia. Salah satu aturan yang wajib dipatuhi oleh peserta adalah dimensi kendaraan. Dimensi

kendaraan peserta KMHE kategori prototype ditentukan oleh panitia memiliki tinggi maksimal 1000 mm, track width minimal 500 mm, wheelbase minimal 1000 mm, lebar kendaraan maksimal 1300 mm, panjang kendaraan maksimal 3500 mm, dan berat total maksimum kendaraan tanpa driver 140 kg [2]. Atas berbagai batasan tersebut, maka perlu adanya perubahan desain komponen apabila ada pengembangan kendaraan tersebut guna memenuhi regulasi batas maksimal massa kendaraan.

Pada tahun 2021 kendaraan hemat energi tipe prototype yang dikembangkan UNJ melakukan penggantian motor listrik sebagai penggerak utama yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi kendaraan. Dengan penggantian ini maka diperlukan adanya komponen penunjang untuk menempatkan motor listrik tersebut tetap kokoh dan bekerja maksimal. Penelitian ini ditujukan untuk mendesain bracket motor listrik pada kendaraan hemat energi tipe prototype. Desain ulang ini dibuat agar mobil hemat energi tetap memenuhi syarat dari sisi bobot maksimal dalam keadaan kosong walaupun ada penggantian motor listrik.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode riset & development dengan teknik simulasi berbasis metode elemen hingga. Alat bantu yang digunakan dalam simulasi adalah perangkat lunak Autodesk Inventor Profesional 2017 dan Ansys workbench 2019. Motor listrik yang digunakan sebagai tenaga penggerak mobil listrik adalah Turnigy rotomax 50cc size brushless outrunner motor dengan daya 5300 watt, diameter luar motor 80 mm, Panjang 138 mm, massa 1180 gram dan diameter poros motor 10 mm. Motor listrik tersebut dipasangan padaudukan motor yang terpasang pada rangka mobil sebagaimana terlihat pada gambar 1.

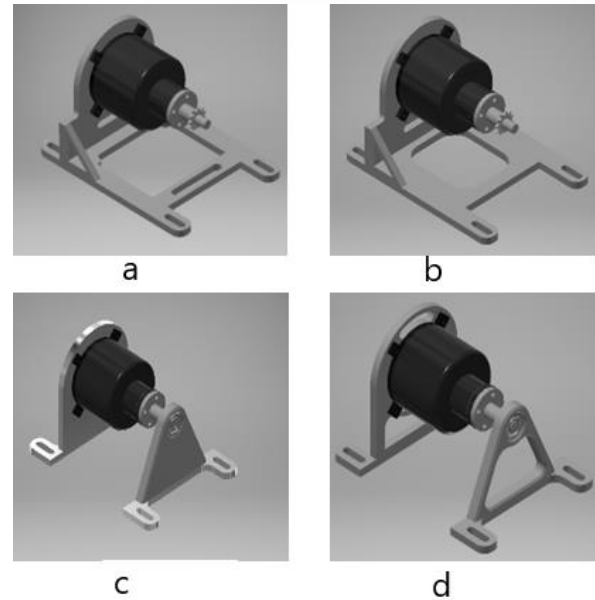


Gambar 1 Motor dan rangka [3]

Dengan dimensi motor serta dudukan pada rangka tersebut, maka dalam penelitian ini dibuat empat desain model bracket yang berbeda dengan dua model menggunakan bracket overhang dan dua model menggunakan model extended arm sebagaimana terlihat pada gambar 2. Dimensi dari keempat model bracket adalah tinggi maksimal 140 mm, lebar maksimal dan minimal adalah 155 mm dan 140 mm, Panjang maksimal dan minimal adalah 210 mm dan 193,5 mm, jarak titik tengah shaft motor dari base plate maksimal dan minimal adalah 82 mm dan 74 mm, kapasitas beban maksimal 1080 gram, serta mampu menerima gaya akibat torsi maksimal listrik yang dipindahkan melalui rantai. Defleksi maksimal akibat pembebanan 1 mm.

Material yang digunakan adalah aluminium Al 6061 dengan ketebalan 8 mm. Material tersebut memiliki angka Tensile Yield Strength sebesar 276 MPa, Poisson's ratio 0,33, dan Young Modulus 68900 MPa[4]. Kondisi batas yang diberikan pada simulasi ini adalah tumpuan tetap (fixed support) pada baut pengencang bracket, sambungan antar komponen menggunakan sambungan yang sesuai pada gambar, serta pembebanan yang diberikan terdiri atas dua jenis

yaitu torsi motor maksimal sebesar 7950 Nmm, gaya tarik pada rantai sebesar 705,4 N. Simulasi yang digunakan adalah analisis linier statik dengan parameter yang diukur adalah tegangan Von Misses, total deformasi, dan angka keamanan.



Gambar 2 Model bracket[3]

Persamaan tegangan Von Misses[5] yang digunakan dalam simulasi ini mengacu kepada analisis beban statik linier yaitu:

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \dots(1)$$

Sedangkan angka keamanan (Safety Factor)[6] menggunakan persamaan:

$$FS = \frac{\sigma_{fail}}{\sigma_{allow}} \dots\dots\dots(2)$$

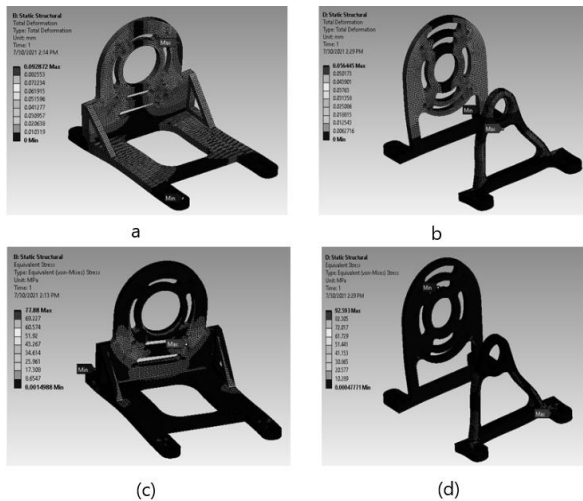
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Model bracket digambar menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor Profesional. Data CAD ditransfer ke dalam perangkat lunak Ansys Workbench untuk dibuat meshing sebagai tahap pertama analisis model menggunakan metode elemen hingga. Meshing dilakukan secara otomatis oleh perangkat lunak menggunakan element tetrahedral. Hasil proses meshing keempat model bracket dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil Meshing

Model	Massa Model (gram)	Jumlah Element	Jumlah Node
Model 1	530	32639	151026
Model 2	600	35779	166184
Model 3	534	37982	154706
Model 4	362	53800	142638

Hasil simulasi yang menggambarkan kondisi deformasi dan letak tegangan maksimal untuk dua model yang memiliki perbedaan mendasar pada sisi konstruksi yaitu overhang dan extended arm dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Hasil simulasi[3]

Hasil simulasi pada gambar 3 (a) maupun 3 (b) yang membandingkan letak titik deformasi dapat dilihat bahwa letak deformasi keduanya menunjukkan titik yang berbeda dimana letak deformasi tertinggi untuk model extended arm terletak pada tumpuan sprocket rantai. Sementara untuk konstruksi extended arm terletak pada bagian bawah dudukan struktur secara keseluruhan. Sementara itu, simulasi hasil tegangan Von Mises juga menunjukkan letak tegangan maksimal yang berbeda dimana pada struktur bracket dengan model extended arm terletak pada dudukan dibawah sprocket rantai sedangkan untuk model overhang terletak pada bagian bawah dudukan motor. Adapun rangkuman besar nilai tegangan Von Mises, deformasi, dan angka keamanan dari hasil simulasi untuk keempat model dapat dilihat pada tabel 2.

Dari hasil simulasi CAD diperoleh massa bracket paling ringan adalah model 4 yaitu 362

gram. Angka tersebut masih dibawah target massa yang harus lebih kecil dari 1 kg. Sementara dari hasil perhitungan analisis tegangan diperoleh model 4 memiliki tegangan paling besar yaitu 92,593 Mpa. Hal ini diperoleh karena luas penampang bracket untuk model 4 memiliki dimensi yang paling kecil. Kondisi ini akan menghasilkan tegangan terbesar dengan mengacu pada densitas material yang sama untuk keempat model.

Tabel 2 Tegangan Von Mises, deformasi, dan angka keamanan

Model	Tegangan Von Mises Maksimal (MPa)	Deformasi Maksimal (mm)	Angka keamanan
Model 1	80,169	0,0934	3,44
Model 2	77,88	0,0928	3,54
Model 3	84,995	0,02	3,24
Model 4	92,593	0,056	2,98

Untuk memastikan model 4 tetap memenuhi persyaratan desain maka besaran angka keamanan. Dengan kondisi bahwa tegangan akibat beban sebesar 92,693 MPa dan tegangan yield bahan 276 MPa maka model tersebut memiliki angka keadaman 2,98. Angka keamanan ini masih memenuhi batas minimal angka keamanan untuk desain bracket yang memiliki model pembebanan statis. Pertimbangan lain dari desain bracket ini adalah jumlah komponen brackct. Model 4 yang memiliki struktur extended arm/double arm memiliki jumlah komponen lebih sedikit dibandingkan dengan struktur overhang. Dengan demikian dari pertimbangan kekuatan maupun jumlah komponen maka model 4 merupakan struktur bracket yang terbaik dari empat model yang dibuat dalam penelitian tersebut.

## KESIMPULAN

Dari hasil simulasi menunjukkan bahwa bracket dengan struktur extended arm adalah model terbaik untuk menopang motor listrik jenis Turnigy rotomax 50cc size brushless outrunner motor. Bracket tersebut terbuat dari bahan Aluminium 6061 dengan dimensi tinggi 140 mm, lebar 140 mm, panjang 193,5 mm, dan , jarak titik tengah shaft motor dari base plate 74 mm. Struktur tersebut memenuhi syarat desain bracket dengan beban statik dengan nilai keamanan 2,98.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. P. RI, "Studi Mobil Listrik: Hemat Energi Hingga 80 Persen," 2018, 2018.
- [2] I. K. Reksowardojo;, E. Firmansyah;, B. A. Dwiyanoro;, D. Widhiyanuriyawan;, A. S. Baskoro, and Witantyo;, *Pedoman Kontes Mobil Hemat Energi Pendidikan Tinggi Tahun 2023*, Pertama. Jakarta: Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, 2023.
- [3] K. Nugroho;, "DESAIN DAN ANALISA FEM BRACKET MOTOR LISTRIK UNTUK KENDARAAN HEMAT ENERGI JENIS PROTOTYPE BATTERY ELECTRIC," Universitas Negeri Jakarta, 2021.
- [4] "ASM Material Data Sheet." <https://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=ma6061t6> (accessed Sep. 06, 2023).
- [5] Ansys, "What is Equivalent Stress?," 2023. <https://www.ansys.com/blog/what-is-equivalent-stress#:~:text=Von Mises stress is an,yield strength of the material>.
- [6] R. C. Hibbeler;, *Mechanics of Materials*, 10th ed. Pearson Education, 2018.