

ANALISIS RANGKA MOBIL GOLF DENGAN MATERIAL KOMPOSIT KARBON MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA KAPASITAS 4 PENUMPANG

Daniel Sihombing, Djoeli Satrijo², Ojo Kurdi²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*Email : danielsihombing1502@gmail.com

Abstrak

Mobil listrik merupakan salah satu sarana transportasi yang bisa memenuhi kebutuhan mobilitas masyarakat namun tetap ramah lingkungan karena tidak memiliki polusi atau emisi gas buang. Rangka mempunyai peranan yang sangat vital khususnya sebagai bagian yang paling dasar dari kendaraan yang berfungsi sebagai penopang, terutama pada mobil listrik Garnesa yang termasuk mobil golf. Simulasi modal analysis yang dilakukan pada model rangka mobil bertujuan untuk mengidentifikasi frekuensi pribadi dan modus getar yang dimiliki oleh masing-masing model rangka yang akan dijadikan acuan untuk melakukan simulasi dinamik selanjutnya menggunakan Software Altair Hyperworks 2019. Kriteria ketidaknyamanan dan kesehatan memberikan batas getaran dalam standar ISO 2631. Analisis modal pada penelitian ini dilakukan dengan kondisi bebas free-free (tanpa tumpuan) untuk 10 modus pertama dari rangka mobil. Nilai frekuensi pribadi yang terjadi pada rangka adalah 9.8 Hz. Perhitungan nilai RMS *acceleration* dengan persamaan tersebut menggunakan aturan frekuensi sentral 1/3 oktaf. Dari hasil perhitungan nilai RMS tegangan E10101 untuk material *composite* diperoleh nilai tegangan normal x maksimum sebesar 5,02 MPa pada frekuensi 12,5 Hz. Kemudian nilai tegangan normal y maksimum sebesar 2,71 MPa pada frekuensi 6.3 Hz. Nilai keamanan yang didapatkan dari hasil simulasi statik pada arah longitudinal sebesar 11,28.

Kata Kunci: altair; mobil listrik; model rangka; simulasi dinamik

Abstract

Electric vehicles are one of the means of transportation that can meet the mobility needs of the community while remaining environmentally friendly, as they do not produce any pollution or exhaust emissions. The chassis plays a vital role, especially as the fundamental part of a vehicle that serves as a support, particularly in the case of Garnesa electric cars, which are classified as golf carts. The modal analysis simulation conducted on the vehicle frame model aims to identify the natural frequencies and vibration modes of each frame model, which will serve as a reference for further dynamic simulations using Altair Hyperworks 2019 software. Discomfort and health criteria provide vibration limits according to ISO 2631 standards. The modal analysis in this study was conducted under free-free (unsupported) conditions for the first 10 modes of the vehicle frame. The natural frequency value that occurred in the frame was 9.8 Hz. The calculation of the RMS (root mean square) acceleration using the central frequency rule of 1/3 octave was applied. From the calculation, the maximum normal stress value E10101 for the composite material was obtained as 5.02 MPa at a frequency of 12.5 Hz in the x-direction. Additionally, the maximum normal stress value in the y-direction was found to be 2.71 MPa at a frequency of 6.3 Hz. The safety factor obtained from the static simulation in the longitudinal direction was 11.28.

Keywords: altair; dynamic simulation; electric vehicles; frame model

1. Pendahuluan

Kemajuan pesat dalam teknologi kendaraan listrik telah mengarah pada pengembangan solusi transportasi yang efisien dan berkelanjutan (2). Di antaranya, mobil golf listrik telah mendapatkan perhatian yang signifikan sebagai sarana transportasi yang layak untuk jarak pendek, kegiatan rekreasi, dan bahkan mobilitas terbatas di area tertentu. Seiring dengan meningkatnya permintaan akan mobil golf listrik, menjadi sangat penting untuk memastikan integritas struktural dan keamanan kendaraan ini.

Dalam penelitian ini, kami fokus pada analisis rangka mobil golf, yang secara khusus dirancang untuk menampung kapasitas 4 penumpang, dengan menggunakan material komposit karbon. Komposit karbon menawarkan rasio kekuatan-

berat yang luar biasa, kekakuan, dan ketahanan terhadap korosi, menjadikannya pilihan yang ideal untuk struktur ringan yang membutuhkan kinerja tinggi (8,10).

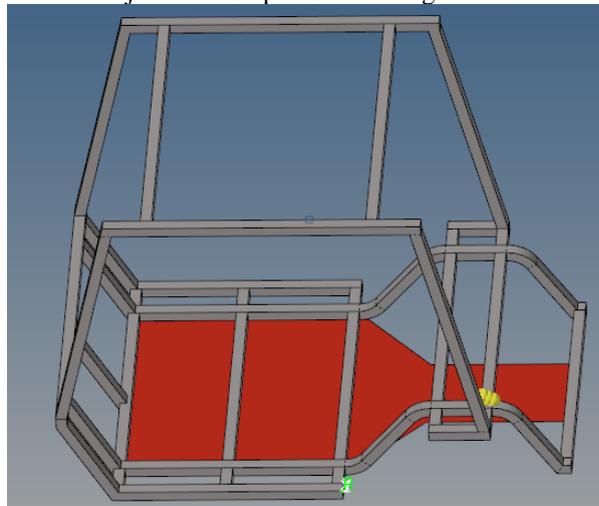
Untuk mengevaluasi perilaku struktural dan performa rangka mobil golf, kami menggunakan pendekatan metode elemen hingga (finite element method/FEM). Metode elemen hingga memungkinkan analisis numerik yang rinci dengan membagi rangka menjadi elemen-elemen kecil, mempertimbangkan berbagai sifat material dan kondisi beban. Metodologi ini memungkinkan kami untuk menyelidiki respons rangka dalam berbagai skenario, memastikan integritas dan keamanannya selama masa penggunaannya.

Tujuan utama dari analisis ini adalah mengidentifikasi frekuensi alami, modus getar, dan tegangan yang dialami oleh rangka mobil golf dalam kondisi operasional yang umum. Simulasi dinamik dilakukan menggunakan perangkat lunak Altair Hyperworks 2018, yang menyediakan kemampuan yang kuat untuk analisis struktural yang akurat dan efisien.

2. Metodologi Penelitian

2.1. Pemodelan Rangka

Dalam tahapan ini dilakukan proses desain rangka mobil dengan variasi dua mobil. Pemodelan CAD dilakukan dengan *software Solidworks 2019*, setelah pemodelan kemudian dapat disimulasikan dengan *software Altair Hyperworks 2019*. Gambar 1 menunjukkan hasil pemodelan rangka mobil.



Gambar 1. Model CAD Rangka Mobil

2.2. Simulasi Linear Statik

Simulasi statik dilakukan dengan *software Altair Hyperworks 2019* menggunakan Solver Optistruct. simulasi linear statik dilakukan untuk mengetahui tegangan serta titik-titik kritis pada model rangka yang akan dijadikan acuan untuk melakukan simulasi dinamik selanjutnya. Beban yang terdapat pada simulasi ini yaitu beban force, dan beban buckling.

Analisis beban statik dilakukan dengan tiga kondisi pembebanan yang terjadi pada rangka mobil, yaitu:

- Pembebanan dengan empat orang penumpang dengan total beban pengendara 240 kg dengan distribusi gaya ke arah vertikal.
- Pembebanan dengan kondisi pengereman dengan total beban pengendara 240 kg dan terjadi perlambatan 3 m/s
- Pembebanan yang terjadi akibat gaya dorong dengan total beban pengendara 240 kg dan percepatan 3 m/s

2.3. Simulasi Model Analysis

Simulasi *modal analysis* yang dilakukan pada model rangka mobil bertujuan untuk mengidentifikasi frekuensi pribadi dan modus getar yang dimiliki oleh masing- masing model rangka yang akan dijadikan acuan untuk melakukan simulasi dinamik selanjutnya. *Load collector* pada simulasi ini didefinisikan untuk solusi *eigen value*. Dalam *software Altair Hyperworks* terdapat dua metode solusi *eigen value* yaitu metode *lanzcos* dan AMSES. Pada penelitian ini metode solusi *eigen value lanzcos* dipilih untuk 10 modus pertama.

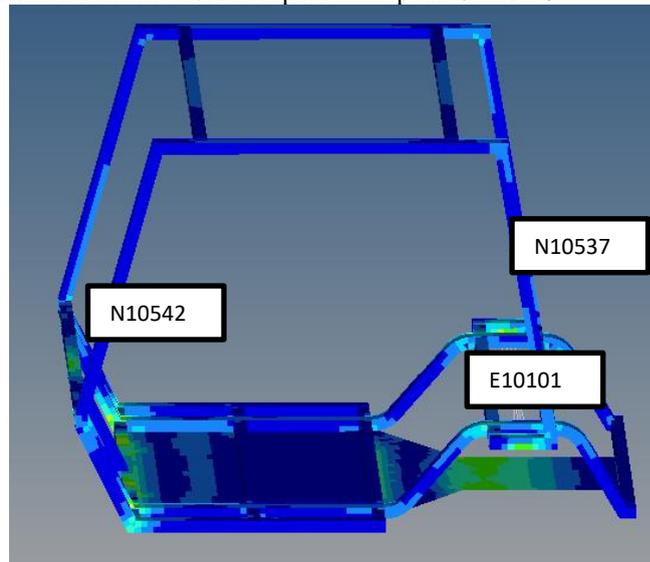
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil dan Pembahasan Simulasi Statik

Berikut, hasil dari analisis statik yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 untuk kasus 1 pembebanan empat pengendara diketahui bahwa *Max Normal X Stress* sebesar 50.29 MPa dan *Max Normal Y Stress* sebesar 44.22 MPa. Kemudian dari Gambar 4.4 untuk kasus 2 yaitu pembebanan akibat pengereman diketahui bahwa *Max Normal X Stress* sebesar 53.39 MPa dan *Max Normal Y Stress* sebesar 59.25 MPa. Kemudian dari Gambar 4.5 untuk kasus 3 yaitu pembebanan akibat gaya dorong diketahui bahwa *Max Normal X Stress* sebesar 234.9 MPa dan *Max Normal Y Stress* sebesar 213.6 MPa.

3.2. Hasil dan Pembahasan Simulasi FRF dan Random Response

Elemen-elemen yang diamati dari simulasi FRF dan *random response* pada penelitian ini yaitu elemen N10542 dan N10537. Adapun posisi dari elemen-elemen tersebut dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 8. Elemen yang diamati pada Rangka Mobil

Elemen-elemen tersebut dipilih untuk diamati karena *acceleration* tertinggi terjadi pada daerah elemen-elemen tersebut pada frekuensi yang telah ditentukan.

3.3. Analisis Nilai RMS Acceleration dan Tegangan

Berdasarkan buku referensi Theory of Ground Vehicles (3), nilai RMS akselerasi dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{rms acceleration} = \left[\int_{0.89f_c}^{1.12f_c} S_v(f) df \right]^{1/2}$$

Berdasarkan persamaan diatas nilai $S_v(f)$ merupakan fungsi dari PSD acceleration terhadap frekuensi. Namun, pada penelitian ini fungsi frekuensi tersebut tidak akan digunakan dan akan digantikan dengan nilai $S_v(f)$ yang sudah diperoleh melalui simulasi numerik. Sehingga nilai RMS akan dihitung dengan menggunakan pendekatan metode trapesium.

4. Kesimpulan

Dari Hasil Simulasi dan Pembahasan yang telah dilakukan, maka saya dapat menarik tiga kesimpulan, yaitu sebagai berikut.

1. Pada rangka dengan jenis material karbon komposit memiliki nilai Max Normal X Stress pada kasus pembebanan 4 orang sebesar 50.29 MPa dan Max Normal Y Stress sebesar 44.22 MPa, Pada kasus Pengereman nilai Max Normal X Stress sebesar 53.39 MPa dan Max Normal Y Stress sebesar 59.25 Mpa, Pada kasus gaya dorong nilai Max Normal X Stress sebesar 234.9 Mpa dan Max Normal Y Stress sebesar 213.6 Mpa.
2. Hasil simulasi modal analisis menunjukkan karakteristik 10 modus pertama dari rangka terdiri dari 4 modus rigid body motion dan 6 modus elastic body motion. Frekuensi pribadi terbesar Rangka bernilai 9.8 Hz.

3. Hasil dari perhitungan nilai RMS tegangan pada arah vertikal (sumbu Y) dan arah lateral (Sumbu Z) mengalami sedikit peningkatan sampai pada frekuensi pribadi ke-10 dan kemudian mengalami penurunan pada frekuensi berikutnya.
4. Nilai keamanan yang didapatkan dari hasil simulasi statik pada arah longitudinal sebesar 11,28.

Daftar Pustaka

- [1] Bahri, S. (2017) 'Analisa Perlakuan Panas Terhadap Baja Karbon Ns 1045', *Buletin Utama Teknik*, 3814.
- [2] Efendi A. Rancang Bangun Mobil Listrik Sula Politeknik Negeri Subang. *J Pendidik Teknol dan Kejur.* 2020;17(1):75.
- [3] Jazar RN. *Vehicle Dynamics Theory and Applications*. Springer, New York, NY;
- [4] Kaya, , Ö. *et al.* (2022) 'Electric car sharing stations site selection from the perspective of sustainability: A GIS-based multi-criteria decision making approach', *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52(January). doi: 10.1016/j.seta.2022.102026
- [5] Prasad, S. U. *et al.* (2020) *Automotive Chassis Design Material Selection for Road and Race Vehicles*, *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*.
- [6] Rahman, M. A. (2013) 'Pembuatan mobil listrik untuk solusi transportasi ramah lingkungan (mobil baskara)', *Jurnal Riset Daerah*, XII(2), pp. 1819–1837.
- [7] Respati, S. M. B., Katsir, I. and Dzulfikar, M. (2020) 'Bodi Mobil dengan Komposit Matriks Fiber Carbon-Honeycome dan Penguat Resin Lycal', *Jurnal Teknik Mesin*, 17(2), pp. 29–33. doi: 10.9744/jtm.17.2.29-33.
- [8] Setyono B, Setiawan Y. Rancang Bangun Sistem Transmisi, Kemudi dan Pengereman Mobil Listrik "Semut Abang." *Semin Nas Sains dan Teknol Terap III 2015*. 2015;89–96.
- [9] Toteles, A. and Alhaffis, F. (2021) 'Analisis Material Kontruksi Chasis Mobil Listrik Laksamana V2 Menggunakan Software Autodesk Inventor Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan , Jurusan Teknik Mesin , Politeknik Negeri Bengkalis.
- [10] Wong JY. *Theory of Ground Vehicles*. John Wiley & Sons, Inc; 2001