



Perancangan dan Uji *Displacement* Rangka Mobil Listrik Wijayakusuma Tipe *Tubular Space Frame* Material Baja ST37

Dian Prabowo¹, Unggul Satria Jati^{1,*}, Ulikaryani¹

¹Program Studi Teknik Mesin
Politeknik Negeri Cilacap
Jl. Dr. Soetomo No.1,
Karangcengis, Sidakaya, Kec.
Cilacap Selatan., Kabupaten
Cilacap, Jawa Tengah 53212
diansheva@yahoo.co.id
unggulsatriajati@pnc.ac.id
ulikaryani@pnc.ac.id

ABSTRAK

Mobil listrik adalah kendaraan yang memanfaatkan energi listrik untuk bahan bakar utamanya, dan memiliki dampak positifnya yaitu tidak ada sisa hasil pembakaran yang dihasilkan yang akhirnya tidak menambah gangguan pencemaran udara. Hal yang paling utama untuk diperhatikan adalah rangka dimana rangka adalah tempat untuk menopangnya semua komponen yang berada di atasnya. Tujuan dalam penelitian ini adalah merancang desain rangka mobil listrik, menghitung kekuatan rangka dan menguji rangka dengan uji *displacement*. Hasil dari penelitian ini didapat bahwa desain mobil listrik type *tubular space frame* mendapat dimensi 2,05 x 0,85 x 1,1 meter. Untuk hasil perhitungan rangka bahwa rangka dapat digunakan dengan aman dimana tegangan ijin pada rangka tidak melebihi tegangan maksimal yaitu sebesar 388,561 Mpa dari 464 Mpa. Sedang uji *displacement* rangka mengalami defleksi sebesar 2 mm.

Kata kunci: Mobil listrik; rangka; uji *displacement*

ABSTRACT

Electric cars are vehicles that use electrical energy as their main fuel, and have the positive impact of no residual combustion products being produced which ultimately does not add to air pollution. The most important thing to pay attention to is the frame, where the frame is the place to support all the components above it. The aim of this research is to design an electric car frame design, calculate the frame strength and test the frame using a displacement test. The results of this research show that the tubular space frame type electric car design has dimensions of 2.05 x 0.85 x 1.1 meters. The frame calculation results show that the frame can be used safely where the allowable stress in the frame does not exceed the maximum stress, namely 388.561 Mpa from 464 Mpa. While the frame displacement test is experiencing a deflection of 2 mm.

Keywords: Electric car; frame; displacement test

1. PENDAHULUAN

Perkembangan Industri di era 4.0 telah memberikan dampak kemajuan dari berbagai aspek, seperti pada industri otomotif yaitu mesin, kendaraan sampai dengan alat bantu penunjang kemajuan tersebut. Industri otomotif merupakan penyumbang terbesar dalam meningkatkan perkembangan ekonomi [1]. Perkembangan industri tersebut tidak terfokus pada fitur *interior* saja melainkan sampai dengan fitur *ekterior* seperti penggunaan bahan bakar yang haruskan lebih ramah lingkungan (*green life*). Salah satu solusi untuk mengurangi dampak polusi udara yaitu dengan adanya mobil listrik. *Green life style* merupakan pola atau model atau cara hidup yang ramah lingkungan lebih terfokus pada kelestarian lingkungan [2]. Kesadaran masyarakat mengenai alat transportasi yang lebih ramah lingkungan dari tahun ke tahun semakin meningkat [3]. Mobil listrik merupakan salah satu kendaraan masa depan, dimana kendaraan tersebut sudah

Corresponding Author:
✉ Unggul Satria Jati
Accepted on: 2024-12-24

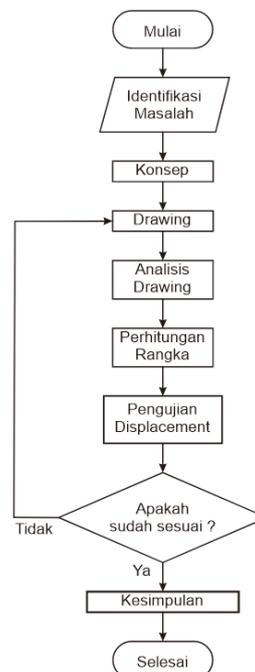
tidak menggunakan bahan bakar fosil [4]. Karakter utama dalam rangka kendaraan mobil listrik diharapkan memiliki konstruksi yang baik, dimana pada rangka tersebut menahan beban penumpang, motor listrik dan komponen-komponen lainnya [5][6]. Pengujian atau hal yang harus diperhatikan seperti *safety factor*, tegangan, defleksi dan pemilihan material merupakan hal utama untuk menentukan melihat kekuatan sebuah rangka [7]. Kekuatan rangka dalam menahan beban sering menjadi pertimbangan dalam pemilihan material yang digunakan. Tsirogiannis melakukan penelitian dengan melakukan pemilihan material untuk rangka tidak hanya terfokus pada keringanan namun juga keamanan dan kenyamanan kendaraan, dari penelitian tersebut mendapatkan hasil bahwa pemilihan material mempengaruhi terhadap konsumsi energi [8].

Hasanuddin melakukan penelitian mengenai desain dan analisis rangka mobil listrik dengan hasil bahwa rangka mobil dapat menahan beban yang diberikan sebesar 700N [9]. Nugraha melakukan penelitian sama yaitu mengenai rangka mobil listrik, dimana bagian terpenting pada kendaraan adalah rangka, karena rangka sebagai penopang semua komponen yang ada di atasnya. Sebagai tolak ukur mengenai kekuatan rangka material ASTM A36 maka dihitung defleksi, *safety factor*, tegangan normal dari peneliti tersebut mendapatkan hasil kerangka mobil dapat menahan beban dengan baik dengan beban statis yang diterima 600 kg, tegangan maksimum 22,2 N/mm² dari tegangan maksimum material sebesar 250 N/mm² [10]. Penelitian dilakukan oleh [11] yaitu melakukan perancangan pada rangka mobil listrik dengan tujuan merancang rangka pada kendaraan yang hemat energi, dan didapat hasil *safety factor* minimum 5,24 sedangkan maksimal 15 disimpulkan bahwa rangka aman untuk digunakan. Isworo mengemukakan bahwa *chassis* merupakan bagian paling utama karena tempat menopang semua komponen [12][13]. Konstruksi rangka harus dibuat secara baik yaitu kuat menahan beban pada kendaraan mobil listrik dan pemilihan material harus memiliki spesifikasi yang baik untuk menahan beban tersebut [14][15].

2. MATERIAL DAN METODE

2.1 Diagram Alir

Berikut diagram alir dalam penyelesaian penelitian mengenai perancangan dan uji displacement rangka mobil listrik.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

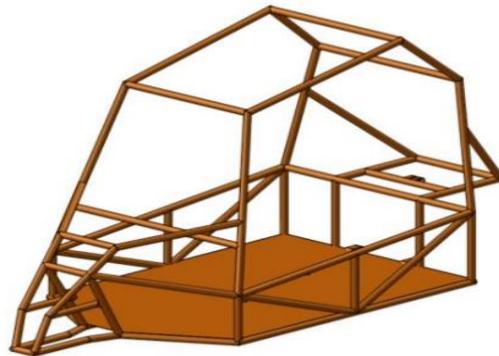
2.2 Uraian Diagram Alir

Mengacu pada metode yang telah dibuat pada Gambar. 1 maka pada penelitian ini dilakukan proses perencanaan terlebih dahulu yaitu melakukan identifikasi masalah, tahap selanjutnya pembuatan konsep dan *drawing* pada tahapan *drawing* perlu dilakukan analisi untuk memastikan apakah rangka yang dibuat sudah sesuai atau belum. Kemudian lakukan perhitungan rangka, uji *displacement* serta memberikan kesimpulan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Desain Wujud

Desain wujud pada kendaraan mobil listrik melalui tahapan gambar sketsa dan pemilihan konsep, dimana hal yang harus diperhatikan adalah safety factor dari rangka tersebut. Desain wujud rangka mobil listrik wijayakusuma seperti pada Gambar 2. dibawah ini.



Gambar 2. Desain wujud rangka mobil listrik

3.2 Perancangan

Perancangan rangka mobil listrik wijayakusuma dibuat dengan untuk menentukan kekuatan rangka tersebut, rangka yang digunakan menggunakan besi pipa *hollow* dengan diameter 1 inchi dan ketebalan 3 mm. berikut sifat material pipa ST-37 yang tertera pada Tabel 1. dibawah ini [16].

Tabel 4.1 Sifat Material Pipa ST-37

No	Komponen	Spesifikasi
1	Material	ST-37 (AISI 1045)
2	Dimensi	Ø 1 Inchi, tebal 3 mm
3	Kekuatan Tarik	580 MPa
4	Kekuatan Luluh	305 MPa

1. Perhitungan tegangan maksimal

a. Beban yang diterima

Beban maksimal pada rangka sebesar 158 Kg, dengan rincian:

Beban penumpang	100 Kg	Beban <i>controller</i>	0,5 Kg
Beban baterai	45 Kg	Beban sistem kemudi	0,5 Kg
Beban motor DC	10 Kg	Beban sistem pengereman	0,5 Kg
Beban pengemudi	1,5 Kg		

b. Beban yang bekerja

$$\begin{aligned}
 F &= m \times g \\
 &= 158 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\
 &= 1.548,4 \text{ N}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

c. Beban merata

$$Q = \frac{F}{l_{total}}
 \tag{2}$$

$$= \frac{1.548,4N}{1.300 \text{ mm}} = 1.191 \text{ N/mm}$$

d. Beban terpusat

$$F_1 = Q \times I_{total} \quad (3)$$

$$= 1.191, \text{N/mm} \times 1.300 \text{ mm}$$

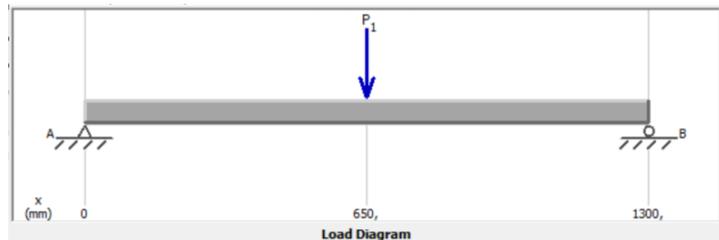
$$= 1.548,3 \text{ N}$$

e. Beban momen maksimal

$$Q = \frac{I_{total}}{l^2} \quad (4)$$

$$= \frac{1.300 \text{ mm}}{2^2}$$

$$= 650 \text{ mm}$$



Gambar 3. Beban Terpusat

f. Reaksi pada titik tumpu

$$\Sigma R_A = 0$$

$$(-F_1 \times I_A) + (-R_B \times I_B) = 0 \quad (5)$$

$$(-1.548,3 \text{ N} \times 650 \text{ mm}) + (R_B \times 1.300 \text{ mm}) = 0$$

$$R_B = 774,15 \text{ N}$$

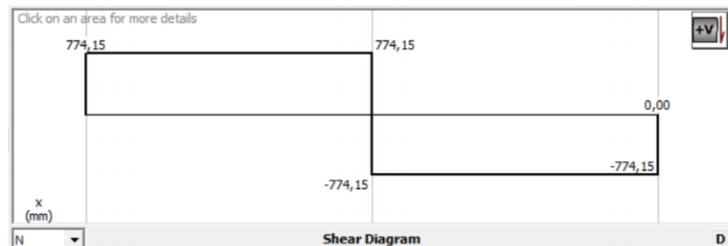
$$\Sigma F = 0$$

$$R_A - F_1 + R_B = 0 \quad (6)$$

$$R_A - 1.548,3 \text{ N} + 774,15 \text{ N} = 0$$

$$R_A - 774,15 \text{ N} = 0$$

$$R_A = 774,15 \text{ N}$$



Gambar 4. Shear Force Diagram

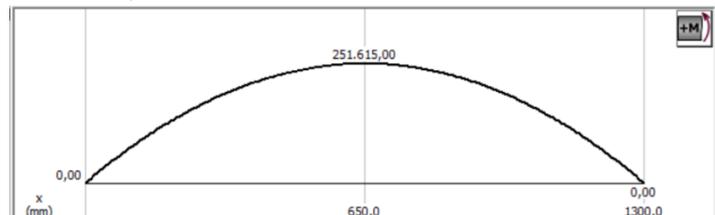
g. Momen Maksimal

$$M_{Max} = (R_A \times V) - (Q \times V) \times \frac{V}{2} \quad (7)$$

$$= (774,15 \text{ N} \times 650 \text{ mm}) - (1,191 \text{ N/mm} \times 650 \text{ mm}) \times \frac{650 \text{ mm}}{2}$$

$$= 503.197,5 \text{ N.mm} - 251.598,75 \text{ N.mm}$$

$$= 251.598,75 \text{ N.mm}$$



Gambar 5. Bending Moment Diagram

h. Momen Inersia

$$I = \frac{d0^4 - d1^4}{20} \quad (8)$$

$$= \frac{25,4mm^4 - 22,4mm^4}{20}$$

$$= 8.223,416 mm^4$$

i. Tegangan Maksimal

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{I} \times r_0 \quad (9)$$

$$= \frac{251.598,75 N.mm}{8.223,416 mm^4} \times 12,7$$

$$= 388,561 N/mm^2 = 388,561 MPa$$

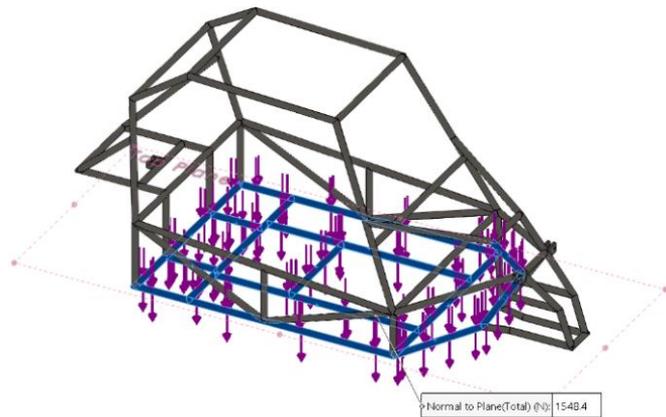
j. Tegang yang diijinkan

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_{tarik}}{sf} \quad (10)$$

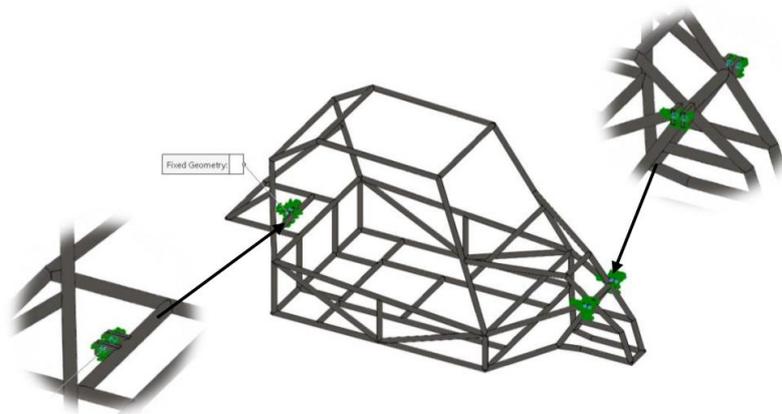
$$= \frac{580}{1,25} = 464 MPa$$

2. Uji Displacement

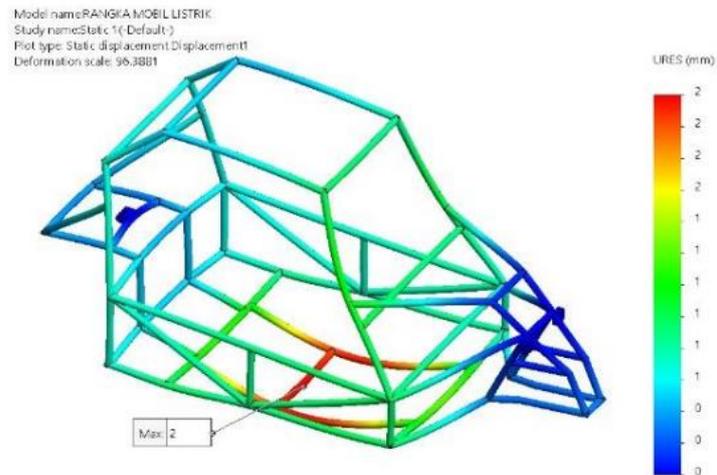
Uji *displacement* menggunakan simulasi pada *software solidwork* dimana untuk mendeteksi atau melihat perubahan atau defleksi yang dialami oleh rangka mobil listrik. Pada Gambar. 6 dibawah ini, terdapat beberapa warna, untuk warna biru menandakan bagian rangka yang menopang beban diatasnya, untuk warna ungu menandakan beban yang diberikan oleh rangka.



Gambar 6. Rangka mobil listrik yang menerima beban simulasi pembebanan pada rangka mobil listrik dilakukan dengan memberikan beban dengan seberat 158 kg, dengan percepatan gravitasi $9,8 m/s^2$ dengan mendapat hasil gaya sebesar 1.548,4 N. Pada pengujian diberikan tumpuan penjepit pada rangka seperti terlihat pada Gambar 7 dan mendapatkan data displacement rangka yang terlihat pada Gambar 8 dibawah ini.



Gambar 7. Tumpuan pada rangka



Gambar 8. Uji *displacement* rangka

Dari data diatas bahwa hasil simulasi uji *displacement* rangka mobil listrik menunjukkan defleksi terbesar yaitu 2 mm sedangkan untuk terkecil menunjukkan 0 mm.

4. KESIMPULAN

1. Desain rangka mobil listrik wijayakusuma type *tubular space frame* mendapatkan dimensi 2,05 x 0,85 x 1,1 m
2. Proses perhitungan menunjukkan bahwa rangka mobil listrik dinyatakan aman untuk digunakan, hal tersebut ditujukan bahwa tegangan maksimal pada rangka tidak melebihi tegangan ijin yaitu sebesar 388,561 Mpa dari 464 Mpa.
3. Uji *displacement* pada rangka mobil listrik menunjukkan bahwa rangka aman untuk digunakan dimana untuk rangka hanya mengalami defleksi sebesar 2 mm.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada pihak yang telah memberikan bantuan pada penelitian Perancangan dan Uji *Displacement* Rangka Mobil Listrik Wijayakusuma Tipe *Tubular Space Frame* Material Baja ST37. Serta semua contributor dalam penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. M. A. Nasution, J. Jufrizen, and M. E. Azhar, "Efek Mediasi Customer Engagement pada Pengaruh Brand Performance Terhadap Repeat Purchase Pengguna Sepeda Motor Yamaha di Kota Medan," *J. Hum. J. Ilmu Sos. Ekon. dan Huk.*, vol. 4, no. 2, pp. 11–22, 2020, doi: 10.30601/humaniora.v4i2.1195.
- [2] M. A. G. Rafadi Khan Khayru, Muhammad Wayassirli Amri, "Green Purchase Behavior Review Of The Role Of Price, Green Product, And Lifestyle.," *J. Mark. Bus. Res.*, vol. 2, no. 1, pp. 11–22, 2022, doi: 10.56348/mark.v1i2.35.
- [3] A. Judianto, O., Kurniadi, "Peningkatan Daya Jual Motor Listrik Di Indonesia Melalui Pemberdayaan Rekeyasa Teknik Re-Design Fairing Dengan Inosains," vol. 13, no. 2, 2018.
- [4] M. S. I.Arsie, M.Marotta, C.Pianese, G.Rizzo, "Optimal Design of a Hybrid Electric Car with Solar Cells," *1st AUTOCOM Work. Prev. Act. Saf. Syst. Road Veh.*, 2005.
- [5] F. Y. A. Wahyudi Noorsakti, "Studi Eksperimen Rancang Bangun Rangka Jenis Ladder Frame pada Kendaraan Sport," *J. Electr. Electron. Control. Automot. Eng.*, vol. 1, no. 1, 2017, doi: doi.org/10.32486/jeecae.v1i1.15.
- [6] U. S. Jati, D. Prabowo, hety D. Hastuti, and L. Van Gunawan, "Inspeksi Sambungan Rangka Mobil Listrik Tipe Tubular Space Frame Menggunakan Las

- GMAW dengan Cairan Liquid Penetrant,” *Infotekmesin*, vol. 15, no. 01, pp. 200–204, 2024, doi: 10.35970/infotekmesin.v15i1.2163.
- [7] B. Setyono, “Perancangan Dan Analisis Kekuatan Frame Sepeda Hibrid ‘Trisona’ Menggunakan Software Autodesk Inventor,” *J. IPTEK*, vol. 20, no. 2, p. 37, 2016, doi: 10.31284/j.ipitek.2016.v20i2.43.
- [8] C. Evangelos Tsirogiannis, “Design and Modelling Methodologies of an Efficient and Lightweight Carbon-fiber Reinforced Epoxy Monocoque Chassis, Suitable for an Electric Car,” *Mater. Sci. Eng. with Adv. Res.*, vol. 2, no. 1, pp. 5–12, 2017, doi: 10.24218/msear.2017.21.
- [9] I. Hasanudin, M. Tadjuddin, H. Akhyar, and Mardhatillah, “Desain dan Analisis Rangka Mobil Listrik Malem Diwa X.2 Model Prototype Menggunakan Metode Elemen Hingga,” *J. Tek. Mesin Unsyiah*, vol. 7, no. 1, pp. 10–14, 2019.
- [10] G. C. A. Nugraha, B. Hartono, and D. Yuliaji, “Rancang Bangun Rangka Mobil Listrik Ibn Khaldun Sakti (Iksa),” *AME (Aplikasi Mek. dan Energi) J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 1, p. 47, 2019, doi: 10.32832/ame.v5i1.2429.
- [11] Y. E. N. Mario Sariski Dwi Ellianto, “Rancang Bangun dan Simulasi Pembebanan Statik pada Sasis Mobil Hemat Energi Kategori Prototype,” *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 4, no. 2, pp. 53–58, 2020.
- [12] O. Hendi Ramadhani, Marno, “Perancangan Chasis Prototype Mobil Listrik Jenis Pick Up untuk Kebutuhan Kendaraan di Pedesaan,” *J. Serambi Eng.*, vol. 8, no. 3, pp. 6450–6460, 2023, doi: 10.32672/jse.v8i3.6340.
- [13] G. K. Tatan, F. Mulyana, D. Muhammad, and H. Tullah, “Perancangan Tubular Frame Chassis Pada Pengembangan Mobil Listrik 2 Penumpang Berbasis Perkotaan,” *Pros. Semin. Nas. Tek. Mesin Politek. Negeri Jakarta*, pp. 237–246, 2022, [Online]. Available: <http://prosiding.pnj.ac.id>.
- [14] J. R. S. Hajar Isworo, Abdul Ghofur, Gunawan Rudi Cahyono, “Analisis Displacement Pada Chassis Mobil Listrik Wasaka,” *J. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 94–104, 2019.
- [15] H. L. Wijayanto, “PERANCANGAN RANGKA KENDARAAN MICRO CAR,” *J. Inov. Penelit.*, vol. 2, no. 2, pp. 409–414, 2021.
- [16] R. D. Putra and M. A. Buqi, *Analisa Pengaruh Heat Treatment dan Variasi Kecepatan Putaran Pada Pengelasan Gesek Baja AISI 1045 Terhadap Kekuatan Tarik Struktur Mikro dan Kekerasan*. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang, 2023.