

RANCANG BANGUN RANGKA MOBIL LISTRIK IBN KHALDUN SAKTI (IKSA)

Gusti Chandra Agung Nugraha¹, Budi Hartono², Dwi Yuliaji³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

¹e-mail: gustichandra@gmail.com

ABSTRAK

Rangka adalah bagian terpenting dari sebuah mobil listrik karena pada bagian ini semua komponen dan penumpang diletakkan. Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan tegangan normal, defleksi, dan factor keamanan sebagai tolak ukur kekuatan sebuah rangka mobil. Perhitungan tegangan pada bagian depan rangka adalah $2,32 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, bagian tengah adalah $2,22 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, dan bagian belakang adalah $3,69 \times 10^7 \text{ N/m}^2$. Nilai defleksi yang terjadi di bagian depan dari rangka adalah 1,67 mm, di bagian tengah adalah 2,21 mm, dan di bagian belakang adalah 1,80 mm. Faktor keamanan pada bagian depan rangka adalah 10,7, bagian tengah adalah 11,2, dan bagian belakang adalah 6,77. Hasil perhitungan serta pengujian rangka mobil listrik ini menunjukkan capaian sesuai standar.

Kata kunci : defleksi, faktor keamanan, rangka, tegangan normal

ABSTRACT

Chassis is the most important part of an electric car because in this part all components and passengers are placed. In this study of the calculation of normal stress, deflection, and safety factors is done as a measure of the strength of a car chassis. Calculation of the stress on the front of the chassis is $2.32 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, the middle part is $2.22 \times 10^7 \text{ N/m}^2$, and the back is $3.69 \times 10^7 \text{ N/m}^2$. The deflection value that occurs at the front of the frame is 1.67 mm, at the center is 2.21 mm, and at the rear is 1.80 mm. The safety factor on the front part of the frame is 10.7, the middle part is 11.2, and the back part is 6.77. The results of the calculation and testing of the electric car chassis shows the achievements according to the standard.

Keywords : Chassis, Normal Stress, Deflection and Safety Factor

1. PENDAHULUAN

Mobil listrik merupakan salah satu mobil masa depan yang tidak menggunakan bahan bakar fosil secara langsung. Salah satu penelitian yang menggabungkan penggunaan energi sinar matahari dan mobil listrik (Arsie, Marotta, Pianese, Rizzo, & Sorrentino, 2005) menunjukkan semangat pembuatan mobil listrik dalam kalangan universitas.

Beban kendaraan mobil listrik berupa berat penumpang, berat mesin, dan berat komponen lainnya diletakkan di atas rangka. Kontruksi yang kuat untuk menahan beban kendaraan mobil listrik adalah karakter utama sebuah rangka (Wahyudi & Fahrudi, 2017). Pemilihan bahan, nilai defleksi, tegangan, serta safety factor adalah parameter yang utama untuk menentukan kekuatan sebuah rangka mobil listrik (Setyono, 2016).

Berat dan kekuatan rangka seringkali menjadi pertimbangan dalam pemilihan material sebuah rangka. Pada penelitian yang dilakukan oleh

(Tsirogiannis, Stavroulakis, & Makridis, 2017) yang mempertimbangkan keringanan namun keamanan dan kenyamanan sebuah mobil. Pemilihan material rangka yang ringan akan mempengaruhi terhadap konsumsi energi yang rendah. Namun pada penelitian kali ini konsumsi energi mobil listrik tidak dijadikan pertimbangan dalam pemilihan material.

Maka tujuan penelitian ini untuk merancang sebuah rangka mobil listrik IKSA yang memenuhi standar. Pada perancangan kerangka mobil listrik IKSA ini penulis menggunakan batang penampaang *hollow* ASTM A36 dengan ukuran 50 mm x 100 mm. Perhitungan teoritis yang difokuskan pada penelitian ini adalah mencari nilai tegangan normal, defleksi, dan *safety factor*. Penulis melakukan pengujian kekuatan kerangka serta dilakukan pengukuran defleksi dengan menggunakan alat ukur *dial indicator*.

2. METODE PENELITIAN

Tahapan kegiatan dalam proses penelitian ini dalam bentuk diagram alir yang ditunjukkan dalam Gambar 1. Pada penelitian ini dimulai dengan studi literatur mencari referensi jurnal-jurnal yang telah melakukan penelitian perakitan kerangka mobil listrik. Setelah mencari referensi langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi beban yang akan diterima oleh kerangka. Dari hasil identifikasi beban mulai perhitungan, perhitungan yang dilakukan pada penelitian ini adalah perhitungan tegangan, defleksi, dan *safety factor*. Setelah perhitungan secara numerik dan teoritis dilakukan validasi apakah memenuhi standar keamanan atau tidak, jika tidak maka perlu dilakukan desain ulang. Ketika proses validasi sesuai standar maka dilakukan proses produksi. Setelah rangka selesai dibuat dilakukan pengujian rangka dengan menggunakan dial indicator. Dilakukan pembahasan dan penarikan kesimpulan dan penelitian dianggap selesai.

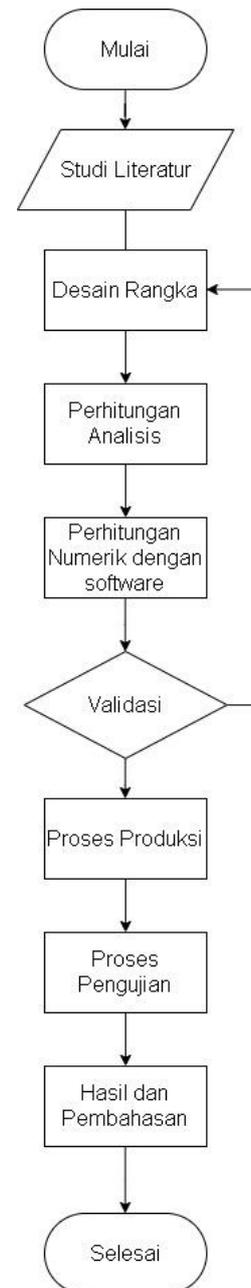
2.1 Desain Kerangka

Pada desain kerangka mobil listrik ada 3 bagian utama yang akan menerima beban. Adapun penjelasannya terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1 Bagian titik tumpuan beban kerangka

No	Bagian	Keterangan
1	WA	Pada bagian A terletak pada bagian depan kendaraan, beban yang ada pada bagian ini adalah beban <i>front part</i> .
2	WB	Pada bagian B terletak pada bagian tengah kendaraan, beban yang ada pada bagian ini adalah beban penumpang 2.
3	WC	Pada bagian C terletak pada bagian belakang kendaraan, beban yang ada pada bagian ini adalah beban mesin kendaraan.

Adapun spesifikasi dari kerangka dan material mobil listrik IKSA yaitu lebar total sebesar 1.300 mm dan panjang total kerangka mobil adalah 3.512 mm. Material yang dipakai adalah ASTM A36.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.2 Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang akan digunakan pada perakitan kerangka mobil listrik IKSA dapat dilihat pada Tabel 2 & 49.

Tabel 2. Bahan Untuk Proses Produksi

No	Nama Bahan	Tipe Bahan	Ukuran
1	Besi hollow	ASTM A36	50x100 mm ²
2	Plat	ASTM A36	5 mm

Tabel 3. Alat Untuk Proses Produksi

No	Nama Alat	Jumlah	Satuan
1	Mesin Las	1	unit
2	Gerinda	1	unit
3	Mesin Potong	1	unit
4	Consumable	1	lot

2.3 Pengujian

Parameter yang ditekan pada pengujian ini adalah obyek *displacement* pada konstruksi rancangan kerangka mobil listrik IKSA. Pada pengujian *displacement* akan digunakan menggunakan alat ukur *dial indicator*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

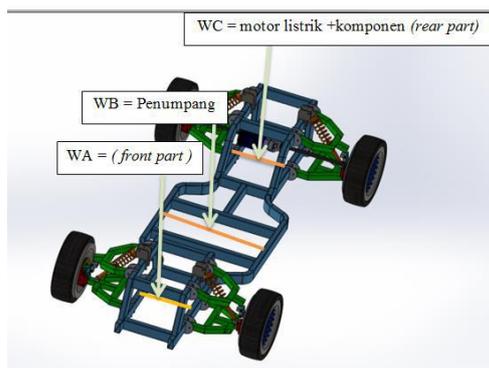
Adapun hasil proses produksi kerangka mobil listrik IKSA beserta kedudukan komponen dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil proses produksi kerangka

3.1 Pembebanan Rangka IKSA

Kerangka merupakan bagian dari kendaraan yang mempunyai banyak fungsi sehingga beban yang diterima tiap bagiannya tidak sama. Distribusi beban yang terjadi pada kerangka mobil listrik IKSA terbagi menjadi tiga yaitu bagian WA, bagian WB, dan bagian WC. Gambar 3 menunjukkan pembagian distribusi beban pada rangka IKSA.



Gambar 3. Distribusi beban konstruksi kerangka

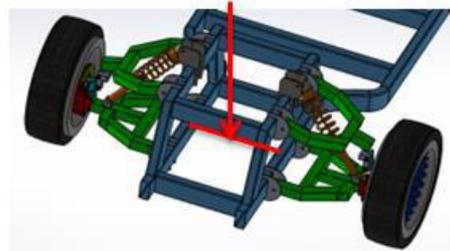
Keterangan pada pembagian beban diatas adalah sebagai berikut :

$$WA = 102 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 6116 \text{ N}$$

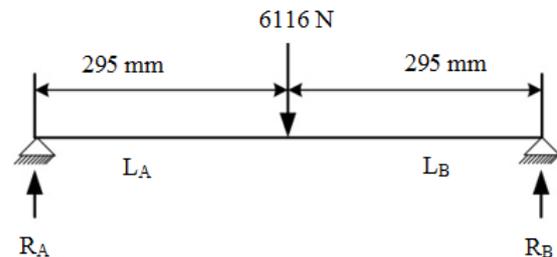
$$WB = 320 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 3139,2 \text{ N}$$

$$WC = 153 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 971,4 \text{ N}$$

Kerangka bagian $R_A - R_B$ (*Front part*) dengan beban 6116 N, diagram benda bebas dapat dilihat pada Gambar 4 & Gambar 5.

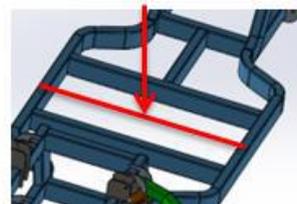


Gambar 4. Pembebanan pada section WA

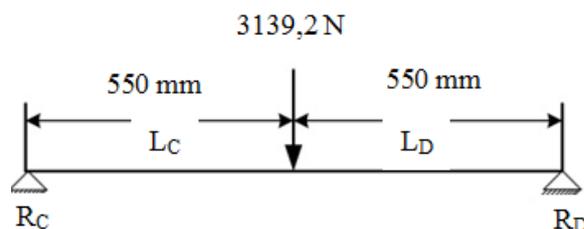
Gambar 5. Diagram benda bebas bagian $R_A - R_B$

Hasil beban pada titik R_A dan R_B adalah $R_A = 3059 \text{ N}$ dan $R_B = 3059 \text{ N}$.

Kerangka bagian $R_C - R_D$ (penumpang) dengan beban 3139,2 N, diagram benda bebas dapat dilihat pada Gambar 6 & Gambar 7.

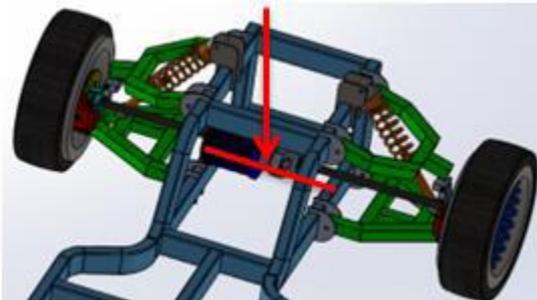


Gambar 6. Pembebanan pada section WB

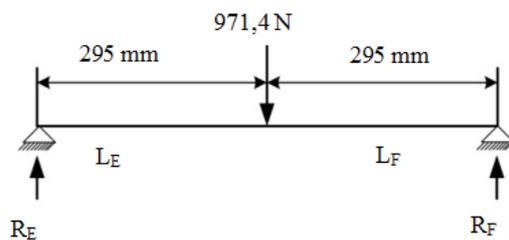
Gambar 7. Diagram benda bebas bagian $R_C - R_D$

Hasil beban pada titik R_D dan R_C adalah R_D 1569,6 N dan R_C 1569,6 N.

Kerangka bagian $R_E - R_F$ (motor listrik + komponen (rear part) dengan beban 971,4 N, diagram benda bebas dapat dilihat pada Gambar 8 & Gambar 9.



Gambar 8. Pembebanan pada section WC



Gambar 9. Diagram benda bebas bagian $R_E - R_F$

Hasil beban pada titik R_E dan R_F adalah $R_E = 485,7$ N dan $R_F = 485,7$ N.

3.2 Tegangan Normal

Menentukan tegangan normal akibat momen membutuhkan nilai momen pada rangka IKSA. Nilai momen kerangka dibagi menjadi tiga yaitu bagian WA, WB dan WC. Persamaan (1) digunakan untuk menentukan nilai momen.

$$M_L = F_R \times L \quad (1)$$

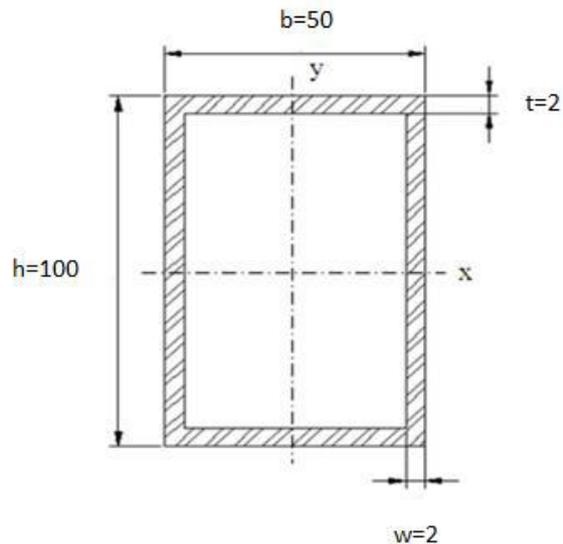
Dimana :

ML = Moment Lentur (Nm)

FR = Beban Radial (N)

L = Jarak (m)

Setelah mendapatkan nilai momen lentur selanjutnya mencari momen inersia pada kerangka. Kerangka mobil listrik IKSA ini menggunakan batang penampang *hollow* ASTM A36 seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Penampang ASTM A36

Persamaan (2) yang digunakan untuk menemukan momen inersia adalah sebagai berikut.

$$I = \frac{4W}{3} \left(\frac{h}{2} - t \right)^3 + \frac{2b}{3} \left[\left(\frac{h}{2} \right)^3 - \left(\frac{h}{2} - t \right)^3 \right] \quad (2)$$

Dengan parameter:

$b = 50$ mm

$h = 100$ mm

$w = 2$ mm

$t = 2$ mm

Nilai momen inersia pada material yang digunakan pada kerangka mobil listrik adalah $7,75 \times 10^5$ mm⁴. Setelah mendapatkan nilai momen inersia profil terhadap kerangka selanjutnya mencari nilai tegangan normal akibat momen. Menentukan tegangan normal akibat momen pada bagian WA, WB, dan WC, yaitu menggunakan persamaan (3).

$$\sigma = \frac{M_L \times c}{I} \quad (3)$$

Dimana :

σ = Tegangan (N/m)

C = Jarak vertikal dari titik berat penampang ke sebuah titik yang kita amati. Tegangan normal akibat moment pada bagian WA adalah $2,32 \times 10^7$ N/m², WB adalah $2,22 \times 10^7$ N/m² dan pada WC adalah $3,69 \times 10^7$ N/m².

3.3 Defleksi

Tinggi rendahnya nilai defleksi tergantung pada tinggi rendahnya beban yang diberlakukan pada setiap bagian dari rangka mobil tersebut. Dalam menentukan nilai defleksi ini dibagi menjadi tiga

bagian yaitu WA, WB, dan WC. Persamaan (4) digunakan untuk menentukan nilai defleksi.

$$\delta = \frac{w \times L^4}{48 \times E \times I} \quad (4)$$

Dimana:

W = Beban (N)

L = Panjang batang (m)

E = Modulus elastisitas (N/mm²)

I = Momen inersia (mm⁴)

Dengan hasil tersebut maka ditemukan nilai defleksi pada bagian WA sebesar 1,67 mm, pada bagian WB sebesar 2,21 mm dan pada bagian WC sebesar 1,80 mm.

3.4 Safety factor

Safety factor atau faktor keamanan merupakan suatu batas aman dari suatu alat dalam menerima pembebanan. Dalam menentukan *safety factor* ini dibagi menjadi tiga bagian, yaitu WA, WB, dan WC *Safety factor* didapatkan dari persamaan (5).

$$SF = \frac{Yield\ Strength}{Tegangan\ Normal} \quad (5)$$

Dengan *Yield Strength* ASTM A36 adalah 250 MPa maka dapat hitung *safety factor* pada bagian WA adalah 10,7, bagian WB adalah 11,2, dan bagian WC = 6,77. Pada umumnya nilai *safety factor* yang digunakan dalam keadaan dinamis, pembebanan yang tidak tentu dalam perjalanan, seperti kerangka pada mobil adalah 4 (Childs, 2014). Rangka *chassis* IKSA memiliki nilai *safety factor* yang lebih baik dibandingkan penelitian yang dilakukan oleh (Wahyudi & Fahrudi, 2017).

3.5 Hasil Uji Coba Kerangka Pada Keadaan Statis

Hasil uji coba kerangka dengan menggunakan *dial indicator* dapat dilihat pada Gambar 11 & Tabel 4. Menurut standar ISO 2768, standar perpindahan yang terjadi harus 1 mm / 10.000 mm. Hasil uji coba kerangka mobil listrik IKSA lendutan yang terbesar pada kerangka terjadi pada section WB yaitu 11 mm, hasil ini terjadi karena kerangka belum mendapat redaman dari suspensi mobil dan nam mobil.



Gambar 11. Pengukuran langsung defleksi rangka IKSA

Tabel 4 Hasil pengukuran langsung defleksi rangka IKSA

No	Titik Beban	Beban	Hasil
1	WA	102 kg	0.5 mm
2	WB	320 kg	11 mm
3	WC	153 kg	0.89 mm

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan tahap perhitungan rancang bangun kerangka mobil listrik IKSA dapat disimpulkan bahwa kekuatan kerangka mobil cukup kuat, karena spesifikasi yang telah didapatkan memenuhi standar minimal dari tegangan maksimum bahan yaitu 250 Mpa. Analisis menunjukkan bahwa pada keadaan statis dengan beban yang diterima kerangka mencapai 600 kg. Tegangan maksimum yang diterima oleh kerangka adalah 22,2 N/mm² dari tegangan maksimum material ASTM A36 yaitu sebesar 250 N/mm² sehingga produk yang dihasilkan telah memenuhi standar keamanan.

Hasil rancang bangun yang dilakukan penelitian ini menunjukkan hasil yang sesuai standar kekuatan rangka.

REFERENSI

- Arsie, I., Marotta, M., Pianese, C., Rizzo, G., & Sorrentino, M. (2005). Optimal design of a hybrid electric car with solar cells. *Proc. of 1st AUTOCOM Workshop on Preventive and Active Safety Systems for Road Vehicles, Istanbul*.
- Childs, P. R. N. (2014). *Mechanical Design Engineering Handbook*. Butterworth-Heinemann.
- Setyono, B. (2016). Perancangan Dan Analisis Kekuatan Frame Sepeda Hibrid "Trisona" Menggunakan Software Autodesk Inventor. *Jurnal IPTEK*, 20(2), 37. <https://doi.org/10.31284/j.iptek.2016.v20i2.43>
- Tsirogiannis, E. C., Stavroulakis, G. E., & Makridis,

- S. S. (2017). Design and Modelling Methodologies of an Efficient and Lightweight Carbon-fiber Reinforced Epoxy Monocoque Chassis, Suitable for an Electric Car. *Material Science and Engineering with Advanced Research*, 2(1), 5–12. <https://doi.org/10.24218/msear.2017.21>
- Wahyudi, N., & Fahrudi, Y. A. (2017). Studi Eksperimen Rancang Bangun Rangka Jenis Ladder Frame pada Kendaraan Sport. *JEECAE (Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering)*, 1(1), 71–75. <https://doi.org/10.32486/jeecae.v1i1.15>