

## Perancangan Dan Simulasi Desain Rangka Sepeda Motor Listrik Tipe *Trellis* Menggunakan *Finite Element Metode (FEM)*

Muhamad Ari Hidayat<sup>1)</sup>, Gatot Eka Pramono<sup>1)</sup>, Roy Waluyo<sup>1)</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

### ABSTRAK

Sepeda motor listrik merupakan salah satu kendaraan yang memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber tenaganya. Listrik sebagai sumber energi yang disimpan dalam baterai. Energi listrik yang tersimpan di dalam baterai di ubah menjadi energi gerak menggunakan motor listrik. Komponen yang terpenting dalam pembuatan motor listrik salah satunya yaitu rangka. Rangka berfungsi untuk mendukung keberadaan komponen-komponen diantaranya ; motor listrik, transmisi, baterai, pegas dan lain-lain. pada rangka pulalah dipasangkan body kendaraan. Dalam penelitian ini dilakukan perancangan rangka sepeda motor listrik tipe *Trellis*. Tipe *trellis* dipilih karena mudah di desain dan dapat menyokong dan memberi dudukan yang kuat. Proses desain menggunakan metode elemen hingga (*finite element metode*). *Software* yang digunakan adalah *Autodesk Inventor- Simulation Mechanical*. Penelitian ini bertujuan mendapatkan distribusi tegangan, regangan dan *displacement* sebagai pertimbangan dalam menentukan dimensi dan material yang tepat yang akan digunakan pada rangka sepeda motor listrik. Melakukan pengujian static dari kedua model desain rangka dengan memberi beban 120 kg, 130 kg, 140 kg, 150 kg dan 169 kg. untuk menentukan desain terbaik dari hasil pengujian *static*, dengan nilai hasil tegangan maksimal dari pembebanan terbesar 169 kg = 1.615 N/mm<sup>2</sup>, Defleksi = 0.0050 mm dan nilai *safety factor* = 1.96 + 02. dipilih desain rangka 2 untuk sepeda motor listrik MELISKA. Optimalisasi distribusi tegangan dan defleksi berada di ujung rangka. Kesimpulan : berdasarkan hasil analisa dari kedua desain rangka sepeda motor listrik mendapatkan hasil simulasi kekuatan dan *safety factor* terbaik sehingga aman digunakan.

**Kata kunci** : FEM; rangka; sepeda motor listrik; *trellis*; tegangan

### ABSTRACT

*Electric motorcycle is one of the vehicles that use electricity as a source of energy. Electricity as a source of energy is stored in batteries. Electrical energy stored in batteries is converted into motion energy using an electric motor. The most important component in making an electric motor is one of them is the frame. The framework functions to support the existence of components including; electric motors, transmissions, batteries, springs and others. on the framework also paired the vehicle body. In this study the design of the Trellis type electric motorcycle frame was carried out. The trellis type was chosen because it is easy to design and can support and provide a strong stand. The design process uses the finite element method. The software used is Autodesk Inventor-Simulation Mechanical. This study aims to obtain the distribution of stress, strain and displacement as a consideration in determining the exact dimensions and material that will be used in the framework of an electric motorcycle. conduct static testing of both frame design models by giving a load of 120 kg, 130 kg, 140 kg, 150 kg and 169 kg. to determine the best design of the static test results, with the maximum stress value from the highest loading 169 kg = 1.615 N / mm<sup>2</sup>, Deflection = 0.0050 mm and the value of the safety factor = 1.96+02. selected frame design 2 for MELISKA electric motorcycle. Optimization of stress distribution and deflection is at the end of the frame. Conclusion: based on the results of the analysis of the two electric motorbike frame designs get the best power and safety simulation results so it is safe to use.*

**Keywords** : *electric motorcycle; FEM; frame; stress; trellis*

## PENDAHULUAN

Masalah polusi dari penggunaan sepeda motor merupakan salah satu faktor penting yang harus di perhatikan dalam menjalankan aktivitas sehari-hari, karena salah satu faktor penyumbang polusi udara yang paling besar adalah kendaraan. (Greeners, 2015). Asap kendaraan yang di produksi oleh milyaran kendaraan setiap harinya akan menyebabkan polusi udara. Oleh karena itu, perlu mencari sumber-sumber energi alternatif yang cukup potensial untuk menggantikannya, salah satunya dengan mengembangkan sepeda motor listrik yang relatif lebih ramah lingkungan (Nurhadi, 2018). Sepeda motor listrik merupakan salah satu kendaraan yang memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber tenaganya. Energi listrik disimpan dalam baterai yang kemudian diubah menjadi energi mekanik menggunakan motor listrik (Zainuri Fuad, 2015).

Beberapa peneliti telah melakukan upaya dalam pengembangan sepeda motor listrik diantaranya; Nurhadi mendesain sepeda motor listrik yang dibuat menggunakan penggerak motor DC, serta menguji kecepatan kendaraan terhadap arus baterai yang digunakan dan pengaruh variasi berat pengemudi. Dari penelitian diperoleh hasil berupa prototipe sepeda motor listrik mini dengan kecepatan maksimal 20 km/jam. Pada berat pengemudi 19.5 – 29.4 kg dan kecepatan motor 10-20 km/jam (Nurhadi, 2018). Suwandi dkk. Melakukan penelitian tentang manufaktur prototipe konstruksi rangka sepeda motor listrik kapasitas 1 kW dengan penggerak roda belakang (Suwandi, M. Wibisana, & Dahmir, 2018)

Pada kendaraan bermotor, rangka merupakan bagian terpenting (Suwandi, M. Wibisana, & Dahmir, 2018) yang akan menahan dan sebagai tempat dudukan berbagai macam komponen-komponen seperti motor listrik, baterai, kontroler, *charger*, dan lain-lain, serta mendukung beban komponen tersebut pada sistem kendaraan. Perhitungan kekuatan rangka merupakan hal yang sangat penting untuk memastikan rangka mampu menahan beban, baik penumpang atau komponen-komponen yang didukung oleh rangka. Perhitungan kekuatan rangka dapat dilakukan secara manual (*hand calculation*) atau dengan menggunakan metode elemen hingga (*finite element method*). Banyak software yang bisa digunakan seperti solidworks (Muh Alfatih Hendrawan, 2018), Autodesk

Inventor (Setyono, 2016), CATIA (Sari & Santoso, 2012).

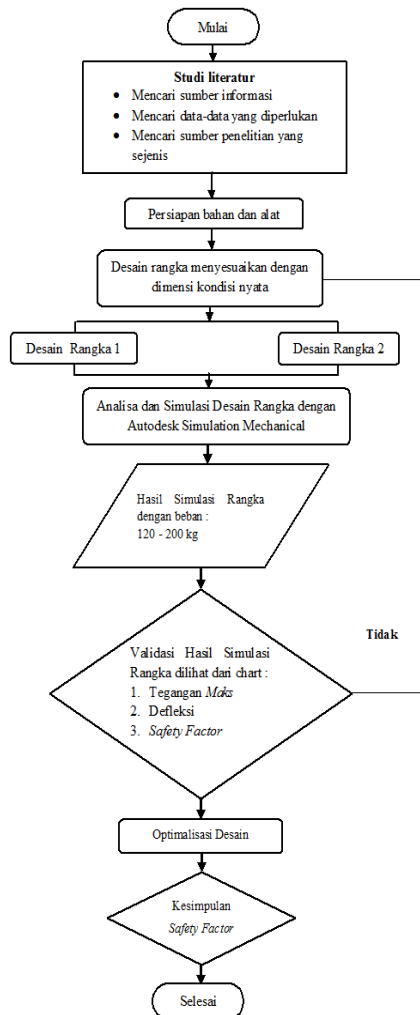
Dalam penelitian ini akan dilakukan perancangan rangka dan simulasi rangka sepeda motor listrik. Rangka yang akan dibuat menggunakan rangka tipe *Trellis Frame*, karena tipe ini mudah didesain. Selain itu rangka tipe *Trellis Frame* ini dapat menyokong dan memberi dudukan yang kuat dari beban yang akan diterima oleh rangka (Darajat, 2016). Tiga desain rangka akan disimulasikan untuk mendapatkan hasil simulasi terbaik (tegangan, *displacement*, *safety factor* dan regangan) dengan memvariasikan beban pada rangka. Proses simulasi model rangka dalam penelitian ini menggunakan software *Autodesk Simulation Mechanical 2017*.

## METODE PENELITIAN

Tahapan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis, yaitu suatu metode yang digunakan untuk memprediksi suatu material atau desain dengan cara menganalisis desain tersebut dengan metode - metode analisis yang dibutuhkan. Yang pertama mencari referensi – referensi tentang sepeda motor listrik yang menggunakan tipe *supermoto*. Yang kedua men desain rangka jenis *trellis frame* yang bermuatan 1 penumpang dan menentukan jenis bahan yang mudah di dapat untuk rangka. Yang ketiga membuat rancangan penelitian dan membuat alur penelitian. Dan yang terakhir menganalisa hasil simulasi dari beberapa jenis rangka *Trellis frame*.

Tahapan yang di lakukan dalam perancangan ini adalah :

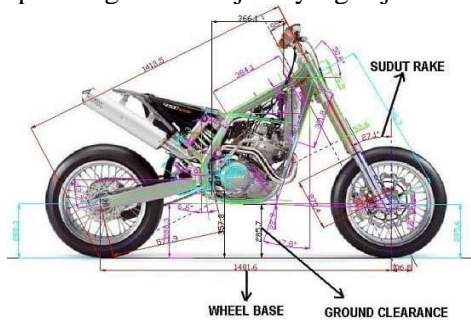
1. Membuat dua desain perancangan rangka tipe *Trellis frame* dan menentukan jenis bahan yang dipakai.
2. Melakukan pengujian dari kekuatan konstruksi rangka tipe *Trellis frame* melalui simulasi *Autodesk Simulation Mechanical*.
3. Analisis data dari pengujian konstruksi rangka tipe ladder frame.



Gambar 1. Diagram alir penelitian (flow chart)

**Bentuk Desain Rangka**

Desain rangka ini menggunakan konsep sepeda motor jenis Supermoto yang mampu digunakan hampir di segala medan jalan yang terjal.



Gambar 2. Dimensi Sepeda Motor Jenis Supermoto

Bahan yang digunakan dalam pembuatan rangka ini adalah besi Hollow AISI 1015 dengan ukuran 50 x 25 x 1.4 mm.

Dengan Komposisi kimia :

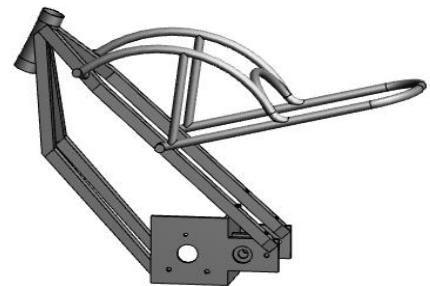
- Karbon max = 0,13 - 0.18 %
- Iron, Fe = 99.13 – 99.57 %
- Sulfur, S = ≤ 0.050 %
- Posfor max = ≤ 0.040 %
- Belerang max = 0,01 – 0,06 %

**Komposisi mekanik**

- Tegangan luluh = 325 Mpa
- Tegangan tarik = 385 Mpa
- Elongation = 21 %

**Desain rangka MELISKA 1**

Desain ini menggunakan hollow ukuran 30 x 30 x 3 mm dengan tipe material AISI 1015. Detail dari desain bisa dilihat dari gambar dibawah ini:

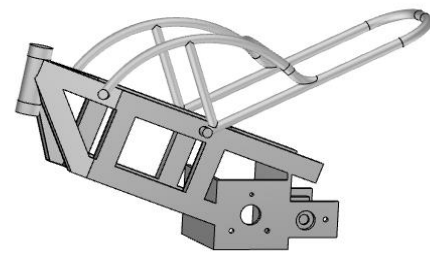


Gambar 3. Bentuk 3D Rangka 1

Keterangan desain rangka :

1. Panjang rangka : 800.37 mm
2. Lebar rangka : 226 mm
3. Total Hollow : 8 pcs

**Desain rangka MELISKA 2**



Gambar 4. Bentuk 3D Rangka 2

Keterangan desain rangka :

4. Panjang rangka : 761.29 mm
5. Lebar rangka : 220 mm
6. Total Hollow : 15 pcs

Dari dua model desain rangka yang telah dibuat, maka proses selanjutnya men-simulasikan desain rangka dengan Autodesk Simulation Mechanical. Kedua desain rangka akan diberikan beban keseluruhan total rangka dengan beban 120 kg, 130 kg, 140 kg 150 kg dan 169 kg.

**Optimalisasi Desain Rangka**

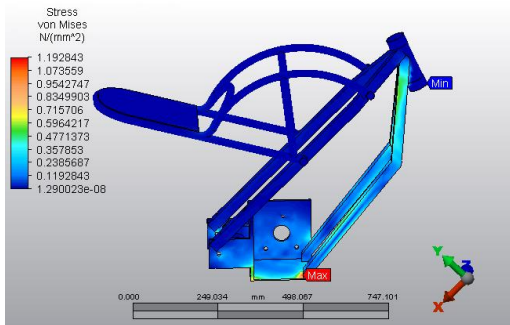
Pengoptimalisasian desain rangka akan dilakukan jika model desain sudah terpilih. Maka akan dilakukannya proses desain selanjutnya dengan memberi radius pada kedua ujung rangka yang terpilih sebesar 1.64 mm untuk mengurangi tegangan dan defleksi pada rangka.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Simulasi Desain Rangka MELISKA 1**

Hasil dari pengujian static MELISKA 1, bisa dilihat dari data yang ditampilkan dibawah ini. Dimana tegangan, defleksi dan nilai *safety factor* didapat dari beban yang diterima rangka, yaitu 120 kg, 130 kg, 140 kg ,150 dan 169kg.

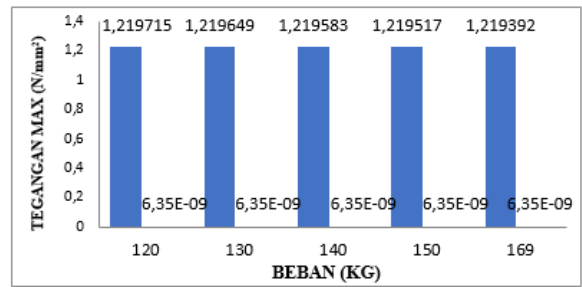
A. Tegangan yang terjadi dalam rangka MELISKA 1 bisa dilihat dari gambar dan data tabel dibawah ini.



**Gambar 5.** Tegangan rangka 1

Tabel 3.1 Hasil Tegangan yang terjadi pada Rangka Meliska 1

No	Beban (kg)	Tegangan Min. (N/mm <sup>2</sup> )	Tegangan max. (N/mm <sup>2</sup> )
1	120	6.352E-09	1.219715
2	130	6.352E-09	1.219649
3	140	6.352E-09	1.219583
4	150	6.352E-09	1.219517
5	169	6.352E-09	1.219392

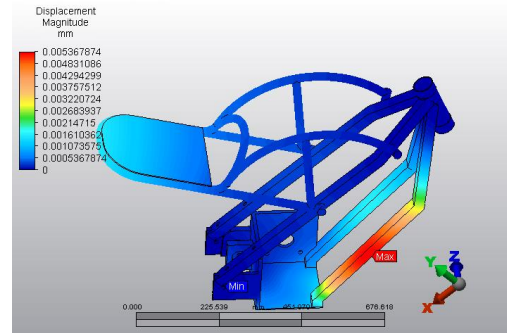


**Gambar 6.** Grafik Tegangan Terhadap Beban Rangka 1

Hasil dari simulasi tegangan maximum yang terjadi pada beban 120 kg = 1.2197 N/mm<sup>2</sup>, 130 kg = 1.2196 N/mm<sup>2</sup>, 140 kg = 1.2195 N/mm<sup>2</sup>, 150 kg = 1.2195 N/mm<sup>2</sup> dan 169 = 1.2193 N/mm<sup>2</sup>.

A. Defleksi :

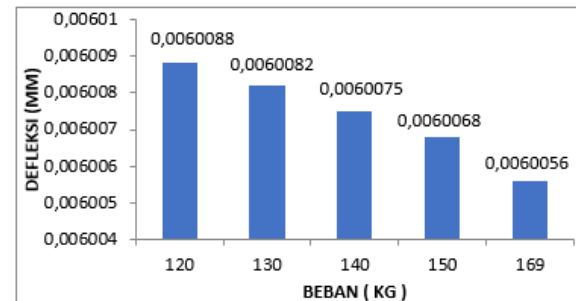
Defleksi yang terjadi dari hasil simulasi ini akan ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



**Gambar 7.** Defleksi terhadap beban rangka 1

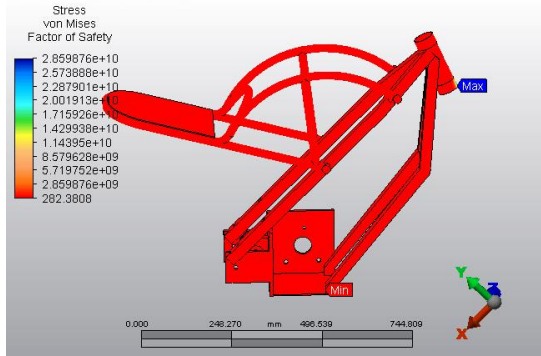
Tabel 3.2 Hasil Defleksi yang terjadi pada rangka Meliska 1

No	Beban (kg)	Defleksi Min. (mm)	Defleksi Max. (mm)
1	120	0	0.0060088
2	130	0	0.0060082
3	140	0	0.0060075
4	150	0	0.0060068
5	169	0	0.0060056



**Gambar 8.** Grafik defleksi Terhadap Beban Rangka 1

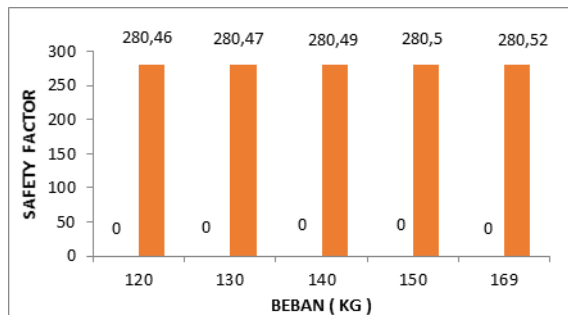
B. Safety Factor



Gambar 9. Safety Factor pada rangka 1

Tabel 3.3 Safety Factor pada rangka Meliska 1

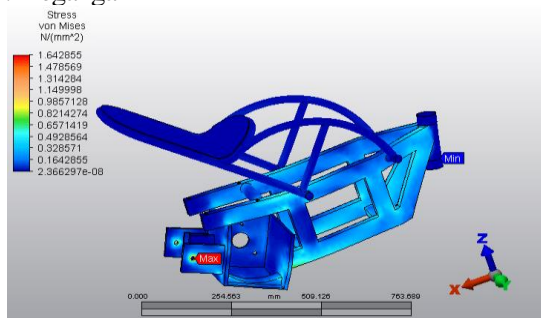
No	Beban (kg)	Safety Factor Min. (mm)	Safety Factor Max. (mm)
1	120	4.9414 E+10	280.46
2	130	4.9436 E+10	280.47
3	140	4.9458 E+10	280.49
4	150	4.9479 E+10	280.50
5	169	4.9520 E+10	280.52



Gambar 10. Grafik Safety Factor pada Rangka 1

Hasil Simulasi Desain Rangka MELISKA 2

A. Tegangan

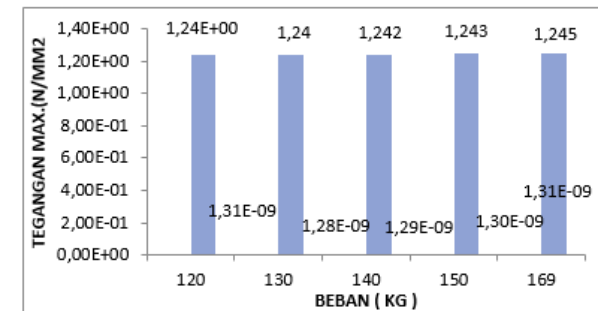


Gambar 11. Desain Rangka 2

Tabel 3.4 Hasil Tegangan pada Rangka Meliska 2

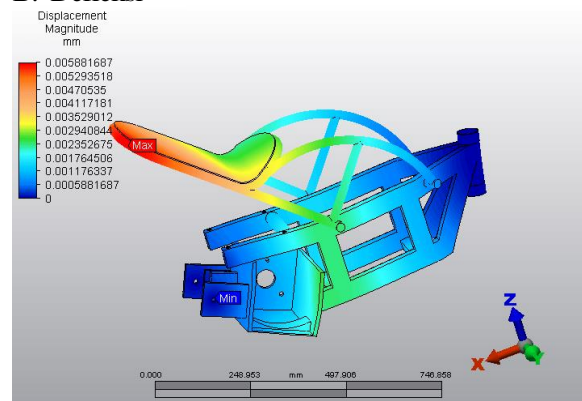
No	Beban (kg)	Tegangan Min. (N/mm <sup>2</sup> )	Tegangan max. (N/mm <sup>2</sup> )
1	120	1.31E-09	1.239
2	130	1.28E-09	1.240

3	140	1.29E-09	1.242
4	150	1.30E-09	1.243
5	169	1.31E-09	1.245



Gambar 12. Grafik Tegangan Rangka 2

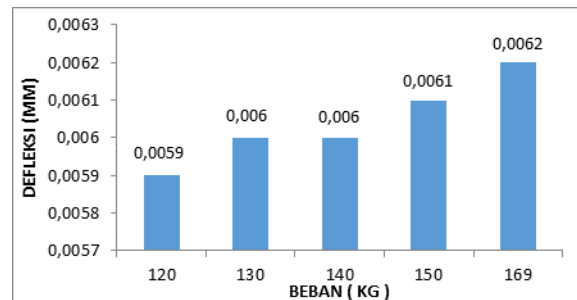
B. Defleksi



Gambar 13. Grafik Tegangan Rangka 2

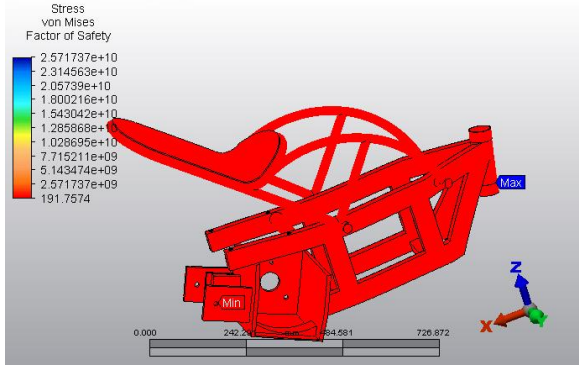
Tabel 3.5 Hasil Defleksi pada Rangka Meliska 2

No	Beban (kg)	Defleksi Min. (mm)	Defleksi Max. (mm)
1	120	0	0.0059
2	130	0	0.0060
3	140	0	0.0060
4	150	0	0.0061
5	169	0	0.0062



Gambar 14. Grafik Defleksi Rangka 2

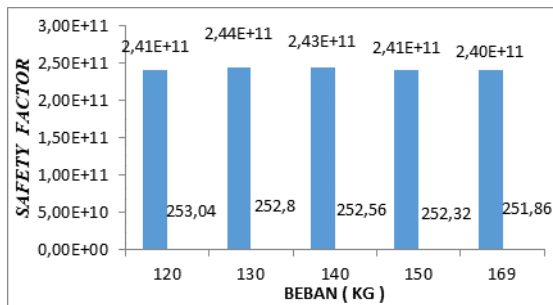
C. Safety Factor



Gambar 15. Safety Factor Rangka 2

Tabel 3.4 Hasil Safety Factor pada Rangka Meliska 2

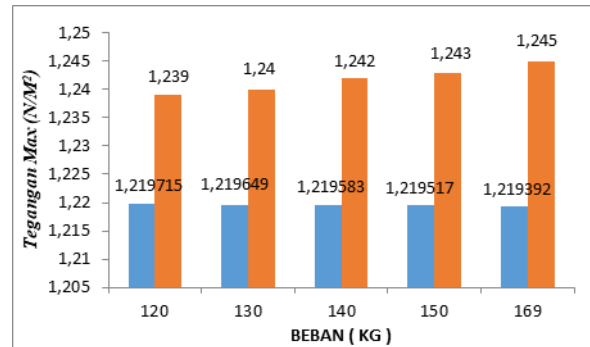
No	Beban (kg)	Safety Factor Min. (mm)	Safety Factor Max. (mm)
1	120	2.411E+11	253.04
2	130	2.437E+11	252.80
3	140	2.432E+11	252.56
4	150	2.406E+11	252.32
5	169	2.399E+11	251.86



Gambar 16. Grafik Safety Factor Rangka 2

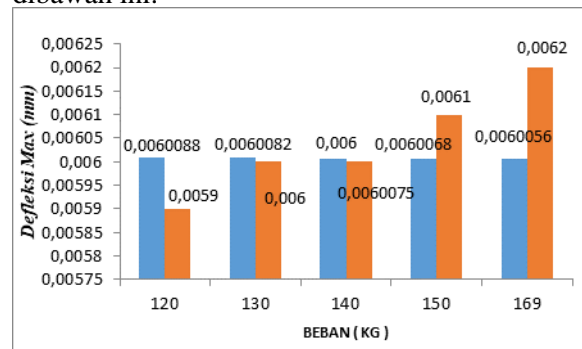
Pembahasan Desain Rangka MELISKA 1 dan MELISKA 2

Seluruh desain dibuat dan dihitung kekuatan serta massanya, hal selanjutnya adalah pemilihan desain menurut kriteria yang telah ditentukan. Dari kedua desain rangka MELISKA yang telah di desain memiliki hasil simulasi yang berbeda. Dimana dari hasil simulasi semua desain akan dipilih dari hasil simulasi kekuatan terbaik. Data simulasi kedua desain MELISKA ditunjukkan pada tabel berikut dan chart dibawah ini.



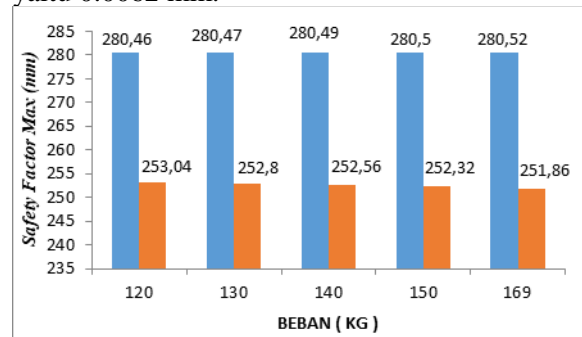
Gambar 17. Grafik Tegangan kedua Rangka

Untuk melihat hasil defleksi dari ke dua desain rangka yang diperoleh dari hasil simulasi maka bisa dilihat dari chart yang ditampilkan dibawah ini.



Gambar 18. Grafik Defleksi kedua Rangka

nilai defleksi terendah sampai dengan beban 169 kg adalah desain MELISKA 2. Dimana dari desain MELISKA 2 mempunyai nilai defleksi yang baik dari pada desain MELISKA pertama. Hasil dari perhitungan simulasi desain rangka MELISKA 2 dari beban 169 kg nilai defleksi yaitu 0.0062 mm.

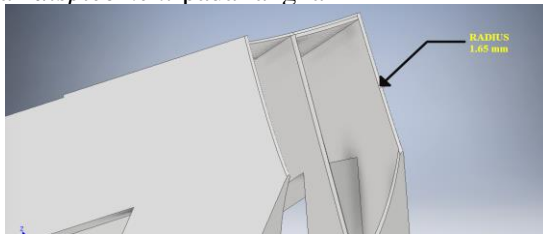


Gambar 19. Grafik Defleksi kedua Rangka

nilai *safety factor* yang di dapat pada dua desain MELISKA dan memiliki nilai *safety factor* tertinggi adalah desain MELISKA 2. Dimana nilai *safety factor* diatas angka 14. Dari beban terbesar yang diterima rangka MELISKA nilai *safety factor* yaitu 251.86.

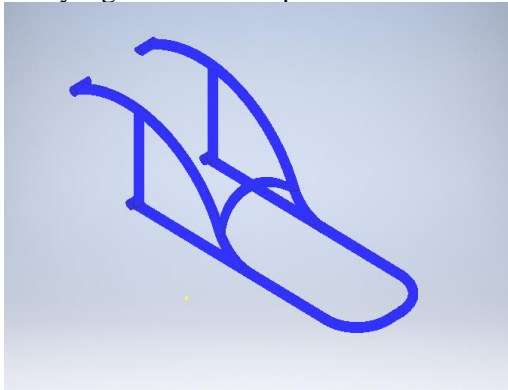
**Optimalisasi Desain**

Mengoptimalkan desain rangka yang terpilih untuk mendapatkan dimensi, kekuatan dan defleksi yang lebih baik. Selain dari itu, optimalisasi desain dilakukan untuk mendapatkan posisi pengemudi yang nyaman, dudukan motor yang tepat dan suspensi yang stabil. Maka akan dilakukanya proses desain selanjutnya dengan memberi Radius Pada ujung rangka dekat komstir untuk mengurangi tegangan dan *displecment* pada rangka



**Gambar 20.** Optimalisasi dengan radius

Part yang ditambahkan pada desain Meliska:

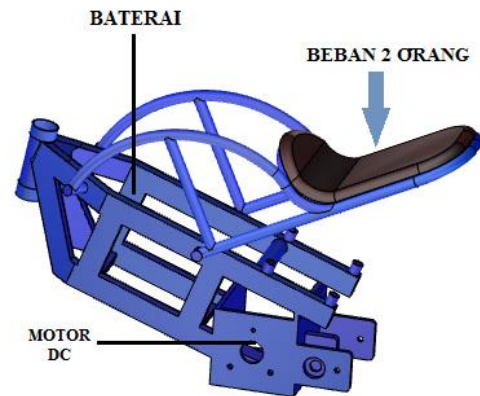


**Gambar 21.** Optimalisasi dengan radius



**Gambar 22.** Dudukan Rangka

Dari *part* diatas terbentuk sebuah desain rangka sepeda motor listrik seperti gambar yang bisa dilihat di bawah ini :

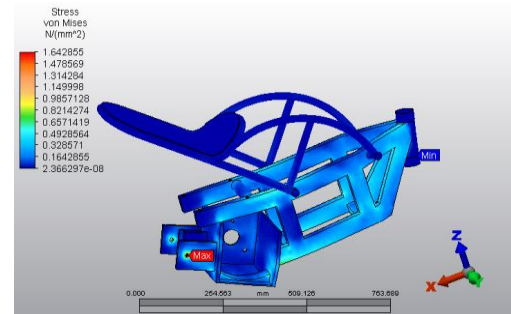


**Gambar 23.** Optimalisasi dengan radius

**Hasil Simulasi dengan Optimalisasi**

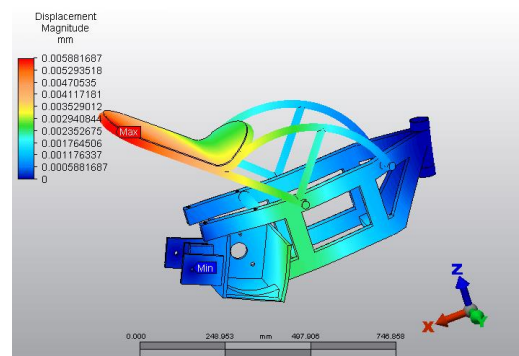
Pengujian *static* pada desain MELISKA yang sudah dilakukan optimalisasi pada ujung rangka dengan menambahkan radius.

A. Tegangan max pada rangka optimalisasi Radius

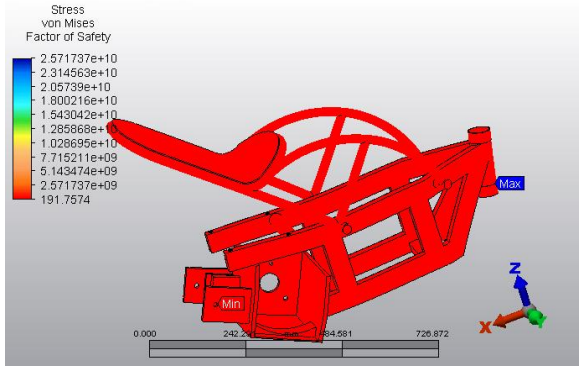


**Gambar 24.** Tegangan Optimalisasi

B. Defleksi yang terjadi pada rangka



**Gambar 25.** Defleksi Optimalisasi



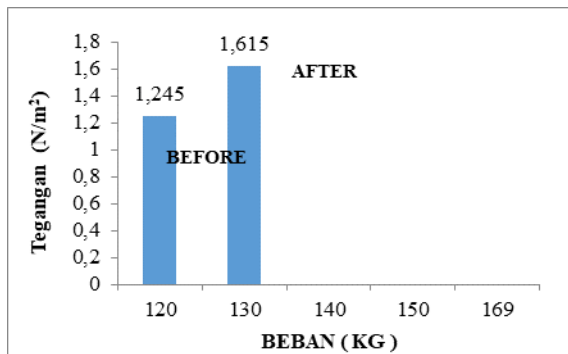
Gambar 26. Safety Factor Optimalisasi

**Pembahasan Hasil Simulasi**

Perbandingan dari hasil pengujian *static* dari sebelum di optimalisasi dan sesudah optimalisasi desain bisa data yang ditampilkan dibawah ini :

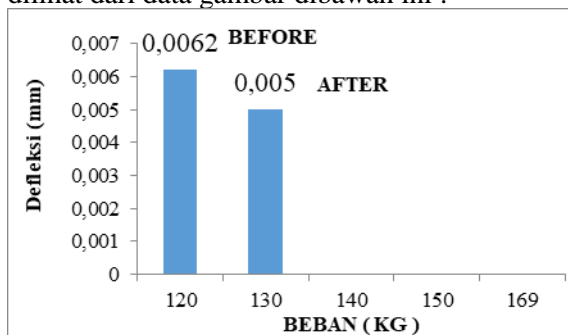
Tabel 3.4 Hasil Simulasi Rangka 1 dan 2

NO	Before			After		
	Tegangan max. (N/m <sup>2</sup> )	Defleksi Max. (mm)	Safety Min.	Tegangan max. (N/m <sup>2</sup> )	Defleksi Max. (mm)	Safety Min.
1	1.245	0.0062	251.86	1.615	0.0050	195.95



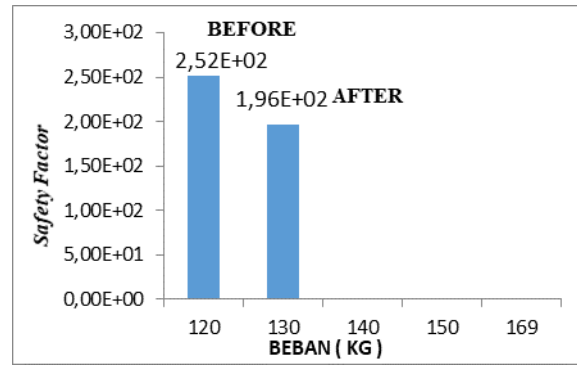
Gambar 27. Tegangan Optimalisasi

Sedangkan untuk defleksi yang terjadi bisa dilihat dari data gambar dibawah ini :



Gambar 28. Defleksi Optimalisasi

Sedangkan untuk nilai *safety factor* yang terjadi bisa dilihat dari data gambar dibawah ini



Gambar 29. Safety Factor Optimalisasi

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisa dari simulasi 2 desain rangka sepeda motor listrik MELISKA, desain rangka MELISKA 2 mendapatkan hasil simulasi kekuatan dan nilai *safety factor* terbaik. Dari hasil analisa desain MELISKA 1, dan MELISKA 2 yang sangat mempengaruhi dari pengujian *static* dengan menggunakan *software Autodesk Simulation Mechanical* adalah bentuk dan Material yang digunakan dari desain Rangka tersebut. Model bentuk dari desain rangka MELISKA 2 diberi radius pada rangka yang dirancang, sehingga mengurangi tegangan dan defleksi yang terjadi pada rangka saat rangka menerima beban. Dengan material yang sama digunakan yaitu besi hollow AIS1 1015 dengan ukuran 50 x 25 x 1.4 desain rangka tersebut mampu menahan beban hingga 169 kg dengan nilai *safety factor* yang aman digunakan.

Panjang desain rangka yang akan digunakan untuk rangka Sepeda motor listrik 761.26 mm, dengan lebar 220 mm. Dari hasil analisa pengujian *static* dengan beban terberat yaitu 169 kg yang diterima rangka mendapat nilai tegangan yang masih dibawah tegangan max dari bahan yang digunakan. Yaitu sebesar 1.615 (N/mm<sup>2</sup>), sedangkan tegangan max dari bahan yang digunakan adalah 3.25E+02 (N/mm<sup>2</sup>). *Displacement* yang terjadi pada desain rangka dengan beban terbesar yang diterima 169 kg adalah 0.0050 mm. *safety factor* pada desain rangka dari pembebanan terbesar 169 kg adalah 1.96E+02. Dimana dari nilai *safety factor* yang didapat masih diatas 14. Sehingga desain rangka masih dalam batas aman.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Darojat dede, M. t. ( 2016). Sistem Rangka Pada Sepeda Motor. bandung: Direktorat Pembinaan Kursus dan Pelatihan.
- Greeners.co. (2015, Februari 16). *Greeners.co*. Retrieved Oktober 17, 2019, from Greeners.co: <https://www.greeners.co>
- Muh Alfatih Hendrawan, P. I. (2018). Perancangan chassis Mobil Listrik Prototype “Ababil” dan Simulasi Pembebanan Statik dengan Menggunakan Solidworks Premium 2016. *URECOL*, 96-104.
- Nurhadi. (2018). Pengembangan Sepeda Motor Listrik Sebagai Solusi Kendaraan ramah Lingkungan. *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri 2018* (pp. 249-255). Malang: ITN Malang.
- Setyono Bambang, M. H. (2016). PERANCANGAN DAN ANALISIS KEKUATAN FRAME SEPEDA HIBRID“TRISONA”MENGUNAKANS OFTWARE AUTODESK INVENTOR. *IPTEK*, 37-44.
- Suwandi, A., M. Wibisana, M., & Dahmir, D. (2018). Manufaktur Prototipe Konstruksi Rangka Sepeda Motor Kapasitas 1 kW dengan Penggerak Roda Belakang. *SEMRESTEK*.
- Zainuri Fuad, A. a. (2015). Optimalisasi Rancang Bangun Mobil Listrik Sebuah Studi Kendaraan Hemat Energi Sebagai Solusi Alternatif . *Poli-Teknologi*, 1-2.
- Sari, S. P., & Santoso, P. (2012). Analisis Tegangan Statik pada Rangka Sepeda Motor Jenis Matic Menggunakan Software CATIA P3 V5R14. *Skripsi Program Studi Teknik Mesin*.