

## STUDI NUMERIK KEKUATAN MATERIAL GALVANIZED STEEL DAN AISI 1045 PADA RANGKA ALAS E-FOLDING SCOOTER

**Moch. Sholehatul Gafur**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: [moch.sholehatul.20053@mhs.unesa.ac.id](mailto:moch.sholehatul.20053@mhs.unesa.ac.id)

**Diastian Vinaya Wijanarko**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: [diastianwijanarko@unesa.ac.id](mailto:diastianwijanarko@unesa.ac.id)

### Abstrak

Alat transportasi yang digunakan untuk kalangan lansia dan orang yang berkebutuhan khusus yaitu kursi roda. Oleh karena itu, CV. Cahaya Berkah Gusti menciptakan E-Folding Scooter. Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis kekuatan material galvanized steel dan AISI 1045 yang akan diaplikasikan pada rangka alas E-Folding Scooter. Penelitian ini menggunakan solidworks 2016 berbasis FEM. Simulasi yang akan dilakukan yaitu uji statis tegangan dan faktor keamanan dengan total beban 130kg. Material yang digunakan yaitu galvanized steel dan AISI 1045. Hasil uji tegangan material galvanized steel diperoleh nilai maksimum 262,961MPa dan nilai minimum 0,007MPa, dimana pada F1 diperoleh nilai tegangan 65,746MPa, F1 2 sebesar 65,746MPa, F3 sebesar 43,833MPa, F4 sebesar 43,833MPa, F5 sebesar 21,920MPa, dan F6 sebesar 21,920MPa. Hasil displacement sebesar 0,945mm. Hasil faktor keamanan diperoleh nilai minimum 0,78. Hasil uji tegangan material AISI 1045 diperoleh nilai maksimum 255,717MPa dan nilai minimum 0,006MPa, dimana pada F1 diperoleh nilai tegangan 63,934MPa, F2 sebesar 63,934MPa, F3 sebesar 42,625MPa, F4 sebesar 42,625MPa, F5 sebesar 21,316MPa, dan F6 sebesar 21,316MPa. Hasil displacement sebesar 0,930mm. Hasil faktor keamanan diperoleh nilai minimum nya 2,1.

**Kata Kunci :** *E-Folding Scooter*, Analisis Numerik, Solidworks 2016, *Stress*, *Factor Of Safety*.

### Abstract

*The means of transportation used for the elderly and people with special needs is a wheelchair. Therefore, CV. Cahaya Berkah Gusti creates the E-Folding Scooter. The aim of this research is to analyze the strength of galvanized steel and AISI 1045 materials which will be applied to the base frame of the E-Folding Scooter. This research uses Solidworks 2016 based on FEM. The simulation that will be carried out is a static stress test and safety factor with a total load of 130kg. The materials used are galvanized steel and AISI 1045. The stress test results for the galvanized steel material obtained a maximum value of 262.961MPa and a minimum value of 0.007MPa, where at F1 the stress value was 65.746MPa, F1 2 was 65.746MPa, F3 was 43.833MPa, F4 was 43.833. MPa, F5 is 21,920MPa, and F6 is 21,920MPa. The resulting displacement is 0.945mm. The results of the safety factor obtained a minimum value of 0.78. The stress test results for the AISI 1045 material obtained a maximum value of 255.717MPa and a minimum value of 0.006MPa, where at F1 the stress value was 63.934MPa, F2 was 63.934MPa, F3 was 42.625MPa, F4 was 42.625MPa, F5 was 21.316MPa, and F6 was 21.316. MPa. The resulting displacement is 0.930mm. The results of the safety factor obtained a minimum value of 2.1.*

**Keywords:** *E-Folding Scooter*, Numerical Analysis, Solidworks 2016, *Stress*, *Factor Of Safety*.

### PENDAHULUAN

Alat transportasi yang digunakan untuk kalangan lansia dan orang yang berkebutuhan khusus yaitu kursi roda. Rata rata pengguna kursi roda dan tidak sedikit yang menggunakan bantuan orang lain untuk menggerakkan kursi roda tersebut. Oleh karena itu, CV. Cahaya Berkah Gusti menciptakan alat transportasi untuk lansia dan orang yang berkebutuhan khusus yaitu *E-Folding Scooter*.

Salah satu bagian terpenting dari *E-Folding Scooter* yaitu rangka. Rangka merupakan salah satu bagian mendasar yang paling penting khususnya penggunaan pada kendaraan, karena fungsi rangka yaitu sebagai pendukung komponen-komponen itu sendiri, serta mampu menahan

gaya aksial, normal, dan momen untuk menjaga kestabilan pada kendaraan (Ficki, dkk., 2022). Rangka harus memiliki kriteria yang baik untuk menahan atau memikul beban dari komponen-komponen yang menyimpannya, maka dari itu diperlukan rangka yang dapat menerima titik-titik pembebanan dan tumpuan agar beban dapat terdistribusi dengan baik (Diinil Mustaqiem, 2020).

Rangka pada *E-folding Scooter* terdiri dari rangka alas, rangka kursi, rangka transmisi, dan rangka setir. Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam perancangan desain rangka *E-Folding Scooter*. Selain dari estetika dan ergonomi, faktor kekuatan komponen juga harus diperhatikan. Mengingat pentingnya peran kekuatan

rangka, diperlukan studi untuk mengidentifikasi tegangan puncak yang mungkin terjadi pada kerangka tersebut (Firdaus & Hanifi, 2023).

Salah satu cara untuk menganalisa pengujian kekuatan rangka adalah dengan melakukan pengujian fisis dan mekanis, namun pengujian tersebut tidak efektif karena membutuhkan waktu dan biaya yang tidak sedikit. Maka untuk mengetahui kekuatan material rangka alas *E-Folding Scooter* adalah dengan melakukan pengujian menggunakan analisis numerik. Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan material *galvanized steel* dan *AISI 1045* yang akan diaplikasikan pada rangka *E-Folding Scooter* khususnya pada bagian rangka alas dengan menggunakan metode elemen hingga. Dalam merencanakan sebuah kendaraan harus memperhatikan faktor keamanan baik untuk kendaraan itu sendiri maupun bagi pengemudinya (Zainal, 2021). Dengan demikian uji simulasi yang akan dilakukan yaitu *stress* dan *factor of safety*.

Penelitian ini akan menggunakan perangkat lunak yaitu *solidworks 2016*. Perangkat lunak *solidworks* mampu mengetahui titik-titik pembebanan, selain itu perangkat lunak *solidworks* mampu mengetahui dimana titik pembebanan terkecil sampai terbesar. Hasil dari analisis menggunakan perangkat lunak *solidworks* dapat menyajikan data nilai dari faktor keamanan sehingga dapat ditarik kesimpulan material mana yang lebih optimal ketika digunakan. Dengan simulasi ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk menciptakan model rangka yang kokoh (Ismail furqani, 2022).

## METODE

Metode penelitian ini merupakan penelitian eksperimen berupa simulasi numerik dengan menggunakan metode elemen hingga. Metode ini bertujuan untuk mempermudah peneliti untuk mendapatkan parameter-parameter hasil pengujian kekuatan rangka secara simulasi tanpa harus melakukan pengujian secara fisis dan mekanis, sehingga dapat menghemat biaya dan waktu. Dalam penelitian ini akan dilakukan simulasi uji kekuatan material rangka alas *E-Folding Scooter* menggunakan aplikasi *solidworks 2016* dengan variasi material *Galvanized Steel* dan *AISI 1045* dan total beban 130kg. Data-data yang diperoleh dari pengujian simulasi akan analisa, hasil analisa akan ditarik kesimpulan. Dari kesimpulan tersebut dapat diketahui distribusi tegangan dan faktor keamanan dari kedua jenis material tersebut.

## Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai dari tanggal 01 April 2024 sampai 10 Juni 2024. Tempat pelaksanaan penelitian

dilaksanakan di laboratorium CAD Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya.

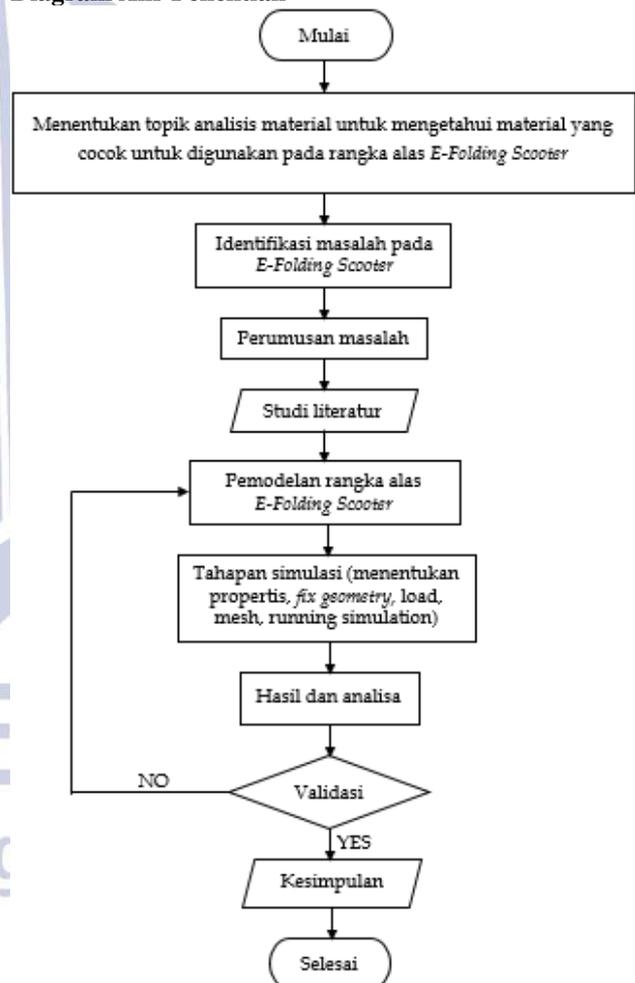
## Objek Penelitian

Objek penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah desain rangka alas dari *E-Folding Scooter* dengan referensi model yang dibuat oleh CV. Cahaya Berkah Gusti

## Variabel

- Variabel Bebas : material *galvanized steel* dan *AISI 1045*
- Variabel Terikat : tegangan (*stress*), *displacement*, dan faktor keamanan (*factor of safety*)
- Variabel Kontrol : beban 130kg

## Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

## Material Properties

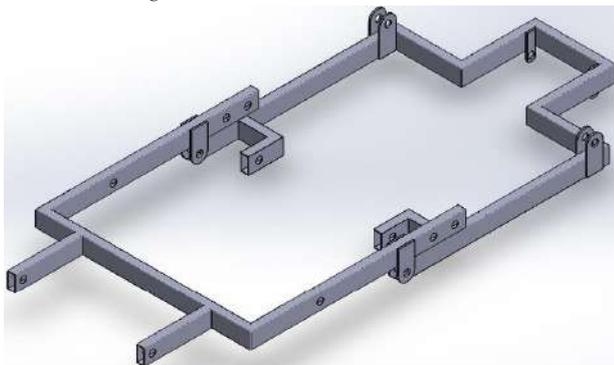
Material yang akan digunakan dalam analisa kekuatan rangka alas *E-Folding Scooter* adalah *galvanized steel* dan *AISI 1045* yang memiliki material properti sebagai berikut:

**Tabel 1 Material Properties**

Properties	Galvanized Steel	AISI 1045	Satuan
Elastic Modulus	200000	205000	N/mm <sup>2</sup>
Shear Modulus		80000	N/mm <sup>2</sup>
Mass Density	7870	7850	Kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength	356,9	625	N/mm <sup>2</sup>
Yield Strength	203,94	530	N/mm <sup>2</sup>

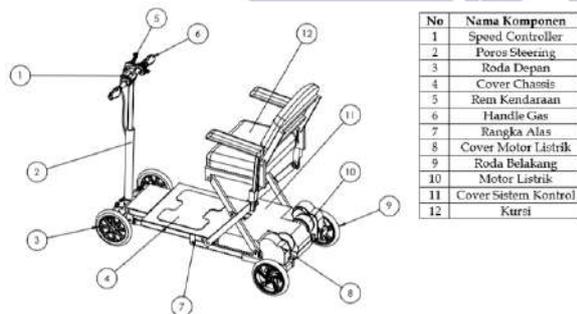
**Desain Rangka Alas E-Folding Scooter**

Pembuatan model *E-Folding Scooter* menggunakan perangkat lunak solidworks. Referensi model yang digunakan adalah *E-Folding Scooter* yang dibuat oleh CV. Cahaya Berkah Gusti. Berikut merupakan model rangka alas *E-Folding Scooter* :



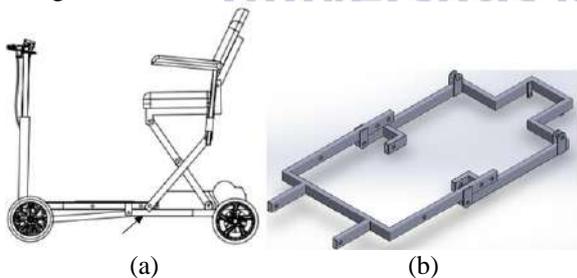
**Gambar 2 Model Rangka Alas E-Folding Scooter**

• Detail Gambar



**Gambar 3 Komponen E-Folding Scooter**

Detail desain rangka alas *E-Folding Scooter* adalah sebagai berikut :

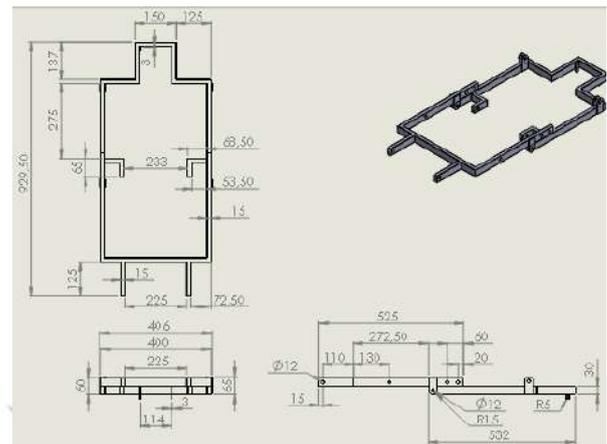


**Gambar 4 (a) E-Folding Scooter Tampak Samping, (b) Rangka Alas E-Folding Scooter**

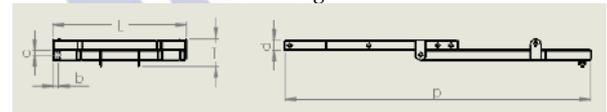
• Dimensi dan Ukuran

Adapun dimensi rangka alas *E-Folding Scooter* yaitu (P x L x T) atau ukuran pada rangka yaitu (929,5mm x

406mm x 65mm) dengan menggunakan profil hollow ukuran 30mm x 15mm dengan ketebalan 1,2mm.



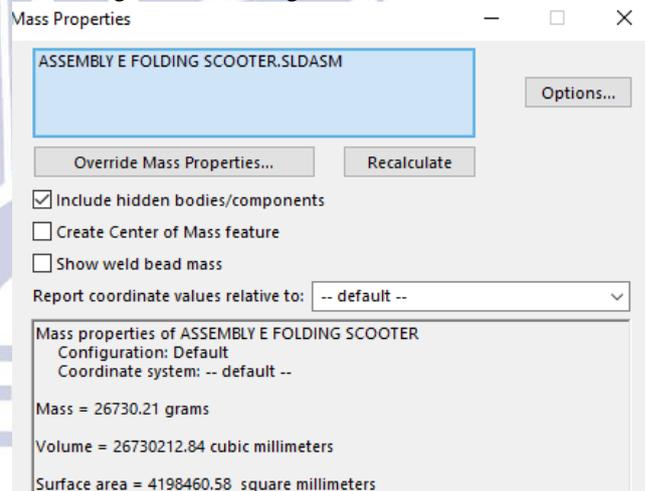
**Gambar 5 Gambar dan Ukuran Lengkap Dari Rangka Alas E-Folding Scooter**



**Gambar 6 Gambar Keterangan Simbol Ukuran**

**Beban dan Arah Gaya**

Total berat dari *E-Folding Scooter* yaitu sebesar 26730,21gram atau 26,7kg.



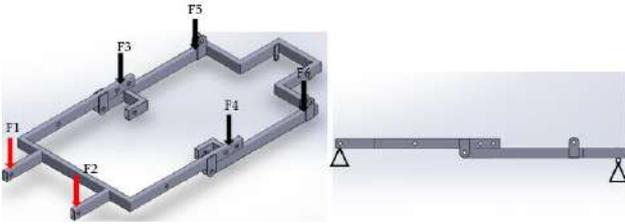
**Gambar 7 Mass Properties E-Folding Scooter**

Total beban dari *E-Folding Scooter* ditambah dengan berat maksimum pengendara yaitu sebesar 130kg. Jika di ubah ke satuan gaya maka gaya yang diberikan sebesar 1274N.

**Tabel 2 Total Pembebanan**

Berat <i>E-Folding Scooter</i>	26,7 kg
Berat maksimum pengendara	100 kg
<b>Total</b>	<b>126,7 kg dibulatkan menjadi 130 kg</b>

Titik pembebanan yang terjadi pada rangka alas dari *E-Folding Scooter* adalah sebagai berikut :



**Gambar 8** (a) Titik Pembebanan (b) Titik Tumpuan pada Rangka Alas *E-Folding Scooter*

Tanda panah berwarna merah menunjukkan area pembebanan 1 dan tanda panah berwarna hitam menunjukkan area pembebanan 2. Dari tabel 3.2, pembagian pembebanan di area 1 sebesar 20% dari total pembebanan yaitu 26kg dan pembebanan di area 2 sebesar 80% dari total pembebanan yaitu 104kg.



**Gambar 9** Berat Rangka Setir *E-Folding Scooter*



**Gambar 10** Berat Kaki dan Tangan Pengemudi

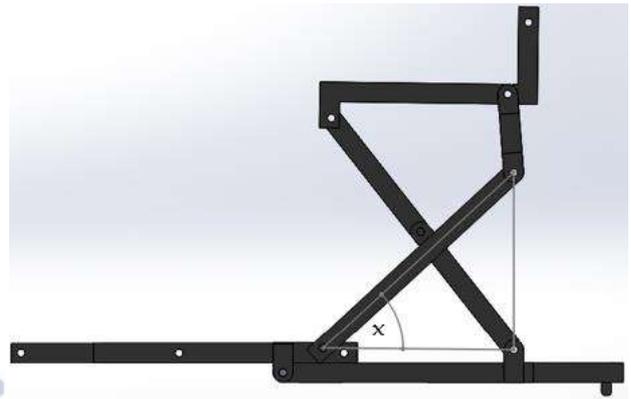
Beban yang digunakan pada area 1 diperoleh dari hasil menimbang berat kaki dan tangan seseorang yang memiliki berat badan kurang lebih 100kg. Hasil menimbang berat kaki dan tangan penumpang ditambah dengan berat rangka setir yaitu sebagai berikut:

**Tabel 3** Total Beban Pada Area 1

Berat tangan dan kaki penumpang	19,45kg dibulatkan menjadi 20kg
Berat rangka setir <i>E-Folding Scooter</i>	859,87 gram dibulatkan menjadi 1kg
Total	21 kg dibulatkan menjadi 26 kg

Dibulatkan menjadi 26kg agar persentasenya dapat dibulatkan menjadi 20%. Total beban di area 1 sebesar 26kg, dikarenakan terdapat 2 titik pembebanan di area 1, maka setiap titik pembebanan memiliki beban 13kg. Sedangkan pembebanan di area 2 sebesar 80% dari total pembebanan yaitu 104kg. Dikarenakan terdapat 4 titik

pembebanan di area 2, maka setiap titik pembebanan memiliki beban 26kg.



**Gambar 11** Arah Pebebanan Pada Area 2

Dikarenakan arah gaya yang bekerja pada area 2 tidak searah sumbu, maka besar pembebanan yang diberikan adalah sebagai berikut :

$$F = W$$

$$F = m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

$$F = 26 \cdot 9,8 \cdot \sin 52,08^\circ$$

$$F = 201N$$

Setiap titik pembebanan pada area 2 memiliki beban 201N. Sedangkan pada area 1 besar pembebanan yang diberikan adalah sebagai berikut:

$$F = W$$

$$F = m \cdot g$$

$$F = 13 \cdot 9,8$$

$$F = 127,4N$$

Setiap titik pembebanan pada area 1 memiliki beban 127,4N

**Pemilihan Ukuran Mesh**

spesifikasi rangka alas *E-Folding Scooter* sebagai berikut :

- P = 929,5mm (panjang rangka alas *E-Folding Scooter*)
  - L = 406mm (lebar rangka alas *E-Folding Scooter*)
  - T = 65mm (tinggi rangka alas *E-Folding Scooter*)
  - F = 1274N (gaya yang diberikan)
- untuk menentukan tegangan lentur (bending strength), maka menggunakan rumus sebagai berikut :

- Momen Lentur Maksimal
 
$$M = F \cdot \frac{1}{2} \text{ Panjang rangka}$$

$$= 1274N \cdot 464,74mm$$

$$= 592091,5 \text{ Nmm}$$
- Jarak Sumbu ke Pusat Spesimen
 
$$C = \frac{d}{2}$$

$$= \frac{30mm}{2}$$

$$= 15mm$$

• Momen Inersia

$$I = \frac{b \cdot d^3}{12}$$

$$= \frac{15\text{mm} \cdot 30\text{mm}^3}{12}$$

$$= \frac{405000\text{mm}^4}{12}$$

$$= 33750\text{mm}^4$$

• Tegangan Lentur (Bending Strength)

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I}$$

$$= \frac{592091,5\text{Nmm} \cdot 15\text{mm}}{33750\text{mm}^4}$$

$$= \frac{8881372,5\text{Nmm}^2}{33750\text{mm}^4}$$

$$= 253,15 \text{ N/mm}^2$$

• Faktor Keamanan

a. Faktor keamanan material AISI 1045

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$= \frac{503\text{N/mm}^2}{253,15\text{N/mm}^2}$$

$$= 2,09$$

b. Faktor keamanan material galvanized steel

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$= \frac{203,94\text{N/mm}^2}{253,15\text{N/mm}^2}$$

$$= 0,8$$

• Menentukan Nilai Error

$$\text{Error} = \left[ \frac{\text{FOS teori} - \text{FOS simulasi}}{\text{FOS teori}} \right] \cdot 100\%$$

$$= \left[ \frac{2,09 - 2,1}{2,09} \right] \cdot 100\%$$

$$= 0,004\%$$

**Tabel 4** Pemilihan Mesh Material Galvanized Steel

Ukuran Mesh	FOS Teori	FOS Simulasi	Error
20	2,09	1,6	0,23%
30	2,09	1,9	0,09%
40	2,09	1,9	0,09%
50	2,09	1,9	0,09%
60	2,09	2	0,04%
70	2,09	2,1	0,004%
80	2,09	2,4	0,14%

**Tabel 5** Pemilihan Mesh Material AISI 1045

Ukuran Mesh	FOS Teori	FOS Simulasi	Error
20	0,8	0,55	0,31%
30	0,8	0,74	0,07%
40	0,8	0,77	0,037%
50	0,8	0,77	0,037%
60	0,8	0,79	0,012%
70	0,8	0,8	0%
80	0,8	0,9	0,12%

Berdasarkan tabel diatas, maka ukuran mesh yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 70 karena memiliki nilai error yang paling kecil.

Adapun perhitungan teori mengenai displacement yaitu sebagai berikut :

Menurut (Yunus, dkk., 2023) untuk menentukan tegangan lentur (bending strength), maka menggunakan rumus sebagai berikut :

Diketahui :

$$F = 1274\text{N}$$

$$E = 200000 \text{ (galvanized steel) dan } 205000 \text{ (AISI 1045)}$$

$$L = 406\text{mm}$$

$$\text{Momen inersia} = 33750$$

Defleksi material galvanized steel :

$$\delta = \frac{F \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

$$\delta = \frac{1274 \cdot 406^3}{48 \cdot 200000 \cdot 33750}$$

$$\delta = \frac{146260431984}{12410000000}$$

$$\delta = 0,920\text{mm}$$

Defleksi material AISI 1045 :

$$\delta = \frac{F \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

$$\delta = \frac{1274 \cdot 15^3}{48 \cdot 205000 \cdot 33750}$$

$$\delta = \frac{146260431984}{153155000000}$$

$$\delta = 0,954\text{mm}$$

**Penganalisaan Rangka**

Berikut cara melakukan simulasi pada rangka alas *E-Folding Scooter* menggunakan software solidworks 2016 :

- Pilih fitur simulasi pada perangkat lunak solidworks lalu membuat studi baru dan memilih simulasi static.
- Memasukkan material dengan cara klik kanan pada menu rangka alas lalu pilih *Apply/Edit Material to All* dan selanjutnya pilih material yang telah ditentukan untuk dilakukan simulasi, pada penelitian ini menggunakan dua material yaitu *galvanized steel* dan *AISI 1045*.
- Melakukan *input area fixed geometry* dengan cara pilih *icon Fixtures Advisor* dan pilih *Fixed Geometry*. Kemudian pilihlah titik titik yang akan dijadikan sebagai tumpuan
- Menambahkan *Force* dan *Gravity* dengan menambahkan beban pada bagian *External Loads*.
- Melakukan *mesh* dengan mengklik kanan *icon mesh* kemudian pilih *create mesh*. ukuran *mesh* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ukuran 70
- Menjalankan simulasi dengan cara pilih *icon Run This Study*

**Teknik Analisis Data**

Pada penelitian ini, metode analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif. Pada penelitian ini data yang akan dianalisa adalah nilai stress dan factor of safety dari rangka alas *E-Folding Scooter* dengan menggunakan material *galvanized steel* dan *AISI 1045* jika diberi pembebanan statis secara simulasi. Data yang diperoleh

dari pengujian analisis tersebut akan dideskripsikan dan diberikan kesimpulan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Data Hasil Uji Simulasi**

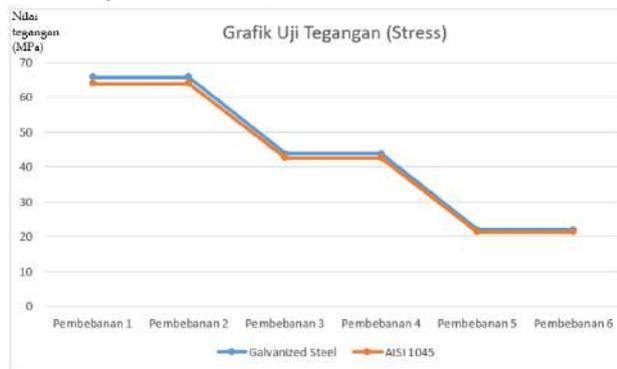
**Tabel 6** Hasil Uji Material *Galvanized Steel*

Hasil Uji Material Galvanized Steel			
Tegangan		Faktor Keamanan	
Maksimal	262,961	Maksimum	28,1
Minimal	0,007	Minimum	0,78
Titik Pembebanan 1	65,746		
Titik Pembebanan 2	65,746		
Titik Pembebanan 3	43,833		
Titik Pembebanan 4	43,833		
Titik Pembebanan 5	21,92		
Titik Pembebanan 6	21,92		

**Tabel 7** Hasil Uji Material *AISI 1045*

Hasil Uji Material AISI 1045			
Tegangan		Faktor Keamanan	
Maksimal	255,717	Maksimum	83,1
Minimal	0,006	Minimum	2,1
Titik Pembebanan 1	63,934		
Titik Pembebanan 2	63,934		
Titik Pembebanan 3	42,625		
Titik Pembebanan 4	42,625		
Titik Pembebanan 5	21,316		
Titik Pembebanan 6	21,316		

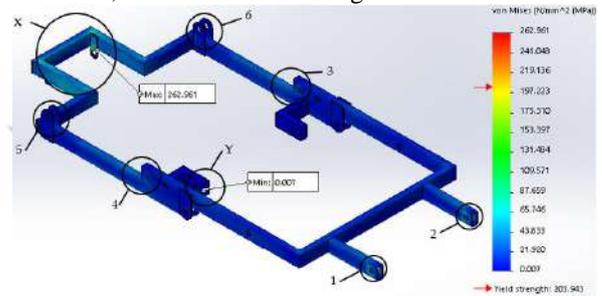
Dilihat dari tabel diatas, tegangan (*stress*) maksimal dan minimal dari material *galvanized steel* dan *AISI 1045* memiliki nilai yang tidak jauh berbeda dimana nilai maksimum tegangan (*stress*) material *galvanized steel* sebesar 262,961MPa dan nilai minimum tegangan (*stress*) nya sebesar 0,007MPa sedangkan nilai maksimum tegangan (*stress*) material *AISI 1045* sebesar 255,717MPa dan nilai minimum tegangan (*stress*) nya sebesar 0,006MPa. Kemudian untuk faktor keamanan dari kedua material tersebut memiliki nilai yang berbeda dengan nilai faktor keamanan material *galvanized steel* yaitu sebesar 0,78 dan nilai faktor keamanan material *AISI 1045* yaitu sebesar 2,1. Berdasarkan hasil diatas maka selanjutnya adalah menyajikan data berupa diagram atau grafik. Berikut diagram uji tegangan (*stress*) pada uji simulasi rangka alas *E-Folding Scooter*.



**Gambar 12** Diagram Uji Tegangan (*stress*)

**Pembahasan Uji Simulasi Material *Galvanized Steel***

- Tegangan  
 Hasil dari analisis simulasi tegangan (*stress*) dengan material *galvanized steel* didapat nilai tegangan maksimum sebesar 262,961 MPa yang ditandai dengan warna merah. Tegangan maksimum yang diperoleh melebihi batas maksimum kekuatan material (*yield strength*) dimana batas maksimum kekuatan material *galvanized steel* sebesar 203,943 Mpa. Tegangan maksimum tersebut terjadi pada bagian tumpuan roda belakang. Sedangkan tegangan minimum yang didapat sebesar 0,007 MPa ditandai dengan warna biru.

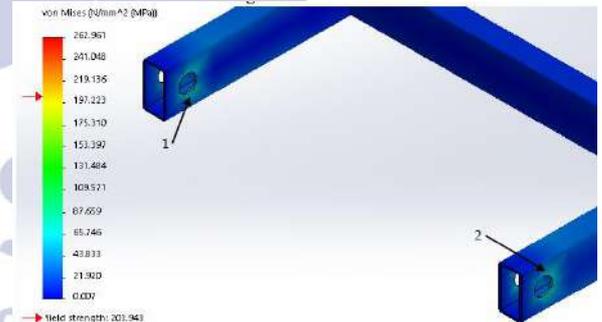


**Gambar 13** Tegangan (*Stress*) Material *Galvanized Steel*



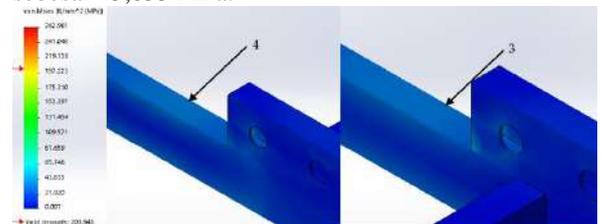
**Gambar 14** Ilustrasi Rangka Saat Uji *Stress*

Pada area sekitaran titik pembebanan 1 dan titik pembebanan 2 yang ditunjukkan oleh tanda panah menunjukkan bahwa area tersebut memiliki warna biru muda yang artinya memiliki nilai tegangan sebesar 65,746 MPa.



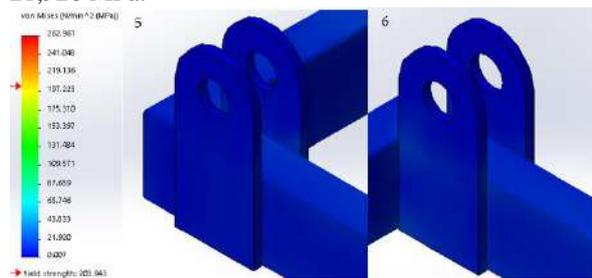
**Gambar 15** Zoom in Area Titik Pembebanan 1 dan 2

Pada area sekitaran titik pembebanan 3 dan titik pembebanan 4 yang ditandai dengan tanda panah menunjukkan bahwa area tersebut memiliki warna biru sedikit muda yang artinya memiliki nilai tegangan sebesar 43,833 MPa.



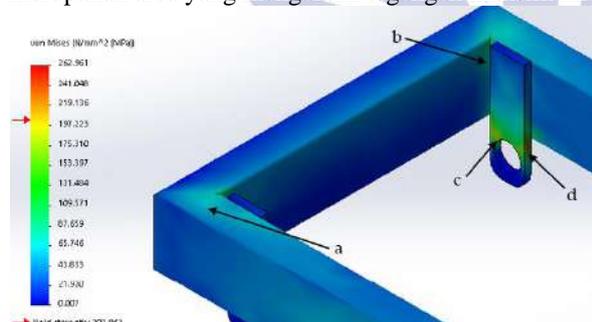
**Gambar 16** Zoom in Titik Pembebanan Area 3 dan 4

Pada daerah sekitaran titik pembebanan 5 dan titik pembebanan 6 memiliki warna biru yang menunjukkan bahwa daerah tersebut memiliki tegangan sebesar 21,920 MPa.



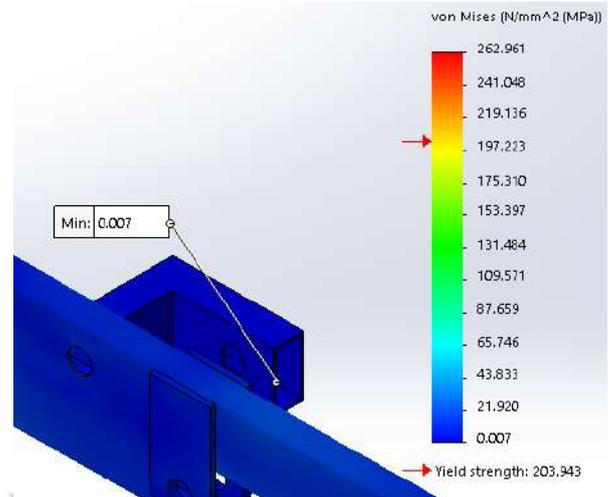
**Gambar 17** Zoom in Titik Pembebanan Area 5 dan 6

Terdapat 4 titik yang mengalami perbedaan warna yang ditandai oleh tanda panah a, b, c, dan d. Pada area a memiliki warna biru muda yang artinya pada area tersebut memiliki nilai tegangan sebesar 65,746 MPa. Pada area b memiliki warna hijau kebiru-biruan yang artinya pada area tersebut memiliki nilai tegangan sebesar 109,571 MPa. Pada area c memiliki warna hijau yang artinya pada area tersebut memiliki nilai tegangan sebesar 131,484 MPa. Kemudian pada area d memiliki warna merah yang artinya pada area tersebut memiliki nilai tegangan sebesar 262,961MPa. Pada area d merupakan area yang mengalami tegangan maksimum.



**Gambar 18** Zoom in Simbol X

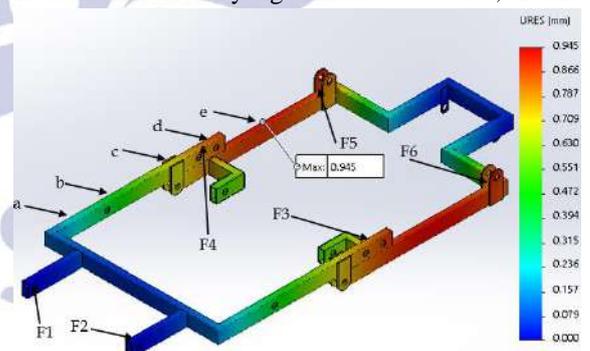
Pada gambar tersebut menampilkan area yang memiliki nilai tegangan paling kecil yaitu sebesar 0,007 MPa yang ditandai oleh warna biru pekat. Area tersebut memiliki tegangan paling kecil karena pada area tersebut tidak menerima pembebanan.



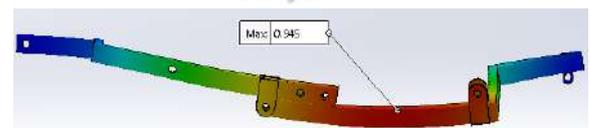
**Gambar 19** Zoom in Area Y

- **Displacement**

Hasil dari analisis simulasi displacement dengan material *galvanized steel* didapat lendutan pada titik a sebesar 0,236mm, pada titik b 0,472mm, pada titik c maksimum sebesar 0,709mm, pada titik d sebesar 0,787mm, dan pada titik e sebesar 0,945mm. Lendutan pada titik e merupakan lendutan maksimal. Lendutan maksimum terjadi pada tengah-tengah rangka antara pembebanan 3 dan 4 dengan pembebanan 5 dan 6 yang di tandai dengan tanda panah. Hal itu disebabkan pada area tersebut memiliki beban yang paling besar dan tidak tepat berada di titik tumpuan. Sedangkan batas maksimum defleksi yang diizinkan sebesar 0,920mm.



**Gambar 20** Displacement Material Galvanized Steel

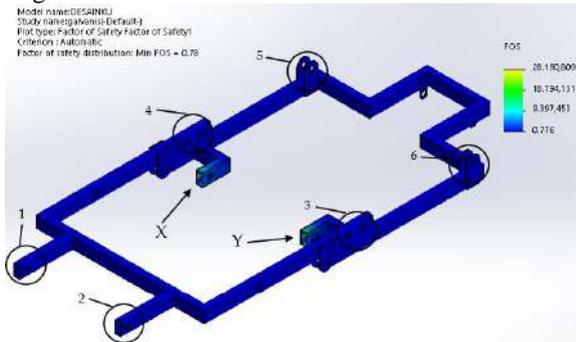


**Gambar 21** Ilustrasi Rangka Saat Uji Displacement

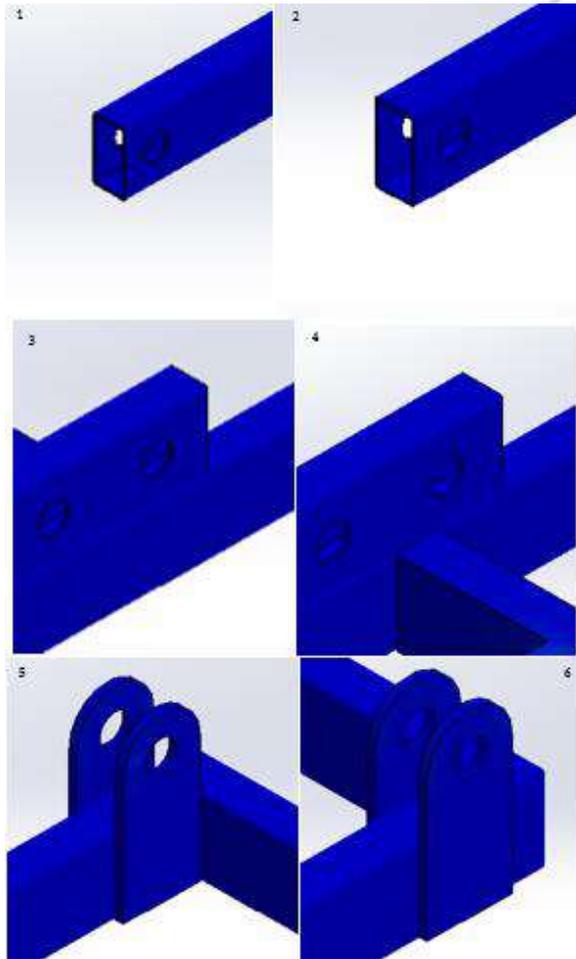
- **Faktor Keamanan**

Hasil dari analisis simulasi faktor keamanan yang menggunakan software solidworks pada rangka alas *E-Folding Scooter* dengan menggunakan material *galvanized steel* didapat nilai minimum faktor keamanan sebesar 0,78 dimana nilai tersebut tidak memenuhi syarat faktor keamanan dimana syarat minimumnya sebesar 1. Nilai minimum faktor

keamanan tersebut terjadi pada area yang menjadi titik pembebanan 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 yang ditandai oleh tanda lingkaran hitam.



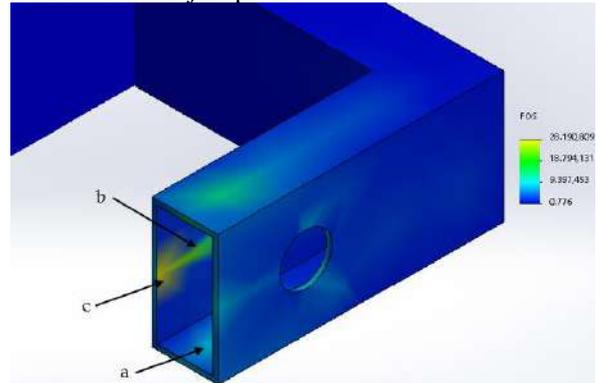
**Gambar 22** Faktor Keamanan Material Galvanized Steel



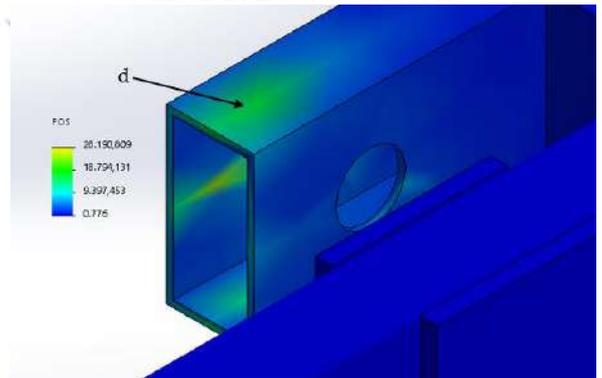
**Gambar 23** Zoom in Titik Pembebanan 1, 2, 3, 4, 5, dan 6

Simbol a, b, c, dan d menunjukkan distribusi faktor keamanan dimana pada simbol a memiliki nilai faktor keamanan sebesar 9,3 yang ditandai dengan warna biru muda, pada simbol b memiliki nilai faktor keamanan sebesar 18,7 yang ditandai dengan warna hijau, simbol c memiliki nilai faktor keamanan sebesar 28,9 yang ditandai dengan warna kuning, dan simbol d memiliki nilai sebesar 18,7 yang ditandai dengan warna hijau. Keempat simbol tersebut memiliki nilai jauh diatas

batas minimum faktor keamanan karena pada area tersebut tidak terjadi pembebanan.



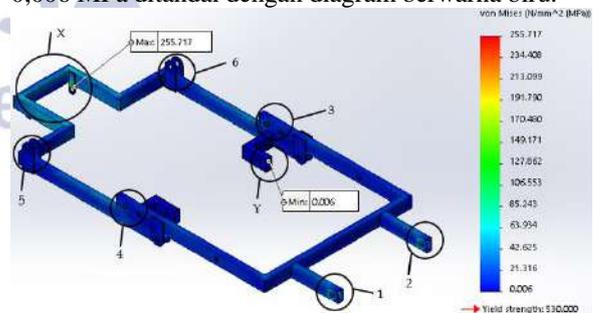
**Gambar 24** Zoom in Simbol X



**Gambar 25** Zoom in Simbol Y

**Pembahasan Uji Simulasi Material AISI 1045**

- Tegangan  
 Hasil dari analisis simulasi tegangan (*stress*) dengan material *AISI 1045* didapat nilai tegangan maksimum sebesar 255,717 MPa yang ditandai dengan warna merah. Tegangan maksimum yang diperoleh tidak melebihi batas maksimum kekuatan material (*yield strength*) dimana batas maksimum kekuatan material *AISI 1045* sebesar 503 Mpa. Tegangan maksimum tersebut terjadi pada bagian tumpuan roda belakang. Sedangkan tegangan minimum yang didapat sebesar 0,006 MPa ditandai dengan diagram berwarna biru.

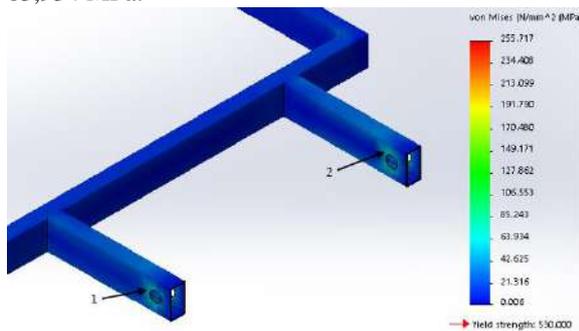


**Gambar 26** Tegangan (*Stress*) Material AISI 1045



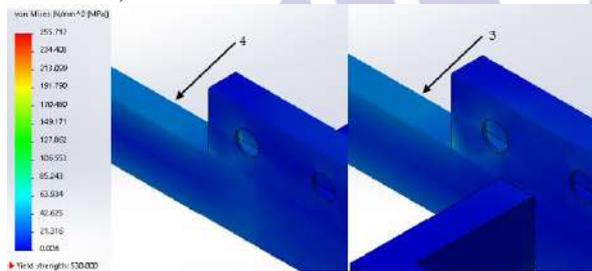
**Gambar 27** Ilustrasi Rangka Saat Uji *Stress*

Pada area sekitaran titik pembebanan 1 dan titik pembebanan 2 yang ditunjukkan oleh tanda panah menunjukkan bahwa area tersebut memiliki warna biru muda yang artinya memiliki nilai tegangan sebesar 63,934 MPa.



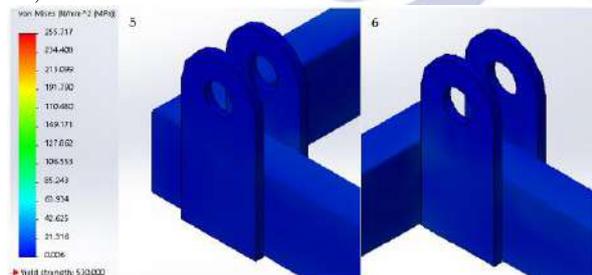
**Gambar 28** Zoom in Titik Pembebanan Area 1 dan 2

Pada area sekitaran titik pembebanan 3 dan titik pembebanan 4 yang ditandai dengan tanda panah menunjukkan bahwa area tersebut memiliki warna biru sedikit muda yang artinya memiliki nilai tegangan sebesar 42,625 MPa.



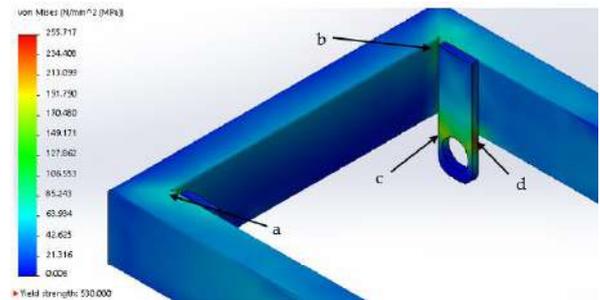
**Gambar 29** Zoom in Titik Pembebanan Area 3 dan 4

Pada daerah sekitaran titik pembebanan 5 dan titik pembebanan 6 memiliki warna biru yang menunjukkan bahwa daerah tersebut memiliki tegangan sebesar 21,316 MPa.



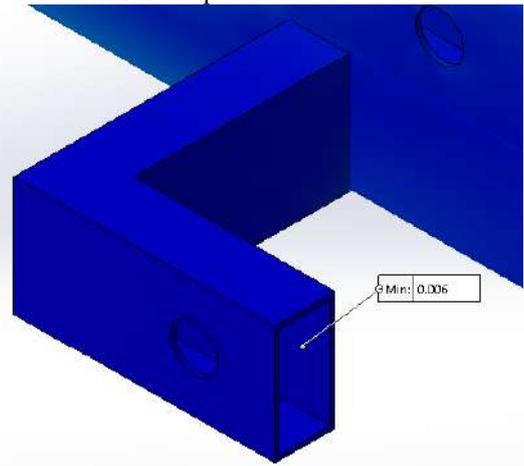
**Gambar 30** Zoom in Titik Pembebanan Area 5 dan 6

Terdapat 4 titik yang mengalami perbedaan warna yang ditandai oleh tanda panah a, b, c, dan d. Pada area a memiliki warna biru muda yang artinya pada area tersebut memiliki nilai tegangan sebesar 63,934MPa. Pada area b memiliki warna hijau kebiru-biruan yang artinya pada area tersebut memiliki nilai tegangan sebesar 106,553 MPa. Pada area c memiliki warna hijau yang artinya pada area tersebut memiliki nilai tegangan sebesar 127,862 MPa. Kemudian pada area d memiliki warna merah yang artinya pada area tersebut memiliki nilai tegangan sebesar 255,717MPa. Pada area d merupakan area yang mengalami tegangan maksimum.



**Gambar 31** Zoom in Area simbol X

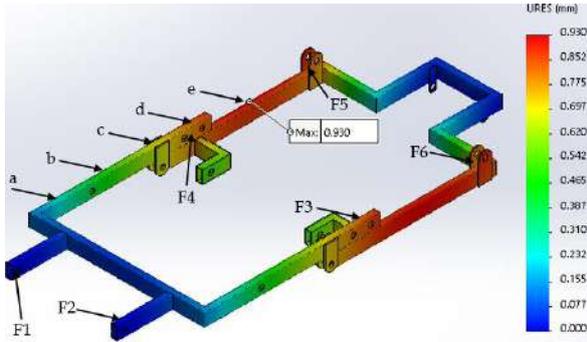
Pada gambar tersebut menampilkan area yang memiliki nilai tegangan paling kecil yaitu sebesar 0,006 MPa yang ditandai oleh warna biru pekat. Area tersebut memiliki tegangan paling kecil karena pada area tersebut tidak menerima pembebanan.



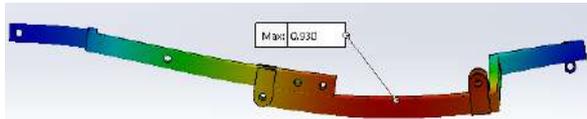
**Gambar 32** Zoom in Area simbol Y

• *Displacement*

Hasil dari analisis simulasi displacement dengan material AISI 1045 didapat lendutan pada titik a sebesar 0,232mm, pada titik b sebesar 0,465mm, pada titik c maksimum sebesar 0,697mm, pada titik d sebesar 0,775mm, dan pada titik e sebesar 0,930mm. Lendutan pada titik e merupakan lendutan maksimal. Lendutan maksimum terjadi pada tengah-tengah rangka antara pembebanan 3 dan 4 dengan pembebanan 5 dan 6 yang di tandai dengan tanda panah. Hal itu disebabkan pada area tersebut memiliki beban yang paling besar dan jauh dari titik tumpuan. Sedangkan batas maksimum defleksi yang diizinkan sebesar 0,954mm.

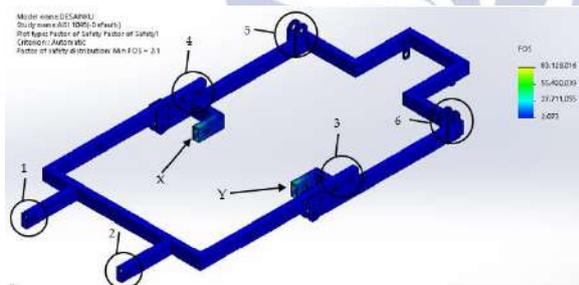


Gambar 33 Displacement Material AISI 1045

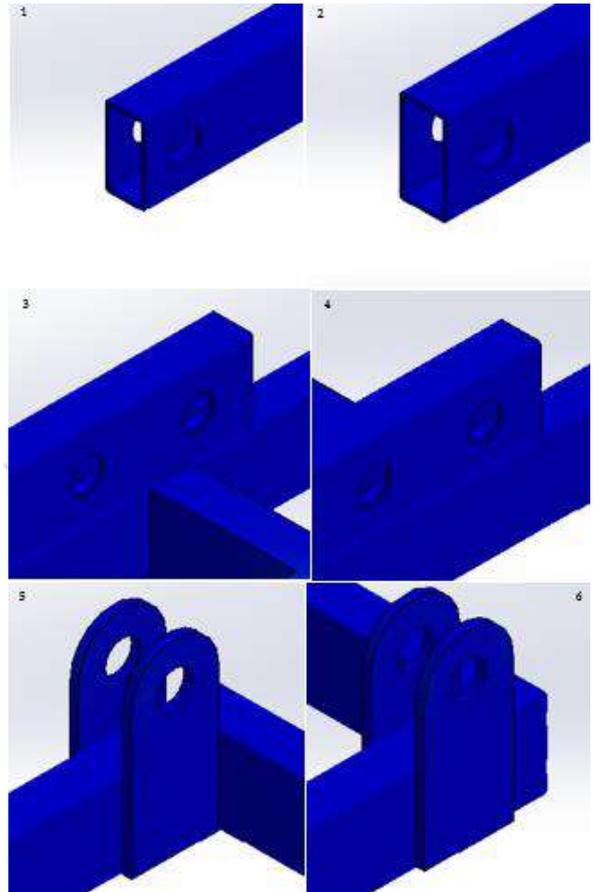


Gambar 34 Ilustrasi Rangka Saat Uji Displacement

- Faktor Keamanan**  
 Hasil dari analisis simulasi faktor keamanan yang menggunakan software solidworks pada rangka alas *E-Folding Scooter* dengan menggunakan material *AISI 1045* didapat nilai faktor keamanan sebesar 2,1 dimana nilai tersebut memenuhi syarat minimum faktor keamanan dimana syarat minimumnya sebesar 1. Maka rangka dengan menggunakan material *AISI 1045* ini aman untuk digunakan.

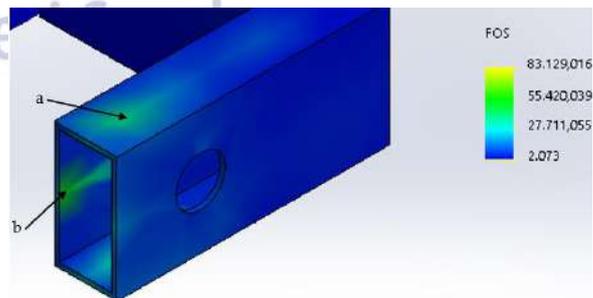


Gambar 35 Faktor Keamanan Material AISI 1045

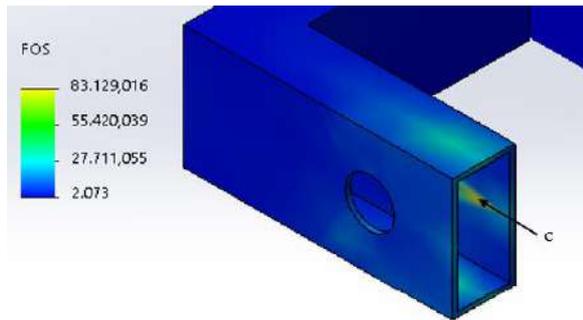


Gambar 36 Zoom in Titik Pembebanan 1, 2, 3, 4, 5, dan 6

Simbol a, b, dan c pada gambar 4.5 dan gambar 4.6 menunjukkan distribusi faktor keamanan dimana pada simbol a memiliki nilai faktor keamanan sebesar 27,7 yang ditandai dengan warna biru muda, pada simbol b memiliki nilai faktor keamanan sebesar 55,4 yang ditandai dengan warna hijau, dan simbol c memiliki nilai faktor keamanan sebesar 83,1 yang ditandai dengan warna kuning. Ketiga simbol tersebut memiliki nilai jauh diatas batas minimum faktor keamanan karena pada area tersebut tidak terjadi pembebanan.



Gambar 37 Zoom in Simbol X



Gambar 38 Zoom in Simbol Y

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil dari analisa kekuatan material rangka yang telah dilakukan secara simulasi menggunakan software solidwork 2016, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Hasil uji tegangan (*stress*) dengan menggunakan material *galvanized steel* diperoleh nilai maksimum sebesar 262,961MPa dan nilai minimum sebesar 0,007MPa. Setiap titik pembebanan memiliki nilai tegangan yang berbeda-beda, dimana pada titik pembebanan 1 diperoleh nilai tegangan sebesar 65,746MPa, titik pembebanan 2 memiliki tegangan sebesar 65,746MPa, titik pembebanan 3 memiliki tegangan sebesar 43,833MPa, titik pembebanan 4 memiliki tegangan sebesar 43,833MPa, titik pembebanan 5 memiliki tegangan sebesar 21,920MPa, dan titik pembebanan 6 memiliki tegangan sebesar 21,920MPa. Pada area sekitaran tumpuan roda belakang memiliki 4 perbedaan nilai tegangan, dimana pada area a memiliki tegangan sebesar 65,746MPa, pada area b memiliki tegangan sebesar 109,571MPa, pada area c memiliki tegangan sebesar 131,484MPa, dan pada area d memiliki tegangan sebesar 262,961MPa yang juga termasuk tegangan maksimal yang terjadi pada rangka yang menggunakan material *galvanized steel*. Hasil *Displacement* maksimum sebesar 0,945mm. Lendutan maksimum terjadi pada tengah-tengah rangka antara pembebanan 3 dan 4 dengan pembebanan 5 dan 6. Hal itu disebabkan pada area tersebut memiliki beban yang paling besar dan tidak tepat berada di titik tumpuan. Sedangkan batas maksimum defleksi yang diizinkan sebesar 0,920mm. Kemudian untuk nilai faktor keamanan diperoleh nilai minimum nya sebesar 0,78. Nilai tersebut tidak memenuhi syarat minimum faktor keamanan, dimana syarat minimumnya yaitu harus lebih dari 1. Sedangkan untuk nilai maksimum faktor keamanan yaitu sebesar 28,1.
- Hasil uji tegangan (*stress*) dengan menggunakan material *AISI 1045* diperoleh nilai maksimum sebesar 255,717MPa dan nilai minimum sebesar 0,006MPa. Setiap titik pembebanan memiliki nilai tegangan yang berbeda-beda, dimana pada titik pembebanan 1

diperoleh nilai tegangan sebesar 63,934MPa, titik pembebanan 2 memiliki tegangan sebesar 63,934MPa, titik pembebanan 3 memiliki tegangan sebesar 42,625MPa, titik pembebanan 4 memiliki tegangan sebesar 42,625MPa, titik pembebanan 5 memiliki tegangan sebesar 21,316MPa, dan titik pembebanan 6 memiliki tegangan sebesar 21,316MPa. Pada area sekitaran tumpuan roda belakang memiliki 4 perbedaan nilai tegangan, dimana pada area a memiliki tegangan sebesar 63,934MPa, pada area b memiliki tegangan sebesar 106,553MPa, pada area c memiliki tegangan sebesar 127,862MPa, dan pada area d memiliki tegangan sebesar 255,717MPa yang juga termasuk tegangan maksimal yang terjadi pada rangka yang menggunakan material *AISI 1045*. Hasil *Displacement* maksimum sebesar 0,930mm. Lendutan maksimum terjadi pada tengah-tengah rangka antara pembebanan 3 dan 4 dengan pembebanan 5 dan 6. Hal itu disebabkan pada area tersebut memiliki beban yang paling besar dan tidak tepat berada di titik tumpuan. Sedangkan batas maksimum defleksi yang diizinkan sebesar 0,954mm. Kemudian untuk nilai faktor keamanan diperoleh nilai minimum nya sebesar 2,1. Nilai tersebut memenuhi syarat minimum faktor keamanan, dimana syarat minimumnya yaitu harus lebih dari 1. Sedangkan untuk nilai maksimum faktor keamanan yaitu sebesar 83,1.

### Saran

Berdasarkan hasil analisa kekuatan material pada rangka *E-Folding Scooter* yang dilakukan secara simulasi ini jauh dari kata sempurna, oleh karna itu diharapkan adanya perubahan dan pengembangan dipenelitian selanjutnya. Beberapa saran yang dapat disampaikan diantaranya sebagai berikut:

- Untuk hasil lebih maksimal, perlu dilakukan uji dinamis pada rangka alas *E-Folding Scooter* pada penelitian selanjutnya.
- Gunakan material *galvanized steel* untuk mengurangi biaya produksi karena harganya lebih murah daripada *AISI 1045*.
- Jika menggunakan material *galvanized steel*, perlu adanya perubahan dimensi untuk menambah kekuatan pada rangka agar tegangan (*stress*) yang terjadi tidak melebihi batas maksimal kekuatan material.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anam, A. B., & Adiwidodo, S. (2021). Simulasi Kekuatan Dan Ergonomi E-Scooter Untuk Mobilitas Di Area Kampus. *Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Manufaktur, 01*, 84–88.
- Dendy, M. A., & Bakar, H. A. (2015). Analisis Kekuatan Struktur Landing Skid Akibat Impact Saat Landing Dengan Variasi Beban Pada Helikopter Synergy N9. *Industri Elektro Penerbangan, 5*(2), 35–45. <https://jurnal.unnur.ac.id/index.php/indept/article/view/158>

- Diinil Mustaqiem, A. (2020). Analisis Perbandingan Faktor Keamanan Rangka Scooter Menggunakan Perangkat Lunak Solidwork 2015. *Jurnal Teknik Mesin*, 9(3), 164. <https://doi.org/10.22441/jtm.v9i3.9567>
- Ficki, M. A., Fauji, N., Karawang, S., Hs, J., Waluyo, R., Karawang, K., & Barat, J. (2022). *MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK One of the main components in the rice husk grinding machine is the frame . The frame is the most important fundamental part , especially for use in machinery , because the function of the frame is as a support for the componen. 15, No.2.*
- Firdaus, M. R., & Hanifi, R. (2023). *Simulasi Faktor Keamanan Dan Pembebanan Frame Pada Turbin Angin Type Darrieus. Vol 8, No.2*
- Ismail furqani. (2022). *Skripsi analisis kekuatan rangka mesin perontok padi menggunakan solidworks 2019.*
- Ismail, R., Munadi, M., Ahmad, Z. K., & Bayuseno, A. P. (2019). Analisis Displacement dan Tegangan von Mises Terhadap Chassis Mobil Listrik Gentayu. *Rotasi*, 20(4), 231. <https://doi.org/10.14710/rotasi.20.4.231-236>
- Kristyadi, T., Agustawan, I., Hartawan, L., & Mario, R. (2015). *ANALISIS TEGANGAN PLATFORM MOBIL LISTRIK CROSS OVER Abstrak. 7–8.*
- Kurniawan, D. A., Studi, P., Mesin, T., Teknik, F., Muhammadiyah, U., & Utara, S. (2023). *Skripsi analisa simulasi numerik kekuatan rangka mesin pencacah sampah organik menggunakan aplikasi solidwork.*
- Na, D. E. C., & Hipertensiva, C. (2014). *Mekanika Teknik.*
- Ningrum, P. (2020). *PEMODELAN DAN SIMULASI PROSES PRODUKSI PERALATAN BAYI PADA HOME INDUSTRI PUPPY PUTRA PERDANA. 24–31.*
- Nurlina, N., Makassar, U. M., Riska, R., & Makassar, U. M. (2019). *Fisika dasar i.*
- Prasetyo, A. B., & Sekarjati, K. A. (2022). Finite Element Simulation of Power Weeder Machine Frame. *Indonesian Journal of Computing, Engineering and Design (IJoCED)*, 4(2), 25. <https://doi.org/10.35806/ijoced.v4i2.291>
- Ravli, F. D. (2019). *admin,+Journal+manager,+29.pdf.*
- Siregar, A. hidayat. (2018). Analisa numerik kekuatan rangka pada prototype belt conveyor. *Tugas Sarjana.*
- Suhendra, D. (2020). *Tugas akhir analisa numerik kukuatan rangka pada mesin pengurai sabut kelapa. 1–47.* <http://repository.umsu.ac.id/handle/123456789/2705>
- Suryady, S., & Sapto, A. D. (2024). *Analisis Pembebanan Statis terhadap Rangka Mesin Alat Pengaduk untuk Adonan Donat menggunakan Software FEA Jurnal Teknik Mesin : Vol . 13 , No . 1 , Februari 2024 ISSN 2549-2888. 13(1), 22–29.*
- Syahputra, A. (2022). *Sidang tugas akhir simulasi kekuatan rangka mesin penggiling tomat dan pengaduk saus tomat.*
- Ulfa, R. (2019). Variabel Dalam Penelitian Pendidikan. *Jurnal Teknodik*, 6115, 196–215. <https://doi.org/10.32550/teknodik.v0i0.554>
- Ulumuddin, M. I. (2019). *ANALISIS TEGANGAN INSERT CAVITY MOLDING RAK SEPATU TERHADAP TEKANAN 160 MPA PADA MESIN INJECTION PLASTIK MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2017. 2, No.2, 1–10.*
- vimala Rachmawati, & Kamiran. (2015). Simulasi Perpindahan Panas Pada Lapisan Tengah Pelat Menggunakan Metode elemen hingga. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 4(2).
- Yunus, A. I., Kristiana, R., Dewadi, F. M., Anwar, B., H.Umar, S. A., Fuadah, N., Sarasanty, D., Edahwati, L., Murdani, E., & Tukimun. (2023). *Mekanika Teknik II (Issue June).*
- Yusup, M. (2020). Analisa Pengaruh Hardening Baja AISI 1045 Terhadap Perubahan Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan. *Fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang*, 1–28. <http://repository.univ-tridinanti.ac.id/2098/>
- Zainal. (2021). *Tugas akhir analisa numerik rangka mesin sortir jeruk berkapasitas 800 kg/jam.* <http://repository.umsu.ac.id/handle/123456789/15444>
- Zulfikar, Z. (2018). Numerical Simulation on The Onion Dryer Frame Capacity of 5 kg/hour. *Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy*, 2(2), 86. <https://doi.org/10.31289/jmemme.v2i2.2110>
- Shigley, J. E. dan L. D. Mitchel. 1984. *Perencanaan Teknik Mesin Ed. 4 Jilid 1.* Translated by Harahap, G. Jakarta: Erlangga.
- Jensen, Alfred dan Harry H. Chenoweth. 1989. *Kekuatan Bahan Terapan (4th Ed.).* Translated by Darwin Sebayang. Jakarta: Erlangga.
- Mott, R. L. 2009. *Elemen-Elemen Mesin dalam Perancangan Mekanis.* Translated by Rines, Agus Unggul Santoso, Wibowo Kusbandono, Rusdi Sambada, I Gusti Ketut Puja, dan A. Teguh Siswanto. Yogyakarta: ANDI.
- Ghifari, R. M. Al. (2017). Optimasi Ketebalan Serat Komposit Pada Tabung COPV. *Jurnal Teknik Mesin UNPAS*, 1(9),2.
- Hutahaean, R. Y. (2017). *MEKANIKA KEKUATAN BAHAN.* Graha Ilmu.