

## Simulasi Tegangan pada Rangka Sepeda Motor *ESAF* Menggunakan Metode *Finite Element Analysis*

Syahrial Garindra<sup>1\*</sup>, Rachmat Dwi Sampurno<sup>2</sup>, Sailon<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Produksi & Perawatan, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang  
[\\*syahrialgarindra55@gmail.com](mailto:*syahrialgarindra55@gmail.com)<sup>1</sup>, [rachmat.dwi.sampurno@polstri.ac.id](mailto:rachmat.dwi.sampurno@polstri.ac.id)<sup>2</sup>,  
[sailonir5@gmail.com](mailto:sailonir5@gmail.com)<sup>3</sup>

Alamat: Jl. Sriwijaya Negara, Bukit Lama, Kec. Ilir Bar. I, Kota Palembang, Sumatera Selatan 30128  
Korespondensi penulis: [syahrialgarindra55@gmail.com](mailto:syahrialgarindra55@gmail.com)

**Abstract.** *This research aims to measure the strength of the ESAF frame to prove its durability, using the finite element analysis (FEA) method. This simulation will show the results of von mises, displacement, and safety factor by using load variations of 300 kg, 350 kg, 400 kg. Based on the simulation results, the von Mises stress values obtained are 305.5 mpa; 356.3 mpa; 406.8 mpa. Based on the von Mises value obtained, it can be concluded that the structure is safe in accordance with the journal reference which states high-strength low alloy steels (HSLA) have a tensile strength of 750 mpa - 1500 mpa. for displacement values, obtained 0.03131 mm; 0.03652 mm; 0.04174 mm. From the results of the displacement obtained, the largest value is only 0.04174 mm, so it can be declared safe because it only changes slightly. for the safety factor value obtained is 5.0; 4.2; 3.75. Based on journal references that state the limit of safe safety factor values in dynamic loads is 3.0 and for static loads 2.0 from the safety factor values obtained can be declared safe, this simulation can be concluded under the ESAF frame is theoretically safe enough.*

**Keywords:** *ESAF motorbike frame, stress analysis, von mises, displacement, safety factors*

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan mengukur kekuatan rangka *ESAF* untuk membuktikan ketahanannya, dengan menggunakan metode *finite element analysis (FEA)*. simulasi kali ini akan menunjukkan hasil nilai dari *von mises*, *displacement*, dan *safety factor* dengan menggunakan variasi beban yaitu 300 kg, 350 kg, 400 kg. Berdasarkan hasil simulasi, diperoleh nilai tegangan *von Mises* yaitu 305,5 mpa; 356,3 mpa; 406,8 mpa. Berdasarkan nilai *von Mises* yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa struktur aman sesuai dengan referensi jurnal yang menyatakan *high-strength low alloy steels (HSLA)* mempunyai kekuatan tarik 750 mpa – 1500 mpa. untuk nilai *displacement*, diperoleh 0,03131 mm; 0,03652 mm; 0,04174 mm. Dari hasil *displacement* yang di dapat nilai terbesarnya yaitu hanya 0,04174 mm maka dapat di nyatakan aman karna hanya mengalami perubahan yang sedikit. untuk nilai *safety factor* yang di peroleh yaitu 5,0; 4,2; 3,75. Berdasarkan refrensi jurnal yang menyatakan batas nilai *safety factor* yang aman pada beban dinamis yaitu 3,0 dan untuk beban statis 2,0 dari nilai *safety factor* yang di peroleh dapat di nyatakan aman, simulasi kali ini dapat di simpulkan bawah rangka *ESAF* cukup aman secara teoritis.

**Kata kunci:** *rangka sepeda motor ESAF, stress analysis, von mises, displacement, safety factor*

### 1. LATAR BELAKANG

Sepeda motor terus mengalami perkembangan pesat dari tahun ke tahun, baik dari segi desain maupun teknologi, salah satu inovasi terbaru adalah rangka sepeda motor *enhanced smart architecture frame* atau yang biasa di sebut dengan rangka *ESAF* pembuatan rangka ini bukan lagi menggunakan pipa tetapi pelat baja yang ditekuk dan dipres, kemudian di las laser sehingga ada lipatan atau tulang di sisi-sisinya. Sebanyak 34 komponen dihilangkan dalam penggabungan ini, sehingga rangka tampak lebih simple (Sinurat, 2024). Secara bentuk, rangka hanya terdiri dari rangka utama (*underbone*) dan tambahan dua tulang bagian belakang (*sub*

*frame*). Karenanya, bobot rangka jadi lebih ringan 8 persen dibanding rangka skutik sebelumnya. “rangka yang lebih ringan ini membuat pengendaraan menjadi lebih nyaman dan mudah khususnya ketika bermanuver. Bobot motor juga berkurang, atau tidak berat (Reynaldin & Saputra, 2024) tetapi akhir-akhir ini beredar perdebatan mengenai masalah ketahanan dari rangka *ESAF* yang di klaim mudah patah.

Penelitian kali ini adalah untuk mencari tingkat kekuatan dari rangka *ESAF* yang bertujuan untuk mengetahui apakah rangka *ESAF* mudah patah atau tidak, dengan menggunakan metode *finite element analysis (FEA)*. Metode elemen hingga atau *FEA* telah banyak digunakan sebagai *tool analysis* untuk memperoleh gambaran distribusi tegangan dan memprediksi kekuatan struktur. Perancangan rangka kendaraan untuk keperluan rehabilitasi dilakukan secara komputerisasi yaitu perhitungan kekuatan rangka berdasarkan analisis struktur menggunakan metode elemen hingga (Febritasari et al., 2023; Febritasari & Batan, 2019; Febritasari & Korawan, 2024). Data yang di harapkan pada simulasi kali ini yaitu nilai dari *von mises*, *displacement*, dan *safety factor* dengan menggunakan variasi beban 300kg, 350kg, 400kg. Adapun material rangka yang digunakan pada penelitian ini yaitu plat besi *high-strength low alloy steels (HSLA)*.

## **2. KAJIAN TEORITIS**

### ***Enhanced Smart Architecture Frame***

Rangka *Esaf* adalah sebuah kerangka inovatif yang dirancang khusus untuk digunakan pada motor. Dibandingkan dengan rangka konvensional rangka *Esaf* memiliki struktur yang lebih kompleks. Rangka ini menggunakan teknologi canggih dan material yang berkualitas untuk memberikan kekuatan, kestabilan, dan kelincahan yang optimal pada motor. Desain rangka *Esaf* dirancang sedemikian rupa untuk memberikan dukungan yang tepat pada berbagai komponen motor, serta untuk mengurangi berat dan meningkatkan *aerodinamika*. Tujuan utama penggunaan rangka *esaf* adalah untuk meningkatkan performa, keamanan, dan kenyamanan pengendara, serta memberikan estetika yang menarik pada motor.

### ***Stress Analysis***

*Stress analysis* adalah proses untuk mengevaluasi tegangan yang terjadi pada suatu struktur atau benda. Dalam konteks teknik, *stress analysis* biasanya dilakukan untuk memahami bagaimana tegangan yang dihasilkan oleh beban atau gaya yang diterapkan pada suatu objek akan mempengaruhi kekuatan dan keandalan struktur tersebut. Menurut Shantika et al. (2017) “*stres* adalah istilah teknik yang terkait dengan jumlah gaya yang diberikan pada

struktur per unit area. *Analysis stres* adalah salah satu di mana pengujian eksperimental atau pemodelan komputasi digunakan untuk menentukan *stress* yang dihadapi oleh bahan atau komponen di bawah kondisi dimuat dan apakah *stress* ini akan mengakibatkan kelelahan atau kegagalan komponen”

### **Konsep Tegangan-Regangan**

Tegangan merupakan besaran yang menggambarkan besarnya gaya internal yang timbul dalam suatu material akibat adanya beban luar. Berdasarkan arah bekerjanya tegangan dapat diklasifikasikan menjadi tegangan normal dan tegangan geser, Regangan di sisi lain merupakan ukuran deformasi atau perubahan bentuk suatu material akibat adanya tegangan. Hubungan antara tegangan dan regangan pada daerah elastis linier dinyatakan oleh Hukum *Hooke*, di mana tegangan berbanding lurus dengan regangan.

### **Sambungan Las (*Welding*)**

Proses perakitan komponen rangka dalam pemodelan dilakukan dengan mensimulasikan dua jenis sambungan utama yaitu pengelasan dan penyambungan. Sambungan las *fillet* dipilih untuk sambungan permanen antara *frame* utama dan komponen pendukung lainnya. Meskipun pengelasan menawarkan keuntungan seperti efisiensi biaya dan fleksibilitas desain, namun proses ini dapat menimbulkan beberapa efek negatif seperti perubahan struktur, penurunan kekuatan dan ketangguhan material serta *distorsi* dan tegangan sisa.

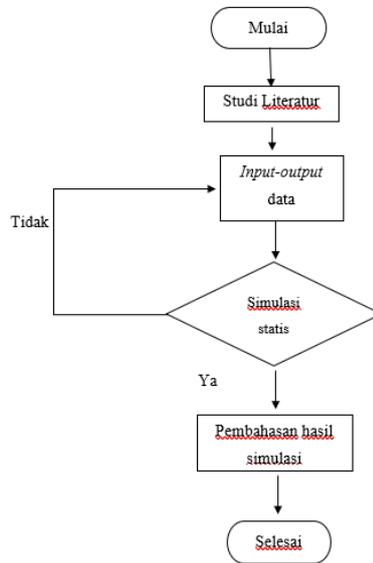
### ***Finite Element Analysis***

*Finite Element Analysis (FEA)* atau disebut metode elemen hingga adalah metode numerik yang digunakan untuk analisis masalah struktural dan *termal* yang dihadapi oleh para insinyur mesin selama proses desain. Selain mengidentifikasi kerusakan, metode tersebut juga memungkinkan untuk mengoptimalkan struktur dengan membuang material berlebih dan meningkatkan distribusi berat (Fiorillo et al., 2020).

## **3. METODE PENELITIAN**

Metode pada penelitian kali ini adalah simulasi *finite element analysis (FEA)* untuk menganalisis Tingkat kekuatan rangka *ESAF* di berbagai kondisi beban. Melalui perangkat lunak *Inventor*, model tiga dimensi rangka *ESAF* dirancang dengan presisi, kemudian diinputkan data material yang relevan. Selanjutnya, simulasi tegangan statis dilakukan dengan memberikan beban variasi mulai dari 300 kg hingga 400 kg. Parameter yang diamati meliputi

tegangan von *Mises*, *displacement*, dan *safety factor*. Hasil simulasi ini kemudian dianalisis secara mendalam untuk mengukur kekuatan dan ketahanan rangka *ESAF*, serta untuk memvalidasi hasil dengan literatur yang ada. Alur kerja penelitian ini secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 1.

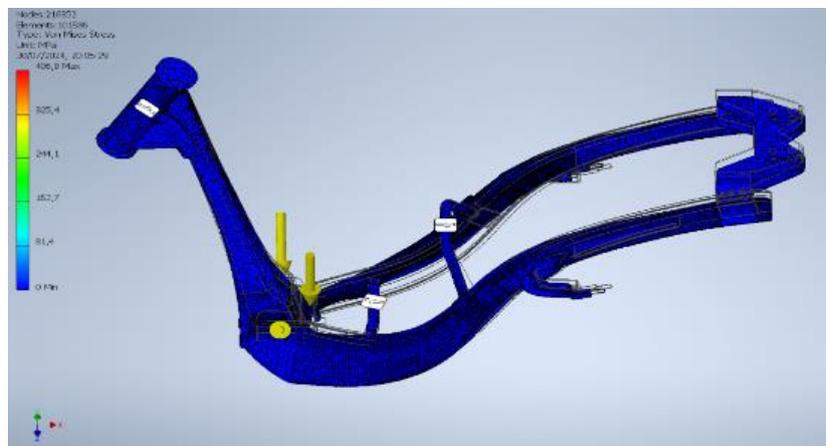


Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

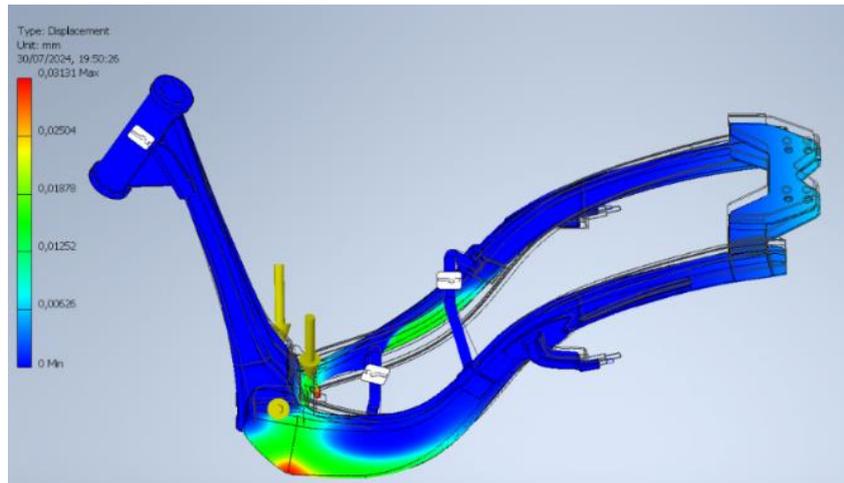
##### Hasil Simulasi

Simulasi pembebanan statis yang dilakukan rangka sepeda motor berbasis *ESAF*, terletak pada bagian rangka bagian depan dan rangka bagian kanan dan kiri, yang bermaterialkan *High-strength low-alloy steel (HSLA)*, yang memiliki kekuatan luluh yaitu 750-1500 mpa, pada simulasi kali ini memiliki variabel pembebanan yaitu 300 kg, 350 kg, dan 400 kg berikut hasil simulasi:



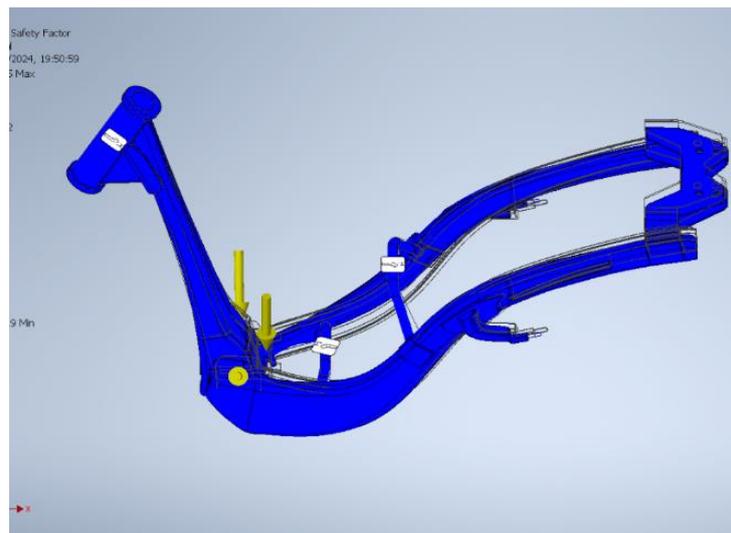
Gambar 2 Hasil Simulasi Von Mises

Berdasarkan gambar diatas, nilai *Von Mises Stress* minimum yang diperoleh pada beban berturut-berturut 300 kg, 350 kg, dan 400 kg, adalah sebesar 0,000 MPa, sedangkan nilai *von mises maksimum* yang diperoleh pada masing-masing beban adalah 305,5 MPa ; 356,3 MPa ; 406,8 MPa . Berdasarkan nilai *von Mises* yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa struktur aman sesuai dengan referensi jurnal yang menyatakan *high-strength low alloy steels (HSLA)* mempunyai kekuatan tarik 750 mpa – 1500 mpa (Chandra, 2011)



**Gambar 3 Hasil Simulasi Displacement**

Pada gambar diatas, nilai *displacement* minimum yang diperoleh dari setiap beban adalah 0,000 mm dan untuk nilai *maksimum* dari setiap beban berturut-turut adalah 0,03131 mm, 0,03652 mm, 0,04174 mm. Dari hasil *displacement* yang di dapat nilai terbesarnya yaitu hanya 0,04174 mm maka dapat di nyatakan aman karna hanya mengalami perubahan yang sedikit.



**Gambar 4 Hasil Simulasi Safety Factor**

Berdasarkan gambar hasil simulasi di atas nilai *factor of safety* minimum yang di peroleh pada beban berturut-turut 300 kg, 350kg, dan 400 kg adalah 5,0; 4,2; 3,75. Berdasarkan refrensi jurnal yang menyatakan batas nilai *safety factor* yang aman pada beban dinamis yaitu 3,0 dan untuk beban statis 2,0 dari nilai *safety factor* yang di peroleh dapat di nyatakan aman (Setiawan et al., 2023).

Data hasil pengujian disajikan dalam bentuk table seperti pada table 4.1 dibawah:

**Tabel 1 Data Hasil Pengujian**

No	Beban	<i>Von Mises Stress (MPa)</i>		<i>Displacement (mm)</i>		<i>Factor of Safety</i>
		Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.
1	300 kg	0,000	305,5 MPa	0,000	0,03131 mm	0,9
2	350 kg	0,000	356,3 MPa	0,000	0,03652 mm	0,77
3	400 kg	0,000	406,8 MPa	0,000	0,04174 mm	0,68

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa rangka eSAF secara struktural aman dalam kondisi beban yang dihitung. Namun, perlu diingat bahwa analisis ini hanya mempertimbangkan aspek kekuatan material dan tidak mencakup faktor degradasi seperti korosi atau cacat pada sambungan las yang dapat mempengaruhi kinerja jangka panjang struktur.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil simulasi dan pembahasan yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan dapat diambil. Pertama, nilai tegangan Von Mises maksimum yang diperoleh selama simulasi dengan variasi pembebanan 300 kg, 350 kg, dan 400 kg masing-masing adalah 305,5 MPa, 356,3 MPa, dan 406,8 MPa, sementara nilai minimumnya adalah 0 MPa. Tegangan maksimum tersebut masih berada di bawah kekuatan luluh (yield strength) material High-strength Low-alloy Steel (HSLA), yaitu 600 MPa. Kedua, pada displacement, nilai maksimum yang diperoleh dengan variasi pembebanan 300 kg, 350 kg, dan 400 kg secara berturut-turut adalah 0,03131 mm, 0,03652 mm, dan 0,04174 mm, dengan nilai minimum 0 mm. Ketiga, faktor keamanan (factor of safety) memiliki nilai minimum masing-masing sebesar 0,9, 0,77, dan 0,68 untuk pembebanan 300 kg, 350 kg, dan 400 kg. Keempat, hasil simulasi menunjukkan bahwa kegagalan rangka bukan disebabkan oleh tegangan melebihi batas material, melainkan oleh faktor lain, seperti kekuatan sambungan las yang tidak memadai. Pada beban tertinggi 400 kg, hasil simulasi masih berada dalam kategori aman.

Adapun saran untuk pengembangan lebih lanjut, penelitian ini perlu mempertimbangkan material yang digunakan agar menghasilkan performa yang lebih optimal. Penelitian lanjutan sebaiknya dilakukan dengan variasi pembebanan serta pemilihan titik pembebanan yang berbeda untuk mendapatkan hasil analisis yang lebih detail dan akurat.

## DAFTAR REFERENSI

- Chandra, A. T. (2011). *Analisis Kuat Tarik Sambungan Baja dengan Metode Pengelasan Smaw pada Baja High-Strength Low Alloy Steels (HSLA) dan Baja Mutu Rendah*. Universitas Internasional Batam.
- Febritasari, R., & Batan, I. M. L. (2019). Implementation Fugl Meyer assessment of lower extremity method to develop a post-stroke rehabilitation procedure using ITS tricycle. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 598(1), 12092.
- Febritasari, R., & Korawan, A. D. (2024). Design of Medical Self-Propelled Walking Tricycle as a Post-Stroke Rehabilitation Tool. *Indonesian Journal of Computing, Engineering, and Design (IJoCED)*, 6(1), 17–29.
- Febritasari, R., Santoso, M. R. A., Sibut, S., Sutrisno, T. A., Pohan, G. A., Rahmadianto, F., Praswanto, D. H., Prihatmi, T. N., & Setyawan, E. Y. (2023). Analisis Distribusi Tegangan dan Deformasi Pada Rangka Motor Trail dengan Metode Elemen Hingga. *Prosiding SENIATI*, 7(1), 142–148.
- Fiorillo, A., Sampogna, G., Giallonardo, V., Del Vecchio, V., Luciano, M., Albert, U., Carmassi, C., Carrà, G., Cirulli, F., & Dell’Osso, B. (2020). Effects of the lockdown on the mental health of the general population during the COVID-19 pandemic in Italy: Results from the COMET collaborative network. *European Psychiatry*, 63(1), e87.
- Reynaldin, A., & Saputra, S. (2024). Komunikasi Krisis PT Astra Honda Motor pada Kasus Patahnya Rangka ESAF. *Jurnal Penelitian Inovatif*, 4(1), 165–176.
- Setiawan, R., Sugiyanto, D., & Daryus, A. (2023). Analisis Simulasi Kekuatan dan Pembuatan Rangka Kendaraan Sepeda Motor Listrik. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, 58–66.
- Shantika, T., Firmansjah, E. T., & Naufan, I. (2017). Perancangan Chassis Type Tubular Space Frame Untuk Kendaraan Listrik. *POROS*, 15(1), 9–17.
- Sinurat, F. O. (2024). *Perlindungan Hukum terhadap Konsumen yang Mengalami Kerugian Akibat Terdapatnya Rangka E-Saf pada Sepeda Motor Honda yang Dibeli dari Showroom*.