

## Analisis Perancangan *Frame Gokart* dari Pengaruh Pembebanan dengan Menggunakan CAD *Solidworks* 2016

Angga Restu Pahlawan<sup>1)\*</sup>, Rizal Hanifi<sup>2)</sup>, Aa Santosa<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Mesin Universitas Singaperbangsa Karawang  
Kabupaten Karawang, Jawa Barat 41361

Email: [anggapahlawan12@gmail.com](mailto:anggapahlawan12@gmail.com)

<sup>2,3)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang  
Kabupaten Karawang, Jawa Barat 41361

Email: [rizal.hanifi@ft.unsika.ac.id](mailto:rizal.hanifi@ft.unsika.ac.id), [aa.santosa@ft.unsika.ac.id](mailto:aa.santosa@ft.unsika.ac.id)

doi: <https://doi.org/10.24843/METTEK.2021.v07.i01.p01>

### Abstrak

*Frame* adalah salah satu komponen yang sangat penting dalam sebuah kendaraan, yang berfungsi sebagai penopang penumpang, mesin, suspensi, sistem kelistrikan dan lain-lain. Melihat fungsi dari *frame* sangat penting, maka dalam merancang sebuah *frame* harus diperhitungkan dengan baik. Banyak sekali jenis pengujian yang sering dipakai dalam perancangan sebuah struktur *frame*, salah satunya adalah digunakannya metode komputasi dengan menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui distribusi tegangan, regangan, *displacement*, dan *safety factor* dari hasil pembebanan statis pada *frame* gokar. Struktur *frame* didesain dan dianalisis menggunakan *software Solidworks* 2016. Material yang digunakan *frame* adalah baja AISI 1045 *hollow tube* 27 × 3,2 mm, dengan menggunakan pembebanan pengendara sebesar 50 kg dan 70 kg. Hasil dari perhitungan manual didapatkan tegangan maksimum sebesar  $4,735 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ , sedangkan dari simulasi didapatkan sebesar  $4,516 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ . Regangan maksimum didapatkan dari perhitungan manual sebesar  $2,310 \times 10^{-4}$ . *Displacement* maksimum didapatkan dari perhitungan manual sebesar  $1,864 \times 10^8 \text{ mm}$ , sedangkan dari simulasi didapatkan sebesar  $1,624 \times 10^8 \text{ mm}$ . *Safety factor* minimum didapatkan dari perhitungan manual sebesar 11,193, dan perhitungan simulasi didapatkan sebesar 11,736.

**Kata kunci:** *Frame*, FEA, baja AISI 1045, *Solidworks* 2016.

### Abstract

*The frame is one of the most important components in a vehicle, which functions as a support for passengers, engines, suspensions, electrical systems and others. Seeing the function of the frame is very important, so designing a frame must be taken into account well. There are many types of tests that are often used in the design of a frame structure, one of which is the use of computational methods using the Finite Element Analysis (FEA) method. The purpose of this study was to determine the distribution of stress, strain, displacement, and safety factor from the results of static loading on the kart frame. The frame structure was designed and analyzed using Solidworks 2016 software. The material used in the frame is steel AISI 1045 hollow tube 27 × 3,2 mm, using a rider load of 50 kg and 70 kg. The result of manual calculation shows that the maximum stress is  $4,735 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ , while the simulation results are  $4,516 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ . The maximum strain is obtained from manual calculation of  $2,310 \times 10^{-4}$ . The maximum displacement is obtained from manual calculations of  $1,864 \times 10^8 \text{ mm}$ , while the simulation results are  $1,624 \times 10^8 \text{ mm}$ . The minimum safety factor obtained from manual calculation is 11,193, and the simulation calculation is 11,736.*

**Keywords:** *Frame*, FEA, AISI 1045 steel, *Solidworks* 2016.

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan kendaraan bermotor khususnya di Indonesia setiap tahunnya terus mengalami peningkatan, baik itu jenis kendaraan roda empat maupun kendaraan roda dua. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik jumlah kendaraan di Indonesia pada tahun 2018 untuk kendaraan mobil penumpang sebanyak 16.440.987 unit, mobil bis sebanyak 2.538.182 unit, mobil barang sebanyak 7.778.544 unit, dan jumlah sepeda motor 120.101.047 unit. Dari hasil data yang didapat menunjukkan bahwa jumlah total kendaraan bermotor secara keseluruhan pada tahun 2018 mencapai 146.858.759 unit [1].

Industri otomotif adalah merupakan salah satu pasar industri yang memiliki kemajuan yang sangat pesat. Salah satu bentuk perkembangan dan pembaharuan teknologi pada industri otomotif ini antara lain yaitu di bidang rangka (*frame*) dari sebuah kendaraan. Dan bahkan rangka sekarang banyak diaplikasikan dan dikembangkan pada kendaraan kategori *prototype*, seperti kendaraan gokar. *Frame* merupakan salah satu komponen terpenting dalam sebuah kendaraan, yang berfungsi sebagai penopang mesin, sistem suspensi dan sistem kelistrikan, sehingga menjadi satu kesatuan yang membuat sebuah kendaraan dapat berjalan. Oleh sebab itu, rangka harus memiliki sifat yang kuat, ringan, dan tahan terhadap getaran atau guncangan yang diterima dari beban penumpang, mesin dan kondisi jalan [2]. Pembebanan pada rangka akan mempengaruhi terjadinya defleksi pada konstruksi rangka tersebut sehingga rawan terjadinya retakan dan bahkan patahan. Melihat fungsi dari rangka sangat penting pada sebuah kendaraan, maka dalam merancang sebuah rangka harus diperhitungkan dengan baik dan benar untuk meminimalisir terjadinya kegagalan pada rangka. Maka dari itu faktor keamanan dari perancangan rangka menjadi perhatian khusus. Berbagai metode pengujian sudah banyak dilakukan untuk memperoleh hasil perancangan *frame* agar dapat memenuhi standar keamanan.

Adapun jenis pengujian yang sering dipakai dalam perancangan struktur adalah digunakannya metode komputasi dengan menggunakan metode elemen hingga atau FEA (*Finite Element Analysis*). Metode *finite element analysis* adalah sebuah metode penyelesaian numerik yang menggunakan pendekatan dengan membagi-bagi (diskritisasi) benda yang akan dianalisa menjadi bentuk elemen-elemen yang berhingga dan saling berkaitan. FEA sendiri banyak digunakan dalam permasalahan di dunia *engineering*, misalnya menganalisis kekuatan struktur, korosi, perpindahan panas, elektromagnetis, dan aliran fluida [3].

Berdasarkan latar belakang di atas peneliti bertujuan merancang sebuah *frame* gokar dan melakukan analisis dengan menggunakan *software Solidworks 2016*, untuk mengetahui kekuatan dari struktur *frame* terhadap proses pembebanan yang dilakukan.

## 2. METODE

### 2.1. Persamaan

Untuk mengetahui kekuatan dari struktur *frame*, maka dilakukan suatu perhitungan menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut:

#### a) Konsep tegangan

Secara umum tegangan pada elemen dibagi menjadi 2 bagian, yaitu tegangan normal dan tegangan geser. Seperti yang diketahui bahwa tegangan timbul akibat adanya beban yang bekerja pada suatu elemen batang. Ada 2 jenis beban yang bisa menyebabkan tegangan normal, yang pertama adalah gaya aksial baik berupa gaya tarik ataupun gaya tekan, dan kedua adalah momen lentur berupa gaya radial [4]. Tegangan normal maksimum yang di sebabkan oleh momen lentur dari gaya radial yang terjadi pada *frame* gokar dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$\sigma_{maks} = \frac{M_L \cdot y}{I} \quad (1)$$

Dimana:

- $\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum (N/m<sup>2</sup>)
- $M_L$  = Momen lentur (N.m)
- $y$  = Titik yang diamati (m)
- $I$  = Momen inersia penampang (m<sup>4</sup>)

b) Regangan

Regangan pada suatu benda terjadi apabila benda tersebut mengalami perubahan panjang yang diakibatkan oleh gaya radial. Regangan mempunyai ciri yang sama dengan tegangan, dimana regangan diakibatkan dari tekanan dan tarikan. Menurut Ramadhan dan kawan-kawan [5], Untuk mencari regangan dapat dirumuskan persamaan berikut:

$$\varepsilon = \frac{\sigma_{maks}}{E} \quad (2)$$

Dimana:

- $\varepsilon$  = Regangan
- $\sigma_{maks}$  = Tegangan maksimum (N/m<sup>2</sup>)
- $E$  = Modulus elastisitas (N/m<sup>2</sup>)

c) Defleksi

Menurut Ferdinand dan kawan-kawan [6], defleksi adalah perubahan bentuk pada balok dalam arah y akibat adanya pembebanan vertikal yang diberikan pada balok atau batang. Deformasi pada balok secara sangat mudah dapat dijelaskan berdasarkan defleksi balok dari posisinya sebelum mengalami pembebanan. Defleksi diukur dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi. Adapun rumus defleksi yang dipakai yaitu menurut jenis dan tumpuannya sebagai berikut:

$$\delta = \frac{P.a}{24.E.I} (3.L^2 - 4.a^2) \quad (3)$$

Dimana:

- $\delta$  = Defleksi (mm)
- $P$  = Beban yang diberikan (N)
- $E$  = Modulus elastisitas (N/m<sup>2</sup>)
- $I$  = Momen inersia penampang (m<sup>4</sup>)
- $L$  = Jarak keseluruhan batang (m)
- $a$  = Jarak pembebanan (m)

d) *Safety factor*

*Safety Factor* (faktor keamanan) adalah suatu faktor yang digunakan untuk mengevaluasi sebuah perencanaan elemen mesin agar terjamin keamanannya. Menurut Dobrovolsky, V [7], faktor keamanan diberikan kepada suatu desain biasanya berdasarkan jenis pembebanan yaitu pembebanan statis: 1,25 – 2, pembebanan dinamis: 2 – 3, dan pembebanan kejut: 3 – 5. [8] Adapun rumus yang digunakan untuk mengetahui faktor keamanan dari suatu material dalam perencanaan elemen mesin dirumuskan pada persamaan berikut:

$$FS = \frac{S_y}{\sigma_{actual}} \quad (4)$$

Dimana:

FS = Faktor keamanan

$S_y$  = Tegangan luluh material ( $N/m^2$ )

$\sigma_{actual}$  = Tegangan yang terjadi ( $N/m^2$ )

## 2.2. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur dari penelitian:

1. Menyiapkan alat.
2. Menyiapkan data perencanaan.
3. Menyiapkan standar perancangan.
4. Menyiapkan *software Solidworks premium 2016*.
5. Menentukan geometri atau pemodelan.
6. Melakukan simulasi dengan aplikasi *software Solidworks premium 2016*.

## 2.3. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Laptop Asus A407M.
2. *Software Solidworks Premium 2016* yang digunakan untuk mendesain rangka gokar dan untuk melakukan simulasi.
3. Buku referensi yang berkaitan dengan penelitian yang sedang dilakukan untuk mendapatkan landasan teori yang sesuai dengan penelitian.
4. Jurnal berisi hasil-hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang sedang dikerjakan.

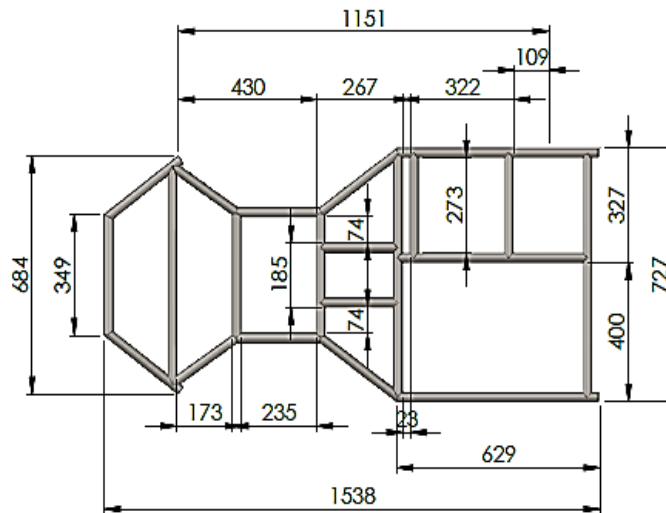
## 2.4. Rancangan Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, yang meliputi perancangan dan analisis rangka gokar secara teoritis dengan proses metode elemen hingga pada simulasi. Bahan yang digunakan *frame* adalah baja AISI 1045 dengan profil *hollow tube*  $27 \times 3,2$  mm, adapun sifat mekanik dari baja AISI 1045 yang digunakan penelitian diambil dari *software Solidworks 2016*, yang mempunyai nilai *elastic modulus* sebesar  $2,050 \times 10^{11}$   $N/m^2$ , *tensile strength* sebesar  $6,250 \times 10^8$   $N/m^2$ , dan *yield strength* sebesar  $5,300 \times 10^8$   $N/m^2$ . Adapun standar yang digunakan pada perancangan desain *frame* gokar mengacu pada regulasi kontes mobil hemat energi 2017. Dimensi rangka gokar yang dibuat bisa dilihat pada gambar 1.

Skema penelitian, dimana dilakukan perhitungan manual dan simulasi menggunakan *software Solidworks 2016* sebanyak dua kali untuk proses pembebanan pada *frame* gokar. Adapun pembebanan dalam kondisi statis yang diberikan pada *frame* yaitu beban dari pengendara, kursi gokar dan beban dari mesin gokar, yang masing-masing memiliki beban yang berbeda. Variasi beban pengendara yang digunakan pada penelitian yaitu 50 kg dan 70 kg, massa dari kursi gokar sebesar 0,73 kg dan massa dari mesin gokar yaitu 17 kg. Dengan mengasumsikan percepatan gravitasi sebesar  $9,8$   $m/s^2$ . Dimana untuk mencari gaya dari beban digunakan persamaan sebagai berikut.

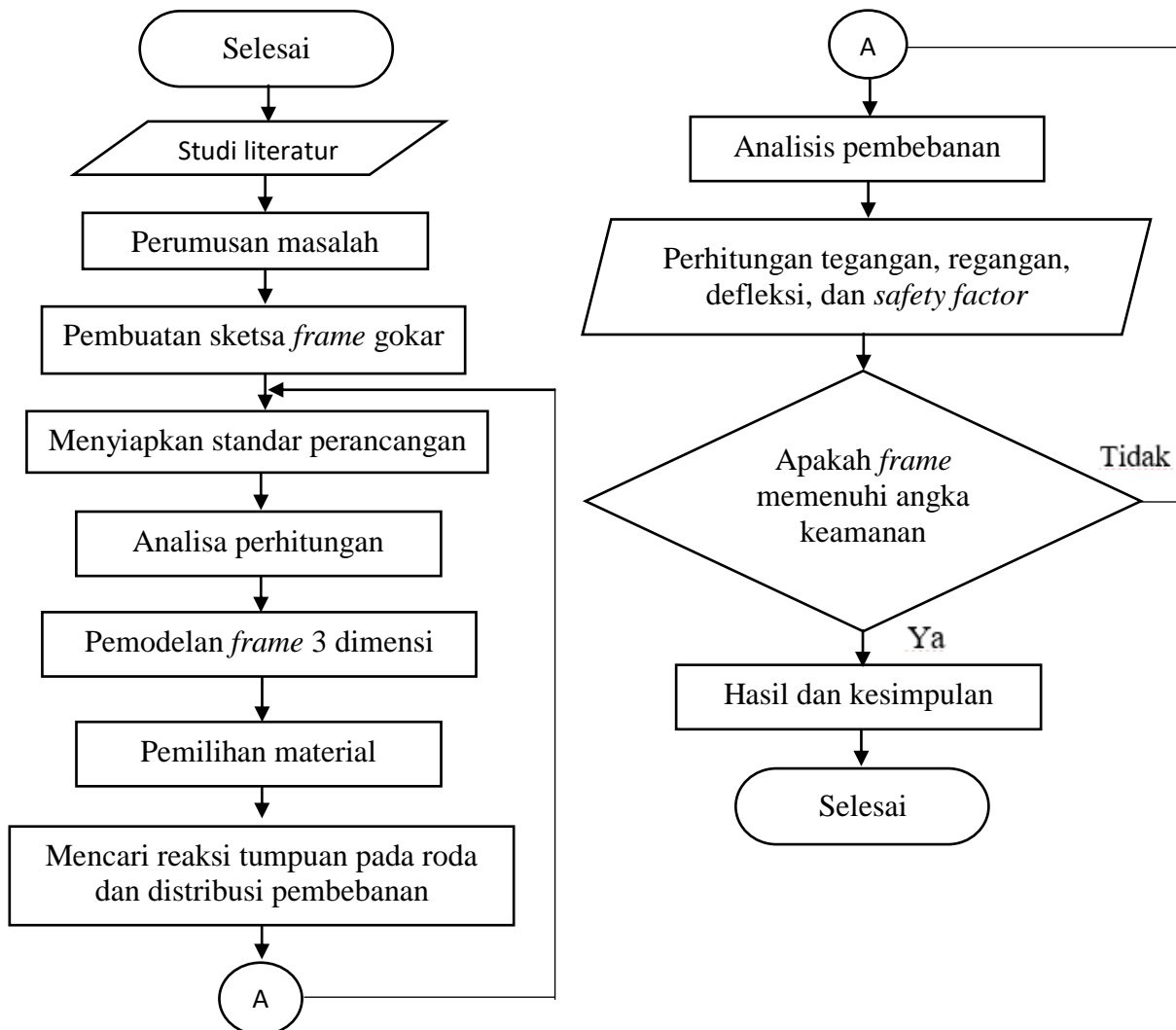
$$W = m \cdot g$$

Setelah hasil dari perhitungan manual dan hasil dari *software* didapatkan, kemudian data-data yang didapat dikumpulkan pada tabel, untuk membandingkan hasil dari proses perhitungan manual dan hasil dari *software*.



Gambar 1. Dimensi *frame* gokar

### 2.5. Diagram Alir Penelitian

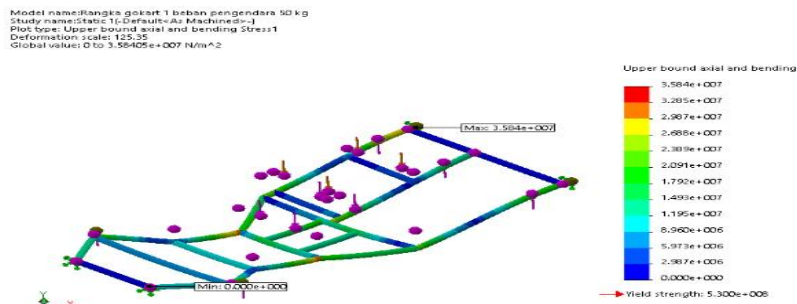


Gambar 2. Diagram alir penelitian

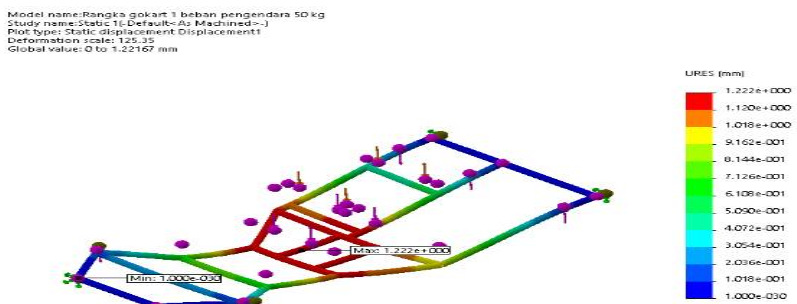
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Hasil Simulasi Pada *Software Solidworks 2016*

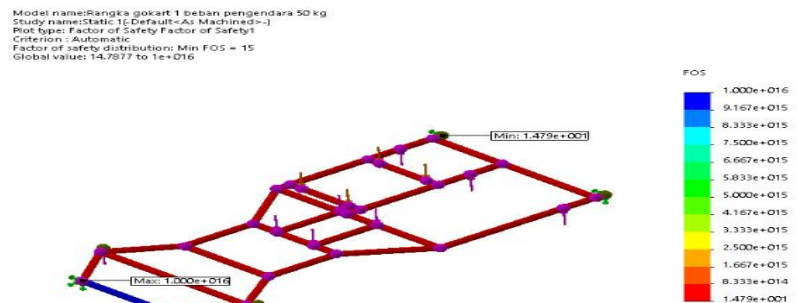
Adapun hasil dari simulasi pada *software* untuk pembebanan pengendara 50 kg.



Hasil A



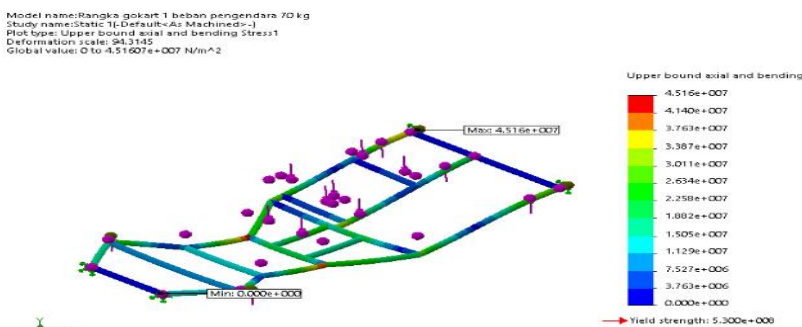
Hasil B



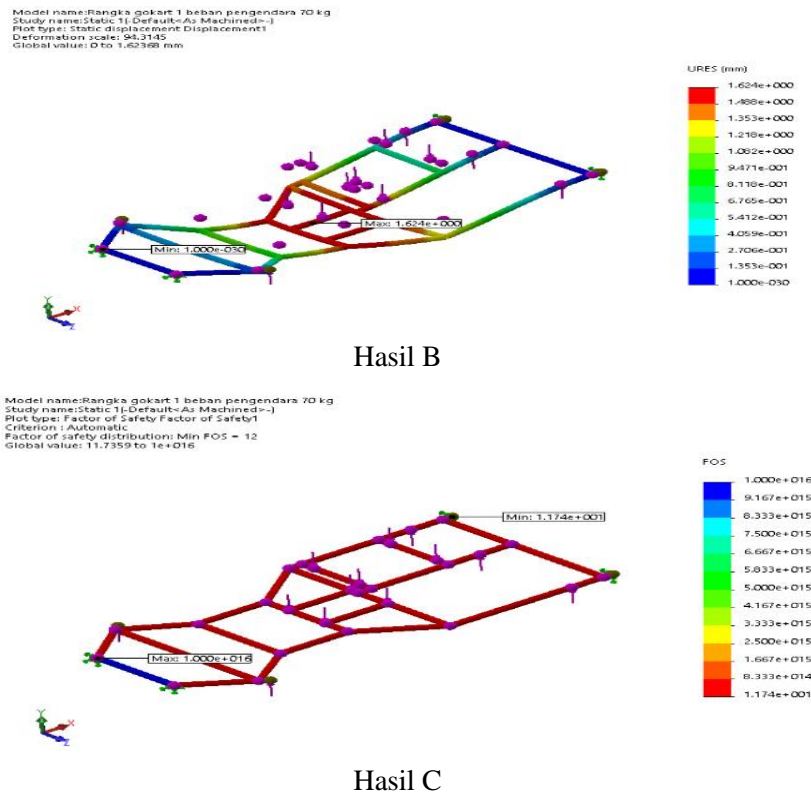
Hasil C

Gambar 3. Hasil simulasi *software* A = tegangan maksimum, B = defleksi, C = *safety factor*

Adapun hasil dari simulasi pada *software* untuk pembebanan pengendara 70 kg



Hasil A



Gambar 4. Hasil simulasi *software* A = tegangan maksimum, B = defleksi, C = *safety factor*

### 3.2. Data Hasil Perhitungan dan Simulasi

Besarnya tegangan, regangan, defleksi dan faktor keamanan pada *frame* dengan pembebanan pengendara 50 kg dan 70 kg, massa kursi gokar 0,73 kg, dan massa dari mesin gokar sebesar 17 kg, dengan mengasumsikan percepatan gravitasi sebesar  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Hasil perhitungan dan simulasi pada *frame* dengan beban pengendara 50 kg

No	Jenis	Hasil Perhitungan	Hasil simulasi <i>Solidworks</i>
1.	<i>Stress max</i>	$3,597 \times 10^7 \text{ N/m}^2$	$3,584 \times 10^7 \text{ N/m}^2$
2.	<i>Strain max</i>	$1,754 \times 10^{-4}$	-
3.	<i>Displacement max</i>	$1,337 \times 10^8 \text{ mm}$	$1,222 \times 10^8 \text{ mm}$
4.	<i>Safety Factor min</i>	14,734	14,788

Pengaruh pembebanan terhadap rangka dengan beban pengendara sebesar 50 kg didapatkan tegangan maksimum dari perhitungan manual sebesar  $3,597 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ , sedangkan tegangan dari simulasi didapatkan sebesar  $3,584 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ . Hasil regangan maksimum pada perhitungan manual didapatkan sebesar  $1,754 \times 10^{-4}$ . Dan *displacement* maksimum dari perhitungan manual didapatkan sebesar  $1,337 \times 10^8 \text{ mm}$ , sedangkan *displacement* dari simulasi didapatkan sebesar  $1,222 \times 10^8 \text{ mm}$ . *Safety factor* minimum didapatkan dari perhitungan manual sebesar 14,734, sedangkan *safety factor* dari simulasi didapatkan sebesar 14,788.

Tabel 2. Hasil perhitungan dan simulasi pada *frame* dengan beban pengendara 70 kg

No	Jenis	Hasil Perhitungan	Hasil simulasi <i>Solidworks</i>
1.	<i>Stress max</i>	$4,735 \times 10^7 \text{ N/m}^2$	$4,516 \times 10^7 \text{ N/m}^2$
2.	<i>Strain max</i>	$2,310 \times 10^{-4}$	-
3.	<i>Displacement max</i>	$1,864 \times 10^8 \text{ mm}$	$1,624 \times 10^8 \text{ mm}$
4.	<i>Safety Factor min</i>	11,193	11,736

Pengaruh pembebanan terhadap rangka dengan beban pengendara sebesar 70 kg didapatkan tegangan maksimum dari perhitungan manual sebesar  $4,735 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ , sedangkan tegangan dari simulasi didapatkan sebesar  $4,516 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ . Hasil regangan maksimum pada perhitungan manual didapatkan sebesar  $2,310 \times 10^{-4}$ . Dan *displacement* maksimum dari perhitungan manual didapatkan sebesar  $1,864 \times 10^8 \text{ mm}$ , sedangkan *displacement* dari simulasi didapatkan sebesar  $1,624 \times 10^8 \text{ mm}$ . *Safety factor* minimum didapatkan dari perhitungan manual sebesar 11,193, sedangkan *safety factor* dari simulasi didapatkan sebesar 11,736.

Adapun dari hasil perhitungan yang dilakukan sebelumnya didapatkan tegangan izin material baja AISI 1045 terhadap pembebanan statis sebesar  $2,650 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ .

#### 4. SIMPULAN

Dari hasil penelitian didapatkan tegangan, regangan, dan defleksi terbesar yaitu diakibatkan dari pembebanan pengendara sebesar 70 kg. Perancangan *frame* gokar telah memenuhi kriteria aman dari hasil perhitungan manual maupun hasil dari simulasi, dengan menggunakan pembebanan maksimum yang diberikan dari beban pengendara 70 kg, kursi gokar 0,73 kg, dan beban mesin gokar 17 kg. Dikarenakan hasil dari tegangan maksimum yang didapat pada *frame* sebesar  $4,735 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ , masih dibawah tegangan izin dari material yaitu sebesar  $2,650 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ , maka *frame* dikatakan aman dan layak digunakan. Penggunaan *software* dalam sebuah penelitian sangat membantu dan efektif terhadap efisiensi waktu yang dibutuhkan. Karena hasil perbandingan perhitungan manual yang dilakukan peneliti dan hasil dari simulasi *software* pun tidak jauh berbeda.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. P. Statistik, "Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor di Indonesia," *Badan Pusat Statistik*, 2018. [Online]. Available: [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id). [Accessed: 16-Jul-2020].
- [2] I. N. Agus Adi, K. R. Dantes, and I. N. P. Nugraha, "Analisis Tegangan Statik Pada Rancangan Frame Mobil Listrik Ganesha Sakti (Gaski) Menggunakan Software Solidworks 2014," *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 6, no. 2, p. 113, 2018, doi: 10.23887/jjtm.v6i2.13046.
- [3] A. N. H. D. Alfin Adam Prayogo, Wandu Arnandi, "Perancangan dan pembuatan rangka pada go kart berbahan bakar gas lpg," *Tek. Mesin*, vol. I, p. 1, 2018.
- [4] H. Sonawan, *PERANCANGAN ELEMEN MESIN*, Cetakan kedua. Bandung: ALFABETA, CV, 2014.
- [5] M. Jurusan *et al.*, "PERANCANGAN DAN SIMULASI FRAME MOBIL GOKART," vol. 3, no. 2, pp. 1–10, 2018.
- [6] T. A. Henra Heny Sigarlaki, Stenly Tangkuman, "APLIKASI METODE ELEMEN HINGGA PADA PERANCANGAN POROS BELAKANG GOKAR LISTRIK Henra," *Tek. Mesin*, vol. 4, pp. 104–115, 2015.
- [7] D. V. *Machine Elements*. Moscow: Foreign Languages Publishing House, 1988.



- [8] P. H. H. Mustofa, “PERANCANGAN CHASSIS TYPE TUBULAR SPACE FRAME UNTUK KENDARAAN LISTRIK,” no. 23, pp. 9–17, 2017.