

ANALISIS TEGANGAN STATIK DAN DEFORMASI *FRAME ELECTRIC GANESHA SCOOTER PORTABLE* (E-GASPOL) MENGGUNAKAN SOFTWARE SOLIDWORKS

I Gede Wiratmaja¹, Nyoman Arya Wigraha², Komang Purnayasa³

^{1,3} Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Pendidikan Ganesha

¹wiratmaja@undiksha.ac.id

²arya.wigraha@undiksha.ac.id

³purnayasa@undiksha.ac.id

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan menurunkan/meminimalisir tegangan statik serta meningkatkan faktor keamanan pada *frame* kendaraan *Electric Ganesha Scooter Portable* (E-GASPOL). Jenis penelitian pengembangan yang digunakan adalah jenis R2D2 (*Reflective, Recursif, Desain and Development*) yang memiliki tiga fase yaitu pendefinisian, desain dan pengembangan serta penyebarluasan. Teknik analisis data yang dipergunakan yaitu metode elemen hingga, metode ini dapat menyelesaikan persoalan statik, dinamik, linier maupun non-linier. Pada penelitian ini dilakukan analisis tegangan statik *frame* kendaraan E-GASPOL kondisi tanpa beban pengendara (massa *frame* itu sendiri sebesar 13,34 kg) dan kondisi dengan beban pengendara (massa *frame* sebesar 13,34 kg + rerata massa pengendara sebesar 70 kg, jadi totalnya sebesar 83,34 kg). Dari data hasil analisis tegangan statik pada keempat desain, hasil desain *frame* kendaraan modifikasi 3 memiliki nilai yang terbaik yaitu memperoleh nilai tegangan maksimum sebesar $1,255 \times 10^6$ N/m kondisi tanpa beban pengendara, hasil ini mendapat penurunan sebesar 58,55% dari desain standar dan dengan beban pengendara sebesar $7,699 \times 10^6$ N/m, hasil ini mendapat penurunan sebesar 58,56% dari desain standar, semakin kecil nilai tegangan yang didapat pada sebuah *frame* maka kekuatan *frame* semakin baik. Untuk nilai *displacement*/deformasi maksimum sebesar $1,453 \times 10^{-3}$ mm kondisi tanpa beban pengendara, hasil ini mendapat penurunan sebesar 77,718% dari desain standar dan dengan beban pengendara sebesar $8,791 \times 10^{-3}$ mm, hasil ini mendapat penurunan sebesar 78,10% dari desain standar, semakin kecil nilai deformasi yang didapat pada sebuah *frame* maka kekuatan *frame* semakin baik. Dari data dapat di simpulkan *frame* modifikasi lebih baik dan kuat dibandingkan dengan *frame* standar.

Kata Kunci— *Frame*; Metode Elemen Hingga; Tegangan Statik; *Displacement/Deformasi*.

Abstract— *This study aims to determine and reduce/minimise static stress and increase the safety factor on the Electric Ganesha Scooter Portable (E-GASPOL) vehicle frame. The type of development research used is the R2D2 type (Reflective, Recursive, Design and Development) which has three phases, namely defining, design and development and dissemination. The data analysis technique used is the finite element method, this method can solve static, dynamic, linear and non-linear problems. In this study, the static stress analysis of the E-GASPOL vehicle frame was carried out in conditions without rider load (the mass of the frame itself is 13.34 kg) and conditions with rider load (frame mass of 13.34 kg + average rider mass of 70 kg, so the total is 83.34 kg). From the data of the static stress analysis results on the four designs, the results of the modified vehicle frame design 3 have the best value, namely obtaining a maximum stress value of $1,255 \times 10^6$ N/m conditions without rider load, this result gets a decrease of 58.55% from the standard design and with a rider load of $7,699 \times 10^6$ N/m, this result gets a decrease of 58.56% from the standard design, the smaller the stress value obtained on a frame, the better the frame strength. For the maximum displacement/deformation value of $1,453 \times 10^{-3}$ mm conditions without rider load, this result gets a decrease of 77.718% from the standard design and with a rider load of $8,791 \times 10^{-3}$ mm, this result gets a decrease of 78.10% from the standard design, the smaller the deformation value obtained in a frame, the better the frame strength. From the data it can be concluded that the modified frame is better and stronger than the standard frame.*

Keywords— *Frame; Finite Element Method; Static Stress; Displacement/Deformation.*

PENDAHULUAN

Pengembangan kendaraan telah menjamah ke tanah air salah satunya kendaraan bertenaga listrik, dari sini muncul berbagai kalangan masyarakat serta peneliti banyak mengembangkan kendaraan listrik seperti jenis sekuter bertenaga listrik, mobil bertenaga listrik, sepeda gayung semi bertenaga listrik, dan sepeda motor bertenaga listrik[1]. Maka dari itu perlu adanya upaya dalam mengembangkan sebuah

kendaraan bertenaga listrik lebih meluas diantaranya upaya mengembangkan *frame* mobil bertenaga listrik dalam menopang dari beban kendaraannya, seorang pengemudi, serta part mesin. pada kendaraan mobil ataupun motor, salah satu part yang mempunyai arti penting yaitu sebuah *frame*. Dikatakan mempunyai peranan penting dikarenakan part *frame* pada kendaraan ini memiliki fungsi menopang part mesin, menopang sebuah sistem daripada *Suspense*, dan sistem pada

part kelistrikan[2], dari penjelasan tersebut maka pada sebuah *frame* agar berfungsi dengan sempurna sebagai mana biasanya sebuah *frame* yaitu agar kuat sehingga dapat menopang daripada *frame* itu sendiri dan dari pengendara, mesin dan semua partnya tanpa adanya kerusakan dan tanpa terjadinya perubahan bentuk *frame*. Perkembangan terhadap rancangan pada kendaraan banyak mengalami kemajuan, dimana salah satunya itu pada hasil rancangan sebuah *frame* dengan bantuan dari *software* [3]. Maka diinginkan bisa meminimalisir adanya human eror dan menghemat biaya yang dikeluarkan pada proses perancangannya. Dari hal tersebut maka, tidak perlu adanya pembuatan dari *frame* sebenarnya supaya dapat mengetahui kuatnya hasil desain *frame* yang akan dibuat, tetapi berkat adanya *software* akan mendapat hasil data lebih akurat daripada pengujian data secara langsung tanpa menggunakan *software*. Dengan penggunaan *software* dalam proses penelitian selain dipermudah dan bisa dilakukan dimana saja juga tidak memerlukan tambahan biaya dalam proses analisis untuk mengetahui kekuatan *frame* yang akan dilakukan penelitian

Peneliti beserta tim dari mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Undiksha angkatan 2019 merancang sebuah kendaraan roda dua dengan nama E-GASPOL (*Electric Ganesha Scooter Portable*) yaitu kendaraan roda dua berjenis *scooter* dengan bertenaga listrik. E-GASPOL dirancang sedemikian rupa sehingga kendaraan ini dapat dilipat yang memungkinkan pengendara dapat menyimpannya di dalam bagasi mobil atau di rumah yang pastinya tidak membutuhkan ruang yang luas. Pada perancangan *frame* kendaraan bertenaga listrik E-GASPOL dikerjakan dari tim chasis oleh mahasiswa ini, dimana dalam rancangan *frame* tersebut terdapat berbagai skala ukuran besi berbahan *Galvanized Steel* kemudian dirangkai sedemikian rupa agar terbentuk sebuah rangka atau *frame* yang tergolong jenis *backbone frame* dimana jenis ini menggunakan satu batang besi kuat layaknya konsep kerangka tulang punggung. *Frame* ini langsung terhubung ke *suspension*, dudukan kolaher pada komponen yang lainnya[4], namun belum diketahui apakah *frame* hasil rancangan tersebut yang menggunakan material dari *Galvanized Steel* mampu memenuhi standar keamanan untuk menopang beban pengendara[5], jika dapat diasumsikan massa rerata orang dewasa yaitu sebesar 70 kg, oleh sebab itu perlu adanya kajian secara lebih mendalam agar dapat mengetahui hasil tegangan statik maksimum dan minimum dan agar memungkinkan dapat dilakukan adanya modifikasi dari rancangan bentuk *frame* standar kendaraan bertenaga listrik E-GASPOL bila hasil rancangan tegangan statik yang dihasilkan terlalu besar.

Maka dari itu peneliti tertarik melakukan analisis tegangan statik terhadap *frame* kendaraan E-GASPOL menggunakan bantuan *software*. Dengan bantuan *software*, peneliti lebih mudah dalam mengetahui kuatnya *frame* dalam menahan beban (beban *frame* itu sendiri dan beban pengendara) yang diteliti. Beberapa penelitian yang terkait tentang analisis kekuatan *frame* dengan bantuan *software* yakni penelitian yang dilakukan oleh Budarma [6] yang menganalisis Tegangan Statik Pada *Frame Ganesha Electric Vehicles 1.0* Generasi 1 Berbasis *Continous Variable Transmission (Cvt)* Berbantuan *Software Ansys 14.5*. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Taufiq [7] tentang Analisis Kekuatan Rangka

Mesin *Hammer Mill* Limbah Kaca Menggunakan *Solidworks 2021*. Maka dari itu untuk mengetahui tegangan statik *frame*, peneliti berencana melakukan analisis tegangan statik pada *frame* kendaraan bertenaga listrik E-GASPOL (*Electric Ganesha Scooter Portable*) menggunakan *software*, dimana *software* yang akan dipergunakan yakni *Solidwork 2019* premium. *Software Solidwork 2019* adalah sebuah *software* dengan program desain, yang banyak digunakan dalam membuat sebuah desain produk, desain sebuah part mesin, desain pada konstruksi, atau keperluan dalam kegiatan teknik yang lainnya. *Software solidwork 2019* ini sudah dilengkapi dengan berbagai tool yang dapat dipergunakan dalam perhitungan dan analisa desain seperti, tegangan, regangan, pengaruh suhu, ataupun pada laju aliran udara serta analisa lainnya[8].

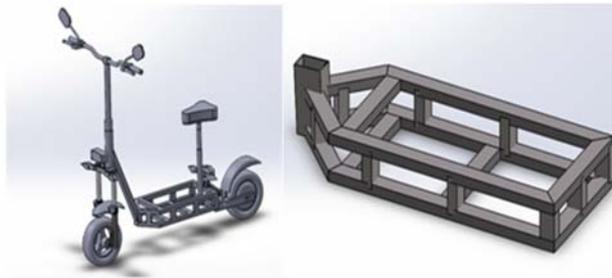
Pada penelitian ini akan dilakukan analisis pada desain *frame* pada sebuah kendaraan listrik E-GASPOL standar, E-GASPOL modifikasi 1 E-GASPOL modifikasi 2 dan E-GASPOL modifikasi 3. Maksud dilakukannya modifikasi serta analisis tegangan statik dari kendaraan E-GASPOL adalah untuk memperkuat serta meningkatkan keamanan dari *frame* pada kendaraan tersebut. Untuk itu setelah proses analisis dari ke-empat desain akan ditentukan mana dari desain *frame* itu yang paling aman serta paling konsisten mengalami perubahan tegangan statik yang terjadi dan perubahan *frame* yang mengalail deformasi/*displacement* (perubahan bentuk akibat gaya/force yang diberikan), maka dari itu digunakanlah *software solidwork 2019*.

METODE

Dalam penelitian yang dilakukan diklasifikasikan ke dalam jenis penelitian dan pengembangan, atau biasa disebut *Research and Development (R&D)* yang diartikan sebagai suatu proses atau langkah-langkah yang didefinisikan sebagai suatu proses atau tahapan untuk mengembangkan produk baru atau menyempurnakan produk yang sudah ada. Produk dalam konteks ini tidak selalu berarti perangkat keras, tetapi bisa juga perangkat lunak (*software*). Penelitian R&D adalah riset dasar yang mengumpulkan informasi tentang kebutuhan pengguna yang sedang dalam pengembangan untuk membuat produk dan menguji keefektifannya. Pada penelitian ini mempergunakan model pengembangan jenis R2D2 (*Reflective, Recursive, Design and Development*) pada model pengembangan jenis ini dipergunakan dalam meningkatkan sebuah fungsi pada jenis model yang sudah ada dengan adanya tambahan part untuk mendapatkan peningkatan kualitas untuk mencapai sebuah tujuan[9].

Proses penelitian teknik analisis data yang dipergunakan yaitu menggunakan metode elemen hingga. Metode tersebut dipergunakan dikarenakan dapat menyelesaikan persoalan statik, dinamik, linier maupun non-linier. Yang dimaksud pada metode jenis ini adalah sebuah metode numerik yang telah dipergunakan dalam pemecahan sebuah persoalan masalah yang meliputi bidang rekayasa, analisa struktur, analisa tegangan, perpindahan panas serta masa, menganalisis data mengenai perubahan bentuk akibat deformasi, tekanan dan kecepatan fluida [10]. Metode penelitian ini dipergunakan dalam menentukan persoalan masalah defleksi serta data

tegangan yang telah didapatkan ditahan oleh *frame* kendaraan listrik E-GASPOL dan kekuatan dari bahan yang digunakan pada *frame* kendaraan listrik E-GASPOL.



Gbr 1. Desain *Frame* (*Electric Ganesha Scooter Portable*) E-GASPOL Kondisi Standar

(Sumber : Hasil Dokumentasi Pribadi, Dok. 1, 2023)

Dalam penelitian ini akan dilakukan sebuah analisis tegangan statik yang nantinya letak distribusi tegangan statik maksimum dan minimum pada *frame* (*electric ganesha scooter portable*) E-GASPOL akan diketahui dimana material dari *frame* nya sendiri menggunakan *galvanized steel* pada *software* *solidworks* 2019 Premium sehingga dapat diketahui distribusi tegangan statik yang terjadi pada *frame* kendaraan listrik E-GASPOL pemodelan standar dan *frame* kendaraan listrik E-GASPOL pemodelan modifikasi dengan penambahan beban yang telah ditentukan.

HASIL DAN DISKUSI

A. Data Hasil Analisis Desain *Frame* Kendaraan E-GASPOL

Data Hasil Analisis Simulasi Tegangan Statik Desain *Frame* Standar Kondisi Tanpa Diberi Pembebanan (Beban Pengendara)

Proses distribusi tegangan statik yang terjadi pada desain *frame* standar kondisi tanpa diberi pembebanan (beban pengendara, massa *frame* diperhitungkan) yang dimana berat dari *frame* itu sendiri yaitu sebesar 13,34 Kg. Jika dikonversikan menjadi besaran gaya (Newton) maka gaya yang diberikan sebesar 130,82 N. Hasil analisis dapat dilihat pada gambar 2.

$$W = m \times g \text{ -----(1)}$$

$$= 13,340 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

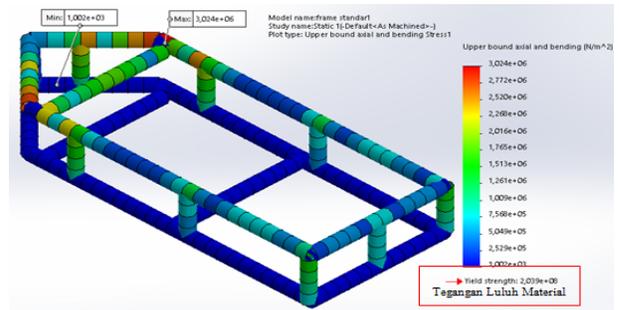
$$= 130,82 \text{ N}$$

Keterangan :

W = berat benda (N)

m = massa benda (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

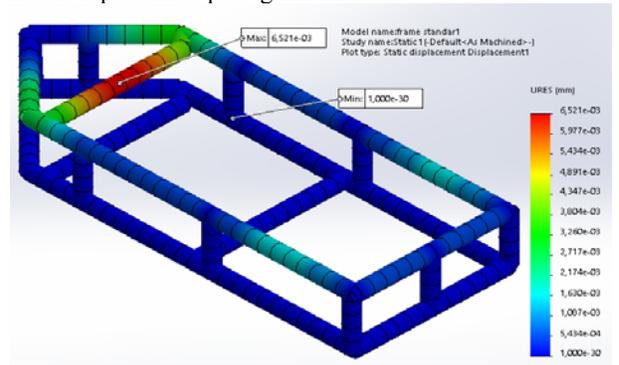


Gbr 2. Hasil Distribusi Nilai Tegangan Statik Desain *Frame* Standar Kondisi Tanpa Diberi Pembebanan (Beban Pengendara)

(Sumber : Hasil Dokumentasi Pribadi, Dok. 2, 2023)

Hasil data simulasi tegangan statik kondisi tanpa beban pengendara (ditunjukkan dengan warna merah) sebesar 130,82 N yaitu sebesar $3,024 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, untuk tegangan statik minimum ditunjukkan dengan warna biru yaitu dengan hasil analisis sebesar $1,002 \times 10^3 \text{ N/m}$. Berdasarkan nilai tegangan luluh material yang digunakan yaitu *Galvanized Steel* sebesar $2,039 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, maka dari itu hasil yang didapatkan bahwa struktur tersebut dipastikan mampu menahan beban yang diberikan.

Dari hasil analisis statik *frame* standar kondisi tanpa beban pengendara, didapat nilai *displacement* atau bisa dikatakan deformasi (perubahan bentuk pada benda yang dikenai gaya/force) maksimum sebesar $6,521 \times 10^{-3} \text{ mm}$. Hasil analisis dapat dilihat pada gambar 3.



Gbr 3. Nilai Deformasi/*Displacement* *Frame* Standar Kondisi Tanpa Beban Pengendara

(Sumber : Hasil Dokumentasi Pribadi, Dok. 3, 2023)

Data Hasil Analisis Simulasi Tegangan Statik Desain *Frame* Standar Kondisi Diberi Pembebanan (Beban Pengendara)

Proses distribusi tegangan statik yang terjadi pada *frame* standar akibat diberikannya beban pengendara. Yang berarti gaya yang diberikan pada *frame* yakni massa dari *frame* sebesar 13,34 kg ditambah beban pengendara sebesar 70 kg. Dengan demikian total beban yang diberikan pada *frame* standar sebesar 83,34 kg atau jika dikonversikan menjadi besaran gaya (Newton) maka massa yang diberikan sebesar 817,28 N. Hasil analisis dapat dilihat pada gambar 4.

$$W = m \times g$$

$$= 83,34 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m}$$

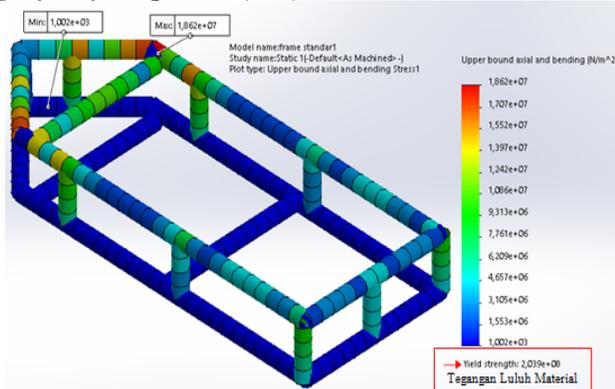
$$= 817,28 \text{ N}$$

Keterangan :

W = berat benda (N)

m = massa benda (kg)

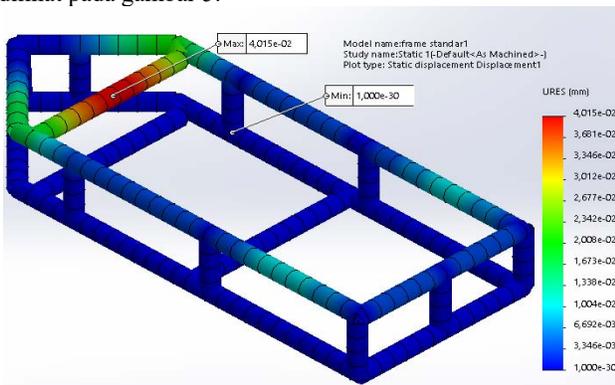
g = percepatan gravitasi (m/s^2)



Gbr 4. Hasil Distribusi Nilai Tegangan Statik Desain *Frame* Standar Kondisi Diberi Pembebanan (Beban Pengendara)
(Sumber : Hasil Dokumentasi Pribadi, Dok. 4, 2023)

Hasil data simulasi tegangan statik kondisi tanpa beban pengendara (ditunjukkan dengan warna merah) sebesar **817,28 N** yaitu sebesar $1,862 \times 10^7$ N/m², untuk tegangan statik minimum ditunjukkan dengan warna biru yaitu dengan hasil analisis sebesar. Berdasarkan nilai tegangan luluh material yang digunakan yaitu *Galvanized Steel* sebesar $2,039 \times 10^8$ N/m², maka dari itu hasil yang didapatkan bahwa struktur tersebut dipastikan mampu menahan beban yang diberikan.

Dari hasil Simulasi analisis statik *frame* standar dengan beban pengendara, didapat nilai *displacement* atau bisa dikatakan deformasi (perubahan bentuk pada benda yang dikenai gaya/force) ditunjukkan dengan warna merah maksimum sebesar $4,015 \times 10^{-2}$ mm. Hasil analisis dapat dilihat pada gambar 5.



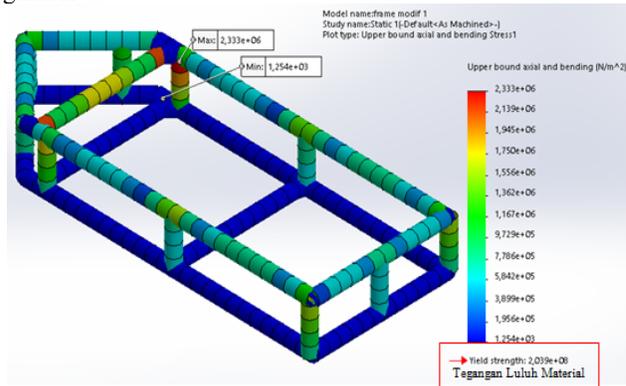
Gbr 5. Nilai Deformasi/*Displacement* Desain *Frame* Kondisi Standar Dengan Beban Pengendara
(Sumber : Hasil Dokumentasi Pribadi, Dok. 5, 2023)

Tabel I.
Data Hasil Analisis Simulasi Tegangan Statik Desain *Frame* Standar Kondisi Tanpa Beban dan Dengan Beban Pengendara
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, Dok. 6, 2023)

	Tegangan Maksimum	Tegangan Minimum	Deformasi / displacement
Tanpa Beban Pengendara	$3,024 \times 10^6$ N/m ²	$1,002 \times 10^3$ N/m ²	$6,521 \times 10^{-3}$ mm
Dengan Beban Pengendara	$1,862 \times 10^7$ N/m ²	$1,002 \times 10^3$ N/m ²	$4,015 \times 10^{-2}$ mm
Persentase peningkatan/ penurunan	Terjadi peningkatan tegangan maksimum sebesar 83,76% ketika diberi pembebanan (beban pengendara)	Tidak terjadi Peningkatan ketika diberi pembebanan (beban pengendara)	Terjadi Peningkatan Deformasi / <i>displacement</i> sebesar 83,76% ketika diberi pembebanan (beban pengendara)

Data Hasil Simulasi Analisis Tegangan Statik Desain *Frame* Modifikasi 1 Kondisi Tanpa Diberi Pembebanan (Beban Pengendara)

Proses distribusi tegangan statik yang terjadi pada desain *frame* modifikasi 1 kondisi tanpa diberi pembebanan (beban pengendara, massa *frame* di perhitungkan) yang dimana massa dari *frame* itu sendiri yaitu sebesar 13,34 Kg. Jika dikonversikan menjadi besaran gaya (Newton) maka gaya yang diberikan sebesar **130,82 N**. Hasil analisis dapat dilihat pada gambar 6.

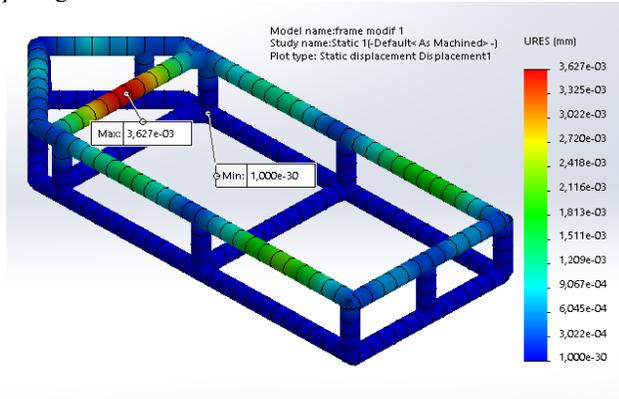


Gbr 6. Hasil Distribusi Nilai Tegangan Statik Desain *Frame* Modifikasi 1 Kondisi Tanpa Diberi Pembebanan (Beban Pengendara)
(Sumber : Hasil Dokumentasi Pribadi, Dok. 7, 2023)

Hasil data simulasi tegangan statik kondisi tanpa beban pengendara (ditunjukkan dengan warna merah) sebesar **130,82 N** yaitu sebesar $2,333 \times 10^6$ N/m², untuk tegangan statik minimum ditunjukkan dengan warna biru yaitu dengan hasil analisis sebesar $1,254 \times 10^3$ N/m. Berdasarkan nilai tegangan luluh material yang digunakan yaitu *Galvanized Steel* sebesar $2,039 \times 10^8$ N/m², maka dari itu hasil yang didapatkan

bahwa struktur tersebut dipastikan mampu menahan beban yang diberikan.

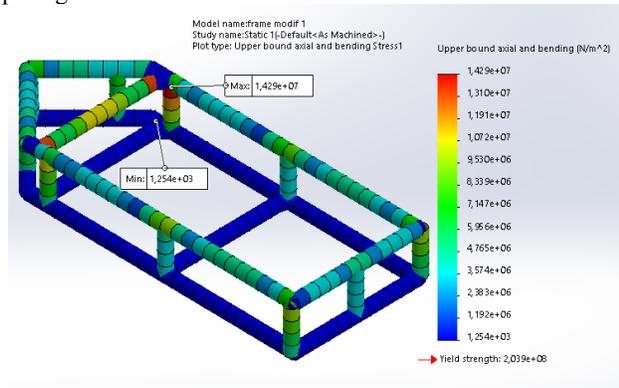
Dari data hasil simulasi analisis statik *frame* modifikasi 1 kondisi tanpa beban pengendara, didapat nilai *displacement* atau bisa dikatakan deformasi (perubahan bentuk pada benda yang dikenai gaya/*force*) maksimum ditunjukkan dengan warna merah sebesar $3,627 \times 10^{-3}$ mm. Hasil analisis dapat dilihat pada gambar 7.



Gbr 7. Nilai Deformasi/*Displacement Frame* Modifikasi 1 Kondisi Tanpa Beban Pengendara
(Sumber : Hasil Dokumentasi Pribadi, Dok. 8, 2023)

Data Hasil Simulasi Analisis Tegangan Statik Desain *Frame* Modifikasi 1 Kondisi Diberi Pembebanan (Beban Pengendara)

Proses distribusi tegangan statik yang terjadi pada desain *frame* modifikasi 1 akibat diberikannya pembebanan (beban pengendara). Yang berarti gaya yang diberikan pada *frame* yakni massa dari *frame* sebesar 13,34 kg ditambah beban pengendara sebesar 70 kg. dengan demikian total bebanyang diberikan pada *frame* modifikasi 1 sebesar 83,34 kg atau jika dikonversikan menjadi besaran gaya (Newton) maka massa yang diberikan sebesar **817,28 N**. Hasil analisis dapat dilihat pada gambar 7.

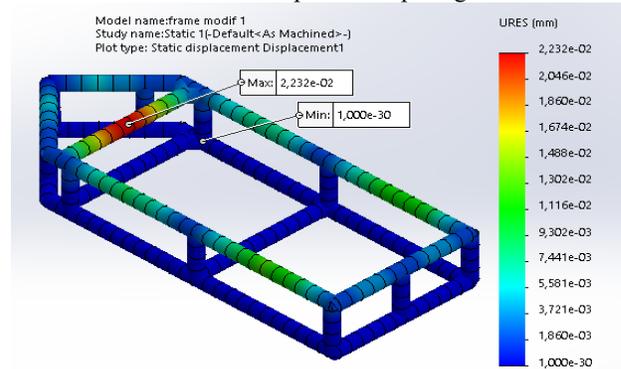


Gbr 7. Hasil Distribusi Nilai Tegangan Statik *Frame* Modifikasi 1 Dengan Beban Pengendara
(Sumber : Hasil Dokumentasi Pribadi, Dok. 8, 2023)

Hasil data simulasi tegangan statik kondisi tanpa beban pengendara (ditunjukkan dengan warna merah) seberat **817,28 N** yaitu sebesar $1,429 \times 10^7$ N/m², untuk tegangan statik minimum ditunjukkan dengan warna biru yaitu dengan hasil analisis sebesar $1,254 \times 10^3$ N/m². Berdasarkan nilai tegangan

luluh material yang digunakan yaitu *Galvanized Steel* sebesar $2,039 \times 10^8$ N/m², maka dari itu hasil yang didapatkan bahwa struktur tersebut dipastikan mampu menahan beban yang diberikan.

Dari data hasil simulasi analisis statik *frame* modifikasi 1 kondisi diberi pembebanan (beban pengendara), didapat nilai *displacement* atau bisa dikatakan deformasi (perubahan bentuk pada benda yang dikenai gaya/*force*) maksimum sebesar $2,232 \times 10^{-2}$ mm. Hasil analisis dapat dilihat pada gambar 8.



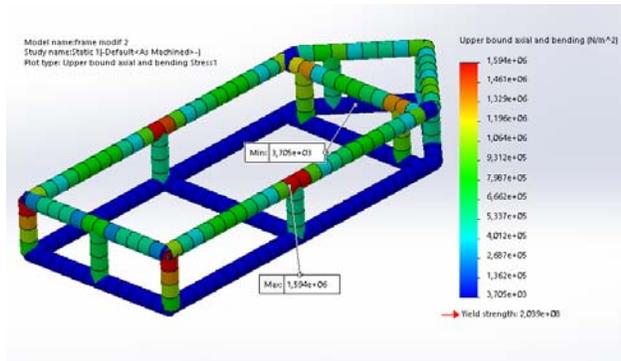
Gbr 8. Nilai Deformasi/*Displacement Frame* Modifikasi 1 Kondisi Dengan Beban Pengendara
(Sumber : Hasil Dokumentasi Pribadi, Dok. 9, 2023)

Tabel II
Data Hasil Simulasi Analisis Tegangan Statik Desain *Frame* Modifikasi 1 Tanpa Beban dan Dengan Beban Pengendara
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, Dok. 10, 2023)

	Tegangan Maksimum	Tegangan Minimum	Deformasi / <i>displacement</i>
Tanpa Beban Pengendara	$2,333 \times 10^6$ N/m ²	$1,254 \times 10^3$ N/m ²	$3,627 \times 10^{-3}$ mm
Dengan Beban Pengendara	$1,429 \times 10^7$ N/m ²	$1,254 \times 10^3$ N/m ²	$2,232 \times 10^{-2}$ mm
Persentase peningkatan/ penurunan	Terjadi peningkatan tegangan maksimum sebesar 83,67% ketika diberi pembebanan (beban pengendara)	Tidak terjadi Peningkatan ketika diberi pembebanan (beban pengendara)	Terjadi Peningkatan Deformasi / <i>displacement</i> sebesar 83,75% ketika diberi pembebanan (beban pengendara)

Data Hasil Simulasi Analisis Tegangan Statik Desain *Frame* Modifikasi 2 Kondisi Tanpa Diberi Pembebanan (Beban Pengendara)

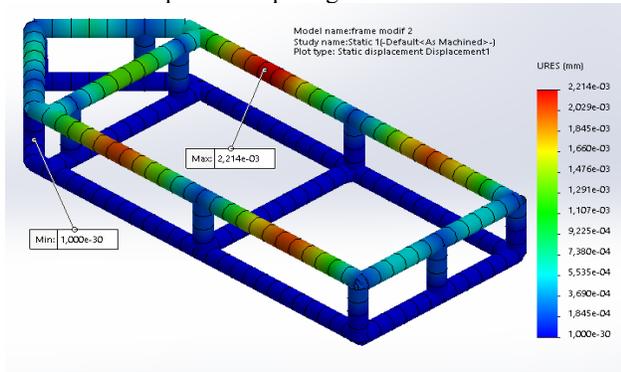
Proses distribusi tegangan statik yang terjadi pada desain *frame* modifikasi 2 kondisi tanpa diberi pembebanan (beban pengendara, massa *frame* di perhitungkan) yang dimana berat dari *frame* itu sendiri yaitu sebesar 13,34 Kg. Jika dikonversikan menjadi besaran gaya (Newton) maka gaya yang diberikan sebesar **130,82 N**. Hasil analisis dapat dilihat pada gambar 9.



Gbr 9. Hasil Distribusi Nilai Tegangan Statik Desain *Frame* Modifikasi 2 Kondisi Tanpa Diberi Pembebanan (Beban Pengendara) (Sumber : Hasil Dokumentasi Pribadi, Dok. 11, 2023)

Hasil data simulasi tegangan statik kondisi tanpa beban pengendara (ditunjukkan dengan warna merah) sebesar **130,82 N** yaitu sebesar $1,594 \times 10^6$ N/m², untuk tegangan statik minimum ditunjukkan dengan warna biru yaitu dengan hasil analisis sebesar $3,705 \times 10^3$ N/m. Berdasarkan nilai tegangan luluh material yang digunakan yaitu *Galvanized Steel* sebesar $2,039 \times 10^8$ N/m², maka dari itu hasil yang didapatkan bahwa struktur tersebut dipastikan mampu menahan beban yang diberikan.

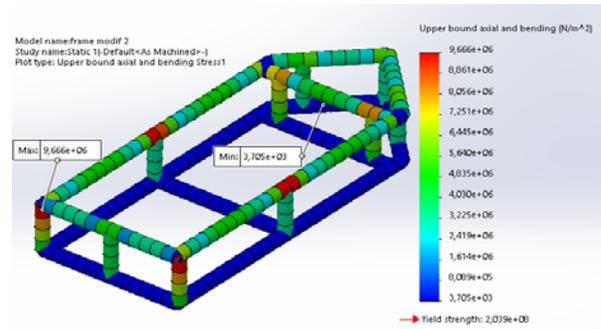
Dari data hasil simulasi analisis statik *frame* modifikasi 2 kondisi tanpa beban pengendara, didapat nilai *displacement* atau bisa dikatakan deformasi (perubahan bentuk pada benda yang dikenai gaya/force) maksimum sebesar $2,214 \times 10^{-3}$ mm. Hasil analisis dapat dilihat pada gambar 10.



Gbr 10. Nilai Deformasi/*Displacement* *Frame* Modifikasi 2 Kondisi Tanpa Beban Pengendara (Sumber : Hasil Dokumentasi Pribadi, Dok. 12, 2023)

Data Hasil Simulasi Analisis Tegangan Statik Desain *Frame* Modifikasi 2 Kondisi Diberi Pembebanan (Beban Pengendara)

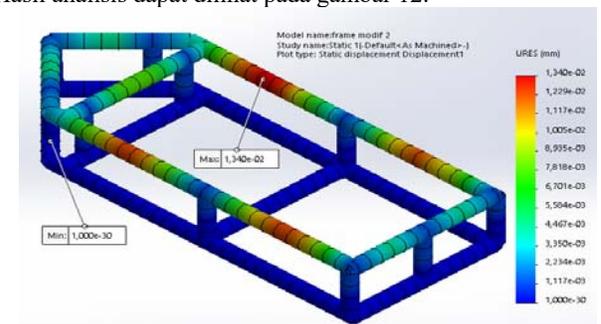
Proses distribusi tegangan statik yang terjadi pada desain *frame* modifikasi 2 akibat diberikannya pembebanan (beban pengendara). Yang berarti gaya yang diberikan pada *frame* yakni massa dari *frame* sebesar 13,34 kg ditambah beban pengendara sebesar 70 kg. dengan demikian total bebanyang diberikan pada *frame* modifikasi 2 sebesar 83,34 kg atau jika dikonversikan menjadi besaran gaya (Newton) maka massa yang diberikan sebesar **817,28 N**. dapat dilihat dari gambar 11.



Gambar 11. Hasil Distribusi Nilai Tegangan Statik *Frame* Modifikasi 2 Kondisi Dengan Beban Pengendara (Sumber : Hasil Dokumentasi Pribadi, Dok. 13, 2023)

Hasil data simulasi tegangan statik kondisi tanpa beban pengendara (ditunjukkan dengan warna merah) sebesar **817,28 N** yaitu sebesar $9,666 \times 10^6$ N/m², untuk tegangan statik minimum ditunjukkan dengan warna biru yaitu dengan hasil analisis sebesar $3,705 \times 10^3$ N/m². Berdasarkan nilai tegangan luluh material yang digunakan yaitu *Galvanized Steel* sebesar $2,039 \times 10^8$ N/m², maka dari itu hasil yang didapatkan bahwa struktur tersebut dipastikan mampu menahan beban yang diberikan.

Dari data hasil simulasi analisis statik *frame* modifikasi 2 kondisi dengan beban pengendara, didapat nilai *displacement* atau bisa dikatakan deformasi (perubahan bentuk pada benda yang dikenai gaya/force) maksimum sebesar $1,340 \times 10^{-2}$ mm. Hasil analisis dapat dilihat pada gambar 12.



Gbr 12. Nilai Deformasi/*Displacement* *Frame* Modifikasi 2 Kondisi Dengan Beban Pengendara (Sumber : Hasil Dokumentasi Pribadi, Dok. 14, 2023)

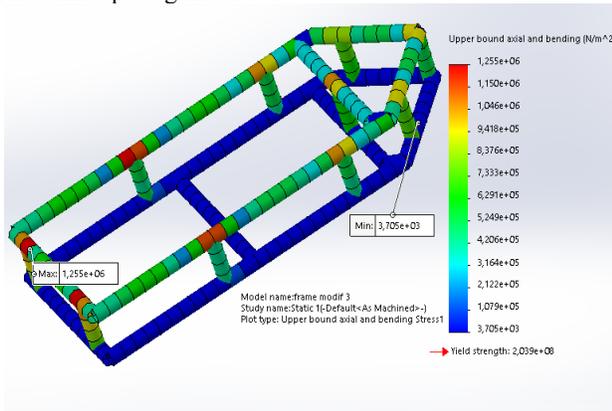
Tabel III Hasil Analisis Tegangan Statik *Frame* Modifikasi 2 Kondisi Dengan Dan Tanpa Beban Pengendara (Sumber : Dokumentasi Pribadi, Dok. 15, 2023)

	Tegangan Maksimum	Tegangan Minimum	Deformasi / displacement
Tanpa Beban Pengendara	$1,591 \times 10^6$ N/m ²	$3,705 \times 10^3$ N/m ²	$2,214 \times 10^{-3}$ mm
Dengan Beban Pengendara	$9,666 \times 10^6$ N/m ²	$3,705 \times 10^3$ N/m ²	$1,340 \times 10^{-2}$ mm

	Tegangan Maksimum	Tegangan Minimum	Deformasi / displacement
Persentase peningkatan/ penurunan	Terjadi peningkatan tegangan maksimum sebesar 83,58% ketika diberi pembebanan (beban pengendara)	Tidak terjadi Peningkatan tegangan minimum ketika diberi pembebanan (beban pengendara)	Terjadi Peningkatan Deformasi / displacement sebesar 81,57% ketika diberi pembebanan (beban pengendara)

Data Analisis Simulasi Tegangan Statik Pada Desain Frame Modifikasi 3 Kondisi Tanpa Diberi Pembebanan (Beban Pengendara)

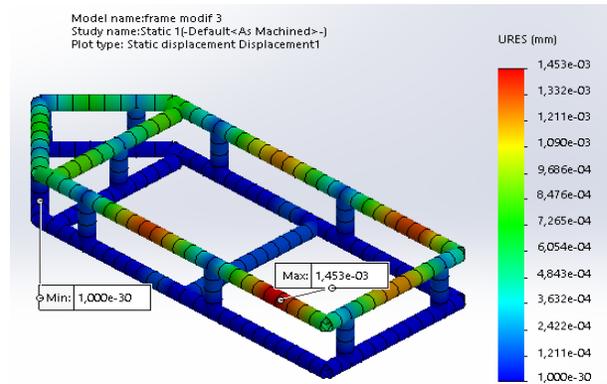
Proses distribusi simulasi tegangan statik yang terjadi pada frame modifikasi 3 kondisi tanpa beban pengendara (massa frame di perhitungkan) yang dimana berat dari frame itu sendiri yaitu sebesar 13,34 Kg. Jika dikonversikan menjadi besaran gaya (Newton) maka gaya yang diberikan sebesar **130,82 N**. bisa dilihat pada gambar 13.



Gbr 13. Hasil Distribusi Nilai Tegangan Statik Deaain Frame modifikasi 3 Kondisi Tanpa Pembebanan (Beban pengendara) (Sumber : Hasil Dokumentasi Pribadi, Dok. 16, 2023)

Hasil data simulasi tegangan statik kondisi tanpa beban pengendara (ditunjukkan dengan warna merah) seberat **130,82 N** yaitu sebesar $1,255 \times 10^6$ N/m², untuk tegangan statik minimum ditunjukkan dengan warna biru yaitu dengan hasil analisis sebesar $3,705 \times 10^3$ N/m. Berdasarkan nilai tegangan luluh material yang digunakan yaitu *Galvanized Steel* sebesar $2,039 \times 10^8$ N/m², maka dari itu hasil yang didapatkan bahwa struktur tersebut dipastikan mampu menahan beban yang diberikan.

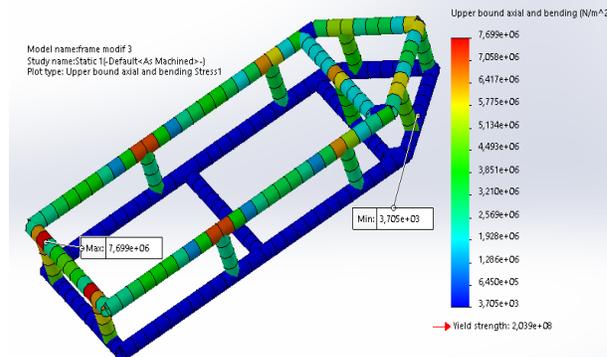
Dari data hasil simulasi analisis statik frame modifikasi 3 kondisi tanpa beban pengendara, didapat nilai displacement atau bisa dikatakan deformasi (perubahan bentuk pada benda yang dikenai gaya/force) maksimum sebesar $1,453 \times 10^{-3}$ mm. Hasil analisis dapat dilihat pada gambar 14.



Gbr 14. Nilai Deformasi/Displacement Desain Frame Modifikasi 3 Kondisi Tanpa Diberi Pembebanan (Beban Pengendara) (Sumber : Hasil Dokumentasi Pribadi, Dok. 17, 2023)

Data Analisis Simulasi Tegangan Statik Pada Desain Frame Modifikasi 3 Kondisi Diberi Pembebanan (Beban Pengendara)

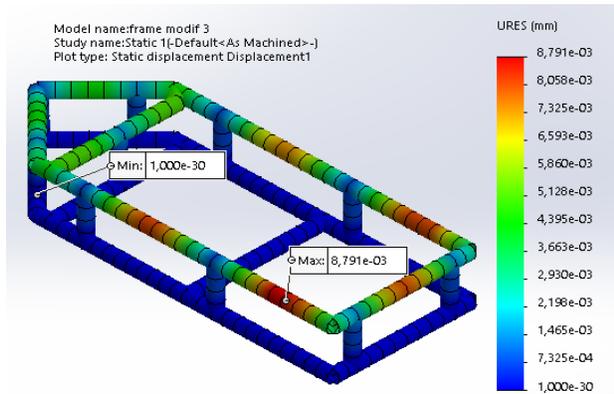
Proses distribusi simulasi tegangan statik pada desain frame modifikasi 3 akibat diberikannya pembebanan (beban pengendara). Yang berarti gaya yang diberikan pada frame yakni massa dari frame sebesar 13,34 kg ditambah beban pengendara sebesar 70 kg. Dengan demikian total bebanyang diberikan pada frame modifikasi 3 sebesar 83,34 kg atau jika dikonversikan menjadi besaran gaya (Newton) maka massa yang diberikan sebesar **817,28 N**. dapat dilihat dari gambar 15.



Gbr 15. Hasil Distribusi Nilai Tegangan Statik Desain Frame Modifikasi 3 Kondisi diberi pembebanan (Beban Pengendara) (Sumber : Hasil Dokumentasi Pribadi, Dok. 18, 2023)

Hasil data simulasi tegangan statik kondisi tanpa beban pengendara (ditunjukkan dengan warna merah) seberat **817,28 N** yaitu sebesar $7,699 \times 10^6$ N/m², untuk tegangan statik minimum ditunjukkan dengan warna biru yaitu dengan hasil analisis sebesar $3,705 \times 10^3$ N/m². Berdasarkan nilai tegangan luluh material yang digunakan yaitu *Galvanized Steel* sebesar $2,039 \times 10^8$ N/m², maka dari itu hasil yang didapatkan bahwa struktur tersebut dipastikan mampu menahan beban yang diberikan.

Dari hasil simulasi analisis statik frame modifikasi 3 kondisi dengan beban pengendara, didapat nilai displacement atau bisa dikatakan deformasi (perubahan bentuk pada benda yang dikenai gaya/force) maksimum sebesar $8,791 \times 10^{-3}$ mm. Hasil analisis dapat dilihat pada gambar 16.



Gbr 16. Nilai Deformasi/Displacement Desain Frame Modifikasi 3 Kondisi Saat Diberi Pembebanan (Beban Pengendara) (Sumber : Hasil Dokumentasi Pribadi, Dok. 19, 2023)

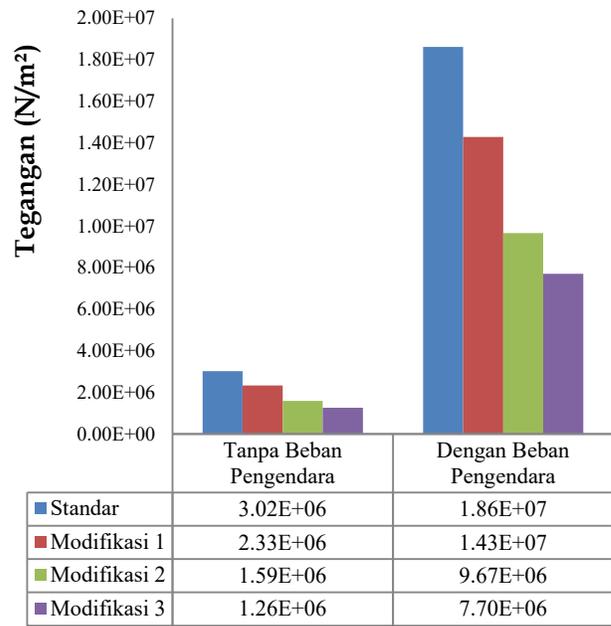
Tabel IV
Data Hasil Analisis Tegangan Statik Frame Modifikasi 3 Kondisi Tanpa Beban dan Dengan Beban Pengendara (Sumber : Dokumentasi Pribadi, Dok. 20, 2023)

	Tegangan Maksimum	Tegangan Minimum	Deformasi / displacement
Tanpa Beban Pengendara	1,255 x 10 ⁶ N/m ²	3,705 x 10 ³ N/m ²	1,453 x 10 ⁻³ mm
Dengan Beban Pengendara	7,699 x 10 ⁶ N/m ²	3,705 x 10 ³ N/m ²	8,791 x 10 ⁻³ mm
Persentase peningkatan/penurunan	Terjadi peningkatan tegangan sebesar 83,70% ketika diberi pembebanan (beban pengendara)	Tidak terjadi Peningkatan ketika diberi pembebanan (beban pengendara)	Terjadi Peningkatan Deformasi / displacement sebesar 83,47% ketika diberi pembebanan (beban pengendara)

B. Komparasi Data Hasil Analisis Frame Kendaraan E-GASPOL Standar dengan Modifikasi

Komparasi Data Hasil Tegangan Statik Maksimum Desain Frame Standar dengan Modifikasi 1, 2, dan 3

Hasil yang telah didapatkan dari uji simulasi analisis tegangan statik yang telah dilakukan pada frame kendaraan E-GASPOL standar dan modifikasi, maka didapatkan nilai tegangan statik maksimum sebagai berikut:



Gbr 17. Grafik Komparatif Tegangan Maksimum Frame Standar, Modifikasi 1, Modifikasi 2, dan Modifikasi 3 (Sumber : Hasil Dokumentasi Pribadi, Dok. 21, 2023)

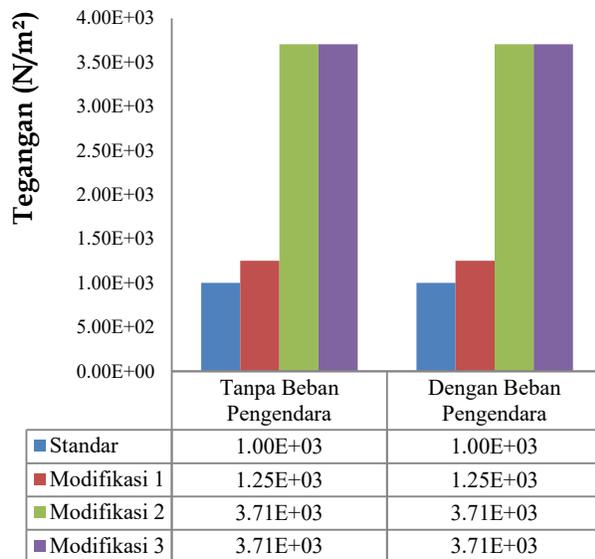
Dilihat pada gambar 17 diketahui bahwasannya setelah dilakukan analisa pada ke 4 frame yaitu frame E-GASPOL standar, modifikasi 1, 2, dan 3 dengan variasi tanpa beban pengendara, serta pada frame kondisi dengan beban pengendara.

1. Hasil tegangan maksimum pada frame modifikasi 1 kondisi tanpa beban pengendara mengalami penurunan sebesar 22,853% dan dengan kondisi beban pengendara mengalami kenaikan sebesar 23,255% dari frame E-GASPOL standar.
2. Hasil tegangan maksimum pada frame E-GASPOL modifikasi 2 kondisi tanpa beban pengendara mengalami penurunan sebesar 47,457% dan kondisi dengan beban pengendara sebesar 47,954%.
3. Hasil tegangan maksimum pada frame E-GASPOL modifikasi 3 kondisi tanpa beban pengendara mengalami penurunan sebesar 58,554% dan kondisi dengan beban pengendara sebesar 58,562%.

Hasil ini kita dapat simpulkan makin kecil nilai hasil tegangan yang kita dapat pada sebuah frame maka kekuatan dari sebuah frame semakin baik.

Komparasi Data Hasil Tegangan Statik Minimum Desain Frame Standar dengan Modifikasi 1, 2, 3

Hasil yang telah didapatkan dari uji simulasi analisis tegangan statik yang telah dilakukan pada frame kendaraan E-GASPOL standar dan modifikasi, maka didapatkanlah nilai tegangan static minimum yang sebagai berikut:



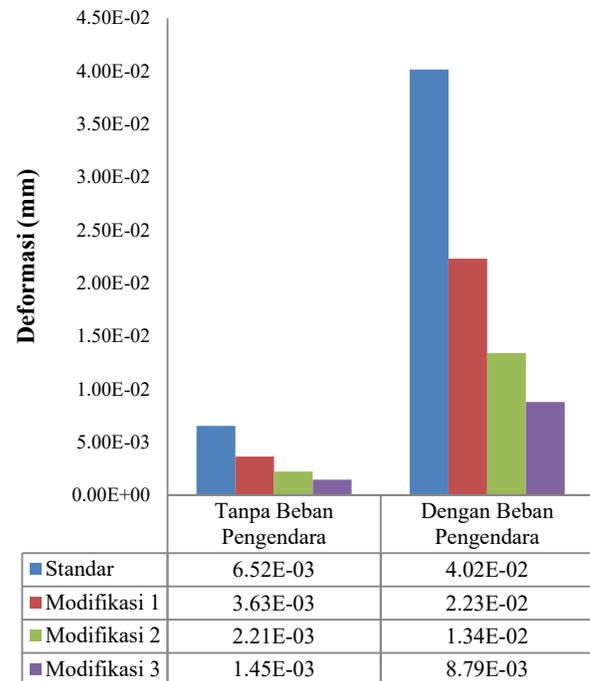
Gbr 18. Grafik Komparatif Tegangan Minimum *Frame* Standar, Modifikasi 1, Modifikasi 2, dan Modifikasi 3
(Sumber : Hasil Dokumentasi Pribadi, Dok. 22, 2023)

Dari gambar 18 di atas dapat diketahui bahwa setelah dilakukan analisa pada ke 4 *frame* yaitu *Frame* E-GASPOL standar, modifikasi 1, 2, dan 3 dengan variasi tanpa beban pengendara, serta dengan beban pengendara.

1. Hasil tegangan minimum pada *frame* modifikasi 1 kondisi tanpa beban pengendara dan kondisi dengan beban pengendara sama-sama mengalami kenaikan sebesar 25,150% dari *frame* E-GASPOL standar.
2. Hasil tegangan minimum pada *frame* E-GASPOL modifikasi 2 kondisi tanpa beban pengendara dan kondisi dengan beban pengendara sama-sama mengalami kenaikan sebesar 269,760%.
3. Hasil tegangan minimum pada *frame* E-GASPOL modifikasi 3 kondisi tanpa beban pengendara dan kondisi dengan beban pengendara sama-sama mengalami kenaikan sebesar 269,760%.

Komparasi Data Hasil Deformasi/Displacement Maksimum Desain *Frame* Standar dengan Modifikasi 1, 2, dan 3

Hasil yang telah didapatkan dari uji simulasi analisis deformasi/*displacement* (perubahan bentuk) yang sebelumnya sudah dilakukan terhadap *frame* kendaraan E-GASPOL standard, modifikasi 1, 2, dan 3, maka didapatkanlah nilai tegangan *static* maksimum yang sebagai berikut:



Gbr 19. Grafik Komparatif Deformasi/Displacement *Frame* Standar, Modifikasi 1, Modifikasi 2, dan Modifikasi 3
(Sumber : Hasil Dokumentasi Pribadi, Dok. 23, 2023)

Dari gambar 19 di atas dapat diketahui bahwa setelah dilakukan analisis pada ke 4 *frame* yaitu *Frame* E-GASPOL standar, modifikasi 1, 2, dan 3 dengan variasi tanpa beban pengendara, serta dengan beban pengendara.

1. Hasil deformasi/*displacement* maksimum pada *frame* modifikasi 1 kondisi tanpa beban pengendara mengalami penurunan sebesar 44,380% dan kondisi dengan beban pengendara mengalami kenaikan sebesar 44,408% dari *frame* E-GASPOL standar.
2. Hasil deformasi/*displacement* maksimum pada *frame* E-GASPOL modifikasi 2 kondisi tanpa beban pengendara mengalami penurunan sebesar 69,575% dan kondisi dengan beban pengendara sebesar 70,087%.
3. Hasil deformasi/*displacement* maksimum pada *frame* E-GASPOL modifikasi 3 kondisi tanpa beban pengendara mengalami penurunan sebesar 77,718% dan kondisi dengan beban pengendara sebesar 78,105%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian analisis statik dengan menggunakan *software solidworks* 2019 pada *frame* E-GASPOL standar, modifikasi 1, 2, dan 3 pada kondisi tanpa beban pengendara dan pada kondisi dengan beban pengendara diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis tegangan statik *frame* modifikasi 1, 2, dan 3 kendaraan E-GASPOL mendapat hasil desain *frame* kendaraan modifikasi 3 memiliki nilai yang terbaik yaitu nilai tegangan maksimum sebesar $1,255 \times 10^6$ N/m kondisi tanpa beban pengendara, hasil ini mendapat penurunan sebesar 58,55% dari desain standar dan kondisi dengan

beban pengendara sebesar $7,699 \times 10^6$ N/m, hasil ini mendapat penurunan sebesar 58,56% dari desain standar, hasil ini menunjukkan makin kecil nilai hasil tegangan yang kita dapat pada sebuah *frame* maka kekuatan dari sebuah *frame* semakin baik.

2. Hasil analisis *displacement*/deformasi *frame* modifikasi 1, 2, dan 3 kendaraan E-GASPOL mendapat hasil desain *frame* kendaraan modifikasi 3 memiliki nilai yang terbaik yaitu memperoleh nilai *displacement*/deformasi maksimum sebesar $1,453 \times 10^{-3}$ mm kondisi tanpa beban pengendara, hasil ini mendapat penurunan sebesar 77,718% dari desain standar dan kondisi dengan beban pengendara sebesar $8,791 \times 10^{-3}$ mm, hasil ini mendapat penurunan sebesar 78,10% dari desain standar, hasil ini menunjukkan makin kecil nilai hasil deformasi yang kita dapat pada sebuah *frame* maka kekuatan dari sebuah *frame* semakin baik.

REFERENSI

- [1] B. S. Putra, A. Rusdinar, and E. Kurniawan, "Desain Dan Implementasi Sistem Monitoring Dan Manajemen Baterai Mobil Listrik," *e-Proceeding Eng. Univ. Telkom*, vol. 2, no. 2, pp. 1909–1916, 2015.
- [2] M. Adriana, A. A. B.P, and M. Masrianor, "Rancang Bangun Rangka (Chasis) Mobil Listrik Roda Tiga Kapasitas Satu Orang," *J. Elem.*, vol. 4, no. 2, p. 129, 2017, doi: 10.34128/jc.v4i2.64.
- [3] M. A. Hendrawan, P. I. Purboputro, M. A. Saputro, and W. Setiyadi, "Perancangan Chassis Mobil Listrik Prototype ' Ababil ' dan Simulasi Pembebanan Statik dengan Menggunakan Solidworks Premium 2016," *7th Univ. Res. Colloq. 2018*, pp. 96–105, 2018.
- [4] A. Setiawan, F. Rizayana, and B. Ariantara, "Perancangan Frame Mobil Formula Student Electric Vehicle," Universitas Pasundan, 2019.
- [5] K. Firdaus, K. R. Dantes, and I. N. P. Nugraha, "Analisis Perbandingan Tegangan Statik Material Galvanized Steel Dengan Material Aluminium Alloys 7076-T6 (Sn) Pada Frame Ganesha Scooter Underwater (GSU) Menggunakan Software Solidworks," *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 8, no. 1, pp. 20–27, 2020, doi: 10.23887/jptm.v8i1.27302.
- [6] K. Budarma, K. R. Dantes, and G. Widayana, "Analisis Komparatif Tegangan Statik Pada Frame Ganesha Electric Vehicles 1.0 Generasi 1 Berbasis Continuous Variable Transmission (Cvt) Berbantuan Software Ansys 14.5," *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 4, no. 1, 2020, doi: 10.23887/jjtm.v4i1.8043.
- [7] M. Taufiq, "ANALISIS KEKUATAN RANGKA MESIN HAMMER MILL LIMBAH KACA MENGGUNAKAN SOLIDWORKS 2021," 2021.
- [8] R. S. Harahap, "Analisis Kekuatan Puntir Baja Karbon Rendah Dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan Software (Solidworks)," Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara, 2020.
- [9] J. A. Saz, F. Alibas, A. Yani, and Nurhayati, "Pengembangan Media Presentasi Interaktif Semi Laboratorium Virtual pada Pokok Bahasan Listrik Dinamis," *Saintifik*, vol. 1, no. 1, pp. 26–33, 2015, doi: 10.31605/saintifik.v1i1.68.
- [10] S. Wunda, A. Z. Johannes, R. K. Pingak, and A. S. Ahab, "Analisis Tegangan, Regangan Dan Deformasi Crane Hook Dari Material Baja Aisi 1045 Dan Baja St 37 Menggunakan Software Elmer," *J. Fis. Fis. Sains dan Apl.*, vol. 4, no. 2, pp. 131–137, 2019.