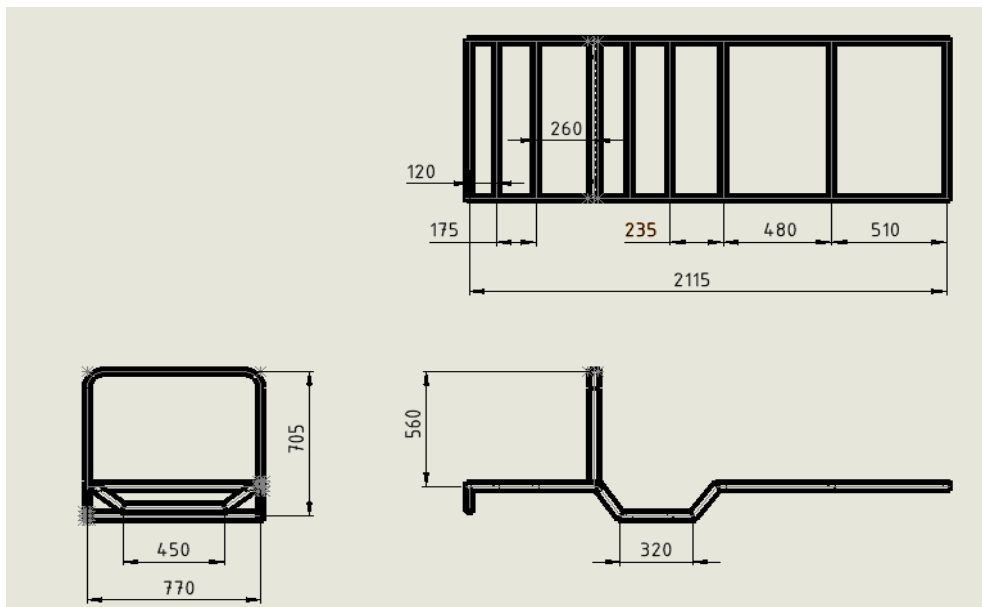


BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Dimensi Rangka Mobil JTM

Perancangan mobil JTM EV sendiri dibuat dengan menggunakan material besi *hollow* dengan ukuran 50 x 30 x 2,6 yang dirancang menggunakan aplikasi *solidworks* dengan dimensi sebagai berikut ini:



Gambar 4.1 Dimensi Chasis Mobil JTM EV

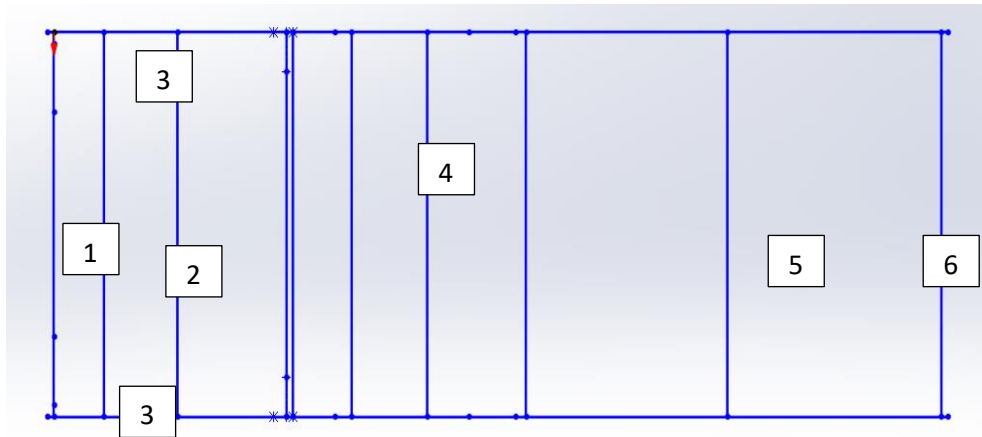
Tabel 4.1 Dimensi Rangka Mobil JTM EV

| | |
|----------------|------|
| Panjang Rangka | 2115 |
| Lebar Rangka | 770 |
| Tinggi Rangka | 705 |

Bisa dilihat pada tabel yang ada di atas yang menunjukkan sebuah ukuran atau dimensi panjang total pada rangka chasis yang digunakan untuk mobil JTM EV yang mempunyai panjang total sebesar 2115 mm kemudian rangka chasis tersebut mempunyai lebar total sebesar 770 mm dan memiliki tinggi sebesar 705 mm. Rangka chasis tersebut digunakan untuk menahan beban komponen yang akan diletakkan di atas rangka tersebut berupa beban manusia, *engine* dan motor listrik.

4.2 Proses Perancangan Rangka Chasis

Berikut ini merupakan sebuah proses perancangan rangka chasis mobil JTM EV dengan menggunakan fitur *weldments* pada *solidworks* dan menggunakan besi *hollow* berukuran 50 x 30 x 2,6.



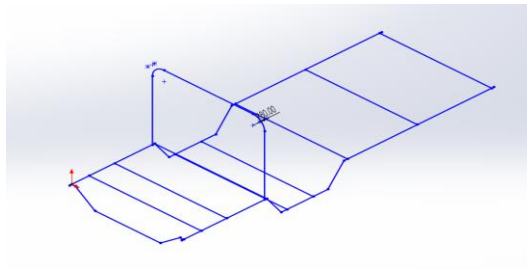
Gambar 4.2 Proses Perancangan Rangka

Gambar di atas merupakan proses perancangan rangka chasis menggunakan aplikasi *solidworks* yang dimana panjang total dari keseluruhan rangka adalah 3251,95 mm dengan lebar total keseluruhan rangka adalah 800 mm. Bisa dilihat pada gambar proses perancangan rangka chasis mobil JTM EV tersebut nomor yang ditunjukkan pada rangka memiliki keterangan sebagai berikut ini:

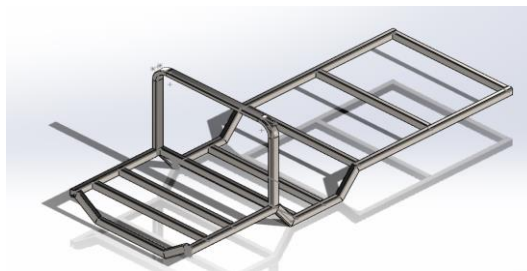
1. Nomor 1 menunjukkan bagian depan rangka pada mobil JTM EV.
2. Nomor 2 merupakan keterangan untuk *gas engine*.
3. Nomor 3 memiliki keterangan kaki-kaki bagian depan yang terdapat suspensi dan roda.
4. Nomor 4 memiliki keterangan sebagai tempat kemudi serta untuk bagian nomor 4 terdapat baterai.
5. Untuk bagian nomor memiliki keterangan sebagai *rear axel* atau kaki-kaki bagian belakang yang terdapa suspensi, per daun, motor listrik dan roda.
6. Pada bagian nomor 6 terdapat gas LPG dan tabung hidrogen.

Dalam merancang sebuah rangka yang kita butuhkan adalah dimensi yang dibutuhkan sesuai dengan kebutuhan dan rencana agar memnuhi kriteria yang diinginkan seperti jarak sumbu roda yang ingin digunakan atau *wheel base* mobil tersebut. setelah itu barulah kita menentukan *ground clearence* atau ketinggian

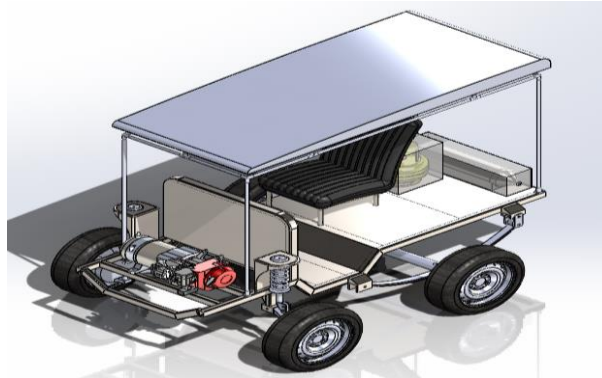
rangka ke tanah sesuai dengan kebutuhan dan awal perencanaan perancangan terutama pada *front axel* dan *rear axel* seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.3 Proses 3D *Sketch*



Gambar 4.4 Proses Pembentukan Keseluruhan Rangka



Gambar 4.5 Proses Perancangan Keseluruhan

4.3 Pemilihan Material

Pemilihan material didasarkan pada pertimbangan kriteria material yang paling sesuai dengan kebutuhan dan memiliki batasan desain tertentu, dengan menggunakan metode kuantitatif Ashby proses pemilihan material dilakukan dengan menggunakan beberapa tahap.

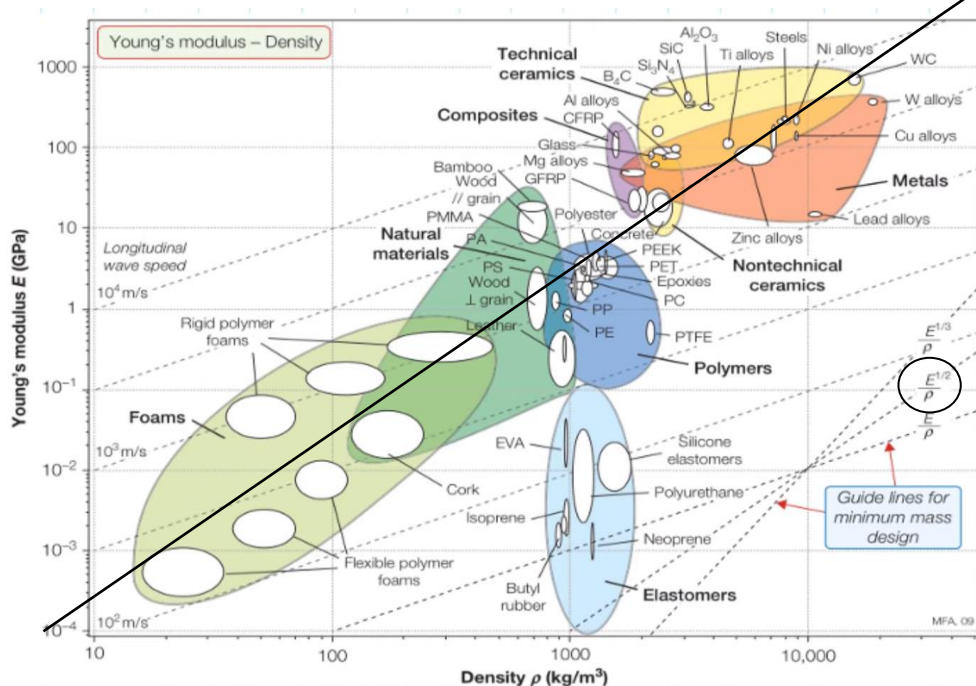
4.3.1 Metode Kualitatif Ashby

Metode Ashby merupakan metode yang mengikuti langkah-langkah untuk

melakukan pemilihan material untuk menunjang dalam melakukan pemilihan material yang tepat. Menurut (Ashby,2011) pemilihan material dibagi menjadi 4 tahap yaitu proses *translation*, *screening*, *ranking* dan *supporting information*. Metode kualitatif Ashby dapat dilakukan dengan menggunakan *software* CES EduPack ataupun secara manual. Berikut ini adalah tahapannya:

1. *Translation*, rangka merupakan sebuah konstruksi yang dimiliki oleh kendaraan yang berfungsi untuk menahan beban pada kendaraan. Pembebanan pada mobil terjadi pada berat penumpang, berat komponen yang ada pada kendaraan dan berat bodi kendaraan. Rangka yang diperlukan untuk kendaraan adalah rangka yang dapat menahan beban keseluruhan kendaraan, dengan material rangka yang memiliki kekuatan, keuletan, kekakuan dan ringan serta rangka yang digunakan menggunakan struktur *hollow*.
2. *Screening*, pada tahap ini pemilihan material dapat dilakukan sesuai dengan variabel pada poin pertama yaitu dapat menahan beban kendaraan, memiliki kekuatan, keuletan, kekakuan dan ringan dengan menggunakan struktur *hollow*. berdasarkan tabel (Ashby,2011) material indeks yang dipilih adalah *beam*, *minimum weight and stiffness prescribed*, dengan persamaan sebagai berikut:

$$M = \frac{1}{\rho} \frac{E^2}{\rho} \dots\dots\dots(4.1)$$



Gambar 4.6 Diagram Hubungan *Young's Modulus and Density*

Gambar di atas merupakan grafik hubungan antara *modulus young* dan *density*, indeks material yang diinginkan sudah terpilih yang bisa dilihat pada persamaan 4.1. Mengacu pada diagram tersebut, garis lurus yang menunjukkan indeks material yang sudah dipilih dengan kemiringan garis yang sudah dicontohkan yang bisa dilihat pada lingkaran yang berwarna hitam pada gambar sebelumnya, pemilihan material dilakukan dengan melakukan seleksi dengan memberikan garis pada bagian tertentu seperti pada gambar di atas, semakin kiri garis tersebut maka nilai material indeks yang didapatkan akan semakin besar. Terdapat 5 klasifikasi material yang dilewati oleh garis tersebut yaitu keramik, logam, polimer, bahan alam dan busa. Dari 5 klasifikasi tersebut logam merupakan material yang paling cocok untuk rangka kendaraan karena material seperti polimer yang mudah sekali terdeformasi, bahan keramik yang sangat getas, material alam seperti kayu yang mudah lapuk dan busa tidak memiliki nilai kekakuan yang baik sehingga dalam kasus ini logam merupakan material yang akan dipilih.

3. *Ranking*, jenis material yang ingin digunakan untuk pembuatan rangka adalah material logam, pengklasifikasian logam dapat dilihat pada grafik *modulus young* dimana terdapat beberapa jenis logam yaitu *Steel*, *Zinc Alloy*, *Ni Alloy* dan *WC* kemudian dilakukan perbandingan material dengan menggunakan nilai dari indeks material yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4.2 Perbandingan Nilai Indeks Setiap Material

| Material | $M = \frac{E^{\frac{1}{2}}}{\rho}$ | Rank |
|------------|------------------------------------|------|
| Zinc Alloy | 1,86 | 2 |
| Steel | 1,83 | 3 |
| Ni Alloy | 1,64 | 4 |
| Ti Alloy | 2,18 | 1 |

Dari data tabel yang ada di atas, nilai indeks material tertinggi merupakan jenis material yang terbaik berdasarkan grafik hubungan antara *youngs modulus* dan *density*, dari tabel di atas menunjukkan bahwa titanium *alloy* memiliki indeks material yang tinggi tetapi menggunakan titanium *alloy* terbilang cukup

mahal sehingga material yang dipilih adalah *steel* karna secara *cost* material *steel* terbilang cukup murah berbeda dengan dua material lainnya dan secara fungsi material *steel* mampu menahan beban rangka secara keseluruhan.

4. *Supporting Information*, setelah melakukan proses pemilihan material secara umum untuk memilih calon material menggunakan metode kualitatif Ashby, pemilihan material kita kerucutkan kembali dengan perwakilan material seperti yang ada di bawah ini:

- A. *Steel* (AISI 4130)
- B. *Zinc Alloy* (Zinc AC41A)
- C. *Ti Alloy* (Ti-3Al-8V)
- D. *Ni Alloy*

4.3.2 Metode *Cost per Unit Property*

Metode yang dilakukan sebelumnya adalah metode kualitatif Ashby dengan cara menyeleksi material secara general serta menyortir material apa yang bisa digunakan untuk pembuatan rangka. Untuk melakukan pengkurucutan kembali material yang akan digunakan berdasarkan harga dari material tersebut digunakanlah metode kuantitatif, material yang digunakan harus sesuai dengan kebutuhan dan baik untuk diaplikasikan pada rangka mobil, berikut merupakan tabel material yang akan digunakan beserta harga dari material tersebut:

Tabel 4.3 Perbandingan Harga Material

| No. | Material | Harga /Kg (USD) |
|-----|--------------------------------|-----------------|
| 1. | <i>Steel</i> (AISI 4130) | \$0,18 |
| 2. | <i>Zinc Alloy</i> (Zinc AC41A) | \$3,42 |
| 3. | <i>Ti Alloy</i> (Ti-3Al-8V) | \$9,20 |
| 4. | <i>Ni Alloy</i> | \$16,20 |

Bisa dilihat pada tabel di atas, material yang memiliki harga paling tinggi adalah *Ni Alloy* tetapi secara kekuatan material titanium lebih kuat dibandingkan dengan *Ni Alloy*. Dalam kasus ini kedua material tersebut memiliki harga yang sama-sama lebih mahal dibandingkan dengan material *steel*, meskipun material *steel* memiliki harga yang paling rendah, material *steel* sudah terbilang cukup jika melihat fungsinya kembali yaitu untuk menahan beban dari beban total kendaraan

dengan harga yang cukup rendah untuk membuat rangka kendaraan. Harga material yang digunakan pada tabel di atas menggunakan mata uang USD, berdasarkan kurs mata uang per-tahun 2024 maka nilai mata uang USD di konversi menjadi rupiah bisa dilihat pada gambar di bawah ini.

| | | | | |
|-----|---|-----------|-----------|-----------------------|
| SAR | 1 | 4.386,24 | 4.342,37 | Lihat |
| SEK | 1 | 1.561,59 | 1.545,61 | Lihat |
| SGD | 1 | 12.165,20 | 12.039,71 | Lihat |
| THB | 1 | 447,66 | 442,96 | Lihat |
| USD | 1 | 16.455,87 | 16.292,13 | Lihat |
| VND | 1 | 0,65 | 0,64 | Lihat |

Gambar 4.7 Kurs Mata Uang 19 Juni 2024

Setelah mengetahui harga material dan melihat kurs uang dunia, mata uang USD memiliki kurs jual sebesar 16.292.13. untuk mengetahui *relative cost* harga material harus diketahui sehingga nilai *relative cost* bisa dihitung menggunakan rumus:

$$Relative\ Cost = \frac{highest\ price}{lowest\ price} \dots\dots\dots(4.2)$$

Tabel 4.4 *Relative Cost* Material

| No. | Material | Harga per Kg (USD) | Harga per Kg (IDR) | <i>Relative Cost</i> | <i>Rank</i> |
|-----|--------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-------------|
| 1. | <i>Steel</i> (AISI 4130) | \$0,18 | Rp. 2.949,81 | 1 | 1 |
| 2. | <i>Zinc Alloy</i> (Zinc AC41A) | \$3,42 | Rp. 56.046,45 | 19 | 2 |
| 3. | <i>Ti Alloy</i> (Ti-3Al-8V) | \$9,20 | Rp. 150,768,22 | 51,1 | 3 |
| 4. | <i>Ni Alloy</i> | \$16,20 | Rp. 265.483,17 | 90 | 4 |

Bisa dilihat pada tabel di atas yang menunjukkan bahwa semakin tinggi *ranking* pada tabel tersebut maka materialnya akan semakin mahal. Fungsi dari rangka itu sendiri adalah untuk menahan beban yang pada kendaraan, perancangan ini membutuhkan nilai *cost of unit strength* dengan rumus sebagai berikut:

$$Cost\ Of\ Unit\ Strength = \frac{C \times \rho}{S} \dots\dots\dots(4.3)$$

Tabel 4.5 Karakteristik Material

| No. | Material | <i>Yield Strength</i> (Mpa) | <i>Density</i> (g/cc ³) | <i>Working Stress</i> (Mpa) | <i>Youngs Modulous</i> (Gpa) | <i>Relative Cost</i> | <i>Cost Of Unit Strength</i> |
|-----|-----------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------|----------------------|------------------------------|
| 1. | <i>Steel</i> (AISI 4130) | 460 | 7,85 | 38,3 | 200 | 1 | 0,017 |
| 2. | <i>Zinc Alloy</i> (Zinc AC41A) | 228 | 6,70 | 19 | 90 | 19 | 0,56 |
| 3. | <i>Ti Alloy</i> (Ti-3Al-8V) | 1220 | 4,82 | 101,67 | 120 | 51,1 | 0,201 |
| 4. | <i>Ni Alloy</i> | 59 | 8,5 | 4,91 | 200 | 90 | 13 |

Bisa dilihat pada tabel di atas yang merupakan karakteristik dari masing-masing material yang dimana hasil dari *cost of unit strength* sudah didapatkan, untuk mencari nilai *working stress* didapatkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut ini:

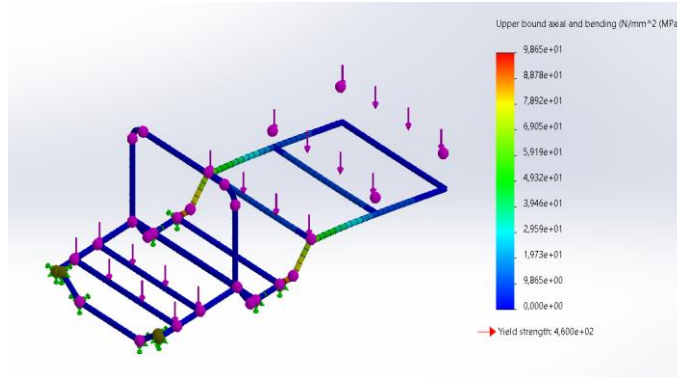
$$Working\ Stress = \frac{Yield\ Strength}{12\ (Safety\ Factor)} \dots\dots\dots(4.3)$$

Nilai *cost of unit strength* yang semakin kecil maka akan semakin baik karena material yang digunakan memiliki harga yang murah tapi memiliki fungsi yang mumpuni sebagai penopang kendaraan. Dalam hal ini, material yang digunakan adalah *steel* (AISI 4130) dengan nilai *cost of unit strength* sebesar 0,017.

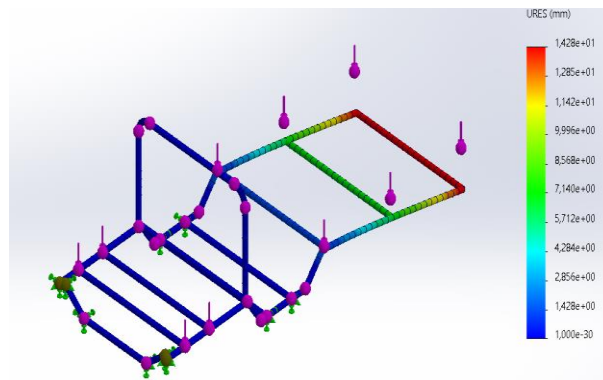
4.4 Pengujian Beban Total

Pengujian beban total dilakukan secara keseluruhan dengan melakukan simulasi pembebanan pada rangka mobil JTM dengan menggunakan simulasi solidworks yaitu simulasi *force*. Beban eksternal yang diaplikasikan pada simulasi *force* ini sebesar 113 Kg untuk mengetahui seberapa besar kekuatan pada rangka mobil JTM. Pembagian beban tersebut meliputi 20 Kg untuk beban generator pada

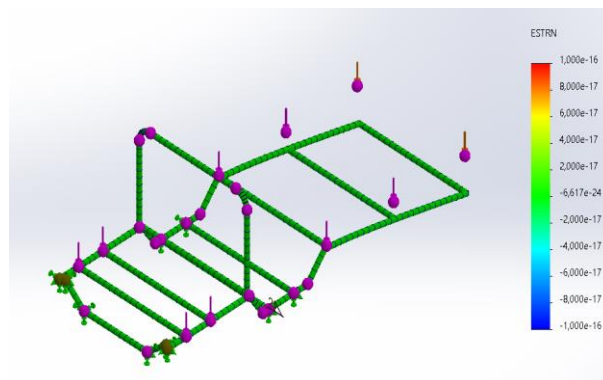
mobil JTM, kemudian 70 Kg untuk berat pengemudi, 8 Kg untuk berat gas LPG dan 10 Kg untuk berat dari tabung hidrogen. Pengujian rangka dengan simulasi ini dilakukan menggunakan material *steel* tepatnya adalah *steel* AISI 4130 berikut adalah hasil pengujian simulasi solidworks yang bisa dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.8 *Stress* Rangka Mobil JTM



Gambar 4.9 *Displacment* Rangka Mobil JTM



Gambar 4.10 *Strain* Rangka Mobil JTM

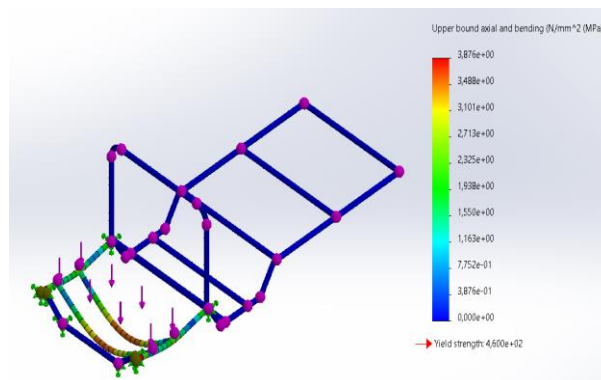
4.5 Pembagian Sub Pengujian

Pembagian ini dilakukan dengan fungsi untuk melihat dan menilai seberapa besar kekuatan rangka mobil JTM ini dengan membagi dua pengujian yaitu melakukan pengujian pada rangka bagian depan dan rangka bagian belakang. Pembagian beban tersebut diaplikasikan sesuai dengan berat beberapa komponen yang ada pada mobil JTM dan untuk pembagian berat tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

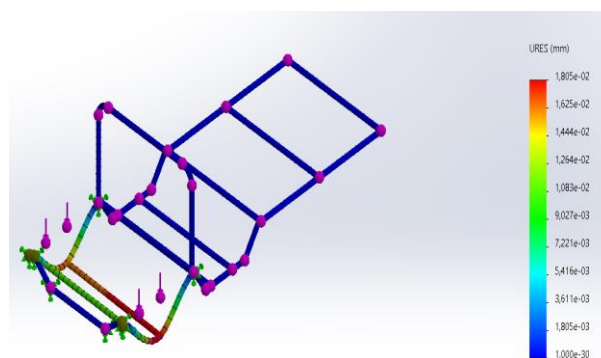
Tabel 4.6 Pembagian Sub Pengujian

| Sub Pengujian | Beban |
|------------------------|-------|
| Rangka Bagian Depan | 245 N |
| Rangka Bagian Belakang | 863 N |

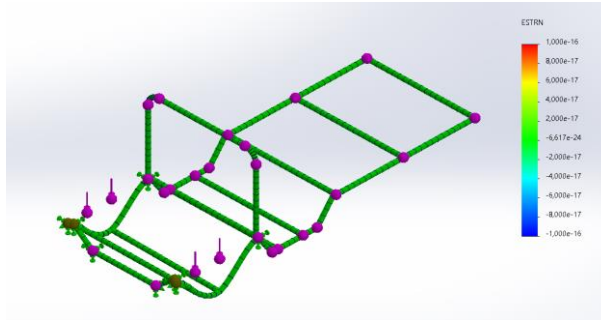
4.5.1 Pengujian Rangka Bagian Depan



Gambar 4.11 *Stress* Pada Rangka Bagian Depan

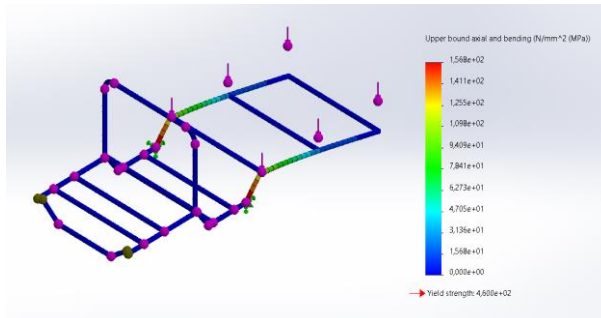


Gambar 4.12 *Displacement* Rangka Bagian Depan

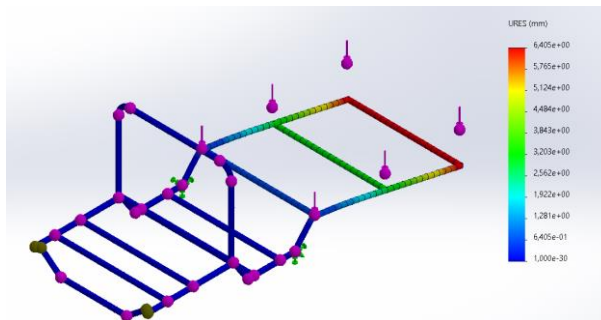


Gambar 4.13 *Strain* Rangka Bagian Depan

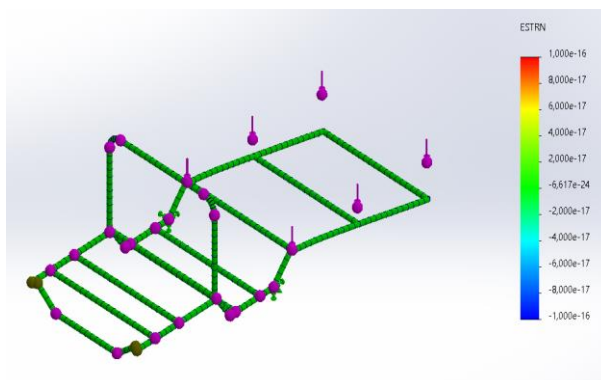
4.5.2 Pengujian Rangka Bagain Belakang



Gambar 4.14 *Stress* Pada Rangka Bagain Belakang



Gambar 4.15 *Displacement* Pada Rangka Bagain Belakang



Gambar 4.16 *Strain* Pada Rangka Bagain Belakang

4.6 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan menggunakan solidworks *simulation* yang dibagi menjadi tiga bagian pengujian yaitu pengujian rangka secara keseluruhan, pengujian rangka bagian depan dan pengujian rangka bagian belakang, berikut merupakan hasil pengujian pada rangka mobil JTM.

4.6.1 Pengujian *Stress* Rangka

Pada pengujian *stress* yang dilakukan di simulasi solidworks hasil *stress* terjadi karena perambatan tegangan pada material yang ditandakan dengan beberapa warna pada bagiannya. Warna merah dilambangkan dengan hasil *stress* maksimal pada rangka serta warna biru yang dilambangkan dengan tegangan minimum yang terjadi pada rangka. Berikut merupakan hasil simulasi *stress* pada rangka.

Tabel 4.7 Pengujian *Stress*

| Pengujian | <i>Stress</i> (N/mm²) |
|------------------------|---|
| Rangka Bagian Depan | 3,87 |
| Rangka Bagian Belakang | 156,8 |
| Rangka Keseluruhan | 98,65 |

4.6.2 Pengujian *Displacement* Rangka

Pada pengujian *displacement* yang dilakukan pada setiap konstruksi yang digambarkan dengan warna yang ditunjukkan. Warna merah digambarkan dengan konstruksi yang paling besar mengalami *displacement* sebaliknya jika berwarna biru rangka mengalami sedikit *displacement*. Hasil yang didapatkan bisa dilihat pada tabel yang ada di bawah ini

Tabel 4.8 Pengujian *Displacement*

| Pengujian | <i>Displacement</i> (mm) |
|------------------------|---------------------------------|
| Rangka Bagian Depan | 0,050 |
| Rangka Bagian Belakang | 10,35 |
| Rangka Keseluruhan | 7,202 |

4.6.3 Pengujian *Strain* Rangka

Pada pengujian *strain* rangka akan mengalami peregangan atau mengalami deformasi. Deformasi dihasilkan dari tegangan sehingga terjadi perubahan ukuran terhadap ukuran awal yang ditandai dengan warna merah yang artinya rangka mobil mengalami perubahan ukuran regangan paling tinggi sementara warna biru adalah perubahan regangan paling kecil. Berikut ini merupakan hasil simulasi regangan atau *strain* pada rangka:

Tabel 4.9 Pengujian *Strain*

| Pengujian | <i>Strain</i> (N.m) |
|------------------------|---------------------|
| Rangka Bagian Depan | 0,0004231 |
| Rangka Bagian Belakang | 0,372 |
| Rangka Keseluruhan | 0,1253 |

4.6.4 Hasil *Safety Factor* Rangka

Melakukan perencanaan perancangan rangka mobil salah satu faktor penting nya adalah nilai keamanan pada rangka tersebut. Karena dalam hal ini rangka harus memiliki nilai keamanan yang sesuai dengan *standart* ketentuan nilai keamanan dan rangka pun harus mampu menahan beban secara keseluruhan. Untuk mengetahui nilai faktor kewanaman kita bisa mengetahui dengan cara menghitungnya, berikut merupakan persamaan untuk mengetahui nilai faktor kewanaman.

$$FoS = \frac{S}{\tau} \dots\dots\dots(4.4)$$

Untuk nilai S yang menandakan *yield strength* sesuai dengan karakteristik dari material baja AISI 4130 sedangkan untuk tegangan sendiri menggunakan tegangan hasil dari simulasi menggunakan solidworks.

1. Konstruksi Keseluruhan

$$FoS = \frac{460}{98,65} = 4,66$$

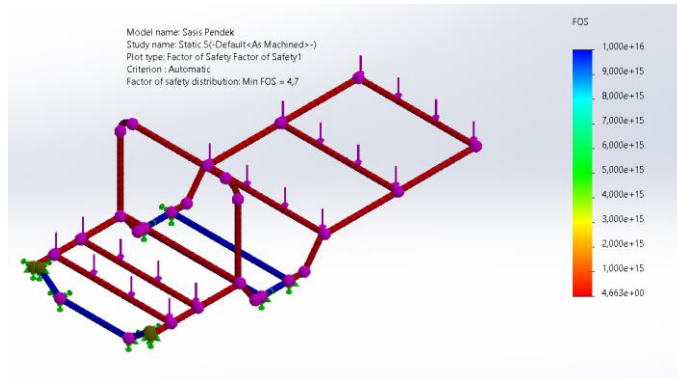
2. Konstruksi Rangka Bagian Belakang

$$FoS = \frac{460}{156,8} = 2,93$$

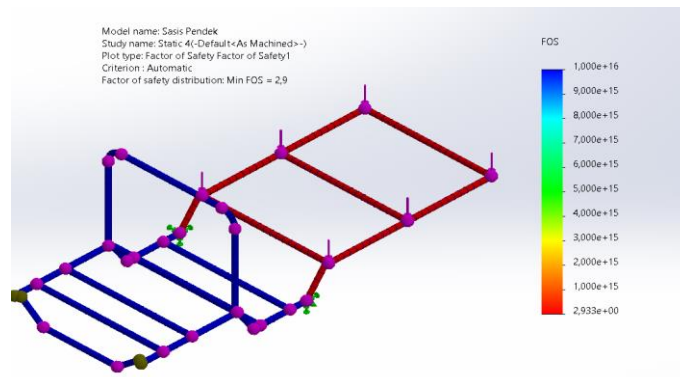
3. Konstruksi Rangka Bagian Depan

$$FoS = \frac{460}{3,87} = 118,8$$

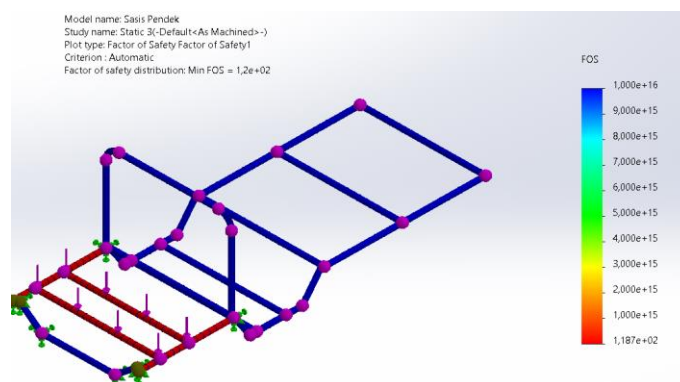
Pada perhitungan *safety factor* desain yang dibuat yaitu rangka mobil JTM masuk ke kategori aman karena sudah berada di atas titik kritis nya yaitu $FoS = 1$ secara umum. Kita juga dapat melihat nilai *safety factor* pada simulasi yang dilakukan di solidworks, berikut ini merupakan hasil simulasi dari solidworks.



Gambar 4.17 *Safety Factor* Keseluruhan Rangka



Gambar 4.18 *Safety Factor* Rangka Bagian Belakang



Gambar 4.19 *Safety Factor* Rangka Bagian Depan