

PERANCANGAN DAN ANALISIS STATIK SISTEM RANGKA ASYKAR PROTO MOBIL HEMAT ENERGI

Teguh Iman^[1], Syafri^[2], Nazaruddin^[3]

Laboratorium Hidrolik dan Pneumatik, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

^[1]teguh.iman@student.unri.ac.id, ^[2]Prie_00m022@gmail.com, ^[3]nazaruddin@eng.unri.ac.id

Abstract

In design a car, it was necessary to pay attention to the frame structure design to get safety and comfort in driving. The frame design process starts with frame selection and material selection, followed by manual static calculation and stress analysis simulation using Autodesk Inventor 2017. The forces obtained by the frame comes from the weight of the driver, engine, and the body of the car. After the frame design has done, we get the results of the frame with a length of 2700 mm, a width of 550 mm and a height of 565 mm, this is based on the body shape of the car, driver, and available engine. The material of frame is a profile rod rectangular hollow 40 mm x 20 mm x 2 mm and square hollow 40 mm x 40 mm x 2 mm. In the static simulation obtained the greatest stress occurs in the main rod with a value of 100.8 MPa, and with the selection of the safety factor value of 4, so that the material suitable for use is carbon steel ST37. From the simulation results obtained the minimum safety factor value with a value of 1.83 but only in one small area in the frame.

Keyword : frame, static analysis, stress, safety factor, Autodesk Inventor

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi semakin meningkat dengan pesat, salah satunya pada bidang otomotif. Setiap negara di dunia berlomba – lomba dalam melakukan penelitian tentang inovasi pada teknologi maupun dari segi modifikasi model. Salah satu teknologi yang cukup banyak diteliti yaitu teknologi hemat energi pada kendaraan bermotor, hal ini disebabkan karena persediaan bahan bakar bumi yang semakin menipis. Setiap tahunnya sebesar 10% cadangan dan produksi minyak bumi (fosil) di Indonesia mengalami penurunan [1]. Sedangkan tingkat populasi manusia kian meningkat yang berarti tingkat konsumsi terhadap minyak juga mengalami peningkatan. Tingkat konsumsi minyak rata-rata naik 6% pertahun [2], maka pada perancangan ini akan dibuat prototipe kendaraan hemat energi.

Pada jurusan Teknik Mesin Universitas Riau telah dilakukan penelitian pembuatan mobil tipe proto konsep. Mobil ini memiliki bentuk fisik yang lebih modern dengan tingkat aerodinamis yang lebih baik, terdiri dari tiga roda dan satu orang pengemudi tanpa penumpang. Agar konsumsi bahan bakar menjadi irit, pada mobil ini semua komponen digunakan harus di rencanakan dengan matang, agar memiliki berat yang minimum dengan kekuatan yang memenuhi standar desain. Salah satunya adalah pembuatan rangka kendaraan.

Chassis adalah rangka yang berfungsi sebagai penopang berat kendaraan, mesin serta penumpang [3]. Rangka merupakan pondasi awal dari sebuah kendaraan dimana baik pengemudi, penumpang, bodi kendaraan, motor penggerak, dan komponen pendukung diletakkan diatas rangka [4]. Oleh karena itu setiap konstruksi rangka harus mampu menahan semua beban dari kendaraanya.

Semua batang yang disambung secara kaku (jepit) mampu menahan gaya aksial, gaya normal, dan momen. Elemen rangka merupakan elemen dua dimensi dan kombinasi antara elemen *truss* dan *beam*, sehingga ada tiga macam simpangan pada setiap titik nodal yaitu simpangan horisontal, vertikal, dan rotasi [5].

Sebelum sebuah produk dibuat, terlebih dahulu dilakukan proses perancangan. Perancangan adalah kegiatan awal dari suatu rangkaian dalam proses pembuatan produk [6].

Setelah dilakukannya proses perancangan pada rangka, selanjutnya perlu dilakukannya simulasi pembebanan pada rangka agar diketahui tegangan terbesar yang terjadi pada rangka untuk dapat ditentukannya tingkat keamanan dan material rangka.

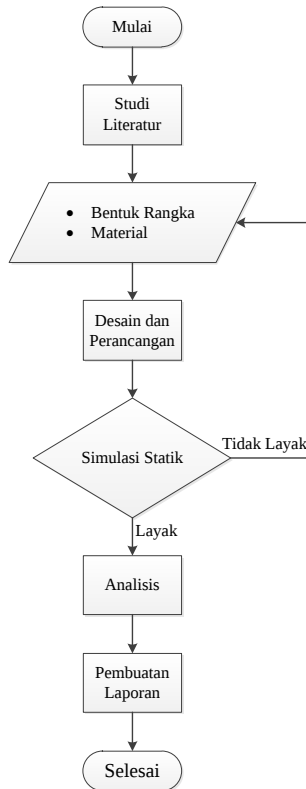
Salah satu masalah fundamental dalam mechanical engineering adalah menentukan pengaruh beban pada komponen mesin dan peralatan. Hal ini sangat essensial dalam perancangan mesin karena tanpa diketahui intensitas gaya di dalam elemen mesin, maka pemilihan dimensi, material dan parameter lainnya tidak dapat dilakukan. Intensitas gaya dalam suatu benda didefinisikan sebagai tegangan (*stress*) [7].

Pemilihan faktor keamanan merupakan hal yang diutamakan dalam merancang kendaraan, agar tingkat keamanan dan kenyamanan dalam berkendara lebih tinggi. Oleh karena itu, dibutuhkan material yang kuat untuk memenuhi spesifikasi rangka.

Berdasarkan uraian diatas, tujuan penelitian ini yaitu merancang rangka asykar proto dan melakukan simulasi pembebanan pada rangka untuk menganalisis tegangan yang bekerja pada rangka dan menentukan material yang sesuai berdasarkan faktor keamanan yang dipilih.

2. Metodologi

Pada penelitian ini dilakukan pemilihan jenis rangka tipe *ladder* dengan bahan batang profil *rectangular hollow* 40 mm x 20 mm x 2 mm, *square hollow* 40 mm x 40 mm x 2 mm dan plat dengan ketebalan 5mm. Adapun tahap-tahap pelaksanaan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Analisis statik dilakukan dengan 2 cara yaitu dengan cara perhitungan manual dan simulasi menggunakan *software*. Pemilihan material pada perancangan ini di dasarkan pada hasil simulasi statik dengan menggunakan *software* Autodesk Inventor *Student Version*.

Jenis material yang digunakan pada penelitian ini yaitu *carbon steel* ST37 dengan *mechanical properties* pada Tabel 1 .

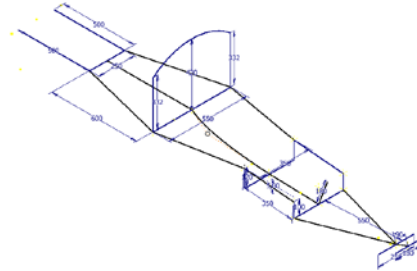
Tabel 1. *Mechanical Properties of Carbon Steel ST37*

Properties	Metric	English
Yield Strength	250 Mpa	36,259 psi
Ultimate Tensile Strength	450 Mpa	65,266 psi
Young's Modulus	200 Gpa	2.9 x 10 ⁷ psi
Poisson's Ratio	0.29	0.29
Shear Modulus	80 GPa	1.156 x 10 ⁷ psi
Density	7850 kg/m ³	0.284 lb/in ³

3. Hasil

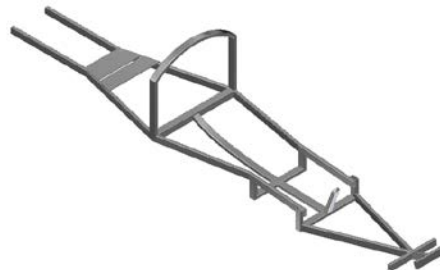
3.1 Desain dan Rancangan Rangka

Tahap awal dalam perancangan rangka yaitu dengan pengsketsaan secara 2 dimensi dengan menggunakan *software* Autodesk Inventor *Student Version* dengan dimensi yang telah disesuaikan terhadap bodi mobil, pengemudi dan mesin yang tersedia. Pengsketsaan 2D dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan 2 Dimensi

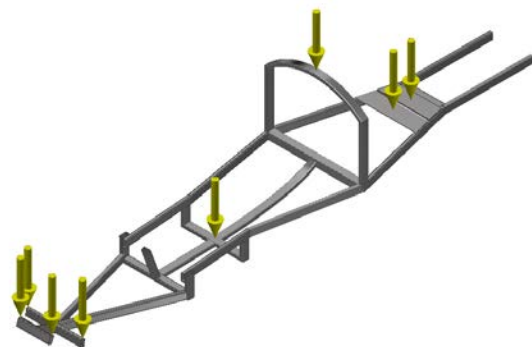
Setelah perancangan 2 dimensi kemudian dilakukan input batang profil sehingga hasil rangka dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Rangka 3 Dimensi

3.2 Pembebanan Pada Rangka

Pembebanan rangka dapat dilihat pada Gambar 4. Dengan asumsi massa badan pengemudi 45 kg, massa kaki pengemudi 10 kg, massa mesin 30 kg, dan massa bodi mobil 9 kg dengan massa 75% pada rollbar dan 15% pada ujung rangka bagian depan. Simulasi pembebanan dilakukan dengan menggunakan *software* Autodesk Inventor *Student Version*.



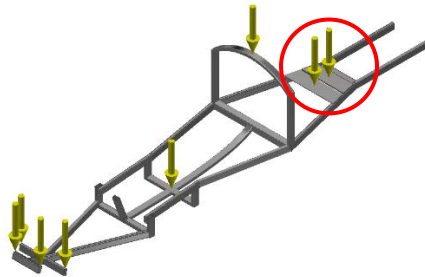
Gambar 4. Pembebanan Pada Rangka

3.3 Analisis Statik Pembebanan Rangka

Pada penelitian ini dilakukan simulasi rangka secara keseluruhan dan disetiap batang yang menerima beban secara langsung. Untuk simulasi disetiap batangnya dijabarkan sebagai berikut :

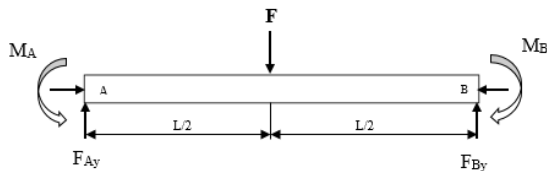
1. Analisis Dudukan Mesin

Bagian ini terdiri dari 2 plat penumpu yang dapat dilihat pada Gambar 5. Bagian rangka ini menggunakan plat dengan panjang 322 mm dan 272 mm, lebar 90 mm, dan ketebalan 5 mm. Beban yang diterima sebesar 30 kg.



Gambar 5. Pembebanan Dudukan Mesin

Sehingga diagram benda bebas plat dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Benda Bebas Dudukan Mesin

Karena mesin ditumpu oleh 2 plat, maka massa mesin dibagi menjadi 2.

$$m_M = \frac{30 \text{ kg}}{2} = 15 \text{ kg}$$

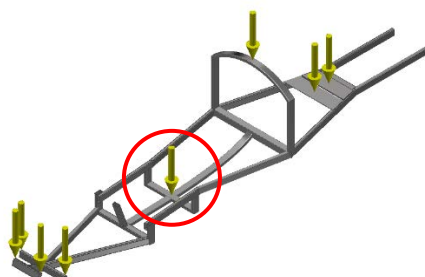
Maka gaya yang diterima plat adalah :

$$F_M = m_M \times g$$

$$F_M = 147,15 \text{ N}$$

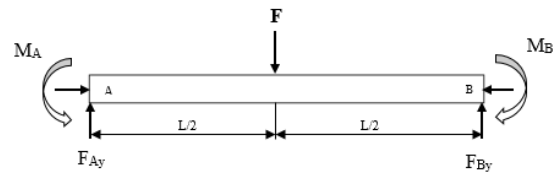
2. Analisis Dudukan Badan Pengemudi

Bagian ini menggunakan batang profil *rectangular hollow* 40 mm x 20 mm x 2 mm. Beban yang diterima sebesar 45 kg dengan panjang batang 349 mm yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pembebanan Dudukan Badan Pengemudi

Sehingga diagram benda bebas batang dudukan badan pengemudi dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram Benda Bebas Dudukan Badan Pengemudi

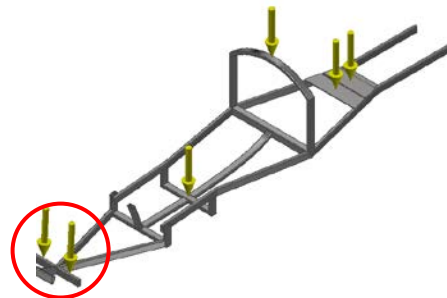
Maka gaya yang diterima batang adalah :

$$F_M = m_B \times g$$

$$F_M = 45 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 441,45 \text{ N}$$

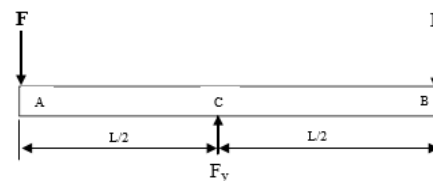
3. Analisis Dudukan Kaki Pengemudi

Bagian ini menggunakan batang profil *rectangular hollow* 40 mm x 20 mm x 2 mm. Beban yang diterima sebesar 10 kg dengan panjang batang 310 mm yang dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Pembebanan Dudukan Kaki Pengemudi

Sehingga diagram benda bebas batang dudukan kaki pengemudi dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Diagram Benda Bebas Dudukan Kaki Pengemudi

Karena kaki diasumsikan bertumpu diujung batang, maka massa kaki dibagi 2.

$$m_K = \frac{10 \text{ kg}}{2} = 5 \text{ kg}$$

Maka gaya yang diterima batang adalah :

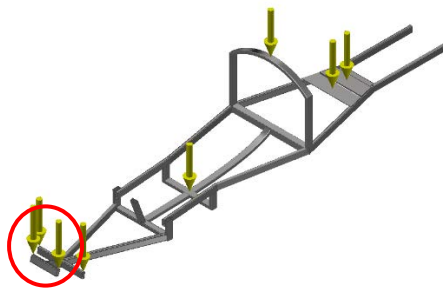
$$F_K = m_K \times g$$

$$F_K = 49,05 \text{ N}$$

4. Analisis Dudukan Bodi Bagian Depan

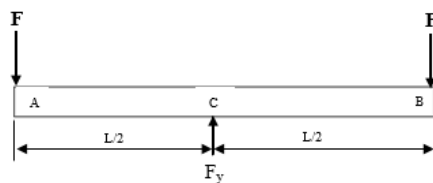
Bagian ini menggunakan batang profil *rectangular hollow* 40 mm x 20 mm x 2 mm. Beban

yang diterima sebesar 2,25 kg dengan panjang batang 180 mm yang dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Pembebanan Dudukan Kaki Pengemudi

Sehingga diagram benda bebas batang dudukan kaki pengemudi dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Diagram Benda Bebas Dudukan Bodi Bagian Depan

Karena bodi bagian depan diasumsikan bertumpu diujung batang, maka massa bodi dibagi 2.

$$m_{Bd} = \frac{2,25 \text{ kg}}{2} = 1,125 \text{ kg}$$

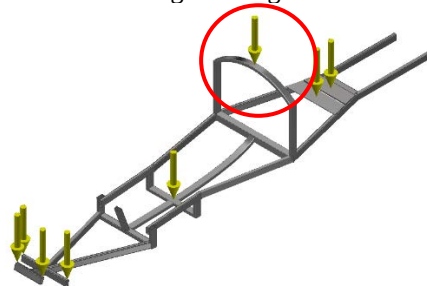
Maka gaya yang diterima batang adalah :

$$F_{Bd} = m_{Bd} \times g$$

$$F_{Bd} = 11,04 \text{ N}$$

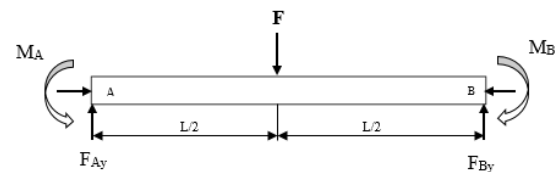
5. Analisis Dudukan Bodi Pada Rollbar

Bagian ini menggunakan batang profil *rectangular hollow* 40 mm x 20 mm x 2 mm. Beban yang diterima sebesar 6,75 kg dengan panjang batang 550 mm yang dapat dilihat pada Gambar 13 dan diasumsikan sebagai batang lurus.



Gambar 13. Pembebanan Dudukan Bodi Pada Rollbar

Sehingga diagram benda bebas batang dudukan bodi pada rollbar dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Diagram Benda Bebas Dudukan Bodi Pada Rollbar

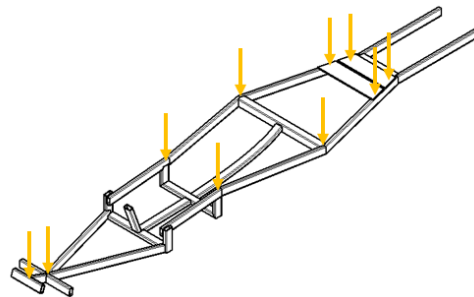
Maka gaya yang diterima batang adalah :

$$F_M = m_B \times g$$

$$F_M = 6,75 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 66,22 \text{ N}$$

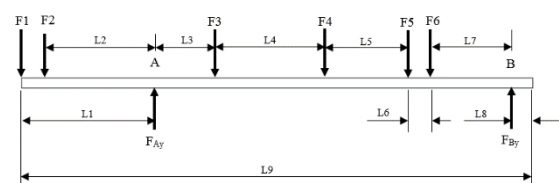
6. Analisis Batang Utama

Bagian ini menggunakan batang profil *rectangular hollow* 40 mm x 20 mm x 2 mm. Beban yang diterima merupakan beban reaksi dari batang yang menerima beban secara langsung dengan panjang batang 2700 mm yang dapat dilihat pada Gambar 15 dan diasumsikan sebagai batang lurus.



Gambar 15. Pembebanan Batang Utama

Sehingga diagram benda bebas batang utama dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Diagram Benda Bebas Batang Utama

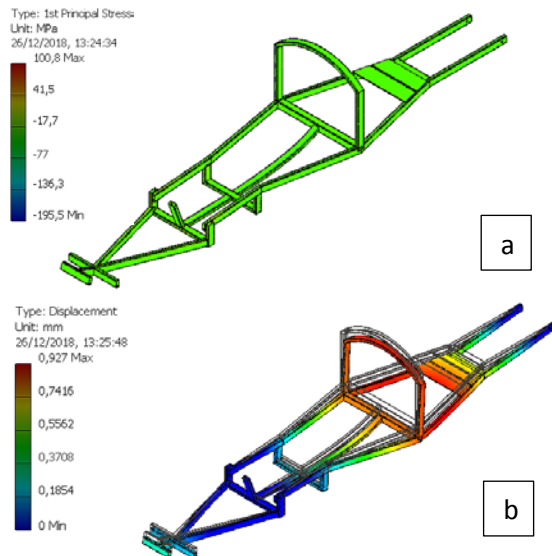
Dari perhitungan secara manual didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Statik Manual

No.	Hasil Analisis	Bagian yang di Analisis						
		Dudukan Mesin		Pengemudi		Bodi		Batang Utama
		Plat 1	Plat 2	Badan	Kaki	Depan	Rollbar	
1.	Tegangan Utama Maks	15,8 MPa	13,35 MPa	17,04 MPa	4,05 MPa	0,53 MPa	4,03 MPa	38,53 MPa
2.	Tegangan Geser Maks	7,9 MPa	6,68 MPa	8,52 MPa	2,025 MPa	0,26 MPa	2,02 MPa	19,13 MPa

3.4 Analisis Statik Rangka Menggunakan Autodesk Inventor

Pembebanan yang dilakukan pada simulasi Autodesk Inventor berdasarkan pembebanan pada Gambar 4. Simulasi dilakukan pada rangka secara keseluruhan, di setiap batang yang menerima beban secara langsung, dan pada batang utama. Untuk hasil simulasi secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Hasil Simulasi Rangka (a) *Principal Stress*, (b) *Displacement*

Berdasarkan simulasi secara keseluruhan, didapatkan hasil pada Tabel 3.

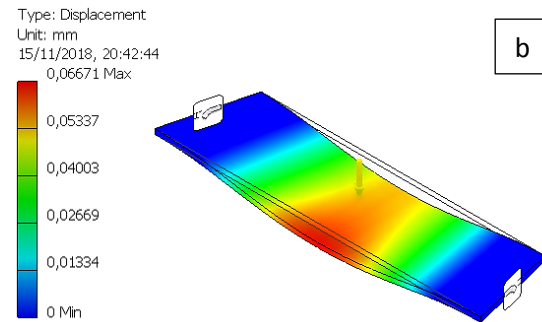
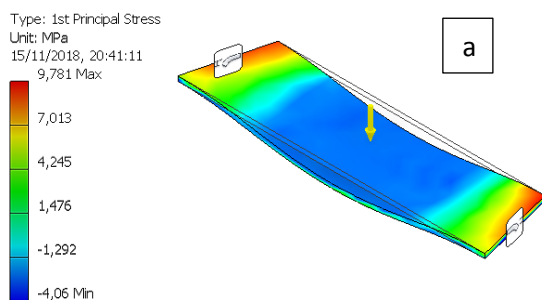
Tabel 3. Hasil Simulasi Rangka Keseluruhan

No.	Nilai	Hasil Analisis		
		Tegangan Utama	Displacement	Safety Factor
1.	Maksimum	100,9 MPa	0,93 mm	15
2.	Minimum	-192,1 MPa	0	1,38

Untuk hasil simulasi perbatang dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Dudukan Mesin

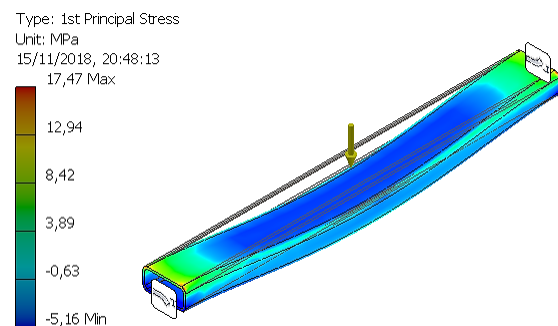
Dari hasil simulasi didapatkan nilai tegangan terbesar pada dudukan mesin yaitu 9,78 MPa (plat 1) dan 8,37 MPa (plat 2) seperti yang terlihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Hasil Simulasi Dudukan Mesin (a) Plat 1, (b) Plat 2

2. Dudukan Badan Pengemudi

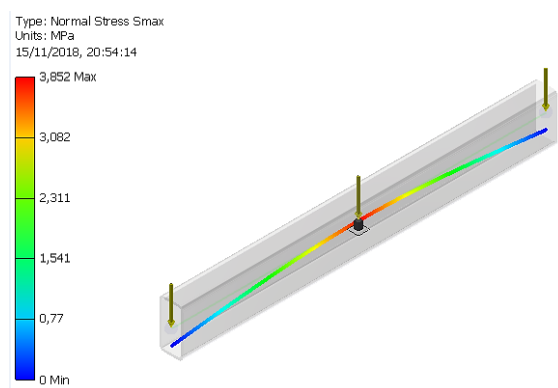
Dari hasil simulasi didapatkan nilai tegangan terbesar pada dudukan badan pengemudi yaitu 17,47 MPa seperti yang terlihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Hasil Simulasi Dudukan Badan Pengemudi

3. Dudukan Kaki Pengemudi

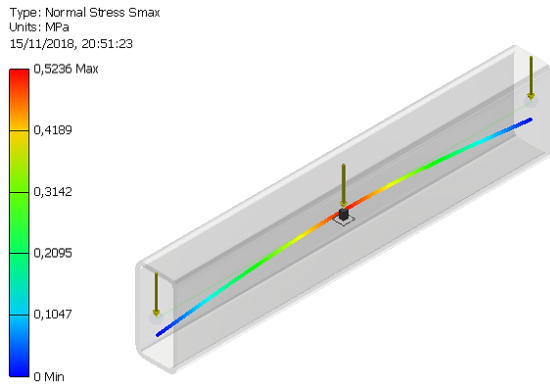
Dari hasil simulasi didapatkan nilai tegangan terbesar pada dudukan kaki pengemudi yaitu 3,9 MPa seperti yang terlihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Hasil Simulasi Dudukan Kaki Pengemudi

4. Dudukan Bodi Bagian Depan

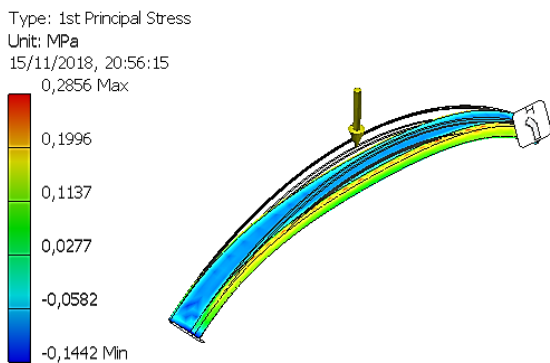
Dari hasil simulasi didapatkan nilai tegangan terbesar pada dudukan bodi bagian depan yaitu 0,52 MPa seperti yang terlihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Hasil Simulasi Dudukan Bodi Bagian Depan

5. Dudukan Bodi Pada Rollbar

Dari hasil simulasi didapatkan nilai tegangan terbesar pada dudukan bodi pada *rollbar* yaitu 0,28 MPa seperti yang terlihat pada Gambar 22.



Gambar 22. Hasil Simulasi Dudukan Bodi Pada Rollbar

6. Batang Utama

Dari hasil simulasi didapatkan nilai tegangan terbesar pada dudukan badan pengemudi yaitu 37,47 MPa seperti yang terlihat pada Gambar 23.



Gambar 23. Hasil Simulasi Batang Utama

Setelah dilakukannya simulasi pada setiap batangnya, maka didapatkan hasil pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Simulasi Statik Setiap Batang

No.	Hasil Analisis	Bagian yang di Analisis					
		Dudukan Mesin		Pengemudi		Bodi	
		Plat 1	Plat 2	Badan	Kaki	Depan	Rollbar
1.	Tegangan Utama Maks	9,8 MPa	8,4 MPa	17,47 MPa	3,9 MPa	0,52 MPa	0,3 MPa
2.	Displacement Maks	0,07 mm	0,04 mm	0,024 mm	0,008 mm	0,0003 mm	0,001 mm
							3,1 mm

4. Pembahasan

Setelah dilakukannya proses perancangan rangka *prototype* mobil hemat energi, didapatkan dimensi rangka dengan panjang 2700 mm, lebar 550 mm, dan tinggi 565 mm. Dimensi rangka di dapat dengan mempertimbangkan beberapa faktor yaitu dari bentuk bodi, ukuran pengemudi seperti penempatan posisi badan dan kaki sehingga dapat di pakai senyaman mungkin, kemudian juga berdasarkan ketersediaan mesin yang ada.

Dari hasil perhitungan secara manual dan simulasi menggunakan *software* Autodesk Inventor didapatkan beberapa perbedaan antara tegangan yang terjadi pada rangka. Nilai tegangan terbesar terdapat pada bagian batang utama dengan perhitungan manual maupun pada hasil simulasi, namun dengan nilai yang berbeda. Hal ini terjadi karena batang utama mendapatkan banyak beban yang berasal dari gaya tumpuan setiap batang yang menerima beban secara langsung, dan yang menyebabkan nilainya berbeda yaitu karena pada perhitungan manual batang utama dianggap sebagai batang lurus. Nilai terbesar pada batang utama terdapat pada tumpuan rangka bagian depan.

Pada perancangan kali ini digunakan safety factor sebesar 4 dikarenakan bahan, kondisi beban, tegangan yang sudah diketahui, dan kondisi lingkungan yang tidak pasti [8].

Tegangan terbesar yang terjadi pada simulasi statik yang terjadi pada batang utama pada bagian tumpuan depan dengan nilai 100,8 MPa, sehingga tegangan kerja bernilai :

$$\sigma_{\text{kerja}} = 100,8 \text{ MPa} \times 4$$

$$\sigma_{\text{kerja}} = 403,2 \text{ MPa}$$

Berdasarkan nilai *ultimate tensile strength* sebesar 450 MPa maka nilai safety factor dengan 4 sudah dapat dikatakan tepat karena nilai tegangan yang bekerja pada rangka tidak melebihi *ultimate tensile strength* material, sehingga penggunaan material *carbon steel* ST37 dapat dinyatakan layak.

5. Simpulan

Dari hasil perancangan rangka, didapatkan dimensi rangka dengan panjang 2700 mm, lebar 550 mm, dan tinggi 565 mm. Analisis statik rangka dengan cara perhitungan manual dan simulasi dengan *software* Autodesk Inventor dan dengan *safety factor* sebesar 4, dapat dinyatakan bahwa rangka dalam kondisi yang aman setelah menerima beban dari pengemudi, mesin, dan bodi mobil.

Daftar Pustaka

- [1] Bambang. 2006. Biodiesel Sumber Energi Alternatif Pengganti Solar Yang Terbuat Dari Ekstraksi Minyak Jarak Pagar. Surabaya : Trubus Agrisarana
- [2] Suroso. 2005. Kilang Pengolahan BBM Dioptimalkan, Harian Pagi Jawa Pos 11 Maret 2005.
- [3] Fadila, A. dan Syam, B. 2013. Analisa Simulasi Struktur Chassis Mobil Mesin USU Berbahan Besi Struktur Terhadap Beban Statik Dengan Menggunakan Perangkat Lunak Ansys 14.5. *Jurnal e-Dinamis*. 6 (2) : 70-79.
- [4] Salimin. Samhuddin. Adha, I. 2018. Perancangan dan Analisa Simulasi Pembebanan Chassis Sepeda Wisata Untuk Dua Penumpang Menggunakan Software Autodesk Inventor 2017. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*. 3 (3) : 1-12
- [5] Daryanto. 2004. Reparasi Casis Mobil. Jakarta : PT Rineka Cipta dan PT Bina Adiaksara.
- [6] Harsokoesoemo, Darmawan. 2004. Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk) Edisi II. Bandung: ITB
- [7] Beer, Ferdinand P., dkk. 2012 . *Mechanics of Materials*. Sixth Edition. New York : The McGraw-Hill Companies, Inc.
- [8] Vidosic, Joseph P. 1957. *Machine Design Projects*. Michigan University : Ronald Press Co.