

PERANCANGAN DAN ANALISIS STATIK SISTEM RANGKA MOBIL HEMAT ENERGI “ASYKAR HYBRID UNIVERSITAS RIAU”

Oktafatahna Laka¹, Nazaruddin², Syafri³

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

¹oktafatahnalaka@gmail.com, ²nazaruddin@eng.unri.ac.id, ³prie_00m022@yahoo.com

Abstract

Frame is the very important of vehicle. Design of the right frame will provide optimal results between the level of security and the size of the construction. To get an energy-efficient car, it is necessary to design a car frame that fits your needs. From the design carried out based on the body shape of the vehicle, a construction structure of the Asykar Hybrid is Monocoque type frame by using a profile of rectangular hollow section by 30 mm x 50 mm x 2 mm and angel L section 50 mm x 50 mm x 3 mm and dimensions overall frame with a length of 2456 mm x width 932 x height 920 mm. Static analysis calculate by Autodesk Inventor 2018 Student Version software which produces a Principle Stress on the main stem of 46.99 MPa and displacement of 6.005 mm. The results of the manual calculation of the main Principle Stress are 56.94 MPa with a Shear of 28.47 MPa. Safety factor of 4.39 by using Carbon steel ST 37 material. So it was concluded that the framework of energy-efficient cars is safe to use.

Keywords: *Frame, Principle Stress, Deformation, Energy Saving*

1. Pendahuluan

Jumlah kendaraan bermotor roda empat atau lebih yang beroperasi di akhir tahun 2010 diprediksi sebanyak 16 juta dan pada tahun 2020 akan mencapai lebih dari 25 juta kendaraan bermotor [1]. Sedangkan data lain memperkirakan jumlah kendaraan total hingga tahun 2020 mencapai 9,5 juta mobil pribadi dan 68,8 juta sepeda motor [2]. Selain itu pada tahun 2009 diperkirakan bahwa cadangan energi minyak mentah Indonesia hanya dapat diproduksi atau akan habis dalam kurun waktu 22,99 tahun, gas selama 58,95 tahun dan batu bara selama 82,01 tahun. Hasil perhitungan ini menggunakan asumsi bahwa tidak ditemukan lagi ladang-ladang baru sebagai sumber energi fosil [3]. Oleh sebab itu perlu dilakukan pengembangan mobil yang hemat energi.

Jurusan Teknik Mesin Universitas Riau telah melakukan penelitian pembuatan mobil tipe *urban concept* dengan bahan bakar *hybrid*. Mobil ini diberi nama “Asykar Hybrid Universitas Riau”. Mobil *hybrid* atau hibrida adalah kendaraan yang menggunakan dua jenis teknologi untuk sumber tenaganya[4]. Motor traksi listrik dari kendaraan hibrida dapat dengan mudah dikendalikan sebagai generator, mengubah sebagian energi kinetik kendaraan menjadi energi listrik. Energi yang dipulihkan dapat disimpan dalam sistem penyimpanan energi listrik dan digunakan untuk propulsi, secara signifikan akan mengurangi konsumsi energi keseluruhan kendaraan dan emisi gas buang [5].

Mobil *hybrid* atau sering disebut hibrida Teknik Mesin Universitas Riau ini memiliki bentuk fisik seperti mobil yang umumnya dipakai pada daerah perkotaan yaitu terdiri dari empat roda dan satu orang penumpang. Dalam desain perancangan mobil ini perlu mempertimbangkan banyak aspek.

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 sistem rangka kendaraan.

Rangka menjadi komponen yang sangat penting dalam perancangan sebuah kendaraan. Semua beban yang ada pada kendaraan baik itu penumpang, mesin, sistem kemudi, dan segala peralatan kenyamanan semuanya diletakan di atas rangka. Elemen pada rangka merupakan elemen dua dimensi serta kombinasi antara *truss* dan *beam*, sehingga ada tiga macam simpangan pada setiap titik nodal yaitu simpangan horisontal, vertikal, dan rotasi. Oleh karena itu, dibutuhkan material yang kuat untuk memenuhi spesifikasi tersebut [6].

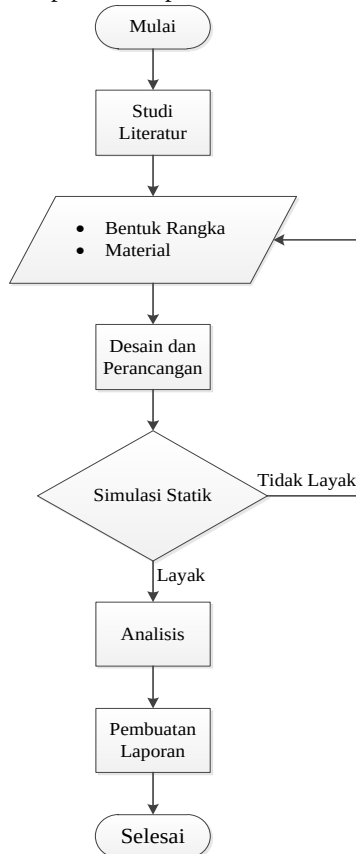
Tujuan penelitian ini adalah merancang sistem rangka berdasarkan bodi kendaraan yang cocok untuk Kompetisi Mobil Hemat Energi (KMHE) tipe *urban concept* serta menghitung dan mensimulasikan pembebanan statik pada rangka kendaraan sehingga diketahui batasan aman dari desain rangka yang dirancang.

2. Metodologi

Rangka yang dibuat yaitu jenis *monocoque* dengan penampang berbentuk *rectangular hollow* jenis *carbon steel* ST 37. *Monocoque* merupakan satu kesatuan stuktur rangka dari bentuk kendaraannya sehingga rangka ini memiliki bentuk yang beragam yang menyesuaikan dengan bodi mobil. Meskipun terlihat seperti satu kesatuan dari rangka dan bodi mobilnya, namun sebenarnya rangka ini dibuat dengan menggunakan pengelasan melalui proses otomasi sehingga hasil pengelasan

yang dihasilkan berbentuk lebih sempurna dan lebih baik [7].

Setelah mendapatkan hasil dimensi rangka berdasarkan bentuk bodi kendaraan, maka dilakukan pemilihan material rangka. Material yang digunakan harus dapat menahan beban dari kendaraan serta pengemudi saat kendaraan berjalan, agar tidak mengalami kerusakan. Adapun alur perancangan rangka ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Untuk pemilihan bahan material yang digunakan dalam proses produksi didasarkan pada kekuatan material dan bentuk penampang serta beban yang diberikan pada mobil. Selain itu pemilihan material juga didasarkan pada hasil simulasi pembebanan menggunakan *software* autodesk inventor *student version* yang bekerja pada rangka. Jenis material yang digunakan pada simulasi adalah *carbon steel* ST 37 seperti pada Tabel 1.

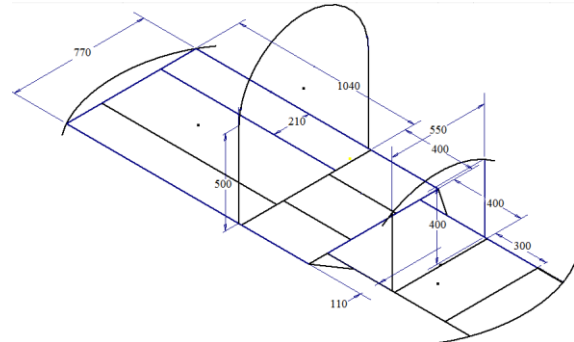
Tabel 1. Properties Carbon Steel ST 37

Properties	Metric	English
Yield Strength	235 MPa	34.083,8 psi
Ultimate Tensile Strength	480 MPa	69.618,12 psi
Young's Modulus	200 GPa	2.9×10^7 psi
Poisson's Ratio	0.29	0.29
Shear Modulus	80 GPa	1.156×10^7 psi
Density	7850 kg/m ³	0.284 lb/in ³

Salah satu masalah fundamental dalam *mechanical engineering* adalah menentukan pengaruh beban pada komponen mesin dan peralatan. Hal ini sangat esensial 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*)[8].

3. Hasil

Struktur rangka ditopang oleh dua batang utama dan diperkuat oleh sembilan batang penumpu. Batang utama mendapatkan distribusi gaya baik dari komponen yang ada maupun dari gaya-gaya reaksi yang terjadi. Dimensi yang digunakan disesuaikan dengan dimensi dari desain bodi kendaraan dan regulasi KMHE. Hasil perancangan struktur sistem rangkakendaraan hemat energi *urban concept* dengan jenis rangka *monocoque* diperlihatkan rancangan 2 dimensi pada Gambar 2.

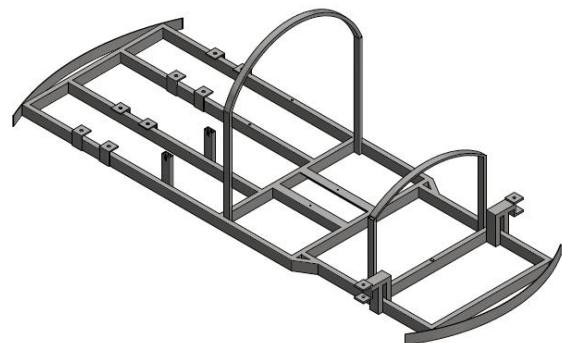


Gambar 2.Rancangan 2 Dimensi

Dari gambar sketsa 2 dimensi maka didapatkan dimensi keseluruhan rangka. Berikut ini adalah dimensi rangka mobil hemat energi Asykar Hybrid.

Panjang : 2456 milimeter
 Lebar : 932 milimeter
 Tinggi : 920 milimeter

Rangka memiliki ukuran panjang 2456 mm dan lebar 932 mm dengan ukuran profil batang 30 mm x 50 mm x 2 mm. Serta roll bar dengan ukuran profil 40 mm x 20 mm x 2 mm danudukan pengemudi dengan profil L ukuran 50 mm x 50 mm x 3 mm. Dari rancangan diperoleh bentuk 3D seperti pada Gambar 3.

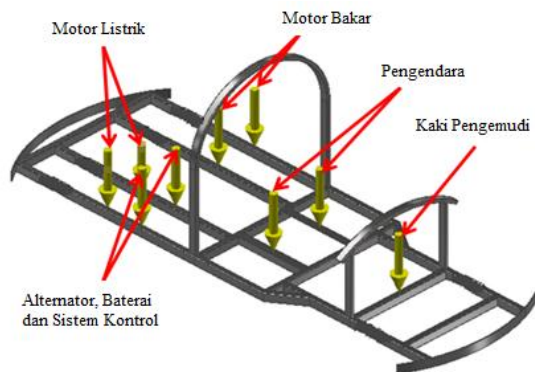


Gambar 3.Desain 3 Dimensi

A. Pembebanan Pada Rangka

Berikut ini gambar beban yang diterima oleh rangka kendaraan tipe *urban concept* pada Gambar 4. Dengan asumsi berat pengemudi 70 kg dimana berat badan adalah 60 kg yaitu 85% dari berat pengemudi dan untuk berat kaki pengemudi 15% dari berat pengemudi yaitu 10 kg serta berat motor 7 kg, baterai 4 kg, *alternator* 2 kg, kontrol 1 kg dan mesin 30 kg.

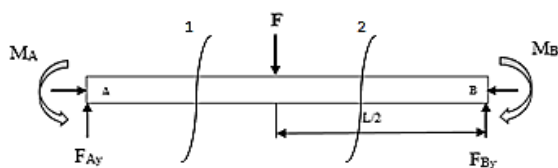
Cara perhitungan pembebanan dengan penyederhanaan sehingga dapat dihitung nilai tegangan yang bekerja pada batang. Persamaan yang digunakan adalah jepit-jepit dan rol. Posisi pembebanan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Beban Yang Diterima Rangka

1. Analisis Dudukan Kaki

Bagian rangka ini menggunakan *rectangular hollow* dengan ukuran 50 x 30 mm dengan ketebalan 2 mm dan menerima beban sebesar 10 kg. Dari rancangan yang telah dikerjakan, diketahui panjang batang yaitu $L = 550$ mm. Bagian ini hanya terdiri dari satu batang penumpu. Dalam analisa batang dudukan kaki pengemudi maka dibuat pemodelan sederhana agar mempermudah perhitungan. Model pembebanan pada batang dudukan kaki diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Bagian Pemodelan Gaya Dudukan Kaki Pengemudi

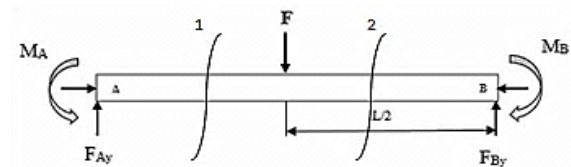
Beban yang diterima rangka adalah :

$$F = m \times g$$

$$F = 98,1 \text{ N}$$

2. Analisis Dudukan Badan

Pada rancangan rangka ini dudukan pengendara ditumpu oleh dua batang *angel L section* sepanjang 400 mm dengan posisi beban berada ditengah batang sebesar 60 kg. pemodelan pembebanan pada batang dudukan badan pengemudi diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Bagian Pemodelan Gaya Dudukan Badan Pengemudi

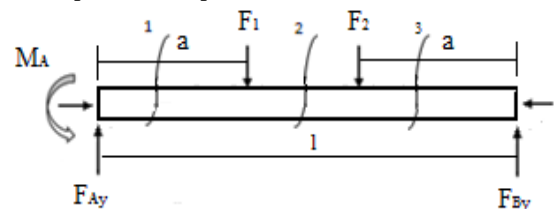
Sehingga beban yang diterima rangka adalah sebagai berikut :

$$F = 1/2 (m \times g)$$

$$F = 294,3 \text{ N}$$

3. Analisis Dudukan Engine I

Pada rancangan rangka dudukan *engine I*, mobil *hybrid* ini akan menumpu beberapa komponen. Batang dudukan *engine I* berada di sebelah kanan kendaraan akan menumpu beban motor ($F_1 = 7$ kg), serta beban baterai, *alternator* dan sistem kontrol [$F_2 = (4+2+1)$ kg = 7 kg]. Tumpuan yang digunakan adalah jepit-rol karena batang dudukan *engine I* bagian ujungnya menumpu pada sistem roda diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Pemodelan Gaya Dudukan Engine I

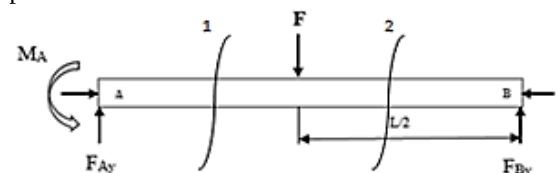
Karena *engine I* ditumpu oleh 2 batang maka beban yang diterima setiap batang adalah setengah dari berat mesin sehingga beban adalah :

$$F_1 = F_2 = \frac{1}{2} (m \times g)$$

$$F_1 = F_2 = \frac{1}{2} (7 \times 9,81) = 34,34 \text{ N}$$

4. Analisis Dudukan Engine II

Karena mesin ditumpu oleh 2 batang maka beban yang diterima setiap batang adalah setengah dari berat mesin. Tumpuan pada *engine* adalah jepit-rol karena bagian ujung lainnya adalah batang yang ditumpu oleh roda dengan jarak antar tumpuan sebesar 840 mm. Beban motor bakar adalah 30 kg dan berada di tengah tumpuan seperti yang terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Dudukan Engine II

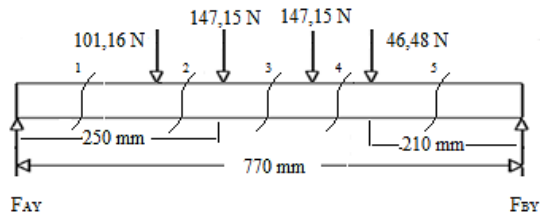
Sehingga nilai beban adalah :

$$F = 1/2 (m \times g)$$

$$F = 294,3 \text{ N}$$

5. Analisis Dudukan Batang penghubung

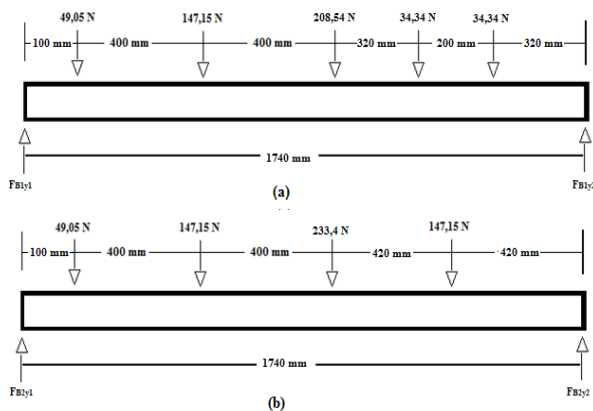
Pada rancangan rangka mobil *hybrid* beban pengemudi dan engine akan ditumpu oleh sebuah batang yang melintang dengan panjang 770 mm. Beban yang terjadi adalah beban dari reaksi batang penumpu dudukan pengemudi dan *engine*. Besar beban dapat dilihat pada pemodelan diagram benda bebas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Pemodelan Gaya Dudukan Batang Penghubung

6. Analisis Dudukan Batang Utama

Perhitungan rangka utama dibagi dua, karena beban yang diterima berbeda antara bagian kiri dan bagian kanan rangka Seperti yang diperlihatkan pada Gambar 10.



Gambar 10. (a) Pemodelan Batang Utama I (b) Pemodelan Batang Utama II

Berdasarkan hasil perhitungan secara manual diperoleh data Tegangan Utama dan Tegangan Geser seperti pada tabel 2.

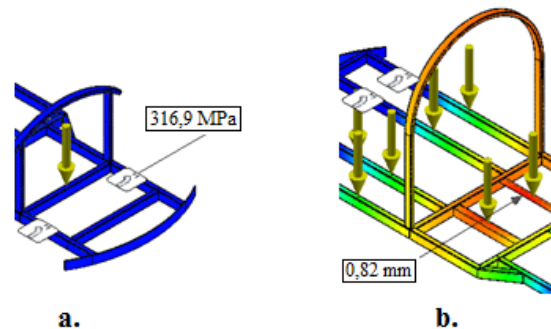
Tabel 2. Hasil Perhitungan Manual

Hasil Analisis	Hasil Perhitungan Statik					
	Dudukan Mesin		Pengemudi		Batang Utama	
	Batang I	Batang II	Badan	Kaki	BU I	BU II
Tegangan Utama Maks	3,39 MPa	7,71 MPa	7,49 MPa	2,24 MPa	47,68 MPa	56,94 MPa
Tegangan Geser Maks	1,695 MPa	3,85 MPa	3,75 MPa	1,12 MPa	23,84 MPa	28,47 MPa
						18,06 MPa

B. Analisis Statik Menggunakan Autodesk Inventor

Analisis dengan bantuan perangkat lunak Autodesk Inventor adalah untuk mengetahui kondisi rangka setelah mengalami pembebanan statik. Simulasi pembebanan dilakukan dengan cara

memberikan gaya pada masing-masing batang rangka sebesar beban yang akan diterima batang tersebut. Hasil pengujian simulasi terhadap rangka mobil secara keseluruhan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil Simulasi Rangka (a. Tegangan utama b. Lendutan)

Berdasarkan hasil simulasi batang keseluruhan diperoleh data-data berupa Tegangan Utama, lendutan dan nilai *Safety Factor* seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Simulasi Rangka Keseluruhan

No.	Nilai	Hasil Analisis		
		Tegangan Utama	Displacement	Safety Factor
1.	Maksimum	316,9 MPa	0,82 mm	15
2.	Minimum	-84,5 MPa	0	0,77

1. Dudukan Kaki Pengemudi

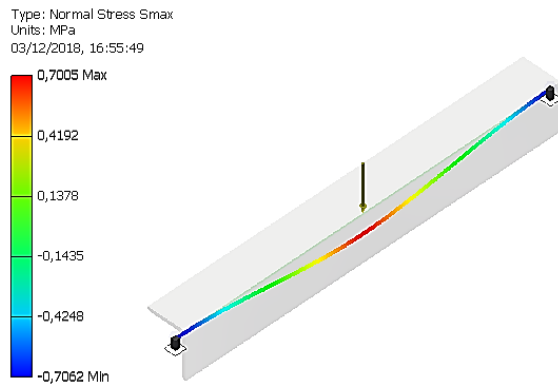
Berdasarkan simulasi nilai tegangan terbesar yang terjadi pada dudukan kaki pengemudi adalah 1,918 MPa dan lendutan sebesar 0,00474 mm. Hasil pengujian menggunakan simulasi yang dilakukan terhadap batang dudukan kaki pengemudi dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Analisis Dudukan Kemudi

2. Dudukan Pengemudi

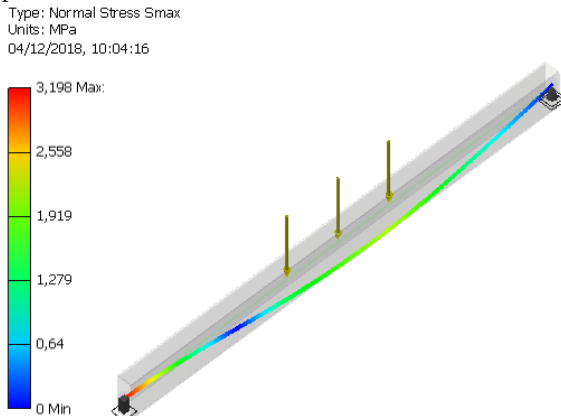
Berdasarkan hasil dari simulasi yang dilakukan, diperoleh nilai tegangan terbesar yang terjadi adalah 0,7005 MPa dan lendutan sebesar 0,0496 mm. Adapun hasil pengujian menggunakan simulasi terhadap batang dudukan pengemudi dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Analisis Dudukan Pengemudi

3. Dudukan Motor Listrik, Baterai, Kontrol dan Alternator

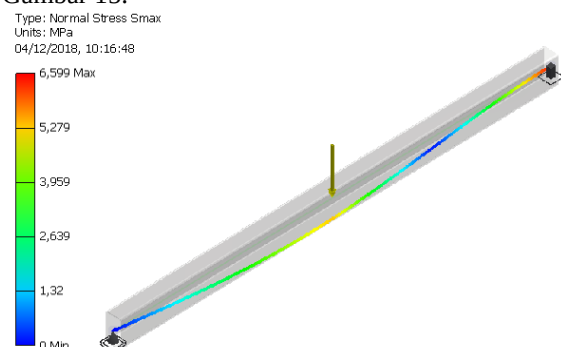
Berdasarkan simulasi nilai tegangan terbesar yang terjadi pada dudukan motor listrik, baterai, kontrol dan *alternator* adalah 3,198 MPa dan lendutan sebesar 0,02112 mm seperti diperlihatkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Analisis Dudukan Penghubung

4. Dudukan engine (motor bakar)

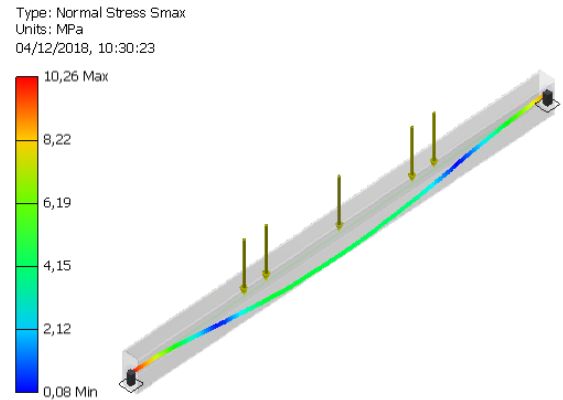
Berdasarkan simulasi nilai tegangan terbesar yang terjadi pada dudukan motor bakar adalah 6,599 MPa dan lendutan sebesar 0,04578 mm seperti pada Gambar 15.



Gambar 15. Analisis Dudukan Motor Bakar

5. Dudukan Batang Penghubung

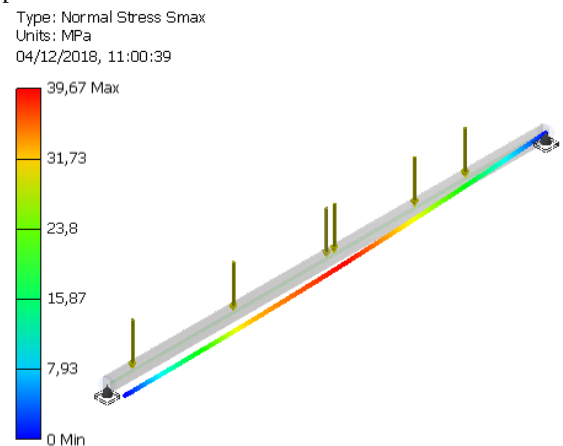
Berdasarkan simulasi nilai tegangan terbesar yang terjadi pada batang penghubung adalah 10,26 MPa dan lendutan sebesar 0,0378 mm seperti pada Gambar 16.



Gambar 16. Dudukan Batang Penumpu

6. Dudukan Batang Utama I

Berdasarkan hasil simulasi nilai tegangan terbesar yang terjadi pada batang adalah 39,67 MPa dan lendutan sebesar 4,69 mm seperti diperlihatkan pada Gambar 17.



Gambar 17. Analisis Dudukan Batang Utama I (a) Principal Stress, (b) Displacement

7. Dudukan Batang Utama II

Berdasarkan hasil simulasi nilai tegangan terbesar yang terjadi pada batang adalah 46,99 MPa dan lendutan sebesar 6,005 mm seperti diperlihatkan pada Gambar 18.



Gambar 18. Analisis Dudukan Batang Utama II (a) Principal Stress, (b) Displacement

Berdasarkan simulasi diperoleh data seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Simulasi Perbatang

Hasil Analisis	Bagian yang di Analisis						
	Dudukan Mesin		Pengemudi		Batang Utama		Batang Penghubung
	Batang 1	Batang 2	Badan	Kaki	BU I	BU II	
Tegangan Utama Maks	3,19 MPa	6,59 MPa	0,7 MPa	1,92 MPa	39,67 MPa	46,99 MPa	10,26 MPa
Displacement	0,02 mm	0,04 mm	0,04 mm	0,004 mm	4,69 mm	6 mm	0,038 mm

4. Pembahasan

Dari hasil perhitungan secara manual dan simulasi menggunakan *software* autodesk inventor didapatkan beberapa perbedaan antara tegangan yang terjadi pada rangka. Nilai tegangan terbesar terjadi pada bagian batang utama II (BU II) baik dengan perhitungan manual maupun pada hasil simulasi. Namun nilai tegangan menggunakan simulasi *software* autodesk inventor sebesar (46,99 MPa) lebih kecil dari pada perhitungan manual. Hal ini terjadi karena pada analisa perhitungan secara manual sambungan rangka dan batang utama tidak dipertimbangkan, namun diasumsikan menjadi batang lurus. Sehingga nilai tegangan akan berbeda.

Dalam perhitungan manual, tegangan terbesar batang utama terdapat di tumpuan rangka pada bagian depan dengan nilai sebesar 56,94 MPa. Berdasarkan tegangan luluh, karena bahan yang sudah diketahui, kondisi beban, tegangan dan lingkungan yang tidak pasti, maka *safety factor* yang dipilih sebesar 4 sehingga tegangan yang didapatkan adalah 227,76 MPa.

Material *carbonsteel* ST37 memiliki nilai tegangan *yield* sebesar 250 MPa lebih besar dari pada tegangan *yield* 227,76 MPa, sehingga dengan material *carbon steel* ST 37 maka *safety factor* menjadi 4,39.

Nilai *displacement* yang terjadi pada simulasi didapatkan nilai terbesar berada pada bagian batang utama di ruang pengemudi sebesar 0,82 mm. Namun, nilai ini dapat dikategorikan masih dalam nilai yang kecil sehingga tidak terlalu berpengaruh terhadap kekuatan struktur rangka.

5. Simpulan

Berdasarkan hasil perancangan rangka, didapatkan dimensi rangka dengan panjang 2456 mm, lebar 932 mm dan tinggi 920 mm. Hasil analisis statik rangka dengan perhitungan manual dan simulasi menggunakan *software* Autodesk Inventor, didapatkan nilai tegangan maksimal pada batang utama I perhitungan manual sebesar 56,94 MPa dan berdasarkan simulasi sebesar 46,99 MPa dengan persentase perbedaan (9,5%) serta didapatkan kesimpulan bahwa rangkabatang utama masih dalam batas aman dengan *safety factor* sebesar 4,39 dengan material *carbon steel* ST 37.

Daftar Pustaka

- [1] GAIKINDO. 2010. Jumlah kendaraan di Indonesia. <https://www.gaikindo.or.id/> (diakses 8 Oktober 2018)
- [2] BPS. 2015. PERKEMBANGAN JUMLAH KENDARAAN BERMOTOR MENURUT JENIS. <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133> (diakses 8 Oktober 2018)
- [3] Kementrian Energi dan Sumberdaya Mineral. 2009. *Handbook of Energy and Economic Statistic of Indonesia*. Center for Data and Information on Energy and Mineral Resources. Ministry Energy and Mineral Resources, Jakarta.
- [4] Laksono. 2014. Pengertian Mobil Hybrid. <https://id.scribd.com/doc/294885234/inilah-pengertian-mobil-hybrid> (diakses tanggal 8 Agustus 2018)
- [5] M.M Tehrani, et al. 2011. Design of Anti-Lock Regenerative Braking System for a Series Hibryd Electric Vehicle, *International Journal Automotive Engineering*, Vol 1, Number 2, June 2011.
- [6] Daryanto. 2004. *Reparasi Casis Mobil*. Jakarta : PT Rineka Cipta dan PT Bina Adiaksara.
- [7] 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*. Volume 6, No. 2.
- [8] Beer, Ferdinand P., dkk. 2012 . *Mechanics of Materials*. Sixth Edition. New York : The McGraw-Hill Companies, Inc.