

Rancang Bangun dan Simulasi Pembebanan Statik pada Sasis Mobil Hemat Energi Kategori *Prototype*

^{(1)*}Mario Sariski Dwi Ellianto, ⁽¹⁾Yusuf Eko Nurcahyo

⁽¹⁾Program Studi Teknologi Manufaktur, Universitas 17 Agustus 1945, Jl. Semolowaru No. 45, Surabaya

*Email: mariosariski@untag-sby.ac.id

Diterima: 02.11.2020 Disetujui: 17.11.2020 Diterbitkan: 30.11.2020

ABSTRACT

The manufacture of a prototype energy-efficient car with an electric motor drive is based on research with the initial stages of making a vehicle frame. Chassis is a significant and vital component in a vehicle. The chassis functions support the engine, driver, body, and a place to place various vehicle supporting components. This study aims to design an energy-efficient car vehicle chassis based on the Energy Saving Car Competition (KMHE) regulations in the prototype category. The research was conducted by simulating static loading on the vehicle chassis' design to obtain a safe limit for the chassis construction. The static load test range is with driver load ranging from 50 kg to 90 kg. Static load testing uses the stress analysis feature, which is equipped with the finite element analysis (FEA) method. The results are obtained in the form of von mises stress, displacement, and safety factor. The resulting chassis is 2,800 mm long, 400 mm wide, and 550 mm high. The simulation result shows that the highest von misses stress occurs in the front wheel mount frame, which is 52.48 MPa. The most massive maximum displacement in the middle frame to support the driver's seat is 0.477 mm, and the smallest is in the energy-efficient car driving frame. The minimum safety factor obtained is 5.24, located on the front wheel support frame, and a maximum of 15 located on the car's front frame. Based on the static load analysis results, it can be concluded that the energy-efficient car chassis design is safe.

Keywords: energy efficient car, chassis, static load, von mises stress, displacement, safety factor

ABSTRAK

Pembuatan mobil hemat energi kategori prototipe dengan penggerak motor listrik merupakan dasar penelitian dengan tahapan awal pembuatan rangka kendaraan. Sasis merupakan komponen utama dan penting dalam sebuah kendaraan. Sasis berfungsi untuk menopang mesin, pengemudi, *body*, dan tempat meletakkan berbagai komponen pendukung kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sasis kendaraan mobil hemat energi berdasarkan regulasi untuk Kompetisi Mobil Hemat Energi (KMHE) kategori prototipe. Penelitian dilakukan dengan membuat simulasi pembebanan statik pada desain sasis kendaraan untuk mendapatkan batasan aman konstruksi sasis. Varisi pengujian beban statis adalah dengan beban pengemudi mulai dari 50 kg hingga 90 kg. Pengujian beban statis menggunakan fitur *stress analysis* yang dilengkapi dengan metode *finite element analysis* (FEA). Hasil yang didapatkan berupa *von mises stress*, *displacement*, dan *safety factor*. Sasis hasil rancangan mempunyai ukuran panjang 2.800 mm, lebar 400 mm, dan tinggi 550 mm. Hasil simulasi menunjukkan besar tegangan *von misses stress* tertinggi terjadi di rangka dudukan roda depan, yaitu sebesar 52,48 MPa. *Displacement* maksimum terbesar pada rangka tengah penyangga tempat duduk pengemudi sebesar 0,477 mm dan terkecil pada rangka dudukan penggerak mobil hemat energi. *Safety factor* minimum sebesar 5,24 terletak pada rangka penyangga roda depan dan *safety factor* maksimum sebesar 15 terletak pada rangka depan mobil. Berdasarkan hasil analisis beban statis dapat disimpulkan bahwa desain sasis mobil hemat energi yang dirancang tersebut aman.

Kata kunci: mobil hemat energi, sasis, beban statik, *von mises stress*, *displacement*, *safety factor*

I. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan ekonomi dan pertumbuhan jumlah penduduk suatu negara, maka tingkat kepemilikan kendaraan bermotor per penduduk juga akan meningkat lebih cepat terutama pada negara berkembang. Kendaraan bermotor tersebut meliputi mobil dan sepeda motor. Data dari Badan Pusat Statistik tahun 2019, mencatat bahwa jumlah kendaraan bermotor telah mencapai 146.858.759 unit (BPS, 2014). Jumlah kendaraan bermotor yang selalu bertambah setiap tahunnya akan memperparah pencemaran udara di Indonesia. Emisi transportasi menjadi salah satu penyalur polusi terbesar di Indonesia (Kresnanto, 2019). Salah satu yang mempengaruhi emisi kendaraan terutama motor adalah penggunaan oli motor (Herlina, Marsudi, Rendi, & Syarif, 2018).

Semakin bertambahnya jumlah kendaraan bermotor akan mengakibatkan persediaan bahan bakar sebagai sumber energi semakin menipis. Sementara kebutuhan bahan bakar semakin meningkat. Mencari solusi terbaik dalam mengatasi permasalahan tersebut, diantaranya adalah dengan melakukan penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar, yaitu dengan membangun kendaraan masa depan yang memiliki desain khusus atau kendaraan roda empat pada umumnya (Kresnanto, 2019).

Saat ini sudah banyak dilakukan penelitian tentang pembuatan sasis mobil hemat energi kategori *prototype* dengan penggerak motor listrik. Rangka merupakan bagian yang tidak terpisahkan dan merupakan komponen yang penting dalam perancangan sebuah kendaraan. Semua beban yang ada, baik itu beban kendaraan, penumpang, dan mesin, semuanya diletakkan di atas rangka. Sasis merupakan *part* terpenting untuk stabilitas dan keseimbangan dari sebuah kendaraan. Rancangan sasis kendaraan mobil hemat energi berdasarkan regulasi pada Kompetisi Mobil Hemat Energi (KMHE) kategori *prototype* (Badrawada, Purwanto, & Firlanda, 2019). Selain itu, penelitian lainnya adalah mensimulasikan pembebanan statik pada desain sasis kendaraan, sehingga diketahui batasan aman dari sasis yang dirancang (Laka, Nazaruddin, & Syafri, 2018).

Prototype adalah kendaraan masa depan dengan desain khusus yang memaksimalkan

efisiensi dengan berbagai macam kelas mesin penggerak. Parameter-parameter yang harus diuji untuk upaya penghematan konsumsi energi pada mobil *prototype* antara lain: sasis, bentuk *body* mobil, serta mesin penggerak. Sasis yang dipilih adalah sasis yang kuat dan ringan untuk mobil hemat energi kategori *prototype*. Pengujian yang dilakukan adalah simulasi pembebanan statik. Pengujian ini menggunakan salah satu perangkat lunak desain yaitu *Autodesk Inventor* yang fungsinya untuk mengukur kemampuan sasis sehingga nantinya didapatkan batasan aman bagi penumpang untuk menghindari hal yang tidak diinginkan (Hendrawan, Purboputro, Saputro, & Setiyadi, 2018).

Sasis pada mobil merupakan komponen utama dimana sasis berfungsi untuk menopang mesin, *body*, sistem suspensi, sistem kelistrikan dan *driver*. Sasis atau rangka adalah tempat melekatnya semua komponen yang ada pada kendaraan (Isworo, Ghofur, Cahyono, & Riadi, 2019). Sasis yang digunakan pada kendaraan harus kuat, ringan, kokoh dan tahan terhadap guncangan yang diterima dari situasi jalan. Sasis memiliki beberapa jenis yaitu *ladder frame*, *tubular space frame*, *aluminium space frame*, *backbone chassis*, dan *monocoque* (Fadila, 2013) (Hidayat, Nazaruddin, & Syafri, 2017).

Sasis merupakan komponen yang paling penting. Oleh karena itu, harus kuat dan kokoh untuk menopang beban dari *driver*, mesin dan kelengkapannya. Selain itu, sasis juga harus ringan agar tidak membebani kerja mesin dan mampu melalui berbagai tantangan dalam kompetisi. Melihat fungsinya, maka perlu diketahui distribusi tegangan statik dan tegangan maksimum yang terjadi pada setiap pembebanan dengan cara melakukan analisis menggunakan *software autodesk inventor* (Budarma, Dantes, & Widyana, 2016) (Sofyan, Glusevic, Zulfikar, & Umroh, 2019).

Autodesk Inventor merupakan sebuah program CAD dengan kemampuan pembuatan sketsa 2 dimensi produk, pemodelan 3 dimensi untuk pembuatan objek *prototype* 3 dimensi secara visual, simulasi dan *drafting* beserta dokumentasi data. *Autodesk Inventor* merupakan perangkat lunak CAD mekanik desain untuk membuat *prototype* digital 3 dimensi yang digunakan dalam desain, visualisasi dan simulasi produk (Setyono, Mrihrenaningtyas, & Hamid, 2016)

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang sasis kendaraan mobil hemat energi pada kategori *prototype* dengan simulasi pembebanan statis. Pada analisis pembebanan statis dapat diperoleh data distribusi tegangan pada *von mises stress*, *displacement* dan *factor of safety*. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi para peneliti sebagai rujukan dalam merancang dan melakukan penelitian dalam desain sasis mobil hemat energi.

II. Bahan dan Metode

2.1. Sket Sasis

Penelitian ini terlebih dahulu dimulai dengan membuat gambar sket sasis mobil hemat energi. Proses desain dilakukan dengan menggunakan gambar manual (sket). Jenis sasis yang dipilih yaitu *ladder frame* yaitu rangka yang digunakan mampu menerima beban. Sasis jenis *ladder frame* memiliki desain sederhana menyerupai tangga.

2.2. Desain Sasis

Setelah desain sket selesai, selanjutnya membuat desain dengan computer. Pembuatan desain sasis 2D dan 3D bertujuan untuk memberikan penjelasan detail pada desain sasis. Desain sasis 2D dan 3D dibuat menggunakan *Software Inventor*. Setelah dibuat desain, kemudian menganalisisnya agar dipatikan gambaran kekuatan struktur rangka sasis. Material yang digunakan menyesuaikan material yang terdapat di pasaran, yaitu aluminium paduan 6061. Material yang digunakan sangat ringan dengan tidak mengesampingkan faktor kekuatan dan keamanan sasis (Laka, Nazaruddin, & Syafri, 2018).

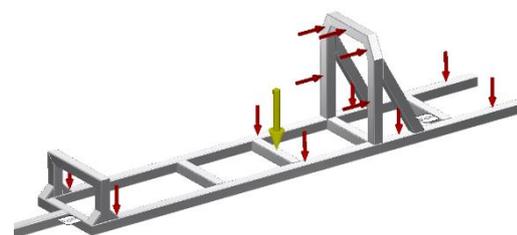
Struktur rangka ditopang oleh dua batang utama dan diperkuat oleh 13 batang penumpu. Batang utama mendapatkan distribusi gaya dari komponen dan gaya reaksi yang terjadi. Dimensi yang digunakan disesuaikan dengan dimensi dari desain bodi kendaraan dan regulasi Kompetisi Mobil Hemat Energi (KMHE). Dari sket manual dan gambar 2 dimensi, maka didapatkan dimensi keseluruhan rangka yaitu ukuran panjang 2.800 mm, lebar 400 mm, dan tinggi 550 mm. Ukuran profil batang adalah 50x50x3 mm.

2.3. Simulasi Desain Sasis

Simulasi desain sasis bertujuan untuk mengetahui besar distribusi tegangan *von mises stress*, *displacement* dan *factor of safety*. Simulasi desain sasis menggunakan *Software Inventor* agar lebih cepat dan efisien untuk mencari, menghitung atau menentukan tegangan pada sebuah objek. Proses simulasi tegangan pada objek sasis dimulai dengan membuat sebuah model/*part* yang akan dianalisa, memilih material untuk model/*part*, mengatur kekasaran/kehalusan *mesh*, memberi beban (*load*) berupa gaya (*force*), memberi tumpuan (*constraint*) berupa *fixed constraint*, menjalankan analisa tegangan dan memvisualisasi hasil dan animasinya (Abidin & Rama, 2015).

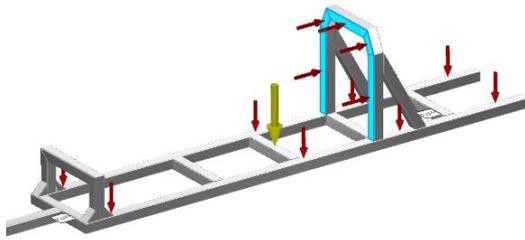
2.4. Pembebanan pada Rangka

Pada analisis pembebanan gaya gravitasi, pembebanan yang diberikan kepada struktur rangka sasis salah satunya adalah beban gaya gravitasi. Pemberian beban gaya gravitasi berfungsi untuk menentukan titik berat pada rangka. Nilai yang digunakan adalah 9.810 mm/s^2 . Pada Gambar 1, terlihat gaya gravitasi yang terjadi pada struktur rangka sasis dan arah gaya yang diterima oleh struktur rangka sasis.



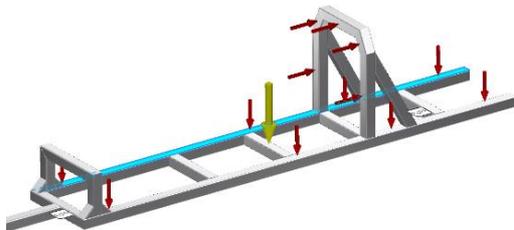
Gambar 1. Arah gaya yang diterima struktur rangka sasis

Pada analisis *roll bar* pengemudi, bagian *roll bar* pengemudi diasumsikan dapat menahan beban sebesar 700 N dan mampu menahan beban statik pada arah horizontal. Bagian ini terdiri dari 5 batang penumpu. Warna biru muda pada Gambar 2 menunjukkan gaya yang terjadi pada *roll bar* dan beban yang diterima oleh *roll bar* pengemudi.



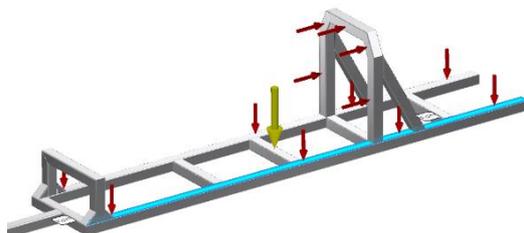
Gambar 2. Beban yang diterima roll bar pengemudi

Pada analisis dudukan roda depan kanan, yaitu bagian dudukan roda depan diasumsikan dapat menahan beban sebesar 150 N dan mampu menahan beban statik pada arah vertikal. Bagian ini terdiri dari 3 batang penumpu. Warna biru muda pada Gambar 3, terlihat gaya yang terjadi pada dudukan roda depan kanan dan beban yang diterima oleh dudukan roda depan kanan.



Gambar 3. Beban yang diterima dudukan roda depan kanan

Pada analisis dudukan roda depan kiri, yaitu bagian dudukan roda depan diasumsikan dapat menahan beban sebesar 150 N dan mampu menahan beban statik pada arah vertikal. Bagian ini terdiri dari 3 batang penumpu. Warna biru muda pada Gambar 4, terlihat gaya yang terjadi pada dudukan roda depan kiri dan beban yang diterima oleh dudukan roda depan kiri.



Gambar 4. Beban yang diterima dudukan roda depan kiri

Selain itu, pembebanan juga diberikan pada titik dudukan badan kanan, dudukan badan kiri, dudukan mesin kanan, dudukan

mesin kiri, dudukan roda belakang kanan dan dudukan roda belakang kiri.

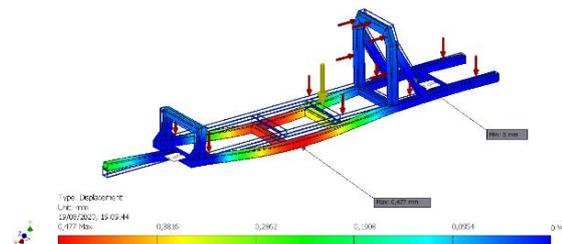
III. Hasil dan Pembahasan

Pada sasis dilakukan analisis *von mises stress* untuk tegangan maksimal sebesar 52,48 MPa. Tegangan paling tinggi terdapat pada penyangga dudukan roda depan, sedangkan tegangan minimum terdapat pada rangka penyangga sensor sebesar 0 Mpa. Hasil simulasi distribusi tegangan *von mises stress* dapat dilihat pada Gambar 5.



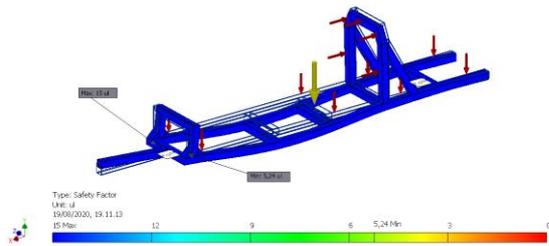
Gambar 5. Von Mises Stress

Simulasi selanjutnya adalah analisis *displacement* yang terjadi akibat beban yang terdapat pada rangka. Pada Gambar 6 terlihat dimana bidang yang warna biru merupakan *displacement* minimum, sedangkan bidang warna merah merupakan *displacement* maksimum. Jika dilihat dari hasil analisis beban yang berada pada dudukan pengemudi, terlihat hasil *displacement* maksimum yaitu sebesar 0,477 mm pada warna merah dan *displacement* minimum sebesar 0 mm yang ditunjukkan dengan warna biru.



Gambar 6. Displacement

Simulasi selanjutnya pada struktur rangka atau sasis adalah angka keamanan (*safety factor*). Pada Gambar 7, terlihat *safety factor* maksimal sebesar 15 yang terjadi pada bagian batang penghubung depan. Hal ini terjadi karena bagian tersebut hampir tidak terdistribusi oleh tegangan secara langsung. Sedangkan angka keamanan minimal terdapat pada bagian penyangga dudukan roda depan yaitu sebesar 5,24.



Gambar 7. Safety Factor

IV. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil perancangan rangka menggunakan *software* didapatkan gambar teknik rangka kendaraan dengan dimensi rangka panjang 2.800 mm, lebar 400 mm dan tinggi 550 mm. Rangka kendaraan dilengkapi *roll bar* yang memanjang di sekitar helm pengemudi. Rangka menggunakan material aluminium paduan 6061.
2. Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan dengan beban maksimal 1.200 N maka didapatkan nilai *von misses stress* dengan tingkat stress tertinggi sebesar 52,48 MPa. Nilai tersebut masih dalam batas aman karena pada hasil simulasi indikasi warna merah hampir tidak tampak serta nilainya menunjukkan kurang dari *yield strength* material sebesar 275 MPa.
3. Berdasarkan hasil analisa beban maksimal sebesar 1.200 N menunjukkan hasil *displacement* maksimum sebesar 0,477 mm yang terletak pada area dekat pengemudi. Nilai ini masih dapat dikategorikan dalam nilai yang kecil, sehingga tidak terlalu berpengaruh pada kekuatan rangka.
4. Berdasarkan hasil analisa faktor keamanan (*safety factor*) didapatkan nilai sebesar 15. Nilai ini masih dinyatakan aman karena memiliki *safety factor* lebih besar dari 1.
5. Dari keseluruhan hasil analisis menunjukkan bahwa desain sasis kendaraan mobil masih dalam kategori batas aman, maka dapat dikatakan aman dan dapat dilanjutkan pada proses pembuatan rangka.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang telah membiayai penelitian ini melalui skema Penelitian Dana Perguruan Tinggi pelaksanaan tahun 2020.

Daftar Pustaka

- Abidin, Z., & Rama, B. R. (2015). Analisa Distribusi Tegangan dan Defleksi Connecting Rod Sepeda Motor 100 CC Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 15(1), 30-39.
- Badrawada, I. G., Purwanto, A., & Firlanda, E. R. (2019). Analisa Aerodinamika Bodi Kendaraan Mataram Proto Diesel dengan ANSYS 15.0. *Jurnal Engine: Energi, Material, dan Manufaktur*, 3(1), 8-14. doi:10.30588/jeemm.v3i1.481
- BPS. (2014). *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis, 1949-2018*. Retrieved Juni 04, 2020, from Badan Pusat Statistik: <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>
- Budarma, K., Dantes, K. R., & Widyana, G. (2016). Analisis Komparatif Tegangan Statik pada Frame Ganesha Electric Vehicles 1.0 Generasi 1 Berbasis Continuous Variable Transmission (CVT) Berbantuan Software ANSYS 14.5. *Jurnal Jurusan Pendidikan Teknik Mesin (JJPTM)*, 4(1). doi:10.23887/jjtm.v4i1.8043
- Fadila, A. (2013). *Analisis Simulasi Struktur Chassis Mobil Mesin USU Berbahan Besi Struktur Terhadap Beban Statik dengan Menggunakan Perangkat Lunak ANSYS 14.5*. Medan: Skripsi Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara.
- Hendrawan, M. A., Purboputro, P. I., Saputro, M. A., & Setiyadi, W. (2018). Perancangan Chassis Mobil Listrik Prototype "Ababil" dan Simulasi Pembebanan Statik dengan Menggunakan Solidworks Premium 2016. *The 7th University Research Colloquium 2018 STIKES PKU Muhammadiyah Surakarta*, 96-105.
- Herlina, F., Marsudi, M., Rendi, R., & Syarif, M. (2018). Pengaruh Berbagai Merek Oli terhadap Temperatur Mesin Honda Scoopy dan Emisi Gas Buang. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 2(2), 31-35. doi:10.30588/jeemm.v2i2.422

- Hidayat, T., Nazaruddin, N., & Syafri, S. (2017). Perancangan dan Analisis Statik Chassis Kendaraan Shell Eco Marathon Tipe Urban Concept. *Jom FTEKNIK*, 4(2), 1-6.
- Isworo, H., Ghofur, A., Cahyono, G. R., & Riadi, J. (2019). Analisis Displacement pada Chassis Mobil Listrik Wasaka. *Elemen: Jurnal Teknik Mesin*, 6(2), 94-104. doi:10.34128/je.v6i2.103
- Kresnanto, N. C. (2019). Model Pertumbuhan Sepeda Motor Berdasarkan Produk Domestik Regional Bruto (PRDB) Perkapita (Studi Kasus Pulau Jawa). *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 25(1), 107-114. doi:10.14710/mkts.v25i1.18585
- Laka, O., Nazaruddin, N., & Syafri, S. (2018). Perancangan dan Analisis Statik Sistem Rangka Mobil Hemat Energi "Asykar Hybrid Universitas Riau". *Jom FTEKNIK*, 5(2), 1-6.
- Setyono, B., Mrihrenaningtyas, M., & Hamid, A. (2016). Perancangan dan Analisis Kekuatan Frame Sepeda Hibrid "Trisona" Menggunakan Software Autodesk Inventor. *Jurnal IPTEK: Media Komunikasi Teknologi*, 20(2), 37-46. doi:10.31284/j.ipitek.2016.v20i2.43
- Sofyan, A., Glusevic, J., Zulfikar, A. J., & Umroh, B. (2019). Analisis Kekuatan Struktur Rangka Mesin Pengering Bawang Menggunakan Perangkat Lunak ANSYS APDL 15.0. *Journal of Mechanical Engineering Manufactures Materials and Energy (JMEMME)*, 3(1), 20-28. doi:10.31289/jmemme.v3i1.2417