

Desain dan Analisis Kekuatan Chassis Kendaraan Ramah Lingkungan Mobil Hybrid “Bed 18” Sumber Energi Udara Bertekanan dan Listrik

Bambang Setyono¹, Ardi Noerpamoengkas², Sofyan Hadi³

Jurusan Teknik Mesin, FTI Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya^{1,2,3}

e-mail: bambang@itats.ac.id

ABSTRACT

Chassis or frame is the most important part of the construction of a vehicle, because all loads are resting on the chassis. Accuracy in designing a vehicle chassis is important to ensure safety and security. This study aims to design the power of hybrid car chassis with a variety of load variations up to the maximum load that is able to withstand. This study uses a simulation method with chassis, material and chassis design input. Output in the form of the distribution of the 1st principle stress, displacement and safety factor. The results showed that the load (kg) / minimum safety factor: 60 / 3.7; 70 / 3.6; 80 / 3.5; 90 / 3.3; 460 / 1.26; 650 / 0.94. The simulation shows that the chassis of the car will break if loaded with 650 kg or more. At a total load of 60-90 kg the chassis is still safe because the minimum safety factor is in the range 3.3 - 3.7 displacement between 0.3951 - 0.4519 mm and the 1st principle stress between 64.1155 - 73.0857 MPa.

Keyword: *chassis, hybrid vehicle, principle stress, displacement, safety factor*

ABSTRAK

Chassis atau rangka merupakan bagian terpenting dari konstruksi suatu kendaraan, karena semua beban bertumpu pada chassis. Ketepatan dalam perancangan chassis kendaraan merupakan hal penting untuk menjamin keselamatan dan keamanan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang kekuatan chassis mobil hibrid dengan berbagai variasi beban hingga batas maksimal beban yang mampu ditahan. Penelitian ini menggunakan metode simulasi dengan input desain chassis, material dan ukuran chasis. Out put berupa distribusi tegangan utama, displacemet dan angka keamanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beban (kg)/angka keamanan minimal: 60/3,7 ; 70/3,6 ; 80/3,5 ; 90/3,3 ; 460/1,26 ; 650/0,94. Dari simulasi menunjukkan bahwa chassis mobil akan patah apabila dibebani 650 kg atau lebih. Pada beban total 60-90 kg chassis masih aman karena angka keamanan minimal masih berkisar antara 3,3 – 3,7 displacement antara 0,3951 – 0,4519 mm dan tegangan utama antara 64,1155 – 73,0857 MPa.

Kata kunci: chassis, mobil hibrid, tegangan utama, displacement, angka keamanan

PENDAHULUAN

Kendaraan masa depan adalah kendaraan yang ramah lingkungan, memiliki sistem cerdas. Salah satu kendaraan masa depan adalah kendaraan yang menggunakan teknologi hibrid. Mobil hibrid adalah mobil yang menggunakan lebih dari satu sumber energi. Sumber energi yang digunakan umumnya kombinasi dari bensin-listrik, solar-listrik, dan akhir-akhir ini mulai dikembangkan kombinasi energi angin-listrik. Berbagai keuntungan dari mobil hibrid dibandingkan dengan konvensional antara-lain lebih rendah polusi polutan, polusi suara, lebih murah biaya operasional, dan masih banyak lagi keuntungan lainnya.

Chassis atau rangka merupakan salah komponen utama dari suatu konstruksi kendaraan. Hal ini dikarenakan semua beban ditumpu oleh chassis. Oleh karena desain dan analisis kekuatan yang tepat saat perancangan chassis menjadi sesuatu yang sangat penting bagi kekuatan, keamanan dan kenyamanan kendaraan.

Studi perancangan dan analisis chassis kendaraan saat ini telah banyak mengalami kemajuan. Perancangan dengan metode perhitungan langsung sudah mulai ditinggalkan karena metode ini rumit, membutuhkan waktu lama dan tingkat ketepatan hasil relatif kurang. Seiring

dengan perkembangan teknologi digital maka metode perhitungan konvensional mulai digantikan dengan metode simulasi. Metode ini mempunyai banyak keuntungan dibanding dengan cara konvensional yaitu metode simulasi lebih cepat, lebih akurat dan sangat fleksibel dalam perubahan input.

Penelitian ini bertujuan membuat desain dan analisis chassis mobil hibrid BED 18 dengan menggunakan metode simulasi software solidwork 2015 Pro Eng. Output dari simulasi adalah distribusi tegangan utama, displacement dan angka keamanan disetiap titik chassis.

TINJAUAN PUSTAKA

Kemajuan teknologi sangat membantu dalam melakukan perancangan maupun analisis kekuatan chassis dengan sangat akurat dan cepat. Rohan Y Garud et.al [1] membuat model chassis menggunakan CATIA dan menganalisisnya menggunakan metode simulasi ANSYS WORKBENCH. Hasilnya berupa displacement, tegangan, dan regangan akibat dari pembebanan pada struktur chassis. Analisis kekuatan chassis dengan pendekatan metode agak klasik dilakukan oleh Ramesh kumar et.al [2] yaitu menggunakan finite element metode (FEM) yang dilanjutkan simulasi ANSYS. Simulasi statis juga dapat menggunakan Autodesk Inventor [3].

Studi kekuatan chassis truck dengan perbandingan dua buah material yaitu mild steel dan alloy steel dilakukan oleh Ansari Mohd Abuzar Mohd Naeem et.al [4] dengan menggunakan autocad & CATIA v5 software yang diimport ke ANSYS. Hasil analisis menyatakan bahwa material mild steel lebih bagus dari pada alloy steel. Riyan Ariyansah [5] membuat konsep perancangan chassis bus hibrid scania menggunakan urlih & eppinger. Kemudian menggambar desain chassis menggunakan Software ProEngineering, Yaitu CAD (Computer-Aided Design) dan CAE (Computer-Aided Engineering). Studi kekuatan chassis berbahan polimer komposit untuk kendaraan berat dilakukan oleh Vijayan SN et.al [6]. Model chassis dilengkapi dengan sejumlah batang melintang untuk lebih menambah kekuatan. Analisis kekuatan chassis untuk kendaraan berat yaitu pick-up truk juga dilakukan oleh P. Bhowmick [7]. Pemodelan menggunakan CATIA kemudian diimport ke ANSYS.

Analisis chassis truck model ladder chassis dilakukan oleh Madhu Ps et.al [8]. Metode yang digunakan simulasi pro-E dengan asumsi chassis beban statis. K. Someswara Rao et.al [9] menguji 3 material ladder chassis untuk truck yaitu ASTM 1 710 Steel, AA6063-T6, AA7075. Dari ketiga material lebih disarankan menggunakan aluminium AA7075 karena lebih ringan. Desain chassis mobil listrik dengan penampang bulat dilakukan oleh Nanang Ali Sutisna [10] menggunakan analisis FEM dilanjut ke metode simulasi ANSYS. Analisis statik model chassis kendaraan shell eco marathon tipe urban concept dilakukan Taufik hidayat et.al [11] bahan aluminium penampang hollow ukuran 25x25 mm. Perancangan chassis untuk kendaraan hemat energi tipe prototype listrik juga dilakukan oleh Bambang Setyono et.al [12] chassis model ladder, material aluminium penampang hollow. Arya Yudistira Dwinanto et.al [13] mengevaluasi berapa chassis mobil listrik KMHE tipe prototype untuk untuk efisiensi bahan bakar.

METODE

Penelitian menggunakan metode simulasi. Perancangan desain chassis melalui CAD. Untuk analisis kekuatan hasil rancangan CAD diimport ke Software Solidworks 2015 dengan metode Finite Element Analysis (FEA). Berikut langkah-langkan metode penelitian:

1) Kajian Pustaka

Kajian pustaka dilakukan dengan cara mencari dan mempelajari referensi teks, jurnal, paper, serta literatur lain yang terkait dengan penelitian.

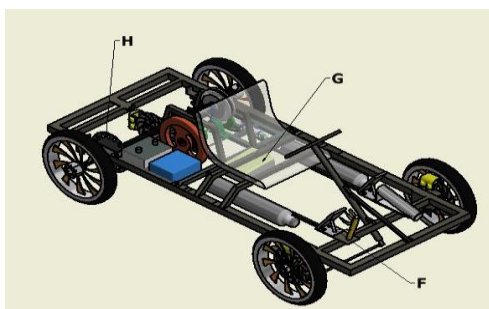
2) Pengumpulan Data

Data berupa material dan ukuran penampang chassis, distribusi beban dan besar beban. Beban dibuat bervariasi : 60 kg, 70 kg, 80 kg, 90 kg dan beban maksimal hingga chassis rusak.

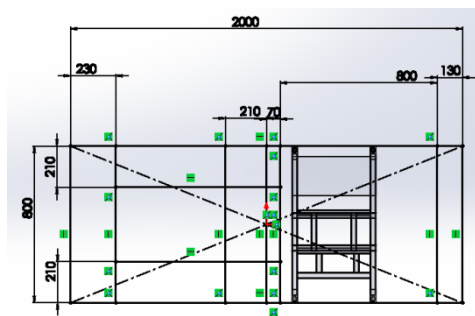
- 3) Pemodelan Desain Mobil dan Chassis
Desain mobil dan chassis menggunakan CAD agar diimport ke software solidworks.
- 4) Simulasi dan Analisis Desain Chassis
Simulasi desain dan analisis chassis menggunakan Software Solidworks 2015 dengan metode Finite Element Analysis (FEA).
- 5) Analisis Hasil Simulasi
Keluaran dari simulasi berupa distribusi tegangan utama, displacement dan safety factor di setiap posisi. Kondisi luaran ini menjadi acuan analisis kekuatan dan keamanan chassis.
- 6) Kesimpulan
Setelah analisa dilakukan, menghasilkan kesimpulan dan saran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan dan dimensi ukuran mobil hibrid BED 18 disajikan pada gambar 1 dan 2 di bawah ini.



Gambar 1 Desain mobil hibrid BED 18



Gambar 2 Dimensi desain chassis

1. Pra-Proses Analisa

Beberapa prosedur simulasi yang dilakukan dalam pra-proses analisa struktur adalah :

- a) Melakukan penyederhanaan pada model rangka, yaitu dengan melakukan pemodelan pada beberapa part yang *di-assemble* menjadi satu bagian.
- b) Melakukan verifikasi material terhadap setiap part pada model chassis mobil listrik yang telah dibuat. Bahan chassis baja ASTM 36 *hollow*, ukuran 40 x 40 x 2 mm dan 30 x 30 x 2 untuk rangka utama dan 15 x 15 x 2 mm untuk penunjang rangka, Elektroda, Mata gerinda potong, Mata gerinda perata, Plat besi dll.
- c) Menentukan *Fixture Advisor* atau tumpuan rangka,
- d) Menentukan beban hasil perhitungan, yaitu Massa pengemudi yang digunakan adalah massa pengemudi dengan variasi beban sebesar 60 Kg, 70 kg, 80 Kg, 90 Kg dan Maksimal dan asumsi gaya gravitasi 10 m/s². Massa tabung yang digunakan adalah massa tabung dengan isi penuh, yaitu 6,5 Kg X 2 Tabung. Jadi total beban tabung adalah 13 Kg dan asumsi gravitasi 10 m/s². Sehingga gaya berat tabung dalam satuan Newton Adalah 130 N. Massa motor listrik yang menjadi penggerak kedua dari mobil ini adalah 10 Kg, dengan asumsi gravitasi 10 m/s² sehingga gaya berat motor listrik dalam satuan Newton adalah 100 N. Massa Baterai yang digunakan sebagai sumber energi motor listrik adalah sebesar 9 Kg, dengan asumsi gaya gravitasi 10 m/s² sehingga gaya berat baterai dalam satuan Newton adalah 90 N. Massa system penggerak pneumatic yang terdiri dari pneumatic silinder, yoke, dan balancer adalah 22 Kg, dengan asumsi gaya gravitasi 10 m/s² gaya berat system pneumatic dalam satuan newton adalah 220 N.

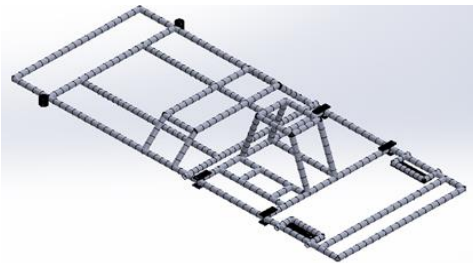
2. Proses Analisa

a) Create Mesh

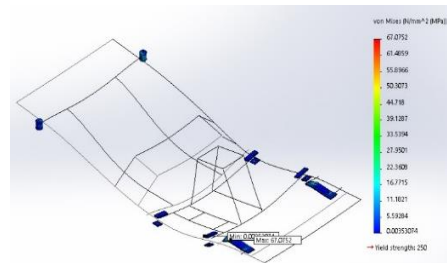
Meshing merupakan proses diskritisasi, yaitu proses pembagian suatu benda ke bentuk elemen-elemen yang berukuran kecil dengan tujuan memudahkan pengolahan. Oleh karena itu, hasil yang diperoleh bukan merupakan jawaban tepat, tetapi hanya suatu pendekatan terhadap jawaban tersebut. Semakin banyak proses *meshing* yang dihasilkan atau dengan kata lain semakin banyak segmen-segmen atau elemen-elemen kecil yang dihasilkan, maka akan semakin mendekati jawaban yang tepat.

b) Running Simulation

Proses running dilakukan setelah seluruh proses sebelum analisis dan *meshing* dilakukan. *Proses running* tersebut berjalan dengan pembacaan proses perhitungan dengan metode *Finite Element Analysis (FEA)*. Setelah di *running*, maka didapat hasil-hasil dari simulasi tersebut. Terdapat berbagai hasil yaitu berupa *Von Mises Stress*, *1st Principal Stress*, *3rd Principal Stress*, *Displacement*, dan *Safety Factor*. Apabila diminta, *Software* dapat menghasilkan *report* lengkap berupa file *ms.word* berisi hasil perhitungan dari simulasi tersebut.



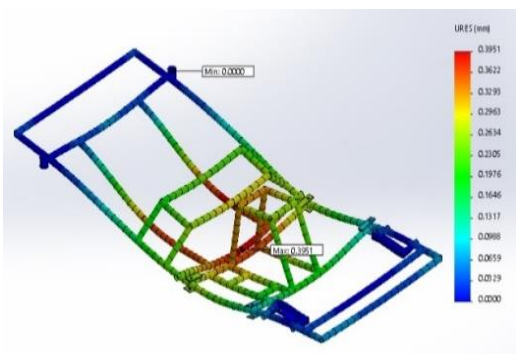
Gambar 3 Proses diskritisasi (*meshing*)



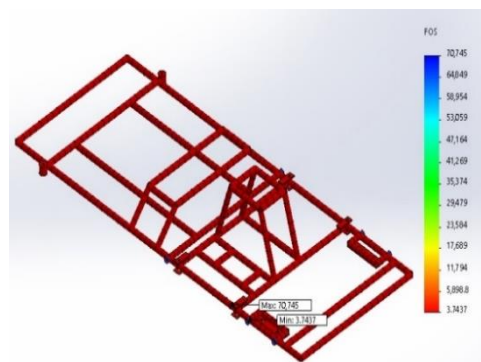
Gambar 4 *Von Mises*

3. Hasil Analisa Struktur

- Tegangan *equivalent maximum* pada metode *von-mises* dengan beban 60 Kg sebesar 64,1155 Mpa. Pada beban 70 Kg sebesar 67,0752 Mpa. Pada beban 80 Kg sebesar 73.0351 Mpa dan Pada beban 90 Kg sebesar 73.0847 Mpa. Semua terjadi dibagian tumpuan as roda belakang sebelah kiri.
- Displacement* atau *deformation* yang diakibatkan oleh beban yang bekerja pada struktur rangka pada beban 60 Kg sebesar 0.3951 mm. Pada beban 70 Kg sebesar 0.4139 mm. Pada beban 80 Kg 0.4326 mm, dan Pada beban 90 Kg sebesar 0.4519 mm. Semua menunjukkan bahwa *total deformation* terbesar ada pada rangka bagian tengah dibawah tempat duduk yang juga menjadi penyangga tabung oksigen.
- Angka keamanan yang diperoleh pada beban 60 Kg diperoleh angka keamanan 3,7, pada beban 70 Kg diperoleh angka keamanan 3,6, pada beban 80 Kg diperoleh angka keamanan 3, dan pada beban 90 Kg diperoleh angka keamanan 3. Semua terjadi pada tumpuan as roda belakang sebelah kiri. Maka dari itu desain rangka tersebut telah memenuhi nilai $n = 2,0$ hingga 3,0 untuk beban dinamis dan nilai $n = 3,0$ hingga 5,0 untuk beban kejutan untuk *Safety factor* berdasarkan jenis beban, sehingga rangka aman.

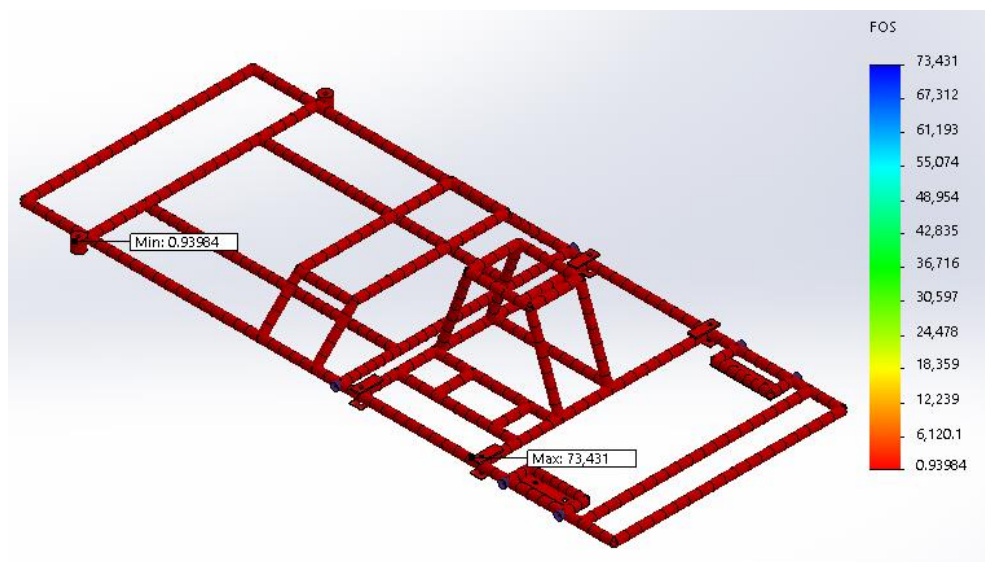


Gambar 5 Displacement



Gambar 6 Safety Factor

- d). Untuk mengetahui batas chassis mengalami patah maka pembebanan diperbesar hingga angka keamanan mencapai 1. Dari hasil simulasi diperoleh pada beban 460 kg *safety factor* (angka kewanan) mencapai 1,2562 ; pada beban 470 angka keamanan 1,2346. Walaupun masih diatas 1 namun sudah tidak direkomendasikan karena sangat riskan. Pada beban 650 tegangan utama maksimum mencapai 266,004 Mpa, displacement terbesar 1,7470 mm dan angka keamanan minimum 0,94 berada di tumpuan kiri depan. Hal ini menunjukkan bahwa pada beban 650 kg chassis mengalami rusak saat beban statis.



Gambar 7. Angka Keamanan pada Beban Maksimal 650 kg

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Analisis Simulasi Kekuatan Chassis

No	Beban Mobil (Kg)	Tegangan Utama Maks. (Mpa)	Displacement (mm)	Safety Factor minimum	Kondisi
1.	60	64,1155	0,3951	3,7	Aman
2.	70	67,0752	0,4139	3,6	Aman
3.	80	73,0351	0,4326	3,5	Aman
4.	90	73.0847	0,4519	3,3	Aman
5.	650	266,004	1,7470	0,94	Patah/rusak

KESIMPULAN

Penggunaan CAD dan software solidwork sangat membantu dalam proses desain dan analisis kekuatan chassis kendaraan. Proses desain dapat dilakukan dengan cepat, detail dan fleksibel terhadap perubahan bentuk dan dimensi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada beban 60 sampai 90 kg chassis masih aman tidak hanya saat beban dinamis bahkan untuk beban kejut, karena angka keamanan masih di atas 3, namun untuk beban di atas 400 kg sudah tidak disarankan karena angka keamanan berkisar 1,2. Pada beban 650 chassis akan mengalami rusak atau patah pada bagian tumpuan poros roda kiri depan karena angka keamanan hanya 0,94.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima-kasih yang sebesar-besarnya kepada Kementerian Ristek Dikti atas pemberian kesempatan dan membiayai penelitian ini melalui PTUPT tahun anggaran 2018. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Ketua dan seluruh anggota tim peneliti Mobil Hibrid BED 18 atas kerjasama yang baik selama ini serta terima-kasih kepada Rektor ITATS, Ketua Jurusan Teknik Mesin dan Kepala Laboratorium CNC yang telah memberi fasilitas dalam pengambilan data penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Y. Garud and A. Pandey, "Structural Analysis of Automotive Chassis, Design Modification and Optimization," *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 13, no. 11, pp. 9887–9892, 2018.
- [2] R. S. Kumar and D. N. V., "DESIGN AND ANALYSIS OF AUTOMOTIVE CHASSIS FRAME USING FINITE ELEMENT METHOD," *Int. J. Pure Appl. Math.*, vol. 118, no. 20, pp. 961–972, 2018.
- [3] A. Noerpamoengkas, M. Ulum, and A. Y. Ismail, "Orientation Effect on Statics and Natural Frequency of Cantilever Beam," *J. Mekanova Mek. Inov. dan Teknol.*, vol. 6, no. 1, p. 12, Jun. 2020.
- [4] A. Mohd *et al.*, "Chassis Design & Analysis," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, p. 2908, 2008.
- [5] R. Ariyansah, "MODIFIKASI DESAIN CHASIS KENDARAAN HYBRID PADA BUS SCANIA K360IB," *Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin*, vol. 7, no. 3, pp. 156–165, 2017.
- [6] S. N. Vijayan, S. Sendhilkumar, and K. M. Kiran Babu, "Design and analysis of automotive chassis considering cross-section And material," *Int. J. Curr. Res.*, vol. 7, no. 05, pp. 15697–15701, 2015.
- [7] P. Bhowmick, D. Malhotra, P. Agarwal, and K. Ravi, "Design and Analysis of a Pick-up truck chassis," *Int. J. Sci. Innov. Eng. Technol.*, vol. 1, 2017.
- [8] M. Ps and V. T. R., "Static Analysis, Design Modification and Modal Analysis of Structural Chassis Frame," *J. Eng. Res. Appl. www.ijera.com*, vol. 4, no. 5, pp. 6–10, 2012.

- 2014.
- [9] K. Someswara Rao, K. P. Kumar, B. S. Kumar, D. Suseel, R. H. Krishnan, and K. S. Rao, "Design and Analysis of Light Weighted Chassis," *Int. J. Mech. Eng. Technol.*, vol. 8, no. 5, pp. 96–103, 2017.
- [10] N. A. Sutisna and M. F. A. A. Akbar, "FEM Simulation of Electric Car Chassis Design with Torsional Bar Technology," *J. Mech. Eng. Mechatronics*, vol. 3, no. 2, p. 97, Jan. 2019.
- [11] T. Hidayat, N. Nazaruddin, and S. Syafri, "PERANCANGAN DAN ANALISIS STATIK CHASSIS KENDARAAN SHELL ECO MARATHON TIPE URBAN CONCEPT," *Jom FTEKNIK*, vol. 4, no. 2, pp. 1–6, Sep. 2017.
- [12] B. Setyono and S. Gunawan, "PERANCANGAN DAN ANALISIS CHASSIS MOBIL LISTRIK 'SEMUT ABANG' MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK INVENTOR PRO 2013," in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III*, 2015, pp. 69–78.
- [13] A. Yudistira Dwinanto and F. Burhanuddin Muhammad, "Analisa Perbandingan Karakteristik Bodi dan Chassis pada Prototype Kendaraan Listrik," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 101–105, Aug. 2015.

