

Analisa Struktur Sasis Kendaraan Mobil Listrik BAJA SAE Dengan Metode Elemen Hingga (MEH)

Agamas Hauqalah

Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, Jakarta
41418010019@student.mercubuana.ac.id

Abstrak— Saat ini, sudah tidak perlu lagi untuk membangun model pengujian untuk setiap kondisi yang akan di uji, cukup menggunakan program computer, lalu setelahnya hasil simulasi akan keluar dan kemudain dapat ditemukan hasil yang terbaik, maka barulah model akhir bisa dibuat. Pada penelitian kali ini, proses simulasi untuk menganalisa respon dari struktur sasis kendaraan kompetisi mobil BAJA SAE dengan menggunakan Metode Elemen Hingga. Kendaraan akan di uji dengan enam kondisi pengujian, yaitu Pengujian tabrak depan, tabrak belakang, tabrak samping kiri dan kanan, uji terguling, uji kekuatan torsional, dan uji tabrak setengah sisi depan. Setelah mendapat Equivalent stress maka akan digunakan untuk menentukan nilai Factor of Safety dari desain sasi. Dari hasil simulasi, didapatkan total deformasi sebagai berikut : tabrak depan (5.69 mm), tabrak belakang (3.66 mm), tabrak samping kiri dan kanan (8.09 mm Dan 8.06 mm) , uji terguling (5.34 mm), uji kekuatan torsional (23.53 mm), uji tabrak setengah sisi depan (1.78 mm). Didapatkan juga hasil equivalent stress sebagai berikut : tabrak depan (390.65 MPa), tabrak belakang (335.16 MPa), tabrak samping kiri dan kanan (452.68 MPa dan 434.21 MPa), uji terguling (239.66 MPa), uji kekuatan torsional (330.29 MPa), uji tabrak setengah sisi depan (259.83 MPa). Serta didapatkan juga nilai *Factor of Safety* sebagai berikut : tabrak depan (1.7), tabrak belakang (1.9), tabrak samping kiri dan kanan (1.4 dan 1.5), uji terguling (2.7), uji kekuatan torsional (2.0), dan uji tabrak setengah sisi depan (2.5). berdasarkan hasil tersebut bahwa sasis kendaraan kompetisi BAJA SAE tersebut diharapkan aman dan dapat digunakan pada perlombaan.

Kata Kunci— *Factor Keamanan; Finite Element Method; Kompetisi BAJA SAE; MSIB; Metode Elemen Hingga (MEH); Sasis Kendaraan; Uji Struktural;*

DOI: 10.22441/jitkom.v7i2.009

Article History:

Received: January 8, 2023

Revised: July 4, 2023

Accepted: July 8, 2023

Published: July 27, 2023

I. PENDAHULUAN

Sebagai salah satu pilar utama Industri 4.0, permodelan teknik merupakan bidang yang penting untuk dikuasai, bahkan menjadi dasar bagi pilar lain seperti manufaktur aditif, Internet of Things, kecerdasan buatan, dan sistem otonom. Laboratorium virtual yang disebut "Simulasi Rekayasa". Dengan bantuan simulasi teknik, pengembangan produk atau bahan penelitian dapat dipercepat dengan menyediakan akses ke laboratorium virtual untuk setiap kondisi percobaan [1].

Baja SAE Competition adalah kompetisi yang mensimulasikan proyek desain Teknik di dunia nyata di bidang kendaraan *off-road* [2]. Para Peserta ditantang untuk mengembangkan kendaraan *offroad* purwarupa yang mampu bertahan dari segala kondisi medan yang ekstrem dan menantang. Setiap tim memiliki tujuan utama untuk merancang dan membangun kendaraan olahraga satu kursi, segala medan, yang strukturnya berisi pengemudi tersebut

Untuk merancang mobil kompetisi yang baik, diperlukan perancangan dan simulasi yang baik. Untuk tahap simulasi, digunakan Metode Elemen Hingga (MEH) atau *Finite element analysis* (FEA). MEH adalah jenis komputasi numerik untuk memperkirakan solusi untuk suatu model matematika. Sangat penting untuk memodelkan masalah desain secara memadai, sehingga perkiraan solusi menjadi konvergen dengan

mendeskrinisasi struktur menjadi elemen elemen kecil yang saling terhubung. [3].

Terdapat tiga hal yang akan dilihat dari hasil simulasi, yaitu : total deformasi, Equivalent Stress-Von Mises, dan Factor Of Safety. Total deformasi adalah total renggangan yang terjadi pada suatu desain struktur. Tegangan ekuivalent Von Mises (*Equivalent Stress-Von Mises*) adalah nilai yang digunakan untuk menentukan apakah suatu bahan tertentu akan luluh atau patah (SIMSCALE, 2022) [4]. Nilai Ini sebagian besar digunakan untuk bahan yang ulet, seperti logam. Kriteria luluh von Mises menyatakan bahwa jika tegangan von Mises dari suatu bahan yang dibebani sama atau lebih besar dari batas luluh bahan yang sama di bawah tegangan sederhana, maka bahan tersebut akan luluh (Mihaila, Blanari, Goanta, & Barsanescu, 2022) [5]. Faktor keamanan didefinisikan sebagai rasio antara kuat leleh dan tegangan kerja bahan komponen. [6]

II. LITERATURE REVIEW

Penelitian tentang sasis kendaraan terutama sasis kendaraan mobil Kompetisi BAJA SAE sudah banyak dilakukan [7] [6] [8] [9] dan [10] dari penelitian tersebut, diketahui kondisi pengujian yang dapat merepresentasikan keadaan di dunia nyata serta seberapa besar gaya yang cukup untuk digunakan dalam pengujian. Pada penelitian yang dilakukan oleh shiva,

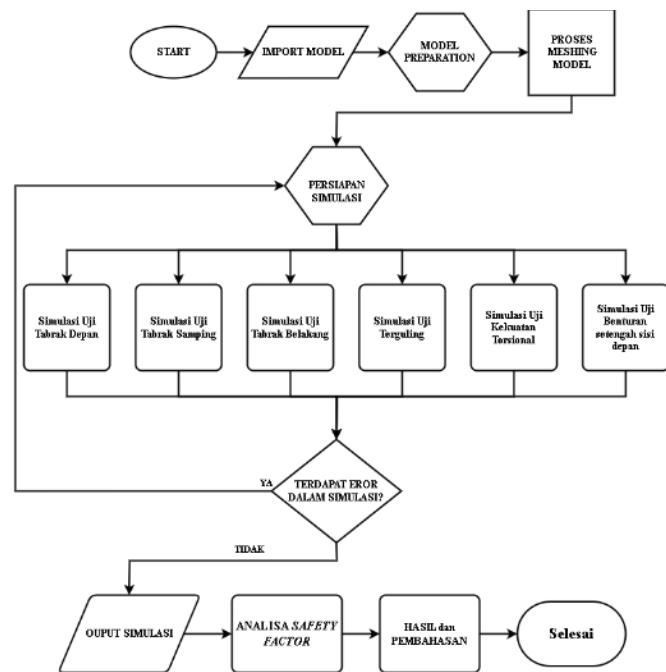
dkk [6] mobil baja harus dapat bertahan setidaknya dari pengujian tabrak depan, belakang, samping dan ketika kendaraan mengalami terguling.

Selain itu, penelitian ini juga harus mengikuti peraturan dari penyelenggara kompetisi [11]. Penyelenggara mensyaratkan penggunaan pipa yang setidaknya memiliki ketebalan 5mm dan memiliki material besi yang memiliki karakteristik bahan penyusun setidaknya 0,20% karbon atau material yang setara dengan besi 1020.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Deskripsi penelitian

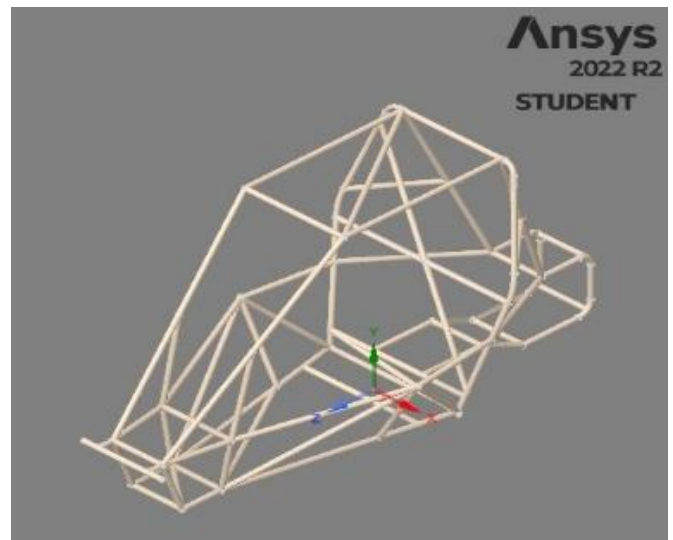
Penelitian dilaksanakan menggunakan metode experiment analisa simulasi menggunakan *Finite Element Method (FEM)* atau Metode Elemen Hingga yang membagi desain sasis mobil BAJA SAE menjadi banyak elemen yang kemudian akan disimulasikan dengan bantuan *software ANSYS 2022 R1 Student*. Penelitian dilaksanakan dari tanggal 16 Agustus 2022 s/d 31 Desember 2022. Model 3D sasis disediakan oleh klien untuk dilakukan simulasi. Gambar 3.1 Menunjukkan Diagram alir proses yang digunakan dalam penelitian.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

B. Model Rancangan Sasis Kendaraan

Dalam penelitian ini, menggunakan model yang telah didesain sebelumnya, seperti pada gambar 2. Material bahan yang akan digunakan adalah *Low Alloy Steel SAE 4140* dengan jenis *Circular beam* atau bentuk pipa tabung. Untuk memudahkan proses manufaktur dan simulasi, maka akan digunakan pipa dengan diameter luar 17,5 mm dan ketebalan 5 mm. Material ini memiliki *Yield Strength* (Kekuatan luluh) sebesar 652,2 MPa dan *Ultimate Tensile Stress* (Tegangan Tarik maksimum) sebesar 1015 MPa [7].

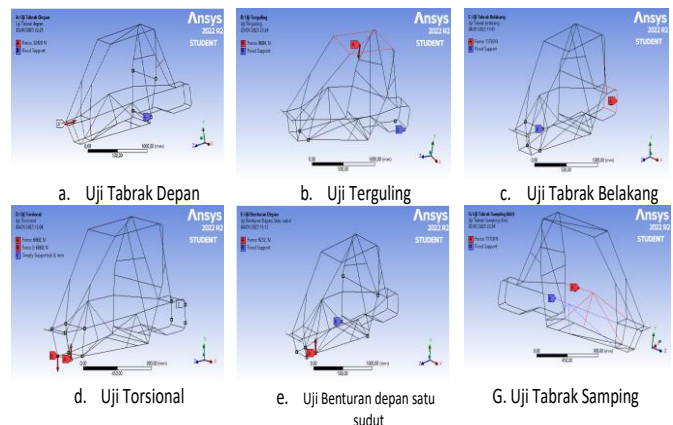


Gambar 2. Rancangan Model Sasis Kendaraan

Bobot dari sasis kendaraan sekitar 43 Kg. dengan bobot total kendaraan (termasuk Pengemudi sebesar 280 Kg, Hal ini membuat sasis rangka ini menjadi cukup ringan. Sekitar 15% dari total massa berat kendaraan.

C. Mesh, Load Point, dan Support point Sasis

Pengaturan Mesh dilakukan secara otomatis oleh aplikasi Ansys dengan ukuran mesh 20mm dan diberikan beban sebagai simulasi dari efek kondisi yang akan disimulasikan.



Gambar 3. Posisi Load Point dan Support Point dari struktur sasis

Setiap kondisi pengujian diberikan beban dengan tekanan *G-force* masing masing sebesar 12G (Uji Tabrak depan); 5G (Uji Tabrak samping dan belakang); 3,5 G (Uji Terguling); 2,5 G (Uji kekuatan Torsional); dan 3G (Benturan setengah sisi). *G-Force* kemudian dirubah menjadi gaya sederhana yang bekerja pada sistem dengan perhitungan (3.1)

- Uji Tabrak Depan

$$F = m \times a \quad (1)$$

$$F = 12(280 \times 9,8) \quad (2)$$

$$F = 12 \times 2744 = 32.928 N \quad (3)$$

- Uji Tabrak samping
 $F = 5(280 \times 9,8)$ (4)
 $F = 5 \times 2744 = 13.720 N$ (5)
- Uji Tabrak belakang
 $F = 5(280 \times 9,8)$ (6)
 $F = 5 \times 2744 = 13.720 N$ (7)
- Uji Terguling
 $F = 3,5(280 \times 9,8)$ (8)
 $F = 3,5 \times 2744 = 9.604 N$ (9)
- Uji Kekuatan Torsional
 $F = \pm 2,5(280 \times 9,8)$ (10)
 $F = \pm 2,5 \times 2744 = \pm 6860 N$ (11)
- Uji Benturan Setengah sisi
 $F = 3(280 \times 9,8)$ (12)
 $F = 3 \times 2744 = 8.232 N$ (13)

Lokasi penempatan load point dan support poin tertera pada gambar 3.

IV. HASIL DAN ANALISA

Tegangan ekuivalent Von Mises (*Equivalent Stress-Von Mises*) adalah nilai yang digunakan untuk menentukan apakah suatu bahan tertentu akan luluh atau patah (SIMSCALE, 2022) [4]. Nilai Ini sebagian besar digunakan untuk bahan yang ulet, seperti logam. Kriteria luluh von Mises menyatakan bahwa jika tegangan von Mises dari suatu bahan yang dibebani sama atau lebih besar dari batas luluh bahan yang sama di bawah tegangan sederhana, maka bahan tersebut akan luluh (Mihaila, Blanari, Goanta, & Barsanescu, 2022) [5].

Setelah melakukan simulasi, didapatkanlah hasil seperti pada table 1. Dengan penggunaan material low alloy steel SAE 4140 dengan Yield Strenght sebesar 652,2 MPa, desain sasis yang digunakan mampu bertahan pada area plastis material di segala kondisi pengujian. Dengan nilai tertinggi equivalen stress yaitu pada pengujia sisi kanan dan kiri pada 434,21 MPa dan 452,68 MPa, serta nilai terendah pada pengujian uji terguling dengan nilai equivalent stress sebesar 239,66 MPa.

Tabel 1. Hasil simulasi

Test	G-Force	Beban diberikan (N)	Total Deformasi (mm)	Equivalent Stress (MPa)	FoS
Depan	12 G	32.928	5,69	390,65	1,7
Side (kanan/kiri)	5 G	13.720	8,06/ 8,09	434,21/ 452,68	1,5/ 1,4
Belakang	5 G	13.720	3,66	335,16	1,9
Uji Terguling	3,5 G	9.604	5,34	239,66	2,7
Kekuatan Torsional	2,5 G	6.860	23,53	330,29	2,0
Benturan Setengah sisi	3 G	8.232	1,78	259,83	2,5

Factor of Safety (FoS) didefinisikan sebagai rasio antara kuat leleh (Yield Strenght) dan tegangan kerja bahan komponen sistem. *FoS* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$FoS = \frac{\sigma_u}{\sigma_{all}} \quad (14)$$

σ_u = kuat leleh (Yield Strenght) dari material struktur (MPa)

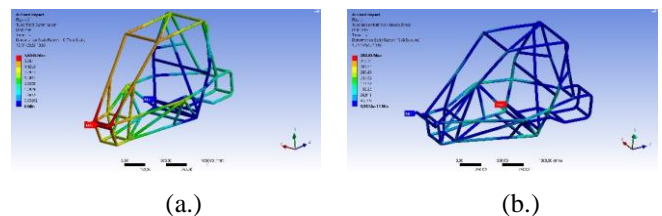
(σ_{all}) = tegangan yang bekerja pada struktur benda (MPa)

Nilai *FoS* yang aman untuk suatu struktur setidaknya harus memiliki nilai ≥ 1 [12]. Semakin tinggi nilai *FoS* , semakin baik, namun biasanya akan berbanding lurus dengan biaya produksi serta bobot keseluruhan sistem.

Nilai *Factor of Safety (FoS)* yang dihasilkan dari berbagai kondisi pengujian juga cukup tinggi. Dengan nilai tertinggi pada kondisi uji terguling, sebesar 2,7 poin dan nilai terendah pada kondisi uji tabrak samping dengan nilai 1,5 poin untuk sisi kanan dan 1,4 poin untuk sisi kiri. Semakin tinggi poin yang dimiliki maka semakin aman suatu desain struktur tersebut. Untuk detail dari setiap kondisi pengujian, dapat dilihat pada Analisa berikut ini.

A. Uji Tabrak Depan

Uji tabrak depan dilakukan untuk mensimulasikan keadaan ketika kendaraan menabrak sesuatu di depan atau ditabrak dari depan. Untuk mensimulasikan hal tersebut maka diberikan beban sebesar 12G (32.928N) pada sisi depan kendaraan. Didapatkan hasil total deformasi sebesar 5,69 mm dan equivalen stress sebesar 390,56 MPa.

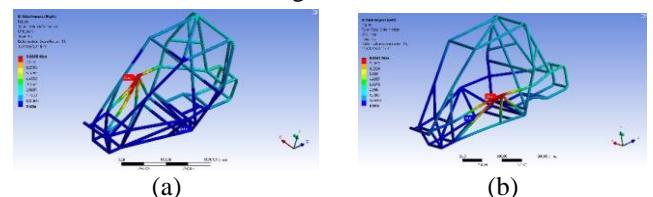


Gambar 4. (a) Total deformasi (b) Equivalent Stress

Hasil tersebut menunjukkan bahwa struktur sasis kendaraan dapat bertahan dari benturan depan dan tidak mengalami perubahan bentuk. Hal ini dikarenakan nilai equivalent stress dari struktur masih dibawah dari nilai *Yield strength* material. Oleh karena itu sasis tidak mengalami patah ketika terjadi benturan.

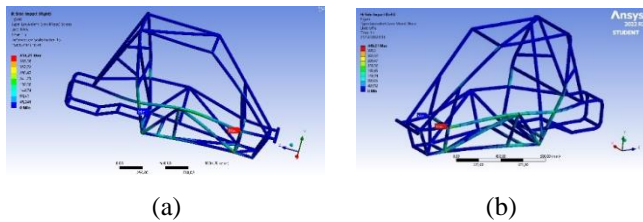
B. Uji Tabrak Samping

Uji tabrak samping dilakukan untuk mensimulasikan keadaan ketika kendaraan mengalami tabrakan dari samping. Untuk mensimulasikan keadaan tersebut, maka diberikan beban sebesar 5G (13.720 N) pada sisi kanan dan kiri dari kendaraan. Didapatkan hasil total deformasi sebesar 8,06 dan 8,09 untuk bagian kanan dan kiri. Serta nilai equivalent stress sebesar 434,21 dan 452,68 untuk bagian kanan dan kiri.



Gambar 5. Total Deformasi (a) Kanan (b) Kiri

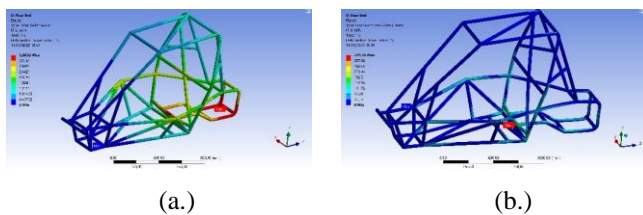
Seperti yang terlihat pada gambar x dan x, nilai equivalent stress dari kedua sisi masih berada di bawah *Yield strength*. Oleh karenanya total deformasi yang terjadi pada struktur sasis tidak akan menyebabkan patah sasis



Gambar 6. Equivalent Stress (a) kanan (b) kiri

C. Uji Tabrak Belakang

Pada pengujian ini, di simulasikan kondisi ketika kendaraan ditabrak dari belakang. Untuk mensimulasikan hal tersebut maka diberikan beban sebesar 5G (13.720 N) pada bagian belakang kendaraan. Didapatkan hasil seperti pada gambar x dengan nilai total deformasi sebesar 3,66 mm dan equivalent stress sebesar 335,16 MPa.

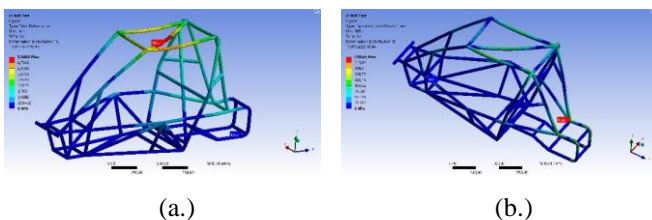


Gambar 7. (a). Total deformasi (b). Equivalent Stress

Hasil tersebut menunjukkan bahwa struktur sasis kendaraan dapat bertahan dari benturan belakang dan tidak mengalami perubahan bentuk. Hal ini dikarenakan nilai equivalent stress dari struktur masih dibawah dari nilai *Yield strength* material. Oleh karena itu sasis tidak mengalami patah ketika terjadi benturan.

D. Uji Terguling

Uji tergelinding dilakukan untuk melihat simulasi kekuatan struktur sasis ketika kendaraan tergelinding. Maka dari itu, diberikan beban sebesar 3,5 G (9.604 N) pada bagian atap kendaraan

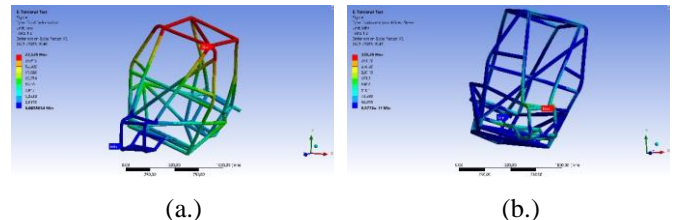


Gambar 8. (a). Total deformasi (b). Equivalent Stress

Hasil tersebut menunjukkan bahwa struktur sasis kendaraan dapat bertahan dari patah sasis ketika kendaraan tergelinding. Hal ini dikarenakan nilai equivalent stress dari struktur masih dibawah dari nilai *Yield strength* material. Oleh karena itu sasis tidak mengalami patah ketika terjadi benturan.

E. Uji Kekuatan Torsional

Pengujian kekuatan torsional dilakukan untuk menguji kekuatan sasis ketika sasis mengalami puntiran. Untuk mensimulasikan keadaan tersebut, diberikan beban sebesar 2,5 G (6860 N) pada kedua titik mounting suspensi depan secara berlawanan arah. Didapatkan hasil seperti pada gambar x dengan nilai total deformasi sebesar 23,53 mm dan equivalent stress sebesar 330,29 MPa

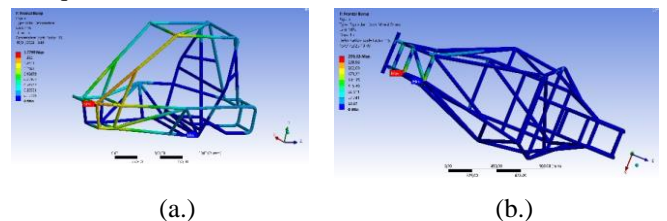


Gambar 9. (a). Total deformasi (b). Equivalent Stress

Hasil tersebut menunjukkan bahwa struktur sasis kendaraan dapat bertahan ketika kendaraan mengalami momen puntiran dan tidak mengalami perubahan bentuk. Hal ini dikarenakan nilai equivalent stress dari struktur masih dibawah dari nilai *Yield strength* material. Oleh karena itu sasis tidak mengalami patah ketika terjadi momen tersebut.

F. Uji Benturan Setengah Sisi Depan

Uji benturan setengah sisi depan adalah pengujian yang dilakukan untuk mensimulasikan keadaan ketika kendaraan menabrak sesuatu pada salah satu mounting suspensi depan. Untuk mensimulasikan kondisi tersebut, diberikan beban sebesar 3G (8232 N) pada titik mounting suspensi sisi kiri kendaraan. Didapatkan hasil total deformasi sebesar 1,78 mm dan equivalent stress sebesar 259,83 MPa



Gambar 10. (a). Total deformasi (b). Equivalent Stress

Hasil tersebut menunjukkan bahwa struktur sasis kendaraan dapat bertahan dari benturan ketika salah satu sisi pada bagian depan mengalami tabrakan. Hal ini dikarenakan nilai equivalent stress dari struktur masih dibawah dari nilai *Yield strength* material. Oleh karena itu sasis tidak mengalami patah ketika terjadi benturan.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil tersebut, didapatkan data total deformasi sebagai berikut: tabrak depan (5.69 mm), tabrak belakang (3.66 mm), tabrak samping kiri dan kanan (8.09 mm Dan 8.06 mm), uji tergelinding (5.34 mm), uji kekuatan torsional (23.53 mm), uji tabrak setengah sisi depan (1.78 mm)

Didapatkan juga hasil equivalent stress sebagai berikut : tabrak depan (390.65 MPa), tabrak belakang (335.16 MPa), tabrak samping kiri dan kanan (452.68 MPa dan 434.21 MPa), uji tergelinding (239.66 MPa), uji kekuatan torsional (330.29 MPa), uji tabrak setengah sisi depan (259.83 MPa).

Serta didapatkan nilai FoS sebagai berikut : tabrak depan (1.7), tabrak belakang (1.9), tabrak samping kiri dan kanan (1.4 dan 1.5), uji terguling (2.7), uji kekuatan torsional (2.0), uji tabrak setengah sisi depan (2.5).

Maka dari itu Dapat disimpulkan bahwa desain sasis kendaraan kompetisi BAJA SAE tersebut diharapkan aman untuk dikemudikan dalam kecepatan tinggi dan dapat digunakan pada perlombaan balap BAJA SAE.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cadfem Simulation Technology Indonesia, "CADFEM Ansys - Finite Element Analysis (FEA) Learning Track," 2022. [Online]. Available: <https://kampusmerdeka.kemdikbud.go.id/activity/active/detail/3842321>. [Accessed 2 Oktober 2022].
- [2] SAE International, "About Baja SAE Series," 2022. [Online]. Available: <https://www.sae.org/attend/student-events/baja-sae-california/about>. [Accessed 01 Desember 2022].
- [3] Z. Bi, Finite Element Analysis Applications : a systematic and practical approach, Academic Press, 2018.
- [4] SIMSCALE, "What is von Mises Stress?," 27 Desember 2022. [Online]. Available: <https://www.simscale.com/docs/simwiki/fea-finite-element-analysis/what-is-von-mises-stress/>. [Accessed 29 desember 2022].
- [5] M. Mihaila, I. Blanari, V. Goanta and P. D. Barsanescu, "Finite element analysis of a modified weigh-in-motion sensor," *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1262, no. 01, p. 012052, 2022.
- [6] S. K. J. A. Shetye and P. Mallapur, "Design and Analysis of Chassis for SAE BAJA Vehicle," in *NATIONAL CONFERENCE ON RECENT INNOVATIONS IN ENGINEERING SCIENCE, TECHNOLOGY & MANAGEMENT*, 2019.
- [7] Ansys, *BAJA SAE Chassis Analysis Using Ansys Mechanical*, 2022.
- [8] A. Y. Dwinanto and F. B. Muhammad, "Analisa Karakteristik Body dan Chassis Pada Prototype Kendaraan Listrik," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 119-126, 2015.
- [9] F. Nurudin, *Analisa Kekuatan Chassis Sapuagin Speed Menggunakan Material Aluminium Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [10] S. H. Abdullah, "Computational Analysis for Optimisation of Baja SAE Roll Cage," *International Journal for Scientific Research & Development*, vol. 6, no. 04, pp. 1395 -1399, 2018.
- [11] SAE International, Collegiate Design Series. BAJA SAE Rules 2023 Revision B, SAE International, 2022.
- [12] Autodesk, "How to Determine the Factor of Safety," 2014. [Online]. Available: <https://knowledge.autodesk.com/search-result/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/How-to-determine-the-factor-of-safety-s.html>. [Accessed 2 Januari 2022].
- [13] Ansys, "Ansys," 2020. [Online]. Available: Ansys.com. [Accessed 25 September 2022].
- [14] R. J. Melosh, *Structural engineering Analysis by Finite Elements*, Englewood Cliffs: Prentice Hall, Inc, 1990.