

# **DESAIN DAN ANALISIS BESARAN *DEFLEKSI CHASIS TUBULAR SPACE FRAME* PADA *PROTOTYPE MOBIL LISTRIK FORMULA SAE***

**Supriyanto<sup>1\*</sup>, Moh. Fawaid<sup>2</sup>, Soffan Nurhaji<sup>3</sup>**

Jurusan Pendidikan Vokasional Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Jl. Raya Ciwaru No. 25, Kota Serang, Banten 42117, Indonesia

\*E-mail: [Supriyanto.suces@gmail.com](mailto:Supriyanto.suces@gmail.com)

## **ABSTRAK**

Penelitian ini telah dilakukan desain *chasis tubular space frame prototype* mobil listrik Formula SAE ditentukan menggunakan metode VDI 2221, mengetahui perubahan bentuk *chasis tubular space frame prototype* mobil listrik ketika diberi pembebanan, mengetahui besaran tegangan (*stress*), defleksi (*deflection*), dan faktor keamanan (*safety factor*) dari hasil pengujian *software*. Hasil dari penelitian dengan metode perancangan VDI 2221 adalah sebuah desain *chasis tubular space frame* yang telah memenuhi syarat-syarat sistem teknik. Hasil dari pengujian yang dilakukan pada desain yang dibuat dengan bantuan *software solidworks* 2016. Menghasilkan nilai tegangan (*stress*), maksimum pada bagian samping (*side impact test*) sebesar 299 (MPa) dengan pembebanan 1250 Newton, nilai besaran defleksi maximum pada bagian samping (*side impact test*) sebesar 2 mm dengan pembebanan 1250 Newton, dan nilai besaran faktor keamanan (*safety factor*) maksimum mendapatkan nilai 10 yang terjadi pada bagian belakang (*rear impact test*) dan nilai faktor keamanan (*safety factor*) minimum terjadi pada bagian depan dengan nilai 2.17. Dengan mengacu pada spesifikasi material yang digunakan dengan kode AISI 1020 dapat dipastikan *chasis* ini aman di digunakan dengan ketentuan-ketentuan tertentu.

Kata Kunci : VDI 2221, *chasis tubular space frame*, tegangan, defleksi, faktor keamanan.

## **ABSTRACT**

*This research has carried out the design of a tubular space frame prototype electric car chassis formula SAE is determined using the VDI 2221 method, knowing the change in the shape of the tubular space frame prototype electric car chassis when given a load, knowing the amount of stress, deflection, and safety factors from the results of software solidworks 2016. The result of research with the VDI 2221 design method is a tubular space frame chassis design that has met the requirements of the engineering system. The results of tests carried out on designs made with the help of SolidWorks 2016 software Produce a maximum value of stress on the side impact test of 29 (MPa) with a loading of 1250 Newton, the maximum deflection value on the side impact tes of 2 mm with a loading of 1250 Newton, and the maximum value of the safety factor gets a value of 10 which occurs on the rear (rear impact test) and the minimum safety factor value occurs at the front with a score of 2.17. referring to the material specifications used with the AISI 1020 code, it can be ascertained that this chassis is safe to use with certain conditions.*

*Keywords: VDI 2221, chasis tubular space frame, stress, deflection, safety factor.*

## PENDAHULUAN

Penggunaan kendaraan merupakan sarana transportasi yang sangat penting untuk memindahkan sesuatu objek dari tempat satu ke tempat yang lain dengan digerakan oleh suatu alat yang disebut mesin. Perkembangan kendaraan begitu pesat dengan digunakannya beberapa alternatif energi untuk menghasilkan daya pada kendaraan tersebut. Di era revolusi industri 4.0 yang serba cepat dan mudah, setiap aktivitas dituntut untuk lebih efisien. Kemajuan ini dapat dilihat dari peralihan alat transportasi konvensional yang menggunakan tenaga manusia dan hewan ke alat transportasi yang menggunakan teknologi modern seperti otomasi dan digerakkan oleh mesin. Selain itu, industri yang bergerak di bidang produksi alat transportasi sudah menggunakan mesin otomatis untuk memproduksi sarana transportasi modern.

Hasil dari kemajuan teknologi ini adalah terciptanya berbagai jenis moda kendaraan salah satunya dengan menggunakan energi listrik mengalami perkembangan yang cukup pesat Penggunaan mobil listrik dirasa lebih efektif dan efisien hal ini karena mobil listrik menawarkan kenyamanan dan pengoperasian yang mudah. Dalam ajang mempromosikan kendaraan listrik. *Formula SAE* elektrik menyenggarakan kompetisi balap mobil cabang mahasiswa yang bertujuan untuk berlomba dalam pengembangan teknologi mobil listrik. Salah satu pengembangan utama dalam segi teknis yaitu di bagian rangka yang harus berganti setiap tahun karena disesuaikan dengan regulasi kompetisi Student Formula Japan yang menggunakan aturan pada pasal A6.8 *First Year Vehicles* menurut 2018 *Formula SAE Rules* yang mengharuskan setiap kendaraan harus menggunakan rangka baru.

Melihat dari segi fungsinya *chassis* merupakan komponen utama dari sebuah kendaraan yang berfungsi untuk menjaga agar mobil tetap *rigid* (kaku) dan tidak mengalami bending Fadila (2012). Pada pembuatan chassis yang digunakan untuk kebutuhan balap (*race*) tentunya chassis yang akan dipilih yaitu jenis *tubular space frame*. Agar mobil listrik dapat bekerja dengan baik, kerangka yang dibuat harus memiliki struktur chassis yang nyaman dan kuat. Maka perancangan desain *chassis* akan dibuat jenis *Chassis tubular space frame* (Keith, 2009) *chassis* tersebut mempunyai kekuatan luluhnya sangat bagus terutama pada sifat kekakuan torsional, ketahanan beban berat, dan beban impak. dan Menurut Andersson (2009) bahan yang paling banyak digunakan untuk *chassis*, terutama jenis

*tubular space frame* adalah jenis baja karena kuat, tangguh, mudah dibentuk dan murah.

penelitian yang telah dilakukan yaitu perancangan sebuah desain *chassis tubular space frame* dan menganalisis dengan bantuan *Software solidworks* 2016 untuk mengetahui nilai besaran tegangan, defleksi, dan Faktor keamanan pada *chassis*.

## BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan pada desain chassis tubular space frame prototype mobil listrik formula SAE dalam perancangan desain dan analisis defleksi ini menggunakan jenis baja karbon rendah dengan kode AISI 1020 adapun komposisi dari bahan dapat dilihat dalam tabel berikut :

**Tabel 1. Spesifikasi Bahan AISI 1020**

Properties	Metric	Imperial
Tensile strength	420 Mpa	60900 psi
Yield strength	350 Mpa	50800 psi
Modulus of elasticity	205 Gpa	29700 ksi
Shear modulus (typical for steel)	80 Gpa	11600 ksi
Poisson's ratio	0.29	0.29
Elongation at break (in 50 mm)	15%	15%
Hardness, Brinell	121	121
Hardness, Knoop (converted from Brinell hardness)	140	140
Hardness, Rockwell B (converted from Brinell hardness)	68	68
Hardness, Vickers (converted from Brinell hardness)	126	126

Metode penelitian yang digunakan dalam pemilihan desain *Chassis Tubular Space frame Prototype* mobil listrik dilakukan dengan menggunakan metode perancangan *Verein Deutscher Ingenieure* (VDI 2221). Metode ini merupakan salah satu metode dengan pendekatan sistematis untuk mempermudah proses perancangan sebuah produk dan memaksimalkan hasil dari produk yang nantinya dapat direalisasikan ke tahap pembuatan produk, mengoptimalkan produktivitas perancang dalam mencari pemecahan masalah paling optimal (Mulyono sugeng, & Harfi, n.d.)

*Verein Deutscher Ingenieure* (VDI) atau Asosiasi Insinyur Jerman, telah menghasilkan beberapa pedoman, termasuk pedoman VDI 2221 yang berisi tentang sistematika pendekatan desain teknis sistem dan produk. Pedoman ini menunjukkan suatu

pendekatan sistematis dimana proses desain sebagai bagian dari penciptaan produk yang dibagi menjadi tahapan kerja secara umum, membuat pendekatan desain transparan, rasional dan independen dari cabang tertentu industri G. Pahl, J.

Metode ini memiliki 4 (empat) tahap dalam menyusun suatu produk yaitu :

Tahap I Penjabaran Tugas (*Clarification of Task*)  
Ide dan keinginan yang muncul dalam merancang desain *chasis tubular space frame prototype* mobil listrik *formulas SAE* disusun dan dikelompokkan menjadi daftar kehendak sebagai berikut:

**Tabel 2. Spesifikasi Persyaratan**

FAKTOR	D / W	SPESIFIKASI / KEHENDAK
GEOMETRI	D	Dimensi panjang 1920 mm
	D	Lebar 453.77 mm
	D	Tinggi Main Roll Hoop 981.68 mm
	D	Tinggi Front Bulkhead 320 mm
	D	Tinggi Fron Hoop 449.89 mm
	D	Tinggi Main Hoop Brancing 540.27 mm
	D	Wheelbase 1273.76 mm
	W	Bobot < 100 Kg
KESELAMATAN	D	Aman bagi pengemudi
	W	Konstruksi kokoh
ERGONOMI	D	Nyaman bagi pengemudi
	W	Sesuai dengan tinggi badan pengemudi
MATERIAL	D	Pengemudi tidak cepat lelah
	D	Material menggunakan besi yang standar
	W	Menggunakan material kuat tapi ringan
	D	Besi pipa solid = ½ inch
GAYA	D	Besi hollow kotak = 40 x 40 mm
	W	Material mudah di dapat di pasar lokal
	W	Konstruksi cukup kuat ketika mendapat beban impact
	W	

D	Menahan beban statis dari depan 2000 – 4000 Newton	
D	Menahan beban statis dari belakang 2000–4000 Newton	
D	Menahan beban statis darisamping 1000–2000 Newton	
D	Menahan beban statis dari atas 1000 – 2000 Newton	
W	Mampu menopang dari berat kendaraan dan pengemudi	
D	Frontal impact structure	
D	Main hoop	
D	Front bulkhead suport Main roll hoop brancer support options	
D	Side impact	
PEMBUATAN	D	Dibuat sendiri
	D	Mutu ketelitian dapat dijaga
	BIAYA	
D	Biaya pembuatan yang relatif ekonomis	

Tahap II Perancangan Konsep (*Conceptual Design*)  
Abstraksi

Abstraksi pada prinsipnya adalah mengabaikan hal-hal yang bersifat khusus W (*wishes*/harapan) dan memberikan penekanan pada hal-hal yang bersifat umum dan perlu D (*demand*/ketentuan). seluruh keinginan yang ada pada daftar kehendak sementara dihilangkan pada langkah kedua keharusan yang tidak memiliki hubungan langsung pada fungsi dan kendala pokok dapat dihilangkan.

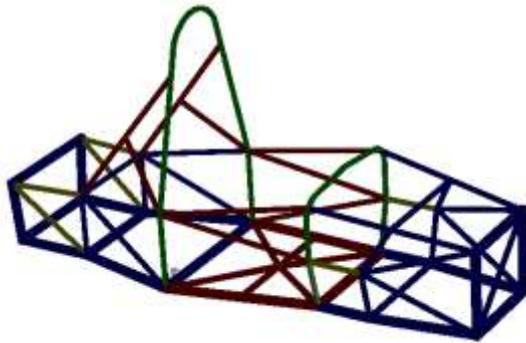
**Tabel 3. Spesifikasi Kehendak**

FAKTOR	D / W	SPESIFIKASI / KEHENDAK
GEOMETRI	D	Dimensi panjang 1920 mm
	D	Lebar 453.77 mm
	D	Tinggi Main Roll Hoop 981.68 mm
	D	Tinggi Front Bulkhead 320 mm
D	Tinggi Fron Hoop 449.89 mm	

	D	Tinggi Main Hoop Brancing 540.27 mm	<i>Main hoop</i>
	D	Wheelbase 1273.76 mm	<i>Front bulkhead suport</i>
			<i>Main roll hoop brancer support options</i>
KESELAMATAN	D	Aman bagi pengemudi	Hasil dari langkah 4
ERGONOMI	D	Nyaman bagi pengemudi	Menahan beban statis dari depan 2000- 4000 Newton
	D	Pengemudi tidak cepat lelah	Menahan beban statis dari belakang 2000- 4000 Newton
MATERIAL	D	Material menggunakan besi yang standar	Menahan beban statis darisamping 1000-2000 Newton
	W	Menggunakan material kuat tapi ringan	Menahan beban statis dari atas 1000 -2000 Newton
	D	Besi pipa solid = ½ inch	Hasil dari langkah 5
	D	Besi hollow kotak = 40 x 40 mm	Menganalisis besaran defleksi pada setiap bagian <i>chasis tubular space frame prototype</i> mobil listrik formula SAE
	W	Matrial mudah di dapat di pasar lokal	Kombinasi varian konsep
GAYA	D	Menahan beban statis dari depan 2000 – 4000 Newton	Dari hasil abstraksi tahap ke lima dapat dikombinasikan dalam susunan sebagai berikut: Varian pertama : 1.2 – 2.2 – 3.1 – 2.4 – 5.1– 6.1 Varian kedua : 1.1 – 2.1 – 3.1 – 4.1 – 5.2 – 6.1 Varian ketiga : 1.2 – 2.2 – 3.2 – 4.2 – 5.1– 6. 2
	D	Menahan beban statis dari belakang 2000 – 4000 Newton	
	D	Menahan beban statis darisamping 1000-2000 Newton	Dari hasil seleksi pemilihan varian bahwa kriteria-kriteria yang sesuai sebgain besar dapat memenuhi kriteria-kriteria yang diinginkan tetapi pada tahap akhirnya harus memilih varian yang paling tepat. Adapun varian yang paling tepat adalah varian pertama dengan pertimbangan sebagai berikut:
	D	Menahan beban statis dari atas 1000 – 2000 Newton	
SECTION	D	Frontal impact structure	Konstruksinya paling kompleks
	D	Main hoop	Kemaman pengemudi
	D	Front bulkhead suport	Ketersedian matrial
	D	Main roll hoop brancer support options	Memiliki kekuatan yang paling baik
	D	Side impact	Paling mudah dalam pembuatan
	D		Paling optimal dalam pembebanan
PEMBUATAN	D	Dibuat sendiri	Tahap III Perancangan Wujud ( <i>Embodiment Design</i> )
	D	Mutu ketelitian dapat dijaga	Setelah proses penguraian konsep perancangan produk dilakukan, tahap selanjutnya adalah dengan mewujudkan konsep perancangan menjadi wujud nyata dengan membuat gambar perancangan 3D sebagai visualisasi bentuk produk.

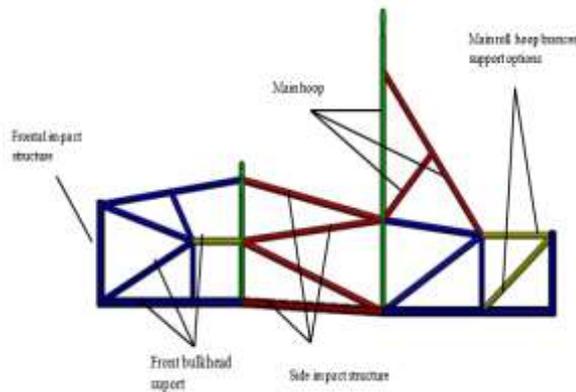
Hasil dari langkah 1 dan 2  
Dimensi panjang 1920 mm  
Lebar 453.77 mm  
Tinggi *Main Roll Hoop* 981.68 mm  
Tinggi *Front Bulkhead* 320 mm  
Tinggi *Fron Hoop* 449.89 mm  
Tinggi *Main Hoop Brancing* 540.27 mm  
*Wheelbase* 1273.76 mm  
Besi pipa solid = ½ inch  
Besi hollow kotak = 40 x 40 mm

Hasil dari langkah 3  
*Frontal impact structure*



**Gambar 1.** Bentuk desain *chasis tubular space frame prototype mobil listrik formula SAE*

Tahap IV Perancangan Terinci (*Desail Design*)  
 Tahap ini merupakan akhir dari metode perancangan sistematis yang berupa presentasi hasil. Pada langkah kerja ini dilakukan pekerjaan-pekerjaan merinci gambar akhir, termasuk gambar terperinci mengenai tiap-tiap bagian material, pengujian dan perbaikan dari desain.



**Gambar 2.** Desain detail *chasis tubular space frame prototype mobil listrik formula SAE*

**Tabel 1.** spesifikasi desain produk

No	Bagian Kerangka	Dimensi
1	Panjang	1920 mm
2	Lebar	453.77 mm
3	Tinggi Main Roll Hoop	981.68 mm
4	Tinggi Front Bulkhead	320 mm
5	Tinggi Fron Hoop	449.89 mm
6	Tinggi Main Hoop	540.27 mm
6	Brancing	
7	Jarak Sumbu Roda	1273.76 mm

Tahap selanjutnya adalah setelah suatu produk dihasilkan dilakukan tahap pengujian analisi desain dengan menggunakan *software silidworks 2016*. Dimana tahap ini menguji kekuatan dan kemanan suatu chasis ketika terjadi pembebanan pada bagian chasis utama yaitu depan, belakang, samping dan pada bagian bawah tempat duduk pengemudi.

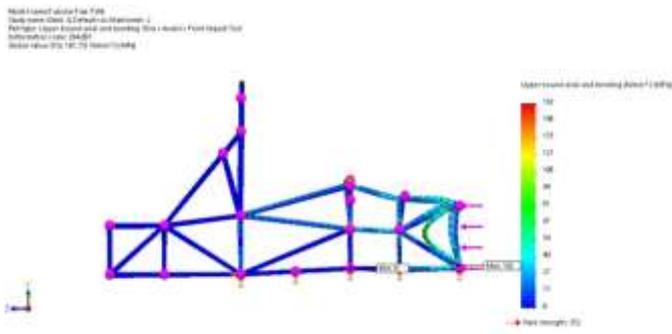
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada penelitian ini, mendapatkan hasil sebuah rancangan *desain chasis tubular space frame prototype* mobil listrik *formuls SAE* yang dirancang dengan menggunakan metode perancangan VDI 2221. Stelah proeses perancangan selesai kemudian dilakukan analisis simulasi dengan menggunakan *software solidworks 2016* untuk mengetahui nilai teganan (*stress*), defleksi dan faktor keamanan (*safety factor*). Tahap dikarenakan chasis sebagai penopang utama dari mesin, aksesoris lain dan pengemudi sering kali terjadi keruskan yang cukup parah ketika terjadi kecelakaan maka proses desain dan analisis kekuatan chasis perlu dilakukan untuk menjaga tingkat kemanan chasis sebelum dilakukan pada proses pembuatan.

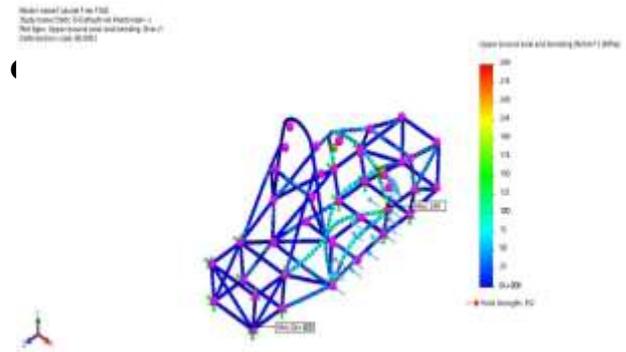
Berdasarkan hasil pengujian analisis dengan menggunakan *software solidworks 2016* yang telah dilakukan pada *chasis tubular space frame prototype* mobil listrik *formula SAE* yang menggunakan bahan AISI 1020. Menghasilka nilai yang berbeda pada setiap bagian yang di uji menunjukan bahwa nilai pembebanan dan kekuatan suatu bahan sangat mempengaruhi hasil dari pengujian. Dari setiap bangian chasis yang diuji, telah mendapatkan pertimbangan sebagai alasan bahwa *chasis tubular space frame prototype* mobil listrik *formula SAE* aman untuk digunakan.

**Pengujian statis pada bagian depan samping (*front impact test*)**

Pembebanan yang diberikan = 2083 Newton  
 Mengasilkan nilai tegangan (*stress*) maksimum 162 Mpa dengan defleksi (*deflection*) maksimum yang diperoleh 0,66 mm dan memberikan nilai faktor kemanan (*safety factor*) maksimum 3.00.



Gambar 3. Hasil analisis pengujian statik *front impact tests*



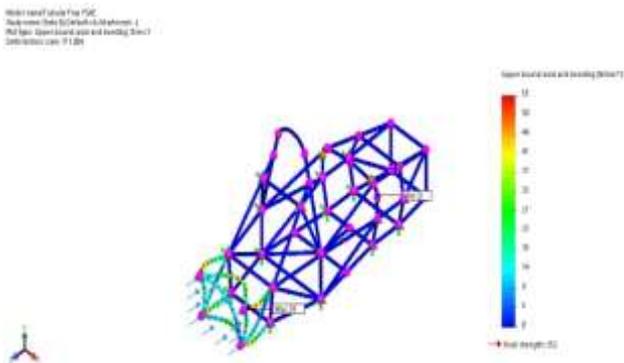
Gambar 5. Hasil analisis pengujian statik *side impact test*

**Pengujian statis pada bagian belakang samping (*rear impact test*)**

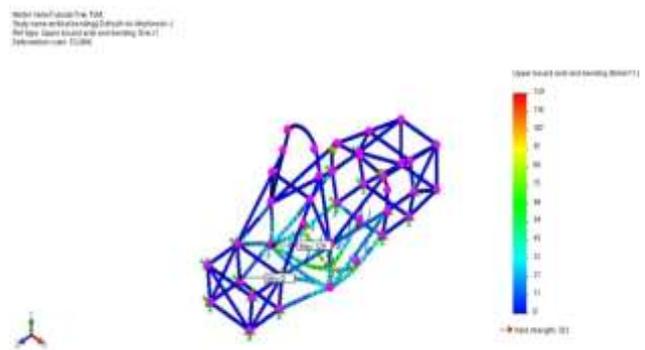
Pembebanan yang diberikan = 2083 Newton  
Mengasilkan nilai tegangan (stress) maksimum 55 Mpa dengan defleksi maksimum yang diperoleh 0,27 mm dan memberikan nilai faktor kemanan maksimum 10,0

**Pengujian statis pada bagian tempat duduk pengemudi (*vertikal bending test*)**

Pembebanan yang diberikan = 1000 Newton  
Mengasilkan nilai tegangan (stress) maksimum 129 Mpa dengan defleksi maksimum yang diperoleh 1.00 mm dan memberikan nilai faktor kemanan maksimum 3.0.



Gambar 4. Hasil analisis pengujian statik *rear impact test*



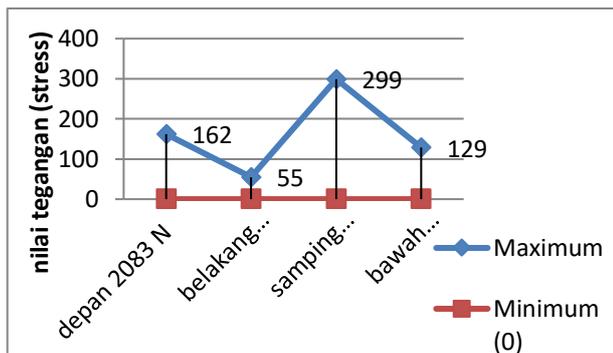
Gambar 6. Hasil analisis pengujian statik *vertikal bending test*

**Pengujian statis pada bagian samping (*side impact test*)**

Pembebanan yang diberikan = 1250 Newton  
Mengasilkan nilai tegangan (stress) maksimum 299 Mpa dengan defleksi maksimum yang diperoleh 2.00 mm dan memberikan nilai faktor keamanan maksimum 3.0

**Besaran Nilai tegangan (*stress*)**

Setelah dilakukan proses pengujian analisis dengan pada bagian *chasis* menggunakan *software solidworks 2016* mendapatkan nilai tegangan (*stress*) bervariasi yang terjadi pada struktur penyusun *chasis*. Dimana nilai ini untuk mengetahui kekuatan suatu material ketika diberi pembebanan. Adapun nilai tegangan (*stress*) dari pembebanan dapat di dilihat pada diagram berikut:

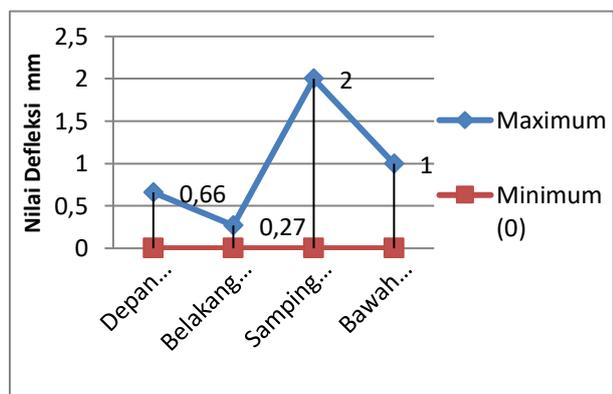


Gambar 7. Diagram data nilai tegangan ( Stress)

Berdasarkan data yang disajikan dalam bentuk diagram pada gambar 25. Dapat dilihat bahwa besaran nilai tegangan (stress) pada bagian 1) Depan (*front impact test*) maksimum 126 MPa, minimum 0 Mpa, 2) Belakang (*rear impact test*) 55 N/mm<sup>2</sup> (MPa) , minimum 0 Mpa, 3) Samping (*side impact test*) 229 MPa, minimum 0 MPa, dan bagian pengemudi (*vertikal bending test*) 129 MPa, minimum 0 MPa.

**Besaran Nilai Defleksi**

Setelah dilakukan proses pengujian analisis dengan pada bagian *chasis* menggunakan *software solidworks 2016* mendapatkan nilai defleksi bervariasi sesuai dengan beban dan bagian yang di uji terjadi pada struktur penyusun *chasis*. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui perubahan bentuk suatu material ketika mendapat pembebanan Adapun nilai defleksi dari pembebanan dapat di dilihat pada diagram berikut:



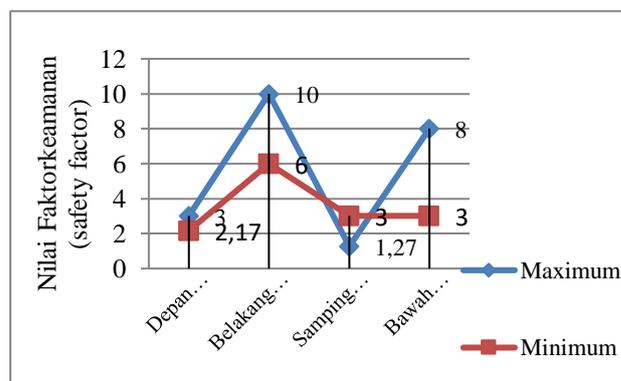
Gambar 8. Diagram Nilai Defleksi

Berdasarkan data yang disajikan dalam bentuk diagram pada gambar 26. Dapat dilihat bahwa

besaran Nilai defleksi pada bagian 1) Depan (*front impact test*) maksimum 0.66 mm, minimum 0.0 mm 2) Belakang (*rear impact test*) 0.27 mm, minimum 0.0 mm 3) Samping (*side impact test*) 2.00 mm, minimum 0.0 mm, dan bagian pengemudi maksimum (*vertikal bending test*) 1.00 mm, minimum 0.0 mm.

**Nilai Faktor Keamanan (safety factor)**

Setelah dilakukan proses pengujian analisis dengan pada bagian *chasis* menggunakan *software solidworks 2016* mendapatkan nilai faktor keamanan (*safety factor*) bervariasi sesuai dengan beban dan bagian yang di uji terjadi pada struktur penyusun *chasis*. Nilai ini memberikan informasi tingkat kewanan suatu struktur yang tersusun dari material ketika terjadi perubahan bentuk. Adapun nilai defleksi dari pembebanan dapat di dilihat pada diagram berikut:



Gambar 9. Diagram nilai faktor kewanan (safety factor)

Berdasarkan data yang disajikan dalam bentuk diagram pada gambar 27. *chasis* mendapatkan nilai faktor keamanan (*safety factor*) pada bagian 1) Depan (*front impact test*) maksimum 3.0, minimum 2.17, 2) Belakang (*rear impact test*) maksimum 10.0, minimum 6.0, 3) Samping (*side impact test*) maksimum 1.27, minimum 3.0, 4) Pengemudi (*vertikal impact test*) maksimum 8.0, minimum 3.0

**KESIMPULAN**

Berdasarkan data yang di dapat dari hasil dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa pengujian dengan pembebanan statis yang dilakukan pada setiap bagian *chasis* untuk mengetahui nilai besaran tegangan (*stress*), defleksi (*deflection*) dan faktor keamanan (*safety factor*). Dari hasil simulasi menggunakan *software solidworks 2016*. Mendapatkan nilai tegangan

(*stress*) tertinggi maksimum terjadi pada bagian samping (*side impact test*) sebesar 299 Mpa, nilai tertinggi defleksi maksimum terjadi pada bagian samping (*side impact test*) sebesar 2 mm dan nilai tertinggi faktor keamanan (*safety factor*) berada pada bagian belakang (*rear impact test*) dengan nilai 10 sedangkan nilai terendah faktor keamanan (*safety factor*) berada pada bagian samping (*side impact test*) dengan nilai 1.27.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andersson, Carl Eurenus, 2009, "Analysis of Composite Chassis", The Department of Applied Mechanics, Division of Vehicle Engineering and Autonomous Systems, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden.
- Fadila, Ary, 2012, Analisis Simulasi Struktur Chassis Mobil Mesin, USU Berbahan Besi Struktur Terhadap Beban Statik Dengan Menggunakan Perangkat Lunak Ansys 14, (ISSN 2338-1035), Universitas Sumatera Utara.
- Keith J. Wakeham, 2009, Introduction to Chassis Design, Newfoundland and Labrador: Memorial University.
- Kiran Ghodvinde, S. R. Wankhade 2014, Structural Stress Analysis of an Automotive Vehicle Chassis, International Journal on Mechanical Engineering and Robotics (IJMER), ISSN (Print): 2321-5747, Volume-2, Issue-6 2014.
- Mulyono Sugeng, & Harfi. (n.d.). Ucok Mulyo Sugeng \*, Razul Harfi \*, 17–27.
- Ravinder Pal Singh, "Structural performance analysis of formula SAE car," Jurnal Mekanikal, No. 31, page 46 – 61, December 2010.
- Prajwal Kumar M. P, Vivek Muralidharan, & G. Madhusudhana (2014). Design and Analysis of Tubular Space Frame Chassis of A High Performance Race Car, International Journal of Research in Engineering and Technology, 3(2), 497–501.
- J.P. Blessing, "Numerical and experimental analysis of Formula SAE chassis, with recommendations for future design iterations," Bachelor Thesis, University of Queensland, Brisbane, Queensland, Australia, 2004
- Japan rules 2017-18 Formula SAE®.
- Polban, 2015, Regulasi Kompetisi Mobil Listrik Indonesia VII (KMLI VII), 2015, Politeknik Negeri Bandung.
- Gerhard Pahl Wolfgang Beitz, 1984, Engineering Design, design council London 1984.