



**UTA'45**  
— Jakarta —  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 JAKARTA



# Jurnal Kajian Teknik Mesin

itenas library



UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 JAKARTA



9 772502 843003

Jurnal Kajian  
Teknik Mesin

Vol. 5

No. 1

Hal. 1 - 65

Sep 2019 - Feb 2020

P - ISSN : 2502 - 843X  
E - ISSN : 2406 - 9671

# JURNAL KAJIAN TEKNIK MESIN

Jurnal Kajian Teknik Mesin Vol.5 No. 1; Feb 2020

P-ISSN : 2502-843XE ISSN 2406-967

---

## **Susunan Team Editor Jurnal Kajian Teknik Mesin**

### **EDITOR IN CHIEF**

Yos Nofendri MSME, (Scopus ID : 57210232429) Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta

### **EDITOR BOARD**

M Fajri Hidayat MT, Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta

Didit Sumardiyanto MT, Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta

Audri Deacy Cappenberg MT, Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta

### **REVIEWER**

Sri Endah Susilowati MT, (Scopus ID : 57203167195) Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta,

Andi Saidah MT, (Scopus ID : 57203171358) Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta

Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, (Scopus ID : 26423064900) Universitas Lampung

Dr. Yovial Mahyoedin, (Scopus ID : 39762194600) Universitas Bung Hatta

Prof Muhammad Yahya, (Scopus ID : 36983236900) Institut Teknologi Padang

### **ENGLISH EDITOR**

English Center UTA`45 Jakarta

### **STAF SEKRETARIAT**

Dani

### **Alamat Redaksi**

Program Studi Teknik Mesin universitas 17 Agustus 1945 Jakarta

Jl.Sunter Permai Raya, Jakarta Utara, 14350, Indonesia

Telp: 021-647156666-64717302, Fax:021-64717301

# JURNAL KAJIAN TEKNIK MESIN

Jurnal Kajian Teknik Mesin Vol.5 No. 1; Feb 2020

P-ISSN : 2502-843XE ISSN 2406-967

---

## DAFTAR ISI

<b>ANALISA RIETVIELD PADA MATERIAL BARIUM ZIRKONIUM TITANAT (BZT)</b> Septian Rahmat Adna	1-3
<b>ANALISIS PENGERINGAN KOPI MENGGUNAKAN OVEN PENGERING HYBRID (SOLAR THERMAL DAN BIOMASSA) DI DESA GUNUNGHALU</b> Yefri Chan, Didik Sugiyanto, Aep Saeful Uyun	4-8
<b>ANALISIS UKURAN KRISTAL DAN SIFAT MAGNETIK MELALUI PROSES PEMESINAN MILLING MENGGUNAKAN METODE KARAKTERISASI XRD, MECHANICAL ALLOYING, DAN ULTRASONIK TEKANAN TINGGI PADA MATERIAL BARIUM HEXAFERRITE (BAFE12O19)</b> Zulkani Sinaga, Joniwarta Joniwarta	9-14
<b>STRESS SIMULATION OF CHASSIS CROSSOVER ELECTRIC VEHICLE</b> Tito Shantika, Tarsisius Kristyadi, Hendra Hendra	15 – 21
<b>ANALISIS SISTEM PROTEKSI KEBAKARAN GEDUNG LABORATORIUM TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS RIAU</b> Muhammad Reza, Aryo Sasmita, Ery Laksono Sadewo	22 – 28
<b>PENGUJIAN GETARAN DENGAN EKSITASI KEJUT DAN RANDOM PADA KOMPONEN STRUKTUR DENGAN PROFIL PELAT ALUMINIUM</b> Rizky Arman, Yovial Mahyoedin, Wenny Marthiana, Duskiardi Duskiardi	29 – 35
<b>PENGARUH SHOT PEENING TERHADAP KEKERASAN DAN KEKASARAN PRODUK CHEMICAL MILLING PADUAN ALUMINIUM YANG TELAH DI STRETCHING</b> Yovial Mahyoedin, Jamasri Jamasri, Rizky Arman, Wenny Marthiana, Suryadima Suryadima	36 – 41
<b>FABRIKASI LAPISAN PADA BAJA 0,192 % C SEBAGAI ALTERNATIF PAHAT BUBUT</b> Ferry Budhi Susetyo, Siska Titik Dwiwati, M. Bagus Priyo Hutomo	42 – 47
<b>ANALISIS CHILLER DENGAN MENGGUNAAN R123 DAN R134A PADA KINERJA PENDINGINAN</b> Audri Deacy Cappenberg	48 – 57
<b>PENGARUH BERAT ROLLER TERHADAP PERFORMA MESIN YAMAHA MIO SOUL 110 CC YANG MENGGUNAKAN JENIS TRANSMISI OTOMATIS (CVT)</b> Yos Nofendri, Evan Christian	58 - 65

Jurnal Artikel

## Simulasi Tegangan Pada Chasis Kendaraan Listrik Crossover

Tito Shantika<sup>1</sup>, Tarsisius Kristyadi<sup>2</sup>, Hendra<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Bandung  
tshantika@itenas.ac.id

\*Corresponding author – Email : tshantika@itenas.ac.id

Artikel Info - : **Received** : 29 Jan 2019; **Revised** : 12 Feb 2020; **Accepted**: 24 Feb 2020

### Abstrak

Pengembangan Chasis kendaraan listrik merupakan salah satu langkah dalam proses desain suatu kendaraan khususnya untuk kendaraan crossover yang sedang dirancang bangun. Desain Chasis kendaraan harus mempunyai chasis yang kokoh dan dapat menopang semua beban yang terjadi pada chasis tersebut, seperti beban penumpang, motor listrik dan sebagainya. Pada proses desain chasis diperlukan analisis tegangan untuk memferikasi kekuatan chasis apabila diberikan beban-beban yang diterjadi pada chasis tersebut. Analisis tegangan dimulai dengan pembuatan model awal chasis yang telah ada dengan menggunakan perangkat lunak CAD kemudian dilakukan analisis tegangan menggunakan perangkat lunak FEA solidworks. Analisis tegangan meliputi untuk beban-beban statis dan beban pada saat terjadi tabrakan. Hasil analisis pada kondisi beban statis didapatkan tegangan maksimum yang terjadi sebesar 206 MPa, factor of safety=1.69, serta defleksi sebesar 0.4 mm dimana bagian chasis defleksi akibat bending kurang dari 2 mm.

**Kata kunci:** chasis, EV, simulasi tegangan, FEA.

### Abstract

The development of an electric vehicle chassis is one step in the design process of a vehicle, especially for crossover vehicles that are being designed. The chassis design of the vehicle must have a chassis that is solid and can sustain all the loads that occur on the chassis, such as passenger loads, electric motors and so on. In the chassis design process, stress analysis is needed to verify the strength of the chassis if the loads that are applied. Stress analysis begins with making an initial model of an existing chassis using CAD then stress analysis using FEA Solidworks software. Stress analysis includes static and crash load. The results of the analysis under static load conditions obtained a maximum stress that occurs at 206 MPa, a factor of safety = 1.69, and a deflection of 0.4 mm where the chassis deflection due to bending is less than 1 mm.

**Keywords:** chassis, EV, strength simulation, FEA

## 1. PENDAHULUAN

Jenis Kendaraan crossover merupakan salah satu kendaraan yang banyak dipakai khususnya untuk jalan yang kurang baik. Kendaraan crossover banyak dipakai untuk kendaraan operasional militer. Kendaraan listrik crossover masih jarang dikembangkan, karena energy listrik yang disimpan pada batre mempunyai

keterbatasan penyimpanan daya/energi. Namun untuk jarak operasional yang relatif dekat maka kendaraan listrik sangat cocok digunakan karena mempunyai keunggulan dari dari efisiensi dan penggunaan energi. Pengembangan kendaraan masih terus dilakukan untuk mendapatkan produk yang dapat dipakai dan diimplementasi dimasyarakat. Salah satu pengembangan kendaraan listrik adalah desain chasis

kendaraan yang digunakan untuk kendaraan listrik crossover. Kristyadi, 2017 telah merancang chasis kendaraan crossover tahap awal dengan cara memodifikasi beam chassis sehingga berat chassis berkurang (Kristyadi, et all 2017).

Pada perancangan chasis crossover dipenelitian ini digunakan untuk kendaraan operasional TNI, dimana kendaraan ini dapat memindahkan personel di daerah yang relative terjal dan dapat masuk pada jalan yang kecil. Model chasis dan analisis tegangan menggunakan perangkat lunak Solidworks, sehingga diharapkan chasis yang dirancang dapat menahan beban yang terjadi pada chasis tersebut.

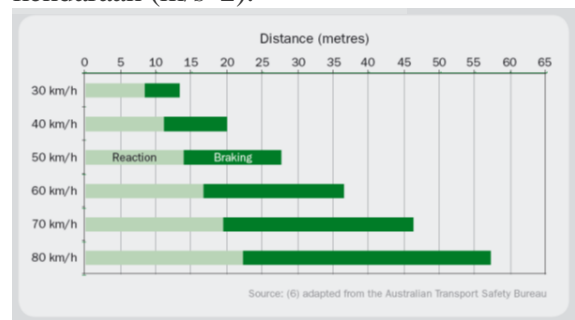
Chasis kendaraan merupakan komponen utama dari kendaraan yang berfungsi menopang sebagian besar beban-beban pada kendaraan. Pada proses perancangan chasis kendaraan diperlukan analisis tegangan untuk memferifikasi dimensi, bentuk dan material yang dirancang sehingga chasis tersebut dapat menahan dari pembebanan yang diberikan. Desain Chasis kendaraan dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Salah satu untuk mendesain chasis yaitu dengan membagi beberapa komponen dengan menggunakan analytic hierarchy process sehingga tegangan yang terjadi dapat terdistribusi pada bagian-bagian tersebut (N.V. Dhandapani,et all, 2017).

Analisis tegangan pada chasis kendaraan umumnya telah menggunakan perangkat lunak sehingga distribusi tegangan pada chasis dapat diketahui, seperti yang telah dilakukan oleh Portdar dan Kumar analisis chasis dengan FEA (finite element Analysis) menggunakan perangkat lunak ANSYS (Chinmay Potdar,et all, 2016) (Rakesh Kumar Sahu,et all, 2016). Analisis chasis kendaraan dengan FEA digunakan untuk optimasi chasis, optimasi dapat dilakukan dengan mencari ketebalan plat chasis kendaraan truk, sehingga didapatkan tegangan yang memadai dengan berat kendaraan yang minimal, seperti yang dilakukan oleh patil, 2013 (Hemant B.Patil,

at all, 2013). Optimisasi chasis dapat juga dengan mencari material yang optimum, seperti yang dilakukan oleh Rohan Y Garud, 2018, dari hasil optimasi material yang optimum yaitu Advanced High Strength Steel dengan tebal 8 mm (Rohan Y Garud,et all 2018).

Chasis kendaraan juga harus memenuhi factor keamanan atau Factor of safety (FOS) dalam desain, factor kamanan merupakan perbandingan dari tegangan yang ijin dengan tegangan yang terjadi jika diberi pembebanan. Factor of safety ditentukan tergantung kepada parameter yang diketahui, jika pembebanan dan tegangan dapat ditentuka secara akurat, lingkungan terkontrol dengan baik dan material pasti diketahui maka FOS antara 1.25 sampai dengan 1.5 (Shigley, 2001).

Pada saat kendaraan bertubrukan maka terjadi perubahan momentum sebesar  $P=F.t$ , dimana  $P$ =Momentum (N.s),  $F$ = gaya (N) dan  $t$ = waktu (s), kemudian waktu terjadi terjadi tubrukan dapat dihitung dengan standar GRSP,2008, jarak aman terhadap kecepatan kendaraan seperti pada gambar 1 (GRSP, 2008), sehingga gaya pada saat tabrakan dapat diketahui dari besarnya inersia yang terjadi pada kendaraan sebesar  $F=m.a$ , dimana  $F$  adalah gaya inersia (N),  $m$  adalah massa total kendaraan (kg) dan  $a$  adalah perlambatan kendaraan ( $m/s^2$ ).



Gambar 1. Jarak minimal pada setiap kecepatan kendaraan (GRSP, 2008)

Defleksi chasise mempunyai batasan agar mempunyai kekakuan yang baik, berdasarkan table 6 pada standar IS 800:2007 untuk steel construction batasan defleksi sebesar  $L/350$  (IS 800:2007). Dimana untuk setiap panjang  $L$  1000 mm

maka struktur maksimal terdefleksi bending sebesar 0.35 mm.

## 2. METODOLOGI

Tahapan desain chasis kendaraan meliputi pembuatan model Chasis, kemudian perhitungan dalam menentukan besar dan arah beban-beban yang ditopang oleh chasis, menentukan bidang dan arah tumpuan. Selanjutnya tahapan simulasi analisis tegangan menggunakan perangkat lunak Solidworks 2018, Simulasi tegangan akan dilakukan untuk dua kasus yaitu kasus beban statis, dan kasus akibat beban tabrakan untuk beberapa kecepatan. Kecepatan yang akan disimulasikan yaitu pada kecepatan 60 km/jam, 80 km/jam dan 100 km/jam. Hasil simulasi didapatkan parameter tegangan von mises yang terjadi, serta defleksi yang terjadi, sehingga dengan dimensi yang telah di desain chasis kendaraan listrik ini masih cukup baik dan aman digunakan untuk kendaraan cross over.

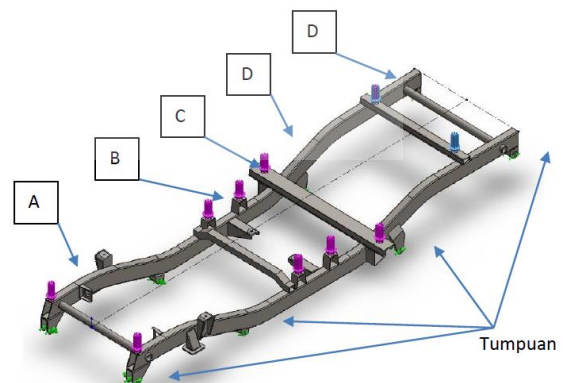
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan chasis crossover dimulai dengan membuat model dengan menggunakan perangkat lunak solidworks. Pembuatan model disesuaikan dengan bentuk dan ukuran body kendaraan yang sedang dirancang, suspensi, beban-beban serta tumpuan-tumpuan yang dibebankan ke chasis. Dalam proses perancangan chasis dilakukan dengan beberapa tahapan optimasi pada beberapa struktur chasis sehingga dimensi yang dihasilkan mampu menahan beban-beban yang bekerja pada chasis tersebut. Beberapa optimasi pada chasis yaitu menyesuaikan bentuk dan ukuran plat yang dirancang dimana terdapat konsentrasi tegangan yang cukup besar. Konsentrasi tegangan pada umumnya terjadi pada tumpuan, beban pada chasis sehingga pada daerah tersebut perlu dioptimasi bentuk maupun ukuran plat.

### A. Stress analysis beban pada chasis

Analisis tegangan (Stress analysis) pada chasis kendaraan bertujuan untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada chasis jika beban-beban diberikan pada kendaraan tersebut. Analisis tegangan pada kendaraan kendaraan listrik menggunakan perangkat lunak solidwork sebagai untuk mengetahui parameter-parameter seperti tegangan maksimum, defleksi maksimum, faktor of safety (FOS) dan sebagainya.

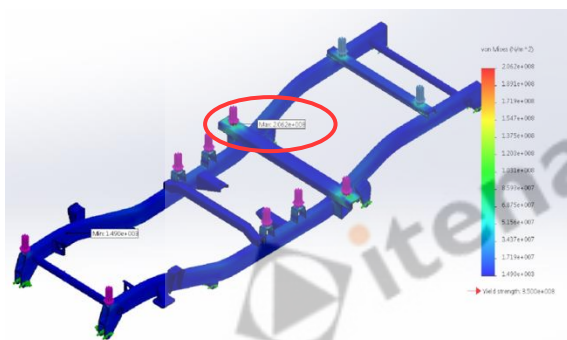
Stress analisis beban pada chasis diambil beberapa asumsi yaitu beban diasumsikan beban statik (diam) yang meliputi beban batre, beban penumpang dan beban kendaraan itu sendiri. beban penumpang terdistribusi merata pada mounting body kendaraan, namun beban batre ditambahkan pada mounting body paling belakang dititik D pada gambar 2. Besar Beban-beban pada chasis tersebut meliputi beban body  $W_b$  sebesar 800 kg, beban penumpang  $W_p$  sebesar 1200kg, beban batre sebesar 500 kg dan beban chasis sendiri adalah 105kg, sehingga jika dijumlahkan beban total sebesar 2605 ton atau 25555 N.



Gambar 2. Beban-Beban pada Chasis kendaraan

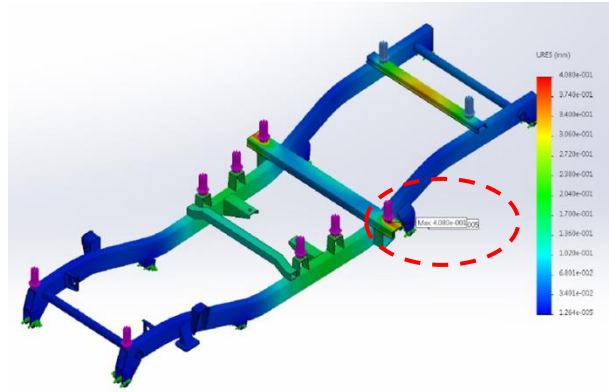
Kemudian chasis ditumpu pada pin-pin suspensi kendaraan, dimana pin tersebut menumpu pada sisi tekan yang terbebani (bearing pressure) seperti terlihat pada gambar 2. Material chasis yang dipakai adalah AISI 1020 Steel, Cold Rolled, dengan Yield strength sebesar 350 MPa dan Tensile strength 420 MPa serta Elastic modulus 205 Gpa.

Meshing pada Analisis tegangan chasis dipilih bentuk heksagonal dengan kehalusan baik dan daerah dimana kerapatan mesh diatur secara otomatis oleh perangkat lunak tersebut. Jumlah elemen mesh sebanyak 122556 dan node 241035. Kerapatan mesh telah cukup baik untuk mendapatkan daerah yang terjadi konsentrasi tegangan pada chasis tersebut. Dari hasil analisis didapatkan tegangan von mises maksimum sebesar 206.2 MPa pada Node: 55510, seperti terlihat pada gambar dibawah. tegangan maksimum terjadi pada tumpuan plat tengah yang tertumpu pada chasis, sehingga komponen chasis masih dibawah tegangan tersebut. Tegangan tersebut masih dibawah tegangan yield strength material serta safety factor sebesar 1.697 sehingga masih aman digunakan pada chasis yaitu diatas 1.5.

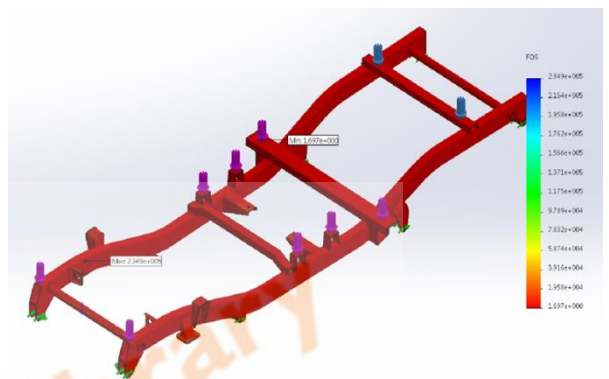


Gambar 3. Tegangan Von mises yang terjadi pada chasis

Defleksi maksimum hasil analisis yang terjadi sebesar 0.408 mm pada Node: 143544, seperti terlihat pada gambar 4 dibawah. defleksi maksimum terjadi pada plat tengah yang menumpu pada chasis, namun defleksi pada komponen utama chasis masih dibawah 1 mm atau dibawah nilai  $L/325$  dimana rasio defleksi terhadap panjang batang tengah chasis, sehingga defleksi tersebut masih cukup baik. Defleksi ini terjadi pada tumpuan ditengah batang terjadi diakibatkan oleh beban yang terdistribusi lebih besar pada tengah sehingga chasis tengah menopang lebih besar.



Gambar 4. Defleksi yang terjadi pada chasis



Gambar 5. FOS yang terjadi pada chasis

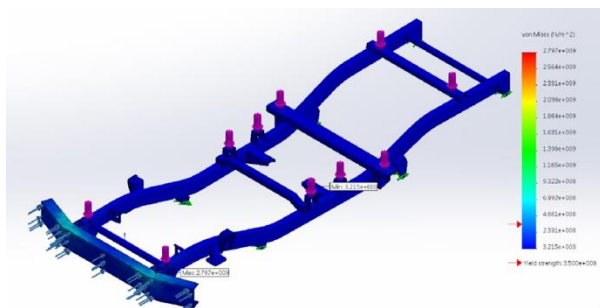
## B. Stress analisis saat tabrakan

Analisis tegangan yang terjadi pada saat tabrakan diperlukan untuk mengetahui komponen atau daerah dimana saja yang akan terjadi failure atau kegagalan, sehingga dapat dilihat bagaimana dampak yang terjadi pada chasis keseluruhan. Parameter yang penting seperti distribusi tegangan yang terjadi dan distribusi defleksi yang terjadi pada chasis. Analisis ini diharapkan dapat diketahui komponen yang pertama gagal atau failure, serta perambatan kegagalan yang terjadi pada chasis dimana beban tumbukan diberikan. Analisis tegangan pada saat tabrakan akan dilakukan dalam 3 kecepatan yaitu pada kecepatan 100 km/jam, 80 km/jam dan 60 km/jam. Gaya tabrakan yang terjadi pada chasis dihitung berdasarkan dari teori momentum suatu benda pejal, dimana berat dan kecepatan kendaraan menjadi parameter yang menjadi faktor utama besar gaya tumbukan atau tabrakan yang terjadi.

Dalam Analisis tegangan saat tabrakan terdapat beberapa asumsi, asumsi tersebut untuk menyederhanakan gaya-gaya yang terjadi pada chasis tersebut. Pada saat tabrakan terjadi gaya-gaya dinamik yang terjadi pada chasis tersebut, namun pada analisis diasumsi gaya tumbukan terjadi secara merata pada bumper depan kendaraan dan analisis dilakukan secara statik. Gaya tumbukan/tumbukan tersebut merupakan gaya akibat momentum kendaraan sebesar  $P=m.v$  dan waktu saat tumbukan didapatkan dari regulasi jarak aman kendaraan [8] pada kecepatan tertentu sebelum terjadi tabrakan.

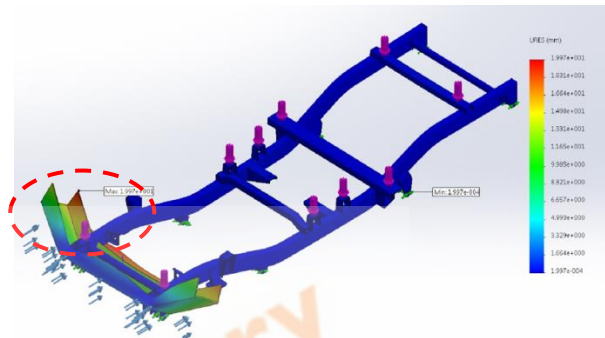
Meshing pada chasis kendaraan dipilih bentuk kehalusan baik dan daerah dimana kerapatan mesh diatur secara otomatis oleh perangkat lunak tersebut. Meshing menghasilkan Jumlah elemen sebanyak 135947 dan 266509 node.

Dari hasil analisis tegangan didapatkan tegangan maksimum pada kecepatan 100 km/jam sebesar 2797 MPa , kecepatan 80 km/jam sebesar 2387 MPa dan pada kecepatan 60 km/jam sebesar 2014 MPa. Tegangan maksimum terjadi pada bagian bumper depan bagian sambungan sisi depan dan pinggir yang terkena tumbukan. Tegangan yang terjadi lebih besar dari tegangan ijin material yaitu 350 MPa sehingga pada kecepatan 60 km/jam sampai 100 km/jam bumper depan akan mengalami kerusakan atau failure. Namun pada chasis utama tegangan masih dibawah tegangan ijin sehingga kerusakan pada chasis tidak terlalu besar seperti terlihat pada gambar 6.



Gambar 6. Tegangan von Mises yang terjadi pada chasis saat tabrakan

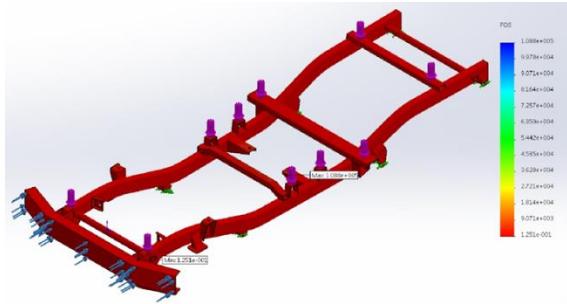
Defleksi yang terjadi maksimum terjadi pada bumper bagian samping, dimana bumper tersebut mengalami kerusakan akibat gaya tabrakan. Pada kecepatan 100 km/jam defleksi pada bumper sebesar 19.97 mm, pada kondisi tersebut bumper depan mengalami defleksi plastis, begitu juga Pada kondisi kecepatan 60km/jam dan 80 km/jam. Pada bagian depan chasis defleksi masih dibawah 1 mm, dan jauh dari nilai  $L/325$ , sehingga relatif masih kondisi baik.



Gambar 7. Defleksi yang terjadi pada chasis saat tabrakan

Pada tabel 1 dapat dilihat tegangan, defleksi dan FOS (factor of safety) untuk setiap kecepatan pada kendaraan terjadi pada beberapa kondisi kecepatan kendaraan pada saat terjadi tumbukan. Semakin besar kecepatan kendaraan pada saat tumbukan maka semakin besar gaya dan tegangan, sehingga defleksi juga semakin besar. FOS yang terjadi pada chasis saat tumbukan dibawah satu terdistribusi ke semua bagian chasis seperti terlihat pada gambar 8, sehingga terjadi kerusakan pada daerah tersebut terutama kerusakan chasis terjadi lebih dominan terjadi pada bumper depan, di indikasikan terjadi defleksi plastis dan kegagalan/failure pada daerah bumper tersebut.





Gambar 8. FOS yang terjadi pada chasis saat tabrakan

Tabel 1. Tegangan maksimum dan defleksi maksimum pada saat tubrukan

Parameter	Kecepatan (V), km/jam					
	100	km/ jam	80	km /ja m	60	km/ jam
jarak aman berkendara (S), [m]	80	m	60	m	40	m
perubahan kecepatan ( $\Delta t$ ), [s]	2.88	s	2.70	s	2.40	s
Momentum (p), [N.s]	72361	N.s	5788 9	N.s	4341 7	N.s
gaya saat tabrakan (F), [N]	25125	N	2144 0	N	1809 0	N
Tegangan maks Von Misses, [MPa]	2797	MP a	2387	MPa	2014	MP a
Defleksi, [mm]	19.97	mm	17.04	mm	14.38	mm
FOS minimum	0.125		0.147		0.174	

#### 4. KESIMPULAN

Tegangan maksimum akibat beban statis didapatkan sebesar 206 MPa dengan factor of safety = 1,69. Pada chasis terjadi defleksi akibat bending sebesar kurang dari 1 mm sehingga masih dibawah batas defleksi yang diijinkan. Secara umum hasil analisis tegangan pada chasis cukup baik, sehingga desain yang dibuat dapat aman digunakan.

#### DAFTAR PUSTAKA

Tarsisius Kristyadi, Alexin Putra, Tito Shantika, Liman Hartawan, Trinaldo, (2017). Stress Analysis of a Cross over

Electric Car Chassis. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE) e-ISSN: 2278-1684, p-ISSN: 2320-334X, Volume 14, Issue 5 Ver. I (Sep. - Oct. 2017), PP 13-28, DOI: 10.9790/1684-1405011328 www.iosrjournals.org.

N.V. Dhandapani, T. Soundharya and R. Arulmurugan, (2017). Stress Analysis in Automotive Chassis Using Analytic Hierarchy Process. International Journal of Pure and Applied Mathematics, Volume 117 No. 20 2017, 569-578, ISSN: 1311-8080 (printed version); ISSN: 1314-3395 (on-line version), url: http://www.ijpam.eu

Chinmay Potdar, Amey Pise, Aishwarya Dubey, Sushrut Jadhav, (2016). Evaluation Of Deflection Due To Bending Of N1 Type Vehicle Chassis Members Using Static Finite Element Analysis, International Journal Of Mechanical And Production Engineering, Issn: 2320-2092, Volume-4, Issue-3, Mar.-2016.

Rakesh Kumar Sahu, Suman Kumar Sahu, Srikant Behera & V. Santosh Kumar, (2016). Static Load Analysis Of A Ladder Type Chassis Frame Imperial Journal Of Interdisciplinary Research (IJIR) Vol-2, Issue-5, 2016 ISSN: 2454-1362, Http://Www.Onlinejournal.In.

Hemant B.Patil1, Sharad D.Kachave2, Eknath R.Deore, (2013). Stress Analysis of Automotive Chassis with Various Thicknesses. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE) e-ISSN: 2278-1684 Volume 6, Issue 1 (Mar. - Apr. 2013), PP 44-49 www.iosrjournals.org.

Rohan Y Garud, Shahid C Tamboli, Dr. Anand Pandey, (2018). Structural Analysis of Automotive Chassis,

Design Modification and Optimization.  
International Journal of Applied  
Engineering Research ISSN 0973-4562  
Volume 13, Number 11 (2018) pp.  
9887-9892 © Research India  
Publications.  
<http://www.ripublication.com>

Joseph F Shigley & Charles R.Mischke,  
(2001). Mechanical Engineering Design  
sixth edition, McGraw-Hill  
international edition.

Global Road Safety Partnership (GRSP),  
(2008). Speed management: a road  
safety manual for decision-makers and  
practitioners. Geneva, Global Road  
Safety Partnership, 2008. ISBN 978-2-  
940395-04-0

IS 800:2007, Indian Standard Code of  
Practice for General Construction in  
Steel, Bureau of Indian Standards, New  
Delhi

