

## Simulasi Stress Analysis Pembebanan Statis Dengan Bantuan Software SolidWorks Pada Hasil Perancangan Ladder Frame Chassis Mobil Listrik Menggunakan Material AISI 4340

**Nandita Anggraeni Puspitasari, Marsono, M Pramuda Nugraha**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Nasional Itenas Bandung  
Jl. PHH. Mustafa No.23 Bandung 40124  
e-mail : nandita.anggraeni20@gmail.com

### Abstrak

*Didasari pada perkembangan dan pengembangan di dalam bidang otomotif khususnya pada pengembangan mobil listrik penting untuk mengetahui komponen-komponen utama dari mobil listrik terutama adalah bagian chassis. Dikarenakan chassis menjadi bagian utama pada sebuah kendaraan. Pada perancangan ladder frame chassis mobil listrik dengan jenis SUV ini menggunakan material AISI 4340 dengan penampang square tube dan dilakukan simulasi stress analysis dengan pembebanan statis untuk mengetahui kekuatan dari chassis yang telah dirancang. Pada penelitian ini digunakan metode experimental dengan didapatkan hasil rancangan chassis ladder frame chassis mobil listrik dengan jenis SUV memiliki dimensi 3976 mm×1960 mm×464 mm (P×L×T) dengan massa 43,3 kg, tegangan maksimum yang terjadi pada chassis sebesar 68,079 Mpa, Defleksi maksimum yang terjadi pada chassis sebesar 0,476 mm, dan Faktor Keamanan minimum yang terjadi pada chassis sebesar 6,904.*

*Kata kunci: Chassis, Ladder Frame, Mobil Listrik, Simulasi, AISI 4340*

### 1. Pendahuluan

Saat ini salah satu hal terpenting dalam keberlangsungan kehidupan sehari-hari adalah transportasi. Transportasi yang sedang mengalami banyak pengembangan adalah pada industri pembuatan kendaraan listrik, hal tersebut bertujuan untuk mengurangi emisi yang disebabkan dari banyaknya penggunaan kendaraan saat ini yang masih memanfaatkan bahan bakar bensin.

Dilihat dari medan jalanan yang ada di Indoensia, salah satu jenis mobil yang banyak disukai oleh konsumen yaitu jenis mobil Sport Utility Vehicle (SUV) Chassis merupakan bagian terpenting dalam pembuatan kendaraan listrik dikarenakan chassis pada kendaraan listrik memiliki peran untuk menahan semua bagian dan komponen secara bersamaan. Dalam proses perancangan kendaraan listrik diperlukan struktur yang memadai, dengan kata lain chassis yang dirancang harus memiliki kekakuan yang baik, yang berarti chassis tidak mudah untuk ditekukan.

Diperlukannya pengembangan dalam perancangan chassis kendaraan listrik seperti memperhatikan berat dari chassis yang digunakan, dimana berat pada chassis juga dapat mempengaruhi efisiensi dalam penggunaan bahan bakar.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil dari simulasi secara statik pengaruh beban yang diterima terhadap kinerja dari chassis dengan menggunakan bantuan software SolidWorks seperti tegangan yang terjadi, defleksi yang terjadi dan juga faktor keamanan dari chassis yang telah dirancang.

Manfaat dari penelitian ini adalah tahap awal untuk proses pengembangan chassis dengan jenis ladder frame yang digunakan untuk tipe mobil SUV.

## 2. Metodologi

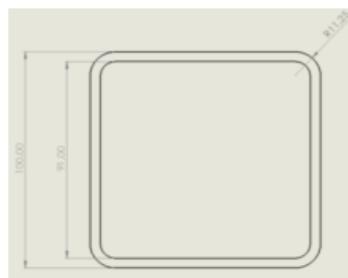
Metodologi yang digunakan pada penelitian ini terbagi menjadi beberapa bagian :

### 2.1 Studi Literatur dan Input Data

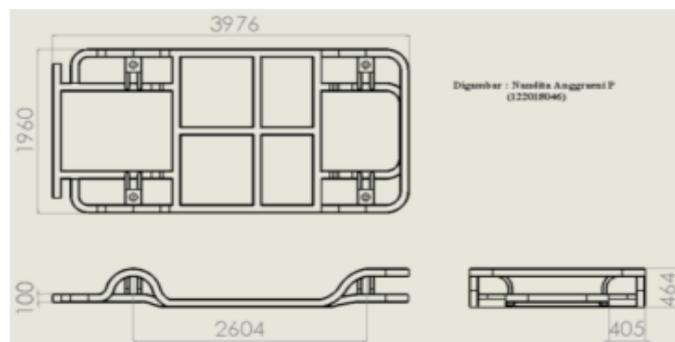
Studi literatur pada penelitian ini adalah dengan cara mencari dan mempelajari teori-teori yang bersangkutan dengan perancangan chassis dan juga simulasi stress analysis berdasarkan buku referensi dan juga jurnal-jurnal yang bersangkutan, Pengumpulan data dilakukan dengan cara menentukan dimensi mobil listrik dengan mengacu pada referensi yang digunakan.

### 2.2 Penentuan Geometri Desain Chassis

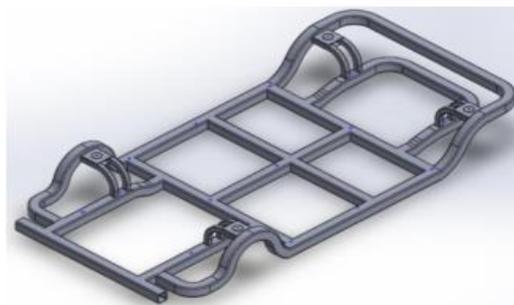
Penentuan geometri pada proses perancangan pembuatan chassis mobil listrik dilakukan proses pemodelan dengan 2D & 3D menggunakan bantuan software SolidWorks. Pada hasil perancangan ditetapkan penampang yang digunakan pada desain chassis mobil pada penelitian ini adalah square tube dengan ukuran  $100\text{ mm} \times 100\text{ mm} \times 4,5\text{ mm}$ , seperti terlihat pada gambar di bawah



Gambar 2.1 Penampang Chassis



Gambar 2.2 Hasil Rancangan 2D



Gambar 2.2 Hasil Rancangan 2D

### 2.3 Penentuan Dimensi dan Spesifikasi Kendaraan

Pada penelitian ini dibuat perancangan chassis mobil listrik dengan model ladder frame yang dapat menampung 5 orang penumpang sesuai dengan kebutuhan dan target yang diinginkan maka didapatkan dimensi dan spesifikasi chassis seperti terlihat pada tabel 2.1

**Tabel 2.1 Data Dimensi Chassis dan Spesifikasi Kendaraan**

Dimension (mm)			
No	Nama bagian	Ukuran	
1	<i>Overall Length</i>	3976 mm	
2	<i>Overall Width</i>	1960 mm	
3	<i>Overall High</i>	464 mm	
4	<i>Whellbase</i>	2604 mm	
Rancangan Performa			
No	Nama bagian	Ukuran	
1	Baterai	Kapasitas	100Ah, 330 V
		Berat Baterai	270 kg
2	Motor & Gearbox	<i>Speed</i>	5000 - 12000 rpm
		<i>Power</i>	120 kw
		Max Torsi	350 Nm
		Berat Total + wiring	150 kg
3	Bagasi	Kapasitas	332 kg
4	Penumpang	Berat	80 kg × 5 = 400 kg
5	<i>Body</i> Kendaraan	Berat	868 kg

### 2.4 Pemilihan Material

Pada proses penentuan material yang digunakan pada penelitian ini, yaitu material dengan jenis AISI 4340. dikenal sebagai material HSLA (High Strength Low Alloy). Baja AISI 4340 ini termasuk kedalam baja karbon medium dengan paduan rendah Ni-Cr dan Mo. Baja AISI 4340 memiliki sifat yang baik dalam hal ketahanan impak dan tahan abrasi, kemudian baja AISI 4340 ini juga dinyatakan bahwa dapat lebih tangguh dalam beban dinamik dibanding beban statik. (Lee & Lam, 1994).

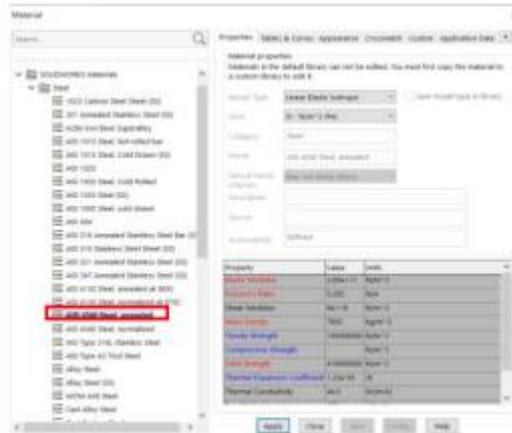
**Tabel 2.2 Data Teknik AISI 4340**

Property	AISI 4340
<i>Yield strength</i> [Mpa]	470
<i>Elastic modulus</i> [Mpa]	205000
<i>Poisson's ratio</i>	0,285
<i>Mass density</i> [g/mmmm <sup>3</sup> ]	7850
<i>Tensil strength</i> [Mpa]	745

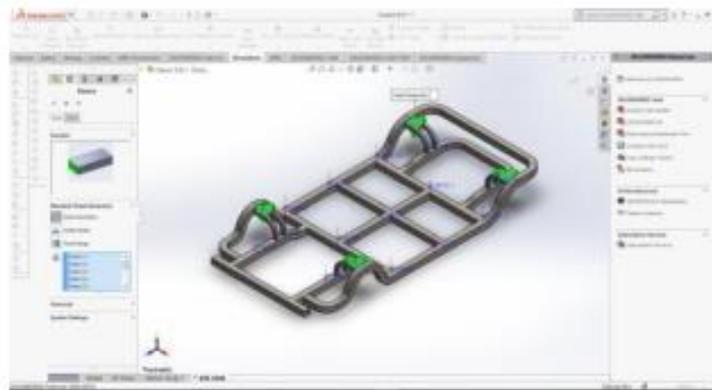
### 2.5 Simulasi Stress Analysis Pembebanan Statis Menggunakan Bantuan Software SolidWorks

Simulasi Stress Analysis dilakukan untuk mendapatkan hasil pembebanan statik berupa  $\sigma$  (tegangan) dan SF (Safety Factor) dan  $\delta$  ( defleksi), hal ini dilakukan untuk mengetahui keberhasilan dari perancangan yang telah dibuat. Pada proses simulasi ini dilakukan beberapa tahap, pertama adalah pendefinisian material pada software SolidWorks yaitu menggunakan material AISI 4340 seperti terlihat pada gambar 2.4, kedua menandai tumpuan pada chassis dimana diberikan 4 titik tumpuan pada support shock dengan jenis fixed geometry seperti terlihat pada gambar 2.5, ketiga menandai sisi yang terkena pembebanan yang terbagi menjadi 3 bagian dan terdapat 14 titik pembebanan atau

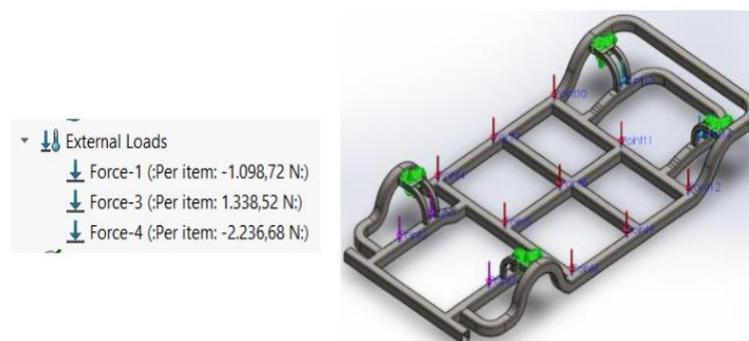
memasukkan nilai gaya (load) seperti terlihat pada gambar 2.6, keempat melakukan proses meshing dengan menggunakan parameter Curvature-based mesh seperti terlihat pada gambar 2.7, kemudian memunculkan hasil simulasi berupa nilai tegangan, defleksi, dan faktor keamanan seperti terlihat pada gambar 2.8.



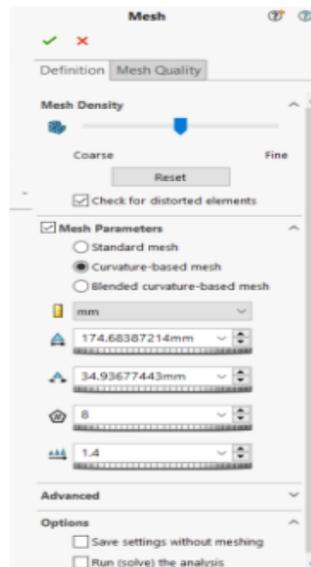
Gambar 2.4 Pemilihan Material AISI 4340



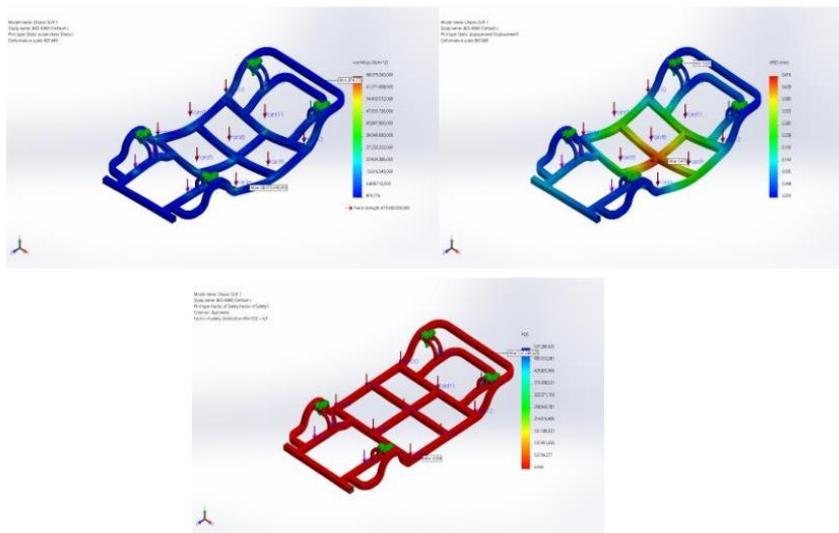
Gambar 2.5 Menandai Titik Tumpuan



Gambar 2.6 Pembebanan



Gambar 2.7 Meshing



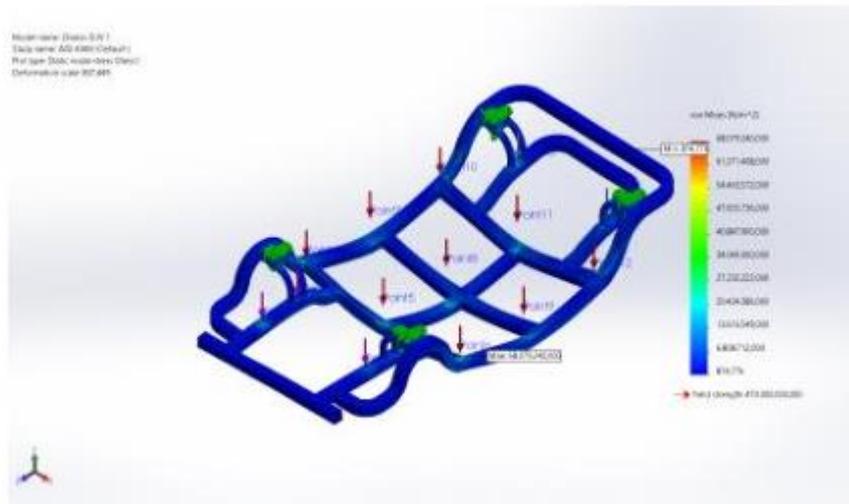
Gambar 2.8 Hasil Simulasi

### 3. Hasil dan Pembahasan

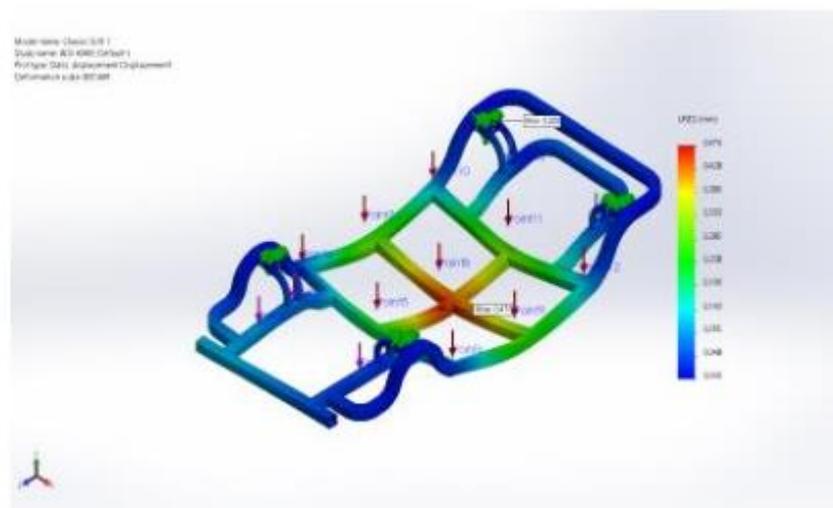
#### 3.1 Hasil Simulasi Stress Analysis Pembebanan Statis Menggunakan Bantuan Software SolidWorks

Proses simulasi stress analysis dengan pembebanan statis bertujuan untuk mengetahui ketahanan dari hasil perancangan chassis yang telah dibuat terhadap pemberian beban yang diakibatkan dari penambahan komponen pada chassis. Setelah melakukan pemodelan 2D dan 3D menggunakan software SolidWorks 2020, dilanjutkan dengan proses simulasi dengan menggunakan material baja AISI 4340. Sehingga didapatkan hasil berupa tegangan maksimum yang terjadi pada daerah support shock, titik-titik

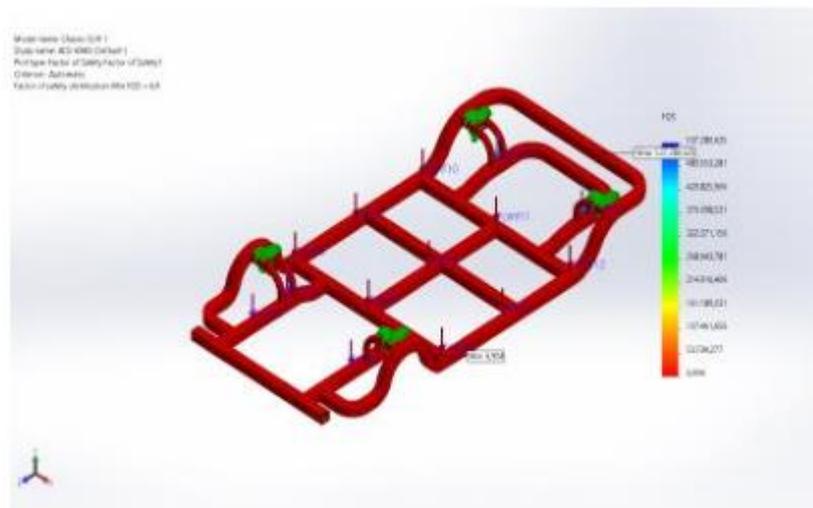
pembebanan, bagian sambungan, dapat dilihat dari hasil simulasi terdapat perubahan warna pada biru tua menjadi hijau menuju kuning yang menandakan terjadi konsentrasi tegangan maksimum pada daerah komponen chassis dapat dilihat pada gambar 3.1. Kemudian didapatkan juga hasil dari defleksi yang terjadi pada chassis ditunjukkan dengan perubahan bentuk yang terjadi berupa lendutan yang berlawanan arah pada sumbu positif dapat dilihat pada gambar 3.2. Hasil dari simulasi stres analysis dengan pembebanan statis yang terakhir adalah nilai faktor keamanan pada desain chassis dengan melihat nilai minimum yang didapatkan dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.1 Hasil Simulasi Tegangan



Gambar 3.2 Hasil Defleksi



Gambar 3.3 Hasil Faktor Keamanan

Tabel 3.1 Hasil Simulasi

Karakteristik	Min	Max
Tegangan <i>Von Mises</i>	0,00874 MPa	68,079 MPa
Defleksi	0 mm	0,476 mm
FOS	6,904	537.280,625

### 3.2 Pembahasan

Pada penelitian ini jenis chassis yang digunakan adalah jenis ladder frame chassis, di mana jenis ini sudah umum digunakan untuk kendaraan dengan jenis truk dan bis, rancangan chassis pada penelitian ini dibuat untuk kendaraan mobil dengan jenis Sport Utility Vehicle (SUV) dengan parameter batasan berupa  $\sigma_{max} < \sigma_y$ ,  $\delta_{max} \leq 1,009904$  mm, dan  $SF \geq 5$ . Dari hasil perancangan desain chassis dengan jenis ladder frame yang memiliki berat sebesar 43,3 kg dengan menggunakan material berupa baja AISI 4340 dan simulasi dengan mengimputkan beban yang telah ditentukan didapatkan hasil berupa tegangan maksimum yang terjadi sebesar 68,079 Mpa terjadi pada bagian bagian yang dikenai titik pembebanan, support shock dan juga pada bagian sambungan, namun hasil dari tegan maksimum yang terjadi masih berada dibawah batas nilai  $\sigma_y$  dari material baja AISI 4340 yang memiliki nilai 470 Mpa. Defleksi maksimum yang terjadi pada chassis sebesar 0,476 mm, hal tersebut masih berada dibawah batas parameter yang ditentukan sesuai dengan batas defleksi maksimum yang direkomendasikan pada presisi menengah menurut Mott Robert L. dalam bukunya yang berjudul Machine Elements in Mechanical Design, yaitu pada batas minimum sebesar 0,000254 mm/mm panjang batang. Sehingga didapat batas defleksi maksimum yang diijinkan pada chassis adalah tidak lebih dari 1,009904 mm. Jika dibandingkan dengan hasil simulasi analisis nilai defleksi yang didapat maka chassis dapat dikatakan kaku dan aman digunakan.

Hasil dari simulasi yang terakhir adalah nilai Faktor Keamanan minimum yang terjadi pada chassis menurut Vehicle Standards Bulletin 6 (VSB6) section H: chassis,



berdasarkan berat kotor kendaraan maksimum yang ditujukan untuk penggunaan jalan di atas normal (misal penggunaan jangka panjang di jalan yang tidak disegel atau aplikasi khusus) biasanya, factor of safety minimum untuk chassis kendaraan balap / offroad adalah 5 dan hasil yang didapatkan dari simulasi pembenana statis ini sebesar 6,9.

## 4. Kesimpulan dan Saran

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil rancangan chassis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Jenis chassis yang dirancang merupakan chassis jenis ladder frame dimana jenis ini sudah umum digunakan untuk kendaraan dengan jenis truk dan bis yang nantinya dilas dan dibentuk sedemikian rupa sehingga membentuk struktur yang kompleks dan kaku.
2. Berdasarkan hasil simulasi analisis stress didapat tegangan maksimum yang terjadi pada chassis adalah sebesar 68,079 Mpa.
3. Berdasarkan hasil simulasi analisis defleksi didapat defleksi maksimum yang terjadi pada chassis adalah sebesar 0,476 mm.
4. Berdasarkan hasil simulasi analisis factor of safety didapat faktor keamanan minimum yang terjadi pada chassis adalah sebesar 6,9.
5. Spesifikasi teknis chassis yang telah dirancang adalah sebagai berikut:
  - Material : AISI 4340
  - Dimensi : P×L×T (3976 mm×1960 mm×464 mm)
  - Wheelbase : 2604 mm
  - Massa : 43,3 kg
6. Dari hasil simulasi analisis stress, deflection, dan factor of safety dapat ditinjau bahwa hasil rancangan chassis dapat dikatakan kuat, kaku, dan aman digunakan.

### 4.2 Saran

Sebaiknya pengujian ini dilakukan dengan beberapa material yang berbeda agar dapat dijadikan perbandingan, material mana yang lebih cocok digunakan sebagai bahan untuk pembuatan chassis mobil listrik.

Sebaiknya pada saat melakukan perancangan dengan menggunakan bantuan software SolidWorks menggunakan perangkat yang memadai, agar dapat mencegah terjadinya error pada saat proses simulasi berlangsung.

Sebaiknya dilakukan juga percobaan simulasi secara dinamik dikarenakan pada penggunaan sebenarnya chassis tidak hanya mendapatkan pembebanan statis, melainkan juga mendapatkan pembebanan dinamis.

## Daftar Pustaka

- [1]. R. Fuad (2020). *MAHIR SOLIDWORKS SIMULATION CAE Seberapa Amankah Desain Struktur yang Anda Buat? Uji dan Optimalkan Bersama Solidworks Simulation*. Yogyakarta : Deepublish
- [2]. Adhika, Encu (2019). *PERANCANGAN DAN ANALISIS STATIK KEKUATAN SISTEM RANGKA (CHASSIS) KENDARAAN RODA TIGA MENGGUNAKAN SOFTWARE SOLIDWORKS*. Institut Teknologi Nasional, Bandung



- [3]. Azhari, Syauqi (2020). *PERANCANGAN DAN ANALISIS STATIK CHASSIS MOBIL BALAP LISTRIK JENIS TUBULAR SPACE FRAME*. Institut Teknologi Nasional, Bandung
- [4]. E. P. Popov. (1983). *Mekanika Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- [5]. Harsokoesoemo, H. Darmawan. 2004. *Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk)*. ITB, Bandung.
- [6]. Kamlesh Y. Patil, Eknath R. Deore (2015). *Stress Analysis of Ladder Chassis with Various Cross Sections*. Dhule North Maharashtra University, India
- [7]. Mott, Robert L. (2004). *Machine Elements in Mechanical Design (4th Ed.)*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- [8]. *Vehicle Standards Bulletin 6*. (2019). Section H - Chassis. VSB6.