



Perhitungan Ulang *Chassis* Mobil Marapi Evo 1 Untuk Kontes Mobil Hemat Energi 2021

Nurul Izza¹, Yuli Yetri^{2*}

^{1,2}Politeknik Negeri Padang, Padang

*Email: yuliyetri@pnp.ac.id

Received: 6 Juni 2023; Received in revised form: 12 Juni 2023; Accepted : 19 Juni 2023

Abstract

In 2021 the Padang State Polytechnic Marapi team participated in an energy-efficient car contest held by PUSPRESNAS. The Marapi team participated in the diesel engine prototype category which was held at the State University of Surabaya, East Java. To keep the efficiency of the car increasing, a stable and lightweight chassis is needed. The Marapi Evo 1 uses a ladder frame type chassis with an overall length of 2000mm and hollow aluminum material. The chassis is designed to withstand a load of more than 200kg. In this journal, calculations will be carried out regarding the distribution of forces acting on the Marapi Evo 1 car chassis when accelerating. There are three testing methods, namely Finite Element Method (FEM) Testing Using ANSYS, Force Distribution Analysis, and Total Traction Analysis. From the results of the analysis and calculations that have been carried out, it can be concluded that the Marapi Evo 1 chassis is feasible and safe to compete in the 2021 Energy Saving Car Contest. In addition, a total traction force of 330.216925 N which states that the Marapi Evo 1 car is capable of maneuvering very well when there is a change of speed.

Keywords: Chassis, FEM Test, Force Distribution Test, Total Traction Test

Abstrak

Pada tahun 2021 tim Marapi Politeknik Negeri Padang mengikuti Kontes Mobil Hemat Energi yang diadakan oleh Pusat Prestasi Nasional (Puspresnas). Tim Marapi merupakan sebuah tim mobil dari Politeknik Negeri Padang yang berpartisipasi dalam kategori prototype mesin pembakaran dalam diesel. Untuk menjaga agar efisiensi mobil dapat meningkat diperlukan sasis yang stabil dan ringan. Mobil Marapi Evo 1 menggunakan sasis berjenis ladder frame dengan panjang keseluruhan 2000 mm dan bahan aluminium hollow. Sasis yang didesain mampu menahan beban lebih dari 200 kg. Dalam Jurnal ini akan dilakukan perhitungan mengenai distribusi gaya-gaya yang bekerja pada chassis mobil Marapi Evo 1 saat melakukan akselerasi. Terdapat tiga metode pengujian yang dilakukan yaitu Pengujian Finite Element Method (FEM) menggunakan ANSYS, analisis distribusi gaya, dan analisis traksi total. Dari hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa sasis mobil Marapi Evo 1 layak dan aman untuk berkompetisi pada Kontes Mobil Hemat Energi 2021. Selain itu didapatkan juga gaya traksi total sebesar 330,21 N yang menyatakan bahwa mobil Marapi Evo 1 mampu bermanuver dengan sangat baik ketika terjadi perubahan kecepatan.

Kata kunci : Sasis, Pengujian FEM, Pengujian Distribusi Gaya, Pengujian Traksi Total

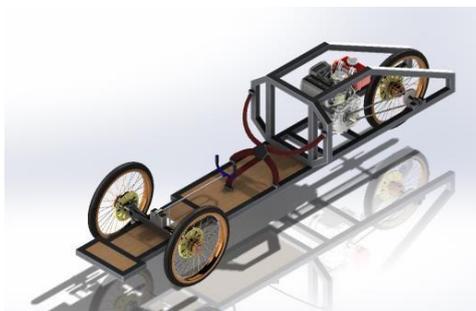
1. PENDAHULUAN

Tim Marapi Politeknik Negeri Padang merupakan sebuah tim mobil prototype mesin pembakaran dalam diesel yang mengikuti Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE). Perlombaan tersebut merupakan perlombaan mobil hemat energi yang diadakan oleh Pusat Prestasi Nasional. Pada tahun 2021 yang diselenggarakan di Universitas Negeri Surabaya. Pada kontes tersebut Tim Marapi berhasil menyabet 2 piala sekaligus yaitu juara 1 kategori eco fun race dan juara 2 kategori portotype diesel. Mobil marapi evo 1 didesain, disimulasi dan dibuat sendiri oleh mahasiswa-mahasiswi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang.

Dalam pembuatan mobil hemat energi ada beberapa bagian yang perlu diperhatikan. Beberapa diantaranya adalah Diesel Motor, Drive Train, Aerodynamics of Body, Vehicle Stability and Weight of Car. Stabilitas kendaraan dan berat kendaraan merupakan aspek yang penting untuk menjuarai kompetisi tersebut. Sasis atau rangka adalah tempat melekatnya semua komponen yang ada pada kendaraan [1]. Sasis yang digunakan pada kendaraan harus kuat, ringan, kokoh dan tahan terhadap guncangan yang diterima dari situasi jalan. Sasis memiliki beberapa jenis yaitu *ladder frame*, *tubular space frame*, *aluminium space frame*, *backbonechassis*, dan *monocoque* [2]. Sasis merupakan hal terpenting dalam hal stabilitas sebuah kendaraan. Selain harus mampu menopang semua beban yang ada pada kendaraan, *chassis* juga harus mampu melindungi pengendara apabila terjadi kecelakaan.

Pada proses perancangan sasis, perlu diperhatikan perhitungan untuk pembebanan statis atau dinamis. Maka dari itu penting untuk mengetahui analisis kekakuan sasis menggunakan *software*, distribusi gaya, dan traksi total pada sasis itu sendiri.

Untuk itu pemilihan material yang digunakan harus disesuaikan agar menghasilkan sasis yang ringan dan kuat. *Ladder frame* adalah sasis yang tertua dan banyak digunakan khususnya untuk kendaraan berbeban berat (*heavy duty*). Sasis ini biasanya terbuat dari material baja simetris atau model balok. Untuk beberapa desain kadang kala *ladder frame* diberi perkuatan besi menyilang agar tetap menjaga kekakuan strukturnya. Untuk bahan utama sasis kami menggunakan aluminium hollow, karena lebih kuat, biaya dan proses kerja yang lebih mudah. Material yang digunakan sangat ringan dengan tidak mengesampingkan faktor kekuatan dan keamanan sasis [3]. Untuk lebih jelasnya bentuk Desain sasis Marapi evo 1 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Mobil Marapi Evo 1

2. METODE PENELITIAN

2.1. Pengujian FEM Menggunakan ANSYS

Setelah desain sasis selesai maka dilakukan pengujian menggunakan FEM untuk mengetahui tingkat kekakuan sasis. Selain itu, perhitungan terhadap gaya-gaya yang bekerja pada sasis juga dilakukan. Hal ini sangat penting karena dapat membantu menganalisis pendistribusian beban yang ditanggung oleh sasis. Proses simulasi tegangan pada objek sasis dimulai dengan membuat sebuah model/part yang akan dianalisa, memilih material untuk model/part, mengatur kekasaran/kehalusan *mesh*, memberi beban (*load*) berupa gaya (*force*), memberi tumpuan (*constraint*) berupa *fixed constraint*, menjalankan analisa tegangan, dan memvisualisasi hasil dan animasinya [4].

2.2. Analisis Distribusi Gaya

Dalam merencanakan layout beban pada mobil MARAPI EVO 1, kami melakukan analisis pendistribusian beban. Hal ini ditunjukkan agar roda mendapatkan beban yang setara. Pendistribusian beban yang efisien disetiap roda tentunya membantu mengurangi gaya gelinding roda. Metode ini dilakukan dengan membagi sasis menjadi beberapa potongan dan melihat hubungan yang terjadi akibat pembebanan.

2.3 Analisis Traksi Total

Mobil MARAPI EVO 1 dirancang memiliki traksi yang bagus. Traksi menjadi poin yang penting untuk diperhitungkan karena berpengaruh pada saat mobil bermanuver, berbelok atau menikung tajam. Pada setiap percepatan, gaya traksi harus seimbang dengan jumlah semua gaya tahanan. Daya traksi adalah gaya traksi dikalikan dengan kecepatan kendaraan, dan kendaraan kecepatan harus diperbarui terus menerus.

$$F_{\text{trac}} = F_{\text{drag}} + F_{\text{rr}} + F_{\text{grad}} + F_{\text{inertia}} \quad (1)$$

Untuk mendapatkan nilai traksi total mobil Marapi Evo 1, berikut dijabarkan beberapa gaya yang harus di analisis.

a. Rolling resistance force

Rolling resistance atau tahanan gelinding adalah tahanan pada gerak roda kendaraan di atas permukaan tanah. Faktor-faktor yang menentukan *rolling resistance* adalah diameter ban, lebar ban, tekanan ban. *Rolling resistance* merupakan tahanan terhadap roda yang akan dan telah menggelinding akibat adanya gaya gesekan antara roda dengan permukaan jalannya roda [5]. Pada dasarnya, *rolling resistance* adalah momen yang digunakan roda untuk melawan arah berakron, setara dengan gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan roda bergerak maju [6]. Kami melakukan *pengujian rolling resistance force* pada mobil Marapi Evo 1 dengan menggunakan koefisien permukaan pada aspal yaitu 0,0151. Untuk menemukan nilai *rolling resistance* digunakan persamaan berikut:

$$R_r = f_r \cdot w \quad (2)$$

b. Gravitational force

Gaya gravitasi adalah fungsi massa kendaraan (m), gravitasi (g), dan sudut kemiringan bukit. Maka digunakan persamaan berikut:

$$F_{\text{grad}} = m \cdot g \cdot \sin(\theta) \quad (3)$$

c. Momen Inersia

Momen inersia berperan dalam dinamika rotasi seperti massa dalam dinamika dasar dan menentukan hubungan antara momentum sudut.

$$-V_t^2 = V_o^2 - 2 \cdot a \cdot s \quad (4)$$

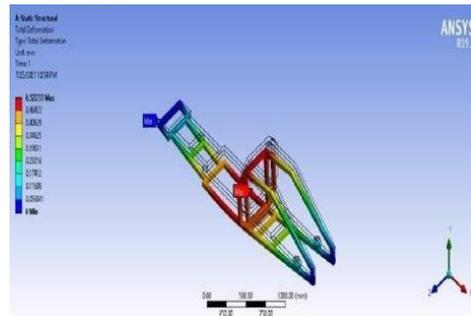
Setelah didapatkan percepatan maka momen inersia dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$F_{\text{inertia}} = m \cdot a \quad (5)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian FEM Menggunakan ANSYS

Setelah desain sasis selesai maka dilakukan pengujian menggunakan FEM untuk mengetahui tingkat kekakuan sasis. Berikut hasil pengujian desain sasis sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengujian Displacement

Distribusi tegangan statik dan tegangan maksimum yang terjadi pada setiap pembebanan dengan cara melakukan analisis menggunakan *software autodesk inventor* [7]. *Finite Element Method* (FEM), alat yang paling berguna dalam analisis numerik karena keuntungannya. Telah banyak pengaplikasian yang bisa diselesaikan pada bidang spesifik seperti analisis tegangan, termal, dan vibrasi biasanya disebut *sebagai Finite Element Analysis* (FEA) [8]. Dari hasil *displacement* maksimal yang terjadi pada konstruksi tiap-tiap sub pengujian dilakukan bisa dilihat pada perbedaan warna rangka *chassis* dari warna biru sampai berubah menjadi merah. Bagian yang masih berwarna biru adalah bagian yang paling sedikit mengalami *displacement* dan bagian yang paling berwarna merah adalah yang paling banyak mengalami *displacement*. Bagian *displacement* yang ditunjukkan pada konstruksi sub tiap-tiap pengujian sangat kecil.

3.2 Analisis Distribusi Gaya

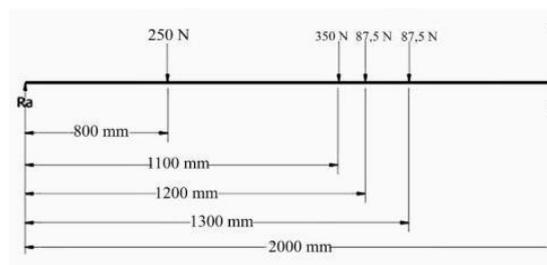
a. Perancangan *layout* beban kendaraan dan analisis pendistribusian beban

Dalam merencanakan *layout* beban pada mobil MARAPI EVO 1, dilakukan analisis pendistribusian beban. Pengujian yang dilakukan adalah simulasi pembebanan statik. Pengujian ini menggunakan salah satu perangkat lunak desain yaitu *Autodesk Inventor* yang fungsinya untuk mengukur kemampuan sasis sehingga nantinya didapatkan batasan aman bagi penumpang untuk menghindari hal yang tidak diinginkan [9]. Untuk itu, berikut spesifikasi sasis dan beban dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi sasis dan beban

KETERANGAN	UKURAN
Jarak roda depan ke tempat duduk pengemudi	800 mm
Jarak roda depan ke roll bar	1100 mm
Jarak roda depan ke penampang mesin bagian depan	1200 mm
Jarak roda depan ke penampang mesin bagian belakang	1300 mm
Jarak roda depan ke roda belakang	2000 mm
Beban pengemudi	500 N
Beban yang diterima roll bar	700 N
Beban mesin bagian depan	175 N
Beban mesin bagian belakang	175 N

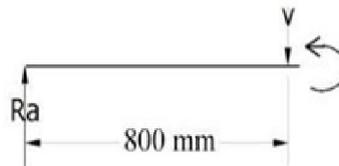
Untuk melakukan pengujian pada sasis mobil MARAPI EVO 1 dilakukan pengujian dengan distribusi beban statis seperti dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Beban Statis pada Sasis Marapi Evo 1

$$\begin{aligned}\sum f_y &= 0 \\ 0 &= R_a + R_b - 250 - 350 - 87,5 - 87,5 R_a + R_b = 775 \text{ N} \\ \sum M_a &= 0 \\ (250 \times 800) + (350 \times 1100) + (87,5 \times 1200) + (87,5 \times 1300) + (R_b \times 2000) \\ R_b &= 401,751 \text{ N} \\ R_a + R_b &= 775 \text{ N} \\ R_a &= 775 - 401,751 \text{ N} \\ R_a &= 373,125 \text{ N}\end{aligned}$$

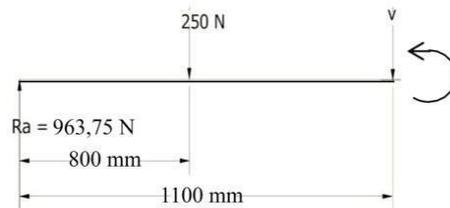
- Potongan 1 ($0 \leq x \leq 800$) dari roda depan ke tempat duduk pengemudi, lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram benda bebas potongan 1

$$\begin{aligned}\sum f_y &= 0 \quad R_a - v = 0 \quad R_a = v \\ v &= 373,125 \text{ N} \\ \sum M_a &= 0 \\ v \cdot x - m &= 0 \quad m = v \cdot x \\ m &= 373,125 \cdot x \\ M \rightarrow x=0 &= 0 \text{ N mm} \\ M \rightarrow x=800 &= 298.500 \text{ N mm}\end{aligned}$$

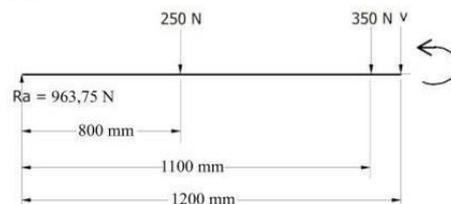
- Potongan 2 ($800 \text{ mm} \leq x \leq 1100$) dari roda depan ke roll bar, lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Benda Bebas Potongan 2

$$\begin{aligned}\sum f_y &= 0 \\ 373,125 \text{ N} - 250 \text{ N} - v &= 0 \quad v = 123,125 \text{ N} \\ \sum M_a &= 0 \quad (250 \times 800) + v \cdot x - M = 0 \quad M = 200.000 + 123,125 \cdot x \\ M \rightarrow x=800 &= 298.500 \text{ N mm} \\ M \rightarrow x=1100 &= 335.437,5 \text{ N mm}\end{aligned}$$

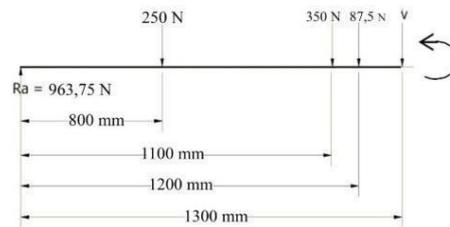
- Potongan 3 ($1100 \text{ mm} \leq x \leq 1200$) dari roda depan ke penampang mesin bagian depan, lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Benda Bebas Potongan 3

$$\begin{aligned}\sum F_y &= 0 \\ 373,125 - 250 - 350 - v &= 0 \quad v = -226,875 \text{ N} \\ \sum M_a &= 0 \\ (250 \times 800) + (350 \times 1100) + v \cdot x - M &= 0 \quad M = 585000 - 226,875 \cdot x \\ M \rightarrow x=1100 &= 335.437,5 \text{ N mm} \quad M \rightarrow x=1200 = 312.750 \text{ N mm}\end{aligned}$$

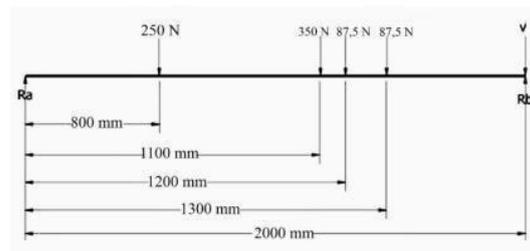
- Potongan 4 ($1200 \text{ mm} \leq x \leq 1300 \text{ mm}$) dari roda depan ke penampang mesin bagian belakang, lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Benda Bebas Potongan 4

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ 963,75 - 250 - 350 - 87,5 - V &= 0 \Rightarrow V = -314,375 \text{ N} \\ \sum M_a &= 0 \\ (250 \times 800) + (350 \times 1100) + (87,5 \times 1200) + V \cdot x - m &= 0 \\ m &\rightarrow x1200 = 312.750 \text{ N mm} \\ m &\rightarrow x1300 = 281.312,5 \text{ N mm} \end{aligned}$$

- Potongan 5 ($1300 \text{ mm} \leq x \leq 2000 \text{ mm}$) dari roda depan ke roda belakang, lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram Benda Bebas Potongan 5

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ 963,75 - 250 - 350 - 87,5 - 87,5 - V &= 0 \Rightarrow V = -401,875 \text{ N} \\ \sum M_a &= 0 \\ (250 \times 800) + (350 \times 1100) + (87,5 \times 1200) + (87,5 \times 1300) + V \cdot x - m &= 0 \\ m &\rightarrow x1300 = 281.312,5 \text{ N mm} \\ m &\rightarrow x2000 = 0 \text{ N mm} \end{aligned}$$

3.3 Analisis Traksi Total

a) Rolling resistance force

Untuk menemukan nilai *rolling resistance* digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} R_r &= f_r \cdot W \\ &= f_r \cdot m \cdot g \\ R_r &= 0,015 \times 130 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \\ R_r &= 19,11 \text{ N} \end{aligned}$$

b) Gravitational force

Parameter yang digunakan untuk menentukan nilai *gravitational force* yaitu massa benda 130 kg, gravitasi $9,8 \text{ m/s}^2$, sudut yang ditentukan sesuai aturan KMHE 2021 adalah $11,3^\circ$. Maka digunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} F_{\text{grad}} &= m \cdot g \cdot \sin(\theta) \\ F_{\text{grad}} &= 130 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times \sin 11,3^\circ \\ F_{\text{grad}} &= 249,63 \text{ N} \end{aligned}$$

c) Momen Inersia

Gaya inersia merupakan fungsi massa kendaraan (sebesar 130 kg), dan percepatan (a) dihitung terlebih dahulu. Pengujian kendaraan pada jarak 150 m membutuhkan waktu 18,75 detik sehingga percepatan

dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$-Vt^2 = Vo^2 - 2 \times a \times s$$

$$0 = (8 \text{ m/s})^2 - 2 \times a \times 150 \text{ m} = 64 \text{ m/s}^2 - 300a$$

$$a = 0,426 \text{ m/s}^2$$

Setelah didapatkan percepatan maka momen inersia dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$F \text{ inertia} = m \cdot a$$

$$F \text{ inertia} = 130 \text{ kg} \times 0,426 \text{ m/s}^2 = 55,38 \text{ N}$$

d) Traction force

Setelah melakukan analisis pada setiap gaya yang bekerja pada sasis maka dapat ditentukan traksi total dengan persamaan berikut:

$$F \text{ trac} = F \text{ drag} + F \text{ rr} + F \text{ grad} + F \text{ inertia}$$

$$F \text{ trac} = 6,096925 \text{ N} + 19,11 \text{ N} + 249,63 \text{ N} + 55,38 \text{ N} = 330,216925 \text{ N}$$

F traksi yang dimiliki sasis mobil Marapi Evo 1 sebesar 330,21 N untuk menahan beban 130 kg dan kecepatan 8m/s dinilai aman.

4. SIMPULAN

Setelah melakukan analisis dan pengujian kelayakan sasis mobil Marapi Evo 1 pada kontes mobil hemat energi 2021 dapat dinyatakan bahwa desain sasis yang dibuat layak. Bahan sasis yang digunakan adalah aluminium *hollow* dengan panjang 2000 mm dan mampu menahan beban lebih dari 200 kg. Pemilihan bahan sasis tersebut berkenaan dengan tensile strength aluminium hollow sebesar 90 Mpa. Pengujian FEM dengan menggunakan ANSYS dan pengujian gaya statis membuktikan bahwa sasis memiliki sifat yang tahan terhadap beban. Selain itu, hasil pengujian gaya traksi total sebesar 330,21 N menyatakan bahwa mobil Marapi Evo 1 mampu bermanuver dengan sangat baik saat terjadi perubahan kecepatan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Isworo, H., Ghofur, A., Cahyono, G. R., & Riadi, J. (2019). Analisis Displacement pada Chassis Mobil Listrik Wasaka. *Elemen: Jurnal Teknik Mesin*, 6(2), 94-104. doi:10.34128/je.v6i2.103
- [2] Fadila, A. (2013). Analisis Simulasi Struktur Chassis Mobil Mesin USU Berbahan Besi Struktur Terhadap Beban Statik dengan Menggunakan Perangkat Lunak ANSYS 14.5. Medan: Skripsi Teknik
- [3] Hidayat, T., Nazaruddin, N., & Syafri, S. (2017). Perancangan dan Analisis Statik Chassis Kendaraan Shell EcoMarathon Tipe Urban Concept. *Jom FTEKNIK*, 4(2), 1-6.
- [4] Laka, O., Nazaruddin, N., & Syafri, S. (2018). Perancangan dan Analisis Statik Sistem Rangka Mobil Hemat Energi Asykar Hybrid Universitas Riau. *Jom FTEKNIK*, 5(2), 1-6.
- [5] Abidin, Z., & Rama, B. R. (2015). Analisa Distribusi Tegangan dan Defleksi Connecting Rod Sepeda Motor 100CC Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 15(1), 30-39.
- [6] Juhala, M. 2014. *Improving Vehicle Rolling Resistance and Aerodynamics*. Aalto university, Finland: Woodhead Publishing Limited.
- [7] Taghavifar, Hamid. 2013. Investigating The Effect of Velocity, Inflation Pressure, And Vertical Load On Rolling Resistance Of A Radial Ply Tire. *Journal of Terramechanics* 50: 99-106.
- [8] Budarma, K., Dantes, K. R., & Widyana, G. (2016). Analisis Komparatif Tegangan Statik pada Frame Ganesha Electric Vehicles 1.0 Generasi 1 Berbasis Continuous Variable Transmission (CVT) Berbantuan Software ANSYS 14.5. *Jurnal Jurusan Pendidikan Teknik Mesin (JJPTM)*, 4(1). doi:10.23887/jjtm.v4i1.8043
- [9] Hendrawan, M. A., Purboputro, P. I., Saputro, M. A., & Setiyadi, W. (2018). Perancangan Chassis Mobil Listrik Prototype Ababil dan Simulasi Pembebanan Statik dengan Menggunakan Solidworks Premium 2016. *The 7th University Research Colloquium 2018 STIKES PKU Muhammadiyah Surakarta*, 96-105.
- [10] Akin J.E. (2009). *Finite Element Analysis Concepts via Solidworks*. Texas: Rice University