

## Desain Chassis Mobil Urban TITEN EV-2 Akibat Beban Dinamis

Muhammad Alwi Kurniawan Guhardiputra,<sup>a,\*</sup>, Muh. Nurkoyim Kustanto<sup>b</sup>, Santoso Mulyadi<sup>c</sup>, Dedi Dwilaksana<sup>d</sup>, Muhammad Trifiananto<sup>e</sup>

<sup>a,b,c,d,e</sup> Progam Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Alamat resmi Jl. Kalimantan Tegalboto-Jember 68121.

\*E-mail: nurkoyin@unej.ac.id

### Abstract

Chassis is a fundamental part of the vehicle that serves to support the overall load that works on the car. Chassis also serves to keep the car's condition remains rigid and does not experience excessive deformation and is safe when used. The selection of a strong but still lightweight material was carried out, using 6061 aluminum material. In this study, an analysis of the TITEN EV-2 urban car chassis design will be carried out under dynamic loading when braking with variations in the Chassis profile shape, namely the profile in the form of square and rectangular hollow and the distance braking is 15m. The purpose of this study is to determine the effect and optimal conditions of the design parameters in the form of a profile on the chassis of an electric car. By using the finite element method, the strength analysis of the chassis structure design can be determined by looking at the maximum stress and total deformation acting on the chassis. From the simulation results, the rectangular hollow chassis profile has a mass of 7.6 kg which is lighter than the square hollow chassis which has a mass of 9.4 kg. Rectangular hollow chassis has a maximum stress that is superior to square hollow chassis at loading distances 15 m.

**Keywords:** aluminium 6061; chassis; finite element method

### Abstrak

Chassis merupakan bagian fundamental pada kendaraan yang memiliki peran untuk menopang keseluruhan beban yang bekerja pada mobil. Chassis juga memiliki peran untuk menjaga kondisi mobil dalam kondisi kokoh dan tidak mengalami deformasi yang berlebihan serta aman saat digunakan. Pemilihan material yang kuat namun tetap ringan dilakukan dengan menggunakan material aluminium 6061. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis desain chassis mobil urban TITEN EV-2 di bawah pembebanan dinamis saat pengereman dengan variasi bentuk profil chassis yaitu profil berbentuk persegi dan persegi panjang berongga serta jarak pengereman 15 m.. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dan kondisi optimal dari parameter desain berupa profil pada chassis mobil listrik. Dengan menggunakan metode elemen hingga, analisis kekuatan desain struktur chassis dapat ditentukan dengan melihat tegangan maksimum dan deformasi total yang bekerja pada chassis. Dari hasil simulasi, profil chassis berongga persegi panjang memiliki massa 7,6 kg yang lebih ringan dibandingkan dengan chassis berongga persegi yang memiliki massa 9,4 kg. Chassis berongga persegi panjang memiliki tegangan maksimum yang lebih unggul daripada chassis berongga persegi pada jarak pengereman 15 m.

**Kata kunci:** aluminium 6061; chassis; metode elemen hingga

### 1. Pendahuluan

Data Badan Pusat Statistik mencatat pada tahun 2020 pertumbuhan mobil penumpang mencapai 15.797.746 meningkat 2 kali lipat hanya dalam 9 tahun sejak 2008 yang hanya mencapai angka 7.489.852 mobil [1]. Kebutuhan energi pada sektor transportasi masih didominasi pemenuhannya oleh bahan dari sumber yang tidak berkelanjutan. Seperti penggunaan BBM yang masih menduduki peringkat pertama di sector transportasi sisanya dipasok oleh biodiesel dan gas bumi, sementara pengguna mobil listrik belum terlalu berpengaruh dikarenakan pengguna mobil listrik yang diasumsikan masih sedikit [2].

Setiap tahun Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) diselenggarakan dengan tujuan untuk menguji kemampuan mahasiswa dalam merancang dan membangun kendaraan yang aman baik pengemudi dan orang disekitarnya, hemat konsumsi bahan bakar dan ramah lingkungan. [3]. Dalam kondisi lomba kendaraan urban concept harus dirancang sesuai dengan peraturan yang telah ditetapkan KMHE. yaitu 'stop & go driving'. Hal ini mengharuskan kendaraan untuk berhenti di setiap lap nya, oleh karena itu mobil yang dirancang haruslah memiliki ketangguhan untuk melakukan akselerasi dan mampu melakukan deselerasi dengan aman.

Chassis merupakan bagian fundamental dari kendaraan yang memiliki peran penting untuk menopang keseluruhan beban yang bekerja pada kendaraan, sehingga pembuatan dan perancangan suatu Chassis merupakan factor terpenting

dalam suatu kendaraan.

Metode yang digunakan untuk mendapatkan solusi yaitu metode elemen hingga, metode ini memiliki prinsip membagi domain, baik itu domain ruang (*spatial domain*) atau domain waktu (*time domain*), menjadi sub domain atau elemen yang lebih kecil [4]. Pengurangan berat kendaraan adalah salah satu yang paling efektif untuk mengurangi konsumsi bahan bakar dan gas rumah kaca untuk kendaraan. Hal tersebut sudah diperkirakan bahwa untuk setiap 10% berat yang dihilangkan dari berat total kendaraan, penghematan bahan bakar meningkat sebesar 7%. Untuk mencapai konstruksi yang ringan, tanpa mengurangi kekakuan [5].

Dari latar belakang tersebut penting untuk dilakukan pengkajian dan analisa mengenai desain *chassis* mobil *urban* TITEN EV-2 pada pembebanan dinamis saat dilakukan pengereman. Material yang digunakan aluminium seri 6061 dengan variasi bentuk profil *chassis* yaitu profil berbentuk *square* dan *rectangular hollow*. sehingga dapat diketahui efek dan kondisi optimal dari parameter desain dalam bentuk profil pada *chassis* mobil listrik menggunakan Metode Elemen Hingga serta agar diperoleh *chassis* yang ringan namun tetap aman ketika digunakan.

## 2. Metode penelitian

### 2.1 Properties Material Chassis

Aluminium adalah logam ringan dan penggunaan aluminium menawarkan potensi yang cukup besar untuk mengurangi berat mobil khususnya pada *chassis*. Paduan magnesium silikon (Al-Mg-Si) yang terdapat dalam Aluminium 6061 memungkinkan untuk dapat dilakukan perlakuan panas (*heat treatable*). Dari keunggulan massa yang ringan, Aluminium 6061 memiliki kemampuan meningkatkan kinerja kendaraan, meningkatkan efisiensi bahan bakar, memperpanjang jangkauan baterai dan mengurangi emisi [6] Secara lebih detail karakteristik dari material ini dapat dilihat pada Tabel 1. yakni nilai dari properti material dari aluminium 6061.

**Table 1.** Material Properti Aluminium 6061 [7]

Properties	Nilai
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	310 Mpa
<i>Tensile Yield Strength</i>	276 MPa
<i>Modulus of Elasticity</i>	68,9 GPa
<i>Density</i>	2,7 g/cc
<i>Shear Modulus</i>	26 GPa

### 2.2 Desain Chassis

Sebagai dasar untuk desain *chassis*, di samping dimensi utama *chassis* harus ditentukan. Dimensi *chassis* mengacu pada regulasi kompetisi Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) dan *Shell Eco Marathon* [8]. Dalam penelitian kali ini digunakan dua model variasi bentuk profil yakni *chassis* dengan profil *rectangular hollow* dan *chassis* dengan profil *square hollow* dengan ketebalan 1,2 mm. yang ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** (a) Desain *chassis* Profil *Rectangular*, (b) Desain *Chassis* Profil *Square*

### 2.3 Beban Pengereman

Mobil TITEN EV-2 diasumsikan dapat melakukan pengereman di lintasan lurus datar dengan jarak 15 meter dan untuk kecepatan 50 km/jam. Maka dapat diperoleh besarnya perlambatan dari jarak yang telah ditetapkan dengan perhitungan menggunakan persamaan (1):

$$a = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2 \cdot s} \tag{1}$$

Dimana:

- a = Percepatan ( $m/s^2$ )
- $v_0$  = Kecepatan Awal ( $m/s^2$ )
- $v_t$  = Kecepatan Akhir ( $m/s^2$ )
- s = Jarak (m)
- t = Waktu (Sekon)

Perlambatan Jarak Pengereman 15 m

$$a = \frac{v_t^2 - v_0^2}{2 \cdot s}$$

$$a = \frac{0 - (13,88)^2}{2 \cdot 15}$$

$$a = \frac{192,904}{30}$$

$$a = -6,43 \text{ m/s}^2$$

Berikut ini beban saat mobil mengalami pengereman, dimana terdapat dua arah pembebanan yakni arah vertical dan horizontal. Dengan diketahuinya nilai perlambatan akibat pengereman dan juga gaya gravitasi bumi maka didapat data sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Beban Saat Pengereman Pada Chassis

Beban Vertical Loading	Beban Pengereman ( $a = 6,43 \text{ m/s}^2$ )
1. $F_{Y1} = F_1 \cdot g$ = $0,25 \text{ Kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$ = $2,45 \text{ N}$	1. $F_{x1} = F_1 \cdot a_{pengereman}$ = $0,25 \text{ Kg} \cdot 6,43 \text{ m/s}^2$ = $1,6075 \text{ N}$
2. $F_{Y2} = F_2 \cdot g$ = $6 \text{ Kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$ = $58,86 \text{ N}$	2. $F_{x2} = F_2 \cdot a_{pengereman}$ = $6 \text{ Kg} \cdot 6,43 \text{ m/s}^2$ = $38,58 \text{ N}$
3. $F_{Y3} = F_3 \cdot g$ = $0,3 \text{ Kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$ = $2,94 \text{ N}$	3. $F_{x3} = F_3 \cdot a_{pengereman}$ = $0,3 \text{ Kg} \cdot 6,43 \text{ m/s}^2$ = $1,929 \text{ N}$
4. $F_{Y4} = F_4 \cdot g$ = $75,3 \text{ Kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$ = $738,69 \text{ N}$	4. $F_{x4} = F_4 \cdot a_{pengereman}$ = $75,3 \text{ Kg} \cdot 6,43 \text{ m/s}^2$ = $484,179 \text{ N}$
5. $F_{Y5} = F_5 \cdot g$ = $6 \text{ Kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$ = $58,86 \text{ N}$	5. $F_{x5} = F_5 \cdot a_{pengereman}$ = $6 \text{ Kg} \cdot 6,43 \text{ m/s}^2$ = $38,58 \text{ N}$
6. $F_{Y6} = F_6 \cdot g$ = $3 \text{ Kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$ = $29,43 \text{ N}$	6. $F_{x6} = F_6 \cdot a_{pengereman}$ = $3 \text{ Kg} \cdot 6,43 \text{ m/s}^2$ = $19,29 \text{ N}$
7. $F_{Y7} = F_7 \cdot g$ = $8 \text{ Kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$ = $78,48 \text{ N}$	7. $F_{x7} = F_7 \cdot a_{pengereman}$ = $8 \text{ Kg} \cdot 6,43 \text{ m/s}^2$ = $51,44 \text{ N}$

### 3. Hasil dan Pembahasan

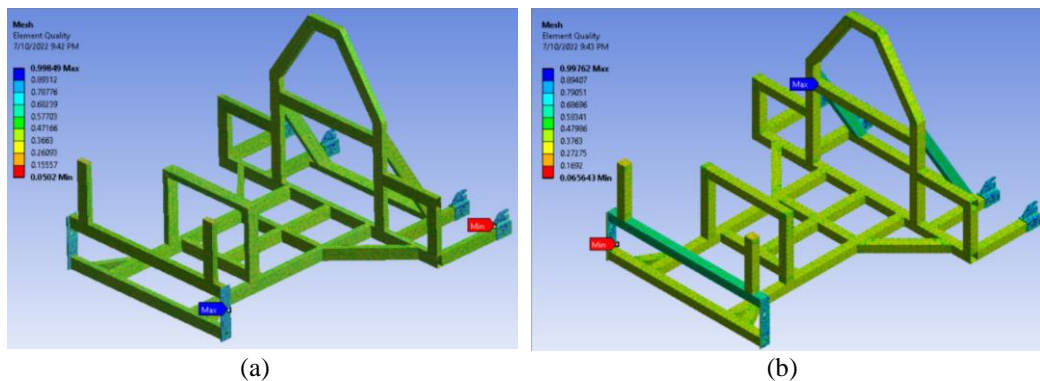
#### 3.1. Diskritisasi Pemodelan (FEA)

Proses diskritisasi domain atau geometri *chassis* menjadi elemen kecil dengan menggunakan sejumlah elemen terbatas untuk memodelkan struktur dapat terjadi kesalahan kecocokan geometri struktur dan distribusi perpindahan karena keterbatasan dari elemen yang dibentuk. Kesalahan tersebut disebut sebagai *discretization error*. Untuk mengantisipasi kesalahan dalam pengujian yang dilakukan maka dilakukan diskritisasi geometri dengan berdasarkan parameter dari *meshing* yang digunakan pada *grid independence* yang dilaksanakan sebagai validasi.



Gambar 2. Tetrahedron Element Mesh (a) Chassis Rectangular hollow, (b) Chassis Square Hollow

Penentuan diskritisasi domain struktur rangka mengacu pada model validasi, yakni berdasar pada jenis *meshing* dan kualitas *meshing* yang digunakan. Jenis *meshing* yang digunakan diseragamkan keseluruhannya menggunakan *tetrahedron element* [9]. Ukuran elemen yang digunakan yaitu 4,5 mm seperti pada Gambar 2. Berdasarkan parameter tersebut kualitas *mesh* struktur *chassis* dapat diketahui. Dari hasil diskritisasi yang ditunjukkan dalam Gambar 3. Kualitas *mesh* yang dibentuk memiliki nilai mayoritas yang baik seperti ditunjukkan dalam warna yang seragam dan nilai *element quality* yang baik. Diskritisasi dalam model tersebut memiliki sebaran kualitas elemen yang baik sehingga perbedaan kualitas elemen antar bagian yang terbentuk terjadi secara seragam atau tidak kontras. Dengan pengkondisian elemen *meshing* yang seragam hasil dari pemodelan yang dilakukan dapat lebih optimal.



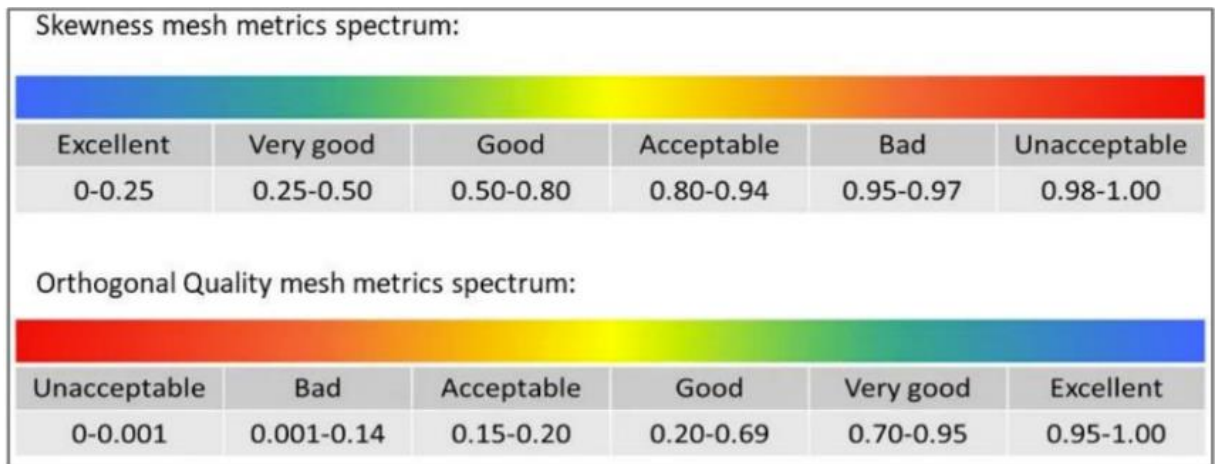
Gambar 3. Average Element Quality (a) Chassis Rectangular Hollow, (b) Chassis Square Hollow

Struktur chassis yang dimodelkan dalam penelitian ini memiliki hasil diskritisasi yang ditunjukkan dalam Tabel 3. Dengan menggunakan parameter yang seragam selama proses *meshing* maka hasil yang diperoleh dalam proses diskritisasi geometri antar model *chassis* nilainya juga seragam. Nilai hasil *mesh* yang digunakan dalam pemodelan kedua model *chassis* yang digunakan menunjukkan kualitas *average skewness* dan *orthogonal quality* dalam rentang kualitas *meshing* yang baik.

Tabel 3. Hasil Diskritisasi Model Struktur Chassis

Chassis Model	Jumlah Node	Jumlah Element	Element size (mm)	Average Skewness	Element quality	Average Orthogonal Quality	Deskripsi
Rectangular Hollow	1.460.895	726.419	4,5	0,67929	0,47561	0,32052	Good (baik)
Square Hollow	1.379.018	687.639	4,5	0,67674	0,46671	0,32308	Good (baik)

Untuk hasil diskritisasi dapat dilihat pada *spectrum* termuat pada Gambar 4. Rata rata kualitas *meshing* yang dihasilkan menunjukkan hasil pada *range* baik (*good*) berdasar pada nilai parameter *skewness* dan *orthogonal quality* keluaran dari proses diskritisasi [10].



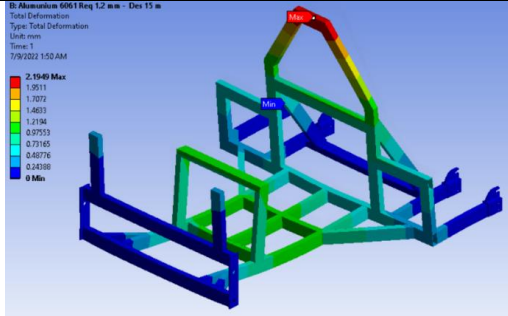
Gambar 4. Rentang Level Parameter Kualitas Mesh

### 3.2. Desain Struktur Chassis Profil Rectangular hollow dan Square Hollow

Hasil Pengujian desain struktur chassis profil *rectangular hollow* ketika dilakukan simulasi di *software Ansys Workbench R1* dengan variasi pembebanan jarak pengereman 15m. simulasi ini menghasilkan data tegangan maksimum dan deformasi total yang terjadi pada struktur *chassis*. Hasil simulasi menunjukkan besarnya nilai tegangan maksimum dan deformasi total yang terjadi pada *chassis*. Nilai tersebut dapat diketahui lokasinya dengan visualisasi yang ditunjukkan oleh gradiasi warna pada hasil simulasi di *software ansys*, dimulai dari warna biru untuk menunjukkan hasil tegangan atau deformasi yang paling kecil sampai dengan nilai terbesar yang ditunjukkan oleh warna merah. Berikut ini hasil pengujian desain struktur *chassis* profil *rectangular hollow* dengan jarak pengereman 15 m. simulasi ini menghasilkan data tegangan maksimum dan deformasi total yang terjadi pada struktur *chassis* profil *rectangular*. Data tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Tegangan Maksimum dan Deformasi Total Struktur Chassis Profil Rectangular Hollow

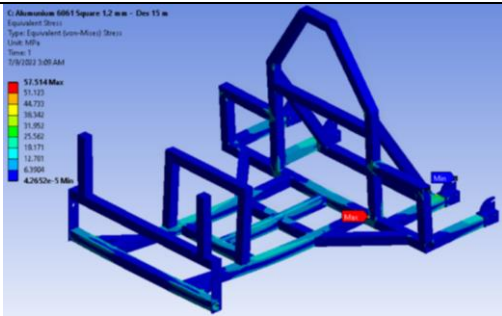
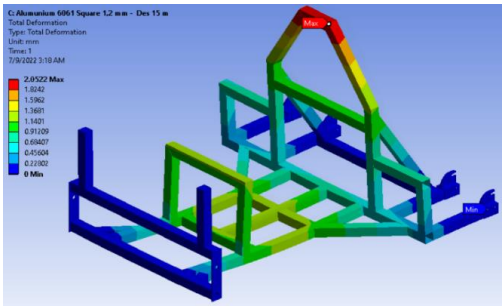
Jarak pengereman 15 m	Visual
<p>Tegangan Maksimum (Mpa)</p> <p>56,37</p>	

	
Deformasi Total (mm)	2,1

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4. pengujian simulasi pembebanan dinamis, untuk jarak pengereman 15 m diperoleh tegangan maksimum sebesar 56,37 Mpa di tempat penyangga *rollbar*. Kemudian untuk jarak pengereman 15 m *chassis* mengalami deformasi sebesar 2,1 mm dengan tempat yang sama yakni di bagian *rollbar* ditunjukkan oleh warna merah pada *chassis* dan untuk detail lokasi ditunjukkan oleh anak panah.

Berikut ini hasil pengujian desain struktur *chassis* profil *square hollow*. simulasi ini menghasilkan data tegangan maksimum dan deformasi total yang terjadi pada struktur *chassis* profil *square*. Data tersebut ditunjukkan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Tegangan Maksimum dan Deformasi Total Struktur *Chassis* Profil *Square Hollow*

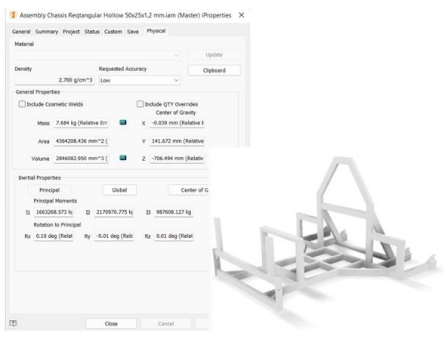
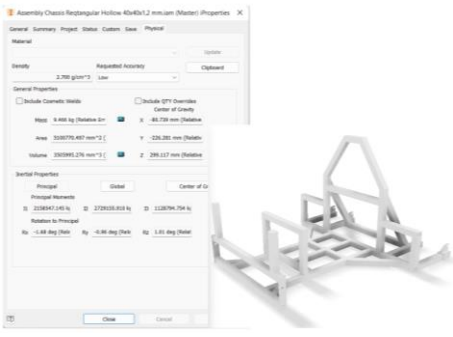
Jarak pengereman 15 m	Visual
Tegangan Maksimum (Mpa)	
Deformasi Total (mm)	

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 5 dari pengujian simulasi pembebanan dinamis, untuk jarak pengereman 15 m diperoleh tegangan maksimum sebesar 57,51 Mpa di tempat penyangga *rollbar*. Kemudian untuk deformasi sebesar 2,05 mm di bagian *rollbar* atas bagian tengah ditunjukkan oleh warna merah pada *chassis* dan untuk detail lokasi ditunjukkan oleh anak panah.

### 3.3. Perbandingan dan Analisa Massa Chassis

Dengan adanya material properties yaitu *density* dari material aluminium 6061 yang digunakan pada struktur chassis, massa dari chassis dengan profil *rectangular* dan *square hollow* bisa diketahui. Berikut ini massa dari chassis dengan profil *rectangular* dan *square hollow* setelah dilakukan proses desain sesuai dengan dimensi chassis dan parameter material yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Perbandingan Massa Chassis *Rectangular Hollow* dan *Square Hollow*

Chassis	Massa Chassis	Visual
<i>Rectan-gular Hollow</i>	7,6 kg	
<i>Square Hollow</i>	9,4 kg	

Berdasarkan data perbandingan massa chassis yang ditunjukkan pada Tabel 4.8. Chassis dengan profil *rectangular hollow* memiliki massa sebesar 7,6 kg sedangkan chassis dengan profil *square hollow* memiliki massa lebih besar jika dibandingkan dengan profil *rectangular* yaitu sebesar 9,4 kg. Chassis dengan profil *rectangular hollow* memiliki massa yang lebih ringan dikarenakan volumenya lebih kecil jika dibandingkan dengan profil *square hollow*. Massa chassis yang ringan semakin bagus jika diterapkan pada mobil hemat energi, hal ini dikarenakan nilai massa kendaraan yang lebih ringan akan meningkatkan performa kendaraan baik dalam kondisi berjalan lurus maupun saat berbelok. Dengan begitu chassis dengan profil *rectangular* memiliki keunggulan jika ditinjau dari segi massa struktur chassis.

### 4. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan simulasi struktur chassis mobil urban TITEN EV-2 dengan pembebanan dinamis saat dilakukan pengereman dapat ditarik beberapa kesimpulan:

- (1). Chassis dengan profil *rectangular hollow* memiliki tegangan maksimum terhadap pembebanan pengereman dengan jarak 15 m, sebesar 56,37 Mpa lebih kecil dibandingkan dengan profil *square hollow* yakni sebesar 57,51 Mpa.
- (2). Profil Chassis *Rectangular hollow* memiliki massa sebesar 7,6 kg lebih ringan dibandingkan dengan chassis *square hollow* yang memiliki massa 9,4 kg.

## Daftar Pustaka

- [1] Lingkar Studi Transportasi. 2018. Jumlah Kendaraan di Indonesia Periode 1949- 2018. <https://transportologi.org/data-kita/jumlah-kendaraan-di-indonesiaperiode-1949-2018/> [Diakses pada 16 Februari 2022].
- [2] Kementerian ESDM Republik Indonesia. 2019. Outlook Energi Indonesia (OEI) 2019. Jakarta: Dewan Energi Nasional.
- [3] Anggara Syinta, R. (2021). Analisis Dan Pembuatan *Chassis* Tipe Ladder Frame Mobil Kmhe *Urban Concept* Menggunakan Metode Simulasi Dan Pahl And Beitz. ENOTEK : Jurnal Energi Dan Inovasi Teknologi, 1(01), 14–18.
- [4] Tsirogiannis, E. C., Stavroulakis, G. E., & Makridis, S. S. (2019). Electric car *Chassis* for Shell Eco Marathon competition: Design, modelling and finite *element* analysis. World Electric Vehicle Journal, 10(1), 1–13.
- [5] Ghassemieh, E., 2011. Materials in Automotive Application, State of the Art and Prospects, New Trends Developments in Automotive Industry, Chiaberge, M., 978-953-307-999-8.
- [6] The Aluminum Association, Aluminum Alloys 101, The Aluminum Association [https://www.aluminum.org/sites/default/files/2021-09/AA-Infographic-Alloys-v5\\_0.jpg](https://www.aluminum.org/sites/default/files/2021-09/AA-Infographic-Alloys-v5_0.jpg). [diakses 3 Juli 2022]
- [7] Aerospace Specification Metal. Alumunium 6061-T6. <http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnu m=ma6061t6>. [diakses 14 Februari 2022].
- [8] Shell Eco Marathon, S. (2022). Shell Eco-Marathon 2022 Official Rules. Chapter I. Shell Eco Marathon, 10–27.
- [9] Prasetyo, A. B., Azmi, A. A., Pamuji, D. S., & Yaqin, R. (2018). Pengaruh Perbedaan Mesh Terstruktur dan Mesh Tidak Terstruktur Pada Simulasi Sistem Pendinginan Mold Injeksi Produk Plastik. Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi XIV Tahun 2019 (ReTII), 2018(November), 400–406
- [10] Ansys Learning Forum, What is The Source of Mesh Quality Spectrum, 2020. Website: <https://forum.ansys.com/discussion/12577/what-is-the-source-of-mesh-quality-spectrum>, diakses pada 10 November 2021.