

PERANCANGAN DAN ANALISIS *BRACKET* BATERAI *PACK* BIS LISTRIK MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

*Tsaqif Al Farrel Ghazali¹, Ismoyo Haryanto², Ojo Kurdi³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

³Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Semarang 50275, Telp. +62247460059Sudharto, SH., Tembalang-

*E-mail: al.farrel.ghazali16@gmail.com; **ismoyo2001@yahoo.de

Abstrak

Bracket baterai *pack* merupakan komponen yang perlu diperhatikan karena berfungsi untuk menopang baterai *pack*. Baterai *pack* sebagai komponen utama yang memiliki massa besar memerlukan *bracket* dengan struktur yang cukup kuat untuk menahan beban dari baterai *pack* saat bus listrik digunakan. Untuk mendapatkan desain struktur *bracket* yang kuat, diperlukan perancangan dan analisis pembebanan dengan metode elemen hingga menggunakan *software* ANSYS 2020R1. Perancangan dilakukan dengan menentukan desain *requirement* dan mengumpulkan referensi model *bracket*. Beberapa model *bracket* yang telah dirancang diseleksi untuk menentukan model *bracket* yang akan dikembangkan dan dianalisis. Analisis metode elemen hingga dilakukan untuk mendapatkan tegangan *von-mises*, deformasi, dan *factor of safety* dari struktur *bracket* baterai *pack* dengan variasi profil C, I, dan *hollow* dan ketebalan 3mm dan 5mm. Material yang digunakan adalah *Stainless Steel* jenis SUS201. *Bracket* digunakan untuk menahan beban dari dua buah baterai *pack* dengan massa masing-masing sebesar 215 Kg. Massa *bracket* yang didapat untuk masing-masing ketebalan 3mm dan 5mm sebesar 23,00 Kg dan 55,30 Kg pada profil C, 32,70 Kg dan 50,20 Kg pada profil I, serta 46,70 Kg dan 72,30 Kg pada profil *hollow*. *Von-mises stress*, *factor of safety*, dan massa *bracket* digunakan untuk menentukan jenis *bracket* yang cocok digunakan.

Kata kunci: *bracket*; deformasi; faktor keamanan; metode elemen hingga; tegangan *von-mises*

Abstract

The battery pack bracket is a component that needs attention because it functions to support the battery pack. Battery pack as the main component that has a large mass requires a bracket with a structure that is strong enough to withstand the load from the battery pack when the electric bus is used. To obtain a strong bracket structure design, it is necessary to design and load analysis using the finite element method using ANSYS 2020R1 software. The design was conducted by determining design requirements and collecting bracket model references. Several bracket models which have been designed are selected to determine the bracket models to be developed and analyzed. Finite element analysis was carried out to obtain values of the *von-mises stress*, deformation, and safety factor of the battery pack bracket structure with variations of C, I, and hollow profiles and 3mm and 5mm thickness. The material used is *Stainless Steel* type SUS201. The bracket is used to support the load of two battery packs with a mass of 215 kg each. The mass of the bracket obtained for each thickness of 3mm and 5mm is 23.00 Kg and 55.30 Kg in profile C, 32.70 Kg and 50.20 Kg in profile I, and 46.70 Kg and 72.30 Kg in hollow profile. The value of *von-mises stress*, *factor of safety*, and bracket mass are used to determine the type of bracket that is suitable for use.

Keywords: *bracket*; deformation; factor of safety; finite element method; *von-mises stress*

1. Pendahuluan

Pemerintah Indonesia melakukan proses manufaktur bus yang bertujuan menyukseskan acara KTT G20 di Bali [1]. Penggunaan bus listrik sebagai bentuk perhatian untuk mengatasi masalah lingkungan akibat polusi udara yang disebabkan tingginya angka kendaraan bermotor sebagai penunjang mobilitas[2]. Hal ini dikarenakan kendaraan listrik memiliki karakteristik *zero-emission* dan polusi udara yang rendah [3]. Dalam proses manufaktur tentunya harus memperhatikan faktor kualitas dan keamanan. Seperti halnya pada *chassis* yang berperan penting untuk menopang komponen kendaraan, penumpang, serta beban statis maupun dinamis [4].

Salah satu komponen yang perlu diperhatikan adalah *bracket* baterai *pack* karena berfungsi untuk menopang salah satu komponen utama pada kendaraan listrik, yaitu baterai *pack*. Baterai *pack* memiliki massa yang cukup besar sehingga

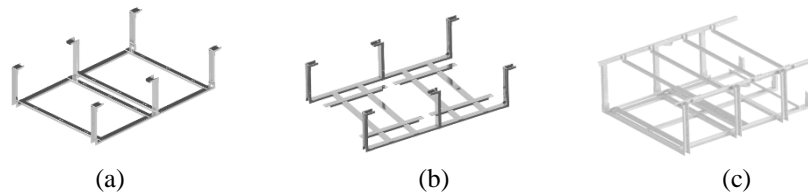
diperlukan struktur *bracket* yang cukup kuat untuk menahan beban dari baterai *pack*. Dalam melakukan perancangan struktur, perlu untuk mengetahui *grade* suatu material. Seperti material yang tahan korosi, namun memiliki kekuatan dan kelenturan yang cukup, dengan mengetahui hal tersebut, suatu rancangan struktur akan memiliki hasil deformasi tidak berlebihan dan tidak terjadi fraktur [5].

Studi dilakukan untuk menentukan desain struktur *bracket* yang optimal menggunakan metode elemen hingga. Metode elemen hingga sangat efektif untuk pemecahan masalah dengan geometri yang kompleks [6], bahkan solusi untuk masalah tegangan dengan struktur yang rumit dapat diperoleh dengan mudah dengan metode elemen hingga [7]. Analisis dilakukan menggunakan bantuan *software* elemen hingga karena keunggulan dari metode ini, yaitu tidak diperlukan *prototype* benda yang akan dianalisis sehingga dapat menghemat biaya [8]. Uji pembebanan menggunakan elemen hingga bertujuan untuk mengetahui tegangan yang dapat ditahan oleh struktur *bracket* dan material yang akan digunakan [9].

2. Bahan dan Metode Penelitian

Dalam melakukan perancangan *bracket* baterai *pack* melalui beberapa proses yaitu menentukan *design requirement*, membuat konsep desain, dan seleksi konsep desain. *Requirement* yang dibutuhkan dalam perancangan *bracket* baterai *pack* adalah mampu menahan beban hingga 12700N, *bracket* diletakkan di bawah *chassis*, mampu menopang dua unit baterai *pack*, kemudahan akses pada pemasangan dan perawatan baterai, serta menggunakan material yang ringan.

Berdasarkan spesifikasi yang ditentukan, terdapat beberapa konsep desain untuk diseleksi dan nantinya desain akan dilakukan pengembangan.



Gambar 1. (a) Desain 1, (b) Desain 2, (c) Desain 3

Tabel 1. Spesifikasi konsep desain

Spesifikasi	Desain 1	Desain 2	Desain 3
Panjang (mm)	1498	1498	1328
Lebar (mm)	996	996	1106
Tinggi (mm)	476	476	497
Massa (Kg)	23,00	27,75	41,80

Seleksi konsep desain berdasarkan penilaian dari beberapa kriteria. Kriteria yang dinilai yaitu massa, kemudahan produksi, kemudahan perawatan, dan jumlah komponen. Serta poin penilaian berupa nilai 1 (*poor*), 2 (*medium*), dan 3 (*good*).

Tabel 2. Kriteria penilaian

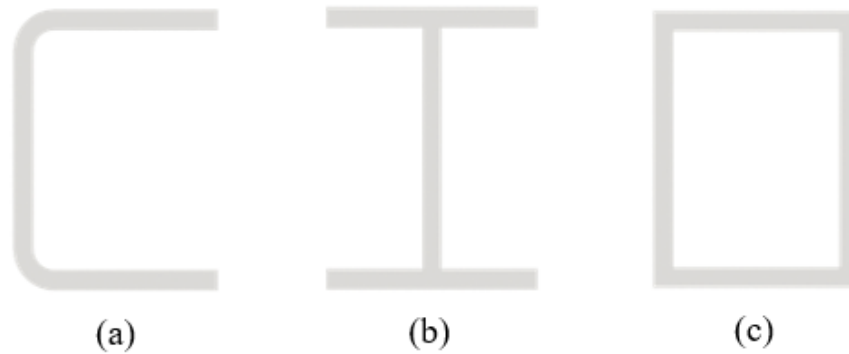
Spesifikasi	Poor	Medium	Good
Massa (Kg)	$X \geq 35$	$25 \leq X < 35$	$15 \leq X < 25$
Jumlah komponen	$X \geq 50$	$35 \leq X < 50$	$20 \leq X < 35$

Untuk kriteria kemudahan produksi dan kemudahan perawatan mengikuti dari jumlah komponen, dengan asumsi apabila jumlah komponen makin banyak maka akan sulit untuk diproduksi dan dilakukan perawatan.

Tabel 3. Skoring konsep desain

Kriteria Seleksi	Bobot	Desain 1		Desain 2		Desain 3	
		Rating	Skor	Rating	Skor	Rating	Skor
Massa	30%	3	0,9	2	0,6	1	0,3
Mudah Diproduksi	20%	3	0,6	3	0,6	2	0,4
Perawatan Mudah	30%	3	0,9	3	0,9	2	0,6
Jumlah Komponen	20%	3	0,6	3	0,6	1	0,2
Total Skor			3		2,7		1,5
Peringkat			1		2		3
Kelanjutan			Dikembangkan		Tidak ada		Tidak ada

Pada penelitian ini menggunakan material jenis SUS 201, serta terdapat tiga variasi profil yang digunakan yaitu C, I, serta *hollow* dan dua variasi ketebalan yaitu 3mm dan 5mm.

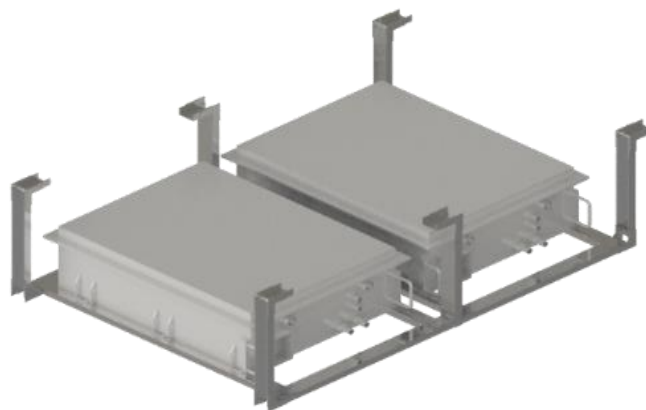


Gambar 2. (a) Profil C, (b) Profil I, (c) Profil *Hollow*

Tabel 4. *Mechanical Properties* SUS201

No.	<i>Mechanical Properties</i>	Nilai	Satuan
1.	<i>Young Modulus</i>	2,10E+05	MPa
2.	<i>Shear Modulus</i>	7,7E+04	MPa
3.	<i>Poison's Ratio</i>	0,3	-
4.	<i>Density</i>	7,8E-06	Kg/mm ³
5.	<i>Yield Strength</i>	275	MPa
6.	<i>Tensile Strength</i>	520	MPa

Perancangan desain model 3D *bracket* baterai *pack* menggunakan *software* CAD berdasarkan data ukuran yang didapatkan. *Software* CAD yang digunakan yaitu Autodesk Inventor 2020.

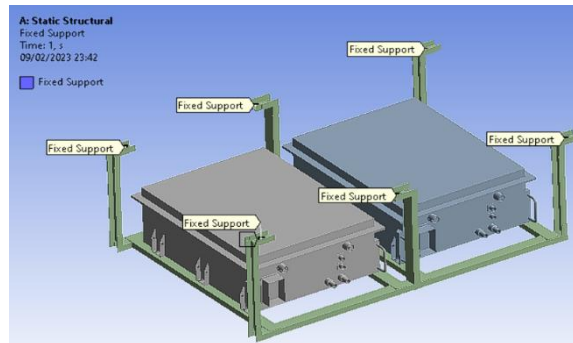


Gambar 3. *Bracket* Baterai *Pack*

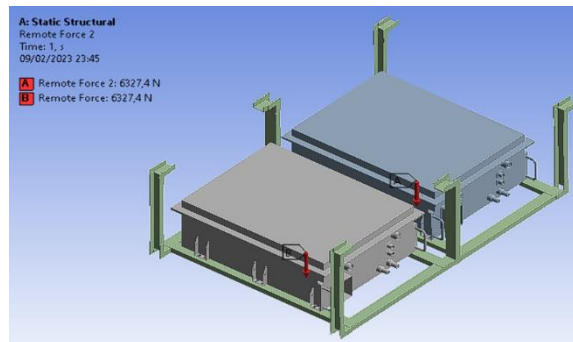
Simulasi uji pembebanan dengan metode elemen hingga terdapat tiga tahapan, yaitu *pre-processing*, *solution*, dan *postprocessing* [10]. *Software* yang digunakan yaitu ANSYS 2020 R1 untuk mengetahui dari tegangan *von-mises*, deformasi, dan faktor keamanan.

1. Pengaturan *engineering data*
 Pada tahapan ini untuk mendefinisikan *mechanical properties* pada material yang digunakan yaitu SUS201
2. *Meshing*
 Tahapan ini merupakan pembagian komponen yang akan dianalisis menjadi elemen-elemen yang lebih kecil [11]. Dalam menentukan ukuran dan jenis elemen, bentuk dan ukuran geometri, tipe analisis, dan lama waktu komputasi menjadi tiga hal utama yang perlu diperhatikan dalam proses *meshing* [12]
3. Uji Konvergensi
 Uji konvergensi bertujuan untuk memastikan bahwa penggunaan ukuran elemen *mesh* telah sesuai dan hasil simulasi dapat diterima. Uji konvergensi dilakukan dengan grafik ukuran elemen terhadap tegangan *von-mises*
4. *Boundary condition*

Pemberian kondisi batas berupa *fixed support* dan pembebanan sebesar massa baterai dikalikan dengan tiga kali percepatan gravitasi [13] yaitu $215\text{Kg} \times 3 \times 9,81\text{m/s}^2$ untuk masing-masing bagian penahan baterai *pack*



Gambar 4. Fixed Support



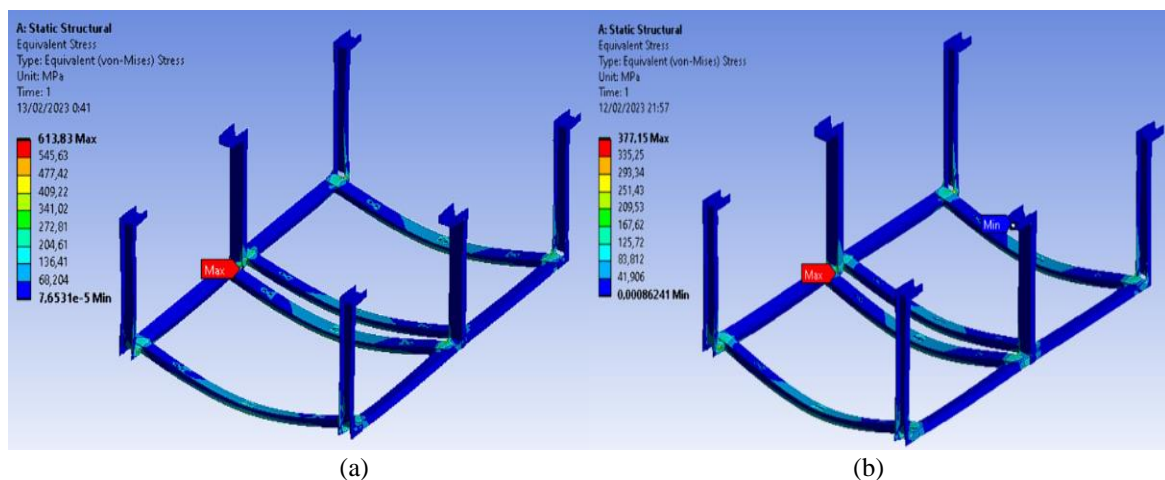
Gambar 5. Letak Pembebanan

5. Evaluasi hasil
 Melakukan evaluasi terhadap hasil uji pembebanan berupa tegangan *von-mises*, deformasi, dan faktor keamanan

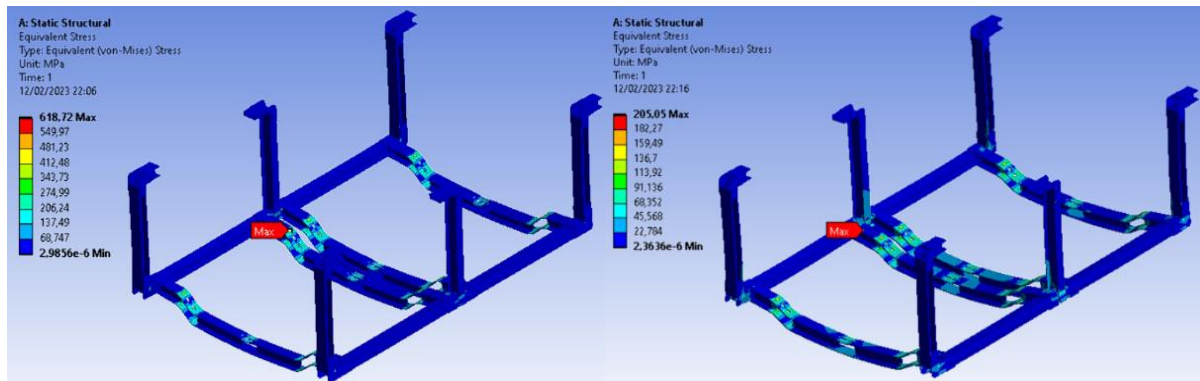
3. Hasil dan Pembahasan

Bracket yang telah didesain dan didefinisikan materialnya, kemudian dilakukan perhitungan massa dengan Inventor. *Bracket* dengan profil C memiliki massa 23,00 Kg untuk tebal 3mm dan 55,30 Kg untuk tebal 5mm, pada profil I memiliki massa sebesar 32,70 Kg untuk tebal 3mm dan 50,20 Kg untuk tebal 5mm, dan massa pada profil *hollow* sebesar 46,70 Kg untuk tebal 3mm dan 72,30 Kg untuk tebal 5mm.

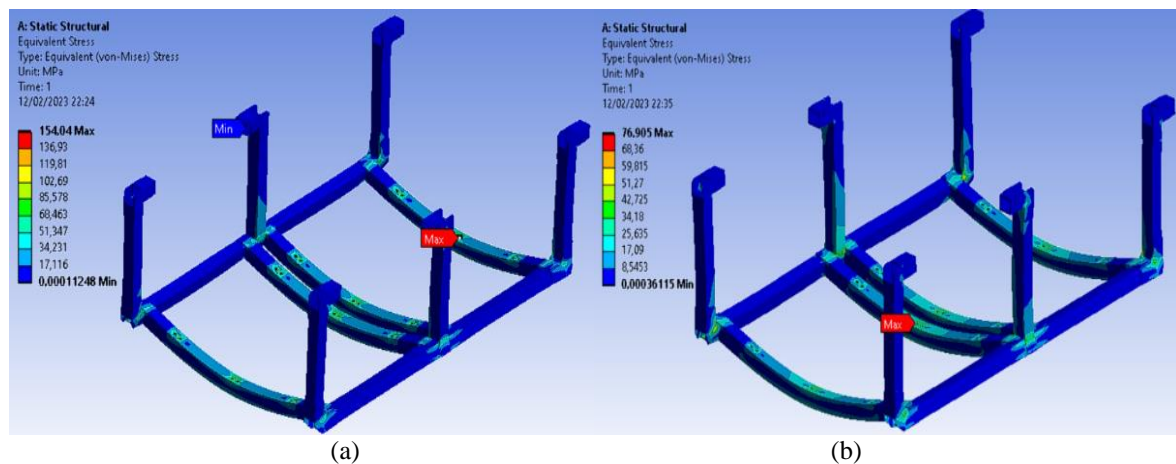
Tegangan *von-mises* digunakan untuk memutuskan apakah material ulet akan gagal (patah) apabila dibebani sama dengan atau lebih besar dari batas luluh material [14]. Berdasarkan hasil uji pembebanan, didapatkan tegangan *von-mises* pada struktur profil C sebesar 613,83 MPa untuk ketebalan 3mm dan 377,15 MPa untuk ketebalan 5mm, pada profil I sebesar 618,72 MPa untuk ketebalan 3mm dan 205,05 MPa untuk ketebalan 5mm, pada profil *hollow* sebesar 154,04 MPa untuk ketebalan 3mm dan 76,90 MPa untuk ketebalan 5mm.



Gambar 6. Tegangan *Von-Mises* pada Profil C (a) 3mm, (b) 5mm



(a) (b)
Gambar 7. Tegangan *Von-Mises* pada Profil I (a) 3mm, (b) 5mm



(a) (b)
Gambar 8. Tegangan *Von-Mises* pada Profil *Hollow* (a) 3mm, (b) 5mm

Deformasi merupakan perubahan bentuk, ukuran, dan volume yang terjadi pada bagian structural akibat pembebanan yang terjadi. Pada hasil uji pembebanan menunjukkan, deformasi yang terjadi pada profil C sebesar 6,45mm untuk ketebalan 3mm dan 3,55mm untuk ketebalan 5mm, pada profil I sebesar 2,44mm untuk ketebalan 3mm dan 0,93mm untuk ketebalan 5mm, serta pada profil *hollow* sebesar 0,64mm untuk ketebalan 3mm dan 0,37mm untuk ketebalan 5mm.

Factor of safety merupakan faktor yang digunakan untuk melakukan evaluasi keamanan pada suatu rancangan konstruksi apabila diberikan pembebanan. *Factor of safety* yang baik dalam melakukan perancangan konstruksi yaitu harus lebih besar dari satu [15].

Tabel 3. *Factor of Safety* pada *Bracket*

Profil C		Profil I		Profil <i>Hollow</i>	
3mm	5mm	3mm	5mm	3mm	5mm
0,44	0,73	0,44	1,34	1,78	3,57

4. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil simulasi menunjukkan struktur *bracket* dengan profil C 3mm, profil C 5mm, dan profil I 3mm tidak aman untuk digunakan karena memiliki *factor of safety* lebih kecil dari satu. Besar *factor of safety* yang dimiliki oleh struktur dengan profil C 3mm sebesar 0,45, dengan tegangan *von-mises* sebesar 613,83 MPa dan deformasi 6,45mm, struktur profil C 5mm sebesar 0,73, dengan tegangan *von-mises* sebesar 377,15 MPa dan deformasi 3,55mm, serta struktur profil I 3mm sebesar 0,44, dengan tegangan *von-mises* sebesar 618,72 MPa dan deformasi 2,44mm.

Struktur *bracket* dengan profil I 5mm, profil *hollow* 3mm, dan profil *hollow* 5mm memiliki *factor of safety* lebih besar dari satu, sehingga aman untuk digunakan. *Factor of safety* pada struktur dengan profil I 5mm sebesar 1,34, dengan tegangan *von-mises* sebesar 205,05 MPa dan deformasi 0,93mm, struktur profil *hollow* 3mm sebesar 1,78, dengan tegangan *von-mises* sebesar 154,04 MPa dan deformasi 0,64mm, serta struktur profil *hollow* 5mm sebesar 3,57, dengan tegangan *von-mises* sebesar 76,90 MPa dan deformasi 0,37mm.

Profil *hollow* dengan ketebalan 3mm merupakan struktur yang tepat untuk *bracket* baterai *pack* karena memiliki massa yang paling kecil yaitu 46,70 Kg, dibandingkan dengan struktur lainnya yang memiliki *factor of safety* lebih besar dari satu yaitu profil I 5mm sebesar 50,20 Kg dan profil *hollow* 5mm sebesar 72,30 Kg.

5. Daftar Pustaka

- [1] Kompas.com. “Menhub Pastikan 30 Bus Listrik Merah Putih Siap Digunakan Saat G20”, <https://www.kompas.com/properti/read/2022/07/18/080000521/menhub-pastikan-30-bus-listrik-merah-putih-siap-digunakan-saat-g20> , diakses: 15 September 2022.
- [2] Nandhakumar, S dkk. (2021). *Weight Optimization and Structural Analysis of an Electric Bus Chassis Frame. Material Today: Proceedings*. Vol 37, pp.1824-1827.
- [3] Yang, Z dkk. (2018). *A Study on Finite Element Analysis of Electric Bus Frame for lightweight Design. MATEC Web of conferences*. Vol 175, pp.1-4.
- [4] Satrijo, D dkk. (2020). Analisa Statik dan Optimasi Size Chassis Bus Medium dengan Metode Elemen Hingga, *ROTASI*, 22(4), pp.272-281.
- [5] Callister, W. D. (2007). *Material Science and Engineering:an Introduction*. 7th ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- [6] Takeyama, K dkk. (2017). *Variable Inertia Method: A Novel Method for Mantle Convection Simulation. New Astronomy*. Vol 50, pp.82-103.
- [7] Novak, M., Dolšak, B. (2008). *Intelligent FEA-Based Design Improvement. Engineering Applications of Artificial Intelligence*. Vol 21, pp.1239-1254.
- [8] Kumar, A. H., Deepanjali, V. (2016). *Design & Analysis of Automobile Chassis. International Journal of Engineering and Innovative Technology*. Vol 5, no.1, pp.187-196.
- [9] Dhillon, J. S dkk. (2014). *Design of Engine Mount Bracket for a FSAE Car Using Finite Element Analysis. Journal of Engineering Research and Applications*, 4(9), pp. 74-81.
- [10] Hutton, D. V. (2004). *Fundamentals of Finite Element Analysis*. New York: The McGraw-Hill, Inc.
- [11] Yusra, A., Haryanto, I. Jamari. (2012). Analisa Kontak Elastis Antar *Hemispheres* Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Rotasi*, 10(1), pp.1-5.
- [12] Gokhale, N. S dkk. (2008). *Practical Finite Element Analysis*. Finite To Infinite
- [13] Morello, L dkk. (2011). *The Automotive Body: System Design*. Volume II. Springer Dordrecht Heidelberg London New York.
- [14] Dey, A. K. “*Introduction to Von Mises Stress Concept*”, <https://whatispiping.com/von-mises-stress/#> , diakses: 14 Mei 2023
- [15] Irawan, A. P. (2009). *Diktat Elemen Mesin. Teknik Mesin. Universitas Tarumanegara. Jakarta Barat*.