

Analisis Statis Desain *Chassis* Kendaraan Listrik 2 Penumpang

Deni Bagus Prasetya^{*}, Wirawan Sumbodo dan Rizki Setiadi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang (UNNES),
Gunungpati, Semarang 50229

*E-mail: dennybagus94@students.unnes.ac.id

Diajukan: 14-11-2023; Diterima: 13-12-2023; Dipublikasi: 22-12-2023

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan sebuah rancangan *chassis* kendaraan listrik yang aman dan nyaman. Metode penelitian yang digunakan adalah metode *Research And Development (R&D)* dengan bantuan perangkat lunak (*software*) yang mampu untuk pembuatan suatu model dalam bentuk gambar 3 dimensi, dalam hal ini *software* yang digunakan adalah *Autodesk Inventor 2019*. *Autodesk Inventor 2019* dapat menguji konstruksi *chassis* yang dapat mengetahui nilai *Von-Misses Stress*, *Displacement* dan *Safety Factor* pada konstruksi frame kendaraan listrik. Dari hasil analisis perancangan *chassis* kendaraan listrik diperoleh hasil pengujian yang dilakukan secara perhitungan komputer dimana angka dari tiap-tiap bagian yang diuji nilai *safety factor* sangat aman.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa desain *chassis* yang dibuat adalah jenis *ladder frame* yang dapat digunakan untuk kendaraan listrik 2 penumpang. Material yang digunakan dalam tahap penelitian adalah Besi *Hollow ASTM A 500* yang memiliki nilai *Von-misses stresses* 5.52×10^7 Pa. Nilai *Displacement* 0.141 mm. Dan nilai *Safety factor* 4.875. Pada tahap fabrikasi di lapangan lebih memilih material Besi *Hollow ASTM A 500* alasannya karena memiliki nilai *yield strength* yang tidak jauh dengan material *Steel Aisi 1035*. Dan alasan lainnya yaitu karena Besi *Hollow ASTM A 500* memiliki nilai *safety factor* yang sudah di atas angka 4.

Kata kunci: Analisis Tegangan Statis; *Design*; *Chassis Ladder Frame*; Kendaraan Listrik

Abstract

The aim of this research is to obtain a safe and comfortable electric vehicle chassis design. The research method used is the Research and Development (R&D) method with the help of software which is capable of creating a model in the form of a 3-dimensional image, in this case the software used is Autodesk Inventor 2019. Autodesk Inventor 2019 can test the chassis construction. can find out the value of Von-Misses Stress, Displacement and Safety Factor in electric vehicle frame construction. From the results of the analysis of electric vehicle chassis design, test results were obtained using computer calculations where the numbers for each part tested had very safe safety factor values.

The results of this research show that the chassis design created is a ladder frame type that can be used for 2-passenger electric vehicles. The material used in the research stage was ASTM A 500 Hollow Iron which has a Von-misses stress value of 5.52×10^7 Pa. Displacement value 0.141 mm. And the Safety factor value is 4,875. At the fabrication stage in the field, we prefer ASTM A 500 Hollow Iron material because it has a yield strength value that is not far from that of Aisi 1035 Steel material. And another reason is because ASTM A 500 Hollow Iron has a safety factor value that is above 4.

Keywords: *Static Stress Analysis*; *Design*; *Chassis Ladder Frame*; *Electric Vehicle*

1. Pendahuluan

Transportasi adalah perpindahan manusia atau barang dari satu ke tempat lain dengan menggunakan sebuah kendaraan yang digerakkan oleh mesin ataupun manusia. Transportasi, baik publik maupun pribadi telah menjadi bagian yang penting dari kehidupan kita sehari-hari [1]. Salah satu bentuk transportasi adalah kendaraan mobil. Pada umumnya kendaraan mobil menggunakan mesin pembakaran dalam. Mesin pembakaran dalam ini mempunyai kelemahan polusi udara yang dihasilkan. Pada perkembangannya kendaraan mobil telah menggunakan teknologi listrik untuk meminimalkan polusi udara yang dihasilkan. Kendaraan listrik adalah kendaraan yang digerakkan dengan motor listrik dengan menggunakan energi listrik yang disimpan dalam baterai. Penggunaan kendaraan listrik dirasa sangat efektif selain tidak menimbulkan polusi udara dan konstruksi mesin yang lebih sederhana.

Setiap kendaraan mobil pastinya memiliki sebuah *chassis*. *Chassis* adalah berasal dari istilah Perancis yang digunakan untuk berkonotasi pada bagian rangka atau struktur dasar kendaraan. *chassis* dianggap sebagai salah satu struktur paling signifikan dari sebuah mobil [2]. Pernyataan tersebut juga di perkuat dengan pernyataan *Chassis* merupakan bagian terpenting dari kendaraan apapun [3]. Peran utamanya adalah menyediakan kendaraan dengan struktur utama di mana semua komponen lainnya dapat diperbaiki. *Chassis* merupakan bagian yang sangat terpenting karena berfungsi sebagai tempat tumpuan utama *body* dan komponen lain pada kendaraan [4]. Pendapat tersebut juga diperkuat dengan pernyataan *chassis* adalah bagian terpenting pada kendaraan (tulang punggung) yang harus mempunyai kekuatan untuk menahan semua beban [5].

Pada kendaraan listrik memiliki beberapa jenis *chassis* tergantung pada jenis kendaraan dan kegunaannya. Jenis *chassis* yang sering digunakan kendaraan listrik adalah *chassis ladder frame* yaitu dua batangan panjang yang menyokong kendaraan dan menyediakan dukungan yang kuat dari berat beban dan umumnya berdasarkan desain angkut. *Chassis* pada kendaraan mobil merupakan komponen utama dan sangat penting, dimana *chassis* ini memiliki beban berat seperti *axle*, kemudi untuk mengatur arah kendaraan, roda, ban dan rem untuk menghentikan kendaraan saat berjalan [6]. Menentukan pembebanan pada *chassis* merupakan faktor yang paling utama dalam mengetahui kekuatan *chassis*. Pembebanan yang lebih besar akan menyebabkan *chassis* mudah mengalami *fatigue* dan akan mempercepat umur *chassis*. Oleh karena itu menentukan material yang digunakan dan analisis struktur yang merupakan hal utama dari kekokohan mobil listrik.

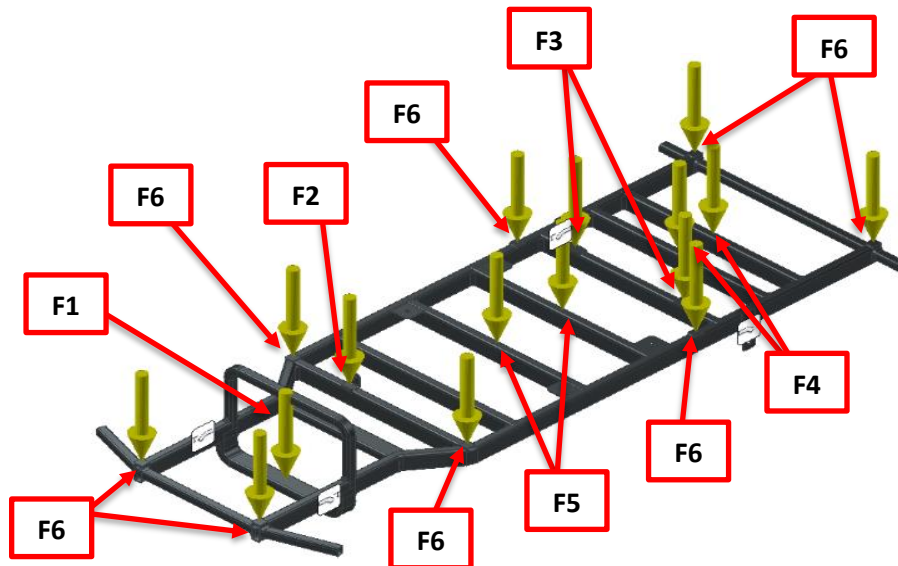
Hal utama dalam perancangan yang perlu di perhatikan adalah mengenai keselamatan atau *safety factor* dari komponen tersebut sebelum mendiskusikan mengenai performa atau kualitas komponen yang digunakan [7]. Pada perancangan *safety factor* ada beberapa hal yang harus diperhatikan seperti data material, posisi pembebanan, metode pengukuran dan lain-lain. Pada *chassis* bagian bawah (*main frame*) dipilih karena banyaknya komponen dan pembebanan lainnya yang jika dilakukan pengubahan konstruksi akan menyebabkan distribusi beban berubah. Maka dari itu *chassis* harus tahan terhadap guncangan, puntiran, getaran, dan tekanan lainnya untuk memberikan kenyamanan dan keamanan bagi penumpang kendaraan [8].

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengurangi polusi udara dengan cara mengurangi pembakaran pada mesin dan menggunakan mobil listrik. *Chassis* yang cocok dalam pembuatan mobil listrik 2 penumpang adalah *chassis Ladder Frame*. Jenis *chassis* ini merupakan jenis yang lebih mudah dan kokoh ketika di produksi. Tak hanya itu, konstruksi *ladder frame* juga memberikan *ground clearance* (dimensi kolong mobil) lebih tinggi serta lebih fleksibel dan kuat untuk menahan beban. *Software* yang dipakai untuk membuat desain 3 dimensinya adalah *Autodesk Inventor 2019* dikarenakan mudah dalam pengoperasiannya, banyak referensi dan sudah terintegrasi dengan *software CAD* lainnya seperti *Catia*, *Solidwork* dan *Auto CAD*.

2. Material dan metodologi

Material yang dipilih dalam analisis harus mampu bertahan terhadap kondisi lingkungan [9]. Kemudian pernyataan tersebut juga diperkuat dengan pernyataan *Chassis* akan mengalami berbagai jenis gaya selama bergerak, dan *chassis* harus tetap utuh dan seharusnya menjadi kaku untuk menyerap getaran, juga harus menahan suhu tinggi [10]. Pemilihan material *chassis* adalah hal yang paling penting pada saat merancang sebuah kendaraan. Salah satu hal yang penting dalam perancangan kendaraan adalah memilih material yang tepat sesuai dengan tujuan konstruksi kendaraan. Pemilihan material yang tepat akan membuat konstruksi sebuah komponen menjadi lebih baik. *Steel AISI* dalam segala bentuk adalah material yang paling banyak digunakan dalam pembuatan *chassis* kendaraan, tetapi dalam beberapa tahun terakhir mulai ada material lain yang digunakan. Jadi material yang digunakan sebagai bahan perbandingan penelitian

ini adalah material *steel AISI 1035* [11], material besi *hollow ASTM A 500* [12], material aluminium *alloy AA 6063-T6* [13] dan [14] dengan spesifikasi terlihat pada tabel 1.



Gambar 1. Desain Chassis Ladder Frame

Tabel 1. Material Properties

Nama Material	Modulus young	Yield strength	Ultimate strength	Density
<i>Steel AISI 1035</i>	120.52 GPa	370 MPa	585 MPa	7.86109 g/cm ³
Besi <i>Hollow ASTM A 500</i>	120.52 GPa	268.896 MPa	310.264 MPa	7.86109 g/cm ³
<i>Aluminium Alloy AA 6063-T6</i>	67.9823 GPa	169.67 MPa	214.8 MPa	2.7 g/cm ³

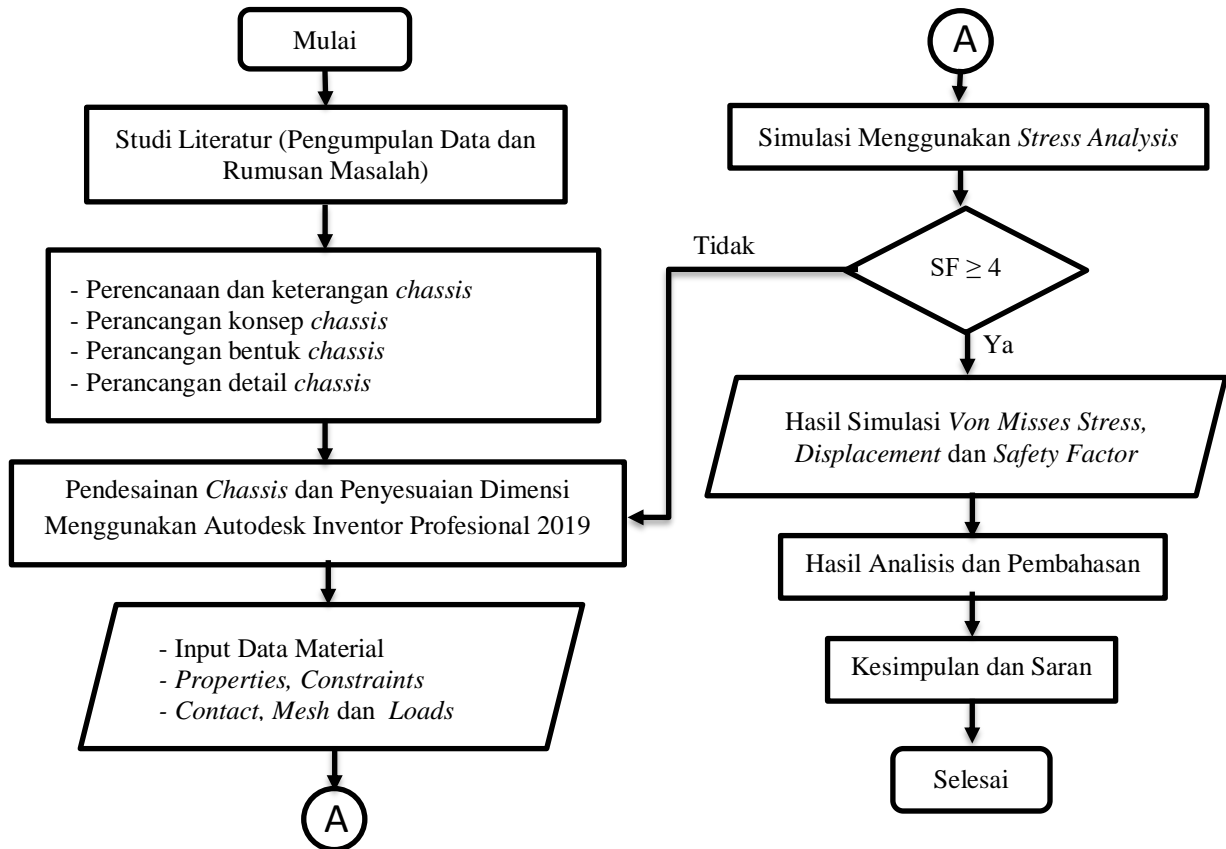
Tabel 2. Detail Desain Chassis Ladder Frame

No	Material dan Dimensi	Spesifikasi
1.	Material	<i>Steel AISI 1035</i> , Besi <i>Hollow ASTM A 500</i> dan <i>Aluminium Alloy AA 6063-T6</i>
2.	<i>Rectangular Long member</i>	80x40x4 mm
3.	<i>Square Cross Member</i>	40x40x4 mm
4.	<i>Square Body</i> Kendaraan	20x20x2 mm
5.	Panjang	2900,00 mm
6.	Lebar	900,00 mm

Tabel 3. Pembebanan pada Chassis

Beban	Komponen	Beban
F1	Dudukan <i>Steering</i>	60 N
F2	Dudukan Kemudi	20 N
F3	Dudukan <i>Sock Absorber</i>	100 N
F4	Dudukan Baterai	350 N
F5	Dudukan Jok dan Penumpang	1570 N
F6	Dudukan <i>Body</i> Kendaraan	389,8 N

Jenis penelitian ini menggunakan jenis *Research and Development (R&D)* dengan model pengembangan simulasi. Metode jenis penelitian dan pengembangan (*Reseach and Development*) adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan sebuah perancangan, dimana dalam perancangan tersebut mengetahui sebuah rancangan yang akan diuji. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan pembahasan

Penelitian dilakukan dengan mendesain dan mensimulasikan tegangan *von mises stress*, *displacement* dan *safety factor* pada *chassis* untuk mengetahui tingkat keamanannya. Dari desain yang telah dibuat *chassis* dapat digunakan untuk menampung 2 orang penumpang dan komponen pendukung pada kendaraan. Desain *chassis* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain 3D Model Chassis Kendaraan Listrik

Tabel 4. Hasil *Stress Analysis* pada Desain *Chassis Ladder Frame*

Material	Von Misses Stress		Displacement		Safety Factor	
	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
steel AISI 1035	0,175 Pa	5.53 x 10 ⁷ Pa	0 mm	0,141 mm	6,689	15
	0,162 Pa	5.52 x 10 ⁷ Pa	0 mm	0,141 mm	4,875	15
	0,217 Pa	5.53 x 10 ⁷ Pa	0 mm	0,250 mm	3,067	15
Besi Hollow ASTM A 500	0,162 Pa	5.52 x 10 ⁷ Pa	0 mm	0,141 mm	4,875	15
	0,217 Pa	5.53 x 10 ⁷ Pa	0 mm	0,250 mm	3,067	15
	0,217 Pa	5.53 x 10 ⁷ Pa	0 mm	0,250 mm	3,067	15
Aluminium Alloy AA 6063-T6	0,217 Pa	5.53 x 10 ⁷ Pa	0 mm	0,250 mm	3,067	15
	0,217 Pa	5.53 x 10 ⁷ Pa	0 mm	0,250 mm	3,067	15
	0,217 Pa	5.53 x 10 ⁷ Pa	0 mm	0,250 mm	3,067	15
Jenis	Chassis Ladder Frame					
Dimensi Chassis	P = 2900,00 mm		L = 900,00 mm		T = 445,00 mm	

Nilai *safety factor* untuk material Besi Hollow ASTM A 500 lebih rendah dari nilai *safety factor* pada material Steel AISI 1035 karena *yield strength* yang lebih rendah. Namun Besi Hollow ASTM A 500 telah mencapai *safety factor* sudah di atas angka 4, sehingga sudah dapat digunakan sebagai bahan untuk struktur *chassis ladder frame*. Kemudian untuk material Aluminium Alloy AA 6063-T6 belum layak dipakai karena memiliki nilai *safety factor* masih di bawah angka 4.

Desain *chassis ladder frame* untuk penelitian ini dapat dirancang dengan sistem kemudi dengan jenis *rack and pinion*, suspensi depan berjenis *Mac Pherson*, pegas belakang dengan menggunakan jenis pegas daun dan menggunakan *sock absorber* yang digunakan sebagai peredam dan penggerak motor listrik. Validasi desain digunakan untuk menentukan nilai persentase perbedaan antara perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan komputer dan perhitungan menggunakan rumus manual.

$$Sf = \frac{\text{Yield Strength}}{\text{Tegangan Von Misses}} \quad (1)$$

Tabel 4. Hasil *Stress Analysis* pada Desain *Chassis Ladder Frame*

Material	Hasil Safety Factor		Presentase (%)
	Komputasi	Manual	
steel AISI 1035	6,689	6,689	> 5%
Besi Hollow ASTM A 500	4,875	4,875	> 5%
Aluminium Alloy AA 6063-T6	3,067	3,067	> 5%

Analisis material Steel AISI 1035 menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor 2019 menunjukkan *safety factor* sebesar 6,689, sedangkan *safety factor* diperhitungan manual sebesar 6,689. Dari hasil ini, dapat melihat bahwa kesalahannya (nilai *error*) kurang dari 5%. Tingkat kesalahannya untuk penelitian ini kurang dari 5% dinyatakan masih pada batas wajar [15].

Analisis material Besi Hollow ASTM A 500 menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor 2019 menunjukkan data *safety factor* besarnya 4,875, sedangkan *safety factor* di perhitungan manual besarnya 4,875. Dari hasil ini, dapat melihat bahwa kesalahannya (nilai *error*) kurang dari 5%. Tingkat kesalahannya untuk penelitian ini kurang dari 5% terbilang masih pada batas yang wajar.

Analisis material Aluminium Alloy AA 6063-T6 menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor 2019 menunjukkan data *safety factor* besarnya 3,067, sedangkan *safety factor* di perhitungan manual sebesar 3,067. Dari hasil ini, dapat melihat bahwa kesalahannya (nilai *error*) kurang dari 5%. Tingkat kesalahannya untuk penelitian ini kurang dari 5% masih bisa dinyatakan dalam batas yang wajar.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan untuk merancang dan menganalisis kekuatan *chassis ladder frame* kendaraan listrik dua penumpang maka ditarik kesimpulan sebagai berikut: Jenis *chassis* yang digunakan adalah tipe *chassis ladder frame* dengan spesifikasi panjang *chassis* 2900,00 mm, lebar *chassis* depan 615,00 mm, lebar *chassis* tengah 900,00 mm, lebar *chassis* belakang 900,00 mm, jarak sumbu roda 1900,00 mm dan sebuah persegi panjang bagian samping 80x40x4 mm, *square cross* member 40x40x4 mm dan rangka bodi 20x20x2 mm. Kontruksi *chassis* ini dapat digunakan untuk *chassis* kendaraan listrik dua penumpang *Chassis Ladder Frame* pada tahap hasil penelitian memiliki tegangan *Von Misses* dengan nilai minimum material Besi *Hollow ASTM A 500* adalah 0,162 Pa dan nilai maksimum 5.52×10^7 Pa. Nilai *Displacement* minimumnya 0 mm, dan nilai *Safety Factor* minimumnya 4,875.

Daftar Pustaka

- [1] Chinnamaddaiah, K., Y. Lakshmi pathi., P. R. Raju dan S. B. Modelling and Structural Analysis of a Go-Kart Vehicle Chassis Frame. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*. 2017. 8(6): 305-311.
- [2] Rastogi, S., dan L. P. Singh. Structural, Material and Modal Analysis of Ashok Leyland 2516 Model Truck Chassis using ANSYS 14.0. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. 2019. 6(8): 226-233.
- [3] S, A. B., B. R. V., A. D dan A. A. Design and Analysis of Space Frame Chasis for Formula Student Race Car. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. 2018. 7(6): 1-5.
- [4] Roby, D. W. Utama dan N. Eddy. Optimasi Massa Rangka Kendaraan Elektrik Pengangkut Sampah Dengan Simulasi Metode Elemen Hingga. *POROS*. 2014. 12(1): 66-73.
- [5] Mulyanto, S., W. Anhar., N. Huda dan A. Susanto. Rancang Bangun Chasis Kendaraan Hemat Energi Satu Silinder. *Jurnal Polimesin*. 2021. 19(1): 69-73.
- [6] Isworo, H., A. Ghofur., G. R. Cahyono dan J. R. S. Analisis Displacement pada Chassis Mobil Listrik Wasaka. *Jurnal Teknik Mesin*. 2019. 6(2): 94-104.
- [7] Nur, R. dan M. A. Suyuti. Perancangan Mesin-Mesin Industri. Yogyakarta: Deepublish Publisher. 2017.
- [8] Goel, G., R. Garg., T. Ranjan., P. Soni dan B. P. Structural and Modal Analysis of a Ladder Frame Chassis. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2016. 11(23): 13599-13603.
- [9] Sandeep, M., P. J. Kumar dan A. Abinay. Design, Analysis and Fabrication of Ekokart Chassis Frame. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD)*. 2018. 8(6): 905-926.
- [10] P, P. K. Prajwal. M., V. Muralidharan dan G. Madhusudhana. Design and Analysis of a Turbular Space Frame Chassis of a High Performance Race Car. *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*. 2014. 3(2): 497-501.
- [11] A, D. I., M. K., A. A. O dan A. T. M. Investigating the Quality and Conformity of Carbon Steel AISI 1035 under Varying Heat Treatment Conditions. 2nd International Conference on Sustainable Materials Processing and Manufacturing (SMPM 2019). 2019. 1111-1116.
- [12] Purnomo, A., Y. Burhanuddin dan S. Harun. Perancangan dan Pembuatan Struktur Mekanik Sistem Inspeksi Visi. *Jurnal FEMA*. 2014. 2(1): 52-57.
- [13] Yahya, M. M., N. Mallik dan I. Chakrabarty. Life Prediction of Low Cycle Fatigue Behavior in Rotating Cantilever Beam of Al- alloy AA 6063-T6 at Room Temperature. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 2018. 5(11): 95-103.
- [14] Anonim. Alloy Data Sheet En-Aw 6063 [AlMg0.7Si] (Type: General extrusion alloy). Utrecht: Hunter Douglas Company (2). 2017.
- [15] Sabardiyanto dan N. Iskandar. Analisis Mekanik Screw Conveyor Tubular Diameter 200 mm dengan Autodesk Inventor. *Jurnal Teknik Mesin*. 2016. 4(2): 178-186.