



Analisis Statik Chassis Mobil Listrik Jenis Ladder Frame Dengan Batang Struktur Honeycomb Berbahan Aluminium Alloy Dengan Bantuan Software Solidworks

Yulistia Diana Meti, Marsono, M Pramuda Nugraha

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, ITENAS Bandung
Jl. PHH Mustafa No.23 Bandung 40124
Email: yulistiadm25@gmail.com

Abstrak

Dalam penelitian ini, Chassis mobil listrik jenis ladder frame dengan batang struktur honeycomb berbahan aluminium alloy dirancang dan di analisis statik untuk mengukur kekuatan chassis mobil listrik jenis city car. Ladder frame adalah salah satu dari sekian banyak jenis chassis yang ada. Jenis chassis ladder frame ini yang paling sederhana dan biasa digunakan untuk konstruksi chassis mobil truk dan bus dalam penelitian ini menggunakan metoda perancangan eksperimental dengan mendapatkan chassis ladder frame untuk jenis mobil city car yang memiliki dimensi chassis $P \times L \times T$ (4187,7 mm \times 1700 mm \times 361 mm) dengan Massa 31,44 kg. Dengan pemilihan material menggunakan aluminium 6061 – T6 dilakukan analisis statik diperoleh tegangan maksimum yang terjadi 46.96 Mpa, Defleksi maksimum sebesar 2,096 mm dan faktor keamanan minimum sebesar 6.

Kata kunci : Mobil listrik, ladder frame , struktur honeycomb, aluminium hollow, simulasi statik

1. Pendahuluan

Mobil listrik adalah mobil yang digerakan dengan motor listrik menggunakan energi listrik yang disimpan dalam sebuah baterai penggunaan mobil listrik terbilang efektif karena tidak menimbulkan polusi udara dan energi yang digunakan ramah lingkungan dan konstruksi mesin yang lebih sederhana.[10] Dengan perkembangan energi terbarukan memanfaatkan energi listrik menjadi pilihan utama untuk mengurangi kehabisan energi berbahan fosil dan pemanasan global yang diakibatkan oleh polusi udara [1]

Salah satu kelebihan utama mobil listrik adalah efisiensi dalam bobot yang ringan dan konstruksi mesin yang tidak rumit salah satu komponen yang sangat penting ialah chassis untuk mendapatkan bobot mobil yang ringan tetapi memiliki kekuatan yang kuat untuk menompang seluruh komponen dan penumpang[2]

Chassis adalah bagian bawah bodi kendaraan termasuk ban, mesin, rangka, driveline dan suspensi. Rangka adalah bagian terpenting dari sebuah mobil listrik karena pada bagian ini semua komponen dan penumpang di letakan.[8] Dari jumlah komponen tersebut, rangka memberikan dukungan yang diperlukan untuk kendaraan komponen yang ditempatkan di atasnya dan harus cukup kuat untuk menahan guncangan, putaran, getaran, dan tekanan lainnya.[1] Chassis otomotif atau chassis mobil membantu untuk menjaga mobil tetap kaku dan lentur. Penggunaan material yang ringan tetapi masih memiliki kekuatan yang baik untuk diaplikasikan pada Chassis.[9] Chassis memastikan tingkat kebisingan, getaran, dan kekerasan yang rendah komponen mobil. [3]

Ladder frame adalah salah satu dari sekian banyak jenis chassis yang ada. Jenis chassis ladder frame ini yang paling sederhana dan digunakan untuk konstruksi chassis mobil truk dan bus material yang sering digunakan pada jenis chassis ini adalah material baja yang menyebabkan mobil menjadi lebih berat dan boros dalam penggunaan energi. Semakin ringan kerangka kendaraan semakin kecil kerja dari mesin sehingga pemakaian bahan



bakar menjadi sedikit. Adapun langkah untuk mendapatkan material yang ringan, maka dilakukan pergantian material menggunakan aluminium alloy menggunakan batang struktur honeycomb. struktur honeycomb merupakan Salah satu cara untuk menambah kekuatan dari aluminium alloy. [4]

Tujuan pada penelitian ini ialah terutama mengetahui kekuatan chassis jenis ladder frame untuk mobil listrik city car dengan cara melakukan simulasi stres analisis menggunakan software solidworks & mendapatkan bentuk chassis mobil listrik jenis ladder frame untuk city car dengan material Aluminium alloy dengan batang struktur honeycomb, umumnya pada chassis jenis ini berbentuk seperti tangga yang hanya lurus dan memiliki batang menyilang secara diagonal 90 derajat biasanya digunakan untuk mobil truk dan bus. Dalam penelitian ini dibuat mempunyai sudut 45 derajat yang simetris sehingga mempunyai ruang untuk menyimpan batre, sehingga tidak mempengaruhi ruang untuk penumpang maupun komponen lainnya. Disisi lain, penelitian ini bertujuan untuk menemukan pengembangan jenis ladder frame yang sederhana bisa digunakan untuk mobil listrik city car. Penelitian ini pun masih berada pada tahap awal perancangan dan studi literatur dan skala percobaan, belum sampai pada tingkat produksi dalam skala industri.

2. Metode penelitian

Metode dalam penelitian ini ada tiga langkah, yaitu – Analisis Teoritis, Membuat spesifikasi teknis, Membuat model 3-D, Simulasi stress analisis (statik)

2.1. Analisis secara teoritis

Chassis jenis ladder frame biasanya digunakan untuk kendaraan besar seperti truk dan bus, dengan konstruksi menyerupai tangga yang dianggap sebagai balok dengan penyangga rol yang sesuai dengan roda depan dan roda belakang.

Beban total yang bekerja pada chassis diambil sebagai jumlah dari berat mesin dan bodi, dan kapasitas chassis. Dengan konsep mekanika kekuatan material gaya reaksi, gaya geser, dan momen lentur beban yang bekerja dianggap terdistribusi.

2.2. Membuat spesifikasi teknis

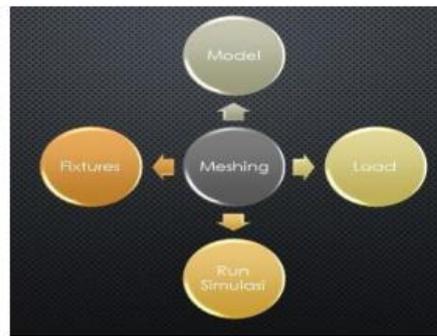
Perancangan dan pembuatan produk adalah dua kegiatan menunggal artinya, rancangan hasil kerja perancangan tidak ada gunanya jika rancangan tersebut tidak dibuat sebaiknya pembuat tidak dapat merealisasikannya benda tanpa terlebih dahulu dibuat gambar rancangannya.

2.3. Membuat model 3-D

Pemodelan 3 dimensi untuk memberikan gambaran bentuk struktur chassis dan menjalankan proses simulasi pada software solidworks. Proses pemodelan menggunakan metode assembly dibuat dari beberapa part struktur yang kemudian di gabung menjadi sebuah model yang utuh dan menjadi parameter utama untuk melakukan proses simulasi.

2.4. Finite Element Modelling (FEM)

Finite element modelling (FEM) ialah proses simulasi dan analisis 3-D (tiga dimensi) menggunakan perangkat lunak [4] Metode analisis numerik bisa disebut FEA, digunakan untuk memecahkan masalah dalam banyak ilmu teknik mesin dari yang sederhana hingga yang kompleks. Solidworks simulasi ialah implementasi dari FEA yang bertujuan untuk memecahkan masalah rekayasa desain seperti : perpindahan panas, tegangan, frekuensi getaran, defleksi dan aliran fluida [7]. Sebelum melakukan simulasi terlebih dahulu membuat dan mengedit geometri model, kemudian langkah langkah simulasi dapat dilihat pada



Gambar 1.

2.5. Spesifikasi Material

Aluminium alloy 6061- T6 yang dipilih pada perancangan ini dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Spesifikasi Material Chassis

Property	Aluminium Alloy 6061-T6
<i>Yield strength [MPa]</i>	275
<i>Elastic modulus [MPa]</i>	690000
<i>Poisson's ratio</i>	0,33
<i>Mass density [g/mm³]</i>	2700
<i>Tensile strength [MPa]</i>	310

2.6. kriteria perancangan & spesifikasi chassis

Kriteria perancangan didapat dari kebutuhan perancangan yang akan di konversikan menjadi sebuah spesifikasi teknis yang selanjutnya diwujudkan dalam hasil perancangan berdasarkan kebutuhan/target yang akan dicapai maka dibuat spesifikasi teknis seperti pada tabel 2

Tabel 2. Kriteria Perancangan chassis

No	Spesifikasi	Penyataan yang di Peroleh
1	<i>Geometry</i>	Dimensi <i>chassis</i> harus mampu menampung jumlah penumpang 4 orang
2	Performa Mobil Listrik	Top Speed 140 Km/jam Batre 72 Volt Jarak Tempuh 200 Km Motor Listrik 15 Kw Ringan
3	Material	<i>Yield strength</i> yang baik dengan minimum 270 Mpa Ringan
4	Keselamatan	Defleksi minimum kurang dari 5 mm Safety factor > 1,5
5	Produksi	Mudah Dalam Proses Pemesinan (Cutting, gerinda dan bor) Mudah Dalam Proses Pemesinan & Manufaktur

Dalam penelitian ini, selain kriteria perancangan memiliki target awal yaitu dimensi chassis dapat dilihat pada tabel 2 dan memiliki target performa chassis yang menjadi acuan menentukan berat dari beberapa komponen-komponen yang ada pada chassis dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 2. Dimensi chassis

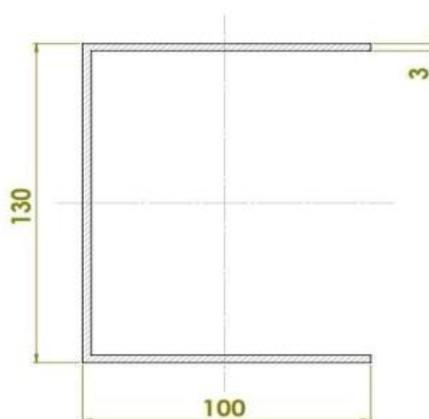
<i>Dimension (mm)</i>		
No	Nama bagian	Ukuran
1	<i>Overall Length</i>	4187,7 mm
2	<i>Overall width</i>	1700 mm
3	<i>Wheel base</i>	3337,76 mm

Tabel 3. Beban Komponen pada chassis

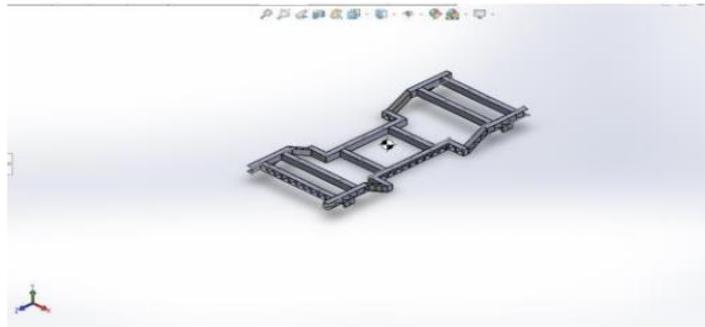
Rancangan Beban Komponen chassis			
No	Nama bagian	Ukuran	
1	Baterai	Volt	36 volt x2 Pack 72 Volt (Rangkaian seri)
		Berat Baterai	330 Kg
2	Motor 15 kW BLDC	<i>Top Speed</i>	1000 – 2000 Rpm
		<i>Rated power</i>	200 W-20,00 W
		Berat Motor	39 kg dengan
			Penambahan controller jadi 69 kg

2.7. Model chassis

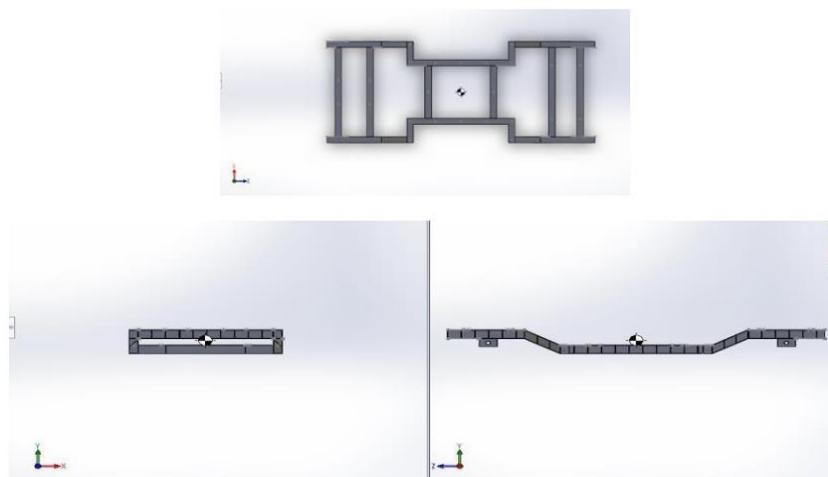
Model chassis menggunakan penampang custom yaitu 130 mm x 100 mm x 3 mm yang dibuat model menggunakan software solidworks 2017. Model tiga dimensi chassis jenis ladder frame dengan menggunakan penampang tipe C. dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Dimensi & Bentuk penampang tipe C



Gambar 3. Model Chassis Isometri



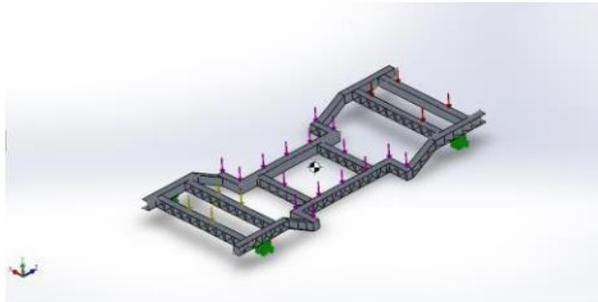
Gambar 4. Model Chassis Proyeksi Amerika

2.8. Simulasi Pada Software Solidworks

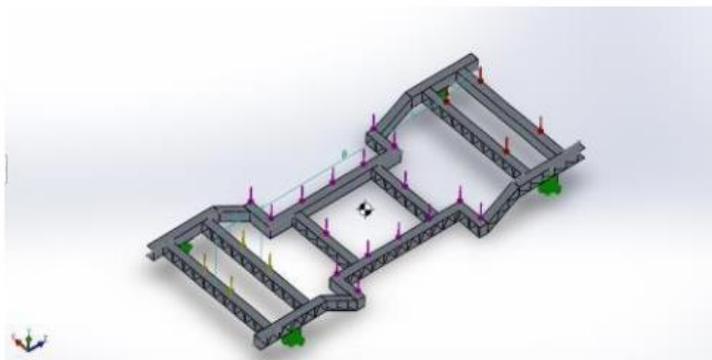
Proses simulasi statik bertujuan untuk mengetahui ketahanan chassis terhadap pembebanan yang diberikan oleh komponen-komponen yang berada pada chassis. Simulasi pada solidworks memiliki 3 tahap, yang pertama adalah fixtures (Tumpuan). Posisi tumpuan berjumlah 4 titik yang mewakili roda kendaraan jenis tumpuan ialah fix geometry yang berfungsi menghubungkan semua struktur chassis dapat dilihat pada gambar 6, proses selanjutnya load (Pembebanan) dalam pembebanan diwakili oleh panah force (gaya) dibagi menjadi 24 titik force (gaya) pada struktur chassis dengan cara menentukan terlebih dahulu sambungan yang di pilih untuk assembly komponen mobil listrik dengan chassis.

Diasumsikan 24 titik dengan membagi 3 sektor yaitu A (depan) terdapat beban motor listrik 30 kg = 382,59 N dan inventer 39 kg = 294,3 N dengan total beban sektor A = 676,89 N dibagi menjadi 4 titik gaya dengan 1 gaya sebesar 169,22 N, sektor B (Tengah) terdapat beban baterai 330 kg = 3237,3 N, beban penumpang dengan jumlah penumpang 4 orang 320 kg = 3139,3 N dan beban body 40 kg = 392,4 N dengan total beban pada sektor B = 6770,6 N dibagi menjadi 16 titik dengan 1 titik gaya 418,76 N dan untuk sektor C (Belakang) terdapat beban bagasi kendaraan dengan total beban 300 kg = 2943 N dibagi menjadi 4 titik gaya dengan 1 titik gaya 735,75 kg. Dapat dilihat pada gambar 7

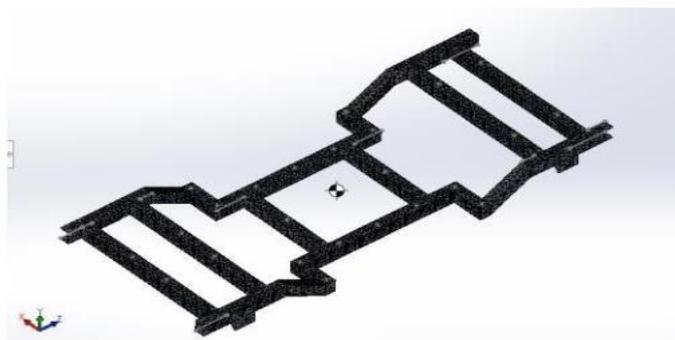
dan selanjutnya proses meshing (Pembagian struktur chassis menjadi bagian kecil) yang berfungsi untuk memastikan tegangan yang terjadi sampai dengan komponen kecil chassis. Dapat pada gambar 8



Gambar 6. Proses simulasi pada software solidworks



Gambar 7. Proses simulasi pada software solidworks



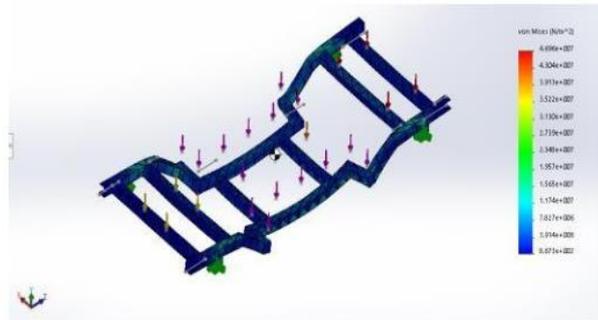
Gambar 8. Proses simulasi pada software solidworks

3. Hasil dan Pembahasan

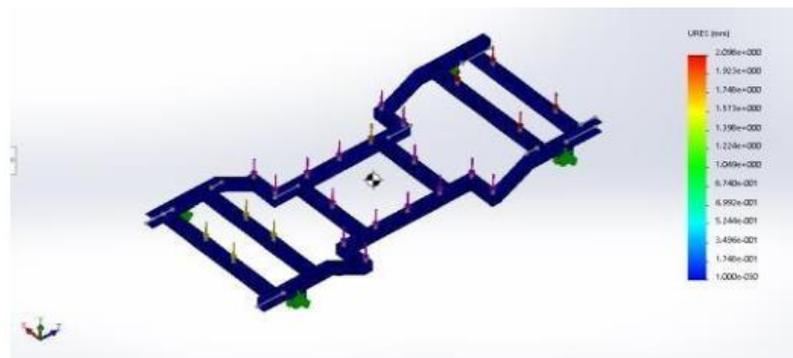
3.1. Hasil Simulasi Analisis Statik

Setelah melakukan simulasi menggunakan software solidworks 2017 dengan terlebih dahulu dibuat model 3 dimensi dengan menerapkan material Aluminium Alloy 6061-T6. Menghasilkan tegangan maksimum terjadi pada daerah peyambungan komponen mobil listrik dengan chassis dan pada sambungan tiap struktur chassis yang menggunakan metode assembly. Dapat dilihat dari hasil simulasi terdapat perubahan warna pada biru

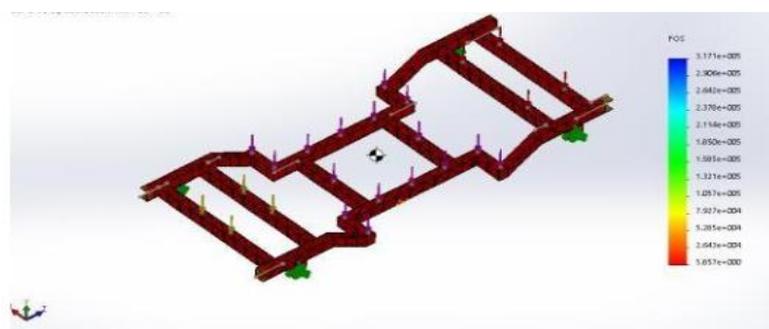
tua menjadi biru muda yang menandakan terjadi konsentrasi tegangan maksimum pada daerah komponen chassis dapat dilihat pada gambar 9, defleksi yang terjadi pada hasil simulasi dipilih pada titik minimum karena berlawanan arah sumbu positif yang menandakan terjadi perubahan pada struktur chassis yaitu lendutan pada gambar 10 dan faktor keamanan (safety factor) diambil nilai minimum yang terjadi dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 9. Hasil Simulasi tegangan Chassis material Aluminium alloy 6061-T6



Gambar 10. Hasil Simulasi defleksi Chassis material Aluminium alloy 6061-T6



Gambar 11. Hasil Simulasi safety factor Chassis material Aluminium alloy 6061-T6

Dari hasil simulasi dapat mengetahui efek pembenan yang diterima oleh chassis dengan material baja Aluminium alloy 6061-T6 dapat dilihat pada tabel 4 & 5 sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil simulasi stress analis chassis material Aluminium alloy 6061-T6

Model	Material	Tegangan Yang Terjadi (σ) [MPa]	Defleksi Yang Terjadi (δ) [MPa]	Safety Factor (<i>sf</i>)
1	Aluminium alloy 6061-T6	46,96 Mpa	2,096 mm	6

Tabel 5-Berat chassis materil Aluminium alloy 6061-T6

Model	Material	Berat Chassis Keseluruhan(kg)	Berat Chassis Tanpa Struktur Tambahan (kg)
1	Aluminium alloy 6061-T6	31,44	31,44

3.2. Pembahasan

Model chassis pada penelitian ini jenis ladder frame (tangga) dimana jenis ini umum digunakan untuk jenis kendaraan truk dan bis, dalam penelitian ini membuat rancangan chassis jenis ladder frame (tangga) di peruntukan untuk city car dengan parameter tegangan maksimum (von misses), defleksi dan faktor keamanan (safety factor). Dari hasil perancangan model dan simulasi statik, material Aluminium alloy 6061-T6 dan memiliki berat total 31,44 kg dengan hasil simulasi statik tegangan maksimum 46,96 Mpa. Dengan tegangan maksimum terjadi pada daerah peyambungan komponen mobil listrik dengan chassis dan pada sambungan tiap struktur chassis yang menggunakan metode assembly. Dapat dilihat dari hasil simulasi terdapat perubahan warna pada biru tua menjadi biru muda yang menandakan terjadi konsentrasi tegangan maksimum salah satu faktor yang mempengaruhi tegangan maksimum ialah momen inersia penampang dimana bentuk penampang & dimensi. Selanjutnya defleksi yang terjadi menggunakan hasil minimum yaitu 2,096 mm dan safety faktor 6. Dapat dilihat pada tabel 4 & tabel 5. Hasil rancangan ini sesuai dengan kriteria perancangan yang sudah di tetapkan.

4. Kesimpulan

Dari hasil perancangan chassis mobil listrik jenis ladder frame menggunakan Aluminium alloy 6061-T6 dengan metode pembuatan custom memudahkan dalam proses pembuatan chassis. Dari hasil perancangan mendapatkan model chassis dengan spesifikasi Material Aluminium alloy 6061-T6, Dimensi P x L x T (4187,7 mm x 1700 mm x 361 mm), Wheelbase 3212,77 mm dan Massa 31,44 kg. Rencana model chassis ini digunakan untuk city car dengan spesifikasi teknis tersebut mampu menampung jumlah penumpang 4 orang dengan mengahsumsikan berat 1 orang 80 kg. Dari hasil simulasi kekuatan chassis dalam hasil simulasi menghasilkan parameter utama yaitu tegangan maksimum 46,96 MPa, defleksi 2,096 mm dan safety faktor 6. Dengan hasil tersebut dapat disimpulkan hasil perancangan chassis menggunakan material Aluminium alloy 6061-T6 dengan ukuran penampang 130 mm x 100 mm x 3 mm sangat baik untuk target spesifikasi



kendaraan dilihat dari kemungkinan kerusakan yang terjadi yang di akibatkan oleh pembebanan dari komponen mesin dan penumpang.

Daftar Pustaka

- [1]. Vijaj Kumar V. Patel , R. I. Patel (2012) *Structural analysis of a ladder frame held at RC Patel Institute of technology*.Shipur
- [2]. Vijayan , S.N,Sendhil Kumar.S,& Kiran Babu K,M.(2015) *Design And Analysisi of Automotive Chassis Consedering Cross-Section And material*. Departement of Mechanical engineering karpagam Institute Tecnology Combature,India
- [3]. Yagyansh Mishra (2020) *Design & Analysis of ladder frame chassis, Dept. Of Automobile Enggeneering*, SRM Institute of Science and Technology, Chennai, Tamil Nadu, India
- [4]. Sigit Dwi Lesmana,Mulianti Mulianti,Delima Yanti Sari , and Andril Arafat (2021) "*Analisa Kekuatan Impact Pada Aluminium 6061 Dengan Variasi Lapisan Serat Karbon Aplikasi Kerangka Mobil Listrik*". Jurnal Vokasi Mekanika Vol 3 No 1.
- [5]. Patil, Kamlesh Y., and Eknath R. Deore. (2015) "*Stress analysis of ladder chassis with various cross sections*." IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)
- [6]. Vijayan S N, S Karthink, K Maharaja. (2015) "*Finite Element Analysis of Automotive Chassis With Various Cross-section*."Department of Mechanical Engineering, Karpagam Institute of Technology, Coimbatore,India
- [7]. Paul M. Kurowski (2015). *EngIneering Analysis with Solidworks*. Retrived from www.SDCpunlications.com
- [8]. Gusti Chandra agung Nugraha, Budi Hartanto, Dwi yuliaji. (2019) "*Rancang Bangun Rangka Mobil Listrik IBN KHALDUN SAKTI (IKSA)*" Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Vol 5 No 1.
- [9]. Khoiron, Mohammad Syaiful (2016) "*Perbandingan Kekakuan Dan Kekuatan Chasis dan Body Kendaraan Yang Terbuat Dari Material Aluminium Dan Carbon Fiber Terhadap Beban Vertikal Dan Torsional Bending*". Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [10]. Hendri Susanto, Tarmizi Tarmizi (2016) "*Desain Dasar Dan Pembuatan Mobil Listrik*" Jurnal Mekanova : Mekanikal, Inovasi Dan Teknologi Vol 2 No 2.