

## DESAIN DAN ANALISIS CHASSIS TYPE TUBULAR SPACE FRAME

M. Wildanul Kahfi<sup>1</sup>, Nely Ana Mufarida<sup>2\*</sup>, Kosjoko<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember  
Jl. Karimata No. 49 Jember, Jawa Timur, Indonesia

\*Corresponding author: [nelyana@unmuhjember.ac.id](mailto:nelyana@unmuhjember.ac.id)

### Abstract

*Automotive is one of the mainstay products in the world today, especially in 4-wheeled vehicles and 2-wheeled vehicles. One of them is electric cars whose main driving force uses electric power. Some of the advantages possessed by electric vehicles with oil-fueled vehicles include free air police from exhaust fumes, no odor and a smoother motor sound. The development of electric cars in Indonesia, which is now growing rapidly, especially among university students, is being held with competitions to make electric cars that are worthy of being marketed. For that we need an energy-efficient car chassis design that is in accordance with the regulations of the Indonesian Electric Car Competition (KMLI). Research on the design chassis in previous studies has been done with different dimensions, materials, and types of chassis used. The purpose of this research is to design and analyze chassis type Tubular Space Frame using Solidworks 2019 Software in the hope of producing a chassis that is strong, lightweight and has flexibility properties while still paying attention to the Factor of Safety (FOS) when used. The chassis designed using Solidwork 2019 software has dimensions, including: Length = 1883.40 mm, Height = 1033.40 mm, Width = 721.34 mm. The results of the analysis and determination of the material between Aluminum 6061-T6 and Aluminum 6063-T6 used with a comparison of the values of stress, displacement, and safety of factors that occur in the frame, it can be concluded that the chassis is a tubular type with the use of pipes 34.4 x 26.64 3.38 mm thick and 21.36 x 15.50 mm thick 2.77 mm is the most secure chassis and the weight is quite light.*

**Keywords:** chassis tubular space frame, loading

### Abstrak

Otomotif menjadi salah satu produk andalan didunia saat ini, terutamanya pada kendaraan roda 4 maupun kendaraan roda 2. Salah Satunya pada kendaraan mobil listrik yang tenaga penggerak utamanya menggunakan daya listrik. Beberapa kelebihan yang dimiliki oleh kendaraan listrik dengan kendaraan berbahan bakar minyak antara lain seperti bebasnya polusi udara dari asab knalpot, tidak bau dan suara motor yang lebih halus. Berkembangnya mobil listrik diindonesia yang kini semakin pesat terutamanya di lingkungan mahasiswa diperguruan tinggi dengan diadakannya kompetisi untuk membuat mobil listrik yang layak untuk dapat dipasarkan. Untuk itu diperlukan sebuah desain chassis mobil hemat energi yang sudah sesuai dengan regulasi Kompetisi Mobil Listrik Indonesia (KMLI). Penelitian mengenai Perancangan *chasis* mobil listrik pada penelitian sebelumnya sudah pernah dilakukan dengan perbedaan dimensi, material, dan jenis *chasis* yang digunakan. Tujuan dari peniliti ini yaitu membuat desain dan analisis *chasis* tipe *Tubular Space Frame* dengan menggunakan *Software Solidworks* 2019 dengan harapan dapat menghasilkan sebuah desain *chasis* dengan kuat, ringan dan mempunyai sifat kelenturan dengan tetap memperhatikan *Factor of Safety* (FOS) pada saat digunakan. Chassis yang didesain menggunakan *Software Solidwork* 2019 mempunyai dimensi antara lain : Panjang = 1883.40 mm, Tinggi = 1033,40 mm, Lebar = 721,34 mm. Hasil analisis dan penentuan material antara Alumunium 6061-T6

dan Aluminium 6063-T6 yang digunakan dengan perbandingan nilai dari stress, displacement, dan safety of factor yang terjadi pada rangka, dapat disimpulkan bahwa chassis jenis tubular dengan menggunakan pipe 34,4 x 26,64 mm tebal 3,38 mm dan 21,36 x 15,50 mm tebal 2,77 mm adalah chassis yang paling aman serta bobot yang cukup ringan.

**Kata kunci:** chassis tubular space frame, pembebanan

---

## Pendahuluan

Otomotif menjadi salah satu produk andalan didunia pada saat ini, terutamanya pada kendaraan roda 4 maupun kendaraan roda 2. Salah satunya pada kendaraan mobil listrik yang menggunakan daya listrik sebagai tenaga penggerak utama [1]. Mobil listrik merupakan kendaraan ramah lingkungan yang diharapkan mampu menekan ketergantungan penggunaan bahan bakar fosil secara signifikan [2]. Beberapa kelebihan yang dimiliki oleh kendaraan listrik dengan kendaraan berbahan bakar minyak antara lain seperti bebasnya polusi udara dari asap knalpot, tidak bau dan suara motor yang lebih halus. Hadirnya mobil listrik dapat dipandang sebagai kendaraan masa depan karena dilandasi dengan adanya prediksi berkurangnya pada minyak bumi, maka perlu diciptakannya energi alternatif yang ramah lingkungan dan tidak terbatas [1].

Menurut (M. Nyaga, 2009) [2] bahwa saat ini ada empat macam pilihan untuk kendaraan alternatif: berbahan bakar bio, kendaraan sel berbahan bakar hydrogen, kendaraan hibrida, dan kendaraan listrik. Mobil listrik merupakan mobil yang digerakkan dengan motor listrik, memakai energi atau daya listrik yang disimpan dalam baterai [3]. Berkembangnya mobil listrik saat ini menjadi sangatlah penting sebab ditahun belakangan ini harga bahan bakar minyak (BBM) mengalami adanya kenaikan secara terus menerus. Dengan beredarnya isu tentang adanya pemanasan global membuat manusia dapat berfikir bagaimana cara mengatasi permasalahan ini. Hadirnya mobil listrik menjadikan sebuah solusi untuk dapat mengatasi sebuah permasalahan seperti adanya krisis bahan bakar minyak dan pencemaran udara.

Berkembangnya mobil listrik diindonesia yang kini semakin pesat terutamanya di lingkungan mahasiswa diperguruan tinggi dengan diadakannya kompetisi untuk membuat mobil listrik yang layak untuk dapat dipasarkan. Salah satu kompetisi yang diadakan diindonesia yaitu Mobil Hemat Energi (KMHE), Indonesia Energy Marathon Challenge (IEMC), Kontes Mobil Listrik Indonesia (KMLI) untuk tingkat Nasional dan Shell Eco Marathon (SEM) untuk tingkat internasional kompetisi perguruan tinggi. Hasil dari penelitian (A. Efendi, 2019) [4] Menyatakan bahwa banyak dari perguruan tinggi yang sudah memiliki kendaraan listrik seperti Mobil listrik pempek Universitas Sriwijaya Palembang, mobil listrik Garuda UNY, mobil listrik simadu Universitas Subang, mobil listrik batman ITS, dan mobil politeknik bandung. Tujuannya menjaga kondisi mobil listrik agar dapat digunakan sebagai media pembelajaran pada bidang Pendidikan yang bersangkutan.

Konsep dari penelitian ini berlandaskan dari diperlukannya sebuah desain chassis mobil hemat energi yang sesuai dengan regulasi kompetisi mobil listrik Indonesia (KMLI). Pada penelitian sebelumnya [3] Untuk perancangan mobil listrik dibutuhkan sebuah rangka yang mempunyai fungsi sebagai penopang semua komponen yang ada pada kendaraan, untuk sebuah konstruksi pada rangka sendiri juga harus memiliki sifat yang kuat, ringan dan mempunyai nilai kelenturan. Diperkuat oleh (M. Aziz, 2020) [5] bahwa mobil listrik adalah salah satu solusi dalam upaya mengurangi penggunaan kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar fosil. Diperkuat oleh penelitian (C.O.

Quandt, 1995) [6] bahwa pasar otomotif dunia merespon baik dalam pembuatan mobil listrik dengan skala yang besar, hal ini disebabkan oleh adanya mobil listrik yang lebih ramah lingkungan dibandingkan mobil dengan bahan bakar minyak.

Penelitian mengenai Perancangan *chassis* mobil listrik pada penelitian pendahulu sudah pernah dilakukan dengan perbedaan dimensi, material, dan jenis *chassis* yang digunakan. Sehingga peneliti tertarik untuk membuat *chassis* dengan tipe dan variasi material yang berbeda. Pada penelitian sebelumnya [7] telah melakukan penelitian mengenai pembuatan *chassis* jenis *Tubular Space Frame* dengan pemilihan model *chassis* yang dipilih dan menggunakan satu jenis material JIS G 3445 dengan hasil penelitian Analisis beban *static* didapatkan hasil maksimum *stress* sebesar 53,4 Mpa, displacement maksimum sebesar 1,2 mm, dan *safety factor* sebesar 3,6, sehingga *chassis* sudah memiliki *safety factor* diatas 2 sesuai dengan kriteria perancangan yang aman untuk digunakan. Peneliti lainnya [8] melakukan penelitian pembuatan *chassis* jenis monocoque menggunakan software solidwrok 2020 dengan pemilihan 2 jenis material sebagai pembanding, dari hasil desain rangka jenis material *Alluminium* 6061-T6 menghasilkan tegangan maksimum  $6,291e+07$  N/m<sup>2</sup>, displacement  $7,250e+00$  mm dan *safety factor*  $4,3717e+00$ , sedangkan pada desain rangka yang sama menggunakan jenis material *Alluminium* 6063-T1 menghasilkan tegangan sebesar  $6,293e+07$  N/m<sup>2</sup>, displacement  $7,260e+00$  mm dan *safety factor*  $1,4300e+00$ , dari hasil analisis *static* tersebut bisa dikatakan bahwa desain *chassis* yang menggunakan jenis material *Alluminium* 6061-T6 dinyatakan lebih aman untuk dapat digunakan. Tujuan dari peneliti ini yaitu membuat desain dan analisis *chassis* tipe *Tubular Space Frame* dengan menggunakan *Software Solidworks* 2019 dengan harapan dapat menghasilkan sebuah desain *chassis* dengan kuat, ringan dan mempunyai sifat kelenturan dengan

tetap memperhatikan *Factor of Safety* (FOS) pada saat digunakan.

Tujuan dari penelitian ini unrtuk medapatkan chassis jenis *Tubular space frame* serta mengetahui kekuatan saat chassis saat diberikan beban statis dengan tetap memperhatikan Safety atau faktor keamanannya.

## Tinjauan Pustaka

### Elemen Chassis

*Chassis* merupakan sebuah elemen penting pada kendaraan yang menopang mesin, supensi, pengendara, kelistrikan dan *body* dari mobil. Dimana *chassis* adalah tempat melekatnya semua komponen yang ada pada kendaraan (Isworo, 2019). *chassis* sendiri juga harus mempunyai sifat yang kuat atau kokoh untuk dapat menopang semua beban komponen yang melakat. *Chasis* sendiri juga mempunyai beberapa *type* diantaranya: *Ladder Frame*, *Tubular Space Frame*, *Monocoque*, *Aluminium Space Frame* Dan *Backbone Chassis*.

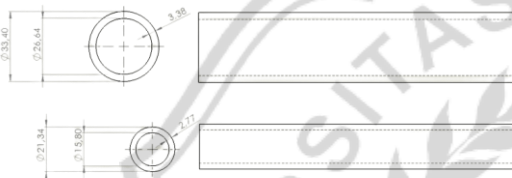
### Tubular Space Frame

Tubular Space frame merupakan salah satu jenis chassis yang menggunakan beberapa jenis pipa baja yang dirangkai dan dibentuk sedemikian rupa sehingga berbentuk seperti mobil atau kendaraan. Kekuatan tubular space frame tergantung pada struktur dan sambungan yang digunakan. Pipa baja bulat akan memberikan kekuatan maksimum karena mampu menahan beban dari arah mana saja. Penggunaan tubular space frame biasanya sering digunakan untuk perlombaan mobil balap.

### Bahan Material Chassis

Penentuan material yang akan digunakan meliputi kesesuaian struktur desain yang dilandaskan pada kekuatan bahan material dan bentuk bidang serta muatan yang diberikan pada mobil. Penentuan material harus dilandaskan pada

hasil simulasi pembebanan menggunakan *software solidwork 2019* yang akan bekerja pada rangka. Perancangan pada dua desain *chassis* tipe *tubular space frame* yang akan disimulasikan menggunakan ukuran dimensi dan model yang sama dengan menggunakan tipe aluminium *pipe* ukuran 34,4 mm x 26,64 x 3,38 dan pipe ukuran 21,36 x 15,50 x 2,77 namun dengan jenis material yang berbeda diantaranya Aluminium 6061-T6 dan Aluminium 6063-T1. Berikut ini adalah bentuk gambar *pipe* dan spesifikasi dari bahan material yang digunakan pada pembuatan *chassis* tipe *tubular space frame*.



Gambar 1. Gambar Pipa Dan Dimensi

Tabel 1. Spesifikasi Material Aluminium 6061-T6

Properties	Value	Unit
Elastis Modulus	69000	N/mm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	0.33	N/A
Shear Modulus	26000	N/mm <sup>2</sup>
Mass Density	2700	Kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength	310	N/mm <sup>2</sup>
Yield Strength	275	N/mm <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient	2.4e-05	/K
Thermal Conductivity	166.9	W/(m.K)
Specivic Heat	896	j/(kg.K)

Tabel 2. Spesifikasi Material Aluminium 6063-T1

Properties	Value	Unit
Elastis Modulus	69000	N/mm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	0.33	N/A
Shear Modulus	25800	N/mm <sup>2</sup>
Mass Density	2700	Kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength	150	N/mm <sup>2</sup>
Yield Strength	90	N/mm <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient	2.34e-05	/K
Thermal Conductivity	193	W/(m.K)
Specivic Heat	900	j/(kg.K)

#### Perangkat Lunak Solidwork

Aplikasi ini merupakan sebuah aplikasi software desain 3D yang dilengkapi dengan tool yang lumayan lengkap didalamnya, salah satunya seperti menghitung dan analisis statis yang langsung dapat diketahui hasil dari stress, displacement, dan safety of factor. beberapa fitur lainnya yang dapat mendukung perancangan desain antara lain *assembly* yang digunakan untuk menyatukan hasil part-part yang sebelumnya digambar serta fitur drawing untuk pembacaan dari gambar 2D. Kelebihan dari perangkat lunak ini antara lain dapat dijalankan pada *Microsoft Windows* PC atau Labtop, penyimpanan file yang mudah, fitur-fitur yang dapat

memudahkan kita dalam mendesain, dan hasil desain juga dapat dimulasikan.

### Analysis Strucktur Pada Solidwork 2019

Stress Analysis adalah suatu alat pengujian struktur yang terdapat pada *software Solidworks* yang menggunakan konsep *Finite Element Analysis* (FEA). Salah satu cara kerjanya yaitu dengan mencegah suatu objek struktur yang akan diuji menjadi elemen-elemen terhingga yang saling mempunyai keterkaitan satu sama lain yang akan dikelola dengan perhitungan khusus oleh *software*, sehingga mendapatkan hasil yang lebih akurat [9]. Alat ini cukup mudah digunakan dan membantu kita untuk mengurangi kesalahan dalam membuat perancangan desain. Oleh sebab itu, biaya yang dikeluarkan tidak banyak, *time to market* dari benda yang dirancang dikomputer dapat dipercepat karena sudah kita simulasikan terlebih dahulu sebelum masuk pada proses produksi [10].

### Frame Analysis

Selain *Stress analysis* pada *Solidwork 2019*, ada juga alat yang terdapat buat pengujian struktur lain, yaitu *Frame Analysis*. Konsep dari pengujian ini merupakan cara untuk menerapkan ilmu mekanika teknik yang berkaitan dengan struktur *truss*, *beam*, dan *frame*. Input data beban dan tumpuan, Sedangkan outputnya adalah berupa diagram tegangan, regangan dan displacement [11].

### Factor Of Safety

Faktor keamanan (*factor of safety*) merupakan factor yang dipakai untuk dapat membantu dalam mengevaluasi perencanaan pada suatu struktur untuk menjamin keamanan dari dimensi yang minimum. Rumus dari perbandingan factor keamanan diantaranya besar beban maksimal kekuatan material dengan beban yang terjadi dari perancangan *design*. Beberapa factor yang mempengaruhi adanya factor keamanan, antara lain:

1. Variasi dari sifat-sifat material

2. Pengaruh dimensi dari material yang diuji kekuatannya
3. Jenis pembebanan
4. Pengaruh waktu dan kondisi dimana dioprasikannya alat tersebut.

Penentuan factor of safety yaitu dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$Fos = \frac{\sigma Y}{\sigma \text{ yang terjadi}}$$

Dimana :

Fos = factor of safety

$\sigma y$  = Yeald streng material

### Tegangan Von Misses

Teori ini bisa mempresiksikan terjadinya kegagalan karena tegangan geser yang berlaku sehingga dapat mengakibatkan lelah suatu material, yang besarnya dapat diketahui oleh teori Itegangan geser maksimal, Sehingga perhitungan pada perancangan tidak menjadi terlalu susah serta semakin mudah waktu memakai persamaan *von misses stress*, Von Misses Merupakan suatu persamaan yang berhubungan pada sebuah venomena *stress* dalam tiga sumbu.

### Tegangan Normal

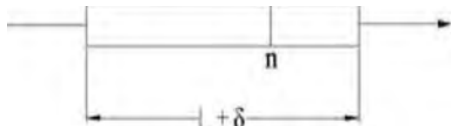
$$\sigma^I = \frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}$$

Konsep paling mendasar pada mekanika kekuatan material adalah tegangan dan bentuk yang paling dasar untuk meninjau suatu batang yang mengalami suatu gaya aksial. Gaya aksial merupakan suatu beban yang mempunyai arah sama dengan sumbu elemen yang dapat mengakibatkan terjadinya tegangan tarik atau tekan pada batang.

Beban yang mengalami baban tarik sebesar p



Benda yang sudah diberikan pembebanan



Dapat diasumsikan bahwa tegangan bisa dibagi rata diseluruh permukaan potongan mn, sedangkan pada gaya distribusi kontiniu bekerja pada seluruh penampang. Intesitas gaya (yaitu gaya per satuan luas) disebut dengan tegangan dan diberi notasi  $\sigma$  dengan demikian persamaan tegangan adalah:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Dimana,  $\sigma$  = Tegangan ( $N/m^2$ )  
 $P$  = Gaya aksial (N)  
 $L$  = Luas ( $m^2$ )

Persamaan ini memberikan intensitas tegangan merata pada batang *prismatic* yang telah dibebani dengan cara aksial pada penampang sembarang. Semisal batang ini ditarik dengan menggunakan gaya P, maka dapat dikatakan bahwa tegangannya adalah tegangan tarik (*tensile stress*), semisal arah ganyanya sebaliknya, maka batang tersebut mengalami tekanan (*compressive stress*).

### Tegangan Regangan

Regangan merupakan suatu bagian dari deformasi yang dapat diartikan sebagai perubahan relatif dari bagian-bagian partikel pada benda yang bukan merupakan benda kaku. Regangan juga dapat diartikan lain tergantung pada bidang apa istilah tersebut digunakan atau dari dan ke titik mana regangan itu terjadi.

Regangan adalah ukuran yang dapat mengetahui seberapa jauh batang tersebut dapat berubah bentuk. Tegangan diberikan pada materi dari arah luar, Sementara regangan merupakan tanggapan dari materi terhadap tegangan. Perbandingan tegangan dan regangan benda disebut dengan modulus elastisitas atau modulus *young*. Modulus *young* dapat diukur dengan

menggunakan gelombang akustik, karena kecepatan jalannya bergantung pada *young*. Dirumuskan secara matematis:

Dimana:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

$\varepsilon$  = regangan (strain)

$L$  = Panjang benda

$\Delta L$  = Pertambahan Panjang (displacement)

### Regulasi Mobil KMLI

*Chassis type tubular space frame* merupakan salah satu *chassis* yang juga digunakan pada perlombaan mobil KMLI, sehingga desain *chassis type tubular space frame* juga harus sesuai dengan spesifikasi regulasi kendaraan mobil listrik indonesia. adapun sepesifikasi dari mobil KMLI antara lain:

1. Mobil listrik mempunyai dimensi lebar antara 120 – 140 cm.
2. Berat kosong dari mobil minimum 125kg
3. Daya total motor yang diijinkan maksimum 2 kW
4. Tinggi *roll bar* harus lebih tinggi dari helm pengemudi minimal 5 cm
5. *Roll bar* adalah besi pipa tanpa sambungan berdiameter minimal 1 dengan ketebalan minimal 2 mm.
6. Berat total pengemudi dan mobil minimum 170 kg

### Metode Penelitian

Metode dalam penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan sebuah desain *chassis* jenis *tubular space frame* sesuai dengan kriteria regulasi mobil KMLI, dimana dalam pembuatan struktur *chasis* ini diperlukan adanya sebuah analisis menggunakan *Software Solidworks* 2019. Pengumpulan data yang digunakan yaitu dengan menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) guna mengetahui hasil layak atau tidaknya desain *chassis* pada saat diaplikasikan untuk perlombaan

dan memudahkan dalam pengerjaan karna waktu yang tidak lama sehingga memudahkan dalam mengantisipasi kesalahan serta analisis yang dilakukan mendekati obyek yang sebenarnya dan data yang dihasilkan valid dengan pengeluaran biaya yang dibutuhkan tidak banyak.

### Studi Literatur

No	Gometri		Materi ial	Analisis
	Rangka inti	Rangka tambahan		
1.	Pipa 34,4 mm x 26,64 tebal 3,38 mm	pipe 21,36 x 15,50 tebal 2,77	Alum unium 6063-T1	<i>Stress, displacement, dan factor of safety</i>
2.	Pipa 34,4 mm x 26,64 tebal 3,38	pipe 21,36 x 15,50 tebal 2,77	Alum unium 6061-T6	<i>Stress, displacement, dan factor of safety</i>

Pengumpulan data yang dilakukan yaitu dengan mempelajari desain jenis mobil dari jurnal, buku, internet sebagai referensi serta adanya tambahan hasil konsultasi dengan dosen pembimbing.

### Pengumpulan Data

Pengumpulan data dimulai dengan cara penggunaan metode numerik, dengan menggunakan perangkat lunak yang dapat menganalisa karakteristik tetap dari suatu model. Penggunaan Pendekatan simulasi numerik ini merupakan tujuan untuk mengetahui sebab dan akibat dari perbedaan pada suatu material yang digunakan serta untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dan hubungan sebab akibat dari setelah diberikan perlakuan tertentu pada beberapa jenis material dan desain yang digunakan. Tahapan yang dilakukan

dalam pengumpulan data yaitu setelah dilakukannya mesing, caranya dengan pendevisian kondisi pada batas, menentukan titik tumpuan yang digunakan.

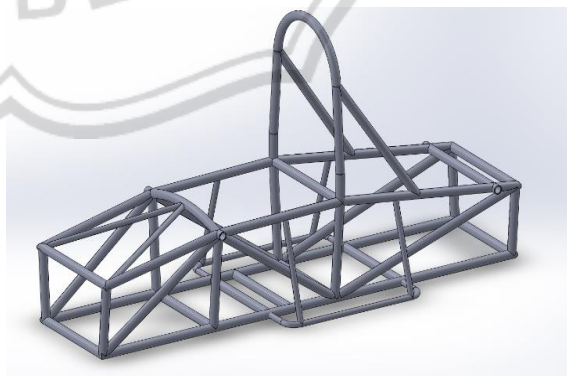
### Analisa Desain Chassis

Proses pengambilan data dilakukan dari hasil perhitungan dari data *stress*, *displacement*, dan *factor of safety*. Pada analisis tersebut didapatkan hasil apakah sesuai dengan kreteria regulasi dari mobil KMLI, jika tidak maka perlu diakan pengecekan kembali pada dimensi, material dan distribusi pada pembebanan atau dengan cara membuat desain ulang dal lebih memfokuskan perbaikan pada kekurangan sebelumnya. Jika pada hasil perbaikan sudah sesuai dengan kreteria regulasi KMLI, maka dapat disimpulkan bawasannya data dari *stress*, *displacement*, dan *factor of safety* dapat dikatan baik.

### Perancangan desain Penelitian

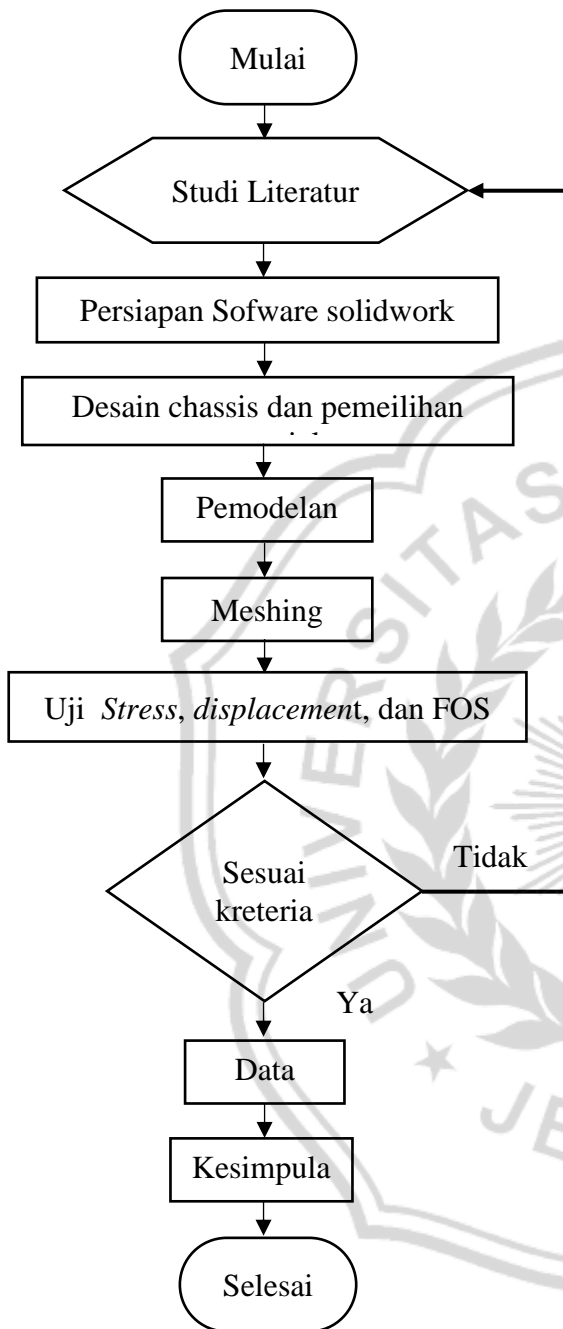
Perancangan pada desain mobil jenis *tubular space frme* ini yaitu menggunakan dua desain mobil dengan dimensi dan model yang sama dan menggunakan dua macam material yang dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini: Tabel 3. Material dan Dimensi Pipa

### Rancangan Chassis Awal Tipe Tubular Space Frame



Gambar 2. Chassis awal tipe Tubular Space

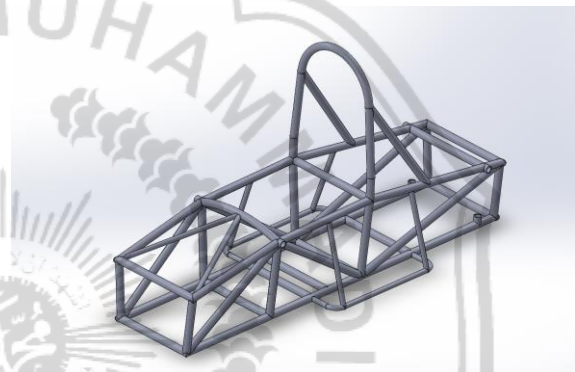
## Diagram Alir



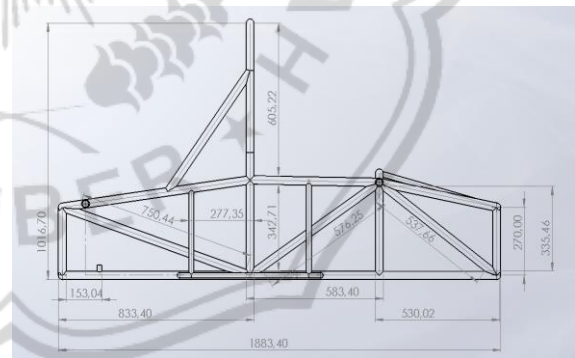
## Hasil dan Pembahasan

### Hasil perancangan *Cassis* dan Pemilihan material

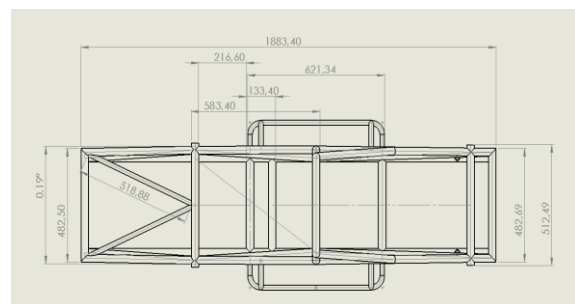
Dalam perancangan *Cassis* jenis *tubular space frame* yang dibuat pada software *solidwork 2019*, didapatkan 1 hasil desain *cassis* untuk disimulasikan dengan menggunakan 2 jenis material *type alluminium 6063-T1* dan *Alluminium 6061-T6* untuk mengetahui berapa tegangan maksimal, *displacement*, dan *Safety of faktor* yang didapat dari hasil *analysis static*



Gambar 3. *Desain Chassis* Yang Akan Disimulasikan

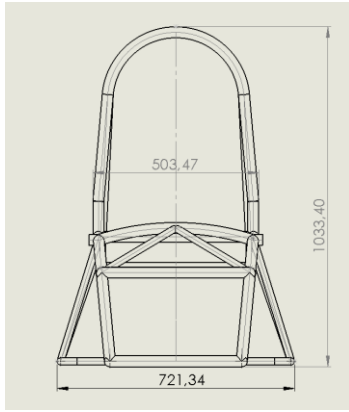


Gambar 4. *chassis* Tampak Samping



Gambar 5. *Chassis* tampak atas





Gambar 6. *Chassis* Tampak Depan

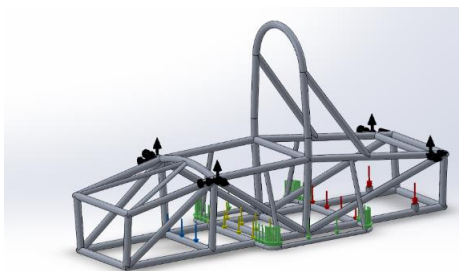
*Chassis* yang didesain menggunakan Software Solidwork 2019 mempunyai dimensi antara lain :

1. Panjang = 1883,40 mm
2. Tinggi = 1033,40 mm
3. Lebar = 721,34 mm

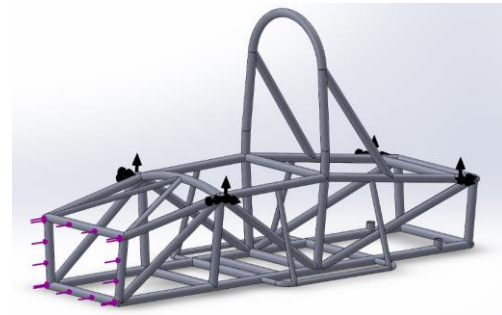
### Pin Gaya dan Massa Warna

#### 1. Pin Gaya

Penetapan gaya gaya yang diterapkan pada pembebanan pada penampun dan beban tumbukan pada *cassis* yaitu dengan titik beban yang berbeda disepanjang penampun *cassis*. Sedangkan Penentuan tumpuan beban pada *cassis* berada pada *mounting upper arm* pada penetapan pin warna hitam tersebut merupakan suspensi kendaraan dengan tumpuan jenis *fix* yang ada pada keempat *suspensi* di *chassis*.



Gambar 7. Penetapan Gaya Gaya Pada Penampun



Gambar 8. Penetapan Beban Tumbukan Pada Rangka

#### 2. Warna Massa

Keterangan warna:

1. Massa Biru adalah *Steering*
2. Massa Kuning adalah Pengemudi
3. Massa Hijau adalah Baterai
4. Massa Merah adalah Motor dan *Controller*
5. Massa Unggu adalah beban tumbukan

#### *Finite Elemen Analysis*

Metode *Finite Elemen Analisis* (FEA) merupakan metode yang digunakan untuk dapat mengetahui hasil keakuratan dalam perhitungan yang disimulasikan pada desain *cassis* tersebut, metode ini digunakan untuk mengetahui hasil nilai yang didapat dari Tegangan (*Stress*), *Displacement*, *Safety of Faktor*.

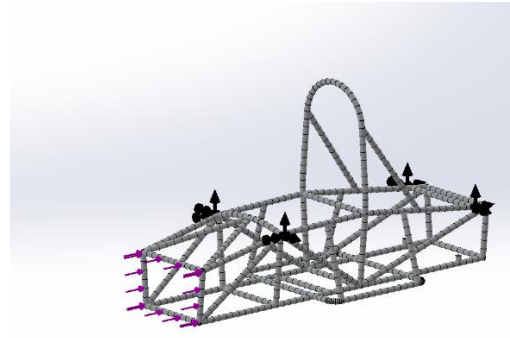
Pada proses *analysis* ini, *chassis* mendapatkan beban yang diasumsikan dimana pembebanan menyesuaikan titik-titik tertentu dengan beban yang diterima berbeda beda sesuai pin yang ada pada gambar diatas, adapun berat yang diberikan antara lain adalah :

1. *Steering* = 220 N
2. Pengemudi = 550 N
3. Baterai = 200 N
4. Motor + *Controller* = 330 N
5. Massa Body = 20 kg
6. Tumbukan = 1700 N

**Hasil Simulasi dan Analysis Displacement, Tegangan (Stress), Safety of Faktor**

Setelah melakukan Tahapan pada seluruh proses yang dilakukan menggunakan Solidwork 2019 oleh penulis, maka didapatkan hasil dari analisis statik yang menghasilkan nilai-nilai minimum dan maksimum yang dapat langsung dilihat pada software solidwork 2019, pada proses analisis statik ini didapatkannya hasil minimum dan maksimum dari Displacement, Stress(teagangan), Safety of Faktor yang dihasilkan dari pemilihan toolbar static kemudian memasukkan material yang dipakai lalu melakukan mesh dan mensimulasikannya.

Pada pembebanan chasis yang disimulasikan, diasumsikan beban total diterima chasis sebesar 1,300 N dari pembagian beban titik yang telah diasumsikan seperti berat Steering sebesar 220 N, Pengemudi sebesar 550 N, Baterai sebesar 200 N, Motor + Controller sebesar 330 N. Sedangkan beban tumbukan yang diasumsikan terjadi pada 60 km/jam dengan berat total pengemudi dan kendaraan 170 kg yang jika diconvert pada Newton diasumsikan menjadi 1700 N dengan waktu saat bertumbukan 1 detik sebesar 2.822 N.



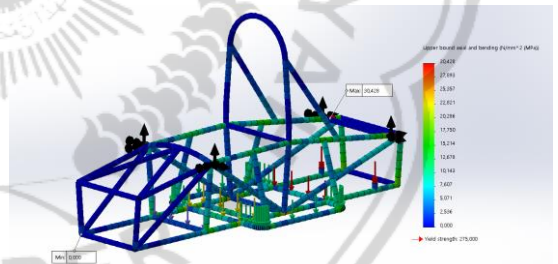
b.)

Gambar 9. Chassis Yang Telah Dilakukannya Mesh a.) Beban Komponen Pada Chassis b.) Beban Tumbukan Pada Chassis

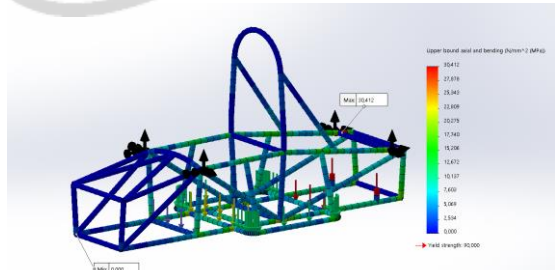
Jenis mesh pada Material Alluminium 6061-T6 dan Alluminium 6063-T1 adalah Beam Mesh dengan total Nodes 761 dan Total Element 672,

**Hasil Stress (Tegangan maksimum)**

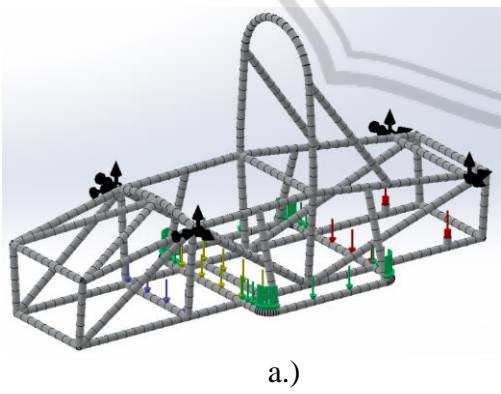
- a. Material Alluminium 6061-T6 dan Material Alluminium 6063-T1 Beban Komponen



Gambar 10. STRESS (TEGANGANGAN) Beban Komponen Dengan Material Alluminium 6061-T6



Gambar 11. STRESS (TEGANGANGAN) Beban Komponen Dengan Material Alluminium 6063-T1

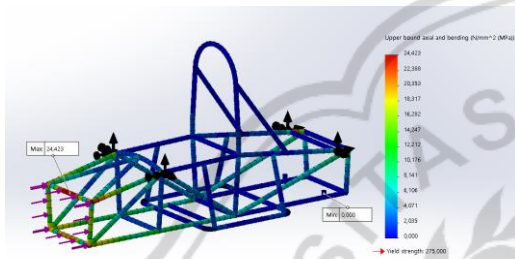


a.)

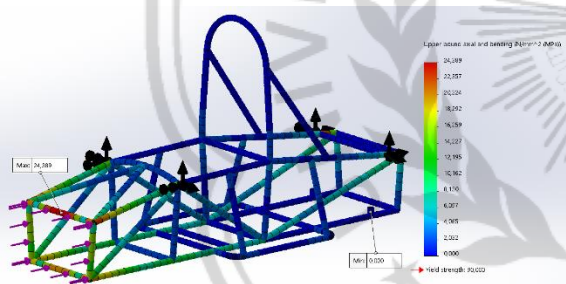
Hasil dari analisis stress (Tegangan) yang didapat pada pembebanan 1,300 N pada

material *Alluminium* 6061-T6 didapatkan hasil minimum tegangan 2,536 (N/m<sup>2</sup>) dan maksimum tegangan sebesar 30,428 (N/m<sup>2</sup>), sedangkan pada material dengan jenis *Alluminium* 6063-T1 didapatkan hasil tegangan minimum 2,534 (N/m<sup>2</sup>) dan tegangan maksimum sebesar 30,412 (N/m<sup>2</sup>).

- a. Material *Alluminium* 6061-T6 dan Material *Alluminium* 6063-T1  
Beban Tumbukan



Gambar 12. STRESS (TEGANGAN) Beban Tumbukan Dengan Material *Alluminium* 6061-T6



Gambar 13. STRESS (TEGANGAN) Beban Tumbukan Dengan Material *Alluminium* 6063-T1

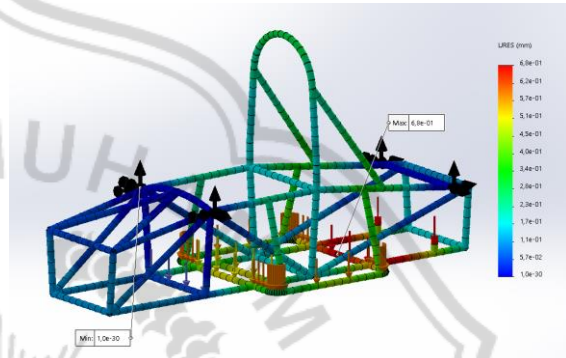
Stress (Tegangan) yang terjadi pada pembebanan beban tumbukan 1,700 N pada material *Alluminium* 6061-T6 didapatkan hasil minimum tegangan 0,000 (N/m<sup>2</sup>) dan maksimum tegangan sebesar 24,423 (N/m<sup>2</sup>), sedangkan pada material dengan jenis *Alluminium* 6063-T1 didapatkan hasil tegangan minimum 0,000 (N/m<sup>2</sup>) dan tegangan maksimum sebesar 24,389 (N/m<sup>2</sup>).

**Displacement yang Dihasilkan**

- a. Displacement Beban Komponen dengan Material *Alluminium* 6061-T6 dan Material *Alluminium* 6063-T1



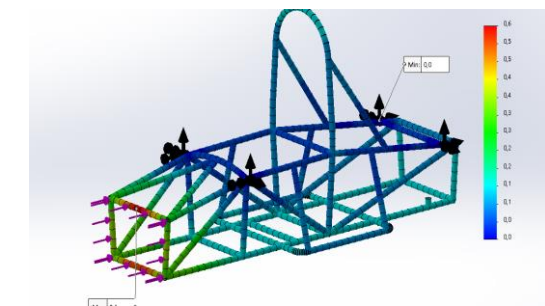
Gambar 14. Hasil *Displacement* Material *Alluminium* 6061-T6



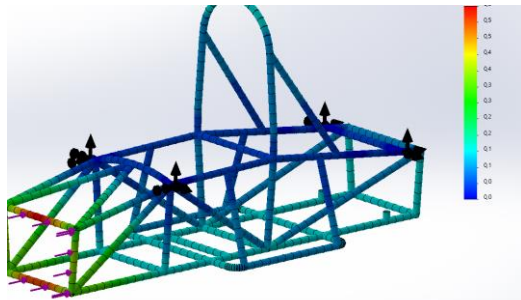
Gambar 15. Hasil *Displacement* Material *Alluminium* 6063-T1

Hasil analisis *Displacement* dari kedua material *Alluminium* 6061-T6 didapatkan hasil minimum dari *displacement* sebesar 1,0e-30 mm Mpa dan hasil yang diperoleh maksimum sebesar 6,7e-01 mm, sedangkan pada material dengan jenis *Alluminium* 6063-T1 didapatkan hasil *displacement* minimum 1,0e-30 mm dan maksimum sebesar 6.8e-01 mm.

- b. *Displacement* Tumbukan dengan Material *Alluminium* 6061-T6 dan Material *Alluminium* 6063-T1



Gambar 16. Hasil *Displacement* Material *Alluminium* 6061-T6

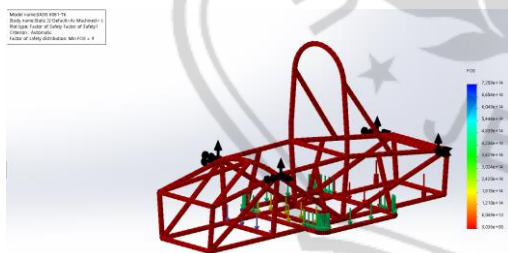


Gambar 17. Hasil *Displacement* Material *Alluminium* 6063-T1

*Displacement* pada tumbukan dari kedua material *Alluminium* 6061-T6 didapatkan hasil minimum dari *displacement* sebesar 0,0 mm dan hasil yang diperoleh maksimum sebesar 0,6 mm, sedangkan pada material dengan jenis *Alluminium* 6063-T1 didapatkan hasil *displacement* minimum 0,0 mm dan maksimum sebesar 0,6 mm.

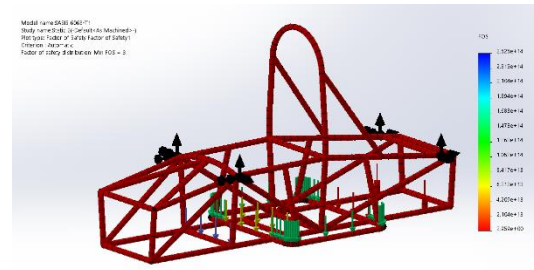
**Factor of Safety yang Dihasilkan**

- a. *Factor of Safety* Pembebanan komponen dengan Material *Alluminium* 6061-T6 dan Material *Alluminium* 6063-T1



Gambar 18. Hasil FOS Material *Alluminium* 6061-T6

Hasil pembebanan yang terjadi pada chassis menggunakan material *Alluminium* 6061-T6 didapatkan *Factor of Safety* Sebesar (FOS) 9 . sehingga dapat dinyatakan chassis dengan material *Alluminium* 6061-T6 aman dan bisa digunakan.



Gambar 19. Hasil FOS Material *Alluminium* 6063-T1

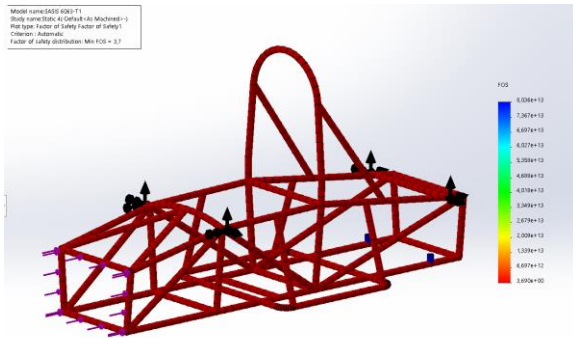
Sedangkan hasil dari pembebanan yang terjadi pada chassis menggunakan material *Alluminium* 6063-T1 didapatkan *Factor of Safety* Sebesar (FOS) 3 . sehingga dapat dinyatakan chassis dengan material *Alluminium* 6063-T1 aman dan bisa digunakan.

- b. *Factor of Safety* Pembebanan komponen dengan Material *Alluminium* 6061-T6 dan Material *Alluminium* 6063-T1



Gambar 20. Hasil FOS Material *Alluminium* 6061-T6

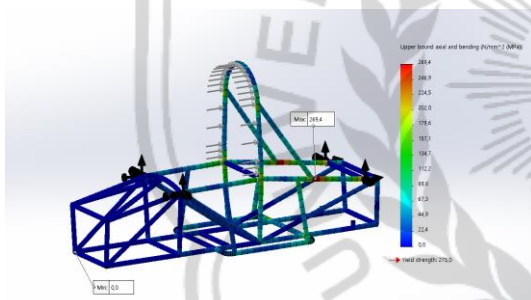
Hasil beban Tumbukan yang terjadi pada chassis menggunakan material *Alluminium* 6061-T6 didapatkan *Factor of Safety* Sebesar (FOS) 11. sehingga dapat dinyatakan chassis dengan material *Alluminium* 6061-T6 aman dan bisa digunakan.



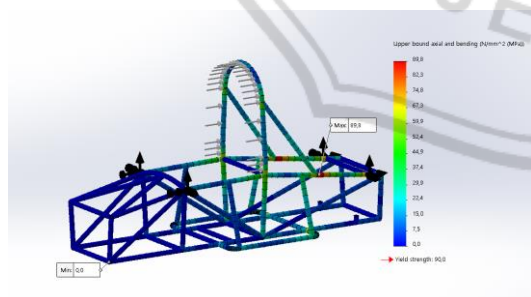
Gambar 21. Hasil FOS Material *Alluminium 6063-T1*

Sedangkan hasil dari beban tumbukan yang terjadi pada chassis menggunakan material *Alluminium 6063-T1* didapatkan *Factor of Safety* Sebesar (FOS) 3,7. sehingga dapat dinyatakan chassis dengan material *Alluminium 6063-T1* aman dan bisa digunakan.

### Simulasi *Rollbar*



Gambar 22. Simulasi *Rollbar* Material *Alluminium 6061-T6*



Gambar 23. Simulasi *Rollbar* Material *Alluminium 6063-T1*

Simulasi *rollbar* adalah untuk mengetahui kekuatan *rollbar* saat menahan beban dari gaya vertikal. Pada material *alluminium 6061-T6* yang disimulasikan, diketahui bahwa kekuatan *rollbar* kuat menahan beban sebesar 4.200 N,

sedangkan pada material *alluminium 6063-T1* yang disimulasikan diketahui kuat menahan beban sebesar 1400 N.

Tabel 4. Hasil Analisis Material *Aluminium 6061-T6*

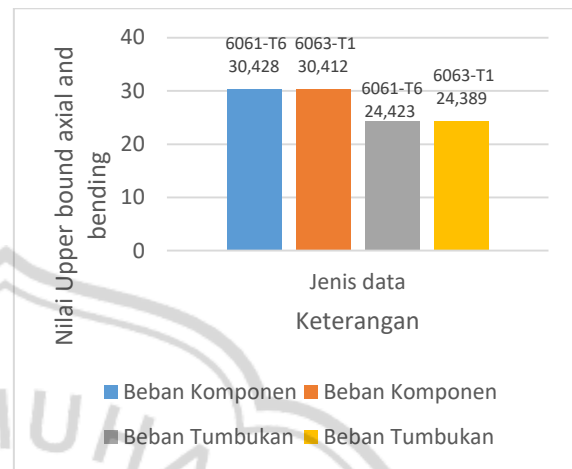
<b>Material Alluminium 6061-T6</b>			
Nama		Min	Max
<b>Mass</b>			20 kg
<b>Volume</b>			7436614.42
<b>Model las</b>			Fillet Weld
<b>Tebal las 1</b>			3,38 mm
<b>Tebal las 2</b>			2,77 mm
<b>Jumlah total las</b>			130
	Beban	2,53	30,4
<b>Upper bound axial and bending</b>	komponen	6	28
		(N/m <sup>2</sup> )	(N/m <sup>2</sup> )
	Beban tumbukan	0,00	24,4
		0	23
		(N/m <sup>2</sup> )	(N/m <sup>2</sup> )
	Batas Kekuatan Rollbar		4,20
			0 N
	Beban	1,0e-	6,7e-
<b>Displacement</b>	komponen	30	01
		mm	mm
	Beban tumbukan	0,0	0,6
		mm	mm
	Beban		9
<b>Safety of Faktor</b>	komponen		
	Beban tumbukan		11

Tabel 5. Hasil Analisis Material  
Aluminium 6063-T1

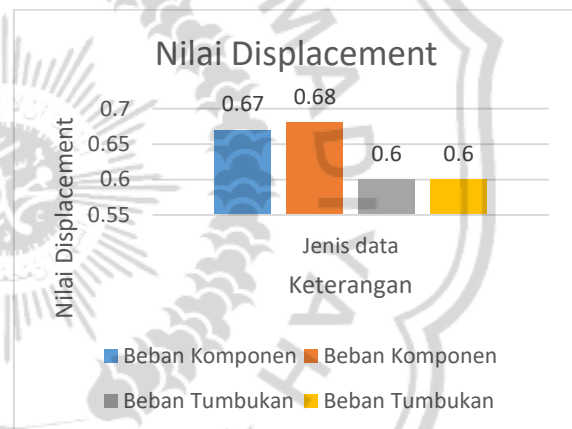
<b>Alluminium 6063-T1</b>			
Nama		Min	Max
<b>Mass</b>		20 kg	
<b>Volume</b>		7436614.42	
<b>Model las</b>		Fillet Weld	
<b>Tebal las 1</b>		3,38 mm	
<b>Tebal las 2</b>		2,77 mm	
<b>Jumlah total las</b>		130	
<b>Upper bound axial and bending</b>	Beban komponen	2,53	30,41
		4	2
		(N/m <sup>2</sup> )	(N/m <sup>2</sup> )
	Beban tumbukan	0,00	24,38
		0	9
		(N/m <sup>2</sup> )	(N/m <sup>2</sup> )
	Batas Kekuatan Rollbar	1400 N	
<b>Displacement</b>	Beban komponen	1,0e-30	6.8e-01
		mm	mm
	Beban tumbukan	0,0	0,6
		mm	mm
<b>Safety of Faktor</b>	Beban komponen	3	
	Beban tumbukan	3,7	

Hasil analisis dan penentuan material yang digunakan dengan perbandingan nilai dari stress, displacement, dan safety of factor yang terjadi pada rangka, dapat disimpulkan bahwa chassis jenis tubular dengan menggunakan pipe 34,4 x 26,64 mm tebal 3,38 mm dan 21,36 x 15,50 mm tebal 2,77 mm adalah chassis yang paling aman serta bobot yang cukup ringan.

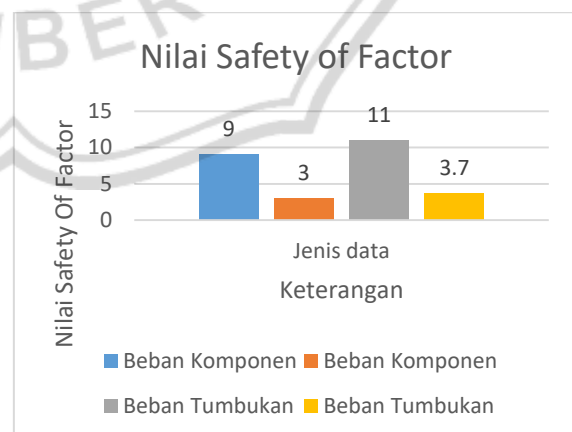
Untuk memudahkan dalam melihat hasil dari analisis yang didapat maka bisa dilihat pada grafik berikut:



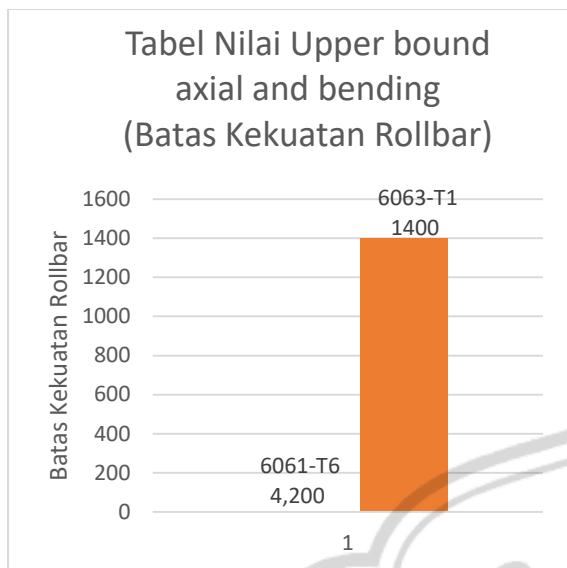
Grafik 1. Upper Bound Axial and Bending



Grafik 2. Displacement



Grafik 3. Safety of Factor



Grafik 4. *Upper Bound Axial and Bending* (Batas Kekuatan Rollbar)

### Kesimpulan

Hasil dari penelitian menggunakan metode Finite element analysis (FEA) menggunakan Software Solidwork 2019 dengan tujuan dapat membantu memudahkan penulis dalam melakukan penelitian serta dapat meminimalisir waktu pada permasalahan menganalisa struktur elemen. Maka dari penelitian yang sudah disusun oleh penulis dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Desain *chassis* Jenis Tubular Space Frame menggunakan *Alluminium* 6061-T6 menghasilkan *Upper bound axial and bending* pada beban komponen 30,412 Mpa, dan beban tumbukan 24,389 Mpa, *Displacement* beban komponen  $6,7e-01$  mm dan beban tumbukan 0,6 mm, *Safety Of Factor* beban komponen 9 dan beban tumbukan 11, Sedangkan pada jenis *chassis* yang sama menggunakan material *Alluminium* 6063-T1 menghasilkan *Upper bound axial and bending* pada beban komponen 30,412 Mpa, dan beban tumbukan 24,389 Mpa, *Displacement* beban komponen  $6.8e-01$  mm dan beban tumbukan 0,6 mm, *Safety Of Factor* beban komponen 3 dan beban

tumbukan 3,7, dari dua penggunaan material tersebut dapat ditarik kesimpulan bawasannya material jenis *Alluminium* 6061-T6 lebih aman digunakan.

2. Simulasi dari hasil penggunaan variasi material *Alluminium* 6061-T6 dan *Alluminium* 6063-T1 pada pembebanan statis menghasilkan pengaruh nilai pada *Upper bound axial and bending*, *Displacement*, *Safety of Factor* yang dihasilkan dari jenis *chassis* yang dilakukan pengujian menggunakan Software Solidwork 2019.

### Saran

Penelitian ini dapat lebih dikembangkan lagi, penulis menyarankan untuk dapat dikembangkan lagi dari segi variasi model dan jenis meterial, untuk mendapatkan desain *chassis* yang lebih baik dan aman digunakan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Efendi, "Rancang Bangun Mobil Listrik Sula Politeknik Negeri Subang," *J. Pendidik. Teknol. dan Kejuru.*, vol. 17, no. 1, p. 75, 2020, doi: 10.23887/jptk-undiksha.v17i1.23057.
- [2] M. . Nyaga, "Developing And Building A Prototype Rear Wheel Drive Electric Car," 2009.
- [3] M. Adriana, A. A. B.P, and M. Masrianor, "Rancang Bangun Rangka (Chasis) Mobil Listrik Roda Tiga Kapasitas Satu Orang," *J. Elem.*, vol. 4, no. 2, p. 129, 2017, doi: 10.34128/je.v4i2.64.
- [4] A. Efendi, "Pemeliharaan Mesin Mobil Listrik Sula Politeknik Negeri Subang," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 14, no. 3, p. 79, 2019, doi: 10.32497/jrm.v14i3.1591.
- [5] M. Aziz, Y. Marcellino, I. A. Rizki, S. A. Ikhwanuddin, and J. W. Simatupang, "Studi Analisis Perkembangan Teknologi Dan

- Dukungan Pemerintah Indonesia  
Terkait Mobil Listrik,” *TESLA J.  
Tek. Elektro*, vol. 22, no. 1, p. 45,  
2020, doi:  
10.24912/tesla.v22i1.7898.
- [6] C. O. Quandt, “Manufacturing the  
electric vehicle: a window of  
technological opportunity for  
southern California,” *Environ. Plan.  
A*, vol. 27, no. 6, pp. 835–862, 1995,  
doi: 10.1068/a270835.
- [7] T. Shantika, E. T. Firmansjah, and I.  
Naufan, “Perancangan Chassis Type  
Tubular Space Frame Untuk  
Kendaraan Listrik,” *Poros*, vol. 15,  
no. 1, p. 9, 2018, doi:  
10.24912/poros.v15i1.1250.
- [8] Ardhi Fathonisyam PN, “DESAIN  
DAN ANALISIS CHASSIS MOBIL  
HEMAT ENERGI TYPE URBAN,”  
2020.
- [9] J. Saddam and J. manfaat, “Rancang  
Bangun 3D Konstruksi Kapal  
Berbasis Autodesk Inventor untuk  
Menganalisa Berat Konstruksi,” *J.  
Tek. Pomits*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6,  
2013.
- [10] H. Salafuddin, “Desain Dan Analisa  
Kekuatan Pada Rangka Kendaraan  
Jenis Prototype Sesuai Standar Shell  
Eco Marathon ASIA,” *Anal. uji dan  
kekuatan bahan*, no. May, pp. 31–48,  
2016, [Online]. Available:  
[http://etd.lib.metu.edu.tr/upload/126  
20012/index.pdf](http://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12620012/index.pdf)
- [11] B. Setyono and S. Gunawan,  
“Perancangan Dan Analisis Chassis  
Mobil Listrik " Semut Abang "  
Menggunakan Software Autodesk  
Inventor Pro 2013,” *Semin. Nas.  
Sains dan Teknol. Terap. III*, pp. 69–  
78, 2015.