



SIMULASI SASIS MOBIL FORMULA ELEKTRIK ENGGANG ITK MENGGUNAKAN METODE *FINITE ELEMENT ANALYSIS*

Kholiq Deliasgarin Radyantho^{a*}, Hadhimas Dwi Haryono^a, Alfian Djafar^a, Aria Zesar Darmawan^a, Surya Saputra^a, Ahmad Anas Arifin^b

^aProgram Studi Teknik Mesin, Fakultas Rekayasa dan Teknologi Industri, Institut Teknologi Kalimantan, Jl. Soekarno Hatta Km.15, Balikpapan 76127, Indonesia

^bProgram Studi Teknik Mesin, Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Jl. Arif Rachman Hakim, Surabaya 60117, Indonesia

*Corresponding author at: kholiq.radyantho@lecturer.itk.ac.id Tel.: +62812-5287-3737

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 30 Januari 2026

Direvisi pada 10 Juli 2026

Disetujui pada 13 Juli 2026

Tersedia daring pada 16 Juli 2026

Kata kunci:

Sasis, Tegangan, Deformasi, *Safety Factor*, FEM

Keywords:

Chassis, Stress, Deformation, *Safety Factor*, FEM

ABSTRAK

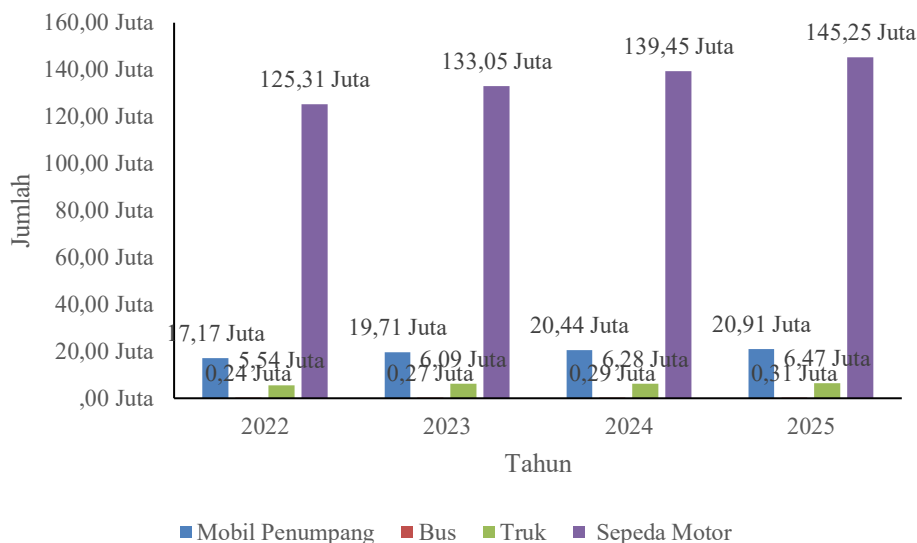
Program elektrifikasi di Indonesia bertujuan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar fosil dengan cara meningkatkan konversi energi dari bahan bakar gas dan minyak menjadi listrik. Program ini melibatkan pengembangan infrastruktur energi yang berkelanjutan, pemanfaatan sumber energi terbarukan, dan peningkatan kapasitas penggunaan konversi listrik seperti kompor hingga kendaraan listrik. Kendaraan listrik seperti mobil listrik merupakan capaian teknologi yang saat ini marak diimplementasikan. Di Indonesia, Puspernas menyelenggarakan lomba Kompetisi Mobil Listrik Indonesia (KMLI) yang diadakan tahunan di Politeknik Negeri Bandung (Polban). Institut Teknologi Kalimantan telah rutin mengikuti lomba tersebut dalam 2 tahun terakhir namun belum mencapai kesuksesan pada level nasional. Hal tersebut menjadi alasan utama riset ini. Studi ini mengevaluasi salah satu faktor pada kendaraan listrik yaitu sasis. Sasis merupakan komponen penopang yang bertugas menahan gaya yang terjadi saat kendaraan bekerja. Metode pembebanan sasis dilakukan menggunakan beban statis kendaraan, beban tabrak depan, samping, dan kondisi kendaraan terbalik. Simulasi dilakukan menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA). Hasil analisis meliputi tegangan ekuivalen (*von mises stress*), defleksi, dan nilai *safety factor*. Sasis Formula Elektrik Enggang ITK mampu menahan beban statis vertikal 152,3 kg dengan baik dilihat dari tegangan *von mises*, defleksi, dan *safety factor* dengan menggunakan material ASTM A36, namun sasis tidak mampu menahan beban tabrak depan, samping, dan kondisi terbalik dari kecepatan 60 km/h. Hal ini menunjukkan sasis akan rusak permanen saat terjadi tabrakan. Perlu dilakukan perubahan material atau desain penguat sasis sehingga sasis mampu menahan gaya akibat tabrakan.

ABSTRACT

The electrification program in Indonesia aims to reduce fossil fuel consumption by increasing the conversion of energy from gas and oil to electricity. This program involves the development of sustainable energy infrastructure, the utilization of renewable energy sources, and increasing the capacity of electricity conversion applications such as stoves and electric vehicles. Electric vehicles, such as electric cars, are a technological achievement that is currently widely implemented. In Indonesia, the National Center for National Development Planning (Puspernas) organizes the Indonesian Electric Car Competition (KMLI) annually at the Bandung State Polytechnic (Polban). The Kalimantan Institute of Technology has regularly participated in the competition for the past two years but has not achieved success at the national level. This is the main reason for this research. This study evaluates one factor in electric vehicles, namely the chassis. The chassis is a supporting component that is responsible for resisting forces that occur when the vehicle is operating. The chassis loading method is carried out using static vehicle loads, frontal and side collision loads, and when the vehicle overturns using Finite Element Analysis (FEA). The analysis results include equivalent stress (*von mises stress*), deflection, and *safety factor* values. The ITK Elektrik Enggang Formula chassis is able to withstand a vertical static load of 152,3 kg well, seen from the *von mises stress*, deflection, and *safety factor* using ASTM A36 material, but the chassis is not able to withstand frontal, side, and overturning impact loads from a speed of 60 km/h. This indicates that the chassis will be permanently damaged in the event of a collision. Changes in the material or design of the chassis reinforcement are needed so that the chassis is able to withstand the force caused by the collision.

1. PENGANTAR

Persediaan bahan bakar sebagai sumber energi yang semakin menipis sementara kebutuhan energi meningkat menyebabkan energi menjadi permasalahan hampir di seluruh negara di dunia termasuk Indonesia. Hal ini menuntut kita untuk berpikir mencari solusi terbaik dalam mengatasi krisis energi tersebut. Berbagai negara telah melakukan upaya untuk menanggulangi krisis tersebut, diantaranya adalah dengan melakukan penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar. Hampir seluruh perusahaan yang bergerak di bidang otomotif berlomba untuk menghasilkan produk yang mampu menghemat pemakaian bahan bakar melalui pengembangan teknologinya



Gambar 1: Jumlah Kendaraan Bermotor di Indonesia (BPS, 2025).

Pertumbuhan kendaraan bermotor setiap tahun mengalami peningkatan yang pesat, baik roda dua maupun roda empat. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2025), jumlah kendaraan di Indonesia dalam kurun waktu 4 tahun terakhir terus mengalami peningkatan. Pada tahun 2022 jumlah kendaraan mobil penumpang sebanyak 17.168.861 unit, dan meningkat menjadi 20.907.972 unit di tahun 2025, mobil bus sebanyak 243.450 unit di tahun 2022 meningkat menjadi 308.613 unit pada tahun 2025, truk sebanyak 5.544.173 unit di tahun 2022 menjadi 66.474.088 unit di tahun 2025, serta jumlah sepeda motor dari 125.305.332 unit di tahun 2022 menjadi 145.247.420 unit di tahun 2025. Berdasarkan grafik yang ditampilkan pada Gambar 1 jumlah kendaraan bermotor di Indonesia meningkat tiap tahun. Di Indonesia, banyaknya jumlah kendaraan motor dan mobil membuat kepadatan jalanan yang begitu parah. Permasalahan ini juga memicu polusi udara akibat hasil pembakaran bahan bakar fosil yang mengandung polutan berbahaya bagi lingkungan. Apalagi jika melihat kenaikan penggunaan kendaraan berbahan bakar fosil semakin meningkat, pasti juga akan meningkatkan pencemaran udara. Kontribusi pencemaran udara dari sektor transportasi juga tidak tanggung-tanggung yang mencapai angka 60-70% (Zola dkk., 2023). Untuk menekan permasalahan tersebut, dibutuhkan inovasi teknologi yang berorientasi pada keberlanjutan lingkungan, salah satunya melalui pengembangan kendaraan berbahan bakar listrik. Kendaraan listrik tidak hanya menawarkan solusi ramah lingkungan, tetapi juga menjadi pendorong pertumbuhan ekonomi hijau di berbagai negara, termasuk Indonesia.

Sebagai bentuk dukungan terhadap pengembangan teknologi kendaraan listrik, Politeknik Negeri Bandung (Polban) menyelenggarakan Kompetisi Mobil Listrik Indonesia (KMLI). Kompetisi ini menjadi wadah bagi mahasiswa untuk menguji kreativitas dan inovasi dalam merancang kendaraan listrik yang efisien dan ramah lingkungan. Salah satu aspek terpenting dalam penilaian kompetisi ini adalah desain sasis (*chassis*), mengingat komponen tersebut menjadi struktur utama yang menentukan kekuatan, keamanan, dan kenyamanan kendaraan. Selain itu, peserta dituntut untuk merancang sasis yang ringan namun tetap kokoh, sebagai upaya meningkatkan efisiensi energi dan performa kendaraan secara keseluruhan. Menurut Farabi (2021), sasis adalah bagian bawah bodi kendaraan yang menopang seluruh beban komponen kendaraan termasuk ban, mesin, rangka, *driveline* dan suspensi. Dari jumlah komponen tersebut, rangka memberikan dukungan yang diperlukan untuk kendaraan komponen yang ditempatkan di atasnya dan harus cukup kuat untuk menahan goncangan, putaran, getaran, dan tekanan lainnya (Eziakolamnwa dkk., 2025). Sasis otomotif atau sasis mobil membantu untuk menjaga mobil tetap kaku dan namun juga lentur dalam kemampuannya meredam getaran dan gaya yang mungkin terjadi (Iskandar dkk., 2025). Sejalan dengan hal tersebut, Zivanic dkk. (2025) menegaskan bahwa desain sasis kendaraan harus memenuhi kriteria kekuatan, kekakuan, keamanan, serta kemudahan dalam proses manufaktur. Sasis dituntut untuk mampu menahan seluruh beban yang diterima tanpa mengalami deformasi berlebih.

Selain aspek desain, penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa pemilihan material berperan besar dalam menentukan performa sasis (Kumar M. D. dkk., 2019) meneliti rangka mobil Formula SAE berbahan AISI 4130 *Chromoly Steel* dan memperoleh hasil simulasi FEA ditunjukkan pada tabel 1. Tim ENGGANG EV Institut Teknologi Kalimantan (ITK) telah mengembangkan beberapa generasi sasis formula elektrik. Pada generasi terbaru sasis memiliki desain *tubular space frame* yang didesain lebih pendek dengan tujuan menurunkan bobot total kendaraan serta meningkatkan manuverabilitas. Akan tetapi, pemangkasan dimensi ini berpotensi memengaruhi kekuatan struktural dan kekakuan rangka, sehingga perlu dikaji lebih mendalam. Sesuai panduan kompetisi, sasis juga harus diuji menggunakan metode *Finite Element Method* (FEM) untuk memastikan ketahanan dan kelayakan desain.

Di tingkat rekayasa domestik, panduan KMLI 2024/2025 (diselenggarakan tahunan di Politeknik Negeri Bandung) menetapkan parameter operasional yang difokuskan pada keandalan sistem penggerak dan proteksi kelistrikan. Aturan teknis secara definitif menyatakan bahwa kendaraan roda empat kompetisi harus digerakkan secara eksklusif oleh motor listrik yang mengambil energi dari baterai utama. Dalam hierarki desain EV, sasis didefinisikan sebagai struktur penyangga utama yang berfungsi mutlak sebagai basis penempatan sistem kemudi, motor, baterai, dan bodi kendaraan. Regulasi keselamatan KMLI menuntut sasis tidak hanya mampu menanggung beban vertikal pengemudi dan mekanikal, melainkan juga menyediakan perlindungan fisik terhadap hubungan arus pendek

(*short circuit*). Tim seperti ITK dengan purwarupa sasis kendaraan listrik Enggang harus merancang pemisahan kompartemen baterai yang tidak memungkinkan transfer panas ke area pengemudi jika terjadi kerusakan kelistrikan, mematuhi standar pemeriksaan teknis pra-kualifikasi yang sangat memprioritaskan keamanan sirkuit kelistrikan dan kekuatan *roll hoop*.

Rangka ruang tubular (*tubular space frame*) tetap menjadi metodologi konstruksi sasis standar *de facto* untuk kendaraan balap formula level institusi pendidikan. Struktur ini mendistribusikan pola tegangan kompleks dari interaksi gaya yang bekerja pada kendaraan ke dalam serangkaian respons mekanika elemen tunggal, di mana gaya-gaya tersebut ditransfer menjadi tegangan tarik (*tensile*) dan tekan kompresif (*compressive*) aksial di sepanjang sumbu batang sasis tubular. Penelitian ini akan melakukan pengujian desain sasis formula elektrik Enggang ITK tahun 2025 terhadap pembebanan statis vertikal, pembebanan tabrak samping, pembebanan tabrak depan, dan pembebanan *roll hoop* ketika mobil terbalik yang ditinjau dari tegangan ekuivalen (*von mises*), defleksi yang terjadi, dan nilai *safety factor* yang terjadi.

Tabel 1: Hasil Simulasi Sasis AISI 4130

Test	Stress (MPa)	Deformation (mm)	FOS
Frontal impact test	114,6	2,39	4,5
Side impact test	87,3	0,73	5,2
Rear impact test	303,9	3,45	1,8
Torsional stiffness test	108,0	4,78	4,8

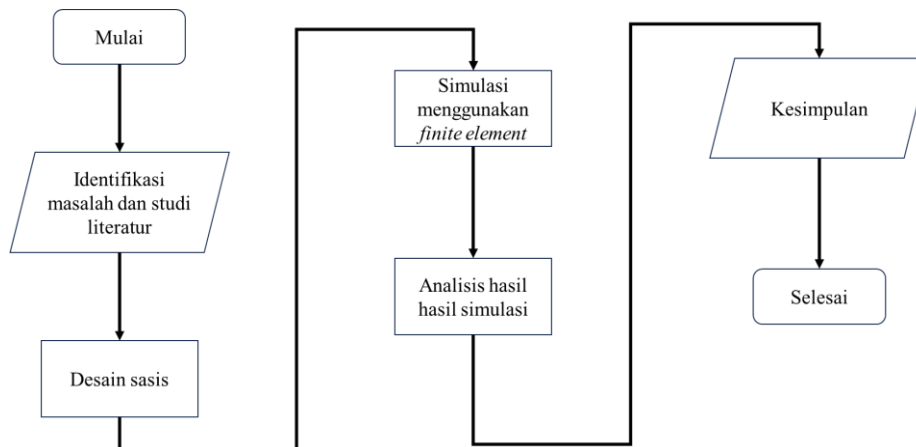
Sumber: Kumar M., dkk. (2019)

2. METODE

Tahapan proses penelitian ini menjabarkan tahapan simulasi serta evaluasi dari sasis mobil formula elektrik Enggang ITK. Fokus utama analisis adalah mengetahui bagaimana performa sasis ketika diberikan berbagai pembebanan statis, dilihat dari tegangan *von mises*, deformasi yang terjadi, serta *safety factor*. Alur tahapan penelitian secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 2. Metode yang diterapkan dimulai dengan menggambar desain sasis sesuai dengan kondisi/ukuran geometri sasis riil kemudian dilakukan uji *finite element* untuk mengukur kemampuan sasis.

2.1 Diagram Alir (flowchart)

Diagram alir dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2.

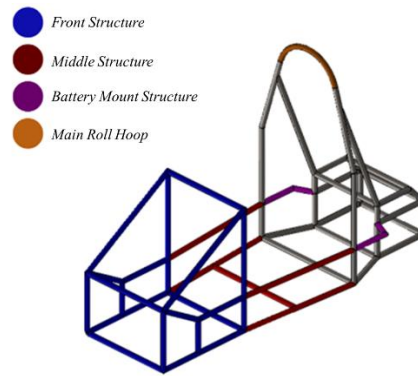


Gambar 2: Flowchart Penelitian

Langkah awal penelitian dimulai dari identifikasi masalah dan studi literatur, pada bagian awal telah ditemukan potensi masalah yaitu perlunya analisis kemampuan sasis dalam menahan beban. Faktor beban yang akan dianalisis adalah beban statis, beban tabrakan dari bagian depan, samping dan ketika kendaraan terbalik (bertumpu pada *roll hoop*). Analisis dilakukan dengan melihat hasil simulasi tegangan *von mises*, deformasi, dan *safety factor*. Kemudian sasis didesain menggunakan perangkat lunak *Computer Aided Design* (CAD) untuk dapat digunakan untuk simulasi. Ukuran dan geometri bentuk sasis merujuk pada sasis riil mobil formula elektrik Enggang ITK yang telah dibuat sebelumnya. Tahapan selanjutnya adalah melakukan simulasi elemen hingga (*finite element*) dengan memberikan pembebanan pada sasis untuk melihat respon tegangan teknik yang diterima. Analisis hasil dilakukan untuk melihat apa yang terjadi pada perilaku sasis saat diberikan pembeban.

2.2 Desain Sasis

Desain sasis formula elektrik Enggang ITK (ditunjukkan pada Gambar 3) menggunakan pipa *tubular* yang umum disebut *tubular space frame* (Avika dan Ristadi, 2025). Pola sasis berbentuk *rectangular* dengan elemen sasis disusun membentuk pola kotak yang sejajar dan tegak lurus. Desain ini menunjukkan pendekatan desain yang sederhana, terstruktur rapi, dan mudah difabrikasi karena tidak banyak variasi sudut atau diagonal (Sutisna, 2023).



Gambar 3: Desain Sasis Formula Elektrik Enggang ITK.

2.3 Simulasi FEM

Pada tahap simulasi pengujian desain sasis dilakukan pada permodelan 3D menggunakan metode *Finite Element*. Hasil dan analisis pada simulasi *Finite Element* dapat diketahui dalam waktu cepat sehingga mengurangi waktu dalam pembuatan sasis karena apabila dilakukan pengujian secara manual maka akan membutuhkan waktu yang lama dan dapat pula berpotensi terjadinya kesalahan selama proses pengujian (Barbosa dkk., 2024). Hasil data *Finite Element* menampilkan tegangan, deformasi, dan faktor keamanan sebagai bentuk tahap akhir dari pengujian yang menampilkan data yang akan di analisis. Material yang digunakan untuk sasis adalah ASTM A36 dengan properti ditunjukkan pada tabel 2. Nilai pembebanan statis ditunjukkan pada tabel 3 yaitu sebesar 152,3 kg.

Simulasi FEM dilakukan dalam beberapa tahapan awal yaitu tahapan *pre-processing*, *import geometry*, dan *meshing*. Tahapan *pre-processing* adalah penyesuaian material yang akan digunakan yaitu ASTM A36. *Import geometry* adalah tahapan memasukkan desain 3 dimensi ke dalam aplikasi dan setelahnya masuk ke tahap *meshing* (Reddy, 2026). *Meshing* bertujuan untuk membuat daerah analisis terkecil dengan membuat titik atau *node* di setiap bagian volume benda yang akan disimulasi (Guan dkk., 2025). Banyak bentuk geometris elemen digunakan dalam analisis elemen hingga untuk aplikasi tertentu. Berbagai elemen yang digunakan dalam kode perangkat lunak *FEA* komersial serbaguna membentuk apa yang disebut sebagai perpustakaan elemen dari kode tersebut (Xiong dkk., 2025). Elemen dapat dikategorikan ke dalam kategori berikut: elemen garis, elemen permukaan, elemen padat, dan elemen khusus (ditunjukkan pada tabel 4). Semakin banyak *node* maka akan membuat daerah simulasi lebih banyak namun akan menghasilkan simulasi yang lebih baik jika dibandingkan *node* yang sedikit (Ezechukwu dkk., 2025). Semakin kecil ukuran elemen maka menghasilkan akurasi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan ukuran elemen yang besar (Wong dkk., 2015). Pada simulasi struktur ini jenis *mesh* yang digunakan adalah *tetrahedral mesh*. *Tetrahedral mesh* digunakan karena lebih baik untuk simulasi distribusi tegangan (Prasetyo dkk., 2023). Setelah dilakukan *meshing* maka perlu diberlakukan batasan geometri berupa *fix geometry*. Pemberian beban/*load* ditunjukkan pada tabel 3 dengan asumsi kecepatan tabrak 60 km/h atau 16,66 m/s.

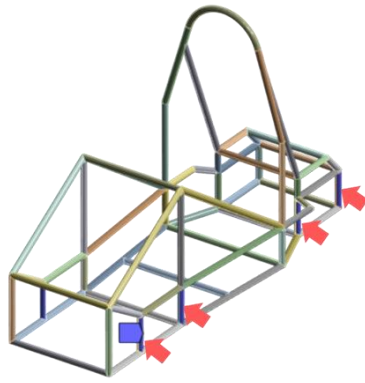
Tahap proses selanjutnya adalah pemberian *boundary* serta *load distribution*. Gambar 4 menunjukkan titik *fix geometry* pada sasis formula elektrik Enggang ITK. Titik *fix geometry* dengan jumlah 4 pada sisi kiri dan 4 pada sisi kanan merupakan representasi dari area *mounting hard point* suspensi pada sasis riil. Gambar 5 menunjukkan *load* yang ditopang pada masing-masing bagian batang sasis sesuai dengan beban riil yang akan diterima. Gambar 6 menunjukkan titik pembebanan yang akan digunakan pada masing-masing jenis simulasi.

Tabel 2: Material untuk Sasis Formula Elektrik

Property	Nilai	Unit
Young's modulus	200	GPa
Poisson's ratio	0,26	-
Shear modulus	79.300	MPa
Density	7.850	kg / m ³
Tensile strength	400	MPa
Yield strength	250	MPa

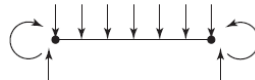
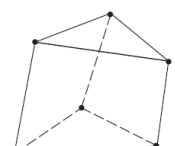
Tabel 3: Asumsi Penilaian Beban pada Sasis Formula Elektrik

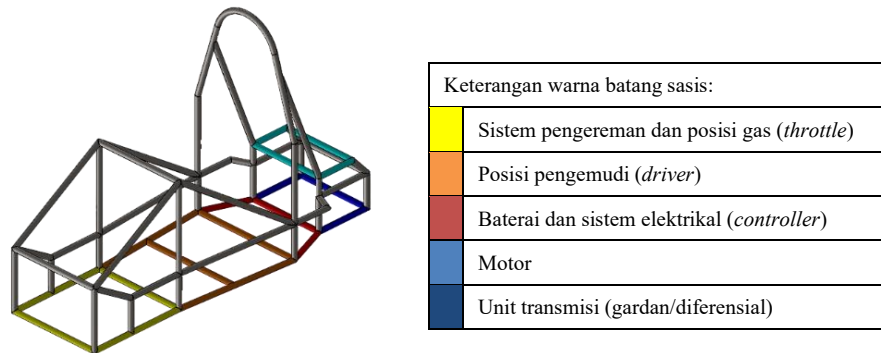
NO	Komponen	Massa (kg)
1	Pengendara	55
2	Motor Listrik	13,07
3	Transmisi	12
4	Sistem Kemudi	2
5	Sasis	23,38
6	Baterai	25
7	Controller	2,2
8	Roda	20
Total Massa (kg)		152,3



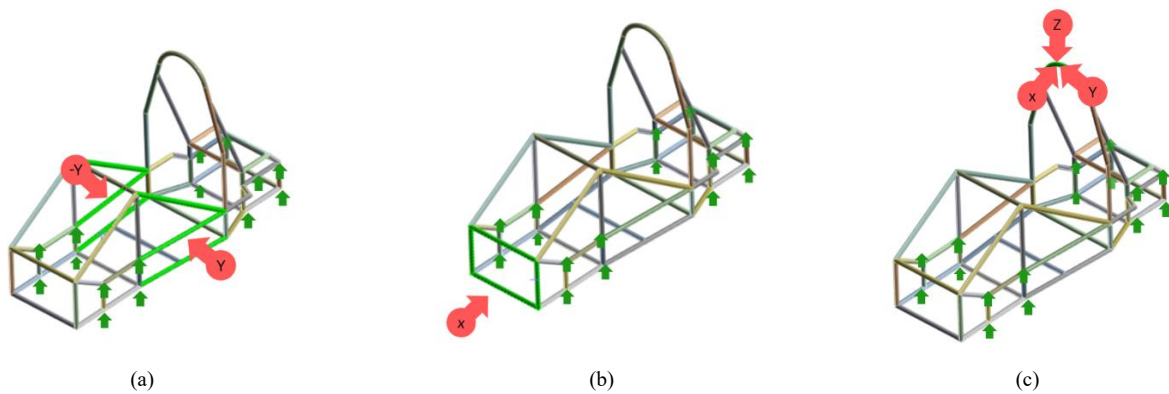
Gambar 4: Letak *Fix Geometry* Sasis Formula Elektrik

Tabel 4. Sampel dari *Finite Element Library*

Tipe Elemen	Node	Bentuk	Kegunaan
Line	Truss		Batang berujung pin dalam keadaan tarik atau tekan
Line	Beam		Bending
Line	Frame		<i>Axial</i> , torsi, dan lentur. Dengan atau tanpa penguatan beban.
Surface	Quadrilateral		Tegangan atau regangan pada bidang, simetri sumbu, panel geser, pelat tipis datar yang mengalami lenturan
Surface	Triangular		Stres atau regangan pada bidang datar, simetri sumbu, panel geser, pelat tipis datar yang mengalami lenturan. Gunakan bentuk empat persegi jika memungkinkan. Digunakan untuk transisi antara bentuk empat persegi.
Solid	Pentagonal		Plat tebal dan kokoh. Digunakan untuk transisi.
Solid	Tetrahedron		Plat tebal dan kokoh. Digunakan untuk transisi.



Gambar 5: Pembebanan Statis (Vertikal)



Gambar 6: Pembebanan Tabrak (a) Samping, (b) Depan, (c) Terbalik

Tabel 5: Nilai Total Variasi Pembebanan

Tipe	Gaya Pembebanan Total (N)
Statis Vertikal	1.491
Tabrak Samping (<i>Side Impact</i>)	10.551
Tabrak Depan (<i>Front Impact</i>)	10.551
Terbalik (<i>Main Roll Hoop</i>)	10.551

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

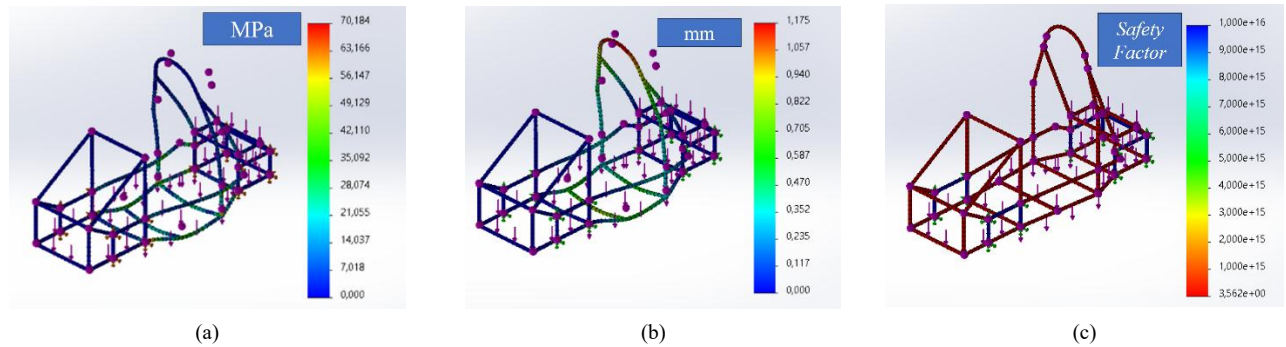
Simulasi sasis menggunakan metode *finite element* telah diselesaikan, hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 7,8,9, dan 10. Pembebanan diberikan secara vertikal, beban akibat tabrak dari samping, beban tabrak depan, dan beban ketika mobil terbalik. Pembahasan analisis hasil simulasi dibahas pada subbab 3.1.

3.1 Analisis Variasi Pembebanan Terhadap Von Mises Stress, Deformasi, dan Safety Factor

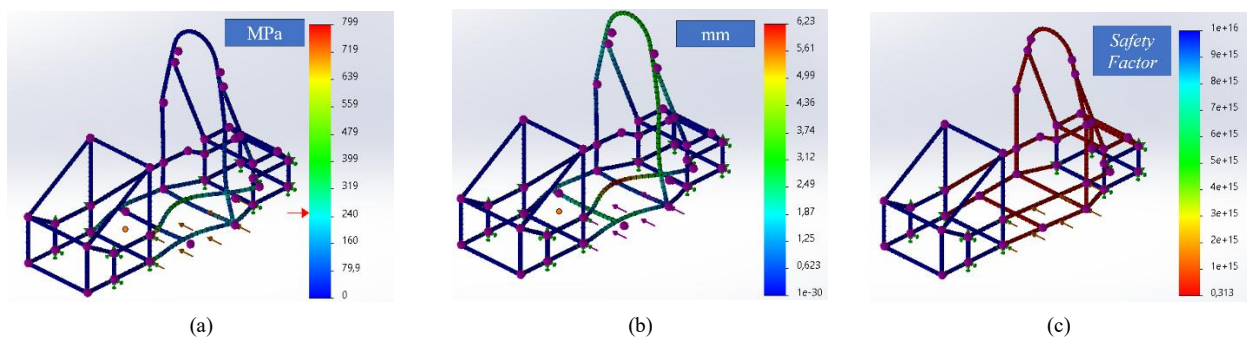
Simulasi *Finite Element* dilakukan dengan nilai variasi pembebanan. Analisis dilakukan terhadap tegangan *von mises*, defleksi, dan nilai *safety factor*. Simulasi *Finite Element* telah dilakukan untuk mengevaluasi variasi pembebanan terhadap *von mises stress* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7, 8, 9, dan 10. Dari hasil simulasi, didapatkan nilai *von mises stress* pada beban statis vertikal sebesar 70,18 MPa. Tegangan terbesar yang diterima pada bagian bawah sasis tengah. Hal ini terjadi karena bagian tersebut merupakan bagian yang langsung menerima gaya vertikal tanpa banyak penguat, hal ini sejalan dengan temuan Barton dan fieldhouse (2018) dimana untuk sasis umum/*common* seperti tipe *ladder frame* sangat umum terjadi pembebanan terbesar pada bagian penopang bawah sasis. Pada beban tabrak samping tegangan *von mises* terbesar adalah 799 MPa. Nilai tersebut telah melebihi batas *yield* material sehingga material akan melewati batas elastisnya (Zamzam dkk., 2025). Hal ini menyebabkan material rusak secara permanen. Gaya 10.551 Newton yang diterima pada bagian depan menyebabkan sasis rusak secara permanen. Perilaku yang sama terjadi pada simulasi tabrak depan dan ketika mobil terbalik. Tegangan yang terjadi masing-masing sebesar 639 MPa dan 339 MPa melebihi batas *yield* sebesar 250 MPa. Pemberian beban tabrak depan, samping, dan terbalik menunjukkan sasis rusak secara permanen karena tegangan yang terjadi sangat besar.

Hasil simulasi deformasi pada beban statis menunjukkan deformasi maksimum sebesar 1,17 mm. Berbeda dengan area tegangan, deformasi maksimum terjadi pada daerah *main roll hoop*. Hal ini dapat terjadi karena struktur *main roll hoop* memiliki penopang kaki pipa paling sedikit dibandingkan struktur lain. Pada tabrakan samping, deformasi maksimum terjadi pada bagian sasis samping yang langsung terbebani pada gaya tabrak dengan nilai sebesar 6,23 mm. Nilai tersebut sangat besar dibandingkan deformasi statis, hal ini dapat menunjukkan kegagalan permanen karena besarnya nilai deformasi yang terjadi (Abdurasulov dkk., 2025). Ketika terjadi tabrakan pada bagian depan deformasi permanen terjadi sebesar 5,08 mm walaupun tidak sebesar nilai tabrak samping, hal ini juga menjadi indikasi terjadinya deformasi permanen pada bagian struktur sasis depan. Deformasi maksimum terjadi saat diberikan pembebanan terbalik pada kecepatan 60 km/h. Deformasi terjadi sebesar 10,5 mm pada bagian *main roll hoop*, nilai ini menjadi nilai terbesar yang menandakan

bahwa struktur rentan gagal dan perlu dilakukan ubahan desain struktur *main roll hoop*. Ubahan yang terjadi dapat berupa peningkatan tebal material maupun desain penguat yang diintegrasikan pada sasis tengah dan *roll hoop* (Dagdeviren dkk., 2016).

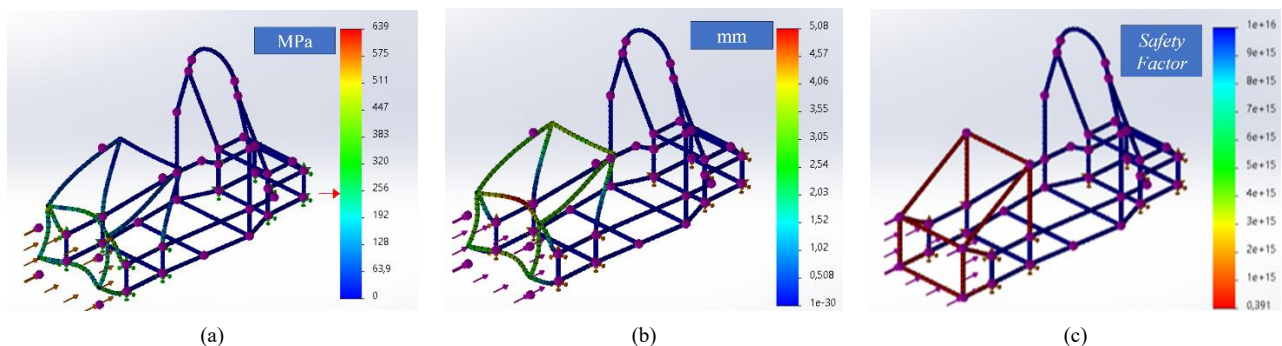


Gambar 7: Hasil Simulasi Beban Statis Vertikal (a) *Von Mises Stress*, (b) Deformasi, (c) *Safety Factor*

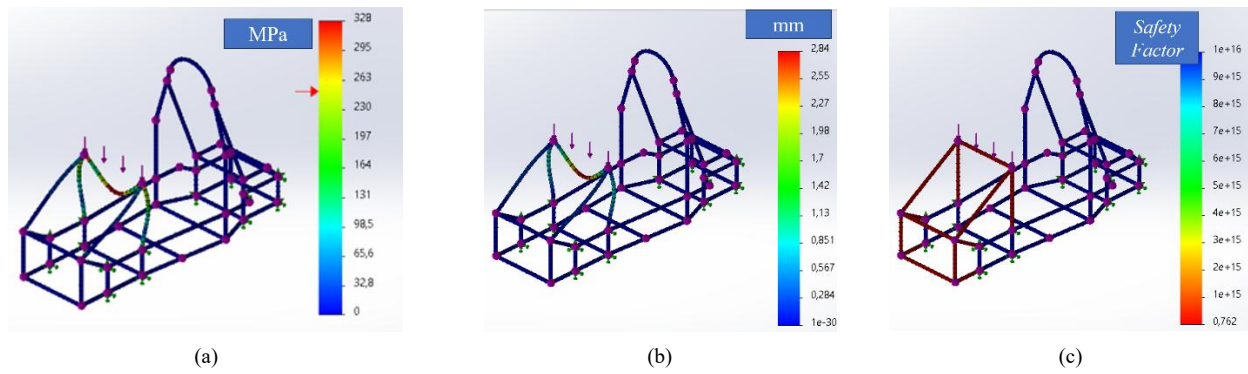


Gambar 8: Hasil Simulasi Tabrak Samping (a) *Von Mises Stress*, (b) Deformasi, (c) *Safety Factor*

Hasil *safety factor* menunjukkan hanya pada beban statis sasis kondisi sasis aman. Nilai *safety factor* terbesar pada beban statis adalah 3,56 sedangkan pada pembebanan lainnya menunjukkan nilai 0,73 (saat mobil terbalik) hingga nilai terkecil 0,31 pada saat terjadi tabrakan samping. Hasil nilai di bawah 1 menunjukkan bahwa besar tegangan yang terjadi lebih besar dari tegangan izin material. Nilai tersebut menunjukkan bahwa ketika terjadi kecelakaan pada kecepatan 60 km/h maka sasis akan mengalami kegagalan permanen. Sasis perlu diperkuat agar dapat menahan beban tabrakan namun tetap perlu menjaga optimasi agar tidak meningkatkan bobot. Salah satu opsi yang dapat diambil adalah dengan menggunakan material yang lebih kuat namun tetap ringan seperti aluminium *alloy* (Dalal dan Sheth, 2019).



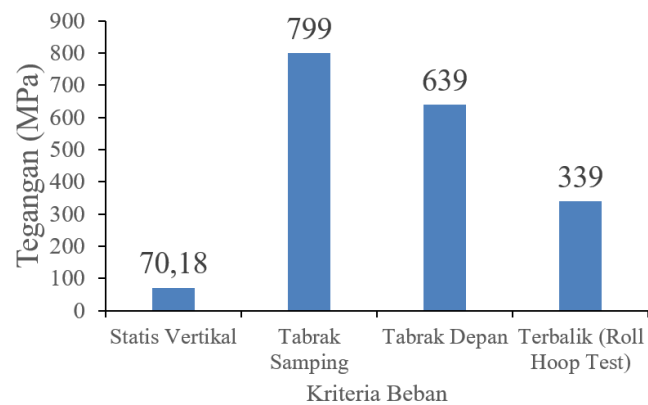
Gambar 9: Hasil Simulasi Tabrak Depan (a) *Von Mises Stress*, (b) Deformasi, (c) *Safety Factor*



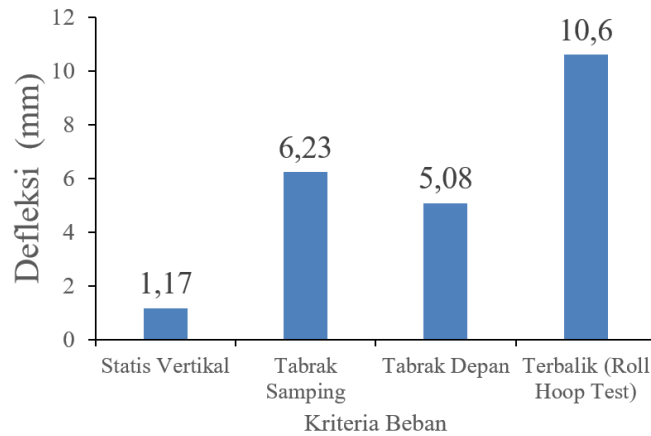
Gambar 10: Hasil Simulasi Terbalik (a) *Von Mises Stress*, (b) Deformasi, (c) *Safety Factor*

Tabel 6: Hasil Simulasi Pada Tiap Beban

Kriteria	Nilai
Statis Vertikal	
<i>Von mises stress</i>	70,18 MPa
Defleksi	1,17 mm
<i>Safety Factor</i>	3,56
Tabrak Samping	
<i>Von mises stress</i>	799 MPa
Defleksi	6,23 mm
<i>Safety Factor</i>	0,31
Tabrak Depan	
<i>Von mises stress</i>	639 MPa
Defleksi	5,08 mm
<i>Safety Factor</i>	0,39
Terbalik (<i>Roll Hoop Test</i>)	
<i>Von mises stress</i>	339 MPa
Defleksi	10,5 mm
<i>Safety Factor</i>	0,73



Gambar 11: Grafik Perbandingan *Von Mises Stress* pada Tiap Beban.



Gambar 12: Grafik Perbandingan Defleksi pada Tiap Beban.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, sasis formula elektrik Enggang ITK mampu menahan beban statis vertikal 152,3 kg dengan baik dilihat dari tegangan *von mises*, defleksi, dan *safety factor* dengan menggunakan material ASTM A36, namun sasis tidak mampu menahan beban tabrak depan, samping, dan kondisi terbalik dari kecepatan 60 km/h. Titik terlemah dalam struktur sasis adalah bagian *main roll hoop*, karena mengalami defleksi tertinggi saat kendaraan terbalik, hal ini ditunjukkan juga dengan nilai *safety factor* terendah sebesar 0,31. Hal ini menunjukkan sasis akan rusak permanen saat terjadi kecelakaan yang dikarenakan tabrakan dari depan, samping, dan ketika kendaraan terbalik. Perlu dilakukan perubahan material yang lebih kuat namun tetap ringan atau perubahan desain seperti membuat struktur penguat sasis pada titik-titik lemah seperti *front end*, *main roll hoop*, dan *side impact structure* sehingga sasis mampu menahan gaya akibat tabrakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih para penulis dengan penuh rasa syukur menyampaikan penghargaan dan mengucapkan terima kasih atas dukungan finansial yang diberikan oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi melalui dana Hibah Penelitian Internal LPPM Institut Teknologi Kalimantan Tahun 2025. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada saudara Mad, Rijal, dan Chay karena membantu *review* dari manuskrip ini.

KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan finansial maupun hubungan pribadi yang dapat dianggap memengaruhi hasil atau pembahasan dalam artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurasulov, S., Zayniddinov, N., Khamidov, O., Yusuf, A., & Jamilov, S. (2025). Stress-strain state analysis of cross beam of main frame of industrial electric locomotives PE2M and PE2U. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3256, No. 1, p. 060011). AIP Publishing LLC.
- Avika, R., & Ristadi, F. A. (2025). Development of the garuda UNY urban car chassis and strength analysis using Finite Element Analysis (FEA). *Engineering for Sustainable Development*, 1(2), 58-71.
- Barbosa, L.M.Q., Fernandes, G.H.N. and Murad, M. de Q. (2024) 'Finite element analysis and optimization of a Formula SAE car chassis', *Caderno Pedagógico*, 21(1), pp. 2053–2071.
- Barton, D.C. and Fieldhouse, J.D. (2018) *Vehicle Mechanics, Automotive Chassis Engineering*.
- Dagdeviren, S., Yavuz, M., Kocabas, M. O., Unsal, E., & Esat, V. (2016). Structural crashworthiness analysis of a ladder frame chassis subjected to full frontal and pole side impacts. *International journal of crashworthiness*, 21(5), 477-493.
- Dalal, H. and Sheth, P.P. (2019) 'Design and Analysis of Heavy Vehicle Chassis Using Finite Element Analysis', (January).
- Ezechukwu, V. C., Onyenanu, I. U., Ayadinuno, G., & Agwaziam, J. O. (2025). Structural simulation analysis of the developed hybrid of Momordica angustisepala fiber and Breadfruit seed-shell particles composites Bolted Flanges. *IPS Journal of Engineering and Technology*, 1(1), 13-20.
- Eziakolamwa, V. C., Anthonia, A. O., & Eruogun, E. O. C. (2025). Optimised Design and Structural Simulation of a Quad Cycle Chassis Using Finite Element Methods. *Path of Science*, 11(4), 2001-2008.
- Farabi, J. (2021) 'The Design and Analysis of Multiple Monocoque Chassis for Formula Student (FS) racecar', *International Journal of Mechatronics and Automotive Research (IJMAR)*, 3(1), pp. 19–32.

- Guan, Z., Li, H., Jiang, T., Xing, L., Zhang, M., Jiang, D., & Jin, M. (2025). Effect of rubber-tracked chassis roller on soil surface vertical stress distribution based on finite element method. *Journal of Terramechanics*, 120, 101080.
- Iskandar, D. J., Kardiman, Siswadi, Fachrudin, A., Tabayyun, C., & Arum, A. (2025). ANALISIS BEBAN DAN TEGANGAN PADA KNUCKLE ARM MOBIL LISTRIK FORMULA STUDENT. *SINERGI POLMED Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 6(2), 106–117.
- Kumar, M. D., Teja, P. S., Krishna, R., & Sreenivasan, M. (2019). Design optimization and simulation analysis of Formula SAE frame using chromoly steel.
- Prasetyo, A. B., Sekarjati, K. A., Assagaf, I. P. A., & Rizaki Putra, I. (2023). Studi Numerik Pengaruh Variasi Pembebanan Trolis Pengangkut Barang di Laboratorium Manufaktur ITNY Terhadap Analisis Struktur Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Journal of Energy, Materials, & Manufacturing Technology*, 2(01), 30–39.
- Reddy, J. N. (2026). An introduction to the finite element method. In *Dynamics of Earth's Fluid System* (pp. 199-226). CRC Press.
- Sutisna, N. A. (2023). Design Analysis of a Tubular Chassis for an Electric Vehicle using Finite Element Method. *Jurnal Teknik Mesin dan Mekatronika (Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics)*, 8(1), 37-51.
- Xiong, W., Long, X., Bordas, S. P., & Jiang, C. (2025). The deep finite element method: A deep learning framework integrating the physics-informed neural networks with the finite element method. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 436, 117681.
- Zamzam, O., Ramzy, A. A., Abdelaziz, M., Elnady, T., & El-Wahab, A. A. A. (2025). Structural performance evaluation of electric vehicle chassis under static and dynamic loads. *Scientific Reports*, 15(1), 5168.
- Zivanic, D., Ilankovic, N., Doric, J., & Kantona, M. (2025) Application of engineering analysis and modern design techniques in formula student race car chassis development. In: *Proceedings. University of Nis, Faculty of Mechanical Engineering*, pp. 141-144, DOI:10.46793/TIL2025.141Z