

TUGAS AKHIR

RANCANG BANGUN MOBIL LISTRIK KAMPUS UNAND

Oleh:

M.AHLAN FADHILLAH

NIM. 2110911006



DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ANDALAS

PADANG

2025

LEMBAR PENGESAHAN
RANCANG BANGUN MOBIL LISTRIK KAMPUS
UNAND

Oleh :

M.AHLAN FADHILLAH

NIM. 2110911006

Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Penguji pada tanggal **9 September 2025**

Penguji 1



Prof. Dedison Gasni, PhD.
NIP.196803131994031003

Penguji 2



Prof. Dr. Eng. Gunawarman
NIP.196612191992031004

Menyetujui :

Pembimbing Utama



Dr. Eng. Ir. Dendi Adi Saputra M, IPM
NIP.198712012012121004

Pembimbing Pendamping



Dr. Eng. Eka Satria
NIP.197606122001121001

Mengetahui :

Ketua Departemen Teknik Mesin

Ketua Prodi S1 Teknik Mesin

Prof. Dr. Eng. Meifal Rusli
NIP.197505272000031002

Dr. Eng. Ilhamdi
NIP.198203232006041004

PENETAPAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir sebagai salah satu mata kuliah untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Teknik Mesin pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Andalas diberikan kepada:

Nama : M.Ahlan Fadhillah
Nomor Induk Mahasiswa : 2110911006
Dosen Pembimbing : 1. Dr.Eng.Ir.Dendi Adi Saputra M, IPM
2. Dr.Eng.Eka Satria
Waktu Penyelesaian : ± 4 Bulan
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Mobil Listrik Kampus
Unand

Uraian Tugas Akhir

1. Perancangan mobil listrik
2. Produksi mobil listrik
3. Pengujian peforma mobil listrik
4. Kesimpulan

Padang, 27 Agustus 2025

Pembimbing Utama



Dr.Eng.Ir.Dendi Adi Saputra M, IPM
NIP.198712012012121004

Pembimbing Pendamping



Dr.Eng.Eka Satria
NIP.197606122001121001

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir berjudul “ RANCANG BANGUN MOBIL LISTRIK KAMPUS UNAND.” Shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad shallallahu ‘alaihi wasallam, semoga kita termasuk dalam golongan yang mendapat syafa’at beliau di hari akhir.

Dalam penyusunan proposal ini, penulis mendapat dukungan, semangat, doa, serta arahan dari berbagai pihak yang sangat berkontribusi. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada:

1. Orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan moral dan materiil, serta kasih sayang yang tiada henti.
2. Bapak Dr.Eng.Dendi Adi Saputra dan Bapak Dr.Eng.Eka Satria selaku dosen pembimbing proposal tugas akhir yang telah meluangkan waktu dan memberikan bimbingan serta motivasi kepada penulis.
3. Bapak Dedison Gasni, Ph. D dan Bapak Prof. Dr.Eng. Gunawarman selaku dosen penguji proposal tugas akhir yang telah meluangkan waktu dan memberikan motivasi kepada penulis.
4. Teman-teman M-XXXIV yang telah membantu dan mendukung penulis selama ini.

Penulis menyadari keterbatasan dalam tugas akhir ini dan mengharapkan kritik serta saran yang konstruktif. Semoga tulisan ini bermanfaat dan berkontribusi pada perkembangan ilmu pengetahuan.

Padang, Agustus 2025

M.Ahlan Fadhillah

ABSTRACT

This final project aims to design, build, and test the performance of a 3000 W electric vehicle that is specially designed to operate on the hilly topography of Universitas Andalas. The background of this study is the need for a safe, efficient, and environmentally friendly campus transportation system, considering the campus road conditions that include uphill and downhill roads, as well as the importance of improving internal transportation safety.

The research methodology includes design, prototype development, and vehicle performance testing. The design process was carried out by preparing Design Requirement Objectives (DRO), Objective Tree Diagram (OTD), and House of Quality (HoQ), and by applying the Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) method to ensure ease of production and assembly. The electric vehicle prototype uses a 3000 W BLDC motor, a 72 V 40 Ah lithium-ion battery, and a ladder frame chassis with a capacity of four passengers. The chassis strength analysis was performed using Finite Element Analysis (FEA) with static loading, which showed a maximum Von Mises stress of 9.352 MPa, still below the material yield strength, so the chassis is considered safe.

Performance testing was conducted in the Universitas Andalas campus area, including speed, driving range, and hill-climbing tests with variations in passenger mass. The test results show that an increase in passenger mass has a significant effect on vehicle performance. The maximum vehicle speed decreases as the load increases. These results indicate that the designed 3000 W electric vehicle can operate well on the Universitas Andalas campus topography, but its performance is strongly influenced by passenger mass.

Keywords: *Electric Vehicle, BLDC motor, DFMA, performance test, campus topography*

ABSTRAK

Tugas akhir ini bertujuan untuk merancang, membangun, dan menguji kinerja mobil listrik berdaya 3000 W yang dirancang khusus untuk menghadapi kondisi topografi berbukit di lingkungan Universitas Andalas. Latar belakang penelitian didasarkan pada kebutuhan akan sarana transportasi kampus yang aman, efisien, dan ramah lingkungan, mengingat karakteristik jalan kampus yang menanjak dan menurun serta pentingnya peningkatan keselamatan transportasi internal.

Metodologi penelitian meliputi tahapan perancangan, pembangunan prototipe, dan pengujian kinerja kendaraan. Proses perancangan dilakukan dengan menyusun Design Requirement Objectives (DRO), Objective Tree Diagram (OTD), dan House of Quality (HoQ), serta menerapkan metode Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) untuk memastikan kemudahan produksi dan perakitan. Prototipe mobil listrik menggunakan motor BLDC 3000 W, baterai lithium-ion 72 V 40 Ah, serta rangka ladder frame dengan kapasitas empat penumpang. Analisis kekuatan rangka dilakukan menggunakan metode Finite Element Analysis (FEA) dengan pembebanan statik, yang menunjukkan tegangan Von Mises maksimum sebesar 9,352 MPa, masih berada di bawah batas leleh material sehingga rangka dinyatakan aman.

Pengujian kinerja dilakukan di area kampus Universitas Andalas yang meliputi uji kecepatan, jarak tempuh, dan daya tanjak dengan variasi massa penumpang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan massa penumpang memberikan pengaruh signifikan terhadap performa kendaraan. Kecepatan maksimum kendaraan juga menurun seiring bertambahnya beban. Hasil ini menunjukkan bahwa mobil listrik 3000 W yang dirancang mampu beroperasi dengan baik di topografi kampus Universitas Andalas, namun performanya sangat dipengaruhi oleh massa penumpang.

Kata kunci: mobil listrik, motor BLDC, DFMA, uji kinerja, topografi kampus Universitas Andalas.

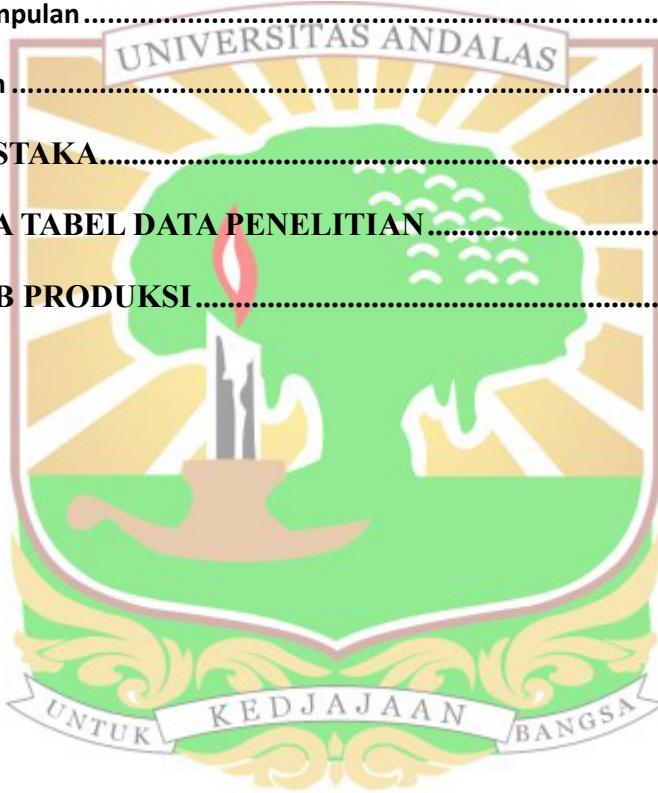
DAFTAR ISI

Hal

COVER

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PENETAPAN TUGAS AKHIR.....	iii
PRAKATA.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Mobil Listrik.....	4
2.2 Jenis Jenis Mobil Listrik	4
2.3 Komponen utama pada mobil listrik	9
2.4 Terminologi Dasar	10
BAB III METODOLOGI	13
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	13
3.2 Perancangan	14

3.3	Produksi / Pembangunan	16
3.4	Uji Kinerja Mobil Listrik	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		19
4.1	Perancangan	19
4.2	Prototipe Mobil Listrik.....	28
4.3	Uji Peforma Mobil Listrik 3000W	30
BAB V PENUTUP		37
5.1	Kesimpulan	37
5.2	Saran	38
DAFTAR PUSTAKA.....		39
LAMPIRAN A TABEL DATA PENELITIAN.....		41
LAMPIRAN B PRODUKSI.....		43



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 MPV (Multi-Purpose Vehicle)[7]	5
Gambar 2. 2 SUV (Sport Utility Vehicle)[7]	6
Gambar 2. 3 LCGC / LSEV[10].....	6
Gambar 2. 4 Bus Listrik[12].....	7
Gambar 2. 5 motor listrik[15].....	9
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian	13
Gambar 3.2 Langkah Pengujian	18
Gambar 4.1 Objective Tree Diagram.....	20
Gambar 4.2 HoQ.....	21
Gambar 4.3 (a) Desain, (b) Dimensi.....	23
Gambar 4.4 Hasil Simulasi Von Mises Stress pada Rangka Mobil Listrik	24
Gambar 4.5 (a) Diagram Wiring dan (b) Wiring Kelistrikan.....	25
Gambar 4.6 Prototipe Mobil Listrik	30
Gambar 4.7 Hubungan Antara Massa Penumpang dan Waktu.....	31
Gambar 4.8 Hubungan Antara Massa Penumpang dan Kecepatan maksimum ..	32
Gambar 4.9 Hubungan Antara Massa Penumpang dan Jarak.....	33
Gambar 4.10 Hubungan Massa Penumpang dan Waktu.....	34
Gambar 4.11 Hubungan Massa Penumpang dan Waktu.....	35
Gambar 4.12 Hubungan Massa Penumpang dan Kecepatan Max.....	36

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat Pengujian.....	16
Tabel 4. 1 <i>Design Requirement Objectives</i>	19
Tabel 4.2 Pemilihan Alternatif Desain.....	22
Tabel 4.3 DFMA.....	27
Tabel 4.4 Proses Produsi/Bangun	28



BAB I

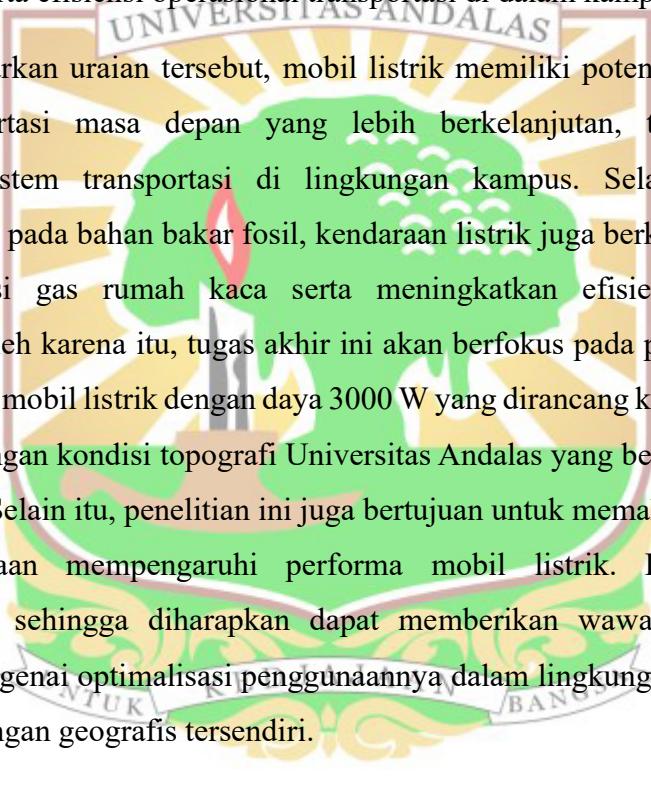
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi kendaraan listrik di Indonesia berkembang dengan cepat, terutama setelah diterbitkannya Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 tentang percepatan program kendaraan bermotor listrik berbasis baterai untuk transportasi jalan. Peraturan ini bertujuan untuk mendorong pertumbuhan industri kendaraan listrik dalam negeri, mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, dan menekan emisi gas rumah kaca [1]. Sebagai langkah lanjutan, Kementerian Perindustrian mengeluarkan Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 27 Tahun 2020 yang menetapkan spesifikasi kendaraan listrik, peta jalan pengembangannya, serta aturan penghitungan tingkat komponen dalam negeri. Regulasi ini memberikan pedoman bagi industri otomotif untuk mengembangkan kendaraan listrik yang memenuhi standar nasional dan meningkatkan penggunaan komponen lokal dalam proses produksinya[2].

Setiap kendaraan yang beroperasi di lingkungan kampus harus memenuhi standar keselamatan yang tinggi guna melindungi mahasiswa, staf pengajar, dan seluruh warga kampus yang bergantung pada transportasi internal. Tragedi kecelakaan bus kampus Universitas Andalas (Unand) pada 12 Februari 2016 menjadi pengingat akan pentingnya aspek keselamatan dalam sistem transportasi kampus. Insiden tersebut mengakibatkan dua korban jiwa, yakni sopir bus Asril Jaini (58) dan mahasiswi Teknik Industri angkatan 2012, Husni Wati Dewi, serta menyebabkan beberapa mahasiswa lainnya mengalami luka-luka yang memerlukan perawatan di rumah sakit setempat. Kejadian ini menegaskan bahwa keselamatan transportasi kampus harus menjadi prioritas utama dengan memastikan perawatan berkala kendaraan, peningkatan kualitas pengemudi, serta evaluasi menyeluruh terhadap sistem transportasi. Dengan menerapkan langkah-langkah ini, risiko kecelakaan dapat diminimalkan demi menciptakan lingkungan kampus yang lebih aman dan nyaman bagi seluruh penggunanya [3].

Topografi kampus Universitas Andalas (Unand) di Limau Manis, Padang, memiliki karakteristik jalan yang berliku, menanjak, dan menurun, sehingga membutuhkan kendaraan dengan performa tinggi serta sistem pengereman yang andal untuk memastikan keselamatan penggunanya. Kondisi geografis yang menantang ini menjadi faktor utama dalam perancangan kendaraan yang aman dan efisien untuk digunakan di lingkungan kampus. Oleh karena itu, pengembangan mobil listrik yang dirancang khusus agar dapat beradaptasi dengan medan tersebut menjadi sangat penting. Dengan desain yang sesuai, kendaraan listrik tidak hanya mampu memberikan kenyamanan bagi pengguna, tetapi juga meningkatkan keselamatan serta efisiensi operasional transportasi di dalam kampus [4].



Berdasarkan uraian tersebut, mobil listrik memiliki potensi besar sebagai solusi transportasi masa depan yang lebih berkelanjutan, terutama dalam mendukung sistem transportasi di lingkungan kampus. Selain mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, kendaraan listrik juga berkontribusi dalam menekan emisi gas rumah kaca serta meningkatkan efisiensi operasional transportasi. Oleh karena itu, tugas akhir ini akan berfokus pada perancangan dan pengembangan mobil listrik dengan daya 3000 W yang dirancang khusus agar dapat beradaptasi dengan kondisi topografi Universitas Andalas yang berliku, menanjak, dan menurun. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memahami bagaimana beban kendaraan mempengaruhi performa mobil listrik. Dengan jumlah penumpang 4, sehingga diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai optimalisasi penggunaannya dalam lingkungan kampus yang memiliki tantangan geografis tersendiri.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang pada sub bab sebelumnya ,rumusan masalah yang diambil adalah untuk merancang dan membangun mobil listrik 3000 W yang dapat digunakan di Universitas Andalas.

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini, yaitu :

1. Merancang mobil listrik 3000 W untuk topografi UNAND.
2. Membangun mobil listrik 3000 W yang di rancang.

3. Mengukur peforma dari mobil listrik 3000 W yang diuji pada topografi wilayah Universitas Andalas.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini, yaitu:

1. Dapat merancang mobil listrik 3000 W
2. Bisa membangun mobil listrik 3000 W.
3. Mengetahui informasi peforma mobil listrik 3000 W yang di uji pada topografi wilayah Universitas Andalas.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian uji kinerja mobil listrik 3000 W ini adalah.

1. Penelitian ini hanya berfokus dalam perakitan mobil listrik yang di rancang untuk topografi wilayah Universitas Andalas.
2. Penelitian ini berfokus dalam mengetahui kelayakan mobil listrik yang di uji pada topografi wilayah Universitas Andalas.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada laporan akhir ini yang pertama yaitu Bab I Pendahuluan, menjelaskan mengenai hal yang melatar belakangi penulis memilih topik, menentukan rumusan masalah, tujuan, manfaat, dan batasan masalah. Bab II Tinjauan Pustaka, menjelaskan tentang landasan teori. Bab III Metodologi, tahapan yang akan dilakukan penulis dari awal hingga akhir penelitian, Bab IV Hasil dan Pembahasan, menjelaskan terkait hasil akhir penelitian yang telah dilakukan. Bab V Penutup, berisikan kesimpulan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mobil Listrik

Mobil listrik adalah kendaraan yang menggunakan motor listrik sebagai tenaga utama untuk menggerakkan roda, menggantikan mesin berbahan bakar fosil. Energi disimpan dalam baterai yang dapat diisi ulang melalui sumber listrik eksternal, seperti stasiun pengisian daya atau pengisi daya rumah tangga. Berbeda dengan kendaraan konvensional yang menghasilkan emisi gas buang, mobil listrik bekerja dengan mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, sehingga lebih efisien dan ramah lingkungan. Perkembangan teknologi memungkinkan peningkatan dalam efisiensi energi, daya tahan baterai, dan performa kendaraan, terutama dengan penggunaan baterai lithium-ion berkapasitas tinggi yang memungkinkan jarak tempuh lebih jauh dan waktu pengisian lebih cepat. Selain itu, sistem manajemen energi yang semakin canggih membantu mengoptimalkan konsumsi daya agar lebih hemat. Seiring meningkatnya kesadaran akan pentingnya mengurangi ketergantungan pada bahan bakar konvensional serta dampak negatif emisi gas buang, mobil listrik menjadi pilihan transportasi masa depan yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan[5].

2.2 Jenis Jenis Mobil Listrik

2.2.1 Berdasarkan Bodi Kendaraan

1. MPV (*Multi-Purpose Vehicle*)

Mobil MPV (*Multi Purpose Vehicle*) merupakan jenis kendaraan yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan mobilitas keluarga dengan kapasitas penumpang yang lebih banyak dibandingkan mobil jenis sedan atau hatchback. MPV umumnya memiliki konfigurasi tempat duduk tiga baris yang mampu menampung hingga tujuh atau delapan orang, menjadikannya pilihan populer untuk penggunaan sehari-hari maupun perjalanan jauh. Desainnya yang mengutamakan kenyamanan dan fungsionalitas menjadikan mobil ini ideal untuk keperluan keluarga. Dalam pengembangannya, prototipe mobil MPV juga mulai mengadaptasi sistem kelistrikan modern yang mencakup

penggunaan baterai, sistem pengisian, serta berbagai komponen elektronik untuk mendukung efisiensi dan performa kendaraan. Penelitian dan perancangan sistem kelistrikan pada prototipe MPV menjadi langkah penting dalam mendorong inovasi di sektor otomotif, khususnya dalam menghadapi pergeseran menuju kendaraan ramah lingkungan[6]. Bentuk mobil MPV pada **Gambar 2.1.**



Gambar 2. 1 MPV (Multi-Purpose Vehicle)[7]

2. SUV (*Sport Utility Vehicle*)

Mobil SUV (*Sport Utility Vehicle*) adalah jenis kendaraan yang dirancang untuk memberikan keseimbangan antara kemampuan menjelajah berbagai medan dengan kenyamanan berkendara di jalan raya. SUV memiliki karakteristik bodi yang besar dan kokoh, ground clearance yang tinggi, serta seringkali dilengkapi dengan sistem penggerak empat roda (*four-wheel drive*) untuk mendukung performa di medan berat. Dalam konteks kendaraan listrik, SUV menjadi salah satu segmen penting yang mulai dikembangkan dengan menggunakan motor listrik sebagai penggerak utamanya. Penggunaan motor listrik pada SUV menawarkan sejumlah keunggulan seperti efisiensi energi yang lebih tinggi, torsi instan, serta pengurangan emisi gas buang yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi motor listrik pada kendaraan SUV merupakan langkah strategis dalam mendukung mobilitas ramah lingkungan tanpa mengorbankan performa dan daya jelajah yang menjadi ciri khas SUV[8]. Bentuk mobil SUV dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 SUV (Sport Utility Vehicle)[7]

3. LCGC / LSEV

Low Cost Green Car (LCGC) adalah kendaraan hemat energi dan berharga terjangkau yang dikembangkan untuk mendukung kebijakan efisiensi energi serta pengurangan emisi gas buang. Program ini diluncurkan oleh pemerintah Indonesia melalui Kementerian Perindustrian dengan tujuan menyediakan kendaraan yang ekonomis namun ramah lingkungan. LCGC umumnya memiliki mesin berkapasitas kecil (sekitar 1.000–1.200 cc), konsumsi bahan bakar minimal 20 km/liter, dan tingkat kandungan lokal yang tinggi. Meskipun awalnya menggunakan mesin berbahan bakar fosil, pengembangannya kini mulai diarahkan ke sistem kendaraan listrik untuk mendukung program kendaraan bermotor listrik berbasis baterai (KBLBB) dan transisi energi nasional[9]. Bentuk mobil LCGC / LSEV dapat dilihat pada Gambar 2.3.



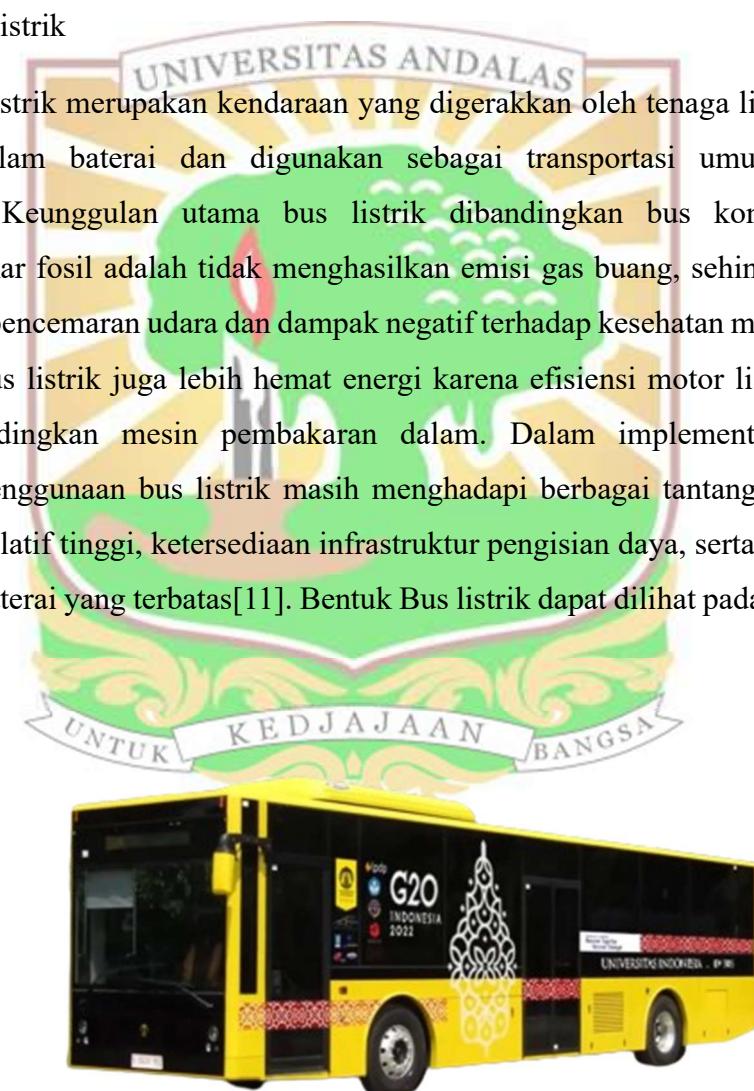
Gambar 2. 3 LCGC / LSEV[10]

Low Speed Electric Vehicle (LSEV) merupakan kendaraan listrik berkecepatan rendah, biasanya dirancang untuk penggunaan di kawasan terbatas seperti area perumahan, industri, atau wisata. LSEV menggunakan motor listrik dan baterai sebagai sumber tenaga utama, dengan kecepatan maksimal sekitar 50–70 km/jam.

Meskipun belum sepenuhnya memenuhi standar kendaraan jalan raya, LSEV menjadi solusi mobilitas ramah lingkungan untuk perjalanan jarak pendek. Dalam konteks kebijakan seperti Permen ESDM No. 1 Tahun 2023, keberadaan LSEV didukung melalui penyediaan infrastruktur pengisian daya seperti SPKLU dan SPBKLU, serta tarif listrik khusus. Hal ini menunjukkan bahwa LSEV dan LCGC memiliki peran penting dalam percepatan adopsi kendaraan rendah emisi di Indonesia[9].

4. Bus Listrik

Bus listrik merupakan kendaraan yang digerakkan oleh tenaga listrik yang disimpan dalam baterai dan digunakan sebagai transportasi umum ramah lingkungan. Keunggulan utama bus listrik dibandingkan bus konvensional berbahan bakar fosil adalah tidak menghasilkan emisi gas buang, sehingga dapat mengurangi pencemaran udara dan dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat. Selain itu, bus listrik juga lebih hemat energi karena efisiensi motor listrik lebih tinggi dibandingkan mesin pembakaran dalam. Dalam implementasinya di Indonesia, penggunaan bus listrik masih menghadapi berbagai tantangan seperti harga yang relatif tinggi, ketersediaan infrastruktur pengisian daya, serta umur dan daya tahan baterai yang terbatas[11]. Bentuk Bus listrik dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2. 4 Bus Listrik[12]

2.2.2 Berdasarkan Energi

Secara umum, kendaraan listrik yang saat ini beredar di pasaran dapat dikategorikan ke dalam tiga jenis utama, yaitu hybrid (HEV), plug-in hybrid (PHEV), dan full battery electric vehicle (BEV). Masing-masing jenis kendaraan ini memiliki karakteristik dan cara kerja yang berbeda dalam memanfaatkan energi listrik sebagai sumber tenaga utama atau pendukungnya.

1. Hybrid (HEV)

Kendaraan hybrid adalah mobil yang menggunakan dua sumber tenaga, yaitu mesin bensin dan motor listrik. Motor listrik bisa bergerak dengan memanfaatkan energi yang dihasilkan saat mobil melambat atau mengerem, yang disebut *regenerative braking*. Energi ini kemudian disimpan dalam baterai untuk digunakan kembali. Saat mobil berjalan dengan kecepatan tinggi atau membawa beban berat, mesin bensin akan otomatis mengambil alih agar mobil tetap bertenaga. Dengan sistem ini, kendaraan hybrid lebih hemat bahan bakar dan menghasilkan emisi yang lebih rendah dibandingkan mobil biasa[13].

2. Plug-in hybrid (PHEV)

Kendaraan plug-in hybrid adalah mobil yang menggunakan dua sumber tenaga, yaitu mesin bensin dan motor listrik. Baterai motor listrik pada kendaraan ini dapat diisi ulang melalui dua cara, yaitu dengan *regenerative braking*, yang memanfaatkan energi dari pengereman, serta melalui *plug-in*, yaitu pengisian daya dari sumber listrik eksternal seperti stasiun pengisian atau stopkontak di rumah. Berbeda dengan kendaraan hybrid biasa, mesin bensin pada plug-in hybrid tidak berfungsi untuk langsung menggerakkan kendaraan, melainkan digunakan untuk mengisi ulang baterai saat daya mulai menipis. Dengan sistem ini, kendaraan *plug-in hybrid* dapat beroperasi lebih lama dalam mode listrik murni, sehingga lebih hemat bahan bakar dan lebih ramah lingkungan dibandingkan kendaraan konvensional[13].

3. *Battery Electric Vehicle* (BEV)

Kendaraan listrik (*Battery Electric Vehicle* atau BEV) adalah kendaraan yang sepenuhnya menggunakan motor listrik sebagai sumber tenaga utama tanpa adanya

mesin pembakaran internal. Energi yang digunakan untuk menggerakkan kendaraan ini disimpan dalam baterai, yang dapat diisi ulang melalui beberapa cara. Salah satunya adalah *regenerative braking*, yaitu sistem yang mengubah energi dari penggereman menjadi daya listrik untuk mengisi baterai. Selain itu, baterai juga dapat diisi ulang melalui *plug-in*, yaitu pengisian daya dari sumber listrik eksternal seperti stasiun pengisian daya atau stopkontak di rumah. Dengan tidak adanya penggunaan bahan bakar konvensional, kendaraan listrik murni menjadi pilihan yang lebih ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi gas buang[13].

2.3 Komponen utama pada mobil listrik

1. Motor listrik

Motor listrik adalah alat yang mengubah listrik menjadi gerakan, sehingga bisa digunakan untuk berbagai keperluan, seperti kipas angin, mesin cuci, penyedot debu, hingga kendaraan listrik. Motor ini bekerja dengan dua bagian utama, yaitu rotor (bagian yang bergerak) dan stator (bagian yang diam), yang bersama-sama menghasilkan putaran untuk menggerakkan mesin. Motor listrik banyak digunakan karena lebih efisien, tahan lama, dan minim perawatan, berbeda dengan mesin berbahan bakar yang lebih rumit dan berisik. Dalam kendaraan listrik, motor ini menggantikan mesin bensin, membuat mobil lebih senyap, hemat energi, dan ramah lingkungan karena tidak menghasilkan asap atau polusi. Karena keunggulannya, motor listrik kini menjadi bagian penting dalam kehidupan sehari-hari, memudahkan berbagai aktivitas manusia dengan tenaga yang lebih bersih dan praktis[14]. Gambar motor listrik dapat di lihat pada **Gambar 2.5**



Gambar 2. 5 motor listrik[15]

2. Baterai

Baterai adalah sumber energi portabel yang banyak digunakan dalam berbagai perangkat, seperti ponsel, laptop, kamera, hingga kendaraan listrik. Baterai terbagi menjadi dua jenis, yaitu yang dapat diisi ulang dan yang tidak dapat diisi ulang. Dalam industri otomotif, baterai berperan penting, terutama dalam kendaraan listrik yang menggunakan baterai sebagai sumber tenaga utama. Beberapa jenis baterai yang umum digunakan antara lain timbal-asam, nikel metal hidrida, dan lithium-ion, dengan baterai lithium-ion menjadi pilihan utama karena lebih ringan, tahan lama, dan terus mengalami perkembangan teknologi serta penurunan harga. Dalam kendaraan bermesin pembakaran internal, baterai juga digunakan untuk menghidupkan mesin melalui motor starter. Baterai timbal-asam, yang banyak digunakan dalam kendaraan, dikenal handal dan tahan lama jika dirawat dengan baik, seperti menjaga tingkat elektrolitnya. Seiring dengan kemajuan teknologi, baterai lithium-ion semakin populer karena lebih efisien dan mendukung transisi menuju kendaraan listrik yang lebih ramah lingkungan[14].

3. Sistem pengontrol

Electronic Control Unit (ECU) adalah komponen utama dalam kendaraan listrik yang berfungsi sebagai otak pengendali sistem. ECU mengatur berbagai aspek kendaraan, seperti distribusi daya ke motor listrik, penggunaan energi dari baterai, serta respons terhadap perintah pengemudi. Dengan teknologi yang semakin canggih, ECU mampu memproses data secara real-time untuk memastikan kendaraan bekerja dengan efisien dan optimal. ECU juga membantu kendaraan listrik menjadi lebih nyaman dan andal, karena mampu menyesuaikan performa sesuai kebutuhan. Jika dibandingkan dengan kendaraan berbahan bakar fosil, ECU pada mobil listrik bekerja layaknya komputer yang mengendalikan semua sistem utama kendaraan. Dengan perkembangan teknologi, ECU terus mengalami peningkatan, menjadikan kendaraan listrik semakin canggih dan efisien untuk digunakan di masa depan[14].

2.4 Terminologi Dasar

Berikut merupakan terminologi yang berhubungan dengan sistem operasi motor secara umum.

2.4.1 Kecepatan

Kecepatan adalah besaran vektor yang menggambarkan laju perpindahan suatu benda dalam arah tertentu. Nilai skalar dari kecepatan ini disebut kelajuan, yang dinyatakan dalam satuan meter per sekon (m/s)[16].

$$v = \frac{s}{t} \quad (2.1)$$

Dimana :

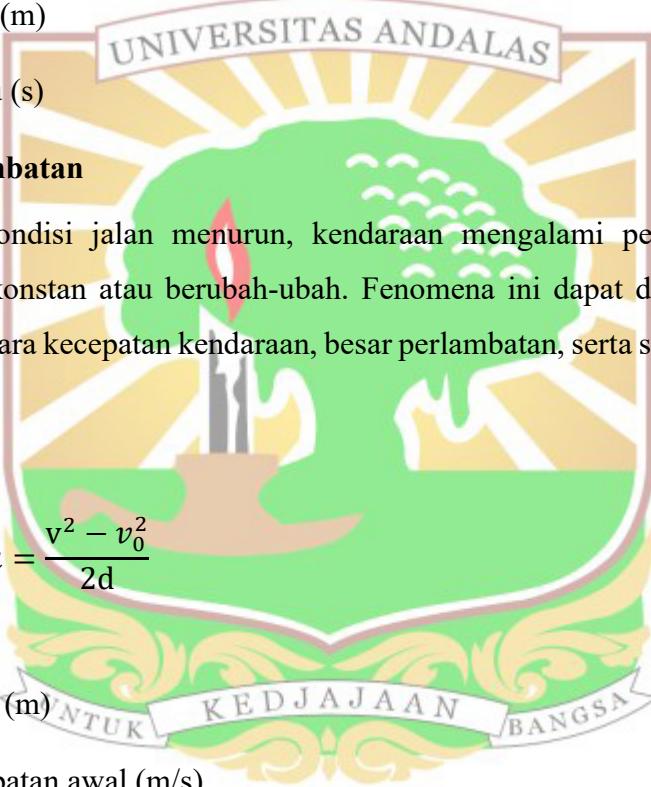
v = Kecepatan (m/s)

s = Jarak (m)

t = waktu (s)

2.4.2 Perlambatan

Pada kondisi jalan menurun, kendaraan mengalami perlambatan yang bersifat tidak konstan atau berubah-ubah. Fenomena ini dapat dianalisis dengan mengaitkan antara kecepatan kendaraan, besar perlambatan, serta sudut kemiringan jalan[16].


$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2d} \quad (2.2)$$

Dimana ;

d = jarak (m)

v_0 = Kecepatan awal (m/s)

v = Kecepatan akhir (m/s)

a = percepatan (m/s²)

2.4.3 Daya

Daya merupakan ukuran besarnya usaha atau kerja yang dilakukan oleh motor dalam selang waktu tertentu. Besaran ini dinyatakan dalam satuan Watt (Joule per detik atau J/s)

$$P = \frac{W}{t} \quad (2.3)$$

Dimana :

P = Daya Listrik (Watt)

w = Usaha(Joule)

t = Waktu (s)

2.4.4 Efisiensi Kerja Mesin

Efisiensi kerja mesin adalah perbandingan antara daya keluaran (output) yang dihasilkan oleh mesin dengan daya masukan (input) yang diterima mesin selama proses kerja.

$$\eta = \frac{\text{Daya Yang Tersedia}}{\text{Daya Yang Keluar}} \quad (2.4)$$

$$\eta = \frac{P_{in}}{P_{out}} \times 100\%$$

Dimana ;

η = Efisiensi

P_{in} = Daya Yang Tersedia (Watt)

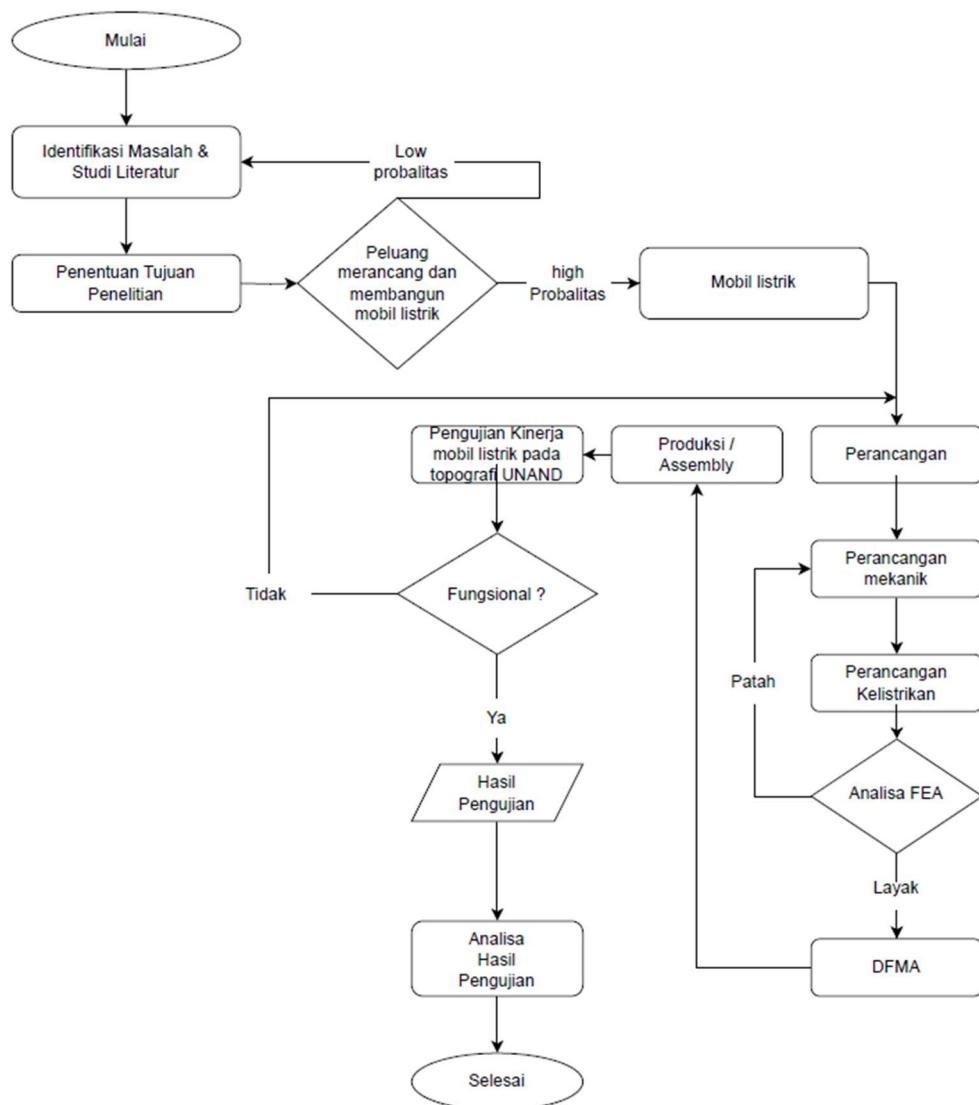
P_{out} = Daya Yang Keluar(Watt)

BAB III

METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Penelitian

Dalam melakukan tugas akhir, diperlukan beberapa urutan langkah-langkah untuk melakukan tugas akhir supaya terlaksana dengan baik. Langkah-langkah tugas akhir dapat dilihat dalam diagram alir pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

3.2 Perancangan

3.2.1 Perancangan Mekanik

3.2.1.1 Konsep Perancangan Desain Mobil Listrik

Perancangan kendaraan listrik memerlukan tahapan yang sistematis untuk memastikan hasil akhir memenuhi kebutuhan pengguna, memiliki performa optimal, dan aman digunakan. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini berfokus pada pendekatan rekayasa desain yang diawali dengan identifikasi kebutuhan, penentuan persyaratan desain, penyusunan spesifikasi teknis, hingga evaluasi hasil.

3.2.1.2 Design Requirements and Objectives

Design Requirement Objectives (DRO) disusun untuk merumuskan kebutuhan dan persyaratan dasar yang harus dipenuhi oleh mobil listrik, baik dari sisi performa, kenyamanan, keamanan, maupun efisiensi energi. Dengan adanya DRO, seluruh kebutuhan dapat terdokumentasi secara jelas sehingga menjadi pedoman dalam menentukan parameter desain utama.

3.2.1.3 Objective Tree Diagram

Objective Tree Diagram (OTD) digunakan untuk menguraikan tujuan perancangan ke dalam struktur yang lebih terperinci. Tujuan utama, seperti mobilitas di lingkungan kampus, kemudian dijabarkan menjadi tujuan turunan seperti kecepatan, daya tanjak, kapasitas baterai, hingga kenyamanan pengemudi. Dengan OTD, hubungan antara tujuan utama dan sub-tujuan dapat dipahami secara sistematis sehingga memudahkan dalam pengambilan keputusan desain.

3.2.1.4 House of Quality (HoQ)

House of Quality (HoQ) diterapkan untuk menghubungkan kebutuhan pengguna dengan spesifikasi teknis yang dapat diwujudkan pada desain kendaraan. Melalui HOQ, kebutuhan yang bersifat kualitatif, seperti kenyamanan dan efisiensi, diterjemahkan menjadi parameter teknis, seperti dimensi kendaraan, jenis motor, kapasitas baterai, dan konfigurasi transmisi. Tujuan penggunaan HoQ adalah memastikan bahwa suara pengguna (voice of customer) benar-benar terintegrasi dalam rancangan teknis mobil listrik.

3.2.1.5 Konseptual dan Alternatif Desain

Konseptual dan Alternatif Desain merupakan tahapan pengembangan gagasan awal kendaraan berdasarkan hasil dari DRO, OTD, dan HOQ. Pada tahap ini dibuat beberapa konsep desain dengan variasi dalam tata letak komponen, bentuk rangka, sistem transmisi, dan kapasitas energi. Setiap alternatif kemudian dianalisis berdasarkan kriteria performa, biaya, efisiensi, dan kemudahan perawatan. Tujuannya adalah mengevaluasi kelebihan dan kekurangan masing-masing alternatif untuk menentukan rancangan yang paling sesuai dengan kebutuhan dan sumber daya yang tersedia.

3.2.2 Perancangan Kelistrikan

Diagram wiring disusun sebagai representasi hubungan kelistrikan antar komponen utama mobil listrik. Penyusunan diagram ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai aliran arus listrik, mulai dari sumber energi hingga ke sistem penggerak dan komponen pendukung. Dengan adanya diagram wiring, proses perancangan, perakitan, serta pemeliharaan sistem kelistrikan dapat dilakukan dengan lebih terstruktur dan terkontrol. Hubungan antar komponen digambarkan secara sistematis agar mudah dipahami serta meminimalkan risiko kesalahan saat proses pemasangan.

Selain itu, diagram wiring juga berfungsi sebagai acuan dalam penentuan jalur kabel, penggunaan perangkat pengaman seperti sekering dan sakelar utama, serta pemisahan antara jalur daya utama dan jalur pendukung. Dengan adanya diagram wiring, dapat dipastikan sistem kelistrikan bekerja secara efisien, aman, dan mudah dalam proses troubleshooting apabila terjadi gangguan.

3.2.3 DFMA (Design for Manufacturing and Assembly)

Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) merupakan tahapan akhir dalam proses perancangan sebelum masuk ke tahap produksi. DFMA bertujuan untuk menyederhanakan desain, meminimalkan jumlah komponen, serta memastikan setiap bagian dapat diproduksi dan dirakit dengan mudah menggunakan sumber daya yang tersedia. Dengan menerapkan DFMA, biaya produksi dapat ditekan, waktu perakitan menjadi lebih singkat, serta potensi kesalahan manufaktur dapat dikurangi.

3.3 Produksi / Pembangunan

Setelah tahap perancangan dan penerapan *Design for Manufacturing and Assembly (DFMA)*, langkah selanjutnya adalah menyusun rencana pembangunan mobil listrik 3000 W. Tahap ini sangat penting karena menjadi jembatan antara rancangan konseptual dengan implementasi nyata dalam bentuk prototipe kendaraan. Melalui perencanaan pembangunan, dapat ditentukan bagaimana rancangan yang sebelumnya hanya berupa gambar, spesifikasi teknis, dan simulasi dapat direalisasikan menggunakan material dan peralatan yang tersedia di bengkel.

3.4 Uji Kinerja Mobil Listrik

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi berbagai aspek performa kendaraan guna memastikan kinerjanya optimal. Beberapa aspek yang diuji meliputi: kecepatan maksimum, yaitu mengetahui kecepatan tertinggi yang dapat dicapai kendaraan dalam kondisi normal di area kampus, daya tahan baterai dengan menguji jarak tempuh kendaraan dalam satu kali pengisian daya penuh untuk mengetahui efisiensi penggunaan energi, kemampuan menghadapi tanjakan, yakni menguji seberapa baik kendaraan dapat menangani jalur berbukit atau tanjakan di lingkungan kampus.

3.3.1 Peralatan yang Digunakan

Alat yang digunakan untuk melakukan pengujian dapat dilihat pada **Gambar 3.1.**

Tabel 3.1 Alat Pengujian

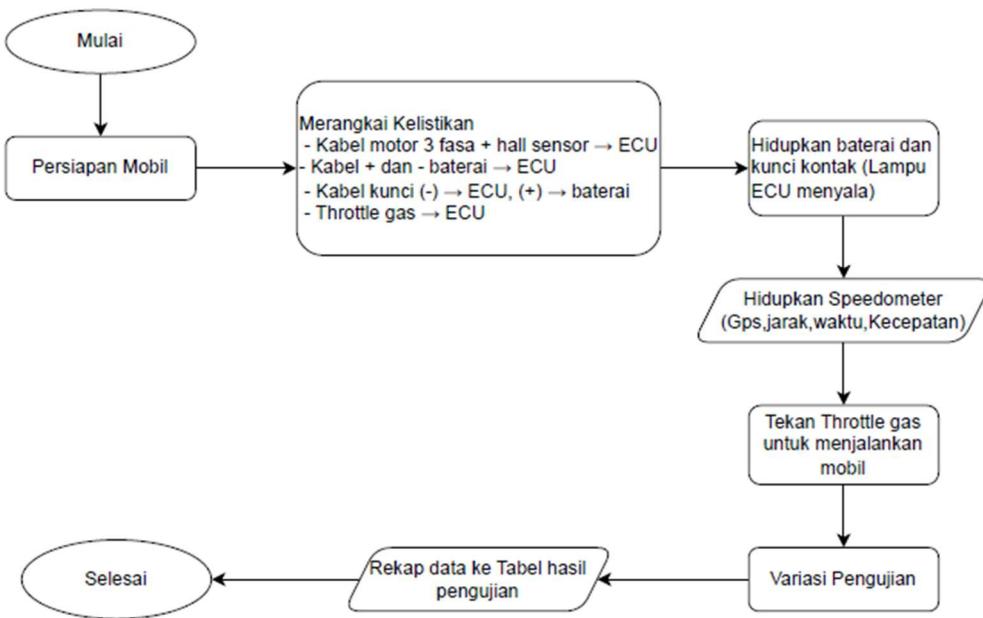
N o	Peralatan	Spesifikasi	Deskripsi	Gambar
1	Speedomet er	<ul style="list-style-type: none">- Durasi- Kecepatan Rata rata- Kecepatan max- jarak	Pengukuran kecepatan mobil listrik selama pengujian dilakukan menggunakan	

			an aplikasi speedometer berbasis GPS yang diinstal pada smartphone.	
2	ECU	<ul style="list-style-type: none"> - Tegangan operasi 48V hingga 72V - Self learning - Programma ble - Waterproof - Data Logger 	<p>ECU yang di pakai adalah juken 10 untuk mengontrol akselerasi dan juga arus yang masuk.</p>	
3	Baterai	Memiliki kapasitas 40Ah dan kuat arus 72V	Batrei lithium-ion sebagai sumber penggerak motor listrik	
4	Motor Listrik	Daya moto 3kw dengan tegangan yang bisa masuk sebesar 72V	Motor penggerak yang di gunakan motor BLDC	

5	BMS	Dapat membaca data baterai dan kapasitas tiap sel pada batarai	Membaca tegangan Batrai yang terpakai oleh motor listrik.	 <p>The screenshot shows a BMS interface with the following data:</p> <p>Charge: OFF Discharge: ON Balance: ON</p> <p>81.34V 0.0A</p> <p>Battery Power: 0.0" Ave. Cell Volt.: 4.067" Cell Volt. Diff.: 0.005" Balance Curt.: 0.561" MOS Temp.: 11.4" Battery T1: 29.1" Battery T2: 28.8" Time Emerg.: 0 Detail Logs Count: 1778</p> <p>Time Enter Sleep: 00:00:00 Cells Voltage</p> <table border="1"> <tr><td>01 4.057"</td><td>09 4.131"</td><td>17 3.999"</td></tr> <tr><td>02 4.129"</td><td>10 4.117"</td><td>18 4.132"</td></tr> <tr><td>03 4.131"</td><td>11 4.131"</td><td>19 4.060"</td></tr> <tr><td>04 4.131"</td><td>12 4.131"</td><td>20 3.748"</td></tr> <tr><td>05 4.131"</td><td>13 4.131"</td><td>21 --</td></tr> <tr><td>06 4.129"</td><td>14 4.131"</td><td>22 --</td></tr> <tr><td>07 4.131"</td><td>15 4.131"</td><td>23 --</td></tr> <tr><td>08 4.131"</td><td>16 4.131"</td><td>24 --</td></tr> </table> <p>Cells Wire Resistance</p> <table border="1"> <tr><td>01 0.176"</td><td>09 0.157"</td><td>17 0.170"</td></tr> <tr><td>02 0.173"</td><td>10 0.157"</td><td>18 0.169"</td></tr> <tr><td>03 0.167"</td><td>11 0.154"</td><td>19 0.215"</td></tr> <tr><td>04 0.166"</td><td>12 0.157"</td><td>20 0.243"</td></tr> <tr><td>05 0.164"</td><td>13 0.168"</td><td>21 0.000"</td></tr> <tr><td>06 0.165"</td><td>14 0.162"</td><td>22 0.000"</td></tr> <tr><td>07 0.165"</td><td>15 0.168"</td><td>23 0.000"</td></tr> <tr><td>08 0.159"</td><td>16 0.171"</td><td>24 0.000"</td></tr> </table>	01 4.057"	09 4.131"	17 3.999"	02 4.129"	10 4.117"	18 4.132"	03 4.131"	11 4.131"	19 4.060"	04 4.131"	12 4.131"	20 3.748"	05 4.131"	13 4.131"	21 --	06 4.129"	14 4.131"	22 --	07 4.131"	15 4.131"	23 --	08 4.131"	16 4.131"	24 --	01 0.176"	09 0.157"	17 0.170"	02 0.173"	10 0.157"	18 0.169"	03 0.167"	11 0.154"	19 0.215"	04 0.166"	12 0.157"	20 0.243"	05 0.164"	13 0.168"	21 0.000"	06 0.165"	14 0.162"	22 0.000"	07 0.165"	15 0.168"	23 0.000"	08 0.159"	16 0.171"	24 0.000"
01 4.057"	09 4.131"	17 3.999"																																																		
02 4.129"	10 4.117"	18 4.132"																																																		
03 4.131"	11 4.131"	19 4.060"																																																		
04 4.131"	12 4.131"	20 3.748"																																																		
05 4.131"	13 4.131"	21 --																																																		
06 4.129"	14 4.131"	22 --																																																		
07 4.131"	15 4.131"	23 --																																																		
08 4.131"	16 4.131"	24 --																																																		
01 0.176"	09 0.157"	17 0.170"																																																		
02 0.173"	10 0.157"	18 0.169"																																																		
03 0.167"	11 0.154"	19 0.215"																																																		
04 0.166"	12 0.157"	20 0.243"																																																		
05 0.164"	13 0.168"	21 0.000"																																																		
06 0.165"	14 0.162"	22 0.000"																																																		
07 0.165"	15 0.168"	23 0.000"																																																		
08 0.159"	16 0.171"	24 0.000"																																																		

3.3.2 Langkah – Langkah Pengujian

Secara umum langkah langkah pengambilan data pengujian pada topografi unand yang dilakukan dapat di lihat pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2 Langkah Pengujian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perancangan

4.1.1 Perancangan Mekanik

4.1.1.1 Konsep Perancangan Desain Mobil Listrik

Dalam merancang mobil listrik ini, penulis memperhatikan beberapa aspek penting, yaitu kekuatan struktur kendaraan, mekanisme dan fungsi sistem penggerak, kestabilan saat berkendara, serta kenyamanan ergonomis. Berdasarkan pertimbangan tersebut, dirancanglah konsep mobil listrik yang sesuai untuk digunakan di lingkungan kampus Universitas Andalas.

4.1.1.2 Design Requirement Objectives (DRO)

Pada tahap ini dilakukan penyusunan *Design Requirement Objectives* (DRO) sebagai dasar dalam merancang mobil listrik 3000 W. Tujuan utama dari mobil listrik ini adalah menyediakan kendaraan ramah lingkungan yang dapat beroperasi dengan baik pada topografi kampus Universitas Andalas yang memiliki banyak jalan menanjak. Dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4. 1 *Design Requirement Objectives*

NO	Tujuan (Objective)	Aspek Desain
1	Memastikan daya mobil mampu menanjak di topografi kampus Unand	Daya motor listrik 3000 W
2	Menjamin kendaraan memiliki kecepatan operasi aman serta sesuai dengan kondisi jalan kampus.	Mobil dapat melaju ≥ 30 km/jam
3	kendaraan dapat digunakan untuk mobilitas dalam kampus tanpa sering melakukan pengisian ulang.	Kapasitas baterai yang memadai dapat menempuh ≥ 8 km
4	Memberikan keamanan dan kenyamanan pengemudi	Rangka ladder frame, sistem rem cakram
5	Mampu mengangkut penumpang sesuai kebutuhan tanpa mengurangi stabilitas kendaraan.	Kapasitas penumpang

6	Menggunakan komponen yang tersedia di pasaran agar mudah diganti dan dirawat.	Komponen Mudah Didapat
7	Memberikan kemudi yang presisi dengan radius putar sesuai kondisi jalan sempit di kampus.	Sistem Kemudi
8	Menghasilkan desain dan produksi yang ekonomis dengan biaya perawatan rendah.	Biaya murah

4.1.1.3 Objective Tree Diagram

Setelah DRO ditetapkan, langkah selanjutnya adalah menyusun *Objective Tree Diagram* (OTD). OTD digunakan untuk memecah tujuan utama ke dalam subtujuan yang lebih terperinci, sehingga keterkaitan antar aspek dapat terlihat dengan jelas. Melalui OTD, setiap kebutuhan pengguna yang telah diidentifikasi pada tahap DRO dapat dijabarkan secara sistematis dan menjadi pedoman dalam pengambilan keputusan perancangan. **Gambar 4.1** menunjukkan OTD yang diterapkan pada perancangan mobil listrik 3000 W.



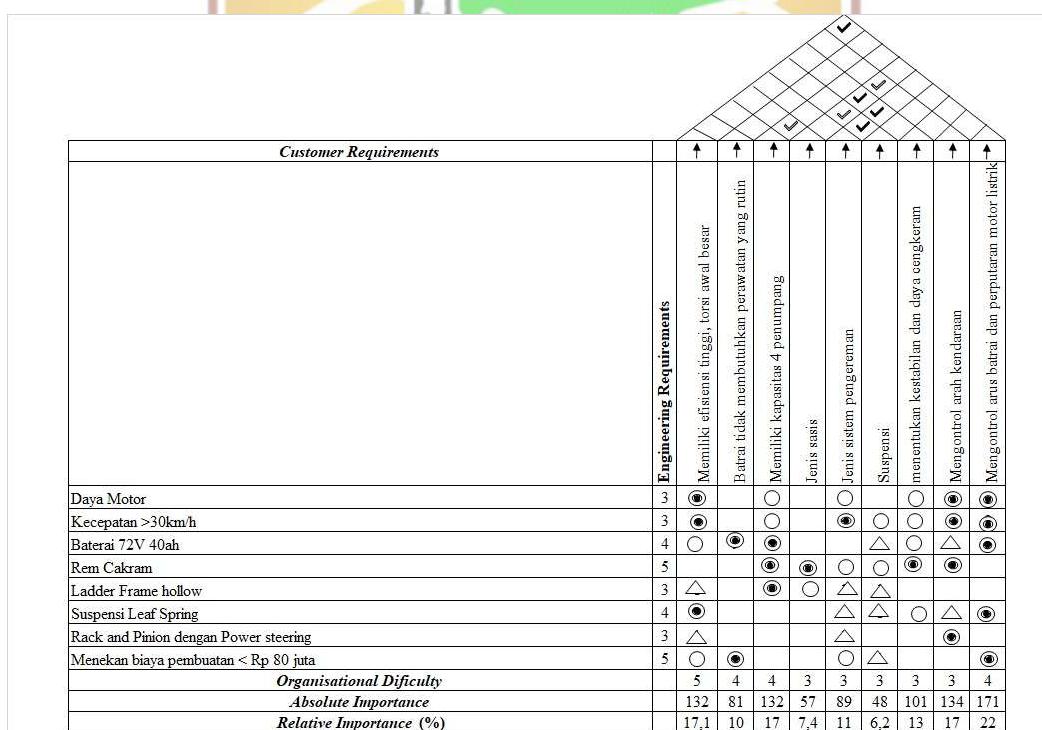
Gambar 4.1 Objective Tree Diagram

Dari **Gambar 4.1** dapat dilihat bahwa tujuan utama perancangan adalah menghasilkan mobil listrik yang aman, nyaman, dan efisien untuk digunakan di

lingkungan kampus Universitas Andalas. Tujuan utama ini diuraikan menjadi subtujuan seperti peningkatan performa penggerak, optimasi efisiensi energi, peningkatan kestabilan, serta peningkatan kenyamanan dan keamanan pengguna. Struktur hierarkis ini menjadi dasar dalam penentuan parameter teknis yang selanjutnya dituangkan dalam *House of Quality* (HoQ).

4.1.1.4 House of Quality (HoQ)

Setelah *Design Requirement Objectives* (DRO) dan *Objective Tree Diagram* (OTD) ditetapkan, langkah selanjutnya adalah menyusun *House of Quality* (HoQ) untuk menghubungkan kebutuhan pengguna dengan parameter teknis kendaraan. HoQ ini merupakan bagian dari metode *Quality Function Deployment* (QFD) yang membantu perancang memastikan setiap kebutuhan pengguna terakomodasi melalui spesifikasi teknis yang tepat. Pada HoQ, bagian kiri matriks berisi daftar kebutuhan pengguna, bagian atas berisi parameter teknis mobil listrik, dan bagian tengah menunjukkan kekuatan hubungan antara keduanya. **Gambar 4.2** menampilkan HoQ yang digunakan dalam perancangan mobil listrik 3000 W.



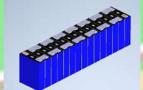
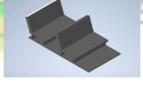
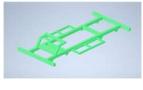
Gambar 4.2 HoQ

Dari **Gambar 4.2** terlihat bahwa kebutuhan dengan prioritas tertinggi adalah kemampuan kendaraan menanjak, kestabilan saat berkendara, dan efisiensi konsumsi energi. Kebutuhan-kebutuhan tersebut memiliki hubungan yang kuat dengan parameter teknis seperti pengontrolan mobil listrik, daya motor BLD, desain rangka, dan sistem suspensi. Informasi ini menjadi dasar dalam pemilihan komponen dan rancangan desain kendaraan pada tahap selanjutnya.

4.1.1.5 Alternatif Dan Konseptual Desain

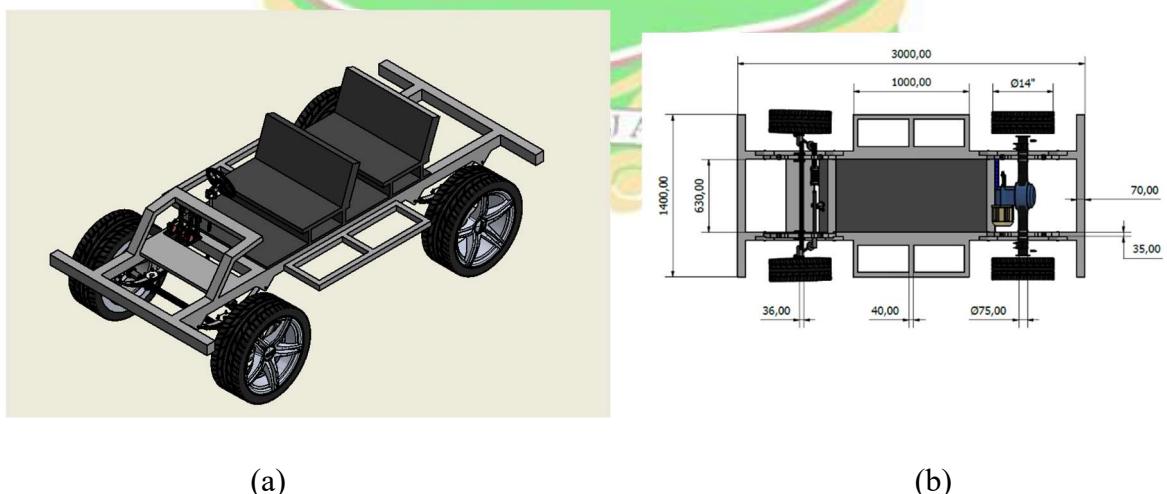
Berdasarkan *Design Requirement Outline* (DRO), dilakukan proses pemilihan alternatif untuk menentukan spesifikasi komponen utama mobil listrik 3000 W. Pemilihan ini menggunakan metode pembobotan kriteria yang mencakup performa, keandalan, bobot, biaya, dan kemudahan perawatan. Hasil evaluasi alternatif ditunjukkan pada **Tabel 4.2**. Dari hasil tersebut, dipilih motor BLDC 3000 W, baterai lithium 72 V 40 Ah, dan transmisi.

Tabel 4.2 Pemilihan Alternatif Desain

NO	Komponen	Alternatif 1	Alternatif 2	Pilihan Desain	Alasan Pemilihan
1	Motor Listrik	Motor DC	Motor AC		BLDC memiliki efisiensi tinggi, torsi awal besar, minim perawatan.
2	Batrei	Timbal Asam	Lithium ion		li-on tidak membutuhkan perawatan yang rutin dan tidak butuh pengisian air
3	Kapasitas Penumpang	8 penumpang	4 penumpang		Alt1 kapasitas lebih besar tapi dimensi besar dan berat; Alt2 kapasitas minim; 4 penumpang paling optimal.
4	Chasis	Ladder frame	backbone		Ladder frame lebih cocok untuk prototipe skala kampus dari pada backbone yang lebih banyak digunakan pada balap
5	Sistem Penggereman	Cakram	tromol		tromol lebih murah tapi daya henti rendah dari pada cakram
6	Suspensi	Coil Spring	Leaf Spring		leaf spring sederhana, kuat untuk beban berat

					sedangkan coil spring lebih mahal
7	Ukuran Ban	14 inch	10 Inch		Ban 14inch lebih mudah di cari di pasaran
8	Sistem Kemudi (stir)	Rach and Pinion dengan power steering	Rack and Pinion manual		manual lebih murah tetapi berat di kendalikan dari pada power steering
9	Controler	BRT juken 10	Votol	juken 10	juken lebih responsif dan mudah diprogramkan di banding votol

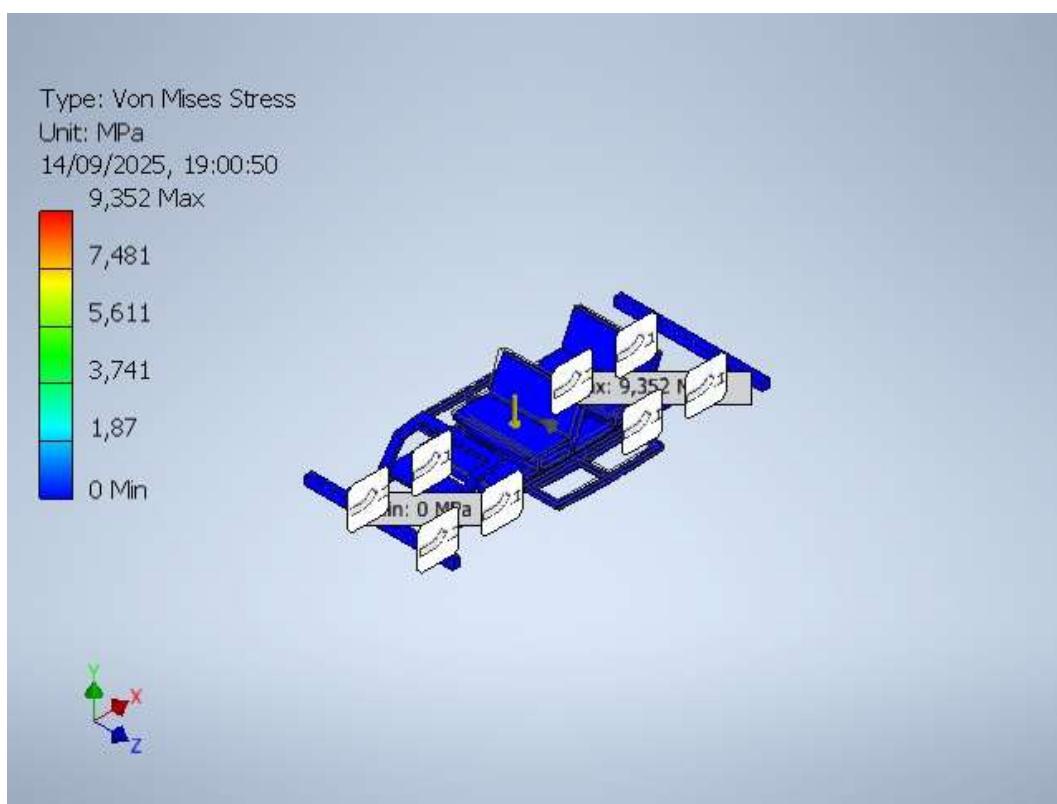
Dari uraian pemilihan alternatif pada **Tabel 4.2** untuk proses perancangan mobil listrik ini, terdapat berbagai pertimbangan dan alasan yang digunakan sebagai dasar dalam merancang setiap komponen utamanya. Mobil listrik 3000W yang dirancang ditujukan untuk menyesuaikan kondisi topografi kampus Universitas Andalas yang memiliki medan tanjakan, turunan, dan dataran. Prototipe kendaraan dibangun dengan memperhatikan aspek efisiensi daya, kapasitas muatan, dan stabilitas kendaraan. Desain mobil listrik yang digunakan dalam pengujian ini dapat di lihat pada **Gambar 4.3**.



Gambar 4.3 (a) Desain, (b) Dimensi

Dimensi utama kendaraan adalah panjang 3000 mm, lebar 1400 mm, dan ground clearance 75 mm. Kendaraan dilengkapi dengan sistem suspensi leaf spring dan rem cakram untuk mengakomodasi kontur jalan kampus yang bervariasi.

Untuk memastikan bahwa kendaraan cukup kuat menahan beban, dilakukan analisis tegangan menggunakan metode Finite Element Analysis (FEA) dengan parameter beban statik 500 kg. Simulasi dilakukan menggunakan software Inventor dengan pembebanan di titik duduk penumpang dan distribusi keempat titik roda. **Gambar 4.4** menunjukkan hasil analisis Von Mises stress pada rangka mobil listrik.



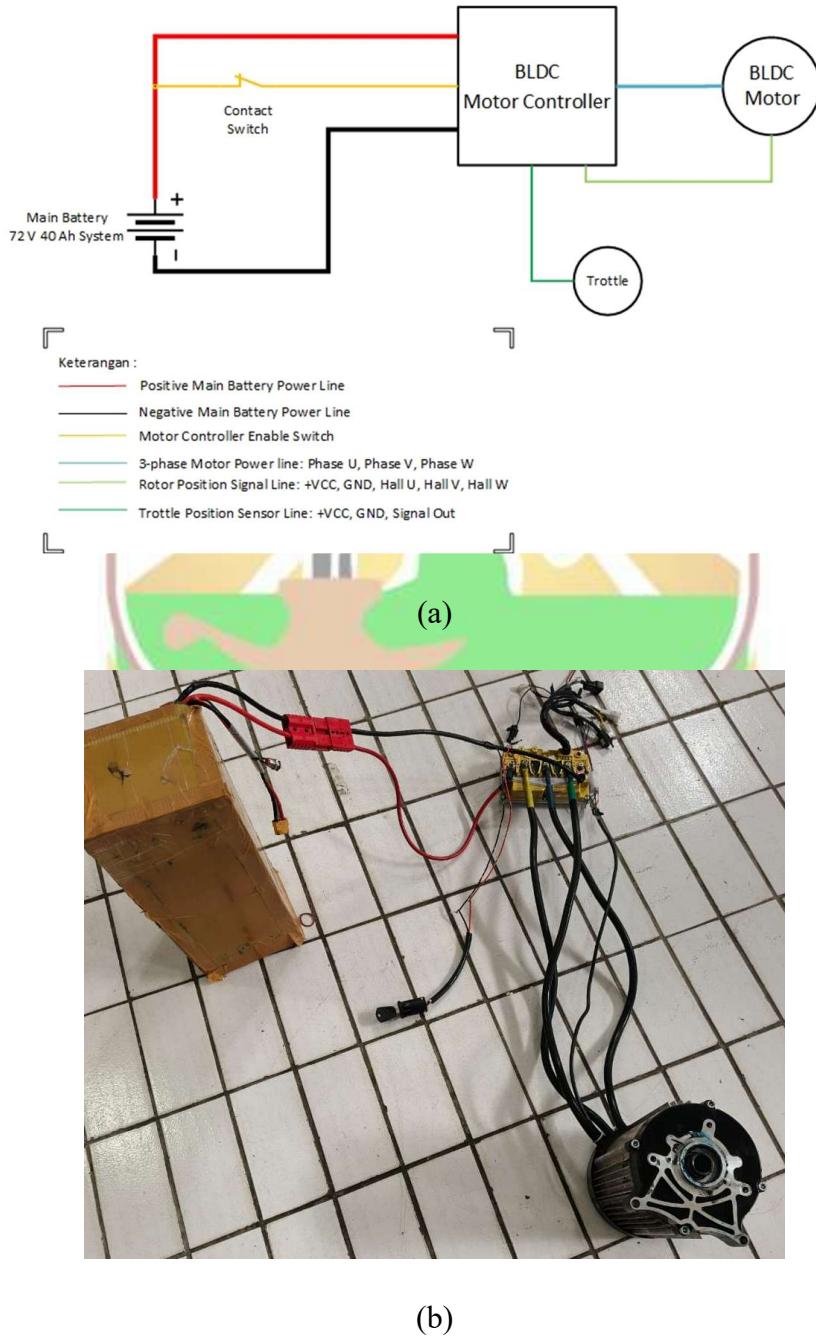
Gambar 4.4 Hasil Simulasi Von Mises Stress pada Rangka Mobil Listrik

Simulasi tegangan dilakukan terhadap rangka mobil listrik menggunakan metode Finite Element Analysis (FEA) untuk mengetahui distribusi tegangan akibat pembebanan vertikal statik. Simulasi menggunakan beban sebesar ± 500 kg yang mewakili total massa kendaraan dan penumpang, dan dilakukan pada titik tengah struktur utama. Berdasarkan hasil simulasi yang ditampilkan pada **Gambar 4.4**, distribusi tegangan Von Mises menunjukkan nilai maksimum sebesar 9,352 MPa. Warna merah menandakan zona dengan tegangan tertinggi, sedangkan warna biru

menunjukkan zona aman dengan tegangan rendah. Karena nilai tegangan maksimum ini masih jauh di bawah batas leleh material, maka struktur rangka dapat dikategorikan aman dan berada dalam batas elastis.

4.1.2 Wiring Prototipe Mobil Listrik

Pada mobil listrik di pasang rangkaian kelistrikan dan penggerak. Berikut adalah instalasi kelistrikan yang ditunjukkan pada **Gambar 4.5**.



Gambar 4.5 (a) Diagram Wiring dan (b) Wiring Kelistrikan

Gambar 4.5 menunjukkan diagram wiring sistem penggerak utama mobil listrik 3000W yang menggunakan motor tipe BLDC. Sumber daya utama berasal dari baterai lithium-ion berkapasitas 72V 40Ah yang terhubung ke motor controller melalui dua jalur utama, yaitu jalur positif (warna merah) dan negatif (warna hitam). Untuk mengaktifkan sistem, arus dari baterai disalurkan melalui saklar kontak (contact switch) yang berfungsi sebagai pengaman awal terhadap aliran listrik ke controller.

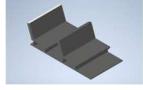
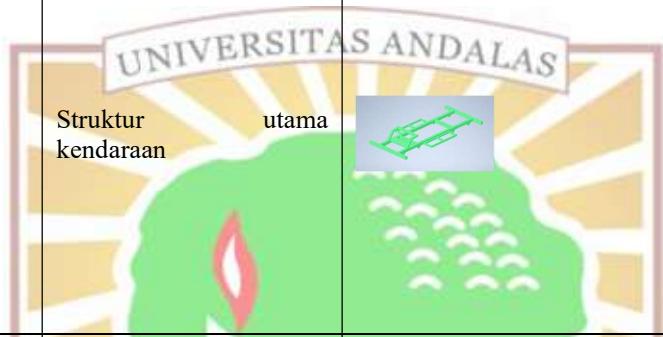
Controller bertindak sebagai pusat kendali distribusi daya ke motor BLDC tiga fasa. Jalur keluaran dari controller ke motor terdiri dari tiga kabel fasa: Phase U, V, dan W (berwarna biru), yang berfungsi menggerakkan rotor motor berdasarkan pola sinyal kontrol. Selain itu, terdapat sambungan kabel sensor posisi rotor (Hall Sensor) yang mengirimkan informasi posisi rotor kembali ke controller. Jalur sensor ini terdiri dari lima kabel: VCC, GND, Hall U, Hall V, dan Hall W, yang berperan penting dalam menjaga sinkronisasi putaran motor BLDC.

Sistem juga dilengkapi dengan throttle (gas) elektronik yang terhubung ke controller melalui tiga kabel: VCC, GND, dan Signal Out. Throttle berfungsi sebagai input utama pengemudi untuk mengatur kecepatan kendaraan. Saat throttle ditekan, sinyal tegangan dikirim ke controller, yang kemudian mengatur arus ke motor untuk menghasilkan putaran sesuai perintah. Seluruh sistem wiring ini dirancang dengan mempertimbangkan efisiensi pengiriman daya, kemudahan troubleshooting, dan keamanan dalam penggunaan.

4.1.3 DFMA (Design for Manufacturing and Assembly)

Dalam tahap perancangan mobil listrik 3000 W ini, aspek *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA) menjadi salah satu pertimbangan penting agar desain yang dihasilkan tidak hanya memenuhi kebutuhan fungsional, tetapi juga dapat diproduksi dan dirakit secara efisien. Penerapan DFMA bertujuan untuk menyederhanakan pemasangan komponen, memanfaatkan material dan komponen standar yang mudah diperoleh di pasaran, serta memastikan setiap bagian kendaraan dapat dirakit dan dirawat dengan cepat. **Tabel 4.3** adalah DFMA dari komponen mobil listrik yang dirancang.

Tabel 4.3 DFMA

NO	Komponen	Fungsi	Desain	DFMA
1	Kapasitas Penumpang	Tempat penumpang		Di buat dudukan menggunakan besi holow yang di las dan di sambungkan ke casis dengan baut dan mur
2	Sasis	Struktur kendaraan utama		Frame di lakukan dengan proses pengelasan untuk menyambung besi hollow galvanis yang di potong sesuai ukuran desain.
3	Sistem Pengereman	Menghentikan kendaraan dengan aman		Disc brake di hubungkan ke cakram menggunakan baut dan mur pada dudukan yang ada
4	Suspensi	Menyerap getaran, menambah kenyamanan		Pengabungan beberapa baja yang di ikat untuk meredam getaran di mana di letkan di poros roda.
5	Ukuran Ban	Menentukan kestabilan dan daya cengkeram		Ban di pasang menggunakan mur yang terbubung dengan cakram
6	Sistem Kemudi (stir)	Mengontrol arah kendaraan		Power steering terhubung dengan pinion untuk mengarahkan roda

Berdasarkan analisis DFMA yang telah dilakukan, setiap komponen mobil listrik dirancang agar mudah diproduksi, dirakit, serta dipelihara. Prinsip ini kemudian diterapkan dalam proses pembangunan kendaraan sehingga rancangan yang sebelumnya bersifat konseptual dapat diwujudkan menjadi prototipe nyata. Dengan pendekatan ini, setiap tahapan pembangunan dilakukan secara sistematis, mulai dari pembuatan rangka, pemasangan sistem penggerak, instalasi kelistrikan, hingga penyelesaian komponen pendukung. Hasil dari penerapan metode ini ditunjukkan pada prototipe mobil listrik 3000 W yang telah berhasil dibangun dan siap untuk diuji performanya.

4.2 Prototipe Mobil Listrik

Setelah seluruh komponen utama berhasil dirakit sesuai dengan rancangan, proses pembangunan prototipe mobil listrik 3000 W dapat dijabarkan ke dalam tahapan yang lebih terstruktur. Setiap tahap memiliki fungsi yang saling berkaitan mulai dari pembuatan rangka hingga uji statis sebelum kendaraan dioperasikan. Penyajian tahapan dalam bentuk tabel ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai alur kerja pembangunan prototipe serta memastikan bahwa setiap langkah dapat dilaksanakan secara sistematis dan efisien. Rangkaian tahapan tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4 Proses Produsi/Bangun

NO	Komponen	Kegiatan Pembangunan	Prototipe
1	Rangka	Pemotongan dan pengelasan besi hollow galvanis sesuai desain <i>ladder frame</i> . Setelah di las maka di beri cat epoxy anti karat agar melindungi besi dari korosi.	
2	Suspensi	Dibuat dudukan pada rangka untuk menompang suspensi yang di kaitkan menggunakan baut. Dan di tumpukan ke poros roda untuk meredam getaran dari roda tidak sampai ke penumpang dengan cara pembuatan dudukan yang di beri mur dan baut.	
3	Sistem Penggereman	Menggunakan baut dan mur untuk mengikat cakram ke hub roda. Kaliper dipasang pada dudukan yang dilas ke poros roda yang mana kaliper terhubung ke cakram untuk penggereman.	

4	Roda & Ban	Menggunakan baut roda (<i>wheel nut</i>) standar dihubungkan ke poros roda yang telah ada.	
5	Sistem Kemudi (stir)	Menggunakan bracket baja yang dilas ke rangka, lalu sistem kemudi dipasang dengan baut dan mur.	
6	Kapasitas Penumpang	Dudukan kursi dilas pada rangka, kursi diikat dengan baut dan mur.	
7	Motor Listrik	Di sambungkan langsung ke gardan dengan menggunakan baut untuk menyatukan gardan dan motor listriknya	
8	Dudukan Batrai dan controller	Baterai dipasang dengan dudukan baja yang dilas ke rangka. Kabel dihubungkan dengan konektor sesuai wiring diagram.	

Setelah seluruh tahapan produksi yang telah dijelaskan pada **Tabel 4.4** berhasil diselesaikan, prototipe mobil listrik 3000 W dapat diwujudkan secara utuh. Hasil pembangunan ini memperlihatkan integrasi antara rangka *ladder frame*, sistem penggerak BLDC 3000 W, sistem kelistrikan berbasis baterai lithium-ion 72V 40Ah, serta komponen pendukung seperti suspensi, rem cakram, dan kursi penumpang. Setiap komponen telah dipasang sesuai dengan metode pemasangan yang direncanakan, mulai dari pengelasan rangka hingga pemasangan sistem kelistrikan menggunakan konektor dan bracket pengikat. Dengan demikian, prototipe yang dihasilkan tidak hanya merepresentasikan rancangan konseptual,

tetapi juga siap untuk menjalani tahap pengujian performa. Tampilan keseluruhan prototipe mobil listrik 3000 W dapat dilihat pada **Gambar 4.6**.



Gambar 4.6 Prototipe Mobil Listrik

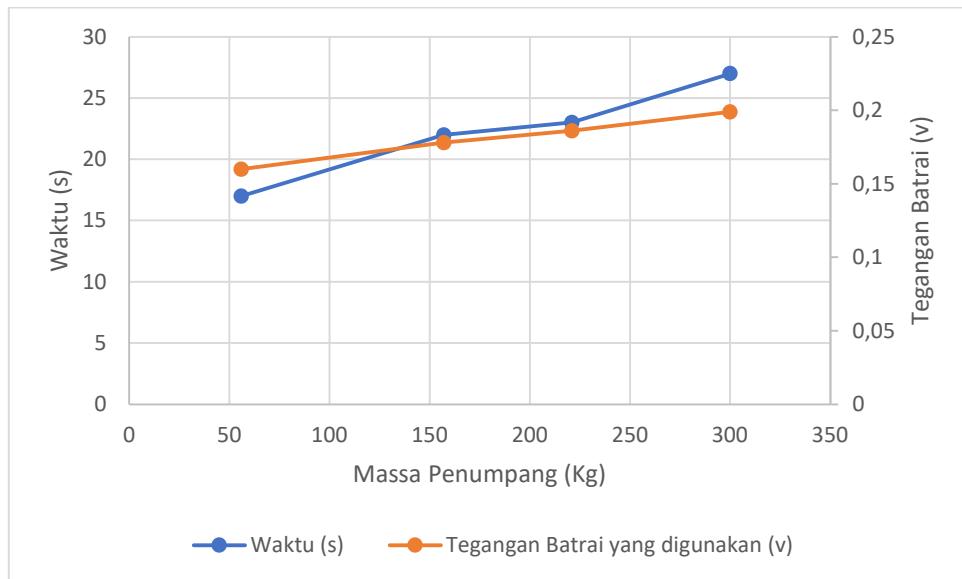
Setelah prototipe mobil listrik 3000 W selesai dibangun, tahap berikutnya adalah melakukan pengujian kinerja untuk memastikan kendaraan dapat beroperasi sesuai dengan rancangan. Pengujian ini meliputi beberapa aspek utama, yaitu kecepatan maksimum, jarak tempuh, serta kemampuan daya tanjak pada kondisi jalan menanjak. Ketiga aspek tersebut dipilih karena sangat relevan dengan kondisi topografi kampus Universitas Andalas yang memiliki kontur berbukit, menanjak, dan menurun. Melalui tahapan uji kinerja ini, diperoleh data nyata mengenai performa kendaraan yang kemudian dianalisis untuk mengetahui kesesuaian antara hasil desain dengan implementasi di lapangan.

4.3 Uji Peforma Mobil Listrik 3000W

4.3.1 Uji Kecepatan

Pengujian Kecepatan di lakukan di jalan lurus dengan jarak 240m di lakukan di jalan depan fakultas pertanian dan perternakan. pengujian kecepatan ini di dapatkan dari hasil perhitungan dari speedometer dan di dapat hasil pengujian kecepatan mobil listrik pada **Lampiran A.1**.

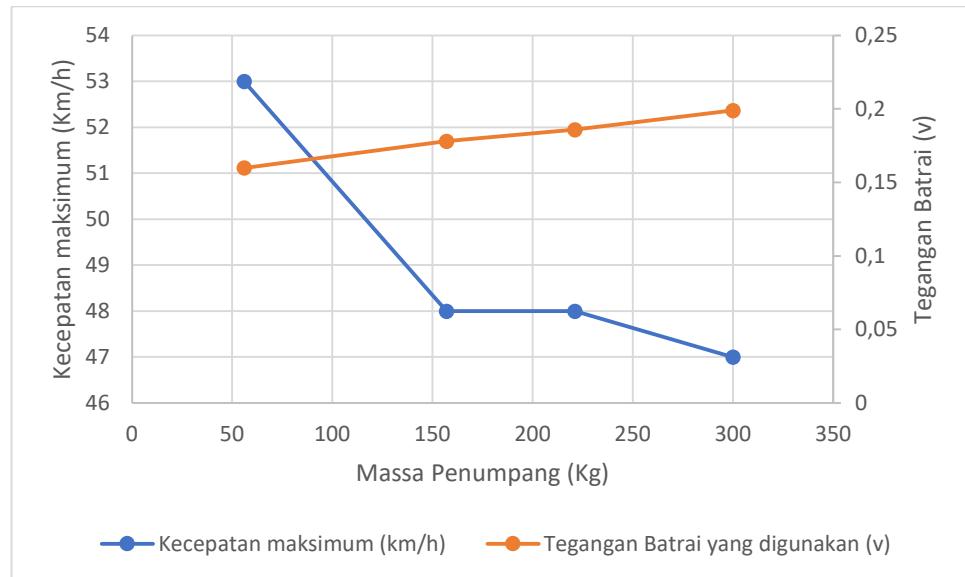
a. Hubungan Antara Massa Penumpang dan Waktu



Gambar 4.7 Hubungan Antara Massa Penumpang dan Waktu

Berdasarkan pengujian kecepatan mobil listrik 3000 W dengan variasi massa penumpang pada lintasan datar sepanjang 240 meter, diperoleh hubungan seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.7**. Hasil pengujian kecepatan mobil listrik sejauh 240 meter dengan variasi massa penumpang menunjukkan bahwa beban yang dibawa memiliki pengaruh signifikan terhadap performa kendaraan. Pada massa 50 kg, mobil dapat menempuh jarak 240 meter dalam waktu sekitar 17 detik dengan penggunaan tegangan baterai sebesar 0,18 V. Namun, seiring dengan peningkatan massa penumpang hingga 300 kg, waktu tempuh meningkat menjadi 27 detik dengan tegangan baterai yang digunakan mencapai 0,20 V. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar massa penumpang, semakin besar pula beban kerja motor listrik sehingga waktu tempuh semakin lama. Sementara itu, tegangan baterai yang digunakan juga mengalami kenaikan, meskipun tidak sebesar peningkatan waktu tempuh. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kinerja mobil listrik 3000 W sangat dipengaruhi oleh beban yang dibawa, di mana bertambahnya massa penumpang menyebabkan penurunan kecepatan sekaligus peningkatan konsumsi energi.

b. Hubungan Antara Massa Penumpang dan Kecepatan maksimum



Gambar 4.8 Hubungan Antara Massa Penumpang dan Kecepatan maksimum

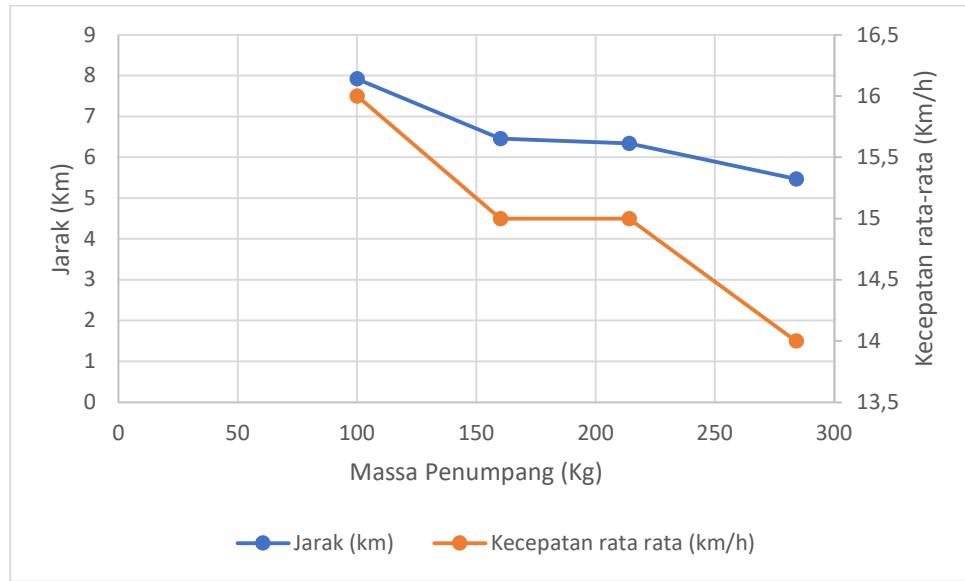
Pada pengujian waktu tempuh jarak 240 meter, hasil pengukuran **Gambar 4.8** menunjukkan pengujian kecepatan maksimum menunjukkan bahwa peningkatan massa penumpang menurunkan performa puncak kendaraan. Pada beban 50 kg, kecepatan maksimum mencapai sekitar 53 km/jam dengan tegangan baterai $\pm 0,16$ – $0,18$ V. Ketika massa dinaikkan menjadi 150–225 kg, kecepatan maksimum turun menjadi ± 48 km/jam, dan pada 300 kg kembali menurun menjadi sekitar 47 km/jam, sementara tegangan baterai yang digunakan terus meningkat hingga $\pm 0,20$ – $0,21$ V. Pola ini menegaskan hubungan terbalik antara beban dan kecepatan puncak: semakin besar massa yang diangkut, motor 3000 W harus bekerja lebih berat sehingga kecepatan maksimum berkurang meskipun suplai tegangan meningkat. Temuan tersebut mengindikasikan adanya batasan performa pada kondisi beban tinggi serta konsekuensi terhadap efisiensi energi dan perencanaan kapasitas daya untuk operasi dengan penumpang lebih banyak.

4.3.2 Uji Jarak Tempuh

Pengujian kecepatan mobil listrik di lakukan pada topografi unand dengan cara mengelilingi unand dengan berfariasi penumpang. Pengujian kecepatan ini di dapatkan dari hasil perhitungan dari speedometer dan didapatkan hasil pengujian kecepatan mobil listrik pada **Lampiran A.2**. Dari hasil data yang di dapat

perbandingan antara berat penumpang dengan jarak yang di tempuh dan perbandingan berat penumpang dengan waktu tempuh yang dapat di lakukan mobil listrik 3KW.

a. Hubungan Antara Massa Penumpang dan Jarak

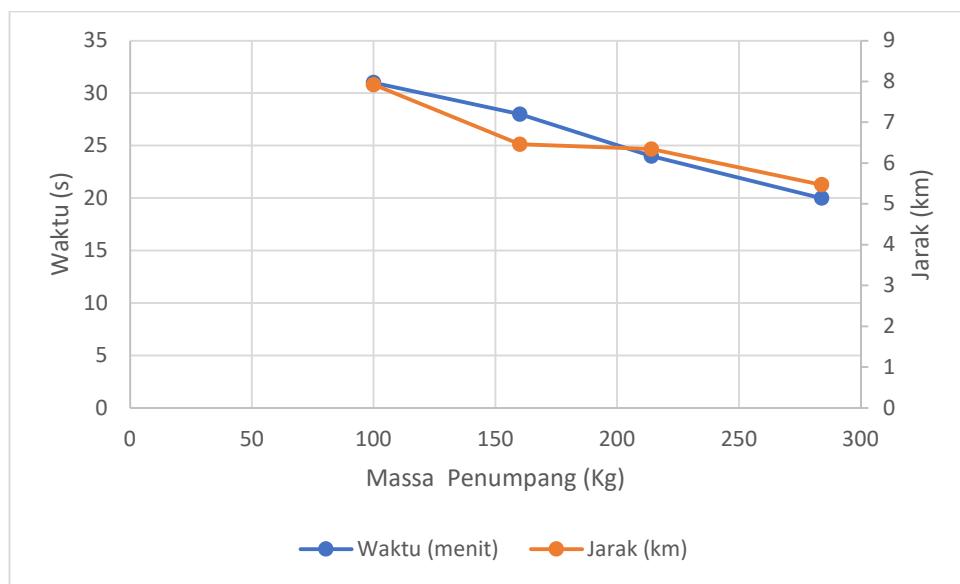


Gambar 4.9 Hubungan Antara Massa Penumpang dan Jarak

Pada **Gambar 4.9** ditampilkan hasil pengujian mobil listrik dengan metode pengujian langsung di lapangan, yaitu dengan mengelilingi kawasan Universitas Andalas. Dari hasil pengamatan, diperoleh bahwa semakin berat penumpang yang diangkut, maka jarak tempuh maksimal yang dapat dicapai oleh kendaraan semakin berkurang. Hal ini disebabkan oleh karakteristik kerja sistem motor listrik yang menggunakan daya dari baterai sebagai sumber energi utama. Ketika jumlah penumpang bertambah, massa total kendaraan meningkat, sehingga motor listrik memerlukan gaya dorong yang lebih besar untuk menggerakkan kendaraan, terutama saat menghadapi medan menanjak seperti topografi di lingkungan kampus. Semakin besar gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan beban tersebut, maka semakin besar pula arus listrik yang ditarik dari baterai. Akibatnya, konsumsi daya menjadi lebih tinggi dan energi baterai lebih cepat habis, yang pada akhirnya membatasi jarak maksimal yang dapat ditempuh oleh mobil listrik dalam satu kali pengisian penuh. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa peningkatan massa penumpang berbanding terbalik dengan jarak tempuh mobil listrik. Dan juga

semakin banyak massa penumpang akan berkurangnya laju kecpatan mobil listrik akibat hambatan.

b. Hubungan Massa Penumpang dan Waktu



Gambar 4.10 Hubungan Massa Penumpang dan Waktu

Pada **Gambar 4.10** Grafik hubungan antara massa penumpang terhadap waktu dan jarak tempuh mobil listrik 3000 W menunjukkan adanya penurunan performa kendaraan seiring dengan bertambahnya beban. Pada massa penumpang 100 kg, waktu tempuh tercatat sekitar 31 menit dengan jarak yang dapat dicapai mencapai 7 km. Namun, ketika massa penumpang meningkat menjadi 280 kg, waktu tempuh menurun hingga sekitar 20 menit dan jarak yang ditempuh juga berkurang menjadi sekitar 5 km. Hal ini membuktikan bahwa semakin besar beban yang harus ditanggung kendaraan, semakin tinggi pula energi yang dibutuhkan motor listrik untuk menghasilkan pergerakan, sehingga konsumsi daya baterai meningkat dan jarak tempuh berkurang.

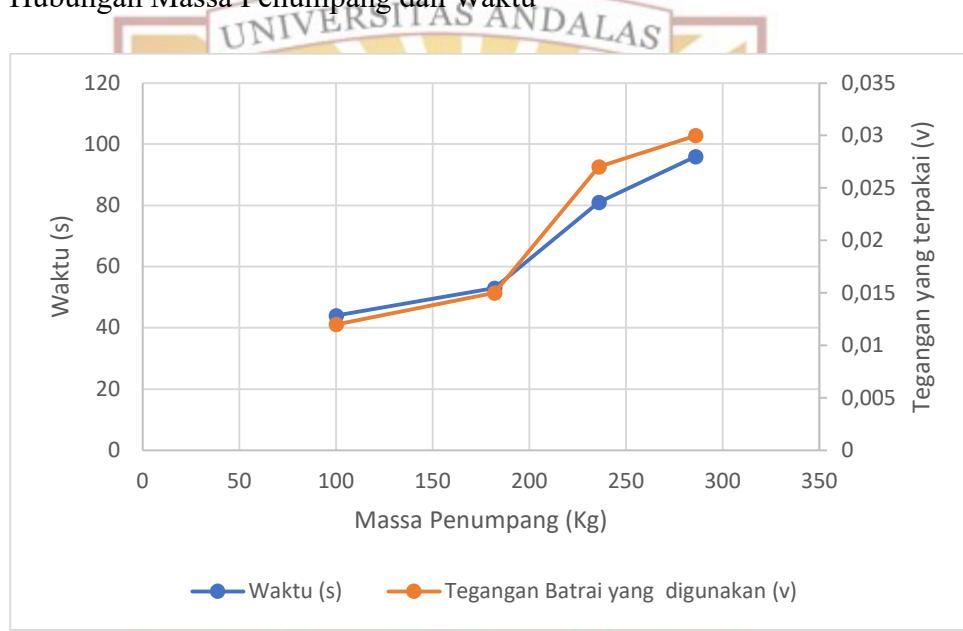
Secara keseluruhan, tren yang ditunjukkan grafik ini memperlihatkan bahwa massa penumpang memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi energi dan daya tahan mobil listrik. Bertambahnya beban tidak hanya menurunkan jarak tempuh, tetapi juga memperpendek waktu operasi kendaraan karena energi baterai lebih cepat habis untuk mengatasi gaya hambatan akibat massa tambahan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa performa optimal mobil listrik 3000 W dicapai

pada kondisi beban ringan, sementara peningkatan beban penumpang berbanding lurus dengan menurunnya kinerja kendaraan baik dari segi jarak maupun durasi perjalanan.

4.3.3 Uji daya Tanjak

Pengujian daya tanjak dari mobil listrik di lakukan pada jalan keperawatan unand dengan jarak 250m dan kemiringan 8,4% .pengujian daya tanjak ini di dapatkan dari hasil perhitungan dari speedometer dan di dapat hasil pengujian daya tanjak mobil listrik pada **Lampiran A.2**.

- a. Hubungan Massa Penumpang dan Waktu

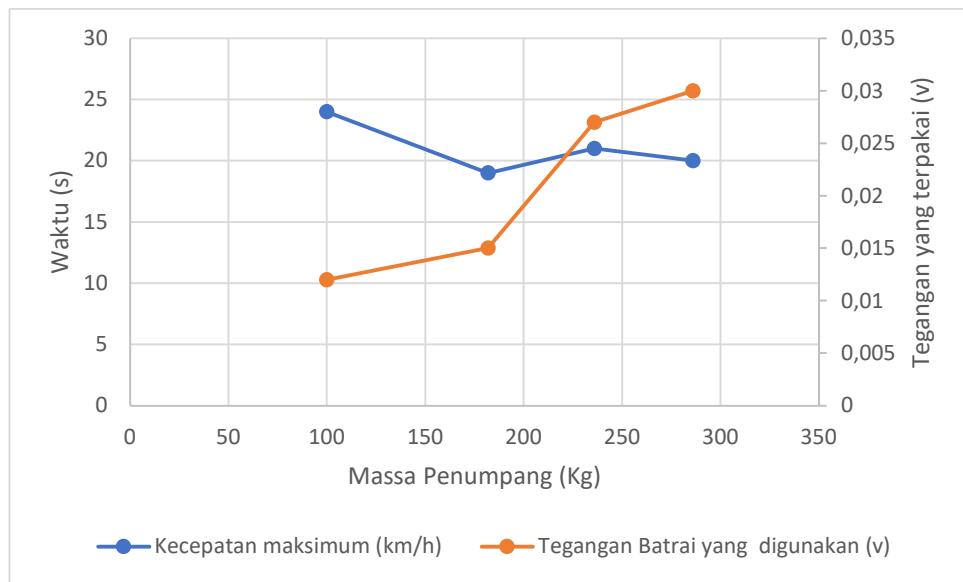


Gambar 4.11 Hubungan Massa Penumpang dan Waktu

Pada **Gambar 4.11** ditampilkan hubungan antara massa penumpang dengan waktu tempuh kendaraan saat melalui lintasan menanjak. Terlihat bahwa semakin berat penumpang yang diangkut, maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai garis akhir serta semakin banyak daya yang dibutuhkan. Hal ini disebabkan karena bertambahnya beban kendaraan mengharuskan motor listrik bekerja lebih keras untuk menghasilkan gaya dorong yang cukup besar agar mampu melawan gaya gravitasi pada jalan menanjak dengan jarak 250 meter dan kemiringan 8,4%. Semakin banyak penumpang, maka semakin besar pula gaya total yang harus dilawan oleh kendaraan, sehingga akselerasi menjadi lebih lambat dan waktu tempuh pun meningkat. Karena daya motor memiliki batas tertentu,

tambahan massa penumpang akan mengurangi efisiensi kecepatan dan memperpanjang waktu serta memperbanyak daya yang diperlukan untuk menyelesaikan tanjakan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa massa penumpang berpengaruh langsung terhadap waktu tempuh mobil listrik pada lintasan menanjak.

b. Hubungan Massa Penumpang dan Kecepatan Max



Gambar 4.12 Hubungan Massa Penumpang dan Kecepatan Max

Pada **Gambar 4.12** diperlihatkan hubungan antara massa penumpang dengan kecepatan maksimum kendaraan listrik yang diuji. Dari grafik tersebut dapat diamati bahwa semakin besar massa total penumpang yang diangkut, maka kecepatan maksimum yang dapat dicapai kendaraan akan cenderung mengalami penurunan tetapi daya yang perlukan semakin banyak. Fenomena ini terjadi karena bertambahnya beban atau massa penumpang menyebabkan kebutuhan gaya dorong dari motor listrik menjadi lebih besar, terutama ketika kendaraan harus melewati jalan yang menanjak. Dalam pengujian ini, kendaraan menempuh lintasan sejauh 250 meter dengan tingkat kemiringan sebesar 8,4%, sehingga tanjakan tersebut memberikan resistansi tambahan terhadap gerak kendaraan. Oleh karena itu, hubungan antara massa penumpang dan kecepatan maksimum bersifat invers, di mana peningkatan massa akan diikuti oleh penurunan performa kecepatan kendaraan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa:

1. Desain rangka mobil listrik 3000 W memiliki dimensi keseluruhan 3000 mm × 1400 mm dengan jumlah kursi penumpang 4 buah yang menggunakan casis leaderframe. Analisis Finite Element Analysis (FEA) memastikan rangka cukup kuat menahan beban hingga 500 kg sehingga aman digunakan.
2. Pembangunan prototipe mobil listrik 3000 W berhasil diwujudkan sesuai rancangan. Seluruh komponen utama mulai dari rangka, sistem penggerak, suspensi, kemudi, hingga instalasi kelistrikan dapat diassembly sehingga menghasilkan kendaraan yang siap diuji pada topografi unand.
3. Berdasarkan hasil pengujian kecepatan, jarak tempuh, dan daya tanjak, dapat disimpulkan bahwa performa mobil listrik 3000 W sangat dipengaruhi oleh massa penumpang. Pada uji kecepatan sejauh 240 meter, peningkatan beban penumpang menyebabkan waktu tempuh lebih lama dan kecepatan maksimum menurun dari 53 km/jam pada beban ringan menjadi 47 km/jam pada beban 300 kg. Pada uji jarak tempuh, mobil mampu menempuh 7,92 km dengan beban 100 kg, namun jarak tersebut turun menjadi 5,47 km saat beban mencapai 284 kg. Hal serupa juga terlihat pada uji daya tanjak di lintasan 250 meter dengan kemiringan 8,4%, di mana waktu tempuh meningkat dari 44 detik pada beban 100 kg menjadi 96 detik pada beban 286 kg. Secara keseluruhan, semakin besar beban penumpang, maka semakin tinggi konsumsi energi baterai sehingga menurunkan kecepatan, jarak tempuh, serta kemampuan menanjak kendaraan.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan beberapa modifikasi guna meningkatkan kinerja mobil listrik. Beberapa saran perbaikan antara lain:

1. Menambahkan sistem pendinginan pada motor listrik dan ECU untuk meningkatkan kinerja mobil listrik.
2. Meningkatkan kapasitas motor listrik untuk meningkatkan akselerasi.

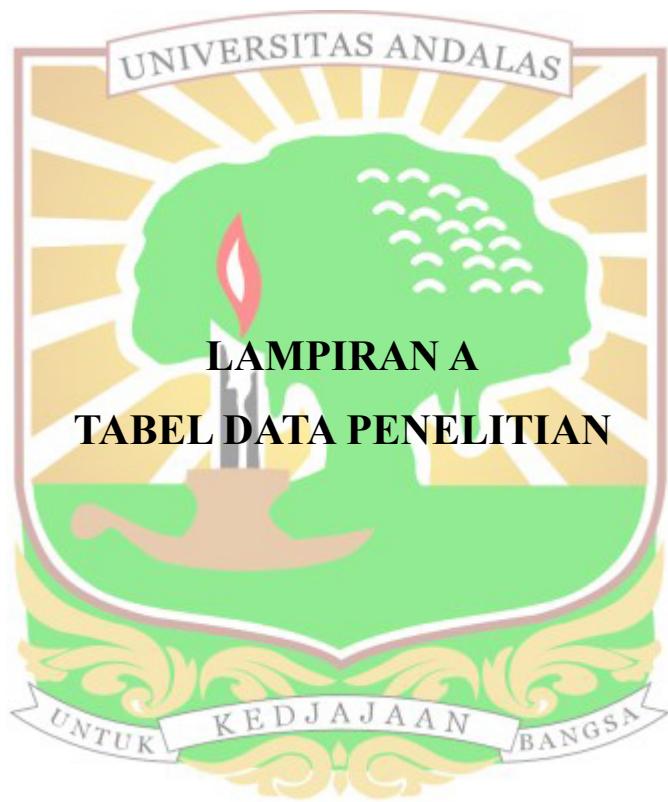


DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Aviani, “Implementasi Perpres Nomor 55 Tahun 2019 Tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle) Untuk Transportasi Jalan Di Kota Singkawang,” *Jurnal Borneo Akcaya*, vol. 10, no. 1, pp. 44–59, 2024, doi: 10.51266/jba.v10i1.360.
- [2] “Peraturan Menteri Perindustrian No27 Th 2020.” [Online]. Available: https://peraturan.bpk.go.id/Details/167009/permenerin-no-27-tahun-2020?utm_source=chatgpt.com
- [3] Antara Sumbar, “Kecelakaan Bus Kampus Unand Renggut Dua Nyawa,” Sabtu, 13 Februari 2016. [Online]. Available: <https://sumbar.antaranews.com/berita/170149/kecelakaan-bus-kampus-unand-renggut-dua-nyawa>
- [4] UNAND, “Universitas andalas masterplan unand,” 2020.
- [5] M. F. Adnan, “simulasi kontrol manajemen energi untuk sistem hybrid energy storage system (HESS) pada mobil listrik,” 2021.
- [6] A. Efendi, T. N. Ginanjar, and H. Prihantoro, “Sistem Kelistrikan Pada Prototipe Mobil Listrik SULA Evolution,” *Jurnal Mekanik Terapan*, vol. 2, no. 1, pp. 7–15, 2021, doi: 10.32722/jmt.v2i1.3625.
- [7] Daliana Fehabutar, “Mengenal Perbedaan Mobil SUV dan MPV.” [Online]. Available: <https://toptrust.id/blog/mengenal-apa-itu-suv-dan-mpv-beserta-perbedaannya/>
- [8] I. M. Parsa, “MOTOR-MOTOR LISTRIK,” no. March, 2018.
- [9] A. Meydian and T. M. Z. S. Machmud, “Kebijakan Low Cost Green Car dalam Industri Otomotif Nasional,” *Jurnal Ekonomi Indonesia*, vol. 10, no. 3, pp. 257–279, 2022, doi: 10.52813/jei.v10i3.149.
- [10] Setir Kanan Creatives, “Mobil LCGC: Pengertian, Jenis, Kelebihan, dan Kekurangannya,” 2024.

- [11] M. Fikri, A. Abidin, M. H. Bahri, and M. Z. Ridlo, “Uji Performa Sistem Kontroler BLDC 2KW pada Mobil Listrik Menggunakan Software KBL & KEB User Program,” vol. 3, no. 1, pp. 254–260, 2024.
- [12] Tangguh Yudha, “Bus Listrik Terbaik yang Masuk ke Indonesia, Rancangan dari Depok Paling Keren,” 2022. [Online]. Available: <https://www.inews.id/otomotif/mobil/bus-listrik-terbaik-yang-masuk-ke-indonesia>
- [13] Dr. A. Hermanto, *Kendaraan Bermotor Listrik Nasional*.
- [14] I. Agus Wibowo, *Mobil Listrik Dengan Baterai Lithium-Ion*. 2021.
- [15] S. Jo, Y. Lee, J. Lee, and J. Choi, “Optimal Design of a BLDC Motor Considering Three-Dimensional Structures Using the Response Surface Methodology,” 2022.
- [16] S. H. Aryandhanu, Y. A. Setyawan, J. T. Sipil, F. Teknik, and U. Diponegoro, “Analisa kinerja kendaraan berat pada turunan ruas jalan perintis kemerdekaan semarang,” *Jurnal Karya Teknik Sipil*, vol. 4, pp. 487–496, 2015.





Lampiran A.1 Data Uji kecepatan

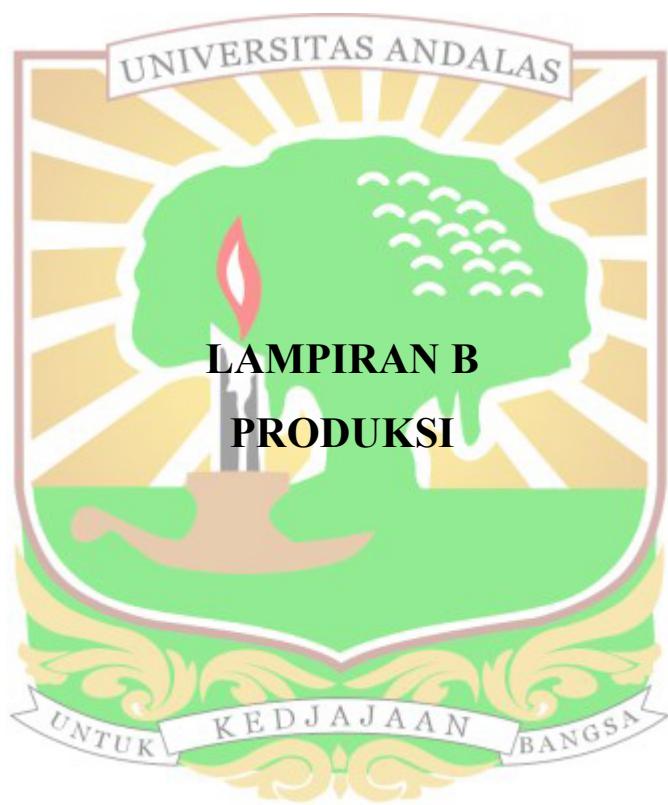
No	Penumpang (orang)	Massa Penumpang (kg)	Jarak (km)	Waktu (s)	Kecepatan rata rata (km/h)	Kecepatan maksimum (km/h)	Tegangan Batrai yang digunakan (v)
1	1	56	0.24	17	50	53	0,16
2	2	157	0.24	22	42	48	0,178
3	3	221	0.24	23	42	48	0,186
4	4	300	0.24	27	33	47	0,199

Lampiran A.2 Data Uji Jarak Tempuh

No	Penumpang (orang)	Massa Penumpang (kg)	Jarak (km)	Waktu (menit)	Kecepatan rata rata (km/h)	Kecepatan maksimum (km/h)	Sisa Tegangan Batrai (%)
1	1	100	7.92	31	16	46	13,57
2	2	160	6.46	28	15	41	23,08
3	3	214	6.34	24	15	38	28,05
4	4	284	5.47	20	14	39	19,91

Lampiran A.3 Data Uji Daya Tanjak

No	Penumpang (orang)	Massa Penumpang (kg)	Jarak (km)	Waktu (s)	Kecepatan rata rata (km/h)	Kecepatan maksimum (km/h)	Tegangan Batrai yang digunakan (v)
1	1	100	0.25	44	19	24	0,012
2	2	182	0.25	53	17	19	0,015
3	3	236	0.25	81	10	21	0,027
4	4	286	0.25	96	9	20	0,03







**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS**

Alamat : Kampus Limau Manis, Padang - Sumatera Barat, Kode Pos 25163

Telepon : 0751-72586

Website: ft.unand.ac.id, email: admin mesin@eng.unand.ac.id

SURAT KETERANGAN UJI SIMILARITY

No. :B /288/UN.16.09.3.1 /TA.02.02/2025

Yang bertanda tangan dibawah ini menerangkan b: hwa :

Nama : M.Ahlan Fadhillah

Nomor Buku Pokok : 2110911006

Departemen : Teknik Mesin

Yang tersebut namanya di atas telah diperiksa similarity/originality dari Tugas Akhir nya menggunakan *Software Turnitin* dengan hasil sebesar:

1. Abstrak : 3%
2. TA : 15%

Surat keterangan ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk mendaftar Sidang Tugas Akhir.

Demikianlah surat keterangan ini dibuat untuk dipergunakan semestinya

tanggal,15-10-2025
Petugas Ruang baca

Tri Dewi Yulita