

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. Energinya 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.



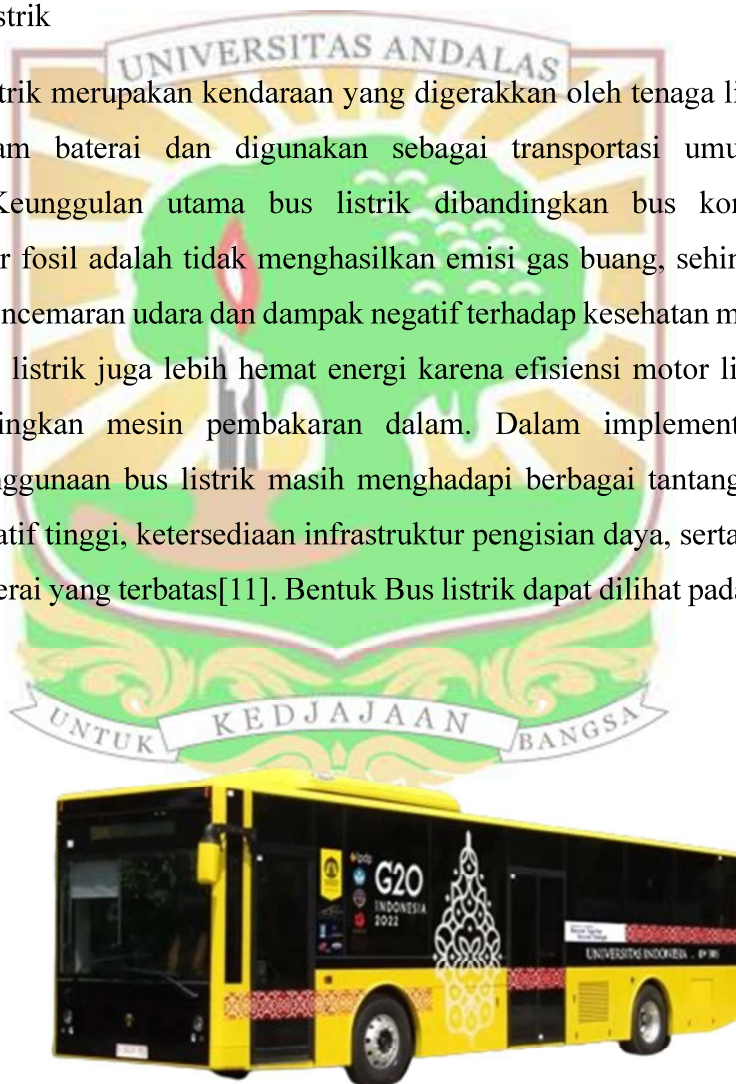
Gambar 2. 3 LCGC / LSEV[10]

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 pengereman 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)

