



Analisis Performa Kendaraan Konversi Internal Combustion Engine (ICE) Menjadi Kendaraan Listrik

Dzakwan Avrildetza Anjabtuko^{1*}, Ramdhani, S.Pd., M.Eng.²

^{1,2}Universitas Pendidikan Indonesia
*dzakwan225@upi.edu

ABSTRAK

Peralihan kendaraan bermotor dari sistem *Internal Combustion Engine* (ICE) ke sistem penggerak listrik merupakan strategi penting dalam mewujudkan transportasi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan, sekaligus mengurangi emisi karbon yang dihasilkan oleh sektor transportasi. Penelitian ini bertujuan untuk menilai sejauh mana efektivitas motor listrik tipe *Permanent Magnet Synchronous Motor* (PMSM) ketika digunakan sebagai komponen utama penggerak pada kendaraan yang telah mengalami konversi dari mesin ICE. Proses penelitian dilakukan melalui kajian pustaka mendalam, observasi langsung di lapangan, serta analisis teknis terhadap berbagai aspek, seperti performa motor listrik, kapasitas dan daya tahan baterai, estimasi jarak tempuh, serta waktu pengisian ulang baterai. Hasil pengujian menunjukkan bahwa motor PMSM menghasilkan torsi sebesar 110 Nm dan tenaga 70,45 PS, yang sedikit lebih rendah dibandingkan spesifikasi mesin ICE awal yaitu 118,6 Nm dan 86 PS. Sementara itu, baterai jenis LiFePO₄ berkapasitas 15,85 kWh menunjukkan tingkat efisiensi energi sangat tinggi sebesar 98%, dengan durasi operasional maksimal mencapai 1,55 jam dan jarak tempuh sekitar 42,6 km. Pengisian penuh baterai membutuhkan waktu sekitar 1,29 jam. Walaupun terjadi penurunan performa dalam hal daya keluaran dibandingkan mesin konvensional, sistem penggerak listrik menunjukkan efisiensi tinggi serta kinerja yang andal dan stabil. Temuan ini memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan teknologi konversi kendaraan listrik yang lebih efisien dan aplikatif, khususnya untuk diterapkan dalam konteks transportasi masa depan yang berkelanjutan.

Kata kunci: konversi kendaraan listrik, PMSM, efisiensi energi, ICE, sistem penggerak

I. PENDAHULUAN

Ketertarikan terhadap kendaraan listrik di Indonesia semakin meningkat. Hal tersebut mulai tumbuh sejak awal dekade 2010-an, sejalan dengan upaya global untuk menurunkan emisi gas rumah kaca serta mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. (Zaenuddin, 2021) Komitmen pemerintah Indonesia dalam mendukung transisi ini mulai terlihat secara konkret melalui penerbitan Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 mengenai Kecepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai. Sejak regulasi tersebut diberlakukan, pemerintah mulai merancang berbagai kebijakan pendukung dan insentif fiskal guna mendorong penggunaan kendaraan listrik, baik untuk jenis roda dua maupun roda empat. Hingga 3 April 2024, jumlah Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB) berdasarkan jumlah Surat Registrasi Uji Tipe (SRUT) yang terbit yaitu 133.225 unit. Manfaat dari peralihan menuju kendaraan listrik ini adalah penurunan emisi serta penghematan energi dan biaya energi. (Biro Komunikasi dan Informasi Publik, 2024)

Konversi kendaraan bermotor *Internal Combustion Engine* (ICE) berbahan bakar fosil menjadi kendaraan listrik merupakan salah satu pendekatan strategis yang tengah dikembangkan secara global untuk menurunkan emisi karbon dan mempercepat transisi menuju sistem transportasi

berkelanjutan. Di Indonesia, konversi kendaraan ICE menjadi kendaraan listrik mulai mendapatkan perhatian setelah diterbitkannya Peraturan Menteri Perhubungan No. 65 Tahun 2020, yang mengatur tentang konversi sepeda motor ICE ke sepeda motor listrik. Konversi kendaraan ICE menjadi kendaraan listrik menjadi suatu peluang penelitian. Penelitian ini dilakukan sebagai respon terhadap peluang konversi kendaraan ICE menjadi kendaraan listrik. Kendaraan ICE yang digunakan adalah satu unit mobil *hatchback*.

Penelitian ini difokuskan pada analisis efektivitas motor listrik sebagai sistem penggerak utama pada kendaraan listrik yang menggunakan baterai berkapasitas 72V 220Ah. Untuk mencapai tujuan tersebut, telah dilakukan analisis komparatif terhadap kinerja sistem penggerak listrik guna memperoleh gambaran menyeluruh mengenai performa kendaraan pascakonversi dari mesin berbasis ICE. Evaluasi dilakukan tidak hanya terhadap aspek teknis motor listrik, tetapi juga terhadap kemampuannya menggantikan sistem penggerak konvensional. Kendaraan yang digunakan merupakan mobil berbasis ICE yang telah dimodifikasi menjadi kendaraan listrik. Sebagai bagian dari analisis, daya yang dihasilkan oleh sistem penggerak listrik dibandingkan dengan daya dari sistem penggerak sebelumnya guna mengukur efisiensi maupun potensi penurunan performa. Melalui pendekatan ini,

diharapkan dapat diperoleh data kuantitatif dan pemahaman comprehensif mengenai keberhasilan proses konversi tersebut.

II. METODOLOGI

Penelitian yang dilaksanakan dikategorikan sebagai studi observasional, di mana pengamatan terhadap subjek dilakukan tanpa adanya intervensi atau pengendalian terhadap variabel apa pun. Dalam implementasinya, penelitian ini menerapkan beberapa pendekatan metodologis, yang mencakup metode riset pustaka atau studi literatur, serta metode observasi atau studi langsung di lapangan. Fokus utama dalam penelitian diarahkan pada analisis kinerja sistem motor listrik sebagai penggerak utama dalam kendaraan hasil konversi, yang dilakukan melalui beberapa tahap evaluatif sebagai berikut:

A. Metode Riset Pustaka dan Studi Literatur

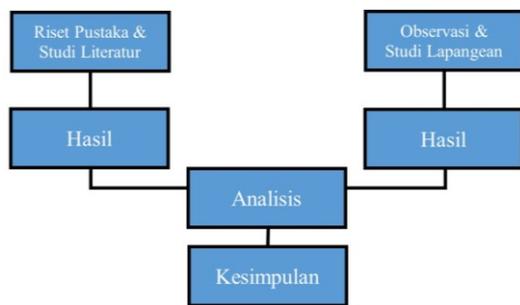
Riset pustaka merupakan penelusuran lebih daripada sekedar melayani fungsi-fungsi yang disebutkan untuk memperoleh data penelitiannya. Artinya riset pustaka membatasi kegiatannya hanya pada bahan-bahan koleksi perpustakaan saja tanpa memerlukan riset lapangan. (Zed, 2008)

Metode studi literatur diterapkan melalui penelaahan terhadap berbagai sumber pustaka yang dianggap memiliki relevansi langsung dengan topik penelitian. Pendekatan ini dimanfaatkan untuk mengumpulkan berbagai teori dan konsep yang diperlukan dalam mendukung proses analisis serta pembahasan dalam penulisan artikel ilmiah, sehingga kerangka teoretis yang disusun dapat dibentuk secara lebih sistematis, terarah, dan kokoh.

B. Metode Observasi dan Studi Lapangan

Metode observasi merupakan suatu kegiatan pengamatan secara langsung ke objek penelitian untuk melihat dari dekat kegiatan yang dilakukan cara mengumpulkan data dengan jalan mengadakan pengamatan terhadap kegiatan yang sedang berlangsung. (Fiantika, et al., 2022)

Metode studi lapangan dipraktikkan secara langsung di lokasi terjadinya fenomena, dengan pengumpulan data primer melalui observasi, wawancara, atau teknik lain, guna memperoleh informasi faktual yang mendukung tujuan penelitian secara empiris.



Gambar 1. Metode Penelitian

III. HASIL DAN ANALISA

A. Hasil

Konversi kendaraan berbasis ICE menjadi kendaraan listrik telah banyak dilakukan dengan berbagai tujuan yang berbeda. Proses konversi dari sistem penggerak ICE ke sistem

penggerak listrik tidak dapat dianggap sederhana, karena sejumlah komponen asli kendaraan perlu dilepaskan dan digantikan oleh komponen yang berbasis listrik. Dalam penelitian ini, objek yang digunakan berupa sebuah unit mobil. Mobil yang dijadikan sampel penelitian adalah KIA Picanto dengan sistem penggerak ICE tipe 1.2L MGI Kappa. Mesin tersebut diketahui memiliki kesamaan spesifikasi dengan mesin yang digunakan oleh pabrikan Hyundai, dengan rincian spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi Engine

Fuel	Gasoline
Injection Type	Indirect Injection
Configuration	4-in line
Aspiration	N.A.
Dispelacement	1.245L
Bore × Stroke, mm	72.0 × 76.5
Compression Ratio	10.0 : 1
Dry Weight, kg	82
Dimension, mm Length	454
Dimension, mm Width	537
Dimension, mm Height	618
RPM	6,000
Max Power, PS	86
RPM	4,000
Max Torque, kg.m	12.1
Alternator	13.5V

Sistem penggerak asli pada kendaraan yang semula menggunakan ICE telah digantikan oleh motor listrik sebagai penggerak utama. Motor listrik penggerak tersedia dalam berbagai jenis, masing-masing dengan karakteristik dan mekanisme kerja yang berbeda. Perbedaan dalam cara kerja tersebut menyebabkan tiap jenis memiliki keunggulan dan kekurangan tersendiri. Berdasarkan referensi pustaka yang digunakan dalam penelitian ini, beberapa jenis motor listrik penggerak yang umum digunakan dapat diuraikan sebagai berikut:

Tabel 2. Jenis-Jenis Motor Listrik Penggerak

No	Jenis Motor Listrik Penggerak	Prinsip Kerja
1.	<i>Brushed DC Electric Motor</i>	Rotor berputar karena gaya Lorentz saat arus melewati kumparan dan medan magnet. Komutator mekanis membalik arus.
2.	<i>Brushless DC Electric (BLDC) Motor</i>	Rotor magnet permanen dikendalikan secara elektronik untuk menghasilkan torsi dari medan stator tiga fasa. Tidak menggunakan brush.
3.	<i>Switched Reluctance Motor</i>	Torsi dihasilkan oleh kecenderungan rotor untuk berpindah ke posisi minimum reluctance magnetik.

4.	<i>Induction Motor</i>	Arus dirotor diinduksi oleh medan berputar stator (tanpa kontak langsung). Tidak menggunakan magnet.
5.	<i>Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM)</i>	PMSM adalah bagian dari kategori BLDC yang memiliki kontrol sinusoidal. Medan magnet permanen pada rotor disinkronkan dengan medan stator (kontrol sinusoidal).
6.	<i>Linear Motor</i>	Stator dibuat terbuka atau direntangkan, sehingga motor listrik penggerak ini tidak menghasilkan gerakan berputar, melainkan menghasilkan gaya lurus sepanjang jalurnya.

Berdasarkan uraian tabel sebelumnya terbentuk kelebihan (plus) dan kekurangan (minus) dari setiap jenis motor listrik penggerak. Kelebihan dan kekurangan tersebut membuat pengaplikasian dari setiap jenis motor listrik penggerak tersebut menjadi beragam. Seperti pada tabel berikut:

Tabel 2. Plus dan Minus Motor Listrik Penggerak

No	Jenis Motor Listrik Penggerak	Plus	Minus	Aplikasi
1.	<i>Brushed DC Electric Motor</i>	Sistem sederhana	Adanya gesekan pada sistem	Kendaraan listrik generasi awal
		Biaya murah	Perlu perawatan rutin	Kendaraan listrik kecil.
		Torsi diawal besar	Bisa beroperasi tanpa menggunakan pengendali (<i>controller</i>)	
2.	<i>Brushless DC Electric Motor (BLDC)</i>	Efisien penggunaan listrik Tanpa perlu perawatan rutin	Biaya lebih mahal dari <i>Brushed DC</i>	Sepeda motor listrik modern

		Tidak ada gesekan pada sistem	<i>Electric Motor</i>	Sepeda listrik
		Tanpa perlu perawatan rutin		Kendaraan dengan dimensi kecil
3.	<i>Switched Reluctance Motor</i>	Struktur sederhana	Getaran tinggi	Kendaraan industri
		Tahan suhu tinggi	Sistem kontrol rumit	Kendaraan eksperimen
4.	<i>Induction Motor</i>	Struktur tidak perlu magnet permanen	Perlu arus besar diawal	Kendaraan listrik performa tinggi
		Komponen dapat bertahan lama	Efisiensi lebih rendah dibanding jenis PMSM	
5.	<i>Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM)</i>	Efisien penggunaan listrik	Biaya produksi cukup mahal	Kendaraan listrik modern
		Dimensi kecil dengan kekuatan sama	Jumlah komponen cukup banyak	Kendaraan hybrid
		Torsi awal besar namun halus		
6.	<i>Linear Motor</i>	Kecepatan tinggi	Biaya produksi paling mahal	Kereta cepat maglev
		Presisi	Tidak semua kendaraan bisa	
		Tidak perlu transmisi		

Pembahasan Komponen yang digunakan dalam sistem kendaraan listrik tidak terbatas pada motor listrik penggerak semata. Pada kendaraan listrik modern, motor penggerak dioperasikan berdasarkan instruksi yang dikendalikan oleh sebuah alat pengendali (*controller*). Dalam sistem propulsi kendaraan listrik, peran utama *controller* terletak pada pengaturan aliran daya sebagai pusat kendali sistem. Fungsi utamanya adalah untuk mengatur besarnya energi listrik yang dialirkan dari baterai menuju motor penggerak, sehingga kecepatan kendaraan dapat dikontrol secara presisi. Pengaturan ini dianggap krusial untuk menjaga stabilitas performa

kendaraan dalam berbagai kondisi jalan maupun beban operasional. Selain itu, pengaturan arah rotasi motor baik maju maupun mundur juga dimungkinkan melalui pengaturan arus listrik pada masing-masing fase motor penggerak yang digunakan. Kemampuan ini memberikan fleksibilitas dalam manuver kendaraan, terutama saat melakukan parkir atau ketika berkendara di ruang sempit. Salah satu fitur penting lainnya yang dimiliki oleh *controller* adalah dukungan terhadap sistem pengereman regeneratif. Teknologi ini memungkinkan motor penggerak untuk berfungsi sebagai generator selama proses deselerasi, sehingga energi kinetik yang biasanya hilang dapat dikonversi kembali menjadi energi listrik dan disimpan di dalam baterai. Mekanisme ini tidak hanya meningkatkan efisiensi energi secara keseluruhan, tetapi juga turut memperpanjang usia pakai baterai.

Kendaraan listrik konversi yang diamati dapat bekerja menggunakan energi dari baterai. Baterai merupakan perangkat penyimpan energi yang terdiri dari dua atau lebih sel listrik yang saling terhubung dan bekerja secara sinergis. Setiap sel dalam baterai berfungsi untuk mengubah energi kimia yang tersimpan menjadi energi listrik melalui proses elektrokimia. Struktur dasar dari sebuah sel terdiri atas dua elektroda, yaitu anoda (elektroda negatif) dan katoda (elektroda positif), yang dicelupkan dalam larutan elektrolit sebagai media penghantar ion. Listrik arus searah (DC) dihasilkan sebagai akibat dari reaksi kimia antara elektroda dan elektrolit tersebut. Pada jenis baterai sekunder, yang dikenal juga sebagai baterai isi ulang, reaksi kimia ini dapat dibalik melalui pemberian arus listrik dari sumber eksternal. Proses ini memungkinkan baterai untuk dikembalikan ke kondisi semula yang terisi daya, sehingga dapat digunakan berulang kali. Dengan demikian, baterai tidak hanya berperan sebagai sumber energi, tetapi juga sebagai sistem penyimpanan energi yang efisien dan dapat diperbaharui melalui pengisian ulang. Untuk mengatur kerja dan keamanan dari baterai digunakan perangkat *Battery Management System* (BMS).

Pada kendaraan listrik hasil konversi yang dijadikan objek observasi, telah digunakan berbagai jenis komponen penunjang sistem kendaraan listrik. Komponen-komponen tersebut merupakan hasil kombinasi dari berbagai merek dan tipe, yang dipilih guna menyesuaikan dengan konsep desain kendaraan yang dikonversi. Data spesifik mengenai masing-masing komponen diperoleh melalui situs web resmi maupun buku panduan teknis dari setiap perangkat yang digunakan. Adapun spesifikasi dari komponen-komponen tersebut dapat disajikan sebagai berikut:

Tabel 2. Komponen Kendaraan Listrik Konversi

No	Nama Komponen	Spesifikasi	Merk
1.	Motor Listrik Penggerak	Jenis <i>Permanent Magnet Synchronous Motor</i> (PMSM) 10KW	Zhejiang Datai New Energy



Arus maksimum 180 Ampere
Arus tanpa beban ≤10Ampere
Jumlah Pole Pairs 5
72V
Putaran maksimum 4.500rpm
Torsi maksimum 110Nm

2. Pengendali (*Controller*)



Mendukung Jenis <i>Permanent Magnet Synchronous Motor</i> (PMSM)	Zhejiang Datai New Energy
Mendukung motor listrik penggerak dengan daya 10KW	
Mendukung motor listrik penggerak dengan 72V	

3. Baterai



Jenis LiFePo4 Prismatic	Hidtech EV Garage
Menggunakan Smart BMS 24S 500A	
72V	
220Ah	

Penelitian ini menggunakan rumus perhitungan untuk membantu analisis yang dilakukan. Rumus perhitungan yang digunakan bersumber dari buku dan jurnal terdahulu yang terkait dengan penelitian ini. Rumus perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan daya

Perhitungan daya dibutuhkan sebagai alat pembuktian apakah spesifikasi motor listrik penggerak yang digunakan sesuai konsep. Rumus perhitungan daya ini didapatkan dari

Self-study programme 212 Volkswagen. Untuk menggunakan rumus ini dibutuhkan beberapa data seperti :

$$\text{Kecepatan Putaran (rpm)} = \frac{2\pi}{60} \text{ rad/s}$$

Setelah mengetahui rumus dasar dari kecepatan putaran maka:

$$\text{Daya (W)} = \text{Torsi(Nm)} \times \left[\frac{2\pi \times \text{Kecepatan Putaran(rpm)}}{60} \right]$$

$$\text{Daya (W)} = \frac{\text{Torsi(Nm)} \times \text{Kecepatan Putaran(rpm)} \times 2\pi}{60}$$

$$\text{Daya (kW)} = \frac{\text{Torsi(Nm)} \times \text{Kecepatan Putaran(rpm)} \times 2\pi}{60 \times 1000}$$

Jika disederhanakan menjadi:

$$\text{Daya (kW)} = \frac{\text{Torsi(Nm)} \times \text{Kecepatan Putaran(rpm)}}{9.550}$$

karena :

$$\frac{60 \times 1000}{2\pi} \approx 9.550$$

Rumus perhitungan diatas menggunakan satuan kW, untuk menyelaraskan satuan hitung dengan tabel spesifikasi engine bawaan mobil menggunakan satuan ukur PS, maka:

$$\text{Daya Kuda Metrik (PS)} = \text{Daya(kW)} \times 1,35962$$

2. Perhitungan kapasitas baterai

Penyimpanan energi telah dijadikan sebagai tujuan utama dari penggunaan baterai. Jumlah energi yang dapat disimpan di dalam baterai ditentukan oleh besarnya tegangan serta muatan yang tersimpan. Energi ini diidentifikasi sebagai ekuivalen dari kerja dengan daya sebesar 1 watt (W) selama durasi 1 jam (h). Untuk dapat menentukan kapasitas baterai, diperlukan pengukuran terhadap tegangan (V) dan arus maksimum (A) yang mampu dialirkan oleh baterai. Berdasarkan penjelasan dalam buku Electric Vehicle Technology Explained Edisi Kedua, kapasitas baterai dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Energy (Wh)} = \text{Voltage (V)} \times \text{Capacity (Ah)}$$

Untuk memudahkan perhitungan pada aspek lainnya satuan pada kapasitas baterai disamakan yang awalnya Wh menjadi kWh, menjadi:

$$\text{Energy (kWh)} = \frac{\text{Energy(Wh)}}{1.000}$$

3. Perhitungan daya tahan baterai

Daya tahan baterai merupakan faktor penting yang perlu dianalisis dalam konversi kendaraan listrik. Dengan mengetahui daya tahan baterai bisa menjadi acuan kapan isi baterai akan habis. Selain itu untuk mengetahui kesesuaian baterai yang digunakan. Baterai yang digunakan adalah jenis LiFePo4. Untuk melakukan perhitungan tersebut salah satu yang harus diketahui adalah persentase efisiensi energi. Efisiensi Energi yang dihasilkan baterai LiFePO4 yang di Charge dan Discharge menggunakan metode CC/CV menghasilkan efisiensi energi lebih dari >98%.(skripsi irpan zidni). Berikut rumus perhitungan yang digunakan:

Daya Tahan Baterai

$$= \frac{\text{Persentase Efisiensi} \times \text{Kapasitas Baterai}}{\text{Arus Motor}}$$

4. Perhitungan jarak tempuh

Perhitungan jarak tempuh digunakan sebagai acuan jarak yang bisa ditempuh oleh kendaraan ini dengan kapasitas baterai yang tersedia. Selain itu sebagai acuan kesesuaian kapasitas baterai yang digunakan dengan jarak yang akan ditempuh. Berikut rumus perhitungan yang digunakan:

$$\text{Jarak Tempuh} = \text{Kecepatan} \times \text{Daya Tahan Baterai}$$

5. Perhitungan pengisian baterai

Pengisian baterai merupakan aspek penting dari sebuah kendaraan listrik. Saat ini pengisian baterai yang tidak terlalu memakan waktu akan lebih menguntungkan pengguna. Pengisian baterai kendaraan listrik memiliki berbagai jenis. Seperti pengisian standar tingkat satu, standar tingkat dua, dan *fastcharging*. Pengisian baterai bisa dipengaruhi dari arus *charger* yang digunakan. Untuk mengetahui perhitungan pengisian baterai digunakan rumus sebagai berikut:

Waktu Pengisian

$$= \frac{\text{Persentase Efisiensi} \times \text{Kapasitas Baterai}}{\text{Arus Charger}}$$

B. Analisa

Dasar pemilihan PMSM telah ditetapkan karena jenis motor listrik ini dianggap paling sesuai untuk digunakan sebagai sistem penggerak pada kendaraan listrik. Pertimbangan tersebut didasarkan pada tingkat efisiensi yang tinggi serta kebutuhan perawatan yang minimal, sehingga kinerja sistem dapat dioptimalkan tanpa memerlukan intervensi teknis secara berkala. Selain itu, pemilihan PMSM telah diutamakan dibandingkan jenis motor listrik penggerak lainnya karena kemampuannya dalam menghasilkan torsi secara halus, yang sangat berkontribusi terhadap kenyamanan dan kestabilan dalam operasional kendaraan. Keunggulan lain yang juga menjadi pertimbangan adalah dimensi PMSM yang relatif lebih kecil dibandingkan motor listrik lain dengan tingkat kekuatan atau performa yang setara, sehingga memberikan efisiensi ruang dan bobot pada desain kendaraan. Untuk menjamin keakuratan dalam analisis dan mendukung validitas pemilihan motor tersebut, sejumlah perhitungan teknis telah dilakukan sebagai bagian dari proses evaluasi.

1. Perhitungan daya

Torsi yang diketahui adalah 110Nm dan kecepatan putaran maksimal adalah 4.500rpm maka perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Daya (kW)} = \frac{\text{Torsi(Nm)} \times \text{Kecepatan Putaran(rpm)}}{9.550}$$

$$\text{Daya (kW)} = \frac{110\text{Nm} \times 4.500\text{rpm}}{9.550}$$

$$\text{Daya (kW)} = \frac{495.000}{9.550}$$

$$\text{Daya (kW)} = 51,83\text{kW}$$

Hasil perhitungan diatas menggunakan satuan kW, untuk menyelaraskan satuan hitung dengan tabel spesifikasi engine bawaan mobil menggunakan satuan ukur PS, maka:

$$\text{Daya Kuda Metrik (PS)} = \text{Daya(kW)} \times 1,35962$$

$$\text{Daya Kuda Metrik (PS)} = 51,83 \times 1,35962$$

$$\text{Daya Kuda Metrik (PS)} = 70,45\text{PS}$$

2. Perhitungan kapasitas baterai

Baterai yang digunakan adalah 72V 220Ah maka hasil perhitungannya sebagai berikut:

$$\text{Energy (Wh)} = \text{Voltage (V)} \times \text{Capacity (Ah)}$$

$$\text{Energy (Wh)} = 72\text{V} \times 220\text{Ah}$$

$$\text{Energy (Wh)} = 15.840\text{Wh}$$

Untuk memudahkan perhitungan pada aspek lainnya satuan pada kapasitas baterai disamakan yang awalnya Wh menjadi kWh, menjadi:

$$\text{Energy (kWh)} = \frac{15.840\text{Wh}}{1.000}$$

$$\text{Energy (kWh)} = 15,84\text{kWh}$$

3. Perhitungan daya tahan baterai

Baterai yang digunakan adalah jenis LiFePo4 dengan efisiensi 98%. Sehingga didapatkan daya tahan baterai:

$$\text{Daya Tahan Baterai} = \frac{\text{Persentasi Efisiensi} \times \text{Kapasitas Baterai}}{\text{Arus Motor}}$$

$$\text{Daya Tahan Baterai} = \frac{98\% \times 15,84\text{kWh}}{10\text{A}}$$

$$\text{Daya Tahan Baterai} = 1,55\text{h}$$

$$\text{Daya Tahan Baterai} = 1,55\text{jam}$$

4. Perhitungan jarak tempuh

Perhitungan estimasi jarak yang bisa ditempuh menggunakan kecepatan 30km/h sebagai kecepatan maksimal di lingkungan pemukiman. Sehingga didapatkan perhitungan jarak tempuh:

$$\text{Jarak Tempuh} = \text{Kecepatan} \times \text{Daya Tahan Baterai}$$

$$\text{Jarak Tempuh} = 30\text{km/h} \times 1,42\text{h}$$

$$\text{Jarak Tempuh} = 42,6\text{km}$$

5. Perhitungan pengisian baterai

Jenis pengisian yang bisa dilakukan dirumah atau standar tingkat satu, dengan keluaran 12A. Sehingga didapatkan perhitungan pengisian baterai selama:

$$\text{Waktu Pengisian} = \frac{\text{Persentasi Efisiensi} \times \text{Kapasitas Baterai}}{\text{Arus Charger}}$$

$$\text{Waktu Pengisian} = \frac{98\% \times 15,84\text{kWh}}{12\text{A}}$$

$$\text{Waktu Pengisian} = 1,29\text{h}$$

$$\text{Waktu Pengisian} = 1,29\text{Jam}$$

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan, telah ditemukan bahwa daya aktual yang dihasilkan oleh motor listrik sebagai penggerak utama menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan spesifikasi engine standar. Torsi yang dimiliki oleh motor listrik penggerak tercatat sebesar 110 Nm dengan daya sebesar 70,45PS, sedangkan engine standar kendaraan menghasilkan torsi sebesar 118,6Nm dan daya sebesar 86PS. Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun PMSM menunjukkan efisiensi yang tinggi, terdapat perbedaan karakteristik torsi yang signifikan jika dibandingkan dengan

ICE. Selain itu, penggunaan baterai jenis LiFePo4 berkapasitas 15,85kWh dengan efisiensi mencapai 98% menghasilkan durasi pemakaian maksimal selama 1,55 jam. Apabila kondisi baterai dalam keadaan kosong, maka dibutuhkan waktu pengisian ulang selama 1,29 jam agar kendaraan dapat kembali digunakan untuk menempuh jarak sekitar 42,6 km.

Gambaran mengenai hasil konversi kendaraan dari sistem ICE ke sistem penggerak listrik telah disajikan melalui penelitian ini. Beberapa aspek seperti pemilihan tipe serta dimensi motor listrik yang digunakan untuk menggantikan mesin pembakaran telah diperhitungkan secara sistematis. Selain itu, informasi yang diperoleh juga dapat dijadikan sebagai rujukan dalam melakukan perbandingan antara performa dan efisiensi kendaraan sebelum dan sesudah proses konversi dari ICE menjadi kendaraan listrik dilakukan.

Namun demikian, beberapa keterbatasan masih ditemukan dalam pelaksanaan penelitian ini. Salah satu keterbatasan tersebut terletak pada kurangnya ketersediaan data yang digunakan serta metode perhitungan yang diterapkan. Selain itu, keterbatasan lain muncul karena hanya satu jenis motor listrik yang digunakan sebagai objek pengujian. Berdasarkan temuan ini, direkomendasikan agar dilakukan pembuktian lebih lanjut melalui pengambilan data performa dan efisiensi menggunakan instrumen pengukuran secara langsung. Salah satu metode yang disarankan adalah dengan menggunakan alat uji dynotest guna memperoleh data keluaran daya kendaraan secara lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Biro Komunikasi dan Informasi Publik, "Menhub: Ekosistem Kendaraan Listrik Butuh Kolaborasi," Apr. 30, 2024. [Online]. Available: <https://www.dephub.go.id/post/read/menhub--ekosistem-kendaraan-listrik-butuh-kolaborasi>. [Accessed: May 31, 2025].
- [2] F. R. Fiantika, M. Wasil, S. Jumiyati, L. Honesti, S. Wahyuni, E. Mouw, et al., *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Padang: PT. Global Eksekutif Teknologi, 2022.
- [3] [givenergy.co.uk](https://givenergy.co.uk/what-is-round-trip-efficiency-in-battery-storage/), "What is round trip efficiency in battery storage?," Jan. 30, 2024. [Online]. Available: <https://givenergy.co.uk/what-is-round-trip-efficiency-in-battery-storage/>. [Accessed: May 30, 2025].
- [4] HYUNDAI ENGINE BUSINESS TEAM, *HYUNDAI ENGINE IS YOUR KEY TO SUCCESS*. Seoul: HYUNDAI, n.d.
- [5] J. Larminie and J. Lowry, *Electric Vehicle Technology Explained*, 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2012.
- [6] D. I. MT, M. Legisnal Hakim ST, and M. Ir. Denur, "Desain Pengganti Penggerak Motor Bakar Torak (110 CC) pada Sepeda Motor Otomatic dengan Motor Listrik Type BLDC (Brushless DC)," *Surya Teknika*, vol. 9, pp. 512–524, 2022.
- [7] Pemerintah Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 65 Tahun 2020 Tentang Konversi Sepeda Motor Dengan Penggerak Motor Bakar Menjadi Sepeda Motor Listrik

- Berbasis Baterai*, 2020. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/169075/permenhub-no-65-tahun-2020>. [Accessed: May 30, 2025].
- [8] Presiden Republik Indonesia, *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2019 Tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle) Untuk Transportasi Jalan*, 2019. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/116973/perpres-no-55-tahun-2019>. [Accessed: May 28, 2025].
- [9] A. Rizky, A. Rakhman, S. Maulana, N. Fath, and Sujono, "Perancangan Mobil Listrik Menggunakan Motor DC Brushed 36 Volt 450 Watt," *KILAT*, pp. 10–20, 2022.
- [10] F. F. Sena Mahendra, "Analisis Performa pada Sepeda Motor Listrik Menggunakan Motor BLDC 500 W," *Jurnal Rekayasa Mesin*, pp. 340–352, 2024.
- [11] Y. Setiawan and M. Farid, "Integration of Electric Drive Systems in ICE to EV Conversion: A GT-Suite Approach," *Cylinder: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, pp. 8–16, 2024.
- [12] I. Viantama and B. M. Suyitno, "Analisis Perbandingan Sistem Kinerja Motor Penggerak Pada Mobil Listrik Kapasitas 75 kWh," *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Inovasi*, pp. 157–164, 2021.
- [13] VOLKSWAGEN AG, *Self-study Programme 212 Variable Intake Manifold in VR Engines*. Wolfsburg: VOLKSWAGEN AG, n.d.
- [14] M. Zaenuddin, "Ambisi Indonesia Percepat Pengembangan Mobil Listrik," Nov. 2, 2021. [Online]. Available: <https://katadata.co.id/analisisdata/619b5947b8266/peembangan-mobil-listrik-indonesia>. [Accessed: May 28, 2025].
- [15] M. Zed, *Metode Penelitian Kepustakaan*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia, 2008.
- [16] Zhejiang Dayai New Energy Co. LTD., *Zhejiang Dayai New Energy CO., LTD. Product Catalog*. Zhejiang: Zhejiang Dayai New Energy Co. LTD., n.d.
- [17] I. Zidni, "Analisis Efisiensi Pengisian Muatan Baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄)," Unpublished undergraduate thesis, Universitas Islam Indonesia, 2020.
- [18] F. Zainuri, D. A. Zainuri, M. F. Zainuri, D. A.S., M. A. Prasetyo, Widiyatmoko, et al., "Analisis Kinerja Konversi Kendaraan Konvensional Ke Listrik," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin*, pp. 48–54, 2020.