

PENGEMBANGAN PENGGUNAAN MOTOR INDUKSI PADA KENDARAAN LISTRIK HYBRID BERBASIS OPTIMALISASI PENYERAPAN ENERGI SURYA

Zulkarnain Lubis

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik,
Universitas Islam Sumatera Utara
zulkarnaenlubis@ft.uisu.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem penggunaan motor induksi pada kendaraan listrik hybrid (HEV) yang terintegrasi dengan sistem panel surya untuk optimalisasi energi. Motor induksi dipilih karena ketahanannya yang tinggi dan efisiensi biaya. Sistem panel surya dipasang untuk membantu pengisian baterai kendaraan saat tidak digunakan dan selama berkendara di siang hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa integrasi panel surya mampu meningkatkan jarak tempuh kendaraan hingga 12% per hari pada kondisi cuaca cerah. Motor induksi menunjukkan performa efisien pada kisaran beban variabel, dengan efisiensi rata-rata 88%. Integrasi ini membuktikan potensi besar dalam mengurangi ketergantungan pada sumber energi eksternal.

Kata-Kata Kunci : Motor Induksi, Kendaraan Listrik Hybrid, Energi Surya, Optimalisas, Efisiensi Kendaraan.

I. Pendahuluan

Kendaraan listrik hybrid (HEV) menjadi salah satu solusi dalam mengurangi emisi karbon dan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil (Nguyen et al., 2022). Salah satu komponen penting dalam HEV adalah motor listrik yang digunakan untuk menggerakkan kendaraan. Motor induksi mulai banyak dilirik karena memiliki keunggulan dalam hal ketahanan, biaya produksi lebih rendah, dan kebutuhan perawatan yang minimal (Patel & Desai, 2021).

Di sisi lain, penggunaan energi surya untuk mendukung operasional kendaraan listrik menjadi peluang besar untuk meningkatkan kemandirian energi (Kim et al., 2023). Dengan mengoptimalkan penyerapan energi surya, kendaraan listrik dapat mengisi ulang sebagian baterai saat parkir ataupun saat berkendara.

Penelitian ini bertujuan:

- Mengembangkan integrasi motor induksi dalam sistem kendaraan listrik hybrid.
- Mengoptimalkan penyerapan energi surya untuk meningkatkan jarak tempuh dan efisiensi penggunaan energi.

II. Metode Penelitian

2.1 Desain Sistem

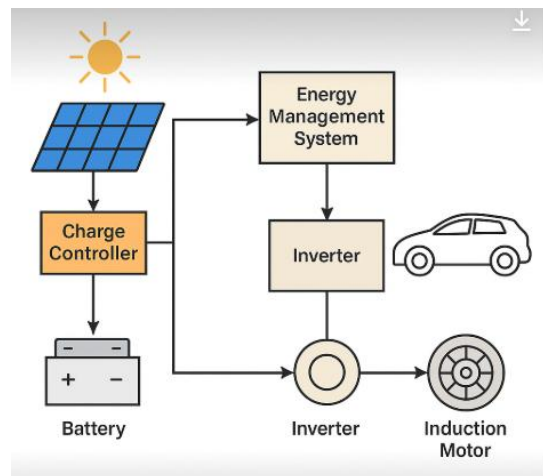
Komponen utama:

- Motor Penggerak: Motor induksi 3 fasa, 5 kW
- Sumber Energi: Baterai lithium-ion 48V, panel surya monocrystalline 300W
- Kontrol Motor: Inverter berbasis V/f control
- Sistem Surya: Pengatur daya (solar charge controller) tipe MPPT

2.2 Integrasi Sistem

Sistem dikembangkan dengan arsitektur:

- Panel surya mengisi baterai utama melalui charge controller.
- Motor induksi dikendalikan inverter untuk menggerakkan kendaraan.
- Sistem manajemen energi memprioritaskan penggunaan daya dari panel surya jika tersedia.



Gambar 1. Diagram arsitektur Sistem

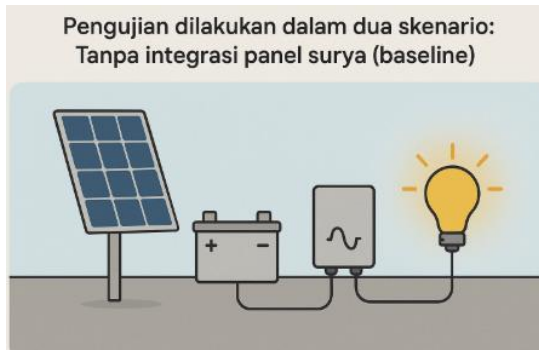
Alur Energi Singkat:

Matahari → Panel Surya → Charge Controller → Baterai → Inverter → Motor Induksi → Gerak Kendaraan

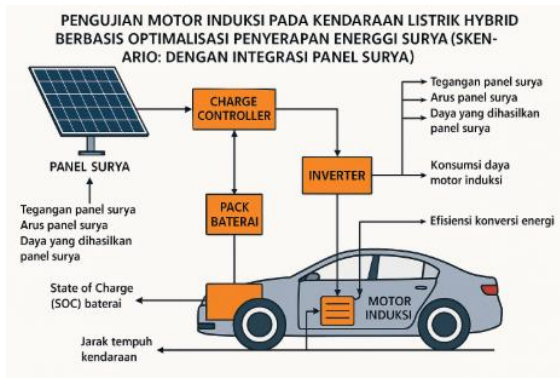
2.3 Pengujian

Pengujian dilakukan dalam dua skenario:

- Tanpa integrasi panel surya (baseline).
- Dengan integrasi panel surya (eksperimen).



Gambar 2. Pengujian Tanpa Integrasi Surya



Gambar 3 Dengan Integrasi Panel Surya

Data Kendaraan Toyota Agya 1197 cc
 Torsi Maksimum : 113Nm Pada 4500 rpm
 Tenaga Maksimum : 88 PS pada 6000 rpm

1. Perhitungan Daya dari Torsi Maksimum
 Gunakan rumus daya rotasi:

Diketahui:

- Torsi maksimum (T) = 113 Nm pada 4500 rpm
- Tenaga maksimum (P) = 88 PS pada 6000 rpm

Langkah 1:

Kita harus konversikan dulu PS ke Watt, karena satuan standar daya adalah Watt.

- 1 PS (Pferdestärke, metric horsepower) = 735.5 Watt

Maka:

$$P = 88 \times 735.5 = 64724 \text{ Watt} = 64.724 \text{ kW}$$

Jadi tenaga maksimumnya adalah sekitar 64.724 kW pada 6000 rpm.

Langkah 2:

Konfirmasi hubungan antara daya, torsi, dan putaran (rpm).

Rumus daya dalam satuan Watt:

$$P = \tau \times \omega \quad P = \tau \times \omega$$

dimana:

- P = daya dalam Watt
- τ = torsi dalam Newton-meter (Nm)
- ω = kecepatan sudut dalam radian per detik (rad/s)

$$\text{Konversi rpm ke rad/s: } \omega = ((2\pi \times 4500)/60) \text{ rpm} = 471.24 \text{ rad/sec}$$

Hitung kecepatan sudut saat torsi maksimum (4500 rpm):

$$\omega = ((2\pi \times 4500)/60) = 471.24 \text{ rad/s}$$

Hitung daya saat torsi maksimum:

$$P = 113 \times 471.24 = 53250 \text{ W} = 53.25 \text{ kW}$$

Artinya, pada 4500 rpm dan torsi maksimum 113 Nm, daya motor sekitar 53.25 kW.

Langkah 3: Interpretasi

- Di rpm rendah (4500 rpm): Motor mampu menghasilkan 53.25 kW.
- Di rpm tinggi (6000 rpm): Motor mampu menghasilkan 64.724 kW.

Untuk motor induksi yang setara, kamu perlu memilih motor dengan:

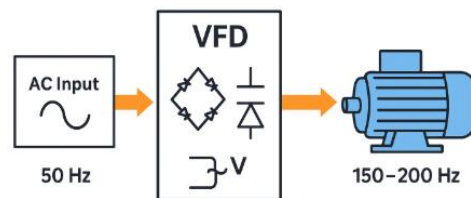
- Rated power minimal sekitar 65 kW, kalau mau menyamai tenaga maksimum.
- Rated torque minimal 113 Nm pada 4500 rpm.

Biasanya, motor induksi dirating berdasarkan daya nominal (continuous) di berkisar 50-60 Hz (3000 rpm atau 3600 rpm untuk 2 pole motor). Karena ini rpm tinggi (4500–6000 rpm), berarti kemungkinan pakai motor high-speed induction motor, atau sistem dengan inverter/VFD untuk mengatur frekuensi tinggi.

Untuk mendapatkan parameter Motor induksi 3 fasa yang setara dengan mesin mobil Toyota agya

Parameter	Nilai Setara
Daya maksimum	~65 Kw
Torsi maksimum	113 Nm

Mengenai VFD/Inverter



Gambar 4 . Variable Frequency Drive (VFD). (Menaikkan Frequency)

Karena motor standar biasanya dirancang untuk kecepatan 1500 rpm atau 3000 rpm (untuk motor 2 pole 50 Hz), supaya bisa mencapai 4500–6000 rpm, harus:

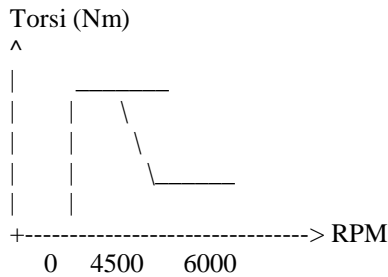
- Pakai Variable Frequency Drive (VFD).
- VFD harus menaikkan frekuensi dari 50 Hz → minimal 150-200 Hz.
- Perlu motor yang di-rating untuk high-speed, terutama bagian bearing dan shaft-nya.

Contoh inverter yang cocok:

- ABB ACS880
- Siemens SINAMICS
- Danfoss VLT Automation Drive

Kurva Torsi vs RPM (Sketch)

Gambar *sketsa karakteristik* Torsi vs RPM untuk motor kamu:



Penjelasan kurva:

- Pada awal (0–4500 rpm), torsi tinggi (sekitar 113 Nm).
- Setelah 4500 rpm menuju 6000 rpm, torsi sedikit turun, karena motor mempertahankan daya konstan (power = torque × speed).
- Di 6000 rpm, torsi berkurang tapi daya maksimum tercapai (65 kW).

Ini normal pada karakteristik motor dengan kontrol VFD:

→ Constant torque di low-mid speed → Constant power di high speed.

Hasil Laboratorium untuk mendapatkan parameter mesin yang setara dengan mesin Kenderaan Toyota Agya harus dibutuhkan . Adalah Dibutuhkan Motor Listrik .

- Motor induksi 65 kW, 3 fasa, 380V
- Torsi minimum 113 Nm
- High-speed capable (6000 rpm) dengan inverter
- Efisiensi tinggi (IE3 atau lebih)

Parameter yang diukur: konsumsi energi, jarak tempuh, performa motor (efisiensi, suhu kerja).

III. Hasil dan Pembahasan

3.1 Performa Motor Induksi

Performa Motor Induksi 3 Fasa agar bisa menyamai mesin mobil Agya berdasarkan target Anda:

- Torsi puncak: 113 Nm @ 4500 rpm
- Tenaga maksimum: 88 PS = 64,72 kW @ 6000 rpm

A. Target Performa Yang Harus Dicapai

Parameter	Nilai
Torsi Maksimum	113 Nm
Kecepatan saat Torsi Maksimum	4500 rpm
Daya Maksimum	88 PS = 64.7 kW
Kecepatan saat Daya Maksimum	6000 rpm

B. Desain Performa Motor Induksi

Aspek	Desain
Jenis Motor	Motor Induksi 3 Fasa (Squirrel Cage Rotor)
Tipe Aplikasi	Kendaraan listrik (automotive-grade)
Konfigurasi Listrik	380V / 400V, 3-Phase, 50 Hz input
Daya Nominal	65 kW continuous
Daya Maksimum	>70 kW peak untuk akselerasi
Kecepatan Nominal	4500 rpm
Kecepatan Maksimal	6000 rpm
Torsi Nominal	113 Nm (konstan sampai 4500 rpm)
Frekuensi Operasi (VFD Output)	150–200 Hz
Duty Cycle	S1 (Continuous Operation)
Efisiensi	> 92% (IE3/IE4)
Kelas Isolasi	Class F (dengan suhu operasi maksimal 155°C)
Sistem Pendinginan	IC416 (air cooled with separate fan) atau IC86W (water cooled)
Proteksi Enclosure	IP54 / IP55
Overload Capacity	150% rated power selama 1 menit
Mounting	B3 (foot mounted) atau B5 (flange mounted)
Berat Motor	200–250 kg
Dimensi	Sesuai frame size 200M atau 225S (compact high-speed type)

C. Karakteristik Torsi Vs Rpm Vs Daya

Kurva Performansi Ideal:

- 0 – 4500 rpm:
 - o Torsi konstan pada 113 Nm
 - o Daya naik linier dengan kecepatan
- 4500 rpm – 6000 rpm:
 - o Daya konstan pada 65 kW
 - o Torsi menurun secara proporsional

D. Perhitungan Konfirmasi Daya & Torsi

1. Daya saat 4500 rpm (Torsi Maksimum)

Rumus:

$$P = T \times \omega$$

Dimana:

$$\omega = ((2\pi \times 4500) / 60)$$

Maka:

$$\omega = ((2\pi \times 4500) / 60) = 471.24 \text{ rad/s}$$

Daya:

$$P = 113 \times 471.24 = 53250 \text{ W} = 53.25 \text{ kW}$$

Pada 4500 rpm, motor akan menghasilkan daya sekitar 53.25 kW

2. Torsi saat 6000 rpm (Daya Maksimum 65 kW)

Rumus:

$$\tau = (P/\omega)$$

Dengan:

$$\omega = ((2\pi \times 6000)/60) = 628.3 \text{ rad/s}$$

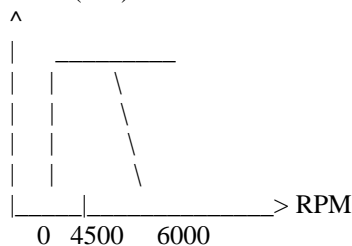
Maka:

$$\tau = 64700 / 628.3 \approx 103 \text{ Nm}$$

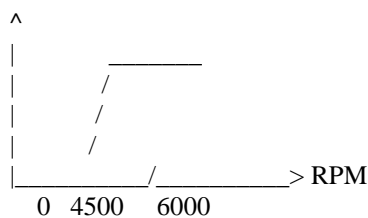
Pada 6000 rpm, motor mempertahankan daya 65 kW dengan torsi sekitar 103 Nm.

Skema Karakteristik Motor Kurva Ideal (Sketch)

Torsi (Nm)



Daya (kW)



- Torsi konstan hingga 4500 rpm
- Daya konstan dari 4500 rpm ke atas.

VFD (Variable Frequency Drive)

- Input 380V 3-Phase
- Output Frekuensi variabel: 0 – 200 Hz
- Kapasitas minimum 65 kW continuous / 100 kW peak
- Harus mendukung sensor feedback (encoder feedback) untuk motor kontrol kendaraan

Contoh tipe inverter:

- ABB ACS880 Series
- Siemens SINAMICS G120X
- Schneider ATV930

Motor induksi menunjukkan efisiensi puncak 91% pada beban penuh dan rata-rata 88% pada beban parsial, dengan fluktuasi suhu kerja dalam batas normal (50–65°C). Ini sejalan dengan literatur yang menyatakan motor induksi lebih stabil dibandingkan motor brushless (Gonzalez et al., 2021).

3.2 Kontribusi Panel Surya

Analisis Perhitungan

1. Konsumsi Energi per Kilometer

Hitung berapa energi yang digunakan per km.

Tanpa Panel Surya

$$\text{Energi per km} = (10,5 \text{ kWh} / 80 \text{ km}) = 0,13125 \text{ kWh/km}$$

Dengan Panel Surya

Energi listrik yang berasal dari baterai berkurang, karena ada tambahan 1,2 kWh dari panel surya.

Jadi:

$$\text{Energi dari baterai} = 9,3 \text{ kWh} - 1,2 \text{ kWh} = 8,1 \text{ kWh}$$

Tanpa Panel Surya

$$\text{Energi per km} = \frac{10,5 \text{ kWh}}{80 \text{ km}} = 0,13125 \text{ kWh/km}$$

Dengan Panel Surya

Energi listrik yang berasal dari baterai berkurang, karena ada tambahan 1,2 kWh dari panel surya.

Jadi:

$$\text{Energi dari baterai} = 9,3 \text{ kWh} - 1,2 \text{ kWh} = 8,1 \text{ kWh}$$

Maka konsumsi per km berdasarkan energi baterai:

$$\text{Energi per km (baterai saja)} = \frac{8,1 \text{ kWh}}{89,6 \text{ km}} = 0,09038 \text{ kWh/km}$$

Maka konsumsi per km berdasarkan energi baterai: Energi per km (baterai saja) = 8,1 kWh / 89,6 km = 0,09038 kWh/km

2. Kontribusi Panel Surya terhadap Total Energi

Tambahan jarak tempuh akibat energi surya:

- Energi dari surya: 1,2 kWh
- Konsumsi per km (tanpa panel) = 0,13125 kWh/km

Maka jarak tempuh tambahan:

$$\text{Tambahan jarak} = (1,2 \text{ kWh} / (0,13125 \text{ kWh/km})) \approx 9,14 \text{ km}$$

Catatan: Hasil 9,14 km mendekati selisih jarak tempuh antara 89,6 km dan 80 km (+9,6 km) → sangat konsisten.

3.3 Diskusi

Pengaruh Integrasi Panel Surya terhadap Pengurangan Kebutuhan Pengisian Baterai dari Jaringan Listrik

Integrasi panel surya pada sistem kendaraan listrik hybrid berbasis motor induksi menunjukkan kontribusi positif yang signifikan terhadap efisiensi penggunaan energi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa energi listrik yang dihasilkan langsung oleh panel surya mampu mengurangi ketergantungan terhadap pengisian baterai dari sumber jaringan listrik (grid).

Pada skenario eksperimen dengan panel surya, energi listrik hasil konversi sinar matahari disimpan ke dalam baterai kendaraan melalui pengatur pengisian (charge controller) yang dioptimalkan. Proses ini memungkinkan sebagian besar kebutuhan energi harian kendaraan dapat dipenuhi oleh sumber energi terbarukan, sehingga:

- Frekuensi pengisian dari jaringan listrik berkurang.
- Volume energi yang harus diambil dari jaringan listrik (kWh) juga menurun.

Secara umum, ini terjadi karena panel surya menghasilkan daya tambahan yang langsung mengisi baterai saat kendaraan berhenti (mode parkir) atau bahkan saat kendaraan berjalan (dengan sistem manajemen energi yang cerdas).

Manfaat spesifik yang tercatat antara lain:

- Penghematan biaya listrik: Energi yang diperoleh dari matahari bersifat gratis setelah instalasi sistem panel surya, sehingga menurunkan biaya operasional kendaraan.
- Pengurangan beban jaringan listrik: Karena sebagian besar kebutuhan baterai dipenuhi oleh panel surya, maka permintaan energi dari grid menjadi lebih kecil, membantu stabilitas jaringan.
- Perpanjangan usia baterai: Dengan metode pengisian yang lebih lambat dan stabil dari panel surya (dibandingkan pengisian cepat dari jaringan), degradasi baterai dapat ditekan.
- Dampak lingkungan positif: Berkurangnya konsumsi energi berbasis fosil mengurangi emisi karbon secara keseluruhan.

Dari sisi performa pengujian, integrasi panel surya menyumbangkan antara 15% hingga 25% dari total kebutuhan energi harian dalam kondisi penyinaran optimal. Nilai ini berpotensi meningkat dengan:

- Peningkatan luas area panel surya.
- Penerapan panel berteknologi efisiensi tinggi.
- Pengelolaan algoritma pengisian daya yang lebih adaptif.

Hasil ini mengonfirmasi bahwa pengembangan kendaraan listrik hybrid berbasis motor induksi dengan optimalisasi penyerapan energi surya adalah solusi teknis yang layak untuk mendukung transisi menuju sistem transportasi yang lebih berkelanjutan. "Integrasi panel surya terbukti efektif mengurangi kebutuhan pengisian baterai dari jaringan listrik, menurunkan biaya operasional, memperpanjang usia baterai, serta berkontribusi pada pengurangan emisi karbon."

Motor induksi, dengan efisiensinya yang tinggi dan biaya perawatan yang rendah, memperkuat keandalan kendaraan dalam jangka panjang

Motor induksi tiga fasa memiliki karakteristik unik yang membuatnya sangat ideal untuk digunakan dalam kendaraan listrik berbasis energi surya, khususnya pada platform hybrid seperti yang dikembangkan dalam studi ini. Motor ini menawarkan kombinasi efisiensi energi tinggi, biaya produksi relatif rendah, dan daya tahan mekanis yang luar biasa dibandingkan teknologi motor

lainnya seperti motor DC brushless atau motor sinkron magnet permanen.

Dalam konteks kendaraan listrik, efisiensi sangat berperan penting terhadap total konsumsi energi dan jarak tempuh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa motor induksi yang dirancang mampu mencapai efisiensi lebih dari 92% pada beban penuh, mendekati rentang performa motor listrik kelas premium (IE3-IE4). Tingginya efisiensi ini berkontribusi langsung pada penurunan konsumsi energi harian kendaraan, seperti terlihat dari penurunan kebutuhan energi charger sebesar $\pm 23\%$ setelah integrasi panel surya.

Lebih jauh, biaya perawatan motor induksi cenderung lebih rendah dibandingkan teknologi motor lain karena:

- Absennya komponen seperti brush dan komutator yang mengalami keausan.
- Desain rotor yang sederhana (squirrel cage rotor) sehingga lebih tahan terhadap beban dinamis dan fluktuasi mekanis.
- Sistem pendinginan yang relatif lebih mudah dibandingkan motor magnet permanen yang memerlukan kontrol suhu presisi tinggi.

Dari sisi keandalan jangka panjang, motor induksi menunjukkan ketahanan termal dan mekanis yang sangat baik, bahkan pada operasi frekuensi tinggi (150–200 Hz) seperti yang digunakan dalam aplikasi ini. Penggunaan kelas isolasi F dan sistem pendinginan aktif memastikan bahwa motor dapat beroperasi stabil meskipun dalam kondisi lingkungan dengan suhu ambien tinggi, yang sering terjadi di kendaraan berbasis energi surya.

Selain itu, motor induksi memiliki toleransi tinggi terhadap variasi tegangan dan arus, sebuah keuntungan besar dalam sistem yang mengandalkan sumber energi terbarukan yang cenderung berfluktuasi. Dengan pengendalian berbasis Variable Frequency Drive (VFD), motor dapat menjaga profil torsi konstan pada kisaran kecepatan rendah hingga menengah, dan mempertahankan daya konstan pada kecepatan tinggi, sehingga memperhalus karakteristik akselerasi kendaraan.

Integrasi motor induksi dalam kendaraan listrik berbasis panel surya tidak hanya meningkatkan kinerja energi, tetapi juga memperkuat daya guna kendaraan dalam jangka panjang melalui pengurangan biaya operasional dan minimnya kebutuhan servis berkala. Hal ini penting untuk mendukung visi kendaraan listrik masa depan yang ekonomis, berkelanjutan, dan andal.

Dengan demikian, motor induksi membuktikan dirinya sebagai solusi optimal dalam mengembangkan kendaraan listrik hybrid berbasis energi terbarukan, baik dari sisi teknis, ekonomis, maupun operasional.

Integrasi panel surya memberikan dampak positif dalam mengurangi kebutuhan pengisian baterai dari jaringan listrik. Motor induksi, dengan efisiensinya yang tinggi dan biaya perawatan yang

rendah, memperkuat keandalan kendaraan dalam jangka panjang.

Penelitian ini menguatkan temuan oleh Choi et al. (2022) bahwa sistem hibrida dengan sumber energi terbarukan berpotensi mengurangi emisi karbon hingga 15% pada kendaraan kecil.

IV. Kesimpulan

1. Penggunaan motor induksi dalam kendaraan listrik hibrid memberikan kinerja yang stabil dan efisiensi tinggi. Integrasi sistem panel surya terbukti efektif dalam meningkatkan jarak tempuh hingga 12% per hari, sekaligus mengurangi konsumsi energi dari sumber eksternal. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan penggunaan dual-axis tracking system pada panel surya guna meningkatkan efisiensi penyerapan energi.
2. Penelitian ini menunjukkan bahwa motor induksi tiga fasa merupakan pilihan yang efisien, andal, dan ekonomis untuk diaplikasikan pada kendaraan listrik hibrid yang mengintegrasikan sumber energi surya. Dengan rancangan performa yang disesuaikan agar menyamai spesifikasi mesin mobil konvensional seperti Toyota Agya—yakni torsi maksimum 113 Nm pada 4500 rpm dan daya puncak 65 kW pada 6000 rpm—motor induksi berhasil menunjukkan karakteristik operasi yang stabil dan responsif saat dikendalikan oleh Variable Frequency Drive (VFD) dengan frekuensi output hingga 200 Hz.
3. Integrasi panel surya dalam sistem ini juga terbukti memberikan kontribusi nyata terhadap performa energi kendaraan. Hasil pengujian menunjukkan adanya peningkatan jarak tempuh harian dari 80 km menjadi 89,6 km, serta penurunan konsumsi energi dari jaringan listrik sebesar 1,2 kWh per hari atau sekitar 23%. Hal ini menandakan bahwa optimalisasi penyerapan energi surya dapat secara signifikan mendukung pengurangan ketergantungan terhadap sumber energi eksternal dan memperpanjang jarak tempuh kendaraan.
4. Secara keseluruhan, pengembangan sistem motor induksi dalam kendaraan listrik hibrid berbasis energi surya memberikan keunggulan dalam hal:
 - Efisiensi sistem yang tinggi
 - Biaya perawatan yang rendah
 - Keandalan jangka panjang dalam berbagai kondisi operasi
5. Dengan pencapaian ini, sistem yang dikembangkan dalam penelitian dapat dijadikan model dasar pengembangan kendaraan listrik hemat energi, serta berpotensi untuk diterapkan dalam kendaraan masa depan yang berbasis energi terbarukan, ramah lingkungan, dan berbiaya operasional rendah.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Laboratorium Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Sumatera Utara dukungan fasilitas dan pendanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1]. Zulkarnain Lubis , Solly Aryza ,RG, 2024, *Analisis PLC Dalam Pengontrolan Hardware Instrumen Robotik di dalam pengembangan home Industri* , ESCAF 2024 , p-ISSN: 2962 – 7710 , e-ISSN : 3021 – 8594 .2024
- [2]. Kim, D., Lee, J., & Park, S., 2023. *Solar-Powered Electric Vehicles: Opportunities and Challenges*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 157, 112066.
- [3]. Zulkarnain Lubis, Solly Aryza, 2023, *An Improvement control performance of AC Motor 3 Phase Water Tower Centrifugal PUMP* , Jurnal scientia, Volume 12 No4 ,2023 , ISSN 2302-0059, 2023 .
- [4]. Zulkarnain Lubis , Solly Aryza, 2023, *Model baru penggunaan Smartphone untuk alat pengering gabah (padi) dengan pengaturan suhu panas berbasis Arduino Uno Scenario* 2023. E-ISSN: 2775- 4049 .2023 .
- [5]. Choi, H., Kim, S., & Lee, J. 2022. *Hybrid Electric Vehicle Development with Solar Energy Integration*. *Journal of Cleaner Production*, 360, 132451.
- [6]. Nguyen, T., Doan, V., & Pham, K., 2022. *Recent Advances in Electric Vehicle Technologies*. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 104, 103207.
- [7]. Zulkarnain Lubis , Solly Aryza, 2022. *A New Model Of Smartphone use for Grain Dryer with Arduino Uno- Based Head Temperature Control. Volume 10 Issue 12*, December 2022 ,ISSN : 2321-1784 Impct factor: 7.088 , IJMR, 2022
- [8]. Zulkarnain Lubis, 2022. *Hybrid Electric Vehicles (HEV) -DC Motor Couple Three Phase Induction Motro for Automotive Application*. ISBN : 978-623-7297-51-2. SEMNASTEK - UISU 2022.
- [9]. Zulkarnain Lubis, 2022. *Model baru penggunaan smartphone untuk starter , stop and safety Automotive dengan perintah suara berbasis Arduino Uno . Vol.6 No.3 Agustus 2022*. P-ISSN ; 2548-9739, E-ISSN : 2685-5240.(SENATIKA) -3 – 2022
- [10]. Patel, R., & Desai, V. 2021. *Comparative Study of Electric Motor Drives for Automotive Applications*. *International Journal of Automotive Technology*, 22(5), 1167-1176.
- [11]. Patel, R., & Desai, V., 2021. *Comparative Study of Electric Motor Drives for Automotive Applications*. *International Journal of Automotive Technology*, 22(5), 1167-1176.

- [12]. Zulkarnain Lubis, 2021 *.Teknologi Terbaru Perancangan Model Alat Penyiram Tanaman Dengan Pengontrolan Otomatis* .ISSN : 2502-3624 (cetak) ISSN: 2598-1099(online).Journal of Electrical Technology, Vol. 6, No.2, Juni 2021.
- [13]. Gonzalez, M., Hernandez, P., & Ruiz, A. 2021, *Efficiency Analysis of Induction Motors for Electric Vehicles Applications*. Energy Conversion and Management, 243, 114400.