

## Dampak Variasi Torsi Alternator terhadap Kinerja Inverter Dan Kualitas Daya

Aidil Fajar<sup>1</sup>, Partaonan Harahap<sup>\*2</sup>, Benny Oktrialdi<sup>3</sup>, & Arfis Amirrudin<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>): Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

<sup>4</sup>): Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

\*E-mail: [partaonanharahap@umsu.ac.id](mailto:partaonanharahap@umsu.ac.id)

### ABSTRACT

*The alternator is a crucial component in electrical systems that functions to convert mechanical energy into electrical energy. The torque applied to the alternator shaft significantly affects its performance. This study investigates the impact of torque variations on the performance of an inverter that receives power supply from the alternator. An experimental method was employed to test the alternator-inverter system under varying loads. The measured data includes voltage and current at the inverter output, as well as different torque levels used to drive the inverter. The results indicate that low torque produces unstable DC voltage. In the tests, the alternator drive operated at a speed of 1057 RPM, an angular velocity of 110.5 rad/s, and a torque of 9.049 Nm, resulting in the inverter being unable to provide ideal AC output. Conversely, higher and stable torque allows the inverter to generate AC voltage with a constant frequency close to its nominal value. These findings emphasize that the alternator's torque directly influences the stability and efficiency of the inverter. The main conclusion of this research is that the quality of power produced by the inverter is significantly affected by the stability of the alternator's torque, with the alternator output power being 1000 Watts and an efficiency of 90% or 0.9. Therefore, torque control is a critical component in the design of power supply systems reliant on alternators.*

**Key words:** Alternator torque, inverter, power supply, energy efficiency.

### PENDAHULUAN

Alternator adalah komponen yang berfungsi sebagai pembangkit listrik untuk semua kendaraan, termasuk mobil. Peran alternator berkaitan erat dengan aliran listrik dalam kendaraan, yang berdampak pada kinerjanya [1]. Oleh karena itu, alternator sering disebut sebagai dinamo ampere. Seperti dinamo biasa, alternator menghasilkan dan menyalurkan arus listrik melalui proses induksi elektromagnetik, yang mengubah energi mekanik dari putaran mesin menjadi energi listrik [2].

Salah satu faktor penting yang memengaruhi kinerja alternator adalah torsi, atau momen puntir, yang dihasilkan oleh mesin kendaraan saat memutar rotor alternator. Torsi ini sangat terkait dengan jumlah energi listrik yang dapat dihasilkan, terutama ketika alternator dihubungkan dengan beban eksternal seperti inverter. Inverter berfungsi untuk mengubah arus searah (DC) yang dihasilkan oleh alternator menjadi arus bolak-balik (AC), sehingga dapat memenuhi berbagai kebutuhan listrik, baik di dalam kendaraan maupun di luar kendaraan, seperti untuk lampu darurat, pengisian alat elektronik, atau sebagai sistem listrik tambahan [3][4][5].

Namun, kestabilan suplai daya dari alternator sangat memengaruhi kinerja inverter, yang pada gilirannya bergantung pada karakteristik torsi yang tersedia. Torsi mempengaruhi jumlah daya listrik yang dihasilkan oleh alternator serta kestabilan tegangan dan frekuensi keluaran inverter. Jika torsi tidak mencukupi atau berfluktuasi, tegangan keluaran inverter dapat menjadi tidak stabil, yang dapat merusak peralatan listrik yang terhubung atau mengurangi efisiensi sistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, penting untuk memahami hubungan antara torsi alternator dan kinerja inverter, terutama dalam merancang sistem kelistrikan kendaraan yang efektif dan andal [6][5].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari bagaimana torsi alternator mobil memengaruhi kinerja inverter sebagai unit konversi daya. Diharapkan penelitian ini akan menghasilkan informasi teknis yang berguna untuk mengoptimalkan sistem kelistrikan kendaraan serta membangun sistem suplai daya alternatif berbasis kendaraan bermotor.

Energi listrik pada mobil induksi akan dikonversi menjadi energi berguna berupa torsi putar, namun juga dapat menjadi energi terbuang, seperti kerugian pada belitan, kerugian bantalan, dan kerugian celah udara. Energi listrik diperoleh dari sumber energi primer seperti energi fosil, gas, angin, dan air. Seiring waktu, biaya energi listrik semakin meningkat akibat mahalnya sumber energi primer. Upaya untuk mengurangi konsumsi energi listrik dimulai dengan beban utama, yaitu motor induksi. Oleh karena itu, energi listrik yang masuk ke dalam motor induksi harus dimanfaatkan secara maksimal untuk menghasilkan torsi putar.

Efisiensi merupakan perbandingan antara energi berguna dengan energi yang masuk, sehingga diharapkan motor induksi memiliki efisiensi yang tinggi agar dapat mengubah energi listrik menjadi torsi putar yang besar [7][8][9][10].

Alternator mobil adalah alat pembangkit tenaga listrik yang berfungsi sebagai penyuplai energi listrik untuk kebutuhan kelistrikan mobil, seperti lampu penerangan, lampu indikator, pengapian, injeksi bahan bakar, dan peralatan listrik lainnya. Alternator memiliki konstruksi yang sederhana dan menawarkan beberapa keuntungan dibandingkan dengan mesin listrik lainnya. Keuntungan tersebut antara lain tidak adanya percikan api antara sikat-sikat dan slip ring, karena tidak terdapat komutator yang dapat menyebabkan sikat menjadi aus. Rotor alternator lebih ringan dan tahan terhadap putaran tinggi, serta dilengkapi dengan silikon dioda [11][12] [13].

## METODE PENELITIAN

Metode eksperimental digunakan dalam penelitian ini untuk mempelajari pengaruh torsi pada alternator mobil terhadap kinerja inverter sebagai alat konversi daya listrik. Salah satu kekuatan utama dari pendekatan ini adalah pengujian nyata terhadap torsi, tegangan, dan arus pada berbagai kondisi beban, sehingga hasil yang diperoleh mencerminkan performa sistem secara realistis. Penggunaan alat ukur digital, seperti multimeter dan osiloskop, juga memperkuat validitas data yang diperoleh dalam setiap skenario pengujian.

Penelitian ini memberikan kontribusi praktis, khususnya dalam pengembangan sistem suplai daya berbasis alternator yang dapat diaplikasikan pada kendaraan atau sistem pembangkit mandiri. Namun, terdapat beberapa keterbatasan, antara lain ruang lingkup pengujian yang masih terbatas pada variasi torsi tertentu dan kondisi laboratorium yang terkendali. Sistem ini belum diuji dalam kondisi dinamis atau pada penggunaan beban nyata, seperti peralatan rumah tangga atau motor listrik. Selain itu, penelitian ini belum menyertakan analisis kerugian daya secara rinci di setiap tahap konversi energi, serta dampak termal atau keausan mekanis pada alternator saat torsi bervariasi. Hal ini menjadi catatan penting untuk pengembangan penelitian lebih lanjut agar hasil yang diperoleh semakin komprehensif dan aplikatif.

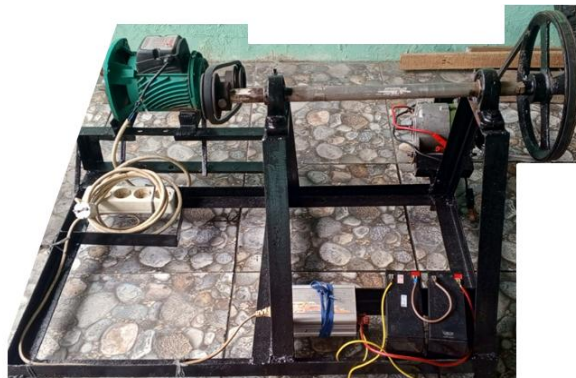
Sebagai komponen yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik, alternator dapat digunakan dalam solusi energi alternatif. Meskipun awalnya dirancang untuk sistem kelistrikan kendaraan, alternator juga dapat diterapkan dalam berbagai sistem pembangkit kecil, terutama untuk kebutuhan energi cadangan atau di lokasi yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik utama. Ketika porosnya diputar oleh sumber energi mekanik, seperti turbin air, kincir angin, atau bahkan tenaga manusia melalui sistem pedal sepeda statis, alternator dapat menghasilkan daya listrik. Oleh karena itu, alternator relevan untuk pengembangan energi terbarukan berskala mikro.

Namun, alternator bukanlah sumber energi utama; ia memerlukan sumber tenaga mekanik untuk beroperasi. Keberhasilannya sebagai solusi energi alternatif sangat bergantung pada ketersediaan dan stabilitas sumber energi penggerakannya. Selain itu, karena alternator konvensional memiliki keterbatasan dalam hal efisiensi dan stabilitas tegangan output, penggunaannya memerlukan sistem kontrol tambahan, seperti pengatur tegangan dan inverter, agar listrik yang dihasilkan dapat digunakan secara aman dan konsisten [14][15][16]. Dengan mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan ini, alternator dapat digunakan sebagai bagian dari sistem energi alternatif, terutama jika dirancang dengan baik dan terintegrasi dengan sumber energi terbarukan lokal yang tersedia. Penelitian ini menggunakan sistem kelistrikan kendaraan miniatur yang terdiri dari:

1. Regulator IC internal, alternator mobil tipe konvensional, inverter DC-to-AC dengan kapasitas tertentu (300 hingga 1000 Watt), dan baterai 12V sebagai penyangga daya. Data dicatat dengan memberikan torsi yang berbeda pada alternator.
2. Pengujian dilakukan pada kondisi torsi rendah, sedang, dan tinggi. Tegangan dan frekuensi DC output alternator, tegangan dan frekuensi AC output inverter, serta arus dan daya listrik yang disuplai ke beban dicatat dalam setiap situasi.
3. Analisis dilakukan menggunakan teknik statistik deskriptif dan grafik untuk menunjukkan hubungan antara torsi dan *output* daya inverter. Selain itu, analisis efisiensi sistem dan kestabilan tegangan pada berbagai level torsi dilakukan untuk menentukan pengaruh yang signifikan.

Tujuan dari perancangan alat kerja alternator adalah untuk membangun sebuah sistem yang dapat menguji dan menganalisis kinerja alternator dalam aplikasi seperti mobil dan generator set (genset). Dalam perancangan ini, akan dibahas komponen utama, prinsip kerja, dan proses desain alat uji alternator.

Alat yang dirancang dalam penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan energi listrik secara mandiri dengan prinsip *free energy*. Sistem ini mengandalkan kombinasi komponen mekanis dan elektrik untuk menciptakan siklus kerja yang berkelanjutan. Proses kerja alat ini dimulai dari penggunaan akumulator sebagai sumber energi awal untuk menggerakkan dinamo motor listrik. Energi mekanik yang dihasilkan kemudian diteruskan ke alternator melalui sistem transmisi berupa belting dan *pulley*. Alternator akan mengubah energi mekanik ini menjadi energi listrik yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan. Alternator adalah komponen yang paling umum digunakan dalam kendaraan bermotor dan aplikasi lainnya. Tabel 1 mencakup sejumlah parameter penting yang menunjukkan kinerja dan karakteristik alternator.



Gambar 1. Perancangan Alat Alternator

Table 1. Spesifikasi Alternator

Parameter	Spesifikasi
Tipe	Alternator AC
Daya <i>Output</i>	12V / 24V (tergantung aplikasi)
Arus Maksimum	30A - 150A (tergantung ukuran)
Frekuensi	50Hz atau 60Hz
Dimensi	Beragam, umumnya sekitar 20 cm x 15 cm
Berat	5 kg - 10 kg
Sistem Pendingin	Udara (beberapa model dilengkapi radiator)
Regulator Tegangan	Elektronik atau mekanik
Konektor <i>Output</i>	Terminal untuk baterai dan beban
Umur Pakai	Rata-rata 10-15 tahun

Keterangan :

1. Tipe: Alternator AC adalah yang paling umum digunakan, terutama di kendaraan.
2. Daya Output: Bergantung pada desain dan aplikasi, kebanyakan alternator mobil menghasilkan 12V hingga 24V.
3. Arus Maksimum: Ini menunjukkan seberapa banyak arus listrik yang dapat dihasilkan oleh alternator, dan biasanya berkisar antara 30A hingga 150A.
4. Frekuensi: Tergantung pada standar regional, frekuensi keluaran alternator biasanya 50Hz atau 60Hz.
5. Ukuran: Alternator mungkin berukuran berbeda, tetapi biasanya sekitar 20 cm x 15 cm.
6. Berat: Alternator memiliki berat sekitar 5 kg hingga 10 kg, tergantung pada desain dan material yang digunakan.
7. Regulator Tegangan: Regulator menjaga tegangan output stabil sesuai dengan kebutuhan sistem kelistrikan kendaraan.
8. Konektor *Output*: Konektor ini menghubungkan alternator ke baterai dan beban listrik lainnya, seperti lampu dan aksesoris kendaraan [11][12].

Inverter ini dirancang untuk digunakan dalam berbagai jenis kendaraan, van, karavan, dan peralatan portabel lainnya [13], dengan berbagai fitur perlindungannya dan kemampuan untuk mengubah daya DC menjadi AC, inverter ini sangat cocok untuk pengguna yang membutuhkan sumber daya listrik saat bepergian atau di lokasi terpencil [14][15][16].

Table 2. Spesifikasi Inverter

Parameter	Spesifikasi
Tipe Inverter	<i>Modified Sine Wave</i>
Daya Kontinu	500 Watt
Daya Puncak	1000 Watt
Input Voltage	12V DC
Output Voltage	220-240V AC
Output Frekuensi	50-60 Hz
USB <i>Output</i> Voltage	5V, 2.1A
Dimensi (P x L x T)	23 cm x 12.5 cm x 5 cm
Berat	Sekitar 1.41 lbs (639.6 g)
Proteksi Keamanan	- Perlindungan Terbalik - Perlindungan <i>Over &amp; Under Voltage</i> - Perlindungan <i>Shutdown</i> Baterai Rendah
Pendingin	Kipas pendingin berkecepatan tinggi
Kabel Daya yang Disertakan	Kabel 10 AWG

Efisiensi alternator dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut[17][18][19]:

$$\text{Efisiensi}(\eta) = \frac{\text{Daya Keluaran}(P_{out})}{\text{Daya Masukan}(P_{in})} \times 100\% \quad (1)$$

Di mana:

- $P_{out}$  adalah daya keluaran yang dihasilkan oleh alternator, biasanya dalam satuan watt (W).
- $P_{in}$  adalah daya masukan yang diterima oleh alternator, juga dalam satuan watt (W) [20] [21].

Korelasi antara torsi (T) dan daya listrik (P) dapat dijelaskan melalui rumus berikut:

$$P = T \times \omega \quad (2)$$

Di mana:

P adalah daya dalam watt (W)

T adalah torsi dalam newton-meter (Nm)

$\omega$  adalah kecepatan sudut dalam (rad/s)

Kecepatan sudut ( $\omega$ ) dapat dihitung dari kecepatan putaran (N) dalam revolusi per menit (RPM) menggunakan rumus:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot N \cdot 60 \text{ atau } \omega = 2\pi \times RPM / 60 \quad (3)$$

Inverter dapat beroperasi dengan baik dalam kondisi beban yang bervariasi. Dalam analisis ini, kita akan menggunakan beberapa rumus dasar yang berkaitan dengan daya, tegangan, arus, dan faktor daya [22][23][24].

1. Daya Aktif (P):  $P = V \times I \times \cos(\phi)$   
di mana:  
P = daya aktif (Watt)  
V = tegangan (Volt)  
I = arus (Ampere)  
 $\cos(\phi)$  = faktor daya
2. Daya Reaktif (Q):  $Q = V \times I \times \sin(\phi)$   
di mana:  
Q = daya reaktif (VAR)
3. Daya Sempurna (S):  $S = V \times I$   
di mana:  
S = daya sempurna (VA)
4. Faktor Daya: Faktor daya (PF) didefinisikan sebagai rasio antara daya aktif dan daya sempurna:  $PF = P/S$
5. Stabilitas Daya Suplai: Untuk menganalisis stabilitas, kita perlu mempertimbangkan perubahan beban dan bagaimana inverter merespons terhadap perubahan tersebut. Salah satu cara untuk menilai stabilitas adalah dengan melihat margin stabilitas yang dapat dihitung berdasarkan karakteristik sistem [25] [26] [27] [28].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menganalisis torsi yang dihasilkan oleh alternator mobil pada inverter 1000 Watt, kita perlu memahami beberapa konsep dasar dari fisika dan teknik elektro.

Torsi ( $\tau$ ) dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

1. Daya (P): Daya yang dihasilkan oleh alternator dapat dinyatakan dalam watt (W). Dalam hal ini, daya inverter adalah 1000 Watt.
2. Kecepatan Sudut ( $\omega$ ): Kecepatan sudut dalam radian per detik dapat dihitung dari putaran per menit (RPM) dengan rumus:  
 $\omega = 2\pi \times RPM / 60$
3. Torsi ( $\tau$ ): Torsi dapat dihitung dengan menggunakan rumus hubungan antara daya dan torsi:

Analisis Perhitungan Torsi Alternator

- a. Daya: daya yang digunakan pada mesin adalah 1000 Watt.
- b. RPM Alternator: RPM alternator adalah 1056
- c. Hitung Kecepatan Sudut ( $\omega$ ):

$$\omega = 2\pi \times RPM / 60$$

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 1056 / 60$$

$$\omega = 110,5 \text{ rad/s}$$

Hitung Torsi ( $\tau$ ): Dengan memasukkan nilai daya dan kecepatan sudut ke dalam rumus torsi

$$\tau = \frac{P}{\omega}$$

$$\tau = \frac{1000}{\omega 110.5}$$

$$\tau = 9,049 \text{ Nm}$$

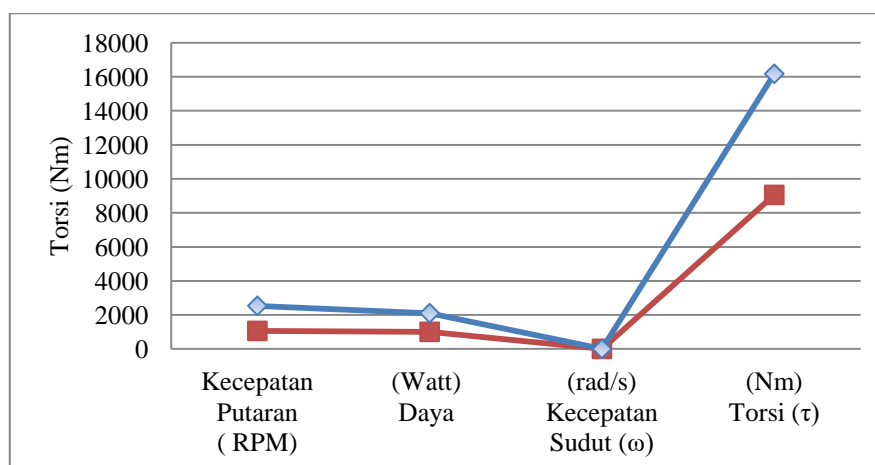
Dalam pengujian, mesin penggerak alternator memiliki kecepatan putaran 1057 RPM, kecepatan sudut 110,5 rad/s, dan torsi 9,049 Nm. Dalam desain sistem kelistrikan, sangat penting untuk memahami hubungan antara torsi dan daya pada alternator. Memahami bagaimana kedua parameter ini saling terkait memungkinkan insinyur untuk merancang sistem yang lebih efisien dan mengoptimalkan kinerja pilihan untuk aplikasi tertentu.

Ketika torsi meningkat, daya masukan juga meningkat, asalkan kecepatan putaran tetap konstan. Daya masukan dapat dihitung dengan rumus:

$$P_{in} = \tau \times \omega$$

$$P_{in} = 9,049 \text{ Nm} \times 110,5 \text{ rad/s}$$

$$P_{in} = 999,9 \text{ Watt}$$



Gambar 2. Grafik Hasil Pengukuran Pada Alternator Dengan Waktu

Tegangan *output* dari alternator sangat bergantung pada kecepatan putaran rotor, yaitu RPM. Secara umum, semakin tinggi RPM, semakin besar tegangan output yang dihasilkan. Ini dapat dijelaskan dengan rumus dasar:

Alternator dengan spesifikasi Konstanta  $k=0.1$ , Fluks magnet  $\Phi=0.02$  Weber

1. Analisis tegangan untuk setiap variasi RPM = 956

$$V = k \cdot N \cdot \Phi$$

$$V = 0,1 \times 956 \times 0,02$$

$$V = 1,912 \text{ Volt}$$

2. Analisis tegangan untuk setiap variasi RPM = 1045

$$V = k \cdot N \cdot \Phi$$

$$V = 0,1 \times 1045 \times 0,02$$

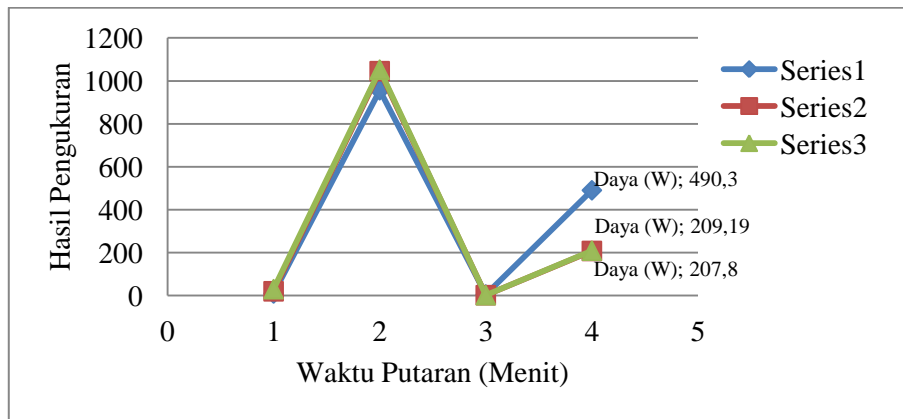
$$V = 2,09 \text{ Volt}$$

3. Analisis tegangan untuk setiap variasi RPM = 1052

$$V = k \cdot N \cdot \Phi$$

$$V = 0,1 \times 1052 \times 0,02$$

$$V = 2,104 \text{ Volt}$$



Gambar 3. Grafik Perubahan Daya terhadap Variasi Kecepatan Putaran

Gambar 3 grafik perubahan daya terhadap variasi kecepatan putaran adalah representasi visual yang menunjukkan hubungan antara daya yang dihasilkan oleh suatu sistem dan kecepatan putarannya. Sistem penggerak (*engine*) mampu memberikan torsi cukup untuk menjaga kecepatan rotor dalam batas optimal akan membantu menjamin kinerja alternatif secara efisien dan stabil.

### KESIMPULAN

Alternator-inverter, dapat disimpulkan bahwa torsi yang diberikan pada poros alternator memiliki pengaruh signifikan terhadap kestabilan dan efisiensi daya listrik yang dihasilkan oleh inverter. Pada kondisi torsi rendah, tegangan DC yang dihasilkan cenderung tidak stabil, sehingga inverter tidak mampu memberikan output AC yang ideal. Hal ini terbukti dari hasil pengujian dengan torsi 9,049 Nm dan kecepatan putaran 1057 RPM, di mana inverter tidak menghasilkan tegangan AC yang sesuai standar. Sebaliknya, ketika torsi diberikan secara stabil dan cukup tinggi, inverter mampu menghasilkan tegangan AC mendekati nilai nominal dengan frekuensi konstan.

Daya keluaran alternator tercatat sebesar 1000 Watt dengan efisiensi 90%, menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja secara efektif jika torsi dijaga dalam rentang optimal. Oleh karena itu, kestabilan torsi alternator merupakan kunci utama dalam mendukung performa inverter dan kualitas daya yang dihasilkan.

### SARAN

Penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya agar sistem suplai daya berbasis alternator dilengkapi dengan mekanisme pengendalian torsi otomatis dan dilakukan penelitian lanjutan untuk mengevaluasi sistem dalam kondisi beban dinamis serta analisis efisiensi total dari alternator hingga inverter. Selain itu, pengujian dengan berbagai jenis beban listrik akan memberikan gambaran lebih komprehensif terhadap keandalan sistem dalam aplikasi nyata, baik pada kendaraan maupun pada sistem pembangkit listrik cadangan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan inspirasi selama proses penyusunan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak laboratorium dan seluruh teknisi yang telah membantu menyediakan fasilitas, peralatan, dan bantuan teknis untuk pelaksanaan pengujian. Jangan lupa teman-teman dan rekan seperjuangan yang telah memberikan ide, motivasi, dan dukungan selama penelitian. Penulis sadar bahwa karya ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, mereka sangat mengharapkan kritik dan saran yang bermanfaat untuk membantu mereka memperbaikinya di masa mendatang.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Lubis, "Rancang Bangun Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif," *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 77–81, 2019, doi: 10.30596/rele.v1i2.3003.
- [2] F. Febriansyah, "Karakteristik Arus Start Motor Induksi Tiga Fasa (Motor Slip Ring) Dengan Beban dan Tanpa Beban di Laboratorium Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [3] J. Emitter *et al.*, "Pengaruh Kecepatan Putar Dan Beban Terhadap," vol. 16, no. 01, 2013.
- [4] T. Wijatmoko, "Rancang Bangun Alat Pengatur Kecepatan Motor Universal Pada Sewing Machine Motor," *Univ. Negeri Semarang*, 2007, [Online]. Available: <http://lib.unnes.ac.id/1039/1/1965.pdf>
- [5] N. Evalina and A. A. Zulfikar, "Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable Logic Controller," *J. Electr. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 73–80, 2018.
- [6] H. Wahab, S. Agustina, Sariman, and D. Dwi Rahma, "Efek Sudut Kemiringan Alur Rotor Motor Arus Searah terhadap Torsi dan Daya Luaran," *J. Rekayasa Elektro Sriwij.*, vol. 4, no. 2, pp. 83–92, 2023, doi: 10.36706/jres.v4i2.88.
- [7] A. Mt, T. T-type, T. T-type, and T. T-type, "Kenali Alternator Mobil: Fungsi, Komponen, dan Kerusakan," pp. 1–14, 2024.
- [8] Y. Yunus, Sihana, and Subekti Lukman, "Modifikasi Alternator Mobil Menjadi Generator 3 Fasa 220 V 600 RPM," pp. 1–4, 2012.
- [9] Mirza, R.S. Lubis, and M.Gapy. "Pemanfaatan Alternator Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)," *J. Komputer, Inf. Teknol. dan Elektro*, vol. Vol. 4, No, no. 4, pp. 2252–7036, 2019.
- [10] P. Harahap, B. Oktrialdi, and C. Cholish, "Perancangan Conveyor Mini untuk Pemilahan Buah Berdasarkan Ukuran yang Dikendalikan oleh Mikrokontroler Atmega16," *Pros. Semin. Nas. Teknoka*, vol. 3, no. 2502, p. 37, 2018, doi: 10.22236/teknoka.v3i0.2818.
- [11] R. P Supriyanti & P. E.Suroso. *Inverter Daya Listrik*. Banyumas: Zahira Media, 2022.
- [12] I. arasy, I. Hadi Suratno, A.Fahrudin, "Analysis Of The Effect Of Alternator Modification On Himoinsa Genset 20 Kva To Load Testing And Cost," 2024.
- [13] I. Anshory, Jamaaluddin, and A. Wisaksono, *Prinsip-Prinsip Konversi Energi*. 2022.
- [14] C. E. Eleg, N. Alsabah, D. Alduaij, N. Alhamad, and S. Esmacili, "Solar Powered Bicycle," 2019.
- [15] H.Partaonan, Noorly E, Faisal I P, Rimbawati, Benny O, Rahmatullah, Munawar AS. Implementation of 3000-watt inverter as a source of electrical energy in solar power plants, *Jurnal Polimesin, Polimesin*, vol. 20, no. 2, pp. 121–127, 2023.
- [16] P. Harahap, B. Oktrialdi, Rimbawati, M. Yani, and R. W. Lubis, "Performance of Car Radiators as Alternative Electric Energy Generators," *Lect. Notes Mech. Eng.*, pp. 113–121, 2024, doi: 10.1007/978-981-99-7495-5\_12.
- [17] *DirJen Ketenagalistrikan*. "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000).", vol. 2000, no. PUIL, pp. 1–133, 2000.
- [18] S. E. E. "Analisa Daya Alternator Terhadap Beban Pemakaian Kelistrikan Pada Mesin Kijang 4K". October, 2020.
- [19] M. Iqra and O. G. E. Masdar, "Jurusan teknik elektro fakultas teknik universitas muhammadiyah makassar," 2018.
- [20] A. Boynawan. "Analisis Parameter Yang Memengaruhi Kalibrasi Tachometer Non-Kontak Analysis of Parameters That Influence Non-Contact Tachometer Calibration," pp. 161–170, 2023.
- [21] E. Enny, "Tachometer Laser , Pemakaian Dan Perawatannya," *Metana*, vol. 13, no. 1, p. 7, 2018, doi: 10.14710/metana.v13i1.12578.
- [22] R. Rimbawati, P. Harahap, and K. U. Putra, "Analisis Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Terhadap Karakteristik Generator (Aplikasi Laboratorium Mesin-Mesin Listrik Fakultas

- ◆ Teknik-Umsu),” *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 37–44, 2019, doi: 10.30596/rele.v2i1.3647.
- [23] Rimbawati, N. Ardiansyah, and Noorly Evalina, “Voltage Control System Design,” *Semnastek Uisu*, vol. 1, pp. 14–20, 2019.
- [24] Jurnal Pribadi, “Motor Induksi,” *Mot. Induksi Satu Fasa*, pp. 1-23 ,Teknik Elektro UNILAK Pekanbaru, 2017, [Online]. Available: <https://drive.google.com/file/d/1LhWupCcI2es1DbNUu6-jgf7G2UNzXK6p/view?usp=sharing>
- [25] H. Nawawi, M.W.P.Mahendra, F. Prima, M.Ivanto. “Pengaruh Variasi Diameter Pulley Terhadap Unjuk Kerja Mesin Pakan Ikan Kapasitas 20 Kg/Jam. *Prima & Ivanto*, vol. 4, no. 2, pp. 39–46, 2023.
- [26] L. O. M.Syarifl. “Perancangan Transmisi Pulley Dan V-Belt Pada Mesin Chipper Kayu Pulley and V-Belt Transmission Designer on Wood Chipper Machine”. vol. 2, no. 1, pp. 60–70, 2024.
- [27] P. Harahap, I. Nofri, and S. Lubis, “PLTS 200 Wp to Meet Energy Needs at the Taqwa Muhammadiyah Mosque, Sei Litur Village, Sawit Sebrang Langkat District,” *J. Innov. Community Engagem.*, vol. 1, no. 1, pp. 60–71, 2021, doi: 10.28932/jice.v1i1.3380.
- [28] Rahmatullah, K Umurani, A Amiruddin, W Kurniawan, A. M. Siregar. Rekayasa Alat Pendeteksi Kebocoran Gas Berbasis Arduino Uno Dengan Sensor MQ-2 Pada Regulator LPG. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*. Vol. 7, No.1, pp:127 – 134, 2024.