

# ***Development of Non-Conventional Energy Systems as a Source of Electric Power for Alternators***

## **Article History:**

*Received*

*11 August 2025*

*Revised*

*25 September 2025*

*Accepted*

*22 October 2025*

**PARTAONAN HARAHAP<sup>\*1</sup>, RIMBAWATI<sup>2</sup>, CHOLISH<sup>1</sup>,  
ABDULLAH<sup>2</sup>, JOKO ARIF SETIAWAN<sup>3</sup>**

<sup>\*1,2</sup>Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Medan

<sup>2</sup>Program Studi Teknologi Rekayasa Instalasi Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Medan

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Amir Hamzah Sumatera Utara, Indonesia

Email : [partaonanharahap@umsu.ac.id](mailto:partaonanharahap@umsu.ac.id)

## **ABSTRAK**

*Pengembangan sistem energi non konvensional sebagai sumber daya listrik bagi alternator ini bertujuan merancang sistem pembangkitan daya yang efisien dan mandiri. Fokus penelitian meliputi perancangan mekanisme penggerak, sinkronisasi kecepatan rotor, serta analisis arus eksitasi untuk memperoleh keluaran listrik optimal. Hasil pengujian menunjukkan kinerja terbaik pada kecepatan 4000 rpm dengan tegangan induksi 1539 v (konfigurasi bintang) dan output dc 14 V. Arus eksitasi 7 A menghasilkan torsi elektromagnetik 2,44 nm yang menjaga kestabilan daya. Sistem ini terbukti efisien, stabil, dan berpotensi mendukung kemandirian energi pada aplikasi kendaraan masa depan.*

**Kata kunci:** *energi non konvensional, sistem kelistrikan, konversi energi, efisiensi daya*

## **ABSTRACT**

*This Development of a Non-Conventional Energy System as a Power Source for an Alternator aims to design an efficient and self-sustaining power generation system. The study focuses on the drive mechanism, rotor speed synchronization, and excitation current analysis to achieve optimal electrical output. Experimental results indicate peak performance at 4000 RPM with an induced voltage of 1539 V (star configuration) and a rectified DC output of 14 V. An excitation current of 7 A produced an electromagnetic torque of 2.44 Nm, ensuring stable operation. The developed system demonstrates efficiency, stability, and potential for future energy-independent vehicle applications.*

**Keywords:** *Non-conventional energy, electrical system, energy conversion, efficiency.*

*This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license*



## **1. PENDAHULUAN**

Kebutuhan akan sumber energi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan semakin mendesak seiring meningkatnya konsumsi listrik global serta dampak negatif penggunaan bahan bakar fosil terhadap lingkungan. Dalam konteks ini, energi non-konvensional—seperti energi surya, angin, dan gerak mekanik alami—menawarkan potensi besar sebagai alternatif sumber daya listrik yang tidak hanya murah, tetapi juga tersedia secara melimpah dan tidak menimbulkan emisi karbon. Pemanfaatan energi non-konvensional ini menjadi bagian penting dalam mendukung transisi menuju sistem energi yang lebih hijau dan berkelanjutan. **(Lubis, 2019)(U, 2020).**

Alternator merupakan salah satu komponen konversi energi mekanik menjadi energi listrik yang telah banyak digunakan dalam berbagai sistem, baik otomotif, pembangkit listrik portabel, maupun sistem kelistrikan mikro. Keunggulan utama alternator terletak pada kemampuannya menghasilkan arus bolak-balik (AC) secara langsung, efisiensinya yang tinggi dalam konversi energi mekanik menjadi listrik, serta ketahanan operasional yang baik dalam berbagai kondisi beban. Dengan karakteristik tersebut, alternator sangat sesuai digunakan dalam sistem pembangkit listrik berbasis energi non-konvensional yang menghasilkan energi mekanik, seperti sistem turbin angin, pedal mekanis, atau sistem pemanfaatan gelombang laut. **(Harahap, 2021)(Shafi, 2022)**

Namun, salah satu tantangan utama dalam pemanfaatan energi non-konvensional adalah ketidakstabilan dan variabilitas sumber energi yang digunakan. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem pengembangan yang mampu mengoptimalkan transfer dan konversi energi dari sumber non-konvensional ke alternator, serta memastikan kontinuitas dan kestabilan output daya listriknya. Inilah yang mendasari pentingnya penelitian ini: untuk merancang dan mengimplementasikan sistem energi non-konvensional yang terintegrasi dengan alternator secara efisien dan handal.

Penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada pengembangan teknologi energi alternatif skala kecil dan menengah, tetapi juga membuka peluang penerapan sistem mandiri (off-grid) di daerah terpencil atau wilayah yang belum terjangkau jaringan listrik PLN. Dengan menggunakan alternator sebagai pusat konversi energi, diharapkan sistem yang dikembangkan mampu menyediakan pasokan listrik yang stabil dan berbiaya rendah, sekaligus mendukung upaya konservasi energi dan pengurangan ketergantungan terhadap sumber energi konvensional **(Diameter, 2020)(Huang, 2021).**

Untuk memastikan kestabilan daya yang dihasilkan, diperlukan pengujian terhadap parameter kelistrikan seperti tegangan induksi, arus eksitasi, serta torsi elektromagnetik yang dihasilkan. Dalam studi oleh Aziz Ramadhan **(Ramadhan, 2021)**, sistem generator magnet permanen mampu menghasilkan tegangan stabil meskipun input putarannya fluktuatif, dengan efisiensi di atas 85% pada beban menengah. Penelitian lainnya oleh (N. Evalina & Azis, 2020; Wijaya et al., 2016) juga menunjukkan bahwa desain generator sederhana dengan bahan magnet kuat dapat membangkitkan listrik dari gerakan kecil seperti pedal sepeda, menunjukkan bahwa energi mekanis dari aktivitas ringan sekalipun dapat dimanfaatkan secara maksimal. Bahkan dalam konteks yang lebih luas, Badan Energi Internasional **(IEA, 2023)(Bowles, 2009)** menyebutkan bahwa transisi menuju teknologi energi terbarukan harus dimulai dari inovasi berskala kecil yang terjangkau dan mudah direalisasikan.

Dari perspektif lingkungan, penggunaan sistem free energy juga membantu mengurangi jejak karbon, sesuai dengan agenda pembangunan berkelanjutan (SDGs) poin ke-7 tentang

energi bersih dan terjangkau. Selain itu, teknologi ini juga mendukung efisiensi sistem kelistrikan dalam konteks kendaraan listrik (EV), yang terus berkembang pesat. Studi oleh **(Tanvir, 2023)**( dkk Evalina, 2018) mengemukakan bahwa efisiensi sistem kelistrikan menjadi salah satu faktor penting dalam pengembangan EV generasi terbaru, sehingga inovasi seperti sistem free energy sangat relevan. Secara keseluruhan, pengembangan sistem free energy bukan hanya menawarkan solusi teknis dalam penyediaan daya listrik, namun juga mendorong terciptanya teknologi mandiri yang dapat diterapkan pada berbagai skala kebutuhan, mulai dari individu hingga industri. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi nyata dalam mendorong inovasi energi alternatif, meningkatkan efisiensi sistem kelistrikan, serta menjadi salah satu langkah strategis dalam menghadapi tantangan krisis energi global **(Rimbawati, 2019)**.

## 2. METODA

Metode eksperimental digunakan dalam penelitian ini untuk mempelajari bagaimana torsi pada alternator mobil memengaruhi kinerja inverter sebagai alat konversi daya listrik. Salah satu kekuatan utamanya adalah pendekatan eksperimental yang digunakan, dengan adanya pengujian nyata terhadap torsi, tegangan, dan arus pada berbagai kondisi beban, hasil yang diperoleh mencerminkan performa sistem secara realistis. Selain itu, penggunaan alat ukur digital seperti multimeter dan osiloskop memperkuat validitas data yang diperoleh dalam setiap skenario pengujian.

Penelitian ini juga memberikan kontribusi praktis, khususnya dalam pengembangan sistem suplai daya berbasis alternator yang dapat diaplikasikan pada kendaraan atau sistem pembangkit mandiri. Namun demikian, salah satu keterbatasannya adalah ruang lingkup pengujian yang masih terbatas pada variasi torsi tertentu dan kondisi laboratorium yang terkendali. Sistem 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 tiap tahap konversi energi, serta belum membahas 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.

Oleh karena itu, 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, untuk digunakan memerlukan sistem kontrol tambahan, seperti pengatur tegangan dan inverter. Dengan demikian, listrik yang dihasilkan dapat digunakan secara aman dan konsisten. Dengan mempertimbangkan kelebihan dan kekurangannya, alternator dapat digunakan sebagai bagian dari sistem energi alternatif, terutama jika dirancang dengan benar dan terintegrasi dengan sumber energi terbarukan lokal yang tersedia.

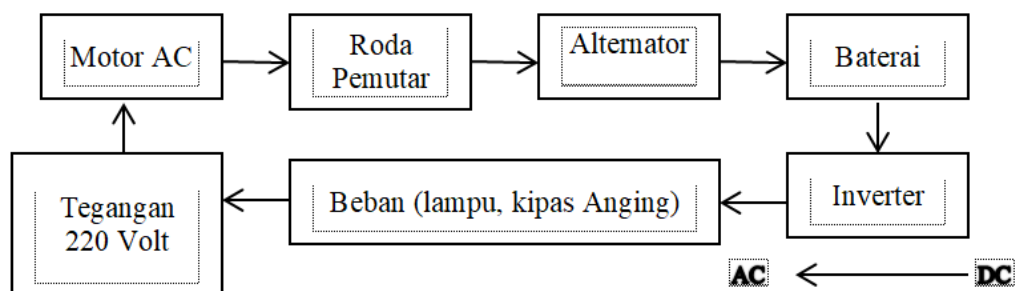
### 2.1 Perancangan dan pengujian alat

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, seperti 300 hingga 1000 watt, baterai 12v sebagai penyangga daya, Dengan memberikan torsi yang berbeda pada alternator, data dicatat.

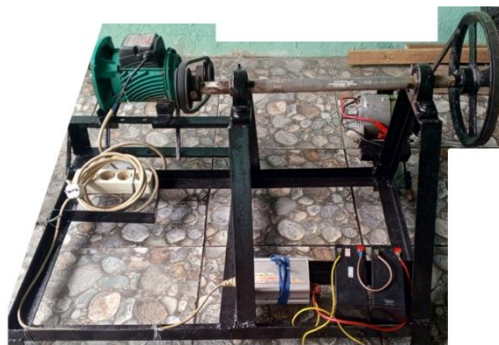
2. Pengujian dilakukan pada kondisi torsi rendah, sedang, dan tinggi. Tegangan dan frekuensi dc output alternator, tegangan dan frekuensi ac output inverter, dan arus dan daya listrik yang disuplai ke beban dicatat dalam setiap situasi.
3. Dilakukan analisis dengan menggunakan teknik statistik deskriptif dan grafik yang menunjukkan hubungan antara torsi dan output daya inverter. Selain itu, dilakukan analisis efisiensi sistem dan kestabilan tegangan pada berbagai level torsi 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, kita akan membahas komponen utama, prinsip kerja, dan proses desain alat uji alternator.



**Gambar 1. Diagram Blok Kerja Alat Energi Non Konvensional**

### 2.1.1 Hasil Perancangan Alat



**Gambar 2. Hasil Rancangan Alat**

Alat yang dirancang dalam penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan energi listrik secara mandiri dengan prinsip energi non konvensional. 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.

## 2.2. Spesifikasi Alternator

Alternator adalah komponen yang paling umum digunakan dalam kendaraan bermotor dan aplikasi lainnya. Tabel ini mencakup sejumlah parameter penting yang menunjukkan kinerja dan karakteristik alternator.

**Table 1. Spesifikasi Alternator**

| Parameter          | Spesifikasi                                |
|--------------------|--|
| Tipe               | Alternator AC                              |
| Daya Output        | 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 Output    | 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

## 2.3 Prosedur Pengujian

Proses penelitian dimulai dengan studi literatur mengenai prinsip kerja alternator dan teknologi free energy. Peneliti melakukan analisis terhadap berbagai desain dan metode yang telah ada sebelumnya, termasuk penggunaan magnet permanen dan sistem rotor-stator. Setelah itu, dilakukan pemilihan komponen yang tepat untuk membangun prototipe alat.

### 1. Desain Alat

- a. Alat dirancang dengan menggunakan magnet permanen sebagai sumber medan magnet.
- b. Rotor dilengkapi dengan kumparan kawat tembaga yang akan menghasilkan arus listrik saat berputar dalam medan magnet.
- c. Sistem penggerak rotor dapat menggunakan motor kecil atau sumber tenaga alternatif seperti angin atau air.

## 2. Pengujian Prototipe

- Prototipe diuji untuk mengukur output daya listrik yang dihasilkan.
- Pengujian dilakukan dalam berbagai kondisi untuk mengevaluasi efisiensi alat.
- Data hasil pengujian dicatat dan dianalisis untuk menentukan kinerja alat.

Perhitungan penting yang berkaitan dengan rotor dalam mesin listrik, tergantung pada jenis mesinnya **(Harj, 2017)(Anthony, 2019)**:

### 1. Tegangan induksi pada rotor alternator

$$E_r = 4.44 \times f \times n \times \phi \quad (1)$$

Dimana :

$E_r$  = tegangan yang diinduksikan pada rotor (volt)

$f$  = frekuensi Listrik keluaran (HZ)

$N$  = jumlah lilitan pada rotor

$\Phi$  = flux magnetic per kutub (weber)

### 2. Kecepatan sinkron rotor alternator

Alternator bekerja pada kecepatan sinkron yang diberikan oleh **(Prumanto, 2020)**:

$$N_s = \frac{120 \times f}{p} \quad (2)$$

Dimana:

$N_s$  = kecepatan sinkron rotor (RPM)

$f$  = frekuensi Listrik keluaran (Hz)

$P$  = jumlah kutub magnetik rotor

### 3. Arus Eksitasi Rotor ( $I_f$ )

Arus eksitasi rotor yang diperlukan untuk menghasilkan tegangan keluaran tertentu **(Anshory, 2022)**:

$$E = k \times I_f \quad (3)$$

Dimana:

$E$  = tegangan terminal alternator (volt)

$k$  = konstanta proporsionitas (tergantung pada karakteristik mesin)

$I_f$  = Arus aksitasi rotor (Ampere)

### 4. Torsi elektromagnetik Rotor Alternator

Torsi yang dihasilkan oleh rotor dalam alternator diberikan oleh:

$$T_e = \frac{P_{air-gap}}{\omega_s} \quad (4)$$

Dimana:

$T_e$  = Torsi elektromagnetik (NM)

$P_{air-gap}$  = daya yang ditransmisikan melalui celah udara (watt)

$\omega_s$  = kecepatan sudut sinkron rotor (rad/s), dihitung sebagai:

$$\omega_s = \frac{2\pi N_s}{60} \quad (5)$$

### 5. Reaktansi sinkron rotor ( $X_s$ )

Harapah, dkk.

$$X_s = 2\pi f L_s \quad (6)$$

Dimana:

$X_s$  = reaktansi sinkron rotor (ohm)

$L_s$  = induktansi sinkron rotor (Henry)

6. daya keluaran alternator

$$P = 3V_{ph}I_{ph} \cos\theta \quad (7)$$

Dimana:

P = daya keluaran alternator (watt)

$V_{ph}$  = tegangan fasa (volt)

$I_{ph}$  = arus fasa (ampere)

$\cos\theta$  = faktor daya

## 2.4 Spesifikasi Inverter

Inverter ini dirancang untuk digunakan dalam berbagai jenis kendaraan, van, karavan, dan peralatan portabel lainnya **(Anshory, 2022)**. 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.

**Table 2. Spesifikasi Inverter**

| Parameter                  | Spesifikasi  |
|----------------------------|--|
| Tipe Inverter              | Modified Sine Wave   |
| Daya Kontinu               | 500 Watt   |
| Daya Puncak                | 1000 Watt  |
| Input Voltage              | 12V DC   |
| Output Voltage             | 220-240V AC  |
| Output Frekuensi           | 50-60 Hz   |
| USB Output 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<br>- Perlindungan Over & Under Voltage<br>- Perlindungan Shutdown Baterai Rendah |
| Pendingin                  | Kipas pendingin berkecepatan tinggi  |
| Kabel Daya yang Disertakan | Kabel 10 AWG   |

## 2.5 Perhitungan Efisiensi Alternator

Efisiensi alternator dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut **(Febriansyah, 2019)(PUIL, 2000)**:

$$\text{Efisiensi}(\eta) = \frac{\text{Daya Keluaran}(P_{out})}{\text{Daya Masukan}(P_{in})} \times 100\% \quad (8)$$

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).

### 2.5.1 Korelasi antara Torsi dan Daya Listrik

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

$$P=T \times \omega \quad (9)$$

Dimana:

P adalah daya dalam watt (W)

T adalah torsi dalam newton-meter (Nm)

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

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

$$\Omega = 2\pi \cdot N \cdot 60 \text{ atau } \omega = 2\pi \times RPM / 60 \quad (10)$$

### **3.5.3 Analisis Stabilitas Daya Suplai pada Inverter**

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.

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):

$Q = V \times I \times \sin(\phi)$  dimana Q = daya reaktif (VAR)

3. Daya Sempurna (S):

$S = V \times I$  dimana S = daya sempurna (VA)

4. Faktor Daya: Faktor daya (PF) didefinisikan sebagai rasio antara daya aktif dan daya sempurna:  $PF = PS$

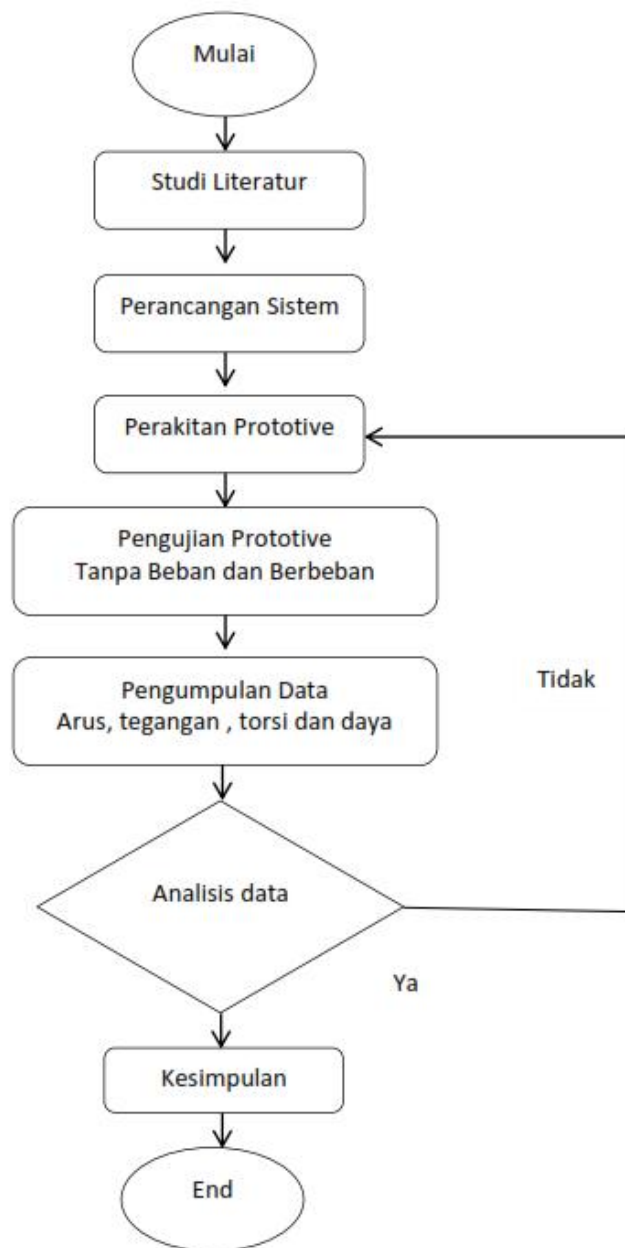
5. Stabilitas Daya Suplai:

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.

## **2.6 Diagram Alir**

Berikut adalah diagram alir penelitian sistem energi non konvensional pada alternator, mulai dari studi literatur, perancangan, perakitan, pengujian, pengumpulan data, analisis, hingga kesimpulan.

Harapah, dkk.



**Gambar 3. Diagram Alir**

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **3.1 Hasil Pengukuran Torsi dan Daya**

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. (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:  
$$\omega = 2\pi \times \text{RPM} / 60$$

3. Torsi ( $\tau$ ): Torsi dapat dihitung dengan menggunakan rumus hubungan antara daya dan torsi:

$P = \tau \times \omega$  Dari rumus ini, kita bisa mendapatkan torsi sebagai berikut:

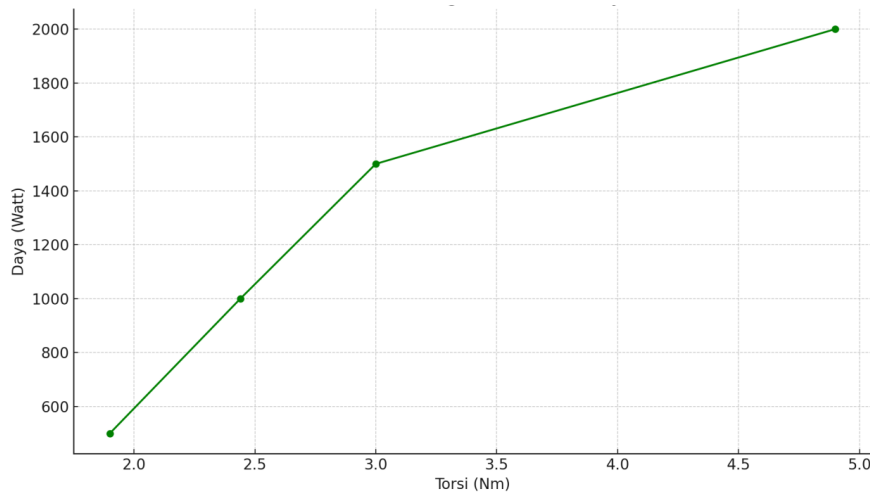
$$\tau = \frac{p}{\omega}$$

4. Analisis Perhitungan Torsi Alternator

- Daya: daya yang digunakan pada mesin adalah 1000 watt.
- RPM Alternator: RPM alternator adalah 1056
- Hitung Kecepatan Sudut ( $\omega$ ):  
 $\omega = 2\pi \times \text{RPM} / 60 = 2 \cdot 3,14 \cdot 1056 / 60 = 110,5 \text{ rad/s}$

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

$$\tau = \frac{p}{\omega} = \frac{1000}{110,5} = 9,049 \text{ Nm}$$



**Gambar 4. Grafik Hubungan Torsi dan Daya Alternator**

### 3.2 Hasil Pengukuran Daya Tanpa Beban

Pengukuran kecepatan putaran (Rpm) tanpa beban tambahan dan diberi baban tambahan yaitu pada tabel 3 berikut.

**Tabel 3. Pengukuran kecepatan putaran (Rpm) Tanpa Beban**

| Waktu Putaran<br>Alternator Penggerak<br>(RPM) | Kecepatan<br>Putaran<br>( RPM) | Teganagn<br>(Volt) | Arus<br>(Amper) | Daya(Watt) |
|--|--------------------------------|--------------------|-----------------|------------|
| 0 (Tanpa Beban)                                | 1056                           | 220                | 0               | 0          |
| 5 Menit  | 1056                           | 220                | 0               | 0          |
| 10 Menit                                       | 1056                           | 220                | 0               | 0          |
| 20 Menit                                       | 1056                           | 220                | 0               | 0          |
| 30 Menit                                       | 1056                           | 220                | 0               | 0          |

Pada table 3 menunjukkan hasil pengukuran performa alternator dalam kondisi tanpa beban. Dari data yang diperoleh, terlihat bahwa kecepatan putaran penggerak dan alternator tetap stabil pada nilai 1056 RPM selama rentang waktu pengujian dari awal hingga 30 menit.

**Tabel 4. Pengukuran kecepatan putaran (Rpm) dengan beban kipas angin 20 Watt**

| Waktu Putaran Alternator Penggerak ( RPM) | Kecepatan Putaran ( RPM) | Tegangan (Volt) | Arus (Amper) | Daya (Watt) |
|---|--------------------------|-----------------|--------------|-------------|
| 0 (Tanpa Beban)                           | 1056                     | 220             | 0            | 0           |
| 5 Menit                                   | 1048                     | 219             | 0,90         | 197         |
| 10 Menit                                  | 1045                     | 217             | 0,11         | 24          |
| 20 Menit                                  | 1041                     | 216             | 0,13         | 28          |
| 30 Menit                                  | 1038                     | 214             | 0,14         | 30          |

Pada Tabel 4 menunjukkan hasil pengukuran performa sistem alternator ketika diberikan beban berupa kipas angin dengan daya nominal 20 Watt. Pada kondisi awal (tanpa beban), kecepatan putaran alternator mencapai 1056 RPM dengan tegangan keluaran sebesar 220 Volt, namun tidak terdapat arus dan daya yang mengalir. Hal ini wajar karena beban listrik belum dihubungkan.

**Tabel 5. Pengukuran kecepatan putaran (Rpm) Dengan beban lampu hanoch 45 Watt**

| Waktu Putaran Alternator Penggerak ( RPM) | Kecepatan Putaran ( RPM) | Tegangan (Volt) | Arus (Amper) | Daya (Watt) |
|---|--------------------------|-----------------|--------------|-------------|
| 0 (Tanpa Beban)                           | 1056                     | 220             | 0            | 0           |
| 5 Menit                                   | 1048                     | 219             | 0,21         | 45          |
| 10 Menit                                  | 1045                     | 217             | 0,22         | 48          |
| 20 Menit                                  | 1041                     | 216             | 0,23         | 50          |
| 30 Menit                                  | 1038                     | 214             | 0,24         | 51          |

Pada tabel 5 menampilkan hasil pengukuran performa alternator ketika diberi beban berupa lampu Hanoch berdaya 45 Watt. Pada kondisi awal (tanpa beban), alternator berputar pada kecepatan 1056 RPM dengan tegangan 220 Volt, namun belum terdapat arus dan daya karena beban belum dihubungkan.

### 3.3 Pengaruh Inverter terhadap Efisiensi Alternator

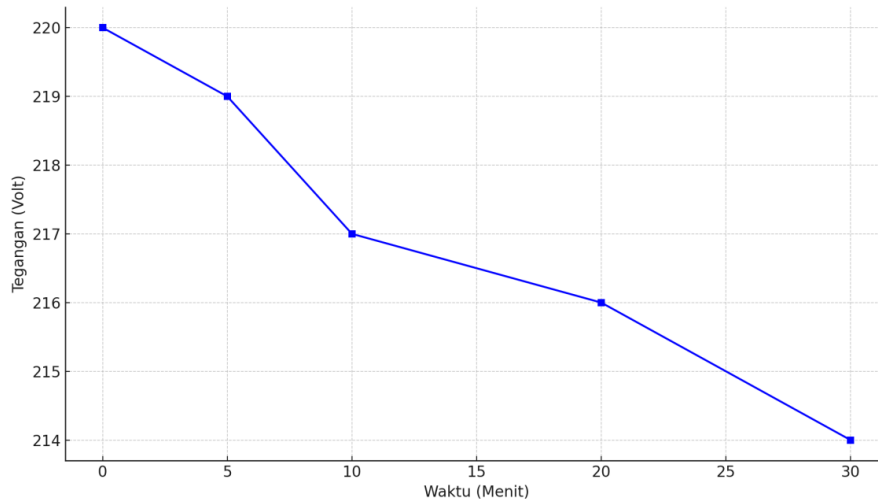
1. Efisiensi alternator ( $\eta$  alternator):
2. Persentase efisiensi dari konversi energi mekanik ke listrik.
3. Efisiensi inverter ( $\eta$  inverter): Persentase efisiensi dari konversi DC ke AC.

Selanjutnya, kita perlu menghitung daya keluaran inverter berdasarkan daya masukan dan efisiensinya.

Efisiensi inverter = 95% atau 0.95

Maka daya keluaran inverter dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_{out} = P_{in} \times \eta \text{ inverter} = 1111,11 \text{ W} \times 0.95 = 1055,55 \text{ W}$$



**Gambar 5. Grafik Stabilitas Tegangan Alternator saat Terhubung ke Inverter**

Grafik stabilitas tegangan alternator saat terhubung ke inverter sangat penting untuk memastikan kinerja optimal dari sistem kelistrikan.

### 3.3 Analisis Pengaruh Variasi Kecepatan Torsi Terhadap Daya

Daya (P) yang dihasilkan oleh sebuah alternator dapat dihitung menggunakan rumus dasar:

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

di mana:

P adalah daya dalam watt (W),

$\tau$  adalah torsi dalam newton-meter (N·m),

$\omega$  adalah kecepatan sudut dalam radian per detik (rad/s).

**Tabel 6 Hasil Pengujian Pada Alternator dengan Waktu**

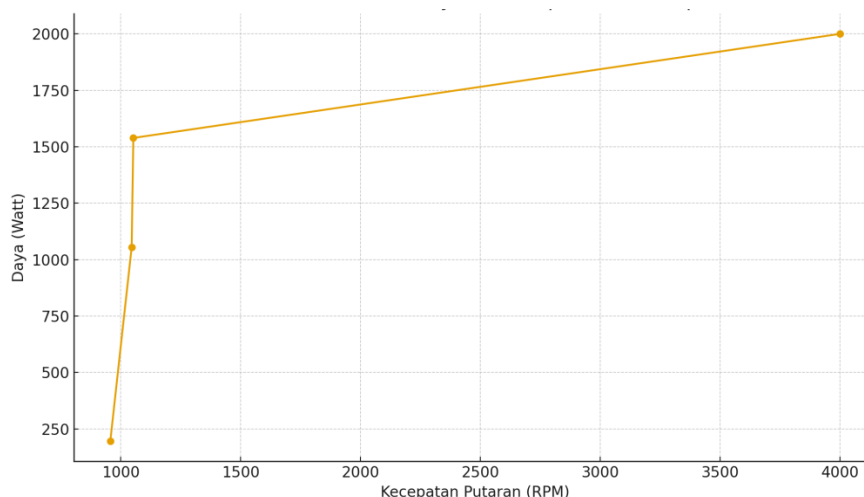
| Waktu Putaran Alternator Penggerak (RPM) | Kecepatan Putaran (RPM) | Torsi ( $\tau$ ) (Nm) |
|--|-------------------------|-----------------------|
| 10 Menit                                 | 956                     | 4,9                   |
| 30 Menit                                 | 1045                    | 1,9                   |
| 60 Menit                                 | 1052                    | 1,9                   |

Pada tabel 6 menampilkan hasil pengujian karakteristik torsi alternator terhadap waktu operasi pada kondisi tertentu. Pada menit ke-10, kecepatan putaran alternator tercatat 956 RPM dengan torsi sebesar 4,9 Nm. Nilai torsi ini relatif tinggi karena pada fase awal sistem memerlukan energi mekanis yang lebih besar untuk menstabilkan putaran rotor dan menyesuaikan beban awal

### 3.4 Hubungan RPM Alternator dan Output Tegangan

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:

Harapah, dkk.

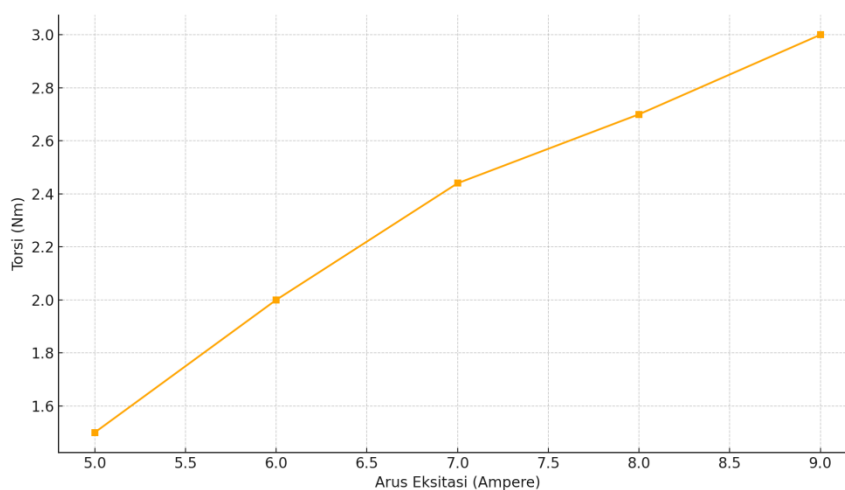


**Gambar 6. Grafik Perubahan Daya terhadap Variasi Kecepatan Putaran**

Grafik perubahan daya terhadap variasi kecepatan putaran adalah representasi visual yang menunjukkan hubungan antara daya yang dihasilkan oleh suatu sistem dan kecepatan putarannya.

### 3.5 Analisi Perhitungan Rotor Alternator

Alternator ini bekerja pada kecepatan tinggi dengan tegangan keluaran 14V untuk pengisian baterai dan sistem kelistrikan mobil. Dengan arus eksitasi 7A, alternator ini menghasilkan torsi 2.44 Nm, yang cukup untuk menjaga kestabilan pengisian daya kendaraan tanpa memberikan beban mekanis yang berlebihan pada mesin.



**Gambar 7. Grafik Perhitungan Rotor Alternator**

Pada pengujian, alternator beroperasi pada kecepatan sinkron sebesar 4000 RPM. Kecepatan putar yang tinggi ini dihasilkan oleh mesin melalui sistem transmisi sabuk dan pulley. Pada kondisi tersebut, alternator hanya memerlukan torsi sebesar 2,44 Nm. Nilai torsi yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa alternator tidak memberikan beban mekanis yang besar pada mesin, sehingga kinerja mesin tetap efisien dan konsumsi bahan bakar tidak terganggu secara signifikan. Energi mekanis yang masuk kemudian dikonversi menjadi energi listrik dengan keluaran sebesar 14 Volt dan arus eksitasi 7 Ampere. Daya listrik yang dihasilkan

digunakan untuk pengisian baterai serta kebutuhan sistem kelistrikan kendaraan seperti lampu, pendingin, audio, maupun perangkat elektronik lainnya.

#### **4. KESIMPULAN**

Hasil perancangan dan pengujian menunjukkan bahwa sistem energi non konvensional yang dikembangkan mampu menyuplai daya listrik secara efektif kepada alternator. Pada kecepatan sinkron 4000 RPM, alternator menghasilkan tegangan induksi 1539 V (konfigurasi bintang) yang setelah penyearahan menjadi 14 V sesuai standar sistem kelistrikan kendaraan, dengan arus eksitasi 7 A dan torsi rata-rata 2,44 Nm. Pengujian tanpa beban menunjukkan kestabilan putaran pada 1056 RPM dengan tegangan 220 V, sedangkan dengan beban kipas angin 20 Watt daya awal mencapai 197 Watt lalu menurun hingga 30 Watt. Sebaliknya, pada beban lampu Hanoch 45 Watt, sistem lebih stabil dengan daya berkisar 45–51 Watt. Uji torsi juga memperlihatkan kebutuhan torsi awal yang besar (4,9 Nm pada menit ke-10) namun stabil pada 1,9 Nm setelah 30–60 menit. Dengan demikian, alternator terbukti efisien, stabil, dan tidak membebani mesin secara signifikan dalam memenuhi kebutuhan sistem kelistrikan kendaraan.

#### **DAFTAR RUJUKAN**

- Amin Tanvir, dkk. (2023). *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Arts Integration of electric vehicles (EVs) with electrical grid and impact on smart charging*. 2(06), 225–234.
- Anshory, dkk. (2022). Bab Iv Prinsip-Prinsip Konversi Energi. In *Buku Ajar Dasar Konversi Energi*.
- Anthony, Z. (2019). *Mesin listrik dasar*.
- Bowles, E. (2009). Advances in renewable energy. In *GPA Annual Convention Proceedings* (Vol. 2).
- Diameter, dkk. (2020). *Pengaruh Diameter Pully Alternator Dalam Pengisian Baterai Pada Kendaraan Roda Empat Resep Sembiring Sekolah Tinggi Teknologi Immanuel Medan*. 4(4), 24–32.
- Evalina, dkk. (2018). Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable Logic Controller. *Journal of Electrical Technology*, 3(2), 73–80.
- Evalina, N., & Azis, A. (2020). *The Use of MQ6 and Microcontroller of ATmega 2360 as a Leaks Detection Device of Liquid Petroleum Gas (LPG)*. 389–393. <https://doi.org/10.33258/birex.v2i3.1079>
- Febriansyah, F. (2019). Karakteristik Arus Start Motor Induksi Tiga Fasa (Motor Slip Ring) Dengan Beban dan Tanpa Beban di Laboratorium Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Harahap, Partaonan, dkk. (2021). Performance of Grid-Connected Rooftop Solar PV System

- for Households during Covid-19 Pandemic. *Journal of Electrical Technology UMY*, 5(1), 26–31. <https://doi.org/10.18196/jet.v5i1.12089>
- Harj S. (2017). Bab I Generator Sinkron ( Alternator ). *Academia.Edu*, 1–49. [https://www.academia.edu/12518858/BAB\\_I\\_GENERATOR\\_SINKRON\\_ALTERNATOR](https://www.academia.edu/12518858/BAB_I_GENERATOR_SINKRON_ALTERNATOR)
- Huang, dkk. (2021). Comprehensive analysis of electric field characteristics for multi-winding medium frequency transformer. *Energies*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/en14113285>
- IEA. (2023). *Energy demand accelerates , with electricity leading the way*. 1–7.
- Lubis, S. (2019). Rancang Bangun Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 1(2), 77–81. <https://doi.org/10.30596/rele.v1i2.3003>
- Prumanto, D. (2020). Rancang Bangun Alat Pengiris Bawang Dengan Penggerak Motor Listrik Ac. *Jurnal Teknokris*, 23(2), 50–57.
- PUIL, 2000. (2000). Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000). *DirJen Ketenagalistrikan*, 2000(Puil), 1–133.
- Ramadhan, D. (2021). Perancangan Permanent Magnet Synchronous Generator Kapasitas 22 KVA Menggunakan Metode Finite Element Method. *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, 3(2), 83–90. <https://doi.org/10.30595/jrre.v3i2.11516>
- Rimbawati, dkk. (2019). Voltage Control System Design. *Semnastek Uisu*, 1, 14–20.
- Shafi, D. (2022). Power Quality Improvement by Using Phase Shifting Transformer. ... of *Innovative Research in Engineering & ...*, 2, 127–133. <https://acspublisher.com/journals/index.php/ijirem/article/view/10925%0Ahttps://acspublisher.com/journals/index.php/ijirem/article/download/10925/9797>
- U. (2020). *Bahan Ajar Kelistrikan otomotif*. Ahlimedia Book.
- Wijaya, A. A., Syahrial, & Waluyo. (2016). Perancangan Generator Magnet Permanen dengan Arah Fluks Aksial untuk Aplikasi Pembangkit Listrik. *Reks Elkomika*, 4(2), 93–108.