
Rancang Bangun Pembangkit Listrik Alternatif Menggunakan Flywheel dan Motor DC sebagai Penggerak Dengan Sumber Listrik Alternator 500 watt

Muhammad Fadhil Toha Almunawaroh¹, Aris Suryadi², Agustini Rodiah Machdi³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pakuan, Bogor, 16143, Indonesia

Email: fadiltoha12@gmail.com

Abstrak

Pembangkit listrik energi alternatif skala kecil menjadi salah satu solusi untuk mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi konvensional. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah sistem motor DC–alternator dengan flywheel sebagai penyimpan energi mekanik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja pembangkit listrik energi alternatif menggunakan motor DC sebagai penggerak flywheel yang terhubung dengan alternator berdaya 500 W. Metode penelitian dilakukan secara eksperimental dengan pengujian langsung terhadap parameter tegangan, arus, kecepatan putaran, serta daya input dan output sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa beban inersia flywheel yang tinggi menyebabkan kebutuhan torsi awal yang besar, kemudian menurun seiring stabilisasi putaran. Daya output alternator rata-rata yang dihasilkan sebesar 0,87 W dari daya input motor DC sebesar 260,65 W, sehingga efisiensi sistem hanya mencapai 0,33%. Rendahnya efisiensi disebabkan oleh kecepatan putaran alternator yang belum mencapai cut-in speed, yaitu sekitar 1000–1500 rpm. Kecepatan rata-rata motor DC sebesar 1161,8 rpm, flywheel 122 rpm, dan alternator 260,4 rpm menunjukkan bahwa sistem transmisi mekanik belum optimal. Penurunan tegangan baterai motor DC sebesar 5,38% dan kenaikan tegangan baterai alternator sebesar 2% mengindikasikan ketidakseimbangan energi listrik dalam sistem. Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan konversi energi listrik–mekanik–listrik, namun diperlukan optimasi desain mekanik dan transmisi untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja sistem.

Kata Kunci: *alternator, efisiensi daya, motor dc, konversi energi, pembangkit energi alternatif*

Abstract

Small-scale alternative power generation systems are considered a solution to reduce dependence on conventional energy sources. One applicable approach is a DC motor–alternator system employing a flywheel as mechanical energy storage. This study aims to analyze the performance of an alternative power generation system using a DC motor to drive a flywheel connected to a 500 W alternator. The research method was conducted experimentally through direct testing of voltage, current, rotational speed, and input–output power parameters. The experimental results indicate that the high inertia load of the flywheel requires a large initial torque, which gradually decreases as the rotational speed stabilizes. The average alternator output power obtained was 0.87 W from a DC motor input power of 260.65 W, resulting in an overall system efficiency of only 0.33%. The low efficiency is mainly caused by the alternator rotational speed not reaching the cut-in speed, which is approximately 1000–1500 rpm. The average rotational speeds of the DC motor, flywheel, and alternator were 1161.8 rpm, 122 rpm, and 260.4 rpm, respectively, indicating that the mechanical transmission system has not operated optimally. A voltage drop of 5.38% in the DC motor battery and a voltage increase of 2% in the alternator battery indicate an imbalance in the electrical energy flow within the system. This study demonstrates that the system is capable of performing electrical–mechanical–electrical energy conversion; however, optimization of the mechanical design and transmission system is required to improve efficiency and overall system performance.

Keywords: *alternator, alternative energy generation, DC motor, energy conversion, power efficiency*

1. PENDAHULUAN

Ketersediaan sumber energi listrik tidak mampu memenuhi peningkatan kebutuhan listrik di Indonesia. Terjadinya pemutusan sementara dan pembagian energi listrik secara bergilir merupakan dampak dari terbatasnya energi listrik yang dapat disalurkan oleh PLN. Hal ini terjadi karena laju pertumbuhan sumber energi baru dan pengadaan pembangkit tenaga listrik tidak sebanding dengan peningkatan konsumsi listrik [1]. Pemerintah telah berupaya untuk meningkatkan kapasitas pembangkit listrik. Namun, proses ini memerlukan waktu yang cukup lama dan investasi yang signifikan. Oleh karena itu, kolaborasi dan partisipasi dari berbagai pihak menjadi sangat penting untuk mengatasi krisis energi listrik yang sedang berlangsung. Salah satu solusi untuk mengatasi masalah ini adalah dengan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, melalui pengembangan inovasi dalam pembangkit listrik yang menggunakan energi terbarukan dan alternatif berskala kecil [2]. Beberapa penelitian terkait pembangkit alternatif 500 watt, antara lain oleh Muhammad Azzizan Rokhim yang memanfaatkan energi kinetik flywheel tanpa sistem sirkulasi energi tambahan [2], Lubis Sudirman yang menganalisis karakteristik tegangan alternator mobil [3], dan Rifdi Bagus Afrianto yang mengkaji peran flywheel pada generator DC [4].

Berbeda dengan ketiga penelitian sebelumnya yang hanya berfokus pada aspek tunggal, penelitian ini mengintegrasikan analisis mekanik dan elektrik dalam satu sistem pembangkit yang melibatkan motor DC sebagai penggerak awal, flywheel sebagai penyimpan dan penstabil energi rotasi, pulley sebagai transmisi daya, serta alternator 500 watt sebagai unit konversi energi utama. Evaluasi performa dilakukan secara menyeluruh melalui pengukuran tegangan, arus, daya input-output, kecepatan putaran, dan efisiensi sirkulasi energi, sehingga menghasilkan karakterisasi yang lebih komprehensif terhadap proses konversi energi listrik-mekanik-listrik yang lebih kompleks dan aplikatif [5].

2. METODOLOGI PENELITIAN

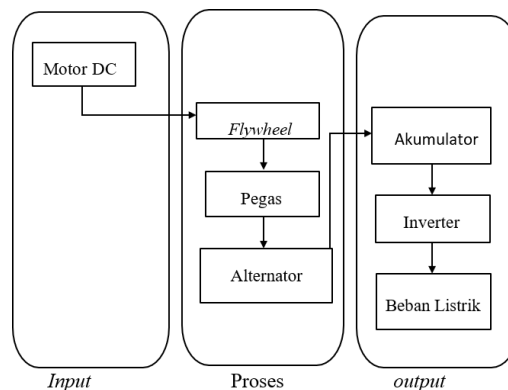
Metode penelitian dilakukan secara bertahap, diawali dengan studi literatur sebagai dasar teori dan referensi penelitian, dilanjutkan

dengan perancangan alat yang meliputi pembuatan sketsa dan wiring diagram instalasi komponen. Tahap selanjutnya adalah persiapan alat dan bahan sesuai spesifikasi desain, kemudian pembuatan alat melalui perakitan seluruh komponen menjadi satu sistem yang terintegrasi. Pengambilan data dilakukan melalui pengukuran kecepatan putaran flywheel, arus, dan tegangan alternator pada kondisi pembebanan, kemudian data dianalisis dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik sebagai dasar penarikan kesimpulan [6].

2.1 Blok Diagram Perancangan Alat

Blok diagram ini menggambarkan proses hubungan antar komponen, serta memberikan informasi mengenai sumber daya yang digunakan pada pembangkit Listrik energi alternatif menggunakan alternator 500 watt [7]. Untuk memahami dengan lebih jelas indikator dan pengontrolan perangkat dalam alat ini, dapat dilihat pada diagram yang ditampilkan pada gambar 1 di bawah ini:

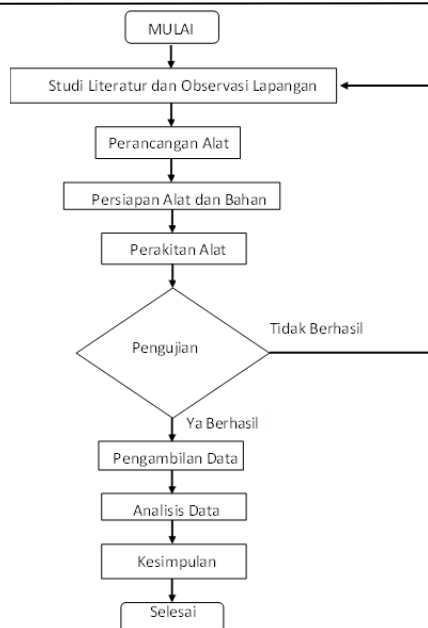
Gambar 1. Blok Diagram Pembangkit Energi



Listrik Alternatif Menggunakan Flywheel dan Motor DC Sebagai Penggerak Dengan Sumber Listrik Alternator 500 Watt

2.2 Metode Perancangan

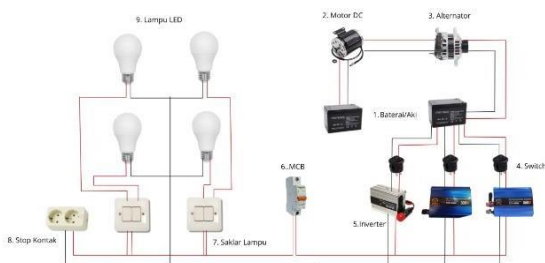
Diagram alir perencanaan alat pada penelitian ini berfungsi membantu dalam menentukan alur proses, menemukan kesalahan atau kekurangan dalam sistem [8]. Berikut ini adalah diagram alir dari perancangan alat secara keseluruhan yang diperlihatkan pada gambar 2 berikut ini:



Gambar 2. Diagram Alir Perancangan

2.3 Perancangan Alat Rangkaian Elektrik

Rangkaian sistem elektrik merupakan rancangan yang menggunakan beberapa komponen elektrik yang saling terintegrasi dengan perancangan desain mekanik [9]. Perancangan rangkaian sistem elektrik tersebut dapat di lihat pada gambar 3 di bawah ini :



Gambar 3. Rangkaian Sistem Elektrik

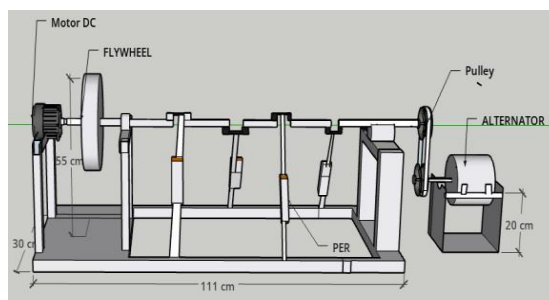
Gambar ini menggambarkan sistem pembangkit listrik alternatif yang menggunakan motor DC dan alternator 500 watt. Sistem terdiri dari motor DC, flywheel, alternator, baterai, inverter, sakelar, MCB, stop kontak, dan lampu LED. Motor DC mengubah energi listrik dari baterai menjadi energi mekanik untuk memutar flywheel, yang menyimpan energi dan menggerakkan alternator untuk menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan kemudian disalurkan ke baterai untuk penyimpanan atau langsung digunakan untuk menyalakan lampu LED.

Inverter mengubah arus DC menjadi AC untuk beban listrik, sementara sakelar mengontrol

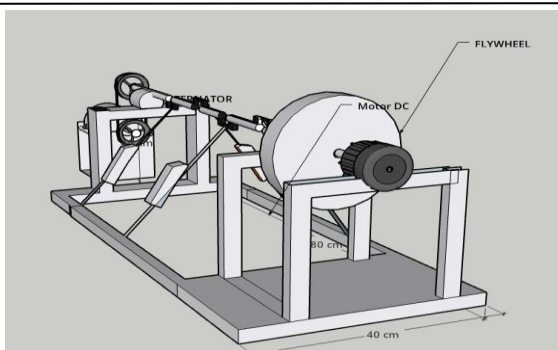
aliran listrik, dan MCB melindungi sistem dari kerusakan akibat beban lebih. Flywheel berfungsi untuk menstabilkan putaran alternator dan mengurangi fluktuasi daya. Sistem ini mendukung konversi energi mekanik-listrik-mekanik-listrik dan berpotensi mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, dengan solusi energi yang lebih efisien dan ramah lingkungan, terutama untuk pembangkit skala kecil.

2.4 Perancangan Desain Kontruksi Alat

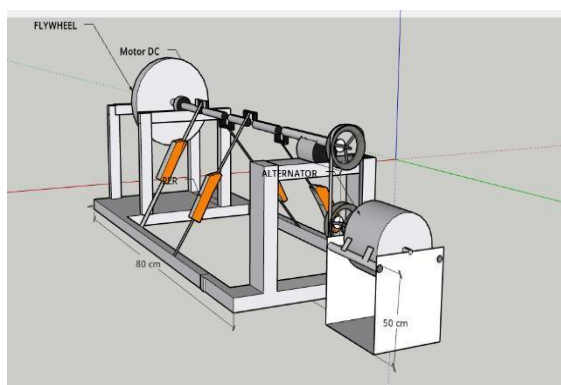
Dimulai dengan membuat desain struktur fisik dari *prototype*. *Software* yang digunakan untuk membuat desain *prototype* adalah *SketchUp 3D Design* [9]. Kemudian dalam perancangan desain kontruksi alat pembangkit energi Listrik alternatif menggunakan alternator 500 watt dengan menggunakan material bahan dasar besi hollow dengan ukuran 3 x 3 ketebalan 1,2 mm, di mana *flywheel* ditempatkan pada posisi paling kiri dan per ditempatkan di bagian tengah dengan desain ukuran rangka tinggi 55 cm, panjang 111 cm dan lebar 30 cm. Sedangkan untuk Alternator berada di posisi paling kanan dengan ukuran rangka panjang 20 cm dan lebar 20 cm. , serta memilih peralatan dan bahan yang akan di gunakan agar alat pembangkit energi listrik alternatif menggunakan alternator 500 watt dapat beroperasi secara optimal. Gambar 4, 5, dan 6 di bawah menampilkan hasil perancangan desain kontruksi alat pembangkit listrik energi alternatif menggunakan alternator 500 watt :



Gambar 4. Tampak Samping Desain Pembangkit Energi Listrik Alternatif Menggunakan Flywheel dan Motor DC Sebagai Penggerak Dengan Sumber Listrik Alternator 500 Watt



Gambar 5. Tampak Belakang Desain Pembangkit Energi Listrik Alternatif Menggunakan Flywheel dan Motor DC Sebagai Penggerak Dengan Sumber Listrik Alternator 500 Watt



Gambar 6. Tampak Depan Desain Pembangkit Energi Listrik Alternatif Menggunakan Flywheel dan Motor DC Sebagai Penggerak Dengan Sumber Listrik Alternator 500 Watt

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil dan pembahasan kinerja sistem pembangkit listrik energi alternatif berdasarkan data pengujian yang diperoleh [10]. Pada tahap pengujian, dilakukan pengukuran yang dimulai dari detik ke-50 hingga detik ke-500 dengan menggunakan sumber daya dari baterai serta penambahan beban berupa inverter 500 watt dan lampu LED 28 watt.

3.1 Hasil Pengujian Motor DC

Data yang diambil pada pengujian ini yaitu pengukuran tegangan *input* (V) menggunakan multimeter, pengukuran arus *input* (A) menggunakan clamp meter dan pengukuran kecepatan motor per-menit (RPM) menggunakan tachometer [11]. Hasil pengujian

motor DC dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini :

Tabel 1. Hasil Pengujian Motor DC

Waktu Detik ke-	Baterai ke-1	Motor DC		Kecepatan (Rpm)	
	Tegangan (V)	Tegangan (V)	Arus (A)	Flywheel	Motor
50	12	11,45	23,12	120	1140
100	11,84	11,35	23,12	125	1150
150	11,82	11,33	23,12	124	1160
200	11,80	11,30	23,13	122	1179
250	11,75	11,27	23,13	125	1189
300	11,65	11,24	23,14	122	1170
350	11,55	11,22	23,14	123	1165
400	11,45	11,18	23,15	120	1160
450	11,40	11,15	23,17	120	1155
500	11,30	11,13	23,16	119	1150

Berdasarkan tabel 3.1 di atas, pengujian selama 500 detik menunjukkan bahwa tegangan baterai mengalami penurunan dari 12 V menjadi 11,30 V, yang diikuti penurunan tegangan motor DC dari 11,45 V menjadi 11,13 V dan arus dari 23,12 A menjadi 23,16 A. Kecepatan putaran motor DC menurun dari 1189 rpm menjadi 1150 rpm, sedangkan putaran flywheel turun dari 120 rpm menjadi 119 rpm. Penurunan kinerja ini terjadi akibat berkurangnya kapasitas baterai serta meningkatnya beban kerja motor DC seiring bertambahnya waktu pengoperasian.

3.2 Hasil Pengujian Alternator

Data yang diambil pada pengujian ini yaitu pengukuran tegangan *output* (V) menggunakan multimeter, pengukuran arus *input* (A) menggunakan clamp meter dan pengukuran kecepatan motor per-menit (RPM) menggunakan tachometer [12]. Hasil pengujian motor DC dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Hasil Pengujian Alternator

Waktu Detik ke-	Baterai ke-2	Alternator		Kecepatan (Rpm)	
	Tegangan (V)	Tegangan (V)	Arus (A)	Flywheel	Alternator
50	11,73	0,6	0,4	120	270
100	11,73	0,8	0,5	125	272
150	11,73	1	0,6	124	274
200	11,73	1,2	0,6	122	270
250	11,73	1,3	0,6	125	263
300	11,73	1,4	0,7	122	263
350	11,75	1,4	0,7	123	255
400	11,75	1,5	0,8	120	252
450	11,75	1,6	0,8	120	245
500	11,76	1,7	0,9	119	240

Berdasarkan tabel 2 di atas, pengujian selama 500 detik menunjukkan bahwa tegangan keluaran alternator meningkat dari 0,6–1,4 V menjadi 1,7 V dan arus dari 0,4–0,6 A menjadi 0,9 A. Seiring kenaikan kecepatan alternator dari 270 rpm menjadi 274 rpm. Tegangan baterai juga meningkat dari 11,73 V menjadi

11,76 V. Namun, pada akhir pengujian kecepatan alternator menurun dari 274 rpm menjadi 240 rpm dan putaran flywheel dari 120 rpm menjadi 119 rpm, yang menyebabkan penurunan daya keluaran alternator. Hasil ini menunjukkan bahwa kinerja dan efisiensi alternator sangat dipengaruhi oleh kestabilan putaran flywheel dan suplai daya awal dari motor DC.

3.3 Hasil Perhitungan Daya Output (P_{out}) Dari Data Pengujian Alternator

Salah satu contoh perhitungan daya output (P_{out}) Alternator dengan waktu selama 50 - 500 detik dari hasil pengujian pada tabel 2 ditunjukkan sebagai berikut [13]:

$$P = V \times I$$

$$P = 0,8 \times 0,5$$

$$P = 0,4 \text{ W}$$

Dari hasil contoh perhitungan daya output (P_{out}) alternator di atas maka, didapatkan hasil keseluruhan perhitungan pada waktu detik ke 50 sampai detik 500 dapat dilihat pada tabel 3 di bawah ini :

Tabel 3. Hasil Perhitungan Daya Output (P_{out}) Alternator

Waktu Detik ke -	Daya Output (P_{out}) (W)
50	0,24
100	0,40
150	0,60
200	0,72
250	0,78
300	0,98
350	0,98
400	1,20
450	1,28
500	1,53

Berdasarkan Tabel 3 diatas, daya output (P_{out}) alternator menunjukkan tren peningkatan selama pengujian. Pada detik ke-50, daya output sebesar 0,24 W, kemudian meningkat bertahap menjadi 0,78 W pada rentang detik ke-100 hingga ke-150 akibat bertambahnya kecepatan putaran alternator seiring peningkatan torsi motor DC. Selanjutnya, pada detik ke-200 hingga ke-350 terjadi peningkatan

yang lebih signifikan, dan hingga detik ke-500 daya output terus meningkat mencapai 1,53 W

3.4 Hasil Perhitungan Daya Input (P_{in}) Dari Data Pengujian Motor DC

Salah satu contoh perhitungan daya input (P_{in}) motor DC dengan waktu selama 50 - 500 detik dari hasil pengujian pada tabel 1 ditunjukkan sebagai berikut [14]:

$$P = V \times I$$

$$P = 11,27 \times 23,13$$

$$P = 260,67 \text{ W}$$

Dari hasil contoh perhitungan daya input (P_{in}) motor DC di atas maka, didapatkan hasil keseluruhan perhitungan pada waktu detik ke 50 sampai detik 500 dapat dilihat pada tabel 4 di bawah ini :

Tabel 4. Hasil Perhitungan Daya Input (P_{in}) Motor DC

Waktu Detik ke -	Daya Input (P_{in}) (W)
50	264,72
100	262,41
150	261,94
200	261,36
250	260,67
300	260,90
350	259,63
400	258,81
450	258,34
500	257,77

Berdasarkan data Tabel 4 diatas menunjukkan bahwa daya input (P_{in}) motor DC menurun selama pengujian. Pada detik ke-50 P_{in} sebesar 264,72 W dan berkurang secara bertahap menjadi 261,94 W pada detik ke-150. Penurunan berlanjut pada detik ke-200 dan ke-300 masing-masing 261,36 W dan 260,90 W, mencerminkan melemahnya baterai. Secara keseluruhan, P_{in} turun dari 264,72 W menjadi 257,77 W hingga detik ke-500.

3.5 Analisa Perbandingan Daya motor DC dan Daya Alternator Terhadap Waktu

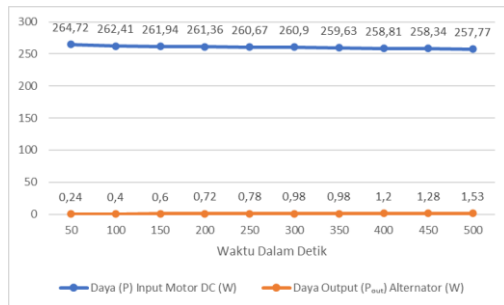
Berdasarkan data perhitungan pada tabel 3 dan 4 dapat dibuat sebuah perbandingan daya pada motor DC dan daya

alternator terhadap waktu, perbandingan daya pada motor DC dan daya alternator terhadap waktu dapat dilihat pada tabel 5 berikut ini :

Tabel 5. Perbandingan Daya Pada Motor DC dan Alternator Terhadap waktu

Waktu Detik ke-	Daya (P) Input Motor DC (W)	Daya Output (P _{out}) Alternator (W)
50	264,72	0,24
100	262,41	0,40
150	261,94	0,60
200	261,36	0,72
250	260,67	0,78
300	260,90	0,98
350	259,63	0,98
400	258,81	1,20
450	258,34	1,28
500	257,77	1,53

Berdasarkan tabel 5 diatas maka dibuat gambar 1 grafik hasil perbandingan antara daya motor DC dan alternator terhadap waktu. Hasil Perhitungan dapat dilihat di tabel 3 dan 4.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Antara Daya Motor DC dan Alternator Terhadap Waktu

Berdasarkan gambar 7, daya input motor DC menurun secara bertahap dari 264,72 W menjadi 257,77 W, sementara daya output alternator meningkat dari 0,24 W menjadi 1,53 W seiring waktu. Hal ini menunjukkan bahwa pada awal pengujian energi mekanik dari motor DC belum tersalurkan efektif ke alternator, namun meningkatnya kecepatan putaran memperbaiki output listrik alternator. Rata-rata daya input motor DC adalah 260,65 W dan rata-rata daya output alternator 0,87 W. Diperoleh efisiensi konversi energi sebesar 0,33%. Nilai efisiensi yang rendah ini mengindikasikan kerugian energi akibat faktor mekanis, resistif, dan rugi-rugi

magnetik dalam sistem. Secara keseluruhan, kinerja sistem motor DC– alternator belum optimal dan memerlukan perbaikan transmisi, pengaturan kecepatan, dan optimalisasi desain alternator [15].

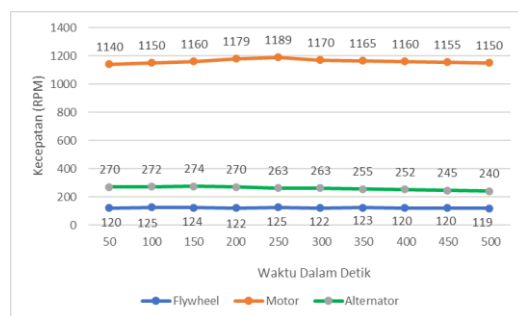
3.6 Analisa Perbandingan Kecepatan Motor DC, Flywheel dan Alternator Terhadap Waktu

Berdasarkan data pengujian pada tabel 1 dapat dibuat sebuah perbandingan kecepatan pada motor DC, flywheel dan alternator terhadap waktu, perbandingan kecepatan pada motor DC, flywheel dan alternator terhadap waktu dapat dilihat pada tabel 6 berikut ini :

Tabel 6. Perbandingan Kecepatan Pada Motor DC, Flywheel dan Alternator Terhadap Waktu

Waktu Detik ke-	Kecepatan (Rpm)		
	Flywheel	Motor	Alternator
50	120	1140	270
100	125	1150	272
150	124	1160	274
200	122	1179	270
250	125	1189	263
300	122	1170	263
350	123	1165	255
400	120	1160	252
450	120	1155	245
500	119	1150	240

Berdasarkan tabel 6 di atas maka, dibuat gambar 2 grafik hasil perbandingan antara kecepatan motor DC, Flywheel dan alternator terhadap waktu. Hasil Pengujian dapat dilihat berikut ini :

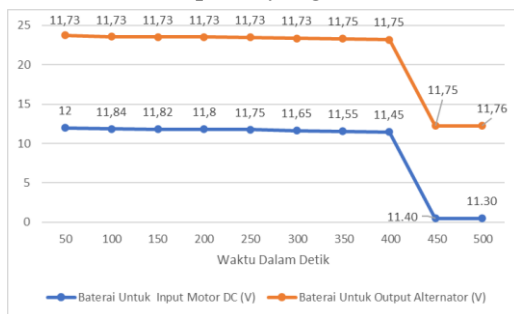


Gambar 8. Grafik Perbandingan Antara Kecepatan Motor DC, Flywheel dan Alternator Terhadap Waktu

Gambar 8 menunjukkan perubahan kecepatan Motor DC, flywheel, dan alternator terhadap

waktu. Motor DC meningkat dari 1140 rpm ke

-1189 rpm lalu stabil 1160 rpm. Flywheel naik dari 270 menjadi 274 rpm lalu menurun dan stabil 245 rpm. Alternator meningkat dari 270 rpm ke 274 rpm lalu menurun dan stabil 240 rpm. Rata-rata kecepatan Motor DC 1161,8 rpm, alternator 260,4 rpm, flywheel 122 rpm. Perbedaan kecepatan ini menunjukkan sistem transmisi belum optimal dan mengalami rugirugi mekanis. Motor DC menentukan performa utama, flywheel berperan menstabilkan, dan alternator belum bekerja efisien karena kecepatan yang diterima relatif



rendah [16].

3.7 Anlisa perbandingan Tegangan Baterai Motor DC dan Alternator Terhadap Waktu

Berdasarkan data pengujian pada tabel 1 dan 2 dapat dibuat sebuah perbandingan antara tegangan baterai motor DC dan alternator terhadap waktu, perbandingan antara tegangan baterai motor DC dan alternator terhadap waktu dapat dilihat pada tabel 7 berikut ini :

Tabel 7. Perbandingan Antara Tegangan Baterai Motor DC dan Alternator Terhadap Waktu

Waktu Detik ke-	Baterai Untuk Input Motor DC (V)	Baterai Untuk Output Alternator (V)
50	12	11,73
100	11,84	11,73
150	11,82	11,73
200	11,80	11,73
250	11,75	11,73
300	11,65	11,73
350	11,55	11,75
400	11,45	11,75
450	11,40	11,75
500	11,30	11,76

Berdasarkan tabel 7 diatas maka, dibuat gambar 9 grafik hasil perbandingan antara tegangan baterai motor DC dan alternator terhadap waktu.

Gambar 9. Grafik Perbandingan Antara Tegangan Baterai

Berdasarkan Gambar 9, tegangan baterai motor DC relatif stabil sekitar 12 V pada awal pengujian namun menurun menjadi 11,30 V hingga detik 500, sementara tegangan baterai alternator naik sedikit dari 11, 73 V menjadi 11,76 V. Penurunan tegangan motor DC sebesar 5,83% dan kenaikan tegangan alternator sebesar 2% menunjukkan baterai motor DC mengalami discharge lebih cepat sebagai sumber utama beban, sedangkan alternator mulai mengisi baterai secara ringan. Perbedaan perubahan tegangan mengindikasikan ketidakseimbangan energi dalam sistem pembangkit listrik yang diuji [17].

Berdasarkan hasil penelitian, diperlukan optimasi sistem transmisi mekanik agar alternator dapat mencapai kecepatan kerja minimal melalui penyesuaian rasio pulley dan pengurangan slip. Selain itu, peningkatan torsi awal motor DC, penerapan sistem soft-start, serta pemilihan baterai yang sesuai diperlukan untuk mengatasi beban inersia flywheel. Pegas harus dirancang secara tepat agar berfungsi sebagai penstabil putaran, dan penggunaan alternator berjenis low-RPM atau generator magnet permanen direkomendasikan untuk meningkatkan efisiensi sistem pada aplikasi skala kecil [18].

4. KESIMPULAN

1. Rata-rata daya keluaran alternator hanya 0,87 W, jauh lebih kecil dibanding daya input motor DC sebesar 260,65 W, sehingga efisiensi sistem sangat rendah (0,33 %). Hal ini terjadi karena putaran alternator belum mencapai *cut-in speed* minimal yang diperlukan untuk menghasilkan arus dan daya optimal, sehingga meskipun tegangan keluaran berada dalam rentang kerja, arus dan

daya yang dihasilkan tetap kecil.

2. Analisis kecepatan putaran menunjukkan selisih signifikan antara motor DC (1161,8 rpm), flywheel (122 rpm), dan alternator (260,4 rpm), yang mengindikasikan sistem transmisi mekanik belum efektif sehingga alternator belum mencapai kecepatan kerja optimal untuk menghasilkan daya yang signifikan.
3. Perbandingan tegangan menunjukkan baterai motor DC mengalami penurunan 5,83%, sedangkan baterai alternator hanya meningkat 2%, yang menegaskan bahwa sistem belum seimbang karena konsumsi energi lebih besar daripada energi yang dikembalikan melalui pengisian alternator.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Setiawan, "Kajian Eksperimental *Hybrid* Energi Surya Dan Roda Gila Pada Suplai Energi Listrik Kapasitas 3 KW", *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 11(1), 12-19, 2021.
- [2] M. A. Rokhim, "Rancang Bangun Generator Listrik Dengan Memanfaatkan Energi Yang Tersimpan Pada *Flywheel* (Roda Gila)",
- [3] L. Sudirman, "Analisa Tegangan Keluaran Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif", *Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*, Vol. 1, No. 1 Periode Juli 2018.
- [4] R. B. Afrianto, "Perencanaan Fly Wheel sebagai Balancing Generator DC", *Jurnal Universitas Pancasakti Tegal* Vol.7, 1-60,
- [5] S. M. Hurairah, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Alternatif Dengan Bantuan Pully dan Belt Motor DC Sebagai Penggerak Alternator", *Jurnal Universitas Muhammadiyah Palembang*, 5 Desember 2020.
- [6] E. A. Yuniarto, "Korektor Faktor Daya Otomatis Pada Instalasi Listrik Rumah Tangga," *GEMA TEKNOLOGI*, vol. 19, no. 4, pp. 24-30, 2018.
- [7] S. Anwar, "Rancang Bangun Pembangkit Energi Alternatif Roda Gila (Fly wheel)", *Jurnal Universitas Semarang*, 22 Februari 2022.
- [8] F. Rais, "Pembuatan Alat Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Dengan Menggunakan Alternator Mobil", *Universitas Muhammadiyah Sumatra Barat*, 29 Agustus 2024
- [9] T. P. Zaputra and N. Gusnita, "Analisis pengaruh jumlah lilitan dan kecepatan putar terhadap efisiensi pada permanent magnet synchronous generator (18 slot 16 pole)," *Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional, Universitas Negeri Padang*, 2023.
- [10] R. Juliardi et al., "Rancang bangun generator alternatif bertenaga baterai dan flywheel untuk kapal 3 GT nelayan Krueng Aceh," *Buletin Jalanidhitah Sarva Jivitam, Kementerian Kelautan dan Perikanan RI*, 2021.
- [11] R. P. Pernama, "Rancang Bangun Pemanfaatan Putaran Fly Wheel Sebagai Sumber Daya Listrik Pengolahan Emas Di Desa Lebong Tambang", *Politeknik Raflesia, Curup*, 2024.
- [12] R. L. Rajagukguk, D. D. B. Bangun, D. A. Manurung, D. Kurniawan dan J. A. Purba, "KAJIAN INVERTER PURE SINE WAVE TERHADAP BEBAN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA KAPASITAS 100 WP," *SINERGI POLMED*, vol. 2, pp. 70-78, 2023.
- [13] N. R. A. S. W. Rhezal Agung Ananto, "Perencanaan dan Implementasi Inverter Satu Fasa Pada Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro di Air Terjun Watu Lumpang Mojokerto," *Elpoys: Jurnal Sistem Kelistrikan Polinema*, vol. 09, no. 3, p. 108=114, 2022.
- [14] P. Prakasa, "Analisa Pengaruh Berat Flywheel Terhadap Putaran Pada Mesin Pembangkit