Risalah Fisika
Volume 6, Number 2, 2026 pp. 44-51
e-ISSN: 2548-9011
DOI: 10.35895/rf.v6i2.67

Kajian Efisiensi Energi Sistem *Prototype Lumina Drive* Integrasi Motor DC dan LED dalam Rangkaian Paralel

Tazkia Hayati*, Nurhamidah, Suhadi, Neneng Anjeli, Putri
Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang
* radefa.tazkiah23@gmail.com , nurhamidah_uin@radenfatah.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:
Received 18 November 2025
Revised 01 March 2026
Accepted 25 April 2026
Available online 07 July 2026

Keywords:
Energy Efficiency; Motor DC and LED; Parallel Circuit

This is an open access article under the CC BY-SA license. Copyright © 2025 by Author. Published by Physical Society Indonesia

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the energy efficiency level of the Lumina Drive device, a system that integrates two direct current (DC) motors and light-emitting diode (LED) with a single voltage source in a parallel circuit configuration. The Lumina Drive prototype was designed to demonstrate the process of converting electrical energy from a battery to rotational kinetic energy in the DC motor and light energy in the LED. The research method used was a quantitative experiment by measuring the voltage, current, input energy, and output energy of each component using a multimeter. Data were obtained through direct testing using a 9-volt battery voltage source, two DC motors and one LED unit. The test results showed that the total input energy of the system was 96.12 J, while the output energy consisting of the kinetic energy of the two DC motors and the electrical energy in the LED reached 9.7201 J, resulting in an overall efficiency of 10.11%. This efficiency value indicated that some of the input energy was successfully converted into useful energy, while the rest was lost due to mechanical losses, motor shaft friction, and internal circuit resistance. Nevertheless, Lumina Drive is effective as a learning medium to understand the concept of converting electrical energy into rotational kinetic and light energies in a parallel circuit. These findings provide a basis for the development of more efficient prototypes in further research.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat efisiensi energi pada perangkat *Lumina Drive*, yaitu sistem yang mengintegrasikan dua motor arus searah (DC) dan dioda pemancar cahaya (LED) dengan satu sumber tegangan dalam konfigurasi rangkaian paralel. Prototipe Lumina Drive dirancang untuk memperlihatkan proses konversi energi listrik dari baterai menuju energi kinetik rotasi pada motor DC dan energi cahaya pada LED. Metode penelitian yang digunakan ialah eksperimen kuantitatif melalui pengukuran tegangan, arus, energi masuk, dan energi keluar pada setiap komponen dengan menggunkan multimeter. Data diperoleh melalui pengujian langsung menggunakan sumber tegangan baterai 9 volt, dua motor DC dan satu unit LED. Hasil pengujian menunjukkan bahwa total energi masuk sistem sebesar 96.12 J, sedangkan energi keluaran yang terdiri atas energi kinetik kedua motor DC dan energi listrik pada LED mencapai 9.7201 J, sehingga dihasilkan efisiensi keseluruhan sebesar 10,11%. Nilai efisiensi ini menunjukkan bahwa sebagian energi masukan berhasil dikonversi menjadi energi berguna, sementara sisanya hilang akibat rugi mekanik, gesekan poros motor, serta resistansi internal rangkaian. Meskipun demikian, Lumina Drive efektif digunakan sebagai media pembelajaran untuk memahami konsep konversi energi listrik menjadi energi kinetik rotasi dan energi cahaya dalam rangkaian paralel. Temuan ini memberikan dasar bagi pengembangan prototipe yang lebih efisien pada penelitian selanjutnya.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi elektronika modern menuntut hadirnya sistem yang efisien dalam konsumsi listrik namun tetap mampu memberikan kinerja optimal. Salah satu pendekatan untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah dengan mengintegrasikan beberapa komponen elektronika ke dalam satu sumber daya yang sama. Motor DC dan LED merupakan dua komponen yang umum digunakan pada perangkat portabel, mainan edukatif, robotika dasar, dan sistem kelistrikan skala kecil. Penggunaan rangkaian paralel memungkinkan kedua komponen memperoleh tegangan yang sama sehingga dapat beroperasi secara bersamaan dalam satu sistem sumber tegangan.

Dalam penelitian ini digunakan prototipe *Lumina Drive*, yaitu perangkat sederhana yang menggabungkan dua motor DC dan satu LED dalam satu sumber tegangan tunggal dengan konfigurasi paralel. Lumina Drive dirancang sebagai alat demonstrasi untuk menunjukkan bagaimana energi listrik dapat dikonversi secara bersamaan menjadi energi mekanik melalui motor DC dan energi cahaya melalui LED. Karena seluruh komponen bekerja dalam satu sistem tegangan yang sama, perangkat ini menjadi objek yang tepat untuk menganalisis pembagian arus, perilaku beban listrik, serta efisiensi energi pada rangkaian paralel.

Kemajuan penelitian di bidang efisiensi energi telah mendorong pengembangan perangkat yang lebih ringkas, hemat daya, dan mudah direalisasikan. Motor DC dan LED dipilih karena konsumsi daya yang rendah serta kemudahan integrasinya ke dalam berbagai aplikasi. Penggabungan kedua komponen ini dalam satu sumber tegangan tunggal dengan konfigurasi paralel tidak hanya menyederhanakan rancangan, tetapi juga berpotensi meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi listrik. Efisiensi energi pada sistem seperti ini ditentukan oleh kemampuan rangkaian dalam mengubah energi listrik menjadi energi mekanik pada motor DC dan energi cahaya pada LED dengan kerugian daya minimal. Dalam rangkaian paralel, tegangan pada masing-masing komponen bernilai sama, namun arus yang mengalir ditentukan oleh karakteristik beban masing-masing. Perbedaan nilai impedansi inilah yang menghasilkan distribusi arus berbeda sehingga dapat memengaruhi kinerja keseluruhan sistem. Oleh karena itu, analisis efisiensi energi diperlukan untuk memahami bagaimana pembagian arus dalam konfigurasi paralel memengaruhi performa total perangkat (Alhani & Anayi, 2023). Penelitian ini secara khusus menganalisis efisiensi energi pada alat Lumina Drive yang mengintegrasikan motor DC dan LED berbasis sumber tegangan tunggal.

Pada alat Lumina Drive, efisiensi energi dianalisis dengan membandingkan total energi keluaran yang dihasilkan oleh motor DC dan LED terhadap energi masukan dari sumber tegangan tunggal. Karena rangkaian disusun secara paralel, setiap komponen menerima tegangan yang sama, sedangkan arus terbagi sesuai karakteristik bebannya masing-masing. Energi keluaran pada sistem ini merupakan penjumlahan energi mekanik dari kedua motor DC dan energi cahaya dari LED, sedangkan energi masukan berasal dari total energi listrik yang disuplai baterai selama alat beroperasi. Nilai efisiensi dihitung melalui perbandingan antara energi keluaran total dan energi masukan. Efisiensi yang tinggi menunjukkan bahwa sistem mampu mengonversi energi listrik menjadi energi mekanik dan cahaya dengan kerugian minimal, sedangkan efisiensi yang rendah menggambarkan adanya kehilangan energi yang signifikan akibat faktor mekanis, resistif, maupun distribusi arus pada cabang-cabang beban.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Marzuki & Purwanto (2024) menjelaskan bahwa penggunaan rangkaian paralel dalam sistem gabungan antara motor DC dan LED dapat meningkatkan efisiensi karena arus terdistribusi lebih stabil serta resistansi total menurun. Selanjutnya, studi dari Azim et al. (2024) menyebutkan bahwa integrasi beberapa komponen elektronika pada satu sumber tegangan dapat mengurangi rugi daya akibat perbedaan tegangan antar beban, sehingga konversi energi menjadi lebih efisien.

Studi terbaru menunjukkan bahwa pengendalian dan pengaturan daya pada sistem multi-beban memiliki peran penting dalam meningkatkan efisiensi energi. Metode seperti *Pulse Width Modulation* (PWM) dan konverter DC–DC berefisiensi tinggi terbukti mampu menjaga kestabilan tegangan serta mengoptimalkan distribusi daya pada tiap cabang rangkaian (Agrawal et al., 2022). Pada sistem dengan lebih dari satu beban listrik, kestabilan tegangan sangat krusial agar setiap komponen menerima energi sesuai kebutuhannya dan tidak terjadi rugi daya akibat fluktuasi arus. Prinsip ini relevan untuk dikaitkan dengan *prototype Lumina Drive*, yang mengoperasikan dua motor DC dan satu LED secara paralel pada satu sumber tegangan tunggal.

Selain itu, penelitian terbaru mengenai *driver* LED menunjukkan bahwa desain rangkaian yang tepat dapat menurunkan kehilangan energi hingga 20–30% dibandingkan dengan sistem konvensional, terutama pada kondisi beban ringan (Shaker et al., 2024). Temuan ini menekankan bahwa karakteristik beban seperti LED sangat dipengaruhi oleh kualitas pengaturan daya, sehingga sistem paralel sederhana seperti Lumina Drive juga berpotensi ditingkatkan efisiensinya di masa depan.

Pada sisi motor DC, metode pengendalian yang digunakan sangat memengaruhi efisiensi konversi energi dari listrik menjadi energi mekanik. Penelitian Agrawal et al. (2022) menunjukkan bahwa teknik kontrol seperti sinusoidal PWM atau *Space Vector Modulation* (SVM) mampu menurunkan rugi *switching* dan meningkatkan efisiensi konversi daya hingga lebih dari 90%. Berbeda dengan penelitian tersebut, motor DC pada Lumina Drive disuplai langsung dari baterai tanpa mekanisme kontrol lanjutan, sehingga wajar jika terjadi rugi daya lebih besar

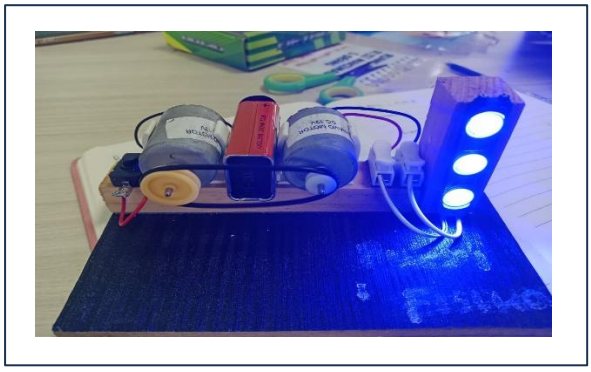
dan efisiensi mekanik yang rendah. Temuan penelitian terdahulu ini memberikan gambaran bahwa performa Lumina Drive dapat ditingkatkan di masa mendatang melalui integrasi teknik kontrol daya yang lebih efisien.

Meskipun demikian, efisiensi total sistem gabungan seperti Lumina Drive tidak hanya bergantung pada rancangan kelistrikannya saja, tetapi juga pada faktor lingkungan seperti suhu kerja, kondisi beban, serta kestabilan pasokan daya. Sistem manajemen energi yang menggunakan metode optimasi dan pemantauan *real-time* terbukti mampu meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem kelistrikan skala kecil Shaker et al. (2024).

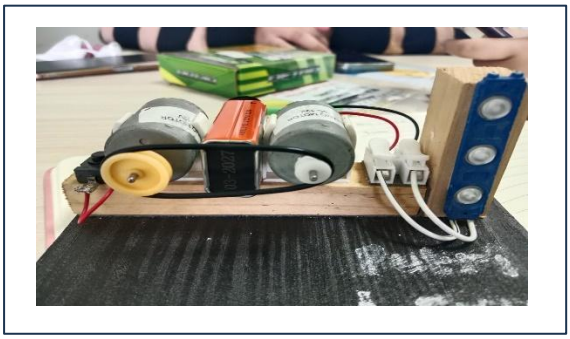
Oleh sebab itu, kajian mengenai efisiensi energi pada alat Lumina Drive menjadi sangat penting untuk mengetahui seberapa besar energi listrik yang dapat dimanfaatkan menjadi energi berguna, serta untuk mengidentifikasi bagian sistem yang menyebabkan rugi daya. Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi hemat energi berbasis integrasi motor DC dan LED dengan satu sumber tegangan dalam konfigurasi paralel.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Prototipe Lumina Drive adalah inovasi yang menghubungkan motor DC dan LED dalam satu sistem dengan satu sumber tegangan. Konsep ini memungkinkan dua komponen berbeda—beban motor berfungsi sebagai penggerak mekanik dan LED berfungsi sebagai beban optik. Dengan demikian, prototipe dapat bekerja secara bersamaan tanpa memerlukan sumber daya yang berbeda. Lumina Drive memiliki kemampuan untuk berfungsi sebagai visualiser transformasi energi, yang berarti energi mekanik yang dihasilkan oleh motor DC diubah menjadi cahaya yang dipancarkan oleh LED.

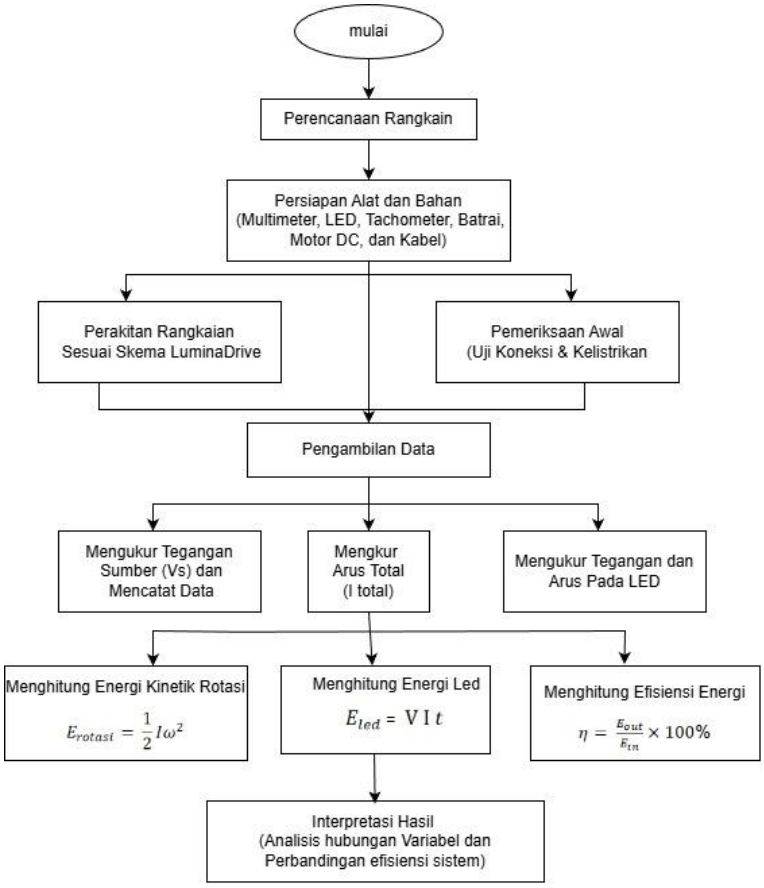


Gambar 1. Prototipe Lumina Drive dalam keadaan menyala



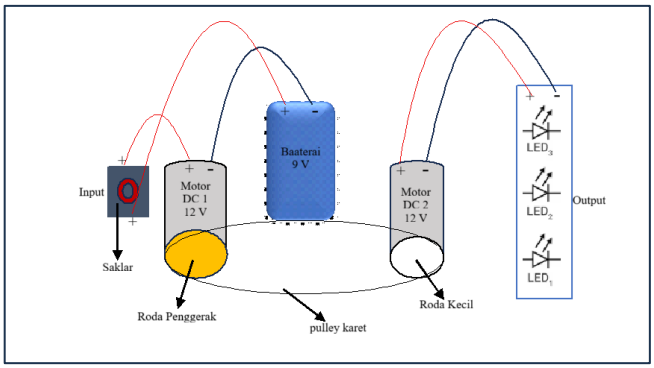
Gambar 2. Prototip Lumina Drive dalam keadaan mati

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuantitatif yang bertujuan untuk mengukur, menganalisis, dan membandingkan besaran listrik dan energi pada setiap komponen dalam prototipe Lumina Drive. Metode eksperimen dipilih karena mampu memberikan data empiris yang akurat mengenai hubungan antara energi input dan energi output pada sistem rangkaian paralel berbasis sumber tegangan tunggal. Pendekatan eksperimen dalam penelitian ini dilakukan dengan cara menguji langsung kinerja prototipe Lumina Drive menggunakan parameter terukur, yaitu tegangan (V), arus listrik (I), dan kecepatan putar motor DC (rpm). Seluruh pengukuran dilakukan menggunakan alat ukur digital berupa multimeter dan tachometer untuk memastikan reliabilitas data.

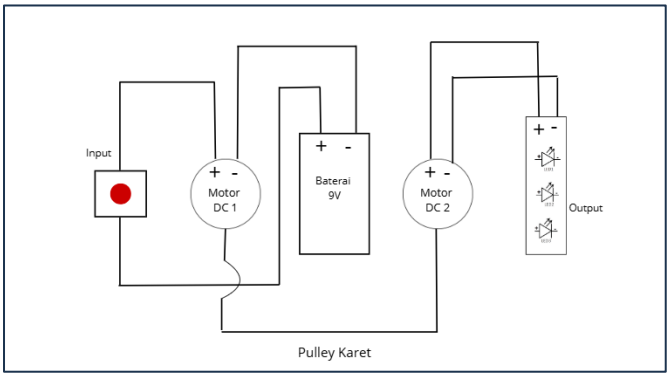


Gambar 3. *Flowchart* Alur Penelitian

Pengumpulan data dilakukan melalui tahapan pengukuran tegangan dan arus pada masing-masing cabang rangkaian, yaitu cabang Motor DC 1, Motor DC 2, dan cabang LED. Hal ini didasarkan pada karakteristik rangkaian paralel, di mana setiap beban memperoleh tegangan yang sama namun arus terbagi menurut impedansi masing-masing komponen. Nilai tegangan diukur dengan menyusun multimeter secara paralel pada tiap komponen, sementara arus diukur dengan menyusun multimeter secara seri pada masing-masing cabang. Setelah itu, kecepatan putar rotor pada kedua motor DC diukur menggunakan tachometer dengan menempatkan sensor pada poros motor.



Gambar 4. Skema Prototipe *Lumunina Drive*



Gambar 5. Skema Rangkaian Prototipe *Lumunina Drive*

Hasil pengukuran parameter listrik digunakan untuk menghitung energi input (E_{in}) dan energi output (E_{out}) pada setiap komponen. Energi input dihitung berdasarkan persamaan dasar:

$$E_{in} = VIt \qquad (1)$$

dengan *t* merupakan durasi operasional prototipe selama 60 detik. Sementara itu, energi output motor DC diperoleh melalui perhitungan energi kinetik rotasi menggunakan persamaan:

$$E_k = \frac{1}{2} I\omega^2 \qquad (2)$$

dengan I adalah momen inersia roda motor dan ω adalah kecepatan sudut hasil konversi dari nilai rpm. Energi LED dihitung berdasarkan daya listrik yang diserap komponen selama periode pengoperasian. Data numerik yang telah diperoleh kemudian dianalisis secara kuantitatif untuk menentukan tingkat efisiensi (η) masing-masing komponen, dihitung melalui perbandingan energi output terhadap energi input:

$$\eta = \frac{E_{out}}{E_{in}} \, x \, 100\,\% \qquad (3)$$

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui seberapa efektif prototipe Lumina Drive dalam mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dan energi cahaya, serta mengidentifikasi komponen yang memberikan kontribusi terbesar dan terkecil terhadap total efisiensi sistem.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, disajikan hasil pengukuran yang meliputi tegangan, arus, energi kinetik rotasi, serta efisiensi dari masing-masing komponen pada *prototype Lumina Drive*. Data hasil pengukuran diperoleh melalui pengujian langsung pada sistem rangkaian dengan sumber tegangan tunggal sebesar 9 V. Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran tegangan dan arus dari masing-masing komponen.

Tabel 1. Arus dan tegangan masing-masing komponen

Komponen	Tegangan (V)	Arus (A)
Motor DC 1	9	0,080
Motor DC 2	9	0,080
LED	9	0,018
Total	**9**	**0,178**

Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran tegangan dan arus pada setiap komponen penyusun prototipe Lumina Drive. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa seluruh komponen, yaitu Motor DC 1, Motor DC 2, dan LED memperoleh suplai tegangan yang sama sebesar 9 V. Namun, nilai arus yang mengalir pada masing-masing komponen berbeda, di mana Motor DC 1 dan Motor DC 2 masing-masing menyerap arus sebesar 0,080 A, sedangkan LED hanya menyerap arus sebesar 0,018 A energi masing-masing komponen.

Perbedaan nilai arus tersebut menunjukkan bahwa meskipun seluruh komponen memperoleh tegangan yang sama karena disusun dalam konfigurasi rangkaian paralel, kebutuhan arus setiap komponen ditentukan oleh karakteristik bebannya. Motor DC memerlukan arus yang lebih besar dibandingkan LED karena energi listrik yang diterima harus dikonversi menjadi energi mekanik melalui putaran rotor. Proses konversi energi tersebut melibatkan pembentukan medan magnet yang menghasilkan putaran pada rotor motor DC (Ambabunga et al., 2023). Sebaliknya, LED hanya mengubah energi listrik menjadi energi cahaya sehingga memerlukan arus yang relatif kecil. Hasil ini sesuai dengan teori rangkaian paralel yang menyatakan bahwa tegangan pada setiap cabang bernilai sama, sedangkan arus yang mengalir bergantung pada karakteristik masing-masing beban (Alexander & Sadiku, 2022).

Tabel 2. Tingkat energi masing-masing komponen

Komponen	**Energi (J)**
Motor DC 1	$8{,}66 \times 10^{-5}$
Motor DC 2	$2{,}87 \times 10^{-5}$
LED	9,72

Hasil perhitungan energi pada Tabel 2 menunjukkan bahwa Motor DC 1 menghasilkan energi kinetik rotasi sebesar $8{,}6579 \times 10^{-5}$ J, sedangkan Motor DC 2 menghasilkan $2{,}86559 \times 10^{-5}$ J. Sementara itu, energi yang dihitung pada LED mencapai 9,72 J, sehingga nilainya jauh lebih besar dibandingkan energi yang dihasilkan kedua motor DC.

Rendahnya energi kinetik kedua motor menunjukkan bahwa hanya sebagian kecil energi listrik berhasil dikonversi menjadi energi mekanik. Hal ini sesuai dengan prinsip kerja motor DC sebagai perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik (Yulyawan et al., 2022). Perbedaan energi yang dihasilkan antara Motor DC 1 dan Motor DC 2 diduga dipengaruhi oleh perbedaan karakteristik fisik masing-masing motor, seperti kecepatan putar (RPM), massa roda, diameter roda, momen inersia, dan kecepatan sudut yang dihasilkan. Selain itu, penggunaan motor DC mini serta adanya rugi-rugi mekanik selama proses transmisi juga diduga menyebabkan energi kinetik yang dihasilkan relatif rendah.Temuan ini sejalan dengan Gultom (2024) yang menyatakan bahwa motor DC mengubah energi listrik menjadi energi mekanik melalui pembentukan medan magnet yang menyebabkan rotor berputar. Besarnya energi yang dihasilkan motor juga dipengaruhi oleh daya dan lama waktu operasi (Sartika et al., 2024).

Nilai energi kinetik kedua motor jauh lebih kecil dibandingkan energi listrik yang digunakan oleh LED. Perbedaan tersebut terjadi karena energi yang dihitung pada motor merupakan energi keluaran dalam bentuk energi kinetik rotasi, sedangkan pada LED merupakan energi listrik yang dikonsumsi selama pengoperasian.

Tabel 3. Energi masukan dan energi keluaran masing-masing komponen

Komponen	**E_{in} (J)**	**E_{out} (J)**
Motor DC 1	43.2	$8{,}68 \times 10^{-5}$
Motor DC 2	43.2	$2{,}87 \times 10^{-5}$
LED	9.72	9,72
Total	**96.12**	**9,72 J**

Tabel 3 menyajikan hasil perhitungan energi masukan (*input energy*) dan energi keluaran (*output energy*) pada setiap komponen penyusun sistem Lumina Drive. Energi masukan dihitung menggunakan persamaan $E = VIt$, yaitu hasil perkalian antara tegangan sumber, arus listrik, dan lama waktu operasi selama 60 detik. Sementara itu, energi keluaran pada motor DC dinyatakan sebagai energi kinetik rotasi, sedangkan pada LED diperoleh dari energi cahaya yang dihasilkan selama proses pengoperasian. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa Motor DC 1 dan Motor DC 2 memiliki energi masukan yang sama, yaitu sebesar 43,2 J, sedangkan LED memiliki energi masukan sebesar 9,72 J. Kesamaan energi masukan pada kedua motor disebabkan oleh nilai tegangan dan arus yang sama pada kedua komponen dalam rangkaian paralel. Kondisi ini sesuai dengan teori dasar rangkaian listrik yang menyatakan bahwa besar energi listrik dipengaruhi oleh tegangan, arus, dan lama waktu operasi (Alexander & Sadiku, 2022).

Tabel 4. Efisiensi energi masing-masing komponen

Komponen	Efisiensi (%)
Motor DC 1	$9{,}01 \times 10^{-5}$
Motor DC 2	$2{,}98 \times 10^{-5}$
LED	10,11
Total	**10, 11**

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi pada Tabel 4, diperoleh bahwa LED memiliki nilai efisiensi tertinggi sebesar 10,11%, sedangkan Motor DC 1 memiliki efisiensi sebesar $9{,}01 \times 10^{-5}$ % dan Motor DC 2 sama dengan $2{,}98 \times 10^{-5}$ %. Secara keseluruhan, efisiensi sistem *Lumina Drive* sebesar 10,11 %. Nilai efisiensi yang lebih tinggi pada LED menunjukkan bahwa energi listrik yang digunakan selama pengoperasian lebih besar dibandingkan energi mekanik yang berhasil dihasilkan oleh kedua motor DC. Sebaliknya, rendahnya efisiensi motor DC menunjukkan bahwa hanya sebagian kecil energi listrik yang berhasil dikonversi menjadi energi mekanik, sedangkan sisanya hilang sebagai rugi-rugi selama proses konversi energi. Kondisi tersebut dapat dipengaruhi oleh gesekan pada poros, hambatan lilitan, rugi magnetik, serta slip pada sistem transmisi (Nurmalia et al., 2021). Perbedaan efisiensi antara kedua motor dipengaruhi oleh karakteristik masing-masing motor. Motor DC 1 menghasilkan energi kinetik rotasi yang lebih besar dibandingkan Motor DC 2 sehingga nilai efisiensinya juga lebih tinggi.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe *Lumina Drive* mampu memperlihatkan proses konversi energi listrik pada beban mekanik (motor DC) dan beban elektronik (LED) dalam satu sistem rangkaian paralel. Meskipun efisiensi sistem masih relatif rendah akibat dominannya rugi-rugi pada motor DC mini, prototipe ini tetap berpotensi digunakan sebagai media pembelajaran untuk menjelaskan konsep konversi energi, efisiensi energi, dan karakteristik rangkaian paralel. Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, seperti pembacaan arus menggunakan multimeter manual yang kurang stabil, perubahan kecepatan putar motor akibat fluktuasi arus, slip pada sabuk transmisi, serta keterbatasan ketelitian alat ukur, yaitu tachometer dan multimeter. Kondisi tersebut dapat memengaruhi hasil perhitungan energi dan efisiensi sehingga perlu diperhatikan pada penelitian selanjutnya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, prototipe *Lumina Drive* menunjukkan bahwa karakteristik beban memengaruhi proses konversi energi dan efisiensi sistem. Motor DC mengonversi energi listrik menjadi energi mekanik dengan efisiensi yang relatif rendah akibat adanya rugi-rugi selama proses konversi, sedangkan LED menunjukkan efisiensi yang lebih tinggi karena tidak melibatkan mekanisme mekanik. Dengan demikian, *Lumina Drive* dapat digunakan sebagai media pembelajaran untuk menjelaskan konsep konversi energi, efisiensi energi, dan karakteristik rangkaian paralel.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang atas fasilitas dan dukungan yang diberikan selama proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Agrawal, D., Kakde, B., & Karn, R. (2022). Performance Analysis of LED Driver Circuit using DC-DC Converter Topology. *WSEAS Transactions on Systems*, *21*, 185–192. https://doi.org/10.37394/23202.2022.21.20

Alexander, C., & Sadiku, M. (2022). *Fundamentals of Electric Circuits (7th.ed)*. McGraw-Hill Education.

Alhani, E., & Anayi, F. (2023). The design of a hybrid DC/DC converter for LED lighting system using a single switch. *Energy Reports*, *10*(October), 4491–4502. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.10.081

Ambabunga, Y., Bangpadang, E., & Pasuba, Y. (2023). Tinjauan Karakteristik Motor-motor Listrik DC Sebagai Media Pembelajaran. *Journal Dynamic SainT*, *08*(2), 1–7. https://doi.org/https://doi.org/10.47178/nvxs9173

Azim, F., Ullah, A., & Faizal, A. (2024). *Implementasi Kendali PID pada Kecepatan Motor DC Sebagai Media Pembelajaran Berbasis Arduino dan LabVIEW Implementation of PID Control on DC Motor Speed as Learning Media Based on Arduino and LabVIEW*. *06*(02), 139–151.

Gultom, K. H. (2024). *Analisis Efisiensi Energi pada Kendaraan Sepeda Listrik* [Universtas Medan Area]. https://repositori.uma.ac.id/handle/123456789/26610

Marzuki, Z., & Purwanto, L. M. . (2024). *FASAD MENGGUNAKAN SOFTWARE ECOTECT GEDUNG FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISNADWIPAYANA : SEBUAH PENDEKATAN EKSPERIMENTAL Increasing Building Energy Efficiency Through Facade Modification Using Ecotect at The Faculty of Engineering Building , Krisnadwipayan*. *6*(01), 30–45.

Nurmalia, A., Hadi, W., & Cahyadi, W. (2021). Performance Test of Three-Phase Brushless Direct Current Motor Axial Flux with Differences Diameter of Neodymium Type Permanent Magnet. *ELKHA : Jurnal Teknik Elektro*, *13*(1), 55–62. https://doi.org/https://doi.org/10.26418/elkha.v13i1.41693

Sartika, L., Praseyta, A. M., & Novtandy, T. (2024). Pengaruh Kecepatan Motor DC pada Mesin CNC Terhadap Konsumsi Energi di SMKN 2 Tarakan. *Media Elektrika*, *17*(2), 121–132. https://doi.org/https://doi.org/10.26714/me.v17i2.15527

Shaker, H. K., Keshta, H. E., Mosa, M. A., & Ali, A. A. (2024). Energy management system for multi interconnected microgrids during grid connected and autonomous operation modes considering load management. In *Scientific Reports* (Vol. 14, Issue 1). https://doi.org/10.1038/s41598-024-72952-5

Yulyawan, E. K., Baihaqi, M. A., Misdiyanto, M., & Prasetiyo, D. H. T. (2022). Studi Peningkatan Unjuk Kerja Motor DC dengan Penggulungan Ulang Metode Memusat. *Electrices : Jurnal Otomasi Kelistrikan Dan Energi Terbarukan*, *4*(1), 24–29. https://doi.org/https://doi.org/10.32722/ees.v4i1.4617