



## Karakterisasi Konsumsi Energi Motor *Blde* terhadap Beban Dinamis pada Kendaraan Listrik Hibrida

Wijaya Putra<sup>1</sup>, Supa Kusuma Aji<sup>2</sup>, Septyana Riskitasari<sup>3</sup>, Ahmad Hanif Firdaus<sup>4</sup>,  
<sup>1,2,3,4</sup> Politeknik Negeri Malang

Alamat: Jl. Soekarno Hatta No.9, Kota Malang, Jawa Timur

Korespondensi penulis: [wijayap866@gmail.com](mailto:wijayap866@gmail.com)

**Abstract.** *The rapid growth of motor vehicles, exceeding 169 million units in Indonesia by 2025, highlights the urgent need for energy-efficient and environmentally friendly transportation solutions, such as hybrid vehicles. Brushless Direct Current (BLDC) motors are crucial components in these systems due to their high efficiency and compact design, particularly when directly integrated into wheels. This study specifically aims to analyze the impact of varying loads on the power consumption of a BLDC motor within a front-wheel-drive hybrid motorcycle prototype equipped with a Continuously Variable Transmission (CVT) system. Experimental data was collected using a wattmeter on a prototype subjected to different passenger loads: 55 kg, 75 kg, and 100 kg, at constant speeds of 20 and 40 km/h. The findings consistently show that an increase in load significantly and positively correlates with higher power consumption of the BLDC motor. For instance, at 40 km/h, power consumption for a 100 kg load reached 729.578 Watt, whereas for a 55 kg load it was 649.605 Watt. This demonstrates that greater effort (power) is required from the motor to overcome the inertia and increased resistance associated with heavier loads. These results contribute to optimizing energy efficiency in hybrid vehicle design and underscore the importance of load management for sustainable transportation.*

**Keywords:** *BLDC motor, Hybrid vehicle, Load impact, Power consumption, Prototype.*

**Abstrak.** Pesatnya pertumbuhan kendaraan bermotor, yang melebihi 169 juta unit di Indonesia pada tahun 2025, menyoroti urgensi solusi transportasi hemat energi dan ramah lingkungan, seperti kendaraan *hybrid*. Motor *Brushless Direct Current (BLDC)* menjadi komponen krusial dalam sistem ini berkat efisiensinya yang tinggi dan desainnya yang ringkas, terutama saat diintegrasikan langsung pada roda. Penelitian ini secara spesifik bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi beban terhadap konsumsi daya motor *BLDC* pada prototipe motor *hybrid* penggerak roda depan yang dilengkapi dengan sistem *CVT*. Data eksperimen dikumpulkan menggunakan wattmeter pada prototipe yang dikenai beban penumpang berbeda: 55 kg, 75 kg, dan 100 kg, pada kecepatan konstan 20 dan 40 km/jam. Hasil penelitian secara konsisten menunjukkan bahwa peningkatan beban berkorelasi positif dan signifikan dengan peningkatan konsumsi daya motor *BLDC*. Sebagai contoh, pada kecepatan 40 km/jam, konsumsi daya pada beban 100 kg mencapai 729,578 Watt, sedangkan untuk beban 55 kg adalah 649,605 Watt. Ini membuktikan bahwa daya yang lebih besar dibutuhkan motor untuk mengatasi inersia dan resistansi yang meningkat akibat beban yang lebih berat. Temuan ini berkontribusi pada optimalisasi efisiensi energi dalam desain kendaraan *hybrid* dan menggarisbawahi pentingnya manajemen beban untuk transportasi berkelanjutan.

**Kata kunci:** Konsumsi daya, Kendaraan *hybrid*, Motor *BLDC*, Pengaruh beban, Prototipe.

### 1. LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi transportasi saat ini semakin diarahkan pada penciptaan sistem yang efisien dalam penggunaan energi dan berorientasi pada pelestarian lingkungan (Yulanto & Iskandar, 2021). Seiring dengan itu, lonjakan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia yang, menurut data dari Korlantas Polri pada tahun 2025, telah melampaui angka 169 juta unit, turut menyumbang terhadap peningkatan konsumsi bahan bakar fosil dan memperparah kondisi pencemaran udara (Ulum et al., 2021). Untuk menjawab tantangan tersebut, kendaraan *hybrid* mulai dikembangkan sebagai alternatif transisi menuju elektrifikasi penuh. Teknologi ini menggabungkan mesin berbahan bakar internal dengan motor listrik, sehingga efisiensi bahan

bakar meningkat dan emisi karbon dapat ditekan. Kendaraan *hybrid* umumnya dilengkapi dengan fitur seperti *regenerative braking* dan penggunaan motor listrik pada kecepatan rendah. Fitur-fitur ini memungkinkan penghematan energi yang cukup signifikan. Banyak penelitian menyatakan bahwa kendaraan *hybrid* berpotensi menjadi solusi antara yang menjembatani peralihan menuju kendaraan listrik sepenuhnya, karena kemampuannya menekan emisi gas buang dan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil (Rachmanto et al., 2020).

Namun demikian, dalam pengembangan sistem motor listrik pada kendaraan *hybrid*, salah satu kendala yang perlu diperhatikan adalah pengaruh beban kendaraan terhadap konsumsi energi dan efisiensi motor listrik. Berdasarkan studi sebelumnya yang dilakukan pada sepeda listrik E-Bomber, diketahui bahwa variabel seperti beban dan jarak tempuh berpengaruh signifikan terhadap daya yang dikonsumsi motor *BLDC*, di mana semakin berat beban, konsumsi daya pun meningkat secara proporsional (Rizal & Imammuddin, 2024). Penelitian ini mengambil pendekatan yang berbeda dengan memusatkan perhatian pada kinerja motor listrik *BLDC* yang digunakan dalam prototipe kendaraan *hybrid* dengan sistem penggerak roda depan.

Pada prototipe ini, motor listrik *BLDC* dipasang langsung pada roda depan kendaraan, tanpa menggunakan sistem transmisi tambahan, yang memungkinkan efisiensi kerja lebih tinggi dan desain kendaraan yang lebih sederhana (Saefudin et al., 2021). Selain itu, sistem transmisi *CVT* juga diterapkan pada roda belakang, yang secara langsung menambah beban total kendaraan. Beban tambahan dari *CVT* tersebut diyakini dapat memengaruhi kinerja motor listrik, khususnya dalam hal konsumsi daya saat berkendara.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi sejauh mana perubahan beban penumpang yang meliputi beban tubuh pengendara serta sistem *CVT* dapat memengaruhi konsumsi daya pada motor *BLDC*. Penelitian dilakukan dengan pendekatan eksperimental untuk memperoleh data yang akurat dan relevan. Dengan memahami hubungan antara beban dan konsumsi daya ini, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan sistem kendaraan *hybrid* yang lebih efisien dan ramah lingkungan, serta mendukung upaya menuju sistem transportasi yang berkelanjutan di masa depan.

## 2. KAJIAN TEORITIS

### Motor Listrik pada Sistem *Hybrid*

Motor listrik yang digunakan pada kendaraan *hybrid* umumnya terdiri atas dua jenis utama, yaitu motor *BLDC* (*Brushless Direct Current*) dan motor sinkron berbasis magnet permanen. Kedua jenis motor ini telah banyak diterapkan dalam sistem kendaraan listrik dan

*hybrid* karena memiliki sejumlah keunggulan yang signifikan dalam hal kinerja dan efisiensi. Motor *BLDC*, misalnya, dikenal dengan struktur tanpa sikat yang mengurangi gesekan mekanis serta memperpanjang umur operasional motor. Selain itu, motor ini memiliki tingkat efisiensi yang tinggi karena kehilangan energi akibat gesekan dan panas dapat diminimalkan. Efisiensi tinggi ini sangat penting dalam kendaraan *hybrid* karena berdampak langsung pada penghematan energi dan optimalisasi kinerja sistem secara keseluruhan (Andriansyah et al., 2023).

### **Motor *BLDC***

Motor *BLDC* salah satu jenis motor yang saat ini meningkat popularitasnya. Motor *BLDC* banyak digunakan di banyak industri seperti otomotif, penerbangan, medis, perangkat otomasi industri dan instrumentasi. Sesuai dengan namanya, motor *BLDC* tidak menggunakan *brush* atau sikat di dalamnya untuk keperluan komutasi, namun komutasinya diatur secara elektronik. Motor *BLDC* memiliki beberapa keuntungan dari pada motor *DC* diantaranya adalah karakteristik kecepatan dan torsi yang lebih baik, respon dinamik yang tinggi, efisiensi tinggi, masa pakai yang lama, tidak berisik saat motor bekerja, dan jangkauan kecepatan yang lebih tinggi (Arinando & Rohman, 2020). Motor *BLDC* dapat dilihat pada gambar 1 berikut.

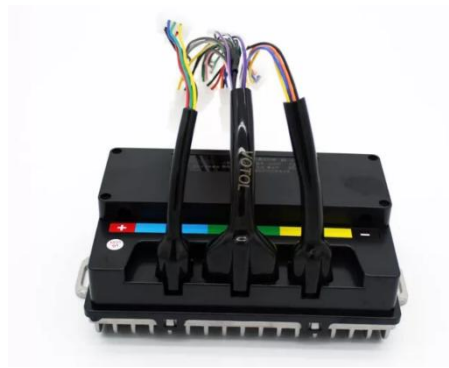


**Gambar 1. Motor *BLDC***

### **Kontroler Motor**

Kontroler *BLDC* merupakan salah satu komponen vital dalam pengoperasian motor listrik jenis brushless. Komponen ini berfungsi sebagai otak dari sistem penggerak motor, yang mengatur besar-kecilnya arus listrik, kecepatan putaran, arah rotasi, serta torsi motor sesuai dengan kebutuhan beban dan perintah dari sistem utama. Di dalam kontroler *BLDC* terdapat sebuah rangkaian inverter, yang berperan penting dalam mengubah sumber tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak-balik (AC) tiga fasa. Hal ini diperlukan karena motor brushless menggunakan prinsip kerja motor tiga fasa multipole, yang membutuhkan sinyal arus AC untuk

mengalirkan energi ke kumparan stator (Ikhsan et al., 2022). Kontroler dapat dilihat pada gambar 2:



**Gambar 2. Kontroler**

### **Wattmeter**

Wattmeter merupakan alat elektronik yang berfungsi untuk mengukur seperti, tegangan, arus, dan konsumsi daya. Pengaruh kondisi kecepatan terhadap konsumsi baterai ketika kecepatan tinggi motor *brushless* membutuhkan voltase yang lebih besar daripada kecepatan yang lebih rendah, semakin tinggi kecepatan maka voltase baterai akan semakin turun lebih besar untuk memutar motor listrik. Supaya mengetahui kondisi baterai saat digunakan dan setelah digunakan membutuhkan alat berupa wattmeter (Syafra et al., 2020) Wattmeter dapat dilihat pada gambar 3:



**Gambar 3. Wattmeter**

### **Baterai LiFePO4**

Baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePO<sub>4</sub>) merupakan salah satu jenis baterai lithium-ion yang digunakan sebagai sumber energi utama pada berbagai aplikasi, termasuk kendaraan *hybrid*. Baterai ini memiliki keunggulan berupa kepadatan energi yang tinggi, stabilitas termal, dan umur siklus yang panjang, menjadikannya ideal untuk menyuplai energi listrik secara konsisten ke motor pada *prototype* kendaraan *hybrid* (Mashudi et al., 2022). Dengan karakteristiknya yang stabil dan efisien, baterai LiFePO<sub>4</sub> mampu mendukung performa motor *hybrid* dalam kondisi beban yang bervariasi, sehingga berkontribusi pada efisiensi sistem secara keseluruhan studi. Baterai LiFePO<sub>4</sub> dapat dilihat pada gambar 4:



**Gambar 4 Baterai LiFePO4**

### 3. METODE PENELITIAN

#### Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang akan dilakukan adalah metode eksperimen murni dengan pendekatan kuantitatif, yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh beban terhadap konsumsi daya dan efisiensi pada *prototype* motor *hybrid*.

#### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan mulai bulan Februari – Juni 2025 Bertempat di Bengkel Otomotif Politeknik Negeri Malang

#### Alat dan Bahan Penelitian

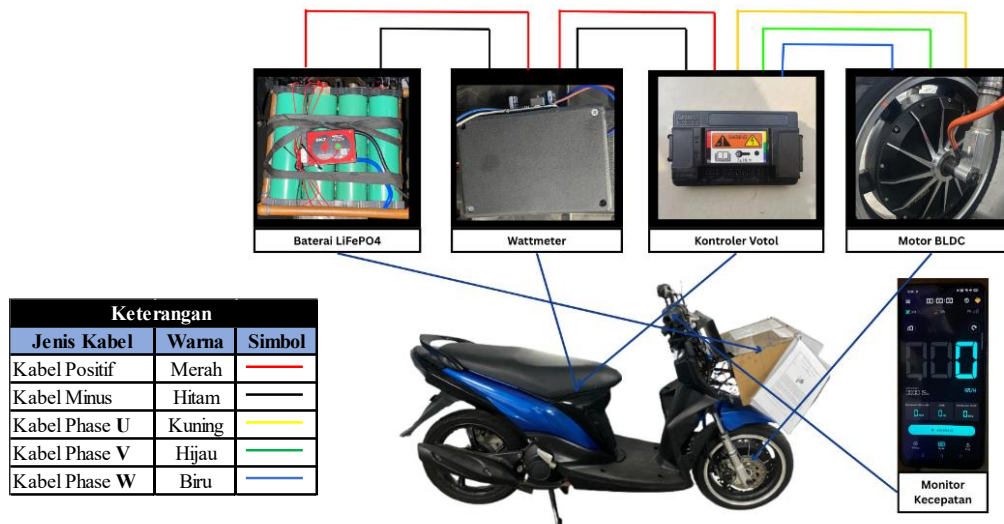
Demi kelancaran penelitian ini dibutuhkan alat dan bahan yang memadai. Penelitian ini membutuhkan alat dan bahan yang ditampilkan oleh tabel 1 sebagai berikut:

**Tabel 1. Alat dan Bahan Penelitian**

No.	Alat	Jumlah
1.	Wattmeter	1 buah
2.	Timbangan Berat Badan	1 buah
3.	<i>Handphone</i>	1 buah
4.	Laptop	1 buah
No.	Bahan	Jumlah
1.	<i>Prototype</i> Motor <i>Hybrid</i>	1 buah
2.	Kontroler Votol EM50	1 buah
3.	Motor <i>BLDC</i> 1,5kW 72V	1 buah
4.	Baterai LiFePO4 24v 22ah	1 buah

### Setting Peralatan Penelitian

Gambar 5 menunjukkan pengaturan eksperimen yang dimulai dengan baterai LiFePO4 yang mengalirkan arus ke monitoring wattmeter, karena alat tersebut dirangkai secara seri antara baterai dan kontroler *BLDC*.



Gambar 5. Setting Alat Penelitian

### Metode Pengambilan Data

Untuk mendukung keberhasilan penelitian ini, pengambilan data dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan *prototype* motor *hybrid* dengan sistem penggerak motor *BLDC* 1.500 Watt dan wattmeter terhubung.
2. Menyiapkan pengendara sebagai beban dengan berat badan 50 kg, 100 kg, dan 150 kg.
3. Menentukan kecepatan tetap untuk pengujian, yaitu 20 km/j, 30 km/j, dan 40 km/j.
4. Mengemudikan *prototype* motor *hybrid* oleh pengendara sesuai variasi beban dan kecepatan, lalu merekam data arus, tegangan, dan daya listrik.
5. Mencatat hasil pengukuran ke dalam tabel.
6. Memastikan waktu tempuh sama untuk setiap kombinasi variasi kecepatan dan beban.
7. Melakukan pengujian sebanyak tiga kali untuk setiap kombinasi variasi guna validasi data.
8. Mengakhiri pengujian setelah semua kombinasi variasi selesai diuji dan data lengkap diperoleh.
9. Menganalisis hasil pengujian untuk membandingkan parameter konsumsi daya dan performa motor *BLDC* pada setiap variasi beban pengendara dan kecepatan.

## Metode Pengolahan dan Analisis Data

Berikut merupakan proses pengolahan data yang akan dilakukan dalam penelitian ini:

1. Data hasil pengukuran diekspor dari spreadsheet ke Microsoft Excel dalam format .xlsx.
2. Data disusun dalam bentuk tabel dan dikonversi menjadi grafik berdasarkan variasi beban dan kecepatan.
3. Grafik digunakan untuk membandingkan antara variasi beban dan kecepatan

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

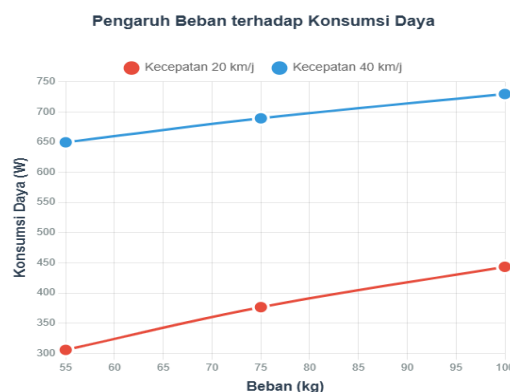
Data penelitian didapatkan dari uji jalan sepeda motor *hybrid* pada jalan lurus dengan variabel bebas beban 55 kg, 75 kg, 100 kg dan kecepatan 20km/j dan 40km/j serta variabel terikat konsumsi daya *BLDC* yang disajikan pada tabel 2 berikut:

**Tabel 2. Data Penelitian**

Beban (kg)	Kecepatan (km/j)	Tegangan (V)	Arus (A)	Konsumsi Daya (W)
55	20	71,92	4,25	305,815
	40	72,05	9,01	649,605
75	20	71,75	5,25	376,622
	40	70,2	9,81	689,305
100	20	71,51	6,2	443,408
	40	71,4	10,19	729,578

## Pengolahan dan Analisis Data

Setelah proses pengambilan data selesai dilaksanakan, langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan dan analisis data. Pengolahan data bertujuan untuk menyusun dan menganalisis hasil pengukuran daya dan efisiensi sistem motor *BLDC* berdasarkan variasi beban dan kecepatan pada *prototype* motor *hybrid*. Data yang diperoleh merupakan hasil pengukuran tegangan (V), arus (A), serta daya (W) yang dicatat melalui alat monitoring watt meter.



**Gambar 6. Grafik Penelitian**

Pengaruh Variasi Beban terhadap Konsumsi Daya pada Motor *BLDC* dalam *Prototype Motor Hybrid* Variasi beban pada sebuah sistem penggerak merupakan salah satu faktor krusial yang secara langsung memengaruhi tingkat konsumsi daya. Dalam penelitian ini, pengaruh beban dieksplorasi melalui tiga skenario massa yang berbeda: 55 kg, 75 kg, dan 100 kg. Analisis data menunjukkan bahwa peningkatan beban secara konsisten berimplikasi pada peningkatan konsumsi daya motor *Brushless Direct Current (BLDC)* pada prototipe motor *hybrid*.

Data hasil pengujian prototipe motor *hybrid* memperlihatkan tren peningkatan konsumsi daya yang jelas seiring dengan penambahan beban pada setiap variasi kecepatan.

- Pada kecepatan konstan 20 km/j, konsumsi daya meningkat dari 305,815 Watt (beban 55 kg) menjadi 376,622 Watt (beban 75 kg), dan mencapai 443,408 Watt (beban 100 kg). Ini menunjukkan kenaikan sebesar 23,19% dari 55 kg ke 75 kg, dan 17,74% dari 75 kg ke 100 kg.
- Pada kecepatan 40 km/j, konsumsi daya bertambah dari 649,605 Watt (beban 55 kg) ke 689,305 Watt (beban 75 kg), dan mencapai 729,578 Watt (beban 100 kg). Persentase kenaikan adalah 6,11% dari 55 kg ke 75 kg, dan 5,84% dari 75 kg ke 100 kg.

Pola ini secara empiris membuktikan bahwa semakin besar massa total yang harus digerakkan oleh prototipe, semakin tinggi daya yang harus disediakan oleh motor *BLDC*. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan energi yang lebih besar untuk mengatasi inersia massa yang lebih berat saat akselerasi dan untuk mempertahankan kecepatan konstan terhadap peningkatan gaya resistansi gulir serta hambatan lainnya. Observasi ini memperkuat argumen bahwa beban adalah faktor dominan yang memengaruhi konsumsi daya motor *BLDC*. Semakin besar beban, semakin besar gaya yang dibutuhkan motor untuk beroperasi, yang secara langsung menuntut lebih banyak energi listrik. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa peningkatan berat beban secara signifikan mengurangi efisiensi motor listrik karena meningkatnya kebutuhan daya untuk mengatasi resistansi tambahan.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada prototipe motor *hybrid* dengan variasi beban, dapat ditarik simpulan utama: Peningkatan beban kendaraan (dari 55 kg, 75 kg, hingga 100 kg) secara signifikan dan konsisten berkorelasi positif dengan peningkatan konsumsi daya motor *BLDC*. Semakin berat beban yang diangkut, semakin besar daya yang dibutuhkan motor untuk mengatasi inersia dan resistansi gerak, mengindikasikan

bahwa motor bekerja lebih keras untuk menjaga performa. Sebagai contoh, pada kecepatan 40 km/j, konsumsi daya untuk beban 100 kg mencapai 729,578 Watt, sedangkan untuk beban 55 kg adalah 649,605 Watt. Peningkatan konsumsi daya ini menunjukkan tuntutan performa yang lebih tinggi pada motor untuk menopang beban yang lebih besar.

### **Saran**

Berdasarkan penelitian pengaruh jarak dan beban terhadap konsumsi daya motor *BLDC* prototipe motor *hybrid*; saran untuk peneliti selanjutnya meliputi studi medan jalan seperti; menanjak, menurun, serta pengaruh kondisi cuaca meliputi; suhu, kelembapan, dan angin. Penelitian ini diharapkan memberikan wawasan mendalam tentang optimalisasi efisiensi energi serta responsivitas sepeda listrik terhadap berbagai kondisi operasional

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Politeknik Negeri Malang, Jurusan Teknik Mesin, serta Bengkel Kreatif Himpunan Mahasiswa Mesin telah memberikan kesempatan dan dukungan fasilitas, sarana dan prasana dalam pelaksanaan penelitian ini sehingga dapat memberikan pengalaman tambahan bagi peneliti.

### **DAFTAR REFERENSI**

- Encu Saefudin, Eka Taufiq Firmansyah, Dio Oktara, 2021. Perancangan Konsep Kendaraan Roda Tiga dengan Penggerak Motor Listrik. *JURNAL REKAYASA ENERGI DAN MEKANIKA – Vol. 02 No. 01 (April 2022) Halaman. 42-53*
- Andriansyah, W., Ridlwan, H. M., Al -Masta, M., Kelompok, N., Fisika Nuklir Dan Biofisika, K., Matematika, F., & Ilmu, D. (2023). *Analisis Konsumsi Energi Pada Sepeda Motor Listrik Prototipe Pause-Ap1 1,5 Kw*. 456–465. <http://prosiding.pnj.ac.id>
- Arinando, L., & Rohman, F. (n.d.). *Desain dan analisis pengaruh variasi nilai beban dan kecepatan laju kendaraan terhadap suhu kontroler motor BLDC pada purwarupa kendaraan listrik*.
- Elektro, J. E., Pembebanan, P., Kecepatan, D. P., Ikhsan, M., Widi, B., Wilyanti, S., Olivia, A., Faizah, S., & Pangestu, A. (n.d.). *MOTOR BLDC 1 KW PADA SEPEDA MOTOR LISTRIK*. <https://journal.uny.ac.id/index.php/jee>
- Fitra Abu Rizal, & Azam Muzakhim Imammuddin. (2024). Analisis Pengaruh Jarak dan Beban terhadap Konsumsi Daya Motor *BLDC* 2000 Watt pada Prototipe Sepeda Listrik E-Bomber. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*, 2(4), 342–354. <https://doi.org/10.61132/venus.v2i4.451>
- Pengaruh Beban Terhadap Efisiensi Konsumsi Baterai, A., Wayan Dika, J., & Hardiansyah, S. (2022). Lithium pada Sepeda Elektrik. *BRILIANT: Jurnal Riset Dan Konseptual*, 7(1). <https://doi.org/10.28926/briliant>

- Putra, O., Fadila, R., Andrijanto, E., & Ratna Suminar, D. (n.d.). *SINTESIS DAN KARAKTERISASI BAHAN KATODA BATERAI LITHIUM IRON PHOSPHATE (LiFePO<sub>4</sub>) MENGGUNAKAN METODE SOLID STATE REACTION*.
- Rachmanto, R. A., Sutantra, I. N., Sudarmanta, B., & Wasiwitono, U. (2020). Energy management system in series-parallel hybrid solar vehicle. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 72(72), 158–169. <https://doi.org/10.37934/ARFMTS.72.2.158169>
- Miftachul Ulum, Mutiara Hikmah, Achmad Fiqhi Ibaidillah, Kunto Aji Wibisono, 2021. Rancang Bangun Sepeda Listrik 250 Watt Dengan Mengukur Kecepatan Dan Daya Baterai. *Journal Of Electrical Engineering And Technology*.
- Syafra, W. F., Purwantono, P., Hasanuddin, H., & K, A. (2020). Power Consumption Analysis of a BLDC 24V 250W Electric Bike on An Assembled Lithium-ion Battery Pack. *MOTIVECTION : Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, 2(3), 1–10. <https://doi.org/10.46574/motivection.v2i3.63>
- Yulanto, D. M., & Iskandar, H. (2021). STUDI ANALISIS PERKEMBANGAN TEKNOLOGI KENDARAAN LISTRIK HIBRIDA. In *Journal of Automotive Technology* (Vol. 02, Issue 1). <https://journal.upy.ac.id/index.php/jatve/index>