

# Karakteristik Kendaraan Konversi Sepeda Motor Listrik Motor BLDC 2000 Watt *Type Hub Drive*

Hendy Yoga Prastya<sup>1</sup>, Belly Yan Dewantara<sup>2</sup>, dan Dr. Iradirtu Diah<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Hang Tuah, Surabaya

Jl. Arif Rahman Hakim No. 150, Kec. Keputih, Kota Surabaya, Jawa Timur 60111

e-mail: hendyprastya11@gmail.com

**Abstrak**— Seiring meningkatnya kesadaran akan isu lingkungan, transisi dari kendaraan berbahan bakar fosil ke kendaraan listrik menjadi sebuah solusi yang mendesak untuk menekan polusi udara. Namun, proses ini berpotensi meninggalkan masalah baru berupa limbah dari sepeda motor konvensional yang tidak lagi digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara komprehensif karakteristik performa dari sepeda motor yang telah dikonversi menjadi bertenaga listrik, sebagai solusi ganda untuk mengurangi limbah dan menyediakan alternatif kendaraan listrik yang terjangkau. Fokus utama studi ini adalah pengujian performa motor QS Motor BLDC 2000W tipe *hub drive* yang ditenagai oleh baterai BRT Lithium NMC 72V 20Ah dan dikontrol menggunakan controller 10 BRT, yang diaplikasikan pada sasis sepeda motor Kymco. Menggunakan metode eksperimental dengan *dynamometer test*, performa motor dievaluasi di bawah variasi kecepatan (10-50 km/jam) dan tiga kondisi beban (0 kg, 72 kg, dan 139 kg). Parameter kunci seperti arus, tegangan, daya, suhu, torsi, dan tenaga kuda (HP) diukur secara sistematis menggunakan sistem akuisisi data berbasis Arduino. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan dan beban secara signifikan meningkatkan kebutuhan arus dan daya. Terbukti, pada beban terberat (139 kg), konsumsi daya melonjak dari hanya 51,61 W pada 10 km/jam menjadi 1.162 W pada 50 km/jam, menunjukkan hubungan yang eksponensial. Seiring dengan itu, tegangan suplai mengalami penurunan (*voltage sag*) dan suhu motor menunjukkan tren peningkatan yang jelas seiring dengan beban kerja yang lebih berat. Data empiris yang dihasilkan membuktikan bahwa motor BLDC 2kW ini memiliki kapabilitas yang mumpuni untuk aplikasi konversi, sekaligus memberikan gambaran kinerja detail yang dapat menjadi acuan penting untuk optimalisasi proyek konversi serta pengembangan industri kendaraan listrik di masa depan.

**Kata kunci:** *Sepeda motor listrik, konversi kendaraan, motor BLDC, hub drive, performa kecepatan*

**Abstract**— With the increasing awareness of environmental issues, the transition from fossil fuel-powered vehicles to electric vehicles has become an urgent solution to reduce air pollution. However, this process has the potential to leave a new problem in the form of waste from conventional motorcycles that are no longer used. This study aims to comprehensively analyze the performance characteristics of motorcycles that have been converted to electric power, as a dual solution to reduce waste and provide an affordable electric vehicle alternative. The main focus of this study is the performance testing of a 2000W QS Motor BLDC hub drive type motor powered by a BRT Lithium NMC 72V 20Ah battery and controlled using a 10 BRT controller, which is applied to a Kymco motorcycle chassis. Using an experimental method with a dynamometer test, the motor performance is evaluated under various speeds (10-50 km/h) and three load conditions (0 kg, 72 kg, and 139 kg). Key parameters such as current, voltage, power, temperature, torque, and horsepower (HP) are systematically measured using an Arduino-based data acquisition system. The results show that increasing speed and load significantly increase the current and power requirements. Evidently, at the heaviest load (139 kg), power consumption jumps from only 51.61 W at 10 km/h to 1,162 W at 50 km/h, showing an exponential relationship. Along with that, the supply voltage drops (*voltage sag*) and the motor temperature shows a clear upward trend along with heavier workloads. The resulting empirical data proves that this 2kW BLDC motor has capable capabilities for conversion applications, while providing a detailed performance picture that can be an important reference for optimizing conversion projects and developing the electric vehicle industry in the future.

**Keywords:** *Electric motorcycles, vehicle conversions, BLDC motors, hub drives, speed performance*

## I. PENDAHULUAN

Pergeseran global menuju penggunaan kendaraan listrik didorong oleh urgensi untuk mengurangi dampak lingkungan dari kendaraan berbahan bakar fosil. Namun, transisi ini berpotensi menciptakan masalah baru, yaitu limbah dari sepeda motor konvensional yang tidak lagi digunakan dan berisiko menjadi limbah lingkungan. Salah

satu solusi inovatif untuk mengatasi kedua masalah tersebut adalah melakukan konversi pada sepeda motor lama, dengan mengganti mesin bensin menjadi sistem penggerak listrik. Metode konversi ini tidak hanya memberi kesempatan kedua bagi kendaraan lama, tetapi juga menawarkan alternatif kendaraan listrik yang lebih terjangkau bagi masyarakat luas, terutama di segmen ekonomi menengah ke bawah [1].

Motor listrik jenis *Brushless DC* (BLDC) menjadi pilihan utama untuk aplikasi kendaraan listrik karena berbagai keunggulannya [2]. Secara teknis, motor BLDC termasuk dalam kategori motor sinkron yang tidak menggunakan sikat (*brush*), sehingga memiliki efisiensi lebih tinggi, durabilitas lebih panjang, dan torsi awal yang besar. Motor ini menggunakan magnet permanen pada rotor dan elektromagnet pada stator, serta beroperasi dengan sumber tegangan DC yang diubah menjadi AC oleh inverter 3 fasa. Berdasarkan analisis kebutuhan daya untuk aplikasi sejenis, daya motor sebesar 2 kW dinilai ideal untuk penelitian ini [3]. Untuk memastikan kinerja dan keamanan, uji performa dan implementasi sistem instrumentasi pada motor listrik hasil konversi menjadi sangat penting [4]. Berbagai parameter operasional seperti torsi, daya, dan konsumsi energi perlu dipantau secara akurat untuk mengevaluasi efisiensi, terutama karena faktor seperti beban pengendara memiliki pengaruh yang signifikan terhadap performa kendaraan [5]. Oleh karena itu, penelitian ini secara spesifik bertujuan untuk menguji dan mengetahui karakteristik performa dari motor BLDC 2000W tipe *hub drive* yang dipasang pada sepeda motor Kymco hasil konversi, dengan fokus pada parameter torsi, *horse power*, tegangan, arus, dan suhu di bawah berbagai kondisi operasional.

## II. STUDI PUSTAKA

### A. Studi Literatur

Motor *BrushlessDC* (BLDC) adalah termasuk salah satu jenis motor DC, pada motor jenis ini tidak terdapat bagian sikat dan komutator. Motor *Brushless DC* ini termasuk dalam jenis motor sinkron, yang artinya medan magnet yang dihasilkan oleh stator dan medan magnet yang dihasilkan oleh rotor berputar pada frekuensi yang sama. Motor *Brushless DC* ini tidak mengalami slip seperti yang terjadi pada motor induksi biasa. Motor jenis ini mempunyai magnet permanen pada bagian rotor dan *electromagnet* pada bagian stator. Walaupun merupakan motor listrik sinkron 3 fasa, motor ini tetap termasuk kategori motor DC karena pada implementasinya motor *Brushless DC* ini menggunakan sumber tegangan DC sebagai sumber energi utama yang kemudian diubah menjadi tegangan AC dengan menggunakan inverter 3 fasa [6].

#### Rumus Torsi

$$T = \frac{P \times 9.5488}{N} \quad (1)$$

Dimana :

P = Power (W)

N = Kecepatan Motor (rpm)

9.5488 = Konstanta Konversi

#### Rumus Horse Power (Hp)

$$\text{Horse Power (Hp)} = \frac{T \times N}{7121} \quad (2)$$

Dimana :

T = Torsi (Nm)

N = Kecepatan Putaran (rpm)

7121 = Konstanta Konversi

#### Rumus Daya Motor Listrik

$$P = V \times I \quad (3)$$

Dimana :

P = Daya (kW)

V = tegangan listrik (Volt)

A = arus listrik dalam satuan Ampere

### B. Mesin Motor Listrik Tipe Hub Drive

Motor yang paling cocok digunakan untuk motor listrik adalah motor *Brushless Direct Current* karena memiliki keunggulan dibandingkan dengan motor *Direct Current* dan motor induksi. Motor yang menggunakan *Brushless Direct Current Hub* membutuhkan control yang terpisah untuk operasi yang berkelanjutan. Pada penelitian ini menggunakan motor *brushless direct current hub* yang digerakkan oleh rangkaian daya berupa inverter tiga fasa dengan tiga variasi beban resistif pada kondisi motoring.



Gambar 1. Tipe Hub Drive

### C. Controller

*Controller* ini digunakan untuk mengatur kecepatan. Batas daya dan kecepatan dapat diatur, mirip dengan unit kendali CDI atau ECU, bahkan ada soket lain yang berfungsi sebagai aksesoris lainnya. Pilihannya sangat beragam, ada yang bisa diatur melalui *smartphone*, ada pula yang bisa digunakan dengan *laptop* [7].



Gambar 2. Controller

Pada perancangan kali ini, kami memilih kontrol dinamo merek *Votol-Em50n* dengan spesifikasi 80 amper. Lebih dari standart, karena mengingat hasil perancangan ini peruntukannya mengangkut beban berat layaknya gerobak pengangkut barang yang ada di bandar udara [8].

### D. Battery lithium-ion

Proses pengisian baterai adalah salah satu proses yang perlu diperhatikan karena memberikan dampak penting terhadap kesehatan dan kinerja baterai itu sendiri. Tujuan penggunaan rangkaian BMS (*battery management system*) adalah menjaga keamanan baterai untuk dapat digunakan pada perangkat elektronik, meski bekerja pada tegangan tinggi. Kerusakan pada baterai biasanya disebabkan karena penggunaan yang tidak ideal dan baterai tidak dilengkapi sistem proteksi, sehingga baterai tetap beroperasi meskipun dalam kondisi *over-voltage*, *over-current* dan *over-heat* ketika proses *charging* atau pengisian [9].



Gambar 3. Battery lithium-ion

### E. Kendaraan Motor Listrik

Sepeda motor berbahan bakar yang sudah tidak digunakan dapat kembali digunakan dengan mengganti mesinnya menjadi mesin listrik. Melalui konversi ini, kendaraan listrik dapat dibuat dengan biaya yang lebih terjangkau, memungkinkan lebih banyak masyarakat untuk mengaksesnya, terutama mereka yang berada di kelas ekonomi menengah ke bawah [10].

### F. Mesin Motor Listrik Tipe Hub Drive

Motor yang paling cocok digunakan untuk motor listrik adalah motor Brushless Direct Current karena memiliki keunggulan dibandingkan dengan motor Direct Current dan motor induksi [11]. Motor yang menggunakan Brushless Direct Current Hub membutuhkan control yang terpisah untuk operasi yang berkelanjutan. Pada penelitian ini menggunakan motor brushless direct current hub yang digerakkan oleh rangkaian daya berupa inverter tiga fasa dengan tiga variasi beban resistif pada kondisi motoring [12].

### G. Metode Dynotest

Pengambilan data dilakukan menggunakan Dynamometer (Dynotest) yang terintegrasi dengan Arduino Uno sebagai sistem akuisisi data. Perangkat uji meliputi dynotest, sensor arus, tegangan, suhu, serta komputer untuk pencatatan data. Motor listrik yang diuji merupakan motor BLDC hub drive 2000 Watt yang terpasang pada sepeda motor Kymco hasil konversi. Sepeda motor diposisikan di atas roller dyno dan diamankan menggunakan ratchet strap.

## III. METODE PENELITIAN

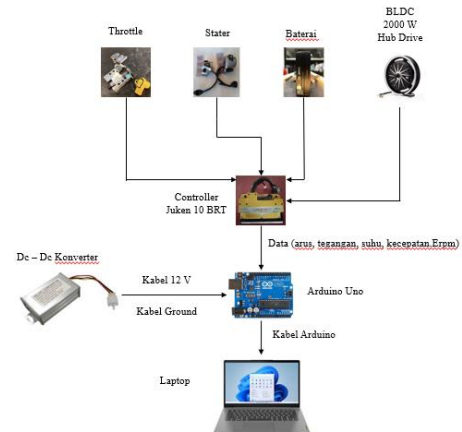
### A. Diagram Alir

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa motor BLDC 2kW tipe hub drive dengan variasi kecepatan yang telah ditentukan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental.



Gambar 4. Diagram Alir

Langkah awal dalam penelitian ini adalah menentukan variasi kecepatan sebesar 10 km/jam, 20 km/jam, 30 km/jam, 40 km/jam, dan 50 km/jam. Setiap variasi kecepatan akan diuji sebanyak lima kali untuk memperoleh nilai torsi, horse power, dan daya motor. Pengujian dilakukan menggunakan *dynamometer* dan Arduino yang telah disiapkan untuk mengukur parameter tersebut. Jika diperlukan, variasi kecepatan dapat diubah, lalu pengujian dapat dilakukan kembali menggunakan Arduino dan *dynamometer*. Setelah pengujian selesai, nilai parameter yang diinginkan akan muncul dan dapat dianalisis lebih lanjut



Gambar 5. Perancangan Hardware

Gambar 5 merupakan perancangan Pengaturan daya motor dilakukan menggunakan *controller*, yang berperan dalam mengontrol dan mengoptimalkan kinerja motor listrik sesuai dengan kebutuhan. *Controller* kemudian mengirimkan data performa motor ke Arduino, yang bertugas untuk merekam, mengolah, dan menyimpan data tersebut. Selanjutnya, hasil pengolahan data ditampilkan secara real-time pada LCD, sehingga pengguna dapat memantau parameter penting seperti tegangan, arus, daya, torsi, dan kecepatan motor.

### B. Pengumpulan Data

Uji performa kecepatan pada motor BLDC 2000 W terhadap konversi kendaraan listrik maka sangatlah penting melakukan perhitungan yang akurat, oleh karena itu agar memberikan gambaran yang lebih jelas pada sebuah tabel perbandingan yang lengkap dan terperinci

Agar komunikasi serial melalui RS-485 berjalan optimal, diperlukan konfigurasi parameter seperti *baud rate* 9600 bps, data 8 bit, *stop bit* 1, dan tanpa *flow control*. Protokol *Modbus RTU* digunakan untuk membaca data dari inverter *zamdon* dengan *function code* 04, yang mengakses *input register* bersifat *read-only* secara langsung dan *real-time*.

Setiap parameter seperti tegangan input, tegangan output, dan arus beban disimpan pada alamat *register* yang berbeda. Nilai-nilai yang diperoleh dari *register* ini biasanya berupa data digital mentah yang harus dikalikan dengan faktor skala tertentu agar dapat ditampilkan dalam satuan yang sesuai. Tabel 1 menyajikan tiga parameter utama yang digunakan dalam sistem *monitoring*, beserta alamat *register*

dan satuannya: Dynamometer test yang mencakup berbagai parameter penting seperti waktu (s), kecepatan (KM), arus listrik (A), tegangan (V), torsi (NM), *horse power* (HP) dan konsumsi daya (KW). Data diperoleh melalui serangkaian pengujian yang dilakukan sebanyak lima kali dalam setiap percobaan untuk memastikan akurasi dan konsistensi hasil. Pengukuran ini bertujuan untuk menganalisis performa motor dalam berbagai kondisi berdasarkan parameter yang telah ditentukan.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Pengujian Performa Menggunakan Dynamometer Test

Pengujian performa adalah suatu proses yang bertujuan mengukur beberapa parameter yang seperti daya atau tenaga, torsi, kecepatan rotasi mesin, efisiensi arus listrik, suhu, getaran dan karakteristik kecepatan. Namun, karena keterbatasan alat, tidak semua data tersebut dapat diperoleh. Berdasarkan diagram alir yang telah ditentukan, parameter data yang akan diambil untuk pengujian performa antara lain, daya, torsi, kecepatan maksimum, kecepatan rotasi mesin.

##### B. Karakteristik rata-rata pada Beban 0 Kg

Tabel 1. Data rata-rata pada Beban 0 Kg

Kecepatan (km/jam)	Arus (A)	Tegangan (V)	Power (W)	Suhu °C	Torsi (Nm)	HP
10	2,24	82,40	184	33,36	15,54	0,24
20	6,14	82,00	504	33,56	21,19	0,67
30	10,7	81,54	879	34,10	24,63	1,18
40	15,36	81,00	1.243	35,32	26,14	1,67
50	19,8	79,07	1.587	36,45	26,36	2,10

Secara jelas menggambarkan hubungan antara kecepatan dan performa motor secara keseluruhan. Seiring dengan meningkatnya kecepatan dari 10 km/jam hingga 50 km/jam, terdapat lonjakan kebutuhan energi yang sangat signifikan. Arus (*Current*) yang ditarik oleh motor meningkat hampir sepuluh kali lipat, dari 2,24 A menjadi 19,8 A. Peningkatan arus yang drastis ini secara langsung menyebabkan konsumsi daya (*Power*) melonjak secara eksponensial, dari 184 W pada kecepatan rendah menjadi 1.567 W pada kecepatan puncak.

Sebagai akibat dari tarikan arus yang semakin besar, tegangan (*Voltage*) suplai dari baterai menunjukkan penurunan (*voltage sag*) yang bertahap namun konsisten, dari 82,40 V menjadi 79,07 V. Dari sisi mekanis, untuk mengatasi hambatan yang lebih besar pada kecepatan tinggi, motor menghasilkan torsi (*Torque*) yang terus meningkat dari 15,54 Nm hingga 26,36 Nm. Peningkatan torsi dan kecepatan putaran ini menghasilkan *output* tenaga (*Horse Power*) yang naik secara signifikan dari 0,24 hp menjadi 2,10 hp. Terakhir, suhu (*Temperature*) motor juga menunjukkan tren kenaikan yang stabil, yang merupakan konsekuensi logis dari kerja motor yang semakin berat dan konsumsi daya yang lebih tinggi.

##### C. Karakteristik Rata-Rata pada Beban 72 Kg

Tabel 2. Data rata-rata pada Beban 72 Kg

Kecepatan (km/jam)	Arus (A)	Tegangan (V)	Power (W)	Suhu °C	Torsi (Nm)	HP
10	1,61	83,40	134,23	33,85	11,28	0,18
20	4,34	82,46	357,94	34,43	15,04	0,48
30	9,31	82,36	766,58	35,52	21,46	1,03
40	11,06	82,17	908,27	36,49	29,09	1,22
50	14,33	81,95	1.150,0	45,88	29,26	1,40

Konsisten dengan data sebelumnya, seiring dengan peningkatan kecepatan dari 10 km/jam hingga 50 km/jam, terjadi peningkatan yang jelas pada arus, daya (*Power*), dan *Horse Power*. Ini menunjukkan bahwa tenaga yang lebih besar diperlukan untuk mencapai kecepatan yang lebih tinggi.

##### D. Karakteristik Rata-Rata pada Beban 139 Kg

Tabel 3. Data rata-rata pada Beban 139 Kg

Kecepatan (km/jam)	Arus (A)	Tegangan (V)	Power (W)	Suhu °C	Torsi (Nm)	HP
10	0,61	82,56	51,61	33,82	4,26	0,06
20	2,27	82,06	186,44	45,50	7,84	0,25
30	5,66	82,12	458,1	35,30	12,74	0,61
40	9,77	81,26	786,32	45,88	16,40	1,05
50	14,33	81,36	1.162	45,88	19,26	1,54

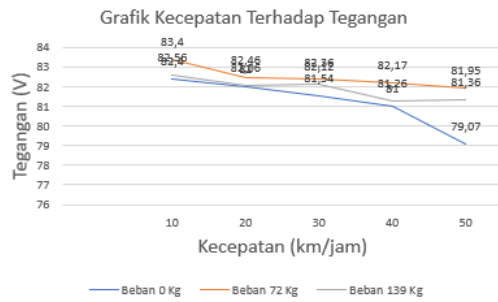
Pada data sebelumnya, terlihat pola yang konsisten: seiring dengan peningkatan kecepatan kendaraan (dari 10 km/jam ke 50 km/jam), arus, daya (*Power*), dan tenaga kuda (*Horse Power*) meningkat secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem membutuhkan lebih banyak energi untuk mencapai kecepatan yang lebih tinggi.

##### E. Grafik Perbandingan antara Beban 0 Kg, 72 Kg, 139 Kg



Gambar 6. Grafik Kecepatan terhadap Arus

Secara keseluruhan, grafik ini dengan jelas menggambarkan bahwa beban adalah faktor krusial yang mempengaruhi konsumsi arus dalam hubungan kecepatan. Semakin berat beban, semakin besar arus yang ditarik oleh sistem, terutama pada kecepatan tinggi.



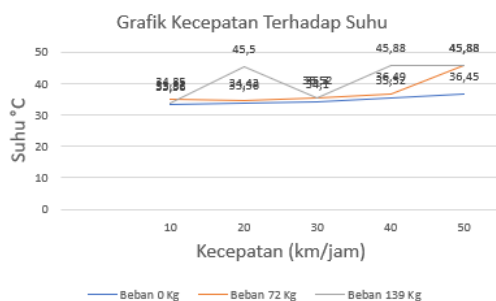
Gambar 7. Grafik Kecepatan terhadap Tegangan

Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan bahwa meskipun ada kecenderungan umum penurunan tegangan seiring kecepatan, beban memiliki dampak yang signifikan pada profil penurunan tegangan tersebut. Menariknya, sistem tampaknya menjaga tegangan lebih stabil saat ada beban (72 Kg dan 139 Kg) dibandingkan dengan kondisi tanpa beban pada kecepatan tinggi.



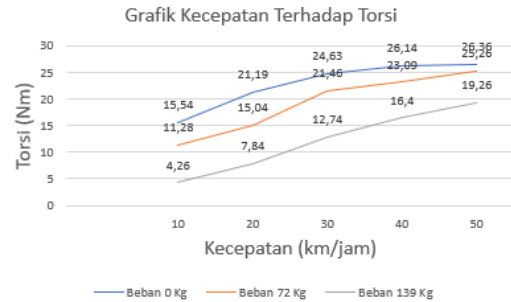
Gambar 8. Grafik Kecepatan terhadap Power

Seiring peningkatan kecepatan, perbedaan daya antar beban menjadi semakin besar. Pada 50 km/jam, daya yang dibutuhkan untuk Beban 0 Kg mencapai 1.567 W, sedangkan Beban 139 Kg hanya membutuhkan 1.162 W. Ini menunjukkan bahwa dampak beban pada konsumsi daya lebih terasa pada kecepatan operasional yang lebih tinggi.



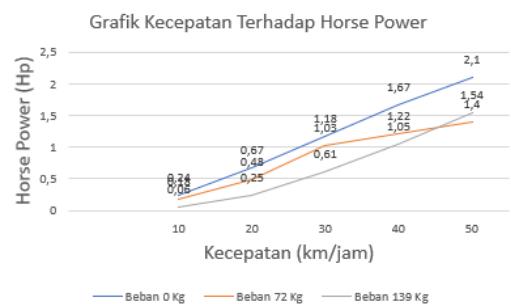
Gambar 6. Grafik Kecepatan terhadap Suhu

Secara umum, terdapat kecenderungan suhu operasional meningkat seiring dengan peningkatan kecepatan untuk semua kondisi beban. Ini adalah hasil yang diharapkan karena kerja yang lebih keras pada kecepatan tinggi akan menghasilkan lebih banyak panas akibat gesekan dan efisiensi konversi energi.



Gambar 9. Grafik Kecepatan terhadap Torsi

Untuk semua kondisi beban, torsi yang dihasilkan cenderung meningkat seiring dengan peningkatan kecepatan. Ini menunjukkan bahwa sistem memerlukan gaya putar yang lebih besar untuk mencapai dan mempertahankan kecepatan yang lebih tinggi, terutama karena hambatan jalan atau udara meningkat.



Gambar 10. Grafik Kecepatan terhadap Horse Power

Terlihat bahwa tenaga kuda (*Horse Power*) yang dihasilkan atau dibutuhkan meningkat secara signifikan seiring dengan peningkatan kecepatan untuk semua kondisi beban. Hal ini konsisten dengan prinsip bahwa untuk mencapai dan mempertahankan kecepatan yang lebih tinggi, diperlukan tenaga mekanik yang lebih besar.

## V. KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa motor listrik BLDC 2000W tipe hub drive mampu menggerakkan sepeda motor hasil konversi dengan performa yang baik pada berbagai variasi kecepatan dan beban. Performa motor sangat dipengaruhi oleh kecepatan dan beban, di mana konsumsi daya meningkat secara eksponensial pada kecepatan tinggi. Hubungan antara arus, torsi, dan daya terbukti bersifat linear. Sistem pendinginan motor terbukti cukup efektif, meskipun disarankan adanya optimalisasi untuk penggunaan beban berat dan kecepatan tinggi secara berkelanjutan. Secara keseluruhan, konversi sepeda motor menggunakan sistem ini terbukti menjadi solusi yang layak dan ramah lingkungan.

## REFERENSI

- [1] A. Derisman, M. R. Fauzi, D. Denur, J. Japri, J. Jusnita, and Z. Zikri, "Konversi sepeda motor Yamaha Mio Sporty menjadi sepeda motor listrik dengan metode sambung langsung," *Jurnal Surya Teknik*, vol. 11, no. 1, pp. 379–382, 2024. J. Clerk Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3<sup>rd</sup> ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68–73.

- [2] A. O. Design, D. D. Suranto, S. Anwar, M. Nuruddin, and T. Zain, "[Judul artikel tidak tersedia]," *J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 47–53, 2023K. Elissa, "Title of paper if known," unpublished.
- [3] D. C. Putro, "Efisiensi penggunaan motor BLDC terhadap beban dan kecepatan sepeda motor listrik," pp. 1–6, Apr. 2024.
- [4] F. Irsyadi, M. Arrofiq, B. Sumanto, and M. S. P, "Perancangan dan implementasi sistem monitoring kecepatan motor BLDC hub bergir pada sepeda listrik," *JST (Jurnal Sains Terapan)*, vol. 7, no. 1, 2021.
- [5] Gita Arya Pratama<sup>1</sup>, M. Krisna Ramadhani Ananta<sup>2</sup>, Rio Winas Setia Budi<sup>3</sup>Belly Yan Dewantara<sup>4</sup>danIradiratu D. P.K "Kontrol Kecepatan MotorBrushless DCMenggunakan Double Boost ConverterBerbasisPI" CYCLOTRON 2020.
- [6] I. INSANI, "Rancang bangun motor listrik BLDC tipe hub 1000 W untuk penggerak sepeda motor," No. 437598, 2021
- [7] N. Desryanto, P. Surya, E. Mandiri, and B. T. Tractor, "Prototype listrik tenaga surya sebagai motor," vol. 7, pp. 4206–4218, 2024.
- [8] N. Dharmaputra and P. Adi, "Desain dan implementasi sistem instrumentasi sepeda motor listrik serta uji coba kinerjanya," vol. 5, no. 01, 2022.
- [9] Wijaya, N. S. (2024). Uji Konsumsi Daya Energi Kendaraan Konversi Vespa Listrik 2000 Watt Sesuai Iso 130641 . Surabaya: Universitas Airlangga.
- [10] Y. N. Hilal, P. Muliandhi, and E. N. Ardina, "Analisa balancing BMS (battery management system) pada pengisian baterai lithium- ion tipe INR 18650 dengan metode cut off," *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, vol. 14, no. 2, pp. 367–374, 2023
- [11] N. M. A. S. and D. Mulyana, "Pengaturan Kecepatan Motor Brushless DC(Direct Current) Menggunakan Cuk Converter," *J. Tek. Elektro dan Komput. TRIAC*, vol. 6, no. 2, pp. 11–16, 2019, doi: 10.21107/triac.v6i2.5990.
- [12] G. A. Pratama, M. K. R. Ananta, R. W. Setia Budi, B. Y. Dewantara, and I. K, "Kontrol Kecepatan Motor Brushless DC Menggunakan Double Boost Converter Berbasis PI," *Cyclotron*, vol. 3, no. 1, pp. 7–10, 2020, doi: 10.30651/cl.v3i1.4303.