



Pengaruh Variasi Beban dan Kecepatan terhadap Arus Motor Hub BLDC pada Sepeda Listrik

Fariz Hernanto Oktafiandri^{1*}, Eko Yudiyanto²

¹⁻²Program Studi Teknik Otomotif Elektronik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

*Penulis Korespondensi: farizhernanto2410@gmail.com

Abstract. *The development of electric vehicle technology has encouraged the use of electric bicycles as an environmentally friendly and energy-efficient mode of transportation. One of the main components of an electric bicycle is the hub BLDC (Brushless Direct Current) motor, which is considered more efficient because it is directly integrated into the wheel without requiring a chain transmission system. However, the performance of the hub BLDC motor is affected by operating conditions, particularly variations in load and speed, which influence current consumption and overall electrical performance. This study aimed to analyze the effect of load and speed variations on the current consumption of a hub BLDC motor. A quantitative experimental method was employed by conducting direct tests on an electric bicycle using load variations of 50 kg, 60 kg, and 70 kg, as well as speed variations of 30 km/h, 35 km/h, and 40 km/h. Current measurements were carried out in real time using a PZEM 051 sensor, and the collected data were analyzed using average values obtained from repeated measurements. The results showed that increasing the load and speed led to higher current consumption of the hub BLDC motor, from 4.6 A to 5.0 A under load variation and from 4.5 A to 5.1 A under speed variation. These findings indicate that both load and speed significantly affect the electrical current required by the hub BLDC motor, demonstrating that greater operating demands result in higher energy consumption.*

Keywords: *Current Consumption; Electric Bicycle; Hub BLDC Motor; Load Variation; Speed Variation.*

Abstrak. Perkembangan teknologi kendaraan listrik telah mendorong penggunaan sepeda listrik sebagai salah satu moda transportasi yang ramah lingkungan dan hemat energi. Salah satu komponen utama pada sepeda listrik adalah motor hub BLDC (*Brushless Direct Current*) yang dinilai lebih efisien karena terintegrasi langsung pada roda tanpa memerlukan sistem transmisi rantai. Namun, kinerja motor hub BLDC dipengaruhi oleh kondisi operasi, khususnya variasi beban dan kecepatan, yang dapat memengaruhi konsumsi arus serta performa kelistrikan secara keseluruhan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi beban dan kecepatan terhadap konsumsi arus pada motor hub BLDC. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen kuantitatif melalui pengujian langsung pada sepeda listrik dengan variasi beban 50 kg, 60 kg, dan 70 kg, serta variasi kecepatan 30 km/jam, 35 km/jam, dan 40 km/jam. Pengukuran arus dilakukan secara real-time menggunakan sensor PZEM-051, sedangkan data hasil pengujian dianalisis berdasarkan nilai rata-rata dari setiap pengulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan beban dan kecepatan menyebabkan konsumsi arus motor hub BLDC meningkat, yaitu dari 4,6 A menjadi 5,0 A pada variasi beban dan dari 4,5 A menjadi 5,1 A pada variasi kecepatan. Temuan ini menunjukkan bahwa beban dan kecepatan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya arus yang dibutuhkan oleh motor hub BLDC, sehingga semakin tinggi kondisi operasi, semakin besar pula konsumsi energi listrik yang diperlukan.

Kata Kunci: Konsumsi Arus; Motor BLDC Hub; Sepeda Listrik; Variasi Beban; Variasi Kecepatan.

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi kendaraan listrik kian pesat sebagai respons terhadap kebutuhan transportasi yang ramah lingkungan dan hemat energi (Anugrah et al., 2020). Selain mampu mengurangi emisi gas buang, sepeda listrik juga menjadi salah satu solusi dalam mendukung penggunaan energi yang lebih berkelanjutan. Seiring dengan meningkatnya penggunaan sepeda listrik, penelitian mengenai kinerja dan efisiensi sistem penggerak menjadi penting untuk mendukung pengembangan kendaraan listrik yang lebih optimal. Sepeda listrik (*e-bike*) menjadi salah satu solusi yang banyak dikembangkan karena menggabungkan keunggulan sepeda konvensional dengan tenaga listrik, sehingga lebih nyaman dan efisien

digunakan, terutama di medan menanjak. Dalam mendukung efisiensi dan keberlanjutan transportasi, penulis mengonversi sepeda gunung biasa menjadi *e-bike* menggunakan motor Hub BLDC sebagai penggerak utama (Muhardian & Krismadinata, 2020).

Salah satu komponen utama pada sepeda listrik adalah motor *Hub Brushless Direct Current* (BLDC) yang berfungsi sebagai penggerak utama kendaraan. Motor Hub BLDC memiliki beberapa keunggulan, seperti efisiensi yang tinggi, konstruksi yang sederhana, tingkat kebisingan yang rendah, serta tidak memerlukan sistem transmisi tambahan karena motor dipasang langsung pada roda. Karakteristik tersebut menjadikan motor Hub BLDC banyak diterapkan pada sepeda listrik karena mampu memberikan performa yang baik dengan kebutuhan perawatan yang relatif rendah. Prinsip kerja motor listrik ini harus menggunakan kontroler untuk dapat berfungsi, rangkaian dari motor listrik BLDC tersebut ada 3 komponen (stator, rotor dan *casing*) (Rahman & Kristiyadi, 2023).

Meskipun demikian, kinerja motor Hub BLDC dipengaruhi oleh berbagai kondisi operasi selama penggunaan. Variasi beban akibat perbedaan berat pengendara maupun muatan yang dibawa akan meningkatkan kebutuhan torsi motor untuk menggerakkan sepeda listrik. Selain itu, peningkatan kecepatan kendaraan juga menyebabkan motor memerlukan daya yang lebih besar agar mampu mempertahankan putaran sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Perubahan kondisi operasi tersebut berdampak pada besarnya arus yang mengalir dari baterai menuju motor. Konsumsi arus merupakan salah satu parameter penting karena berkaitan langsung dengan penggunaan energi listrik, efisiensi sistem, dan lama waktu penggunaan baterai pada sepeda listrik.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa performa motor BLDC pada kendaraan listrik dipengaruhi secara signifikan oleh beban dan jarak tempuh. Pada prototipe sepeda listrik E-Bomber dengan motor BLDC 2000 Watt, ditemukan bahwa semakin jauh jarak dan semakin berat beban, konsumsi daya motor meningkat, dari rata-rata terendah 500 Watt (3 km, 60 kg) hingga tertinggi 522,5 Watt (8 km, 80 kg) (Ikhsan et al., 2022a). Penelitian lain pada sepeda motor listrik MOLIVET dengan motor BLDC 500 Watt menunjukkan bahwa penambahan beban 90 kg menyebabkan penurunan performa, ditandai dengan turunnya kecepatan, torsi, daya, dan arus, meskipun baterai masih cukup efisien untuk menempuh 20,38 km selama 38,01 menit. Sementara itu, penelitian pada motor BLDC 1 kW membuktikan bahwa peningkatan berat beban dan kecepatan berkorelasi langsung dengan meningkatnya daya dan kapasitas baterai yang digunakan, mempercepat habisnya daya baterai, dengan konsumsi daya tertinggi tercatat pada 693,66 Watt (38 km/jam, 125 kg) dan terendah 136,39 Watt (10 km/jam, 60 kg) (Dwi Khotimah et al., 2021). Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, penelitian ini

bertujuan untuk menganalisis karakteristik konsumsi arus motor HUB BLDC pada sepeda listrik akibat variasi beban dan kecepatan operasi. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai hubungan antara beban, kecepatan, dan konsumsi arus motor, sehingga dapat menjadi dasar dalam mengevaluasi performa sistem penggerak serta mendukung pengembangan sepeda listrik yang lebih efisien dalam penggunaan energi.

2. KAJIAN TEORITIS

Sepeda Listrik

Sepeda listrik adalah kendaraan roda dua yang dibantu motor listrik bertenaga baterai untuk meringankan kayuhan, terutama saat menanjak atau akselerasi. Dibandingkan sepeda biasa, sepeda ini lebih praktis, hemat energi, dan ramah lingkungan (Triwijaya et al., 2021a). Selain ramah lingkungan dan hemat energi, sepeda listrik juga praktis digunakan dalam aktivitas sehari-hari di berbagai medan, baik perkotaan maupun perdesaan (Edukasi Elektro et al., 2022a). Kemajuan teknologinya memungkinkan pemantauan parameter seperti kecepatan, konsumsi daya, dan jarak tempuh, sehingga mendukung evaluasi dan pengembangan sistem secara berkelanjutan (Sholikha et al., 2022).

Motor Hub BLDC

Motor hub BLDC (Brushless Direct Current) merupakan jenis motor listrik tanpa sikat yang banyak digunakan pada kendaraan listrik, termasuk sepeda listrik, karena memiliki efisiensi tinggi, respons torsi yang baik, serta perawatan yang relatif rendah. Berbeda dengan motor DC konvensional, motor BLDC tidak menggunakan sikat (*brush*) dan komutator mekanis, melainkan menggunakan sistem komutasi elektronik yang dikendalikan oleh controller untuk menghasilkan putaran rotor. Motor Hub BLDC bekerja berdasarkan prinsip interaksi antara medan magnet stator dan rotor yang dikendalikan secara elektronik tanpa menggunakan sikat (*brush*). Arus listrik yang dialirkan secara bergantian ke kumparan stator menghasilkan medan magnet berputar yang menggerakkan rotor.

Pada motor hub, rotor terhubung langsung dengan roda sehingga putaran motor langsung menggerakkan roda tanpa memerlukan sistem transmisi. Prinsip kerja tersebut menjadikan motor Hub BLDC memiliki efisiensi tinggi, torsi yang baik, tingkat kebisingan rendah, serta perawatan yang lebih sederhana dibandingkan motor DC konvensional (Ridhani et al., 2025). Dalam penelitian ini, motor hub BLDC digunakan sebagai komponen utama penggerak sepeda listrik yang mengubah energi listrik dari baterai menjadi energi mekanik berupa putaran roda. Motor ini bekerja dengan medan magnet dan kumparan yang dikendalikan secara elektronik, menghasilkan putaran halus, efisien, dan senyap. Karena tidak menggunakan

sikat karbon dan tidak memerlukan rantai atau transmisi, motor ini lebih sederhana, tahan lama, dan minim perawatan. Rotor berisi magnet permanen, sementara statornya berupa belitan yang menghasilkan kutub magnet sesuai arah arus, memungkinkan respons cepat terhadap perubahan beban dan kecepatan (Wijaya Putra et al., 2025).

Kontroler BLDC

Kontroler BLDC adalah perangkat elektronik yang mengatur kinerja motor BLDC, termasuk kecepatan, arah putaran, dan distribusi arus ke kumparan. Kontroler bekerja dengan mengatur suplai arus dan tegangan yang berasal dari baterai menuju motor sehingga motor dapat beroperasi sesuai kebutuhan kecepatan dan beban. Selain itu, kontroler juga berperan dalam proses komutasi elektronik pada motor BLDC dengan mengubah arus searah (DC) menjadi sinyal tiga fasa yang diperlukan untuk menghasilkan putaran pada rotor. Karena motor ini tidak memiliki sikat, kontroler berperan penting dalam mengatur waktu nyala kumparan secara presisi melalui sistem switching elektronik (Irsyadi et al., 2021). Kontroler menerima input dari throttle, sensor kecepatan, atau beban, lalu mengubahnya menjadi sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) untuk mengatur daya ke motor (Ayuning Fasalina & Pembimbing Ir Rusdhianto Effendie, 2018). Dengan bantuan sensor hall dan sistem kontrol proporsional, kontroler dapat menyesuaikan output secara akurat sesuai kebutuhan motor (Edukasi Elektro et al., 2022b).

PZEM-051

PZEM-051 adalah modul pengukur daya digital DC multifungsi dari Peacefair yang digunakan sebagai instrumen utama dalam penelitian ini untuk memantau kinerja kelistrikan secara *real-time*. Modul ini terintegrasi secara serial pada jalur daya utama sistem untuk mengukur empat parameter krusial secara simultan: Tegangan, Arus, Daya Aktif, dan Energi Terakumulasi. Pada penelitian ini, PZEM-051 digunakan sebagai alat ukur untuk mengetahui besar arus listrik yang mengalir dari baterai menuju controller dan motor hub BLDC saat sepeda listrik beroperasi. Data arus yang diperoleh dari PZEM-051 kemudian digunakan sebagai parameter utama dalam menganalisis pengaruh variasi beban terhadap performa motor hub BLDC pada sepeda listrik. Dengan rentang pengukuran hingga dan arus hingga (dengan *shunt* eksternal), PZEM-051 memberikan data Arus yang sangat penting untuk analisis hubungan beban dan performa. Akurasi pengukuran yang dimiliki oleh instrumen ini memastikan keandalan data yang dikumpulkan untuk memvalidasi hipotesis dan hasil eksperimen (Ikhsan et al., 2022b).

Performa Motor Listrik

Performa motor listrik mencerminkan efisiensinya dalam mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Pada sepeda listrik dengan motor hub BLDC, performa diukur melalui tegangan, arus, daya, torsi, kecepatan, dan efisiensi (Mahendra et al., 2024). Tegangan dan arus menunjukkan konsumsi energi, sementara daya diperoleh dari hasil perkalian keduanya. Semakin besar beban, maka arus dan daya yang dibutuhkan juga akan meningkat (Putro & Samsul Ma'arif, 2024).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuantitatif untuk melihat bagaimana perubahan beban memengaruhi kinerja motor hub BLDC. Data diperoleh dari pengujian langsung dengan beberapa variasi beban, kemudian dianalisis dengan cara menggambarkan hasilnya menggunakan statistik sederhana agar mudah dipahami.

Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini, terdapat tiga jenis variabel yang diamati, yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel terkontrol. Variabel bebas terdiri dari beban massa dan kecepatan. Beban massa ditentukan berdasarkan berat pengendara dengan tiga variasi, yaitu 50 kg, 60 kg, dan 70 kg, sedangkan kecepatan diatur melalui tiga mode kecepatan pada sepeda listrik. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah arus listrik (I) yang diukur pada motor hub BLDC selama pengujian, yang digunakan untuk menganalisis pengaruh variasi beban dan kecepatan terhadap konsumsi arus motor. Sementara itu, variabel terkontrol meliputi komponen dan kondisi yang dijaga tetap selama penelitian, yaitu jenis magnet motor, baterai lithium-ion, kondisi jalan berupa lintasan menanjak dengan sudut 8° , tipe motor hub BLDC yang digunakan, serta durasi pengujian.

Proses Pengambilan Data

Proses pengambilan data pada penelitian ini dilakukan setelah perakitan sepeda listrik dengan motor hub BLDC (*Brushless Direct Current*) selesai dan seluruh komponen sistem dipastikan berfungsi dengan baik. Pengukuran arus listrik dilakukan menggunakan sensor PZEM-051 yang dipasang pada rangkaian antara baterai dan kontroler motor untuk membaca arus yang mengalir selama sepeda listrik beroperasi. Pengujian dilakukan dengan beberapa variasi beban yang telah ditentukan untuk mengetahui pengaruh beban terhadap arus yang digunakan motor hub BLDC. Pada setiap variasi beban, sepeda listrik dijalankan hingga mencapai kondisi operasi yang stabil, kemudian nilai arus yang ditampilkan oleh sensor PZEM-051 dicatat sebagai data penelitian. Pengambilan data dilakukan secara berulang pada

setiap kondisi pengujian untuk memperoleh hasil yang lebih akurat, kemudian seluruh data dicatat dan digunakan untuk analisis lebih lanjut.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut merupakan tabel dan grafik hasil dari pengambilan data yang telah dilakukan:

Tabel 1. Tabel pengujian terhadap Arus.

Mode Kecepatan	Beban (Kg)	Pengujian 1 Arus	Pengujian 2 Arus	Pengujian 3 Arus
30 Km/jam	50	4,2	4,4	4,2
	60	4,4	4,5	4,5
	70	4,6	4,8	4,7
35 Km/jam	50	4,5	4,7	4,6
	60	4,7	4,8	4,8
	70	4,9	5,1	5,0
40 Km/jam	50	4,8	5,0	4,9
	60	5,0	5,1	5,1
	70	5,2	5,4	5,3

Hasil pengujian arus pada sepeda listrik dilakukan dengan tiga variasi kecepatan, yaitu 30 km/jam, 35 km/jam, dan 40 km/jam, serta tiga variasi beban, yaitu 50 kg, 60 kg, dan 70 kg. Pada setiap kombinasi kecepatan dan beban dilakukan tiga kali pengujian untuk mengetahui konsistensi hasil pengukuran. Data hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh bahwa nilai arus cenderung meningkat seiring bertambahnya beban maupun kecepatan kendaraan. Nilai arus terendah diperoleh pada kecepatan 30 km/jam dengan beban 50 kg, sedangkan nilai arus tertinggi diperoleh pada kecepatan 40 km/jam dengan beban 70 kg. Selain itu, hasil pengulangan menunjukkan selisih yang relatif kecil sehingga dapat dikatakan bahwa proses pengukuran memiliki tingkat konsistensi yang baik.

Pengaruh Beban Terhadap Arus

Tabel 2. Tabel rata-rata Beban terhadap Arus.

Rata-Rata	
Beban (Kg)	Arus (A)
50 Kg	4,6
60 Kg	4,8
70 Kg	5,0

Berdasarkan Tabel 1.2, terlihat bahwa peningkatan beban menyebabkan nilai arus yang dikonsumsi oleh motor listrik mengalami peningkatan. Pada beban 50 kg diperoleh arus rata-rata sebesar 4,6 A, kemudian meningkat menjadi 4,8 A pada beban 60 kg dan mencapai 5,0 A pada beban 70 kg. Kenaikan tersebut menunjukkan bahwa semakin besar beban yang diterima

oleh sepeda listrik, maka semakin besar pula arus yang diperlukan oleh motor untuk menghasilkan torsi yang mampu menggerakkan kendaraan.

Secara teoritis, peningkatan beban akan meningkatkan gaya yang harus dihasilkan motor untuk menggerakkan kendaraan. Akibatnya, motor membutuhkan daya yang lebih besar sehingga arus yang mengalir dari baterai menuju motor ikut meningkat. Dengan demikian, hubungan antara beban dan arus pada hasil pengujian menunjukkan kecenderungan yang berbanding lurus. Selain itu, peningkatan arus pada setiap penambahan beban terjadi secara bertahap tanpa adanya perubahan yang signifikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa sistem penggerak mampu merespons perubahan beban secara stabil selama proses pengujian.

Pengaruh Kecepatan Terhadap Arus

Tabel 3. Tabel pengujian Kecepatan terhadap Arus.

Rata-rata	
Kecepatan (Km/jam)	Arus (A)
30 Km/jam	4,5
35 Km/jam	4,8
40 Km/jam	5,1

Berdasarkan Tabel 1.3, peningkatan kecepatan juga berpengaruh terhadap besarnya arus yang dikonsumsi oleh motor. Pada kecepatan 30 km/jam diperoleh arus rata-rata sebesar 4,5 A, kemudian meningkat menjadi 4,8 A pada kecepatan 35 km/jam, dan mencapai 5,1 A pada kecepatan 40 km/jam. Peningkatan arus tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan yang diinginkan, semakin besar daya listrik yang harus disuplai oleh baterai kepada motor. Pada kondisi kecepatan yang lebih tinggi, motor harus berputar lebih cepat untuk mempertahankan laju kendaraan sehingga konsumsi energi listrik meningkat. Kondisi tersebut menyebabkan arus yang mengalir menuju motor menjadi lebih besar dibandingkan pada kecepatan yang lebih rendah. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa kecepatan merupakan salah satu faktor yang memengaruhi konsumsi arus pada sepeda listrik. Oleh karena itu, pengoperasian kendaraan pada kecepatan yang lebih tinggi akan berdampak pada meningkatnya penggunaan energi listrik dari baterai.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa variasi beban dan kecepatan berpengaruh terhadap konsumsi arus pada motor HUB BLDC sepeda listrik. Peningkatan beban dari 50 kg menjadi 70 kg menyebabkan rata-rata arus

meningkat dari 4,6 A menjadi 5,0 A. Sementara itu, peningkatan kecepatan dari 30 km/jam menjadi 40 km/jam juga meningkatkan rata-rata arus dari 4,5 A menjadi 5,1 A. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar beban yang diterima dan semakin tinggi kecepatan operasi, semakin besar pula arus yang dibutuhkan motor untuk menghasilkan torsi dan mempertahankan putaran sesuai dengan kondisi pengoperasian. Dengan demikian, variasi beban dan kecepatan merupakan faktor yang memengaruhi kebutuhan energi listrik pada motor HUB BLDC, sehingga perlu menjadi pertimbangan dalam pengoperasian maupun pengembangan sistem penggerak sepeda listrik agar penggunaan energi menjadi lebih efisien.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengujian dengan variasi beban dan kecepatan yang lebih beragam agar karakteristik konsumsi arus motor HUB BLDC dapat dianalisis secara lebih menyeluruh. Selain itu, pengujian dapat dilakukan pada berbagai kondisi lintasan, seperti jalan datar, tanjakan, dan turunan, untuk mengetahui pengaruh kondisi operasi terhadap konsumsi arus motor. Penelitian berikutnya juga dapat menambahkan parameter pengujian lain, seperti tegangan, daya, temperatur motor, efisiensi sistem, serta kondisi baterai (*state of charge*), sehingga evaluasi kinerja sepeda listrik menjadi lebih komprehensif. Di samping itu, penggunaan jumlah pengulangan yang lebih banyak dan instrumen pengukuran dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi diharapkan dapat meningkatkan keandalan data dan kualitas hasil penelitian.

DAFTAR REFERENSI

- Anugrah, R. F., Diah, I., & Dewantara, B. Y. (2020). Kontrol motor *brushless DC* menggunakan *six step commutation* dengan kontrol PID (*Proportional Integral Derivative*). *TRIAC: Jurnal Ilmiah Elektronika dan Kontrol*, 7(2). <https://doi.org/10.21107/triac.v7i2.7923>
- Ayuning Fasalina, N., & Effendie, R. (2018). *Pengaturan kecepatan motor brushless DC dengan menggunakan metode PID STR*.
- Dwi Khotimah, N., Rifa, M., & Ziegler Nichols. (2021). Desain sistem kontrol kecepatan motor menggunakan kendali PID pada *solar E-bike*. *Jurnal Elkolind*, 8(2). <https://doi.org/10.33795/elkolind.v8i2.271>
- Ikhsan, M., Widi, B., Wilyanti, S., Olivia, A., Faizah, S., & Pangestu, A. (2022). Pengaruh pembebanan dan pengaturan kecepatan motor BLDC 1 KW pada sepeda motor listrik. *Jurnal Edukasi Elektro*. <https://doi.org/10.21831/jee.v6i2.53318>
- Ikhsan, M., Widi, B., Wilyanti, S., Olivia, A., Faizah, S., & Pangestu, A. (2022). Pengaruh pembebanan dan pengaturan kecepatan motor BLDC 1 KW pada sepeda motor listrik. *Jurnal Edukasi Elektro*. <https://doi.org/10.21831/jee.v6i2.53318>

- Irsyadi, F., Arrofiq, M., Sumanto, B., & Sebastian, M. (2021). Perancangan dan implementasi sistem monitoring kecepatan motor BLDC hub bergir pada sepeda listrik. *Jurnal Sains Terapan*, 7(1). <https://doi.org/10.32487/jst.v7i1.974>
- Mahendra, S., Fatra, F., & Tamamudin, M. (2024). Analisis performa pada sepeda motor listrik menggunakan motor BLDC 500 W. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 19(3). <https://doi.org/10.32497/jrm.v19i3.5249>
- Muhardian, R., & Krismadinata. (2020). Kendali kecepatan motor DC dengan kontroller PID dan antarmuka Visual Basic. *Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional*. <https://doi.org/10.24036/jtev.v6i1.108034>
- Putro, D. C., & Ma'arif, E. S. (2024). Efisiensi penggunaan motor BLDC terhadap beban dan kecepatan sepeda motor listrik.
- Rahman, A., & Kristiyadi, T. (2023). Pembuatan dan pengujian konversi sepeda motor berbahan bakar bensin menjadi bertenaga listrik menggunakan hub motor Brushless Direct Current (BLDC).
- Ridhani, A., Ari Sutarinda, M., Ariq Nauval, R., & Perdana, Y. (2025). Analisa kinerja motor BLDC tipe HUB 2000 watt pada prototipe kendaraan listrik. *JTAM Rotary*, 7(1). https://doi.org/10.20527/jtam_rotary.v7i1.13164
- Sartika, L., & Muis Prasetya, A. (2022). Pengaturan kecepatan motor Brushless Direct Current (BLDC) menggunakan metode Field Oriented Control (FOC). *Jurnal Edukasi Elektro*. <https://journal.uny.ac.id/index.php/jee>
- Sartika, L., & Muis Prasetya, A. (2022). Pengaturan kecepatan motor Brushless Direct Current (BLDC) menggunakan metode Field Oriented Control (FOC). *Jurnal Edukasi Elektro*. <https://journal.uny.ac.id/index.php/jee>
- Sholikha, I., Nugraha, S. D., Qudsi, O. A., Purwanto, E., Prabowo, G., & Ferdiansyahi, I. (2022). Pengaturan kecepatan motor BLDC sensorless menggunakan FOC. *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, 12(1). <https://doi.org/10.30591/polektro.v12i1.2960>
- Triwijaya, S., Prasetyo, Y., & Wati, T. (2021). Kontrol kecepatan motor BLDC dengan PID-Firefly. *Jurnal IPTEK Media Komunikasi Teknologi*, 25, 51–58. <https://doi.org/10.31284/j.iptek.2021.v25i1.963>
- Wijaya Putra, S. K. A., Riskitasari, S., & Firdaus, A. H. (2025). Karakterisasi konsumsi energi motor BLDC terhadap beban dinamis pada kendaraan listrik hibrida. *Mars: Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Ilmu Komputer*, 3(4), 64–73. <https://doi.org/10.61132/mars.v3i4.959>