

Monitoring Arus dan Kecepatan Sepeda Listrik BLDC Berbasis IoT ESP32

^{1*}Krisna Abdi Nugraha, ²Deni Saputra, ³Elsanda Merita Indrawati,
⁴Miftakhul Maulidina, ⁵Sofyan Ahmadi

^{1,2,3,4}Teknik Elektro, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ¹krisnaan07@gmail.com, ²deni49343@gmail.com, ³elsanda@unpkediri.ac.id,
⁴miftakhulmaulidi@unpkediri.ac.id, ⁵sofyan.ahmadi@unpkediri.ac.id

Penulis Korespondens : Krisna Abdi Nugraha

Abstrak— Sepeda listrik berbasis motor *Brushless Direct Current* (BLDC) semakin banyak digunakan karena hemat energi dan minim emisi. Namun, permasalahan utama yang sering terjadi adalah arus yang tidak konsisten dan kecepatan yang sulit dikendalikan. Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring arus dan kecepatan sepeda listrik BLDC secara *real-time* berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32. Pengujian dilakukan dalam 60 sesi pada tiga kondisi, yaitu statis dan dinamis beban 75 kg. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata arus sebesar 16,4 A (beban 75 kg), serta rata-rata kecepatan 28.3 Km/H. Akurasi sensor ACS712 memiliki error maksimum 4,2% dan sensor LM393 sebesar 3.39%, keduanya memenuhi batas toleransi 5%. Sistem ini terbukti mampu menyajikan data monitoring secara *real-time* dengan akurasi dan keandalan yang baik sebagai solusi pemantauan performa sepeda listrik BLDC.

Kata Kunci— ACS712, ESP32, IoT, LM393, sepeda listrik BLDC

Abstract— BLDC (*Brushless Direct Current*) electric bicycles are increasingly adopted as energy-efficient and low-emission transportation alternatives. However, inconsistent current and uncontrollable speed remain major operational challenges, necessitating an effective monitoring system. This study develops a real-time current and speed monitoring system for BLDC electric bicycles based on the *Internet of Things* (IoT) using an ESP32 microcontroller. Testing was conducted over 60 sessions under three conditions: static, dynamic with a 75 kg load. Results show average current values of 16.4 A (75 kg load), with average speeds of 28.3 km/h respectively. The ACS712 sensor achieved a maximum error of 4.2% and the LM393 sensor 3.39%, both within the 5% tolerance threshold. The system successfully delivers real-time monitoring data with good accuracy and reliability, offering a practical solution for BLDC electric bicycle performance monitoring.

Keywords— ACS712, BLDC electric bicycle, ESP32, IoT, LM393

This is an open access article under the CC BY-SA License.



I. PENDAHULUAN

Bahan bakar yang banyak dipakai oleh masyarakat pada seluruh dunia yaitu minyak bumi, akan tetapi dengan kondisi konflik global yang sekarang terjadi. Membuat ketersediaan minyak bumi pada beberapa negara hampir mengalami kenaikan harga bahkan ada yang sudah mengalami kelangkaan juga. Oleh karena itu salah satu cara agar minyak bumi bukan menjadi bahan bakar pokok yang utama lagi. Transportasi di berbagai negara berganti pada kendaraan listrik. [1] Menyatakan bahwa persediaan minyak bumi di dunia semakin menipis, serta dampak *global*

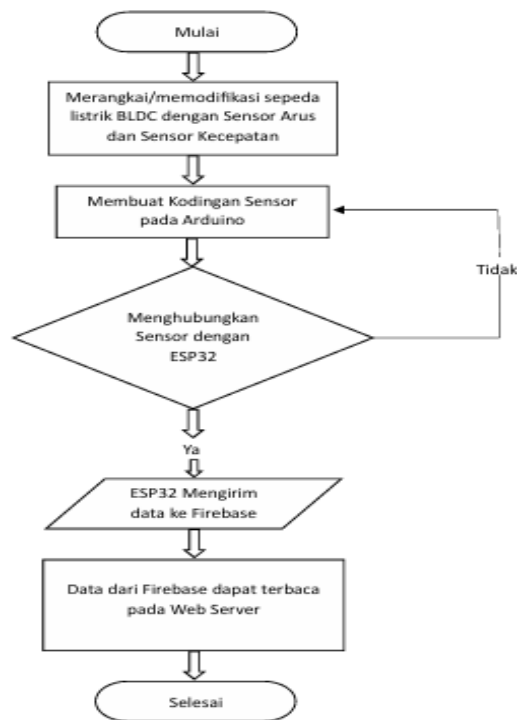
warming mulai terasa akibat emisi gas rumah kaca yang berlebih, mendorong untuk adanya inovasi pada bidang otomotif. Sepeda listrik menjadi alternatif transportasi yang efisien, hemat energi, dan minim emisi, sehingga banyak digunakan oleh masyarakat perkotaan maupun pedesaan. Salah satu komponen utama pada sepeda listrik adalah motor *Brushless Direct Current* (BLDC) yang dikenal memiliki efisiensi tinggi, perawatan rendah, serta umur pakai yang lebih panjang dibandingkan motor konvensional.

Pada penerapannya sepeda listrik sering mengalami kendala yang berkaitan dengan performa dan aspek keamanan. Hal utama yang sering terjadi yaitu, arus yang tidak konsisten, kecepatan yang sulit dikendalikan, serta risiko kerusakan komponen akibat beban yang berlebihan [2]. Monitoring parameter arus dan kecepatan sepeda listrik penting hal ini dikarenakan 2 hal tersebut berhubungan dengan performa motor listrik dan keamanan dari penggunaan sepeda listrik [3].

Teknologi IoT memungkinkan pengguna untuk mengetahui performa arus dan kecepatan pada sepeda listrik dari jarak jauh yaitu dengan menggunakan media *smartphone* [4]. Pemanfaatan untuk analisis data secara langsung serta pengembangan aplikasi berbasis Android telah menjadi alternatif yang efektif dalam mendukung sistem monitoring. Teknologi ini memungkinkan pengguna untuk mengamati pola performa dari arus dan kecepatan sepeda listrik dengan mengendalikan perangkat dari jarak jauh, serta memantau konsumsi energi secara langsung. Penggunaan mikrokontroler dalam sistem monitoring meningkatkan efisiensi penggunaan energi. Hal ini menunjukkan bahwa sistem monitoring dan analisis real-time sangat penting [5].

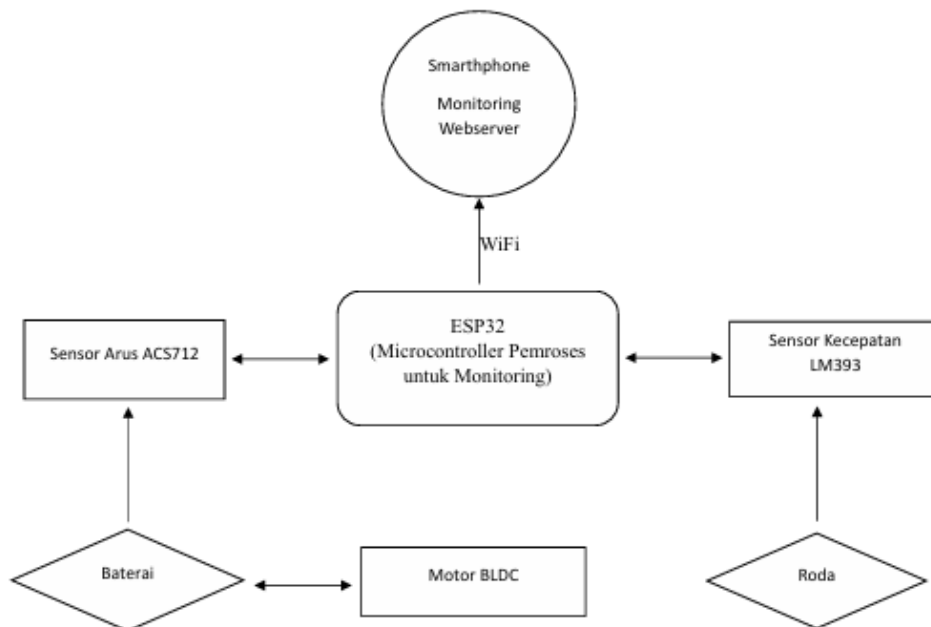
II. METODE

Sistem monitoring arus dan kecepatan pada sepeda listrik BLDC dirancang menggunakan pendekatan *Input-Process-Output* (IPO). Pada tahap input, sensor ACS712 berfungsi untuk mengukur besarnya arus listrik yang mengalir dari baterai ke motor BLDC, sedangkan sensor LM393 digunakan untuk mendeteksi jumlah putaran roda yang kemudian diolah menjadi nilai kecepatan atau RPM. Data yang diperoleh dari kedua sensor tersebut selanjutnya diproses oleh mikrokontroler ESP32 melalui tahapan akuisisi data, konversi sinyal, dan perhitungan parameter yang diperlukan. Hasil pengolahan data kemudian dikirimkan melalui koneksi *Wi-Fi* ke platform *Internet of Things* (IoT), sehingga informasi mengenai arus dan kecepatan dapat dipantau secara real-time melalui perangkat *smartphone* maupun dashboard berbasis web. Dengan pendekatan ini, pengguna dapat memperoleh informasi kondisi operasional sepeda listrik secara lebih akurat, cepat, dan dapat diakses dari jarak jauh. Berikut untuk alur kerja sistem monitoring arus dan kecepatan sepeda Listrik BLDC pada Gambar 1 :



Gambar 1. *Flowchart*

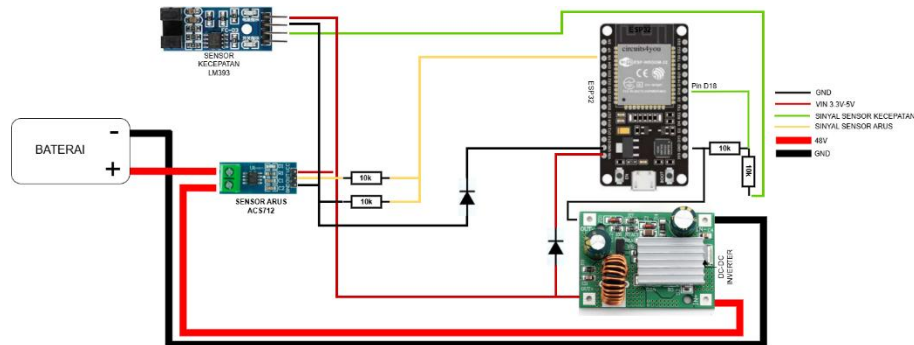
Gambar 1 menunjukkan sebuah alur untuk sistem monitoring arus dan kecepatannya. Kemudian blok diagram akan ditunjukkan pada Gambar 2 dibawah ini



Gambar 2. Blok Diagram

Pada Gambar 2 komponen-komponen utama untuk pembacaan sistem monitoring ada Penulis menggunakan motor BLDC ini karena menurut [6] menjelaskan bahwa motor *Brushless Direct Current* (BLDC) merupakan jenis motor listrik yang bekerja tanpa menggunakan sikat (*brush*). Menurut [4] ESP32 merupakan mikrokontroler yang dirancang untuk mendukung aplikasi

Internet of Things (IoT) melalui fitur *Wi-Fi* dan Bluetooth yang telah terintegrasi dalam satu perangkat. ESP32 mampu melakukan pembacaan data sensor, pemrosesan data, serta pengiriman informasi secara *real-time* melalui jaringan internet. Menurut [7] pemilihan baterai *lead acid* didasarkan pada kemampuannya dalam menyediakan arus yang cukup besar, biaya yang relatif terjangkau, serta kemudahan dalam pengoperasian dan perawatannya. Sensor ACS712 merupakan sensor arus yang bekerja berdasarkan prinsip efek *Hall* untuk mendeteksi arus listrik yang mengalir pada suatu penghantar. Sensor ini keluaran berupa tegangan analog yang sebanding dengan besar arus yang terukur (Arduino-uno, 2022). Sensor LM393 merupakan sensor yang dapat dimanfaatkan untuk mengukur kecepatan putaran suatu objek dengan mendeteksi jumlah putaran yang terjadi dalam selang waktu tertentu. [9]. Rangkaian Elektronik ada pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Rangkaian Elektronik

Untuk Pembacaan arus dan kecepatan terdapat perbedaan pada setiap beban yang di bebaskan pada sepeda listrik, berikut rumus matematika untuk perhitungan yang dihasilkan untuk *output* arus dan kecepatannya sebagai berikut :

$$\text{RPM} = \frac{\text{jumlah pulsa yang terbaca}}{\text{Jumlah celah rotary encoder}} \times 60 \dots \dots \dots (1)$$

Untuk rumus Km/H harus mencari diameter roda terlebih dahulu

$$r = 14 \text{ inch} = 35 \text{ cm} = 0,35$$

$$= 2 \times \pi \times r$$

$$= 2 \times 3,14 \times 0,35$$

$$= 2,19 \text{ m}$$

Jarak sekali putar roda yaitu 2,19m

Kemudian mencari jarak tempuh dalam waktu 1 menit

$$1 \text{ menit} = 150 \text{ RPM}$$

$$= 150 \times 2,19 \text{ m}$$

$$= 328,5 \text{ m}$$

Jarak tempuh waktu 1 menit yaitu 328,5m

Konversikan ke Km/H

$$1 \text{ jam} = 60 \text{ menit}$$

$$328,5 \text{ m} \times 60 = 19.710 \text{ m}$$

$$19.710 \text{ m} : 1.000 = 19,7 \text{ Km/H}$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem monitoring yang dikembangkan terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terintegrasi, yaitu sepeda listrik BLDC merk Antelope *Classic Electric Bike*, mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan dan pengiriman data, sensor arus ACS712 untuk membaca nilai arus listrik, sensor kecepatan LM393 untuk mendeteksi putaran roda, serta rangkaian penurun tegangan dari 48V DC ke 5V DC sebagai power supply untuk komponen elektronik. Pada Tabel 1 dibawah ini menunjukkan spesifikasi yang ada pada sistem monitoringnya.

Tabel 1. Spesifikasi Sistem Monitoring

No	Komponen	Spesifikasi
1	Mikrokontroler	ESP32 (dual-core, Wi-Fi + Bluetooth terintegrasi)
2	Sensor Arus	ACS712 20A – range pengukuran 0–20 Ampere
3	Sensor Kecepatan	LM393 – mendeteksi pulsa rotary encoder pada roda
4	Sumber Daya	Baterai Lead Acid 12V / 12–14 Ah, diturunkan ke 5V DC
5	Sepeda Listrik	Antelope Classic Electric Bike (motor BLDC)
6	Platform Monitoring	Web Server (real-time via jaringan internet)
7	Parameter yang dipantau	Arus listrik (Ampere) dan Kecepatan putaran (RPM)
8	Konektivitas	Wi-Fi IEEE 802.11 b/g/n

A. Data Uji Coba

Pengujian sistem monitoring arus dan kecepatan sepeda listrik BLDC berbasis IoT [7] dilaksanakan melalui dua tahap, yaitu uji coba komponen secara individual dan uji coba sistem secara terintegrasi. Data hasil pengujian diperoleh melalui 2 kondisi pengujian yang berbeda, yaitu kondisi statis (sepeda listrik tidak bergerak), kondisi dinamis dengan beban pengendara 75 kg. Pengambilan data dilakukan secara berkala setiap tiga hari sekali dengan rentang waktu pagi (06.00–08.00 WIB), siang (11.00–13.00 WIB), dan malam (19.00–21.00 WIB), sehingga total diperoleh 15 data pengujian untuk masing-masing kondisi. Berikut adalah rekap data hasil monitoring arus dan kecepatan yang diperoleh selama 15 sesi pengambilan data pada berbagai kondisi pengujian seperti pada Tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. Rekap Data Monitoring Arus dan Kecepatan Sepeda Listrik BLDC

No	Arus Dinamis 75 kg (A)	Arus Statis (A)	Kecepatan Dinamis 75 kg (Km/H)	Kecepatan Statis (Km/H)
1	16,81	1,19	28,39	30,17
2	16,7	1,16	28,04	30,2
3	16,84	1,18	28,42	30,05
4	16,94	1,2	27,82	30,68
5	16,8	1,16	28,97	30,63
6	16,09	1,18	28,54	30,83
7	16,52	1,2	27,88	30,23
8	16,47	1,16	28,03	30,61
9	16,8	1,21	27,85	30,1
10	16,35	1,2	29,29	30,57
11	16,72	1,16	27,63	30,26
12	16,17	1,19	29,24	30,87
13	16,56	1,21	28,92	30,31
14	16,31	1,19	28,57	30,8
15	16,82	1,17	28,43	30,77
Min	15,86	1,16	27,41	30,01
Max	16,94	1,21	29,29	30,9
Rata-rata	16,5	1,18	28,35	30,47

B. Analisis Data

Tabel 3. Statistik Deskriptif Data Arus Listrik

Kondisi	Nilai Minimum (A)	Nilai Maksimum (A)	Rata-rata (A)
Dinamis 75 kg	15,86	16,94	16,5
Statis	1,16	1,21	1,18

Berdasarkan Tabel 3 di atas, terlihat bahwa konsumsi arus listrik pada kondisi dinamis dengan beban 75 kg memiliki nilai rata-rata tertinggi yaitu 16,94 A. Pada kondisi statis, arus yang terbaca sangat rendah dengan rata-rata hanya 1,16 A. Hal ini sesuai dengan teori bahwa semakin besar beban yang diterima motor BLDC, maka semakin besar pula arus yang dibutuhkan untuk menghasilkan torsi yang cukup guna menggerakkan kendaraan. Rentang nilai arus pada kondisi dinamis 75 kg berkisar antara 15,86 A hingga 16,94 A. Variasi nilai arus ini dipengaruhi oleh perubahan beban dinamis selama berkendara, seperti perubahan kecepatan, kondisi jalan (datar dan menanjak), serta fluktuasi tegangan baterai selama pengujian berlangsung.

Tabel 4. Statistik Deskriptif Data Kecepatan (RPM)

Kondisi	Nilai Minimum (Km/H)	Nilai Maksimum (Km/H)	Rata-rata (Km/H)
Dinamis 75 kg	27,41	29,29	28,35
Statis	30,01	30,9	30,47

Hasil pada Tabel 4 analisis kecepatan di atas menunjukkan bahwa kondisi statis menghasilkan nilai RPM tertinggi dengan rata-rata 30,9 Km/H. Hal ini terjadi karena pada kondisi statis, roda berputar bebas tanpa beban traksi. Pada kondisi dinamis dengan beban 75 kg, rata-rata kecepatan mencapai 28,35 Km/H. Penurunan kecepatan seiring bertambahnya beban ini merupakan karakteristik alami motor BLDC, di mana beban yang lebih besar menyebabkan slip antara torsi motor dan resistansi gerak sehingga kecepatan putar motor berkurang[9].

Evaluasi akurasi sensor dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor ACS712 terhadap tang ampere dan sensor LM393 terhadap tachometer digital. Persentase error dihitung menggunakan rumus:

$$\% \text{ Error} = |\text{Nilai Referensi} - \text{Nilai Sensor}| / \text{Nilai Referensi} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Tabel 5. Rangkuman Akurasi Sensor ACS712 dan LM393

Sensor	Kondisi	Rata-rata Error (%)	Error Maks (%)	Status
ACS712	Statis	2,08%	3,33%	Valid
ACS712	Dinamis 75 kg	3,64%	4,24%	Valid
LM393	Statis	1,48%	1,64%	Valid
LM393	Dinamis 75 kg	3,39%	4,46%	Valid

Berdasarkan Tabel 5 di atas hasil analisis akurasi, sensor ACS712 menunjukkan nilai error tertinggi pada kondisi statis dengan rata-rata error 2,08%, namun masih berada di bawah batas toleransi 5% yang telah ditetapkan. Sensor LM393 menunjukkan performa yang sangat baik dengan error maksimum hanya 4,64% pada semua kondisi pengujian. Dengan demikian, kedua sensor telah memenuhi kriteria validasi teknis yang dipersyaratkan, sehingga sistem monitoring dinyatakan layak dan akurat untuk digunakan[10].

C. Kajian Produk Akhir

Kajian produk akhir merupakan evaluasi menyeluruh terhadap sistem monitoring arus dan kecepatan sepeda listrik BLDC berbasis IoT yang telah melalui seluruh tahapan pengembangan, pengujian, dan revisi. Kajian ini bertujuan untuk menilai ketercapaian tujuan perancangan dan kesesuaian produk dengan kebutuhan pengguna. Berikut adalah ringkasan pencapaian tujuan pengembangan pada Tabel 6 di bawah:

Tabel 6. Evaluasi Ketercapaian Tujuan Pengembangan

No	Tujuan	Indikator Keberhasilan	Status
1	Sistem mampu membaca arus listrik motor BLDC secara real-time menggunakan sensor ACS712 dan ESP32	Error sensor $\leq$ 5%	Tercapai (error max 4,24%)
2	Sistem mampu membaca kecepatan putaran (RPM) motor BLDC menggunakan sensor LM393 dan ESP32	Error sensor $\leq$ 5%	Tercapai (error max 4,46%)
3	Data monitoring terkirim ke Web Server secara real-time	Tingkat keberhasilan pengiriman $\geq$ 90%	Tercapai (100% setelah revisi)
4	Sistem dapat beroperasi pada dua kondisi pengujian (datar dan menanjak)	Data konsisten pada berbagai kondisi	Tercapai

Produk sistem monitoring yang telah dikembangkan memiliki sejumlah kelebihan, antara lain: (1) kemampuan pemantauan secara real-time yang memungkinkan pengguna mengetahui kondisi arus dan kecepatan sepeda listrik kapan saja dan di mana saja melalui smartphone; (2) tingkat akurasi sensor yang baik, dengan error sensor ACS712 di bawah 5% dan error sensor LM393 di bawah 5%; (3) biaya pengembangan yang relatif terjangkau karena menggunakan komponen yang mudah diperoleh di pasaran; (4) konsumsi daya sistem monitoring yang rendah sehingga tidak memberatkan baterai sepeda listrik; serta (5) kemudahan instalasi dan penggunaan aplikasi Telegram yang sudah familiar bagi pengguna smartphone.

Di samping kelebihannya, produk ini juga memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan: (1) sistem monitoring bergantung pada ketersediaan jaringan internet sehingga pemantauan tidak dapat dilakukan pada area tanpa sinyal; (2) parameter yang dipantau masih terbatas pada arus dan kecepatan, belum mencakup parameter lain seperti suhu motor, tegangan baterai, atau efisiensi daya; (3) sensor ACS712 memerlukan kalibrasi ulang secara berkala untuk

menjaga akurasi pembacaan; serta (4) sistem belum dilengkapi dengan fitur notifikasi peringatan otomatis apabila nilai arus atau kecepatan melampaui batas aman yang ditentukan.

Dibandingkan dengan penelitian-penelitian terdahulu yang telah dikaji, produk yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki beberapa keunggulan. Sistem ini mengintegrasikan pemantauan arus dan kecepatan secara bersamaan dalam satu platform IoT yang menggunakan aplikasi Telegram, berbeda dengan beberapa penelitian sebelumnya yang menggunakan platform terpisah seperti Blynk atau Firebase. Penggunaan Telegram sebagai media monitoring memberikan kemudahan akses karena tidak memerlukan instalasi aplikasi tambahan yang khusus, serta dapat digunakan pada berbagai platform (Android, iOS, maupun desktop) [11].

Selain itu, penelitian ini merupakan pengembangan yang lebih spesifik dibandingkan penelitian [1] yang hanya fokus pada monitoring kecepatan, karena pada penelitian ini kedua parameter utama performa motor BLDC, yaitu arus dan kecepatan, dipantau secara bersamaan. Tingkat akurasi sensor yang dicapai juga lebih baik dibandingkan beberapa penelitian sebelumnya, khususnya untuk sensor kecepatan LM393 yang memiliki error di bawah 5% pada semua kondisi pengujian.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil keseluruhan pengembangan, pengujian, analisis data, dan revisi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring arus dan kecepatan sepeda listrik BLDC berbasis IoT menggunakan ESP32 yang dikembangkan telah berhasil berfungsi sesuai dengan tujuan perancangan. Sistem mampu menyajikan data monitoring secara real-time dengan tingkat akurasi yang memenuhi standar yang ditetapkan, serta memiliki keandalan koneksi IoT yang baik.

Sistem ini terbukti dapat menjadi solusi praktis bagi pengguna sepeda listrik BLDC untuk memantau kondisi operasional kendaraan secara lebih mudah dan efisien. Dengan rata-rata arus pada kondisi dinamis beban 75 kg sebesar 16,94 A, serta rata-rata kecepatan pada kondisi dinamis beban 75 kg sebesar 29,29 Km/H, sistem ini memberikan gambaran yang jelas mengenai karakteristik performa motor BLDC pada sepeda listrik *Antelope Classic Electric Bike*. Pengembangan lebih lanjut dapat diarahkan pada penambahan parameter monitoring, integrasi sistem peringatan dini, serta pengembangan antarmuka *dashboard* yang lebih interaktif dan informatif.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang sudah ikut andil dalam penelitian ini. Khususnya pada Program Studi Teknik Elektro Universitas Nusantara PGRI Kediri baik dari Dosen, Dosen Pembimbing maupun rekan dari mahasiswanya. Tak lupa rasa syukur dan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya saya ucapkan kepada orangtua penulis yang senantiasa memberikan support berupa mental ataupun financial kepada penulis. Terimakasih juga saya ucapkan kepada orang-orang yang ikut membantu pada saat proses ini terutama kepada orang yang juga telah memberikan bantuan pinjaman sepeda listrik ini untuk dilakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Irsyadi, M. Arrofiq, B. Sumanto, M. Sebastian, and U. G. Mada, "Perancangan dan Implementasi Sistem Monitoring Kecepatan Motor BLDC Hub Bergir Pada Sepeda Listrik digunakan sebagai penggerak kendaraan listrik parameter sepeda listrik menjadi penting . dipantau adalah kecepatan . Pada dasarnya , berbasis smartphome , p," vol. 7, no. 1, 2021.
- [2] M. Irfan, D. Suryadi, and M. Saleh, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Baterai serta Besaran Fisis Sepeda Listrik Berbasis IoT," *J. Electr. Eng. Energy, Inf. Technol.*, vol. 11, no. 1, 2023.
- [3] H. Rahmad, Z. Khalida, S. Arif, K. Candra dewi, and A. D. Mutiara Bahtiar, "Monitoring and Management of Electric Motorcycle Battery Systems," *J. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 1, pp. 237–241, 2024, doi: 10.33795/j-meeg.v3i1.4996.
- [4] C. Austin, M. Mulyadi, and S. Octaviani, "Implementasi IoT dengan ESP 32 Untuk Pemantauan Kondisi Suhu Secara Jarak Jauh Menggunakan MQTT Pada AWS," *J. Elektro*, vol. 15, no. 2, pp. 46–55, 2024, doi: 10.25170/jurnalelektro.v15i2.5141.
- [5] H. J. El-Khozondar *et al.*, "A smart energy monitoring system using ESP32 microcontroller," *e-Prime - Adv. Electr. Eng. Electron. Energy*, vol. 9, no. June, p. 100666, 2024, doi: 10.1016/j.prime.2024.100666.
- [6] D. C. Putro and E. Samsul Ma'arif, "Efisiensi Penggunaan Motor BLDC Terhadap Beban dan Kecepatan Sepeda Motor Listrik," *Jurnal.Umj*, no. April, pp. 3–4, 2024, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/download/23448/10694>
- [7] M. Subekti, Mamay, A. Sunawar, M. Rif'an, and B. Y. Suprpto, "Analisa Perbandingan Baterai 48v/12Ah Led Acid dan Lithium-Ion 18650 terhadap Performa Sepeda Listrik," *Risenologi*, vol. 10, no. 1, pp. 77–88, 2025, doi: 10.21009/risenologi.101.08.
- [8] Nurhalija, M. Yakob, and R. A. Putra, "Pemanfaatan Lm393 Ir Sensor Module Sebagai Pengukur Kecepatan Rotasi Berbasis Mikrokontroler," *J. Hadron*, vol. 1, no. 1 SE-Articles, pp. 12–15, 2019, [Online]. Available: <https://www.ejurnalunsam.id/index.php/jh/article/view/1579>
- [9] Daniel, J. R. (2025). *Sistem pemantauan kesehatan baterai pada aki sepeda motor listrik berbasis ESP-32* (Doctoral dissertation, Widya Mandala Surabaya Catholic University).
- [9] ILHAM, W. (2025). *PENGEMBANGAN SISTEM PEMANTAUAN REAL-TIME UNTUK KAPASITAS BATERAI KENDARAAN BERMOTOR* (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS MALIKUSSALEH).
- [10] ILHAM, W. (2025). *PENGEMBANGAN SISTEM PEMANTAUAN REAL-TIME UNTUK KAPASITAS BATERAI KENDARAAN BERMOTOR* (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS MALIKUSSALEH).
- [11] Pratama, A. M. (2025). *Pengendalian Kecepatan Motor Listrik pada Kapal Trimaran Berbasis Fuzzy Logic* (Doctoral dissertation, Politeknik Pelayaran Surabaya).