

# Pengaruh Beban dan Kecepatan Terhadap Prediksi Jarak Tempuh Sepeda Listrik Konversi

Hanif Rama Dhani<sup>1</sup>, Septyana Riskitasari<sup>2</sup>

e-mail: [haniframadhani02@gmail.com](mailto:haniframadhani02@gmail.com), [septyana\\_riskitasari@polinema.ac.id](mailto:septyana_riskitasari@polinema.ac.id)

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No. 9 Malang, Indonesia

## Informasi Artikel

### Riwayat Artikel

Diterima 5 Mei 2025

Direvisi 20 Mei 2025

Diterbitkan 31 Mei 2025

### Kata kunci:

MY1016Z

PZEM-017

OLED

### Keywords:

MY1016Z

PZEM-017

OLED

### Penulis Korespondensi:

Hanif Rama Dhani,

Jurusan Teknik Mesin,

Politeknik Negeri Malang,

Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia, Kode Pos 65141.

Email: [haniframadhani02@gmail.com](mailto:haniframadhani02@gmail.com)

Nomor HP/WA aktif: +62 856-0480-5628

## ABSTRAK

Dalam beberapa tahun terakhir, tren penggunaan kendaraan listrik di Indonesia menunjukkan pertumbuhan yang signifikan. Salah satu cara alternatif yang dilakukan masyarakat untuk memiliki kendaraan listrik adalah dengan melakukan konversi kendaraan konvensional menjadi kendaraan listrik, contohnya dilakukan pada sepeda dengan kit konverter tipe MY1016Z. Kit tersebut belum dilengkapi fitur tampilan informasi untuk pengendara. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan menguji sistem *monitoring* prediksi jarak tempuh menggunakan modul DC PZEM-017 sebagai pengukur tegangan baterai dan sensor NJK-5002C sebagai pengukur kecepatan sepeda. Data ditampilkan pada layar OLED berbasis mikrokontroler ESP32. Proses pengujian dilakukan dalam tiga tahap yaitu pengujian akurasi pembacaan sensor terhadap alat ukur referensi, pengambilan data mentah untuk merancang algoritma prediksi jarak tempuh, dan pengujian prediksi jarak tempuh dibandingkan dengan jarak aktual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa modul PZEM-017 memiliki rata-rata *error* pembacaan sebesar 0,17% sedangkan sensor NJK-5002C memiliki rata-rata *error* pembacaan sebesar 2,1%. Sistem prediksi jarak tempuh menghasilkan capaian terbaik pada kecepatan rata-rata 15 km/jam dengan akurasi 96% pada beban 70 kg dan 103% pada beban 60kg.

## ABSTRACT

*In recent years, the trend of electric vehicle usage in Indonesia has shown significant growth. One alternative way for people to have an electric vehicle is to convert conventional vehicles into electric vehicles, for example, on bicycles with a MY1016Z-type converter kit. The kit is not yet equipped with an information display feature for the rider. The purpose of this research is to design and test a mileage prediction monitoring system using the PZEM-017 DC module as a battery voltage meter and the NJK-5002C sensor as a bicycle speed meter. The data is displayed on an OLED screen based on the ESP32 microcontroller. The testing process is carried out in three stages, namely testing the accuracy of sensor readings against reference measuring instruments, collecting raw data to design a mileage prediction algorithm, and testing mileage predictions compared to actual distances. The test results show that the PZEM-017 module has an average reading error of 0.17% while the NJK-5002C sensor has an average reading error of 2.1%. The mileage prediction system result the best achievements at an average speed of 15 km/h with an accuracy of 96% at a load of 70 kg and 103% at a load of 60 kg.*



## 1. PENDAHULUAN

Pengendara sepeda listrik kini semakin sering ditemui dari berbagai kalangan yang menggunakannya untuk mobilitas sehari-hari. Menurut data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) hingga pertengahan tahun 2024, lebih dari 100.000 unit kendaraan listrik telah digunakan di seluruh wilayah Indonesia dimana kendaraan listrik roda dua mendominasi pasar dengan menyumbang lebih dari 80% dari total kendaraan listrik yang digunakan [1]. Berbagai macam jenis sepeda listrik telah beredar luas dengan spesifikasi dan harga yang bervariasi. Salah satu alternatif terjangkau yang dilakukan masyarakat untuk memiliki sepeda listrik adalah dengan melakukan konversi sepeda konvensional menjadi sepeda listrik menggunakan sebuah kit konverter [2]. Kit konverter sepeda listrik telah banyak tersedia di *marketplace* dengan harga yang cukup terjangkau, contohnya adalah kit tipe MY1016Z. Kit tersebut dilengkapi dengan komponen dasar konversi untuk mengubah sepeda konvensional menjadi sepeda listrik seperti motor listrik, kontroler, dan *throttle grip*. Fitur yang masih terbatas pada kit konversi sepeda listrik tipe MY1016Z adalah sistem *monitoring* pengendaraan.

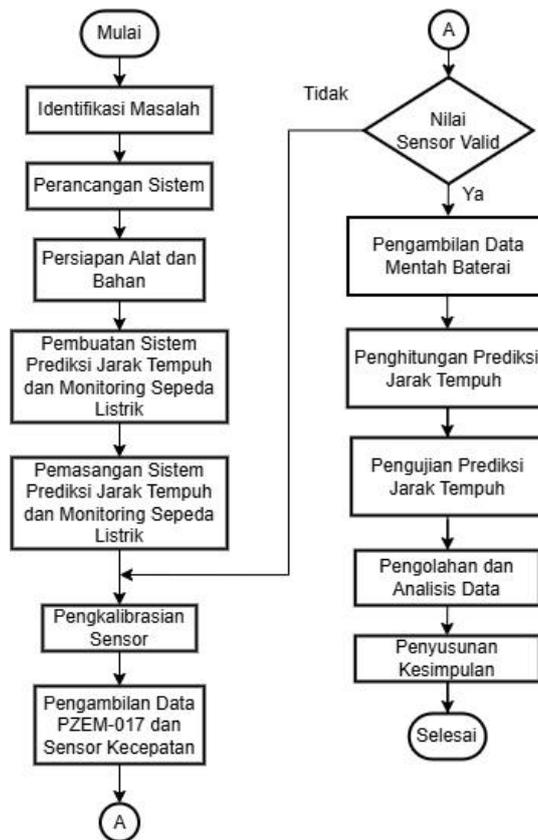
Miftachul Ulum [3] melakukan perancangan tampilan kecepatan (*speedometer*) pada sepeda listrik 250 W. Deteksi kecepatan dilakukan dengan menggunakan sensor *proximity* yang mendeteksi gaya mekanik roda dan ditampilkan pada LCD 16x2 dengan Arduino UNO sebagai pengolah data. Hasil pengujian pada jalan datar diperoleh kecepatan rata-rata 18 km/h dengan jarak 3,72 km sedangkan pada jalan yang cenderung menanjak diperoleh kecepatan rata-rata 8 km/h dengan jarak 1,86 km. Faizal Norman Zain [4] melakukan pengembangan sistem *monitoring* baterai kendaraan listrik berbasis IoT menggunakan sensor ACS712 dan *voltage divider* untuk memantau konsumsi arus dan tegangan baterai dengan LCD 16x2 sebagai penampil data. Hasil penelitian menunjukkan konsumsi baterai saat kondisi indikator non ECO-Drive menghasilkan konsumsi baterai sebesar 2.21 km/Ah dan pada indikator ECO-Drive diperoleh data konsumsi baterai sebesar 2.71 km/Ah. Muhammad Rama Saputra [5] melakukan konversi sepeda konvensional menjadi sepeda listrik dengan tambahan sistem *monitoring* kapasitas baterai berbasis mikrokontroler. Sensor ACS712 dan sensor DC *voltage* dimanfaatkan untuk mendeteksi arus dan tegangan baterai, sensor inframerah digunakan untuk mendeteksi putaran motor listrik, serta LCD 20x4 dipakai untuk menampilkan data dengan Arduino UNO sebagai mikrokontroler. Pengujian putaran motor 66 RPM membutuhkan daya listrik sebesar 27.46 W sedangkan putaran motor 136 RPM membutuhkan daya listrik sebesar 36.60 W.

Penelitian ini merancang sistem *monitoring* prediksi jarak tempuh yang diterapkan pada sepeda listrik konversi MY1016Z dan menguji bagaimana sistem dapat memprediksi jarak tempuh berdasarkan kapasitas baterai dengan akurat. Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji pengaruh beban dan kecepatan terhadap akurasi prediksi jarak tempuh yang telah dirancang dengan jarak aktual. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat secara langsung bagi pengguna sepeda listrik dan menjadi acuan untuk pengembangan teknologi kendaraan listrik yang lebih informatif.

## 2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, metode yang digunakan meliputi uji coba lapangan untuk mengevaluasi pengaruh variasi beban dan kecepatan terhadap prediksi jarak tempuh sepeda listrik konversi 250 W. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan beban pengendara dan derajat putaran *throttle grip* saat sepeda dikendarai, lalu mengukur prediksi jarak tempuh dan tingkat keakuratannya terhadap jarak aktual berdasarkan kapasitas baterai. Metode penelitian ini digambarkan dalam diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.





Gambar 1: Flowchart Penelitian

## 2.1 Sepeda Listrik dengan Kit Konverter MY1016Z

Sepeda listrik dengan Kit Konverter MY1016Z adalah sepeda konvensional yang dikonversi menjadi sepeda listrik dengan perlengkapan konversi yang terdiri dari motor listrik, kontroler, *throttle grip*, dan beberapa komponen pendukung lainnya dengan tipe MY1016Z dari pabrikan Yalu Motor. Motor listrik MY1016Z merupakan motor listrik *brushed* DC yang berfungsi sebagai penggerak tambahan untuk membantu pengguna mengendarai sepeda selain dengan dikayuh [6]. Motor *brushed* DC masih memiliki beberapa keunggulan, terutama dalam hal kesederhanaan dan biaya. Dengan konstruksi yang lebih sederhana, motor ini tidak memerlukan driver atau kontroler kompleks sehingga lebih mudah digunakan dan dikendalikan hanya dengan mengatur tegangan. Selain itu, motor *brushed* DC umumnya memiliki torsi awal yang lebih tinggi sehingga cocok untuk aplikasi yang membutuhkan dorongan kuat sejak awal seperti sepeda listrik. Sepeda listrik dengan kit konverter MY1016Z ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2: Sepeda Listrik Hasil Konversi dengan Kit MY1016Z



## 2.2 Baterai LiFePO4 24 V 6 Ah

Baterai LiFePO4 (*Lithium Iron Phosphate*) merupakan salah satu jenis baterai lithium-ion yang menggunakan *lithium iron phosphate* (LiFePO4) sebagai katoda dan grafit karbon sebagai anoda. Baterai ini memiliki keunggulan seperti kemampuan dalam mempertahankan suhu tetap rendah meskipun berada di lingkungan dengan temperatur tinggi [7]. Oleh karena itu, baterai ini banyak digunakan pada kendaraan listrik dan aplikasi lain yang membutuhkan baterai dengan performa stabil. Baterai jenis ini ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 3: Baterai LiFePO4

## 2.3 Modul PZEM-017

PZEM-017 adalah modul komunikasi DC yang dirancang untuk mengukur tegangan hingga 300V dan arus dengan rentang hingga 300A [8]. Selain itu, modul ini mampu mengukur tegangan, arus, daya, dan konsumsi energi dengan tingkat error akurasi pengukuran yang diklaim hanya sebesar  $\pm 1\%$ . Modul ini mendukung komunikasi RS485 menggunakan protokol modbus RTU. Data pengukuran dari modul ini dapat dijadikan masukan untuk mikrokontroler seperti ESP32 dengan bantuan konverter RS485 to TTL. Konverter RS485 to TTL adalah perangkat yang berfungsi mengubah sinyal komunikasi dari standar RS485 menjadi sinyal TTL (*Transistor-Transistor Logic*) dan sebaliknya. Konverter ini berperan menghubungkan perangkat yang menggunakan antarmuka komunikasi berbeda. Modul PZEM-017 merupakan modul yang menggunakan protokol komunikasi modbus RTU melalui antarmuka fisik RS485 untuk mengirim data seperti tegangan, arus, daya, dan energi listrik [9]. Sementara itu, ESP32 menggunakan *port* komunikasi *serial* UART dengan sinyal berlevel TTL. Karena perbedaan jenis sinyal tersebut, diperlukan konverter RS485 ke TTL agar ESP32 dapat berkomunikasi dengan PZEM-017 secara langsung.



Gambar 4: PZEM-017

## 2.4 Sensor NJK-5002C

Sensor NJK-5002C adalah sensor berbasis efek *hall* yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan medan magnet sehingga tergolong dalam kategori sensor magnetik. Cara kerja sensor ini didasarkan pada perubahan resistansi internal ketika sensor berada dalam pengaruh medan magnet. Sensor NJK-5002C mampu menghitung jumlah pulsa yang dihasilkan setiap kali magnet melintas di depannya. Pulsa-pulsa ini kemudian dapat dikonversi menjadi nilai kecepatan dengan menghitung jumlah pulsa dalam interval waktu tertentu [10].





Gambar 5: NJK-5002C

## 2.5 ESP32

ESP32 adalah papan pengembangan dari Espressif Systems yang banyak digunakan dalam berbagai proyek elektronik. Board ini dilengkapi dengan prosesor dual-core Tensilica LX6 berkecepatan hingga 240 MHz, memori SRAM 520 KB, sehingga mumpuni untuk aplikasi yang membutuhkan pemrosesan data yang cepat [11]. Papan ini dibekali berbagai jenis pin *input/output*, ESP32 memungkinkan integrasi dengan berbagai sensor dan komponen eksternal diantaranya pin GPIO untuk komunikasi digital sensor NJK-5002C dan pin RX/TX untuk komunikasi *serial* PZEM-017. Selain itu, ESP32 juga mendukung protokol komunikasi I2C untuk menampilkan data melalui OLED *display*.



Gambar 6: ESP32 DevKit V1

## 2.6 OLED 2.42" Display

OLED 2.42" *display* adalah modul layar berukuran 2.42 inchi dan mempunyai resolusi 128x64 pixel menggunakan teknologi *Organic Light-Emitting Diode* (OLED). OLED merupakan teknologi layar dimana setiap piksel mampu memancarkan cahaya sendiri, tidak seperti LCD yang memerlukan *backlight* sebagai sumber cahaya. Hal tersebut membuat jenis layar ini mampu menghasilkan tampilan yang lebih tajam dengan konsumsi daya yang lebih hemat. OLED ideal untuk menampilkan data *real-time* karena memiliki waktu reaksi yang lebih cepat (kurang dari 0.01 ms), sedangkan layar LCD memiliki waktu reaksi 8-12 ms [12]. Berbekal teknologi terbaru dengan kontras tinggi dan wilayah tampilan yang relatif luas, jenis layar ini mampu memberikan tampilan yang jelas walaupun digunakan dibawah sinar matahari langsung.



Gambar 7: OLED 2.42" I2C Display

## 2.7 Persentase Baterai

Persentase baterai adalah nilai yang menunjukkan kapasitas daya tersisa dalam baterai berdasarkan selisih antara tegangan maksimal yang telah ditentukan dengan tegangan yang terbaca saat ini [13]. Perhitungan dilakukan dengan mengurangkan tegangan baterai saat ini dari tegangan minimal dibagi selisih antara tegangan maksimal dan tegangan minimal, kemudian hasilnya dikalikan dengan 100 untuk mendapatkan nilai dalam bentuk persen.



Metode ini umum digunakan untuk memantau kapasitas baterai yang masih tersedia. Persentase baterai dapat diperoleh melalui Persamaan 1 berikut ini.

$$\text{Persentase baterai} = \frac{(V_{read} - V_{min})}{(V_{max} - V_{min})} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana:

$V_{read}$  = tegangan baterai yang terbaca (V)

$V_{min}$  = tegangan minimum baterai (V)

$V_{max}$  = tegangan maksimum baterai (V)

## 2.8 Prediksi Jarak Tempuh

Prediksi jarak tempuh adalah estimasi seberapa jauh sepeda listrik dapat berjalan dengan sisa kapasitas baterai yang tersedia. Perhitungan ini didasarkan pada konsumsi energi kendaraan per satuan jarak dan kapasitas daya baterai yang tersisa. Dengan menggunakan persentase baterai, jarak tempuh per 1% selanjutnya dapat didapatkan melalui pengujian jarak tempuh maksimal 100% baterai kemudian nilai yang didapatkan dibagi 100 yang ditunjukkan dalam Persamaan 2 di bawah ini [14].

$$R_{1\%} = \frac{R_{max}}{100} \quad (2)$$

Dimana:

$R_{1\%}$  = jarak tempuh per 1% baterai (km)

$R_{max}$  = jarak tempuh maksimal pengujian (km)

Dari kedua persamaan diatas, sistem dapat memperkirakan jarak yang masih bisa ditempuh sebelum baterai habis. Prediksi jarak tempuh diperoleh dari Persamaan 3.

$$R = R_{1\%} \times \text{persentase baterai} \quad (3)$$

Dimana:

$R$  = prediksi jarak tempuh (km)

## 2.9 Kecepatan Sepeda

Untuk mengetahui kecepatan sepeda listrik, salah satu parameter yang digunakan adalah RPM (*Revolutions Per Minute*) dari roda. RPM ini diukur berdasarkan jumlah pulsa yang ditangkap oleh sensor kecepatan pada setiap rotasi roda. Selanjutnya, nilai RPM tersebut diolah menjadi kecepatan dalam satuan kilometer per jam (km/h) menggunakan rumus konversi berdasarkan keliling roda [15]. Perhitungan digunakan untuk memberikan informasi kecepatan yang akurat sesuai pergerakan kendaraan. Nilai kecepatan dapat diketahui melalui Persamaan 4 berikut.

$$v = n \times K \times \frac{60}{1000} \quad (4)$$

Dimana:

$v$  = kecepatan (km/h)

$n$  = putaran roda (rpm)

$K$  = keliling roda (m)

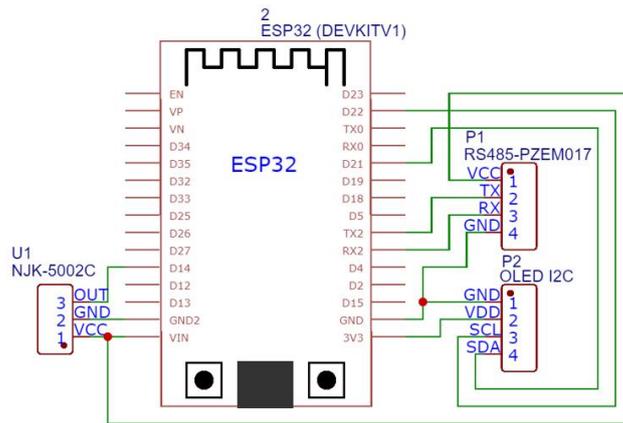
$\frac{60}{1000}$  = konversi nilai dari m/s menjadi km/h

## 2.10 Desain Elektronik

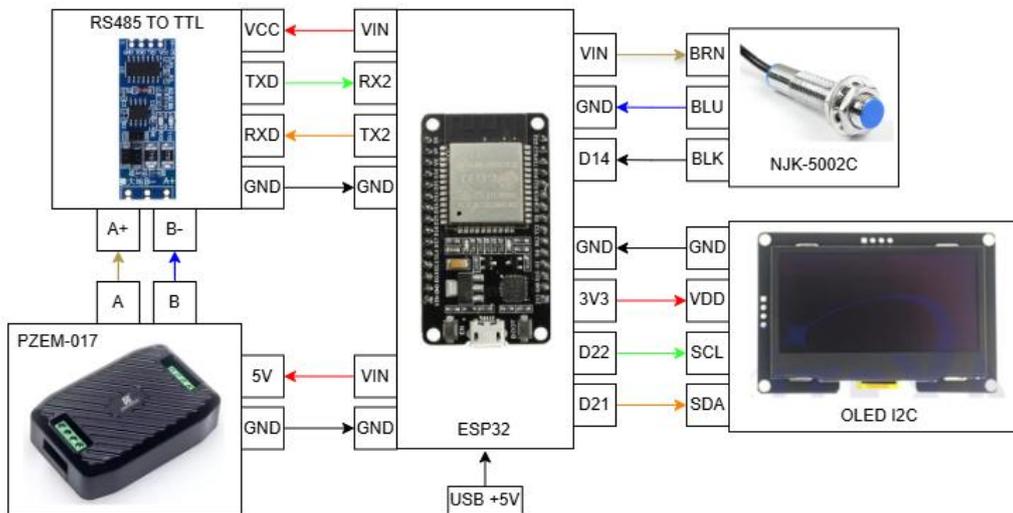
Pada tahap ini, sistem elektronik dirancang untuk memenuhi kebutuhan monitoring sepeda listrik konversi, dengan fokus pada integrasi sensor, mikrokontroler, dan *display*. Desain dimulai dengan pembuatan skematik rangkaian yang mencakup koneksi antara ESP32, modul PZEM-017, sensor NJK-5002C, dan *display* OLED. Setelah skematik selesai, desain dilanjutkan ke tahap perancangan *layout* PCB menggunakan *software* EasyEDA, dengan



mempertimbangkan efisiensi tata letak komponen. PCB dirancang agar ringkas dan tidak memerlukan banyak ruang. Gambar 9 berikut menunjukkan skematik rangkaian dan layout PCB yang digunakan dalam sistem.



Gambar 8: Desain Skematik PCB

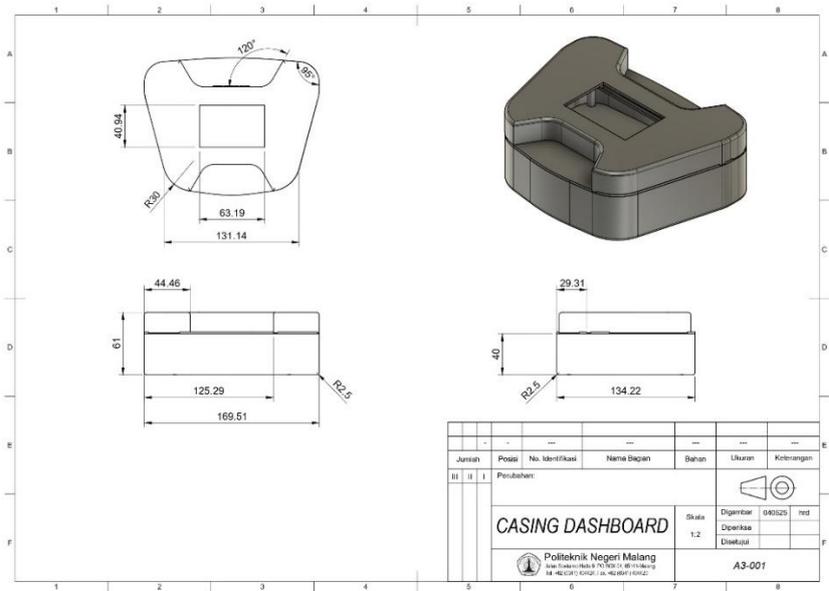


Gambar 9: Diagram Pin Komponen

### 2.11 Desain Mekanik

Desain mekanik pada penelitian ini difokuskan pada pembuatan *casing* sistem berbasis 3D *printing* dengan bahan filamen yang dirancang untuk melindungi komponen elektronik seperti *board* PCB dan modul PZEM-017 dari paparan debu, air, dan getaran. Desain ini dibuat menggunakan *software* Autodesk Fusion360 untuk memudahkan penataan dengan komponen elektronik di dalamnya. *Casing* dibuat dengan konsep *plug and play* (PNP), sehingga mudah dipasang dan dilepas tanpa perlu modifikasi tambahan pada sepeda. Posisi pemasangan *casing* berada di area stang sepeda dan dihubungkan menggunakanudukan (*holder*) universal. *Casing* dirancang agar ringkas dan kompatibel dengan desain elektronik yang telah disiapkan sebelumnya. Rancangan mekanik *casing* sistem yang digunakan ditunjukkan oleh Gambar 11 berikut ini.





Gambar 10: Gambar Teknik Desain Casing

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menyajikan hasil pengujian dari sistem *monitoring* sepeda listrik yang telah dirancang. Pengujian dilakukan dalam tiga tahap utama. Tahap pertama bertujuan untuk mengevaluasi keakuratan pembacaan sensor yang digunakan, yaitu dengan membandingkan data yang ditampilkan sistem terhadap alat ukur referensi sebagai acuan akurasi. Tahap kedua adalah pengambilan data mentah berupa tegangan baterai dan jarak tempuh aktual, yang digunakan sebagai dasar perancangan algoritma prediksi jarak tempuh. Sedangkan tahap terakhir merupakan pengujian akurasi algoritma prediksi jarak tempuh yang dihitung berdasarkan kapasitas baterai, lalu dibandingkan dengan jarak tempuh aktual selama pengujian di lintasan. Hasil dari kedua pengujian ini dianalisis untuk mengetahui sejauh mana sistem yang dirancang dapat memberikan data yang akurat dan sesuai dengan kondisi nyata di lapangan.

**3.1 Pengujian Modul PZEM-017**

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui akurasi pembacaan modul PZEM-017 terhadap tegangan yang digunakan pada sistem monitoring sepeda listrik. Modul PZEM-017 dihubungkan ke mikrokontroler ESP32 dan hasil pembacaannya ditampilkan melalui *serial monitor*. Nilai-nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan data acuan yang diperoleh dari multimeter digital. Pengambilan data dilakukan dalam tiga variasi bukaan *throttle grip* yaitu pada sudut 0°, 36°, 48°, dan 72°. Masing-masing variasi dilakukan pengambilan data sebanyak tiga kali untuk memastikan konsistensi hasil. Hasil perbandingan antara pembacaan PZEM-017 dan multimeter digital ditunjukkan dalam Tabel I berikut.

TABEL I: PERBANDINGAN PEMBACAAN PZEM-017 DENGAN MULTIMETER

Sudut <i>Throttle Grip</i>	Pembacaan PZEM-017 (V)	Pembacaan Multimeter (V)	Error (%)
0°	26,46	26,47	0,04
	26,46	26,47	0,04
	26,47	26,48	0,04
36°	26,23	26,26	0,11
	26,23	26,27	0,15
	26,24	26,27	0,11
48°	25,59	25,62	0,12
	25,62	25,59	0,12
	25,62	25,57	0,20
	25,25	25,37	0,47



72°	25,30	25,40	0,35
	25,48	25,40	0,31
<b>Rata-rata</b>			0,17

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pembacaan tegangan oleh modul PZEM-017 sangat akurat jika dibandingkan dengan multimeter sebagai alat ukur referensi. Selisih nilai yang didapatkan sangat kecil dengan rata-rata *error* hanya sebesar 0,17%. Hal ini menunjukkan bahwa modul PZEM-017 memiliki tingkat ketelitian yang tinggi dan dapat diandalkan sebagai pengukur tegangan baterai sepeda listrik.

### 3.2 Pengujian Sensor NJK-5002C

Pengujian juga dilakukan pada pembacaan putaran roda menggunakan sensor NJK-5002C. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi keakuratan sensor dalam mendeteksi jumlah putaran roda sebagai dasar untuk menghitung kecepatan sepeda. Pengambilan data dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan dari sensor NJK-5002C melalui *serial monitor* dengan hasil pengukuran menggunakan tachometer digital sebagai alat ukur referensi. Pengambilan data dilakukan pada tiga posisi *throttle grip*, yaitu pada sudut 36°, 48°, dan 72°. Setiap posisi dilakukan pengukuran sebanyak tiga kali untuk meminimalisir kemungkinan kesalahan pembacaan. Tabel II berikut ini menampilkan perbandingan pembacaan putaran antara sensor NJK-5002C dengan tachometer.

TABEL II: PERBANDINGAN PEMBACAAN NJK-5002C DENGAN TACHOMETER

Sudut <i>Throttle Grip</i>	Pembacaan NJK-5002C (RPM)	Pembacaan Tachometer (RPM)	Error (%)
36°	50	49,7	0,6
	50	49,7	0,6
	50	51,2	2,3
48°	165	159,8	3,2
	175	167,3	4,6
	165	159,8	3,2
72°	225	220,4	2,1
	220	224,2	1,9
	230	230,8	0,3
<b>Rata-rata</b>			2,1

Pengujian sensor NJK-5002C menunjukkan hasil yang cukup akurat dibandingkan dengan tachometer sebagai alat ukur referensi. Rata-rata *error* pembacaan RPM tercatat sebesar 2,1%. Perbedaan ini sebagian besar disebabkan oleh resolusi pembacaan dari masing-masing alat, di mana tachometer memiliki ketelitian hingga kelipatan 0,1 RPM, sedangkan sensor NJK-5002C menghasilkan data dalam kelipatan 5 RPM. Nilai putaran roda tersebut digunakan sebagai acuan untuk variabel  $n$  pada Persamaan 4. Dengan mengetahui keliling roda sebesar 2,1 m yang telah dihitung sebelumnya, sistem dapat mengonversi data putaran menjadi nilai kecepatan dalam satuan km/jam.

### 3.3 Pengambilan Data Awal Sepeda Listrik

Tahap ini dilakukan untuk memperoleh data awal yang akan digunakan sebagai dasar dalam perancangan algoritma prediksi jarak tempuh. Data yang dikumpulkan berupa hubungan antara tegangan baterai yang dibaca oleh modul PZEM-017 dan jarak tempuh aktual selama pengujian. Pengambilan data dilakukan dengan dua variasi beban pengendara yaitu 60 dan 70 kg untuk melihat pengaruh beban terhadap penurunan tegangan dan jarak tempuh yang dicapai. Untuk setiap variasi beban dilakukan tiga kali pengujian pada masing-masing posisi sudut *throttle grip* yaitu 36°, 48°, dan 72°. Setiap pengujian dilakukan dengan mengendarai sepeda listrik dalam kondisi lintasan datar dari kapasitas baterai penuh hingga habis. Data mentah yang didapat ditunjukkan dalam Tabel III berikut ini.



TABEL III: DATA AWAL SEPEDA LISTRIK

Beban Pengendara	Sudut <i>Throttle Grip</i>	Tegangan Awal (V)	Tegangan Akhir (V)	Kecepatan Rata-rata (km/jam)	Jarak Tempuh (km)
60 kg	36°	26,6	22	10,1	8,08
	48°	26,6	22	14,97	6,8
	72°	26,6	22	20,06	5,8
70 kg	36°	26,6	22	9,2	7,81
	48°	26,6	22	14,87	6,3
	72°	26,6	22	17,49	5,1
<b>Rata-rata</b>					6,64

Berdasarkan pengujian awal, tegangan maksimal baterai adalah 26,6 V dan tegangan minimal baterai adalah 22 V. Nilai tersebut adalah nilai  $V_{max}$  dan  $V_{min}$  untuk menentukan persentase kapasitas baterai pada Persamaan 1. Kemudian, rata-rata jarak maksimal sepeda listrik dari baterai penuh hingga habis adalah 6,64 km. Nilai ini digunakan sebagai acuan  $R_{max}$  pada Persamaan 2. Dengan mengetahui sisa persentase baterai saat ini, sistem dapat menghitung prediksi jarak tempuh menggunakan rumus yang ditunjukkan pada Persamaan 3.

### 3.4 Pengujian Prediksi Jarak Tempuh



Gambar 11: Tahap Pengujian Prediksi Jarak Tempuh

Setelah algoritma prediksi jarak tempuh dirancang, tahap selanjutnya adalah melakukan pengujian keakuratan hasil prediksi jarak terhadap jarak tempuh aktual di lapangan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana sistem dapat memperkirakan sisa jarak tempuh sepeda listrik berdasarkan kondisi baterai saat ini. Pengujian dilakukan dengan cara mengendarai sepeda listrik dimulai ketika kapasitas baterai penuh (100%) hingga habis (0%) di lintasan yang datar, kemudian mencatat nilai prediksi jarak tempuh yang ditampilkan oleh *display* pada awal pengujian, dan mencatat jarak aktual serta kecepatan rata-rata dengan bantuan aplikasi Strava di *smartphone*. Data ini kemudian dibandingkan untuk menghitung selisih dan persentase akurasi dari prediksi jarak tempuh dengan jarak tempuh aktual. Hasil pengujian tersebut ditunjukkan dalam Tabel IV di bawah ini.

TABEL IV HASIL PREDIKSI JARAK TEMPUH DENGAN JARAK AKTUAL

Beban Pengendara	Sudut <i>Throttle Grip</i>	Kecepatan Rata-rata (km/jam)	Prediksi Jarak Tempuh (km)	Jarak Tempuh Aktual (km)	Akurasi Prediksi Jarak Tempuh (%)
60 kg	36°	10,2	6,64	8,05	121
	<b>48°</b>	<b>15,6</b>	<b>6,64</b>	<b>6,88</b>	<b>103</b>
	72°	19,4	6,64	5,92	89
70 kg	36°	9,8	6,64	7,73	116
	<b>48°</b>	<b>14,7</b>	<b>6,64</b>	<b>6,39</b>	<b>96</b>
	72°	18,3	6,64	5,26	79

Dari hasil pengujian, sistem prediksi jarak tempuh menunjukkan variasi akurasi yang berkisar antara 79% hingga 121%, hal ini menunjukkan bahwa dalam beberapa kondisi sistem dapat memperkirakan jarak dengan cukup



baik. Namun, dalam beberapa kondisi dapat terjadi *overestimate* maupun *underestimate*. Capaian terbaik terjadi pada kecepatan rata-rata 15 km/jam dengan akurasi 96% pada beban 70 kg dan akurasi 103% pada beban 60 kg. Hasil ini menunjukkan bahwa pada kecepatan menengah (sekitar 15 km/jam), sistem prediksi mampu memberikan estimasi yang paling mendekati jarak tempuh aktual dengan beban yang lebih ringan akan menghasilkan akurasi yang lebih tinggi. Sedangkan pada kecepatan yang terlalu rendah atau terlalu tinggi, deviasi prediksi cenderung meningkat karena konsumsi energi baterai yang kurang efisien.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem *monitoring* dan prediksi jarak tempuh pada sepeda listrik konversi yang dirancang telah berfungsi dengan baik dan memberikan hasil yang cukup akurat. Modul PZEM-017 sebagai pengukur tegangan baterai menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi dengan rata-rata *error* hanya sebesar 0,17%. Pembacaan putaran roda untuk kecepatan sepeda menggunakan sensor NJK-5002C juga cukup akurat dengan rata-rata *error* sebesar 2,1%. Prediksi jarak tempuh yang dihitung berdasarkan sisa kapasitas baterai menunjukkan tingkat akurasi yang bervariasi. Capaian terbaik diperoleh pada kecepatan rata-rata 15 km/jam dengan akurasi sebesar 96% pada beban 70 kg dan 103% pada beban 60 kg. Hal ini menunjukkan bahwa sistem akan memprediksi jarak tempuh mendekati akurat pada kecepatan menengah dan beban yang lebih ringan,

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Fahmi, "Pengaruh Promosi, Harga dan Daya Tarik Produk terhadap Minat Konsumen untuk Membeli Sepeda Listrik," *J. Apl. Manaj. dan Inov. Bisnis*, vol. 6, pp. 92–102, 2023.
- [2] S. M. Afraah, A. H. N. Yasmono, W. D. Utari, W. Sutopo, and M. Hisjam, "Strategi Komersialisasi Teknologi Konverter Kit Sebagai Solusi Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik," *Oper. Excell. J. Appl. Ind. Eng.*, vol. 15, no. 1, p. 65, 2023.
- [3] Miftachul Ulum, Mutiara Hikmah, Achmad Fiqhi Ibaiddillah, and Kunto Aji Wibisono, "Rancang Bangun Sepeda Listrik 250 Watt Dengan Mengukur Kecepatan Dan Daya Baterai," *J. JEETech*, vol. 2, no. 1, pp. 7–12, 2021.
- [4] F. N. Zain, M. E. Martawati, and F. Rohman, "Pengembangan Sistem Monitoring Kapasitas Baterai Kendaraan Listrik Berbasis Internet of Things," *J. Apl. Dan Inov. Ipteks "Soliditas"*, vol. 6, no. 1, p. 92, 2023.
- [5] M. R. Saputra *et al.*, "Update Sepeda Biasa Menjadi Sepeda Listrik Menggunakan Arduino Untuk Monitoring Kapasitas Baterai," *J. Pendidik. Tambusai, Tek. Elektro, Univ. Bina Darma, Palembang*, vol. 8, no. 1, pp. 8828–8841, 2024.
- [6] S. Pareza, R. Lapisia, and Primawati, "Rancang Bangun Sepeda Listrik Sebagai Transportasi Hemat Energi," vol. 2, no. 2, pp. 65–72, 2020.
- [7] A. A. Yusuf and A. Asrori, "Perbandingan Konsumsi Daya Baterai Li-Ion 18650 Dengan Lifepo4 32700 Berdasarkan Jarak Tempuh," *J. Energi dan Manufaktur*, vol. 6, no. 2, pp. 74–78, 2023.
- [8] F. Fauzy, I. S. Areni, and I. C. Gunadin, "Rancang Bangun Alat Telemetry Parameter Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis IoT," *J. EKSITASI*, vol. 1, no. 1, pp. 14–21, 2022.
- [9] M. F. Majid, Isdawimah, and N. Nadhiroh, "Pengujian Kinerja Sensor PZEM-004 & PZEM-017 Pada Sistem PLTS," *Pros. Semin. Nas. Tek. Elektro*, vol. 10, pp. 88–92, 2024.
- [10] R. N. Ernawan, *Rancang Bangun Sistem Kontrol Waktu Pengaduk pada Fermentor terhadap Efisiensi Produksi Pupuk Organik Cair*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2024.
- [11] R. A. Priramadhi, "Perancangan Dan Implementasi Perangkat Monitoring Konsumsi Daya Listrik Berbasis ESP32," *e-Proceeding Eng.*, vol. 11, no. 4, pp. 2570–2576, 2024.
- [12] F. D. Tanugraha, *Tampilan Data dan Teks pada OLED Menggunakan Transmisi LORA*. Surabaya: Fakultas Teknologi dan Informatika Universitas Dinamika, 2021.
- [13] I. Romadhon, *Rancang Bangun Penambahan Fungsi Indikator Baterai pada Alat Pengukur Suhu Ruang Laboratorium di Balai Riset dan Standardisasi Industri Surabaya*. Surabaya: Fakultas Teknologi dan Informatika Universitas Dinamika, 2021.
- [14] M. R. Saputra *et al.*, "Legalitas Penggunaan Sepeda Listrik Sebagai Alat Transportasi Menurut Perspektif Hukum Pengangkutan Di Indonesia," *Jurist-Diction*, vol. 16, no. 1, pp. 1909–1916, 2022, doi: 10.20473/jd.v3i3.18629.
- [15] A. Krisna *et al.*, "Perancangan PWM Voltage Controller Sebagai Pengatur Kecepatan Motor DC," *J. Magn.*, vol. 07, 2024.

