

Design and Development of a Smart Display Speedometer for Electric Bicycles Based on OLED (Organic Light Emitting Diode) Technology

Andre Malfino^{a,1,*}, Dr. Ir. Hartoyo, S.Pd., M.Pd., M.T.^{b,2}

^a Department of Electrical and Electronic Engineering, Vocational Faculty, UNY

¹ andremalfino.2021@student.uny.ac.id; ² hartoyo@uny.ac.id

* Corresponding Author

ARTICLE INFO

Article History

Received 3 September 2025

Revised 13 September 2025

Accepted 20 September 2025

Keywords

Speedometer;

Sepeda Listrik;

OLED SSD 1322;

INA226;

ESP32;

EEPROM.

ABSTRACT

The development of electric vehicles demands an efficient and informative monitoring system, particularly for electric bicycles. This study aims to design and develop a Smart Display Speedometer system based on the ESP32 microcontroller, utilizing an OLED SSD1322 display to show real-time parameters including speed, travel distance, voltage, current, power, and battery capacity. A Hall sensor is employed to read speed and RPM, while the INA226 sensor is used to monitor electrical parameters of a 24V 20Ah battery. The travel distance data is stored in EEPROM, and the system is equipped with a reset button and a charging icon feature. System testing was conducted by comparing the output against external measuring instruments under no-load conditions. The average measurement error was 0.87% for voltage, 3.79% for current, 1.41% for RPM, and 5.11% for speed, according to the IEC 13B-23 accuracy classification. The device casing was fabricated using 3D printing with ABS+ material to enhance durability and aesthetics. The system has proven to accurately and efficiently display real-time information related to electric bicycle performance.

Perkembangan kendaraan listrik menuntut sistem monitoring yang efisien dan informatif, khususnya pada sepeda listrik. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem *Smart Display Speedometer* berbasis ESP32 dengan tampilan OLED SSD1322 untuk menampilkan parameter kecepatan, jarak tempuh, tegangan, arus, daya, dan kapasitas baterai secara *real-time*. *Sensor Hall* digunakan untuk membaca kecepatan/RPM, sedangkan INA226 digunakan untuk memantau parameter kelistrikan baterai 24V 20Ah. Data jarak disimpan ke EEPROM, dan sistem dilengkapi fitur *reset* serta ikon pengisian daya. Pengujian dilakukan dengan perbandingan terhadap alat ukur eksternal dalam kondisi tanpa beban. Rata-rata *error* pengukuran sistem sebesar 0,87% (tegangan), 3,79% (arus), 1,41% (RPM), dan 5,11% (kecepatan), sesuai klasifikasi IEC 13B-23. Casing dicetak dengan 3D *printer* berbahan ABS+ untuk meningkatkan keandalan dan estetika. Sistem terbukti mampu menampilkan informasi kendaraan secara akurat, efisien, dan *real-time*.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi kendaraan listrik telah menunjukkan tren yang meningkat dalam beberapa tahun terakhir, seiring dengan tuntutan global untuk mengurangi emisi karbon dan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil. Sepeda listrik menjadi salah satu solusi transportasi ramah lingkungan yang semakin diminati oleh masyarakat karena efisiensi energi dan kemudahan operasionalnya. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Indonesia telah berkomitmen untuk mencapai target *net-zero emission* pada tahun 2060 melalui percepatan program kendaraan listrik berbasis baterai [1]. Hal ini memicu kebutuhan terhadap pengembangan sistem pendukung, termasuk perangkat instrumentasi pada sepeda listrik.

Dalam penggunaan sepeda listrik, salah satu tantangan utama yang dihadapi pengguna adalah keterbatasan informasi real-time terkait performa kendaraan seperti kecepatan, jarak tempuh, serta status baterai. Banyak sepeda listrik saat ini masih menggunakan tampilan konvensional berbasis LCD yang memiliki keterbatasan dari segi efisiensi daya, visibilitas tampilan di bawah cahaya matahari, serta kurang fleksibel untuk menampilkan data yang kompleks [2]. Padahal, informasi seperti sisa kapasitas baterai, tegangan, arus, dan kecepatan sangat penting untuk mendukung kenyamanan dan keamanan dalam berkendara.

Upaya untuk mengatasi keterbatasan tersebut dapat dilakukan dengan mengembangkan sistem pemantauan digital berbasis mikrokontroler dan sensor modern yang mampu menyajikan data kendaraan secara akurat dan efisien. Teknologi layar OLED (*Organic Light Emitting Diode*) dinilai lebih unggul dibandingkan LCD karena memiliki tingkat kontras yang tinggi, dapat terlihat jelas di bawah sinar matahari, serta konsumsi daya yang lebih rendah. Dengan memanfaatkan *mikrokontroler* ESP32 yang mendukung multitasking dan konektivitas tinggi, serta sensor INA226 untuk pemantauan arus dan tegangan secara digital, sistem monitoring kendaraan dapat dikembangkan menjadi lebih andal dan responsif [3].

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh [4] merancang sistem monitoring baterai berbasis NodeMCU dan sensor INA219, namun belum mencakup integrasi tampilan yang efisien dan belum mengimplementasikan sistem penyimpanan data jarak secara permanen. Sementara itu, dalam penelitian oleh [5], sistem monitoring hanya menampilkan parameter dasar tanpa sistem *reset* atau ikon status pengisian daya. Maka dari itu, penelitian ini menawarkan pendekatan baru dengan menggabungkan teknologi sensor, OLED *display*, dan pemrograman multitasking untuk menciptakan *smart display* yang lebih fungsional dan informatif.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem *Smart Display Speedometer* Sepeda Listrik Berbasis OLED dengan mengintegrasikan sensor *Hall Effect* untuk pembacaan kecepatan dan jarak, sensor INA226 untuk pembacaan parameter baterai (tegangan, arus, daya), serta sistem EEPROM untuk penyimpanan jarak tempuh. Diharapkan sistem ini dapat menampilkan data kendaraan secara *real-time* dengan akurat, efisien, dan memberikan kemudahan bagi pengguna dalam memantau performa sepeda listrik mereka secara langsung dari satu layar terpadu.

2. Pendekatan Pemecahan Masalah

2.1 Sepeda Listrik

Sepeda listrik adalah kendaraan yang menggabungkan sistem sepeda konvensional dengan motor listrik sebagai penggerak tambahan. Motor listrik ini memberikan dorongan sehingga pengendara dapat mengayuh dengan lebih ringan atau bahkan menggerakkan sepeda tanpa mengayuh sama sekali. Sepeda listrik menjadi solusi transportasi ramah lingkungan karena tidak menghasilkan polusi udara dan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Selain itu, sepeda listrik juga menawarkan efisiensi energi dan kemudahan mobilitas, terutama di daerah perkotaan dan pedesaan.

Prinsip kerja sepeda listrik melibatkan aliran energi dari baterai ke motor melalui kontrol elektronik yang disebut *controller*. Saat *throttle* atau pedal sensor (*Pedal Assist System*) diaktifkan, sinyal dikirim ke *controller* untuk mengatur besarnya arus listrik yang mengalir ke motor. Motor kemudian mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk memutar roda. Selain *pedal assist*,

beberapa sepeda listrik dilengkapi dengan fungsi *throttle* langsung seperti skuter listrik. Menurut [6], penggunaan sepeda listrik telah menunjukkan efisiensi yang signifikan dalam mobilitas tanpa ketergantungan pada bahan bakar fosil, menjadikannya kendaraan alternatif yang berkelanjutan dan relevan dengan era kendaraan rendah emisi.

2.2 Sistem *Speedometer* Sepeda Listrik

Speedometer adalah alat ukur kecepatan kendaraan yang sangat penting pada sepeda listrik. Fungsinya adalah untuk memberikan informasi kepada pengendara mengenai kecepatan *real-time* selama berkendara. Pada sistem sepeda listrik, *speedometer* biasanya didesain menggunakan teknologi digital dan sensor *Hall Effect* yang mampu membaca kecepatan secara presisi berdasarkan rotasi roda. Selain memberikan informasi kecepatan, beberapa *speedometer* juga menggabungkan fitur lain seperti penunjuk daya baterai, jarak tempuh, dan indikator sistem.

Speedometer digital memiliki keunggulan dalam hal tampilan yang interaktif, akurasi lebih tinggi dibanding versi analog, dan mudah dikustomisasi dengan tampilan visual modern seperti OLED. Menurut [7], pengembangan *speedometer* yang ergonomis juga mempertimbangkan aspek kenyamanan pengguna, termasuk pemilihan *font*, posisi informasi, dan kompatibilitas dengan desain kendaraan listrik [8].

2.3 LCD Display OLED

Display OLED (*Organic Light Emitting Diode*) menjadi pilihan utama dalam proyek ini karena kemampuannya menampilkan informasi dengan kecerahan tinggi, kontras kuat, dan efisiensi daya yang luar biasa [9]. OLED tidak memerlukan *backlight* seperti LCD, sehingga konsumsi dayanya lebih rendah, yang penting untuk perangkat portabel seperti sepeda listrik. Selain itu, layar OLED tetap terlihat jelas bahkan di bawah sinar matahari langsung. Keunggulan penting bagi pengguna sepeda di luar ruangan.

Penggunaan OLED memudahkan integrasi informasi multiguna seperti kecepatan, kapasitas baterai, suhu sistem, dan indikator sistem lainnya secara simultan. Menurut [10], pengembangan tampilan visual pada sistem sepeda listrik juga memperhatikan tingkat kecerahan layar dan durabilitas layar terhadap getaran dan perubahan suhu lingkungan.

2.4 Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah *mikrokontroler* yang dilengkapi *Wi-Fi* dan *Bluetooth* serta sangat mendukung integrasi perangkat pintar. Dengan *dual-core* CPU dan berbagai *input/output* (I/O), ESP32 mampu mengolah data dari sensor kecepatan (*Hall Effect*), sensor arus (INA226), serta mengendalikan tampilan OLED. Selain itu, modul ini mendukung protokol komunikasi I2C, SPI, dan UART yang memperkaya fleksibilitas sistem integrasi [11].

Pada proyek *smart speedometer*, ESP32 menjadi otak utama yang melakukan pembacaan sensor, perhitungan kecepatan, serta visualisasi hasil ke layar OLED. [12] menjelaskan bahwa penggunaan *mikrokontroler* dalam kendaraan listrik memberikan keunggulan dari sisi kontrol otomatisasi dan efisiensi sistem.

3. Perancangan Alat

Proses pembuatan sistem *smart speedometer* sepeda listrik ini terdiri dari beberapa tahap yang terdiri dari analisis kebutuhan, perancangan, pembuatan, dan pengujian. Berikut ini merupakan alir dari proses pembuatan alat.

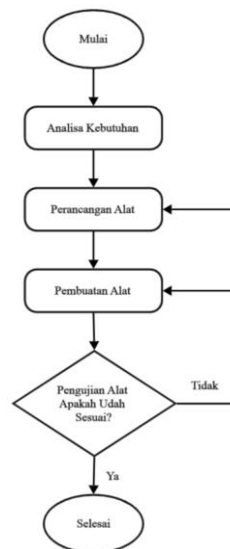


Fig. 1. Digram Alir Penelitian

Analisis kebutuhan merupakan tahapan analisis mengenai urgensi pembuatan sistem *smart speedometer* sepeda listrik. Tahapan analisis kebutuhan ini adalah melakukan observasi lapangan dan juga studi literatur. Berdasarkan hasil observasi lapangan yang dilakukan di dealer *Uwinfly* Jogja Seyogya, diketahui bahwa fitur penunjuk kecepatan pada sepeda listrik yang tersedia di pasaran saat ini dinilai belum mampu menyajikan informasi secara akurat dan responsif sesuai kebutuhan pengguna di lapangan. Sebagian besar unit masih menggunakan tampilan LCD atau TFT yang memiliki keterbatasan dalam konsumsi daya, tingkat keterbacaan di bawah sinar matahari, dan kenyamanan visual saat digunakan dalam jangka waktu panjang. Selain itu, belum adanya penerapan teknologi tampilan berbasis OLED membuat sistem tampilan kurang efisien dan tidak maksimal dalam memanfaatkan sumber daya listrik dari sepeda.

3.1 Diagram Alir Sistem

Berikut ini merupakan flowchart Rancang Bangun *Smart Speedometer* Sepeda Listrik Berbasis OLED (*Organic Light Emitting Diode*).

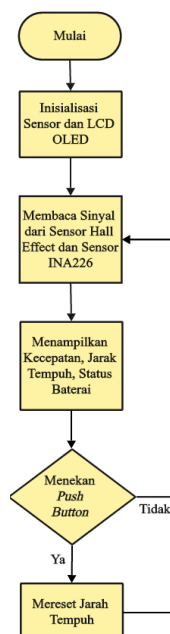


Fig. 2. Diagram Alir Sistem

Berdasarkan *flowchart* sistem yang ditunjukkan pada Fig. 2 di atas, alur kerja prototipe *smart display speedometer* sepeda listrik berbasis OLED dimulai dengan proses inisialisasi sensor dan tampilan LCD OLED. Setelah sistem aktif, *mikrokontroller* akan membaca sinyal dari sensor *Hall Effect* untuk mendeteksi kecepatan roda serta sensor INA226 untuk memantau tegangan, arus, dan status baterai secara *real-time*. Data yang diperoleh dari kedua sensor kemudian diolah dan ditampilkan pada layar OLED, mencakup informasi kecepatan sepeda dalam Km/jam, jarak tempuh dalam Km, serta status baterai dalam bentuk persentase dan ikon *charging*.

Selanjutnya, sistem akan memverifikasi apakah *push button reset* ditekan oleh pengguna. Jika tombol tidak ditekan, sistem akan terus menampilkan data secara dinamis sesuai pembacaan sensor. Namun jika tombol *reset* ditekan, maka sistem secara otomatis akan mereset perhitungan jarak tempuh menjadi nol dan melanjutkan proses monitoring seperti semula. *Flowchart* ini menggambarkan bagaimana prototipe bekerja secara sistematis dalam menampilkan informasi penting selama sepeda digunakan serta memberikan opsi kontrol manual bagi pengguna untuk mereset data jarak secara fleksibel.

3.2 Desain Hardware

Tahapan selanjutnya dalam penelitian ini adalah mendesain dan merancang perangkat keras (*hardware*) Rancang Bangun *Smart Display Speedometer* Sepeda Listrik Berbasis OLED (*Organic Light Emitting Diode*) yang terdiri dari 2 bagian utama yaitu bagian *Electrical* dan *Mechanical*. Penjelasan dari tahapan desain dan perancangan perangkat keras yaitu sebagai berikut:

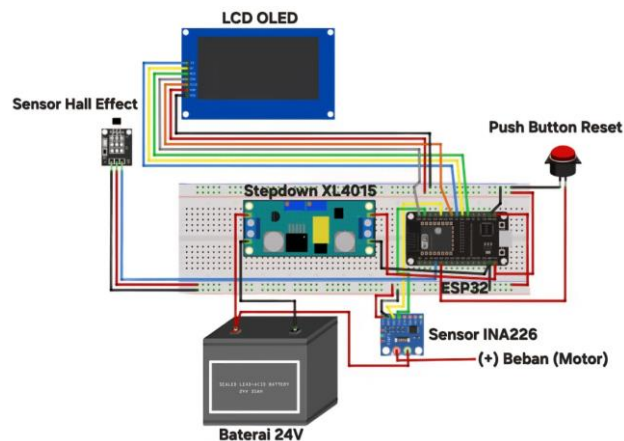


Fig. 3. Wiring Komponen

Fig. 3 diatas merupakan desain elektrik sistem *smart display speedometer* sepeda listrik berbasis OLED bertujuan untuk merancang koneksi antar komponen elektronik secara sistematis agar membentuk sistem monitoring yang utuh dan berfungsi dengan baik. Perancangan ini melibatkan penyusunan hubungan antara sensor *Hall Effect*, sensor INA226, *push button reset*, *mikrokontroller* ESP32, serta satu buah layar OLED 3.12 inch. Proses ini sangat penting untuk memastikan sistem bekerja secara baik, aman, dan sesuai kebutuhan fungsional dari segi pengukuran kecepatan, jarak tempuh, serta status baterai secara *real-time*.

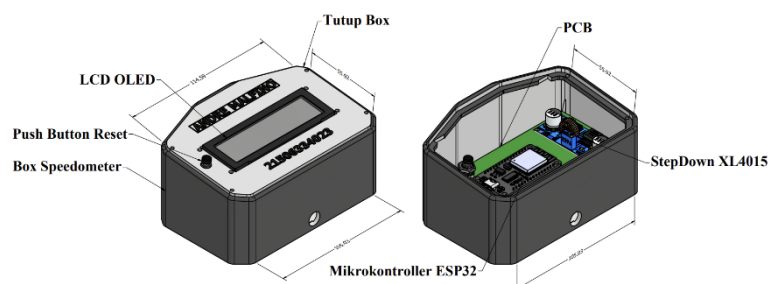


Fig. 4. Desain Alat Sistem Speedometer

Fig. 4 diatas merupakan desain mekanikal pada Sistem *Smart Display Speedometer* Sepeda

Listrik Berbasis OLED bertujuan untuk merancang fabrikasi dan tata letak komponen agar sistem dapat berfungsi secara optimal dan juga mencakup unsur estetika, selain itu juga dapat menjadi acuan dalam tahap proses fabrikasi sehingga mempermudah dalam tahap pembuatan alat yang akan dibuat.

3.3 Desain Software

Tahapan berikutnya setelah proses mendesain dan merancang perangkat keras selesai adalah mendesain dan membangun sistem perangkat lunak. Perancangan perangkat lunak ini bertujuan untuk mengatur proses input dan output data pada *smart display speedometer*, mulai dari pembacaan sensor hingga tampilan informasi pada layar OLED.

4. Hasil dan Pembuatan

4.1 Hasil Pembuatan Hardware Sistem

Hasil pembuatan *hardware* perangkat keras dalam sistem *Smart Display Speedometer* Sepeda Listrik berbasis OLED. Perancangan perangkat keras dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu bagian elektrik dan mekanik. Bagian elektrik mencakup integrasi *mikrokontroler* ESP32 dengan sensor kecepatan (*hall effect*), sensor tegangan (INA226), *push button reset*, serta tampilan OLED. Sementara bagian mekanik mencakup perancangan casing atauudukan komponen yang dirancang agar kokoh, ergonomis, dan sesuai dengan struktur sepeda listrik. Berikut ini merupakan gambar dari alat yang telah dibuat.



Fig. 5. Hasil Sistem *Smart Speedometer* yang telah dibuat

Fig. 5 diatas merupakan hasil Rancang Bangun *Smart Speedometer* Sepeda Listrik Berbasis OLED yang telah dibuat. Berdasarkan tampak depan pada fig tersebut, sistem *smart speedometer* terdapat ada satu buah LCD Display OLED juga beserta *push button reset* dan bagian dalam box *speedometer* tersebut memiliki hasil cetak PCB elektrik yang udah sesuai dengan prinsip kerja.

4.2 Hasil Pembuatan Software Sistem

Pembuatan *Software* pada sistem *smart display speedometer* sepeda listrik berbasis OLED mencakup dua tahapan utama yang saling mendukung. Tahapan pertama adalah perancangan program sistem menggunakan *platform* Arduino IDE, di mana semua proses pengolahan data input dari sensor serta pengaturan logika sistem dikembangkan secara terstruktur dan sistematis. Tahapan kedua adalah perancangan antarmuka tampilan (*display interface*) pada layar OLED berbasis *library* U8G2, yang berfungsi untuk menyajikan data *real-time* secara visual kepada pengguna, seperti kecepatan, jarak tempuh, dan status baterai dengan elemen grafis yang interaktif.

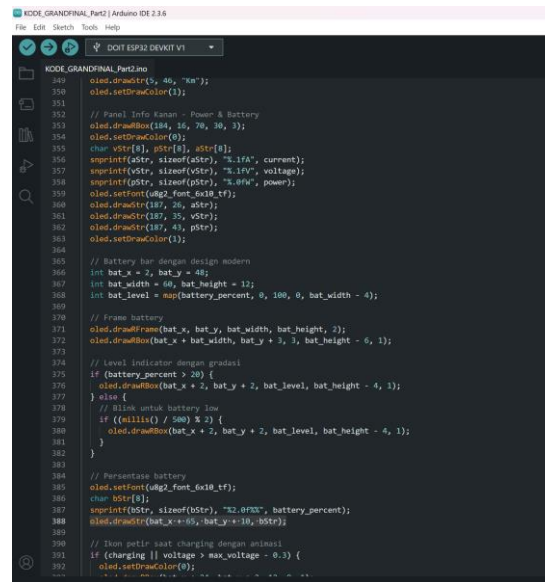


Fig. 6. Program Arduino IDE

Perancangan antarmuka visual pada tampilan OLED bertujuan untuk menyajikan informasi sensor secara *real-time* dalam bentuk yang informatif dan mudah dipahami oleh pengguna. Antarmuka ini dikembangkan dengan memanfaatkan *library* U8g2lib yang mendukung kontrol grafik berbasis SPI pada modul OLED SSD1322 beresolusi 256×64 piksel. Desain visual mencakup elemen-elemen grafis seperti indikator kecepatan berbentuk analog (lingkaran dan jarum), panel jarak tempuh, status baterai dalam bentuk bar dan persentase. Penempatan informasi ditata agar tetap terbaca meskipun dalam kondisi bergerak, serta dilengkapi animasi *splash screen* dan transisi saat perangkat pertama kali menyala sebagai identitas visual sistem.



Fig. 7. Tampilan Antarmuka Visual Display OLED

4.3 Hasil Pengujian Kecepatan Berbeban

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan kecepatan pada perangkat *smart display speedometer* sepeda listrik dalam kondisi kendaraan sedang berjalan dengan beban nyata (pengendara). Data kecepatan yang ditampilkan pada layar OLED dibandingkan dengan pembacaan *speedometer* bawaan motor listrik sebagai acuan pembandingan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengevaluasi seberapa akurat sistem mampu menampilkan informasi kecepatan secara *real-time* dalam situasi operasional sesungguhnya. Tabel 1 berikut menampilkan hasil pengujian kecepatan pada beberapa variasi mode kecepatan mulai dari 20% hingga 100%, serta menghitung selisih pembacaan, persentase *error*, dan kriteria ketelitiannya berdasarkan klasifikasi tertentu.

Tabel 1 Hasil Pengujian Kinerja Kecepatan Berbeban

Kondisi <i>Speed Mode</i>	Hasil Pembacaan		Selisih Pembacaan (Kecepatan)	Persentase <i>Error</i> (%)	Kriteria Ketelitian
	Pembacaan di <i>Dsisplay</i> OLED (Km/jam)	Pembacaan di <i>Speedometer</i> Motor (Km/jam)			
20%	15	14	1	6.67%	Gol IV
40%	34	32	2	5.88%	Gol IV
60%	40	38	2	5.00%	Gol IV
80%	48	46	2	4.17%	Gol IV
100%	52	50	2	3.85%	Gol IV
Rata-rata			1.8	5.11%	Gol IV

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, dapat disimpulkan bahwa sistem mampu menampilkan kecepatan dengan akurasi yang cukup baik walaupun terdapat selisih rata-rata sebesar 1.8 Km/jam atau persentase *error* rata-rata 5.11%. Berdasarkan klasifikasi ketelitian, akurasi ini masuk dalam kategori Golongan IV, yang berarti masih dapat diterima untuk aplikasi umum *non*-presisi. Meski demikian, nilai *error* masih dalam batas toleransi dan tidak memengaruhi performa pembacaan secara signifikan.

4.4 Hasil Pengujian Tanpa Beban

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan tegangan baterai oleh sistem *smart display speedometer* dalam kondisi tanpa beban, yaitu ketika sepeda listrik tidak sedang dijalankan dan tidak mengalami arus tarik dari motor.

Tabel 2 Hasil Pengujian Kinerja Tegangan Tanpa Beban

Kondisi <i>Speed Mode</i>	Hasil Pembacaan		Selisih Pembacaan (V)	Persentase <i>Error</i> (%)	Kriteria Ketelitian
	Pembacaan di <i>Dsisplay</i> OLED (V)	Pembacaan di Multimeter (V)			
20%	23.6	23.8	0.2	0.84%	Gol II
40%	23.2	23.4	0.2	0.85%	Gol II
60%	22.8	23.0	0.2	0.87%	Gol II
80%	22.5	22.6	0.1	0.44%	Gol II
100%	22.2	22.5	0.3	1.33%	Gol III
Rata-rata			0.2	0.87%	Gol II

Berdasarkan hasil pengujian yang ditampilkan pada Tabel 2, sistem menunjukkan performa yang cukup akurat dalam membaca nilai tegangan baterai saat tidak berbeban. Rata-rata selisih pembacaan sebesar 0.2 V dengan *error* sebesar 0.87% menunjukkan bahwa sistem mampu merepresentasikan tegangan dengan baik. Berdasarkan kriteria klasifikasi, akurasi pembacaan berada pada Golongan II, yang menandakan tingkat ketelitian cukup tinggi dan layak digunakan untuk monitoring tegangan dalam aplikasi sepeda listrik. Meskipun pada kondisi 100% terjadi peningkatan *error* hingga 1.33% dan masuk kategori Gol III, nilai ini masih berada dalam batas toleransi pengukuran.

Tabel 3 Hasil Pengujian Kinerja Arus Tanpa Bebeban

Kondisi <i>Speed Mode</i>	Hasil Pembacaan		Selisih Pembacaan (A)	Persentase <i>Error</i> (%)	Kriteria Ketelitian
	Pembacaan di <i>Dsisplay</i> OLED (A)	Pembacaan di Ampermeter (A)			
20%	2.4	2.5	0.1	4.00%	Gol IV
40%	2.8	2.9	0.1	3.45%	Gol IV
60%	3.3	3.4	0.1	2.94%	Gol IV
80%	3.2	3.5	0.3	8.57%	Gol IV
100%	5.0	5.0	0.0	0.00%	Gol I
Rata-rata			0.12	3.79%	Gol IV

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3, terlihat bahwa pembacaan arus oleh sistem *smart display speedometer* dalam kondisi tanpa beban menunjukkan tingkat ketelitian yang bervariasi. Rata-rata selisih pembacaan sebesar 0.12 A dengan persentase *error* rata-rata 3.79% mengindikasikan adanya deviasi yang cukup signifikan pada beberapa mode kecepatan. Mayoritas kondisi uji menunjukkan akurasi dalam kategori Golongan IV, yang berarti akurasinya tergolong rendah dan perlu perbaikan kalibrasi lebih lanjut, terutama pada kondisi 80% yang menunjukkan *error* tertinggi sebesar 8.57%. Namun, pada kondisi 100%, sistem menunjukkan kinerja optimal dengan *error* 0.00%, yang termasuk dalam Golongan I, atau sangat akurat. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun sistem mampu membaca arus dengan baik pada beberapa titik tertentu, namun secara keseluruhan masih diperlukan optimasi agar pembacaan arus dapat lebih konsisten dan akurat di seluruh rentang pengujian, terutama dalam kondisi tanpa beban yang cenderung lebih sensitif terhadap fluktuasi kecil arus.

Tabel 4 Hasil Pengujian Kinerja RPM Tanpa Bebeban

Kondisi <i>Speed Mode</i>	Hasil Pembacaan		Selisih Pembacaan (RPM)	Persentase <i>Error</i> (%)	Kriteria Ketelitian
	Pembacaan di <i>Dsisplay</i> Serial Monitor (RPM)	Pembacaan di Tachometer (RPM)			
20%	831	822	9	1.10%	Gol III
40%	2181	2187	6	0.27%	Gol I
60%	4162	4239	77	1.82%	Gol IV
80%	5810	5750	60	1.04%	Gol III
100%	6930	6739	191	2.83%	Gol IV
Rata-rata			68.6	1.41%	Gol III

Hasil pengujian kinerja pembacaan putaran motor (RPM) pada kondisi tanpa beban sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa sistem *smart display speedometer* mampu mendeteksi nilai RPM secara relatif akurat. Rata-rata selisih pembacaan sebesar 68.6 RPM dengan persentase *error* sebesar 1.41% tergolong dalam Golongan III, yang berarti sistem memiliki tingkat ketelitian sedang. Pada mode kecepatan 40%, sistem menunjukkan hasil paling akurat

dengan *error* hanya 0.27% (Gol I), sementara akurasi terendah terjadi pada mode 100% dengan selisih 191 RPM dan *error* 2.83% (Gol IV). Hasil ini menunjukkan bahwa pada kecepatan rendah hingga menengah, sistem relatif stabil dalam membaca RPM, namun pada kecepatan tinggi cenderung mengalami deviasi yang lebih besar. Meski begitu, tingkat *error* yang ditunjukkan masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima untuk sistem monitoring berbasis *mikrokontroller*, sehingga kinerja pembacaan RPM secara keseluruhan dapat dikategorikan cukup baik.

5. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem *Smart Display Speedometer* untuk sepeda listrik berbasis *mikrokontroller* ESP32 dan tampilan OLED SSD1322. Sistem ini mampu menampilkan informasi kecepatan, RPM, jarak tempuh, tegangan, arus, daya, serta persentase baterai secara *real-time* dengan tampilan yang informatif dan hemat daya. Penggunaan sensor *Hall Effect* dan INA226 terbukti efektif dalam membaca parameter kendaraan secara akurat, sedangkan penyimpanan data jarak pada EEPROM memastikan data tetap tersimpan meskipun sistem dimatikan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang baik dengan rata-rata *error* sebesar 0,87% untuk tegangan, 3,79% untuk arus, 1,41% untuk RPM, dan 5,11% untuk kecepatan. Persentase *error* ini masih berada dalam batas toleransi menurut klasifikasi standar IEC 13B-23. Desain *casing* yang dicetak menggunakan 3D *printing* berbahan ABS+ memberikan proteksi fisik yang memadai sekaligus tampilan estetis yang sesuai untuk dipasang pada sepeda listrik.

Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan telah memenuhi tujuan penelitian dan memberikan solusi nyata terhadap kebutuhan pengguna sepeda listrik dalam memantau performa kendaraannya secara langsung. Sistem ini memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan fitur komunikasi nirkabel, konektivitas IoT, atau integrasi GPS untuk pelacakan lokasi dan navigasi.

References

- [1] S. K. Dirjen *et al.*, “Terakreditasi SINTA Peringkat 2 Prototype Pendeteksi Daerah Rawan Kecelakaan Berbasis Internet of Things,” *J. RESTI*, vol. 1, no. 3, pp. 1017–1027, 2021.
- [2] A. T. Cahyadi, “Rancang bangun sistem monitoring kendaraan pada persewaan motor listrik,” *Braz Dent J.*, vol. 33, no. 1, pp. 1–12, 2022, [Online]. Available: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>
- [3] M. A. Saputra, “Aplikasi TFT LCD (Thin Film Transistor Liquid Crystal Display) Pada Kursi Roda Elektrik Berbasis Arduino Mega 2560,” *Dr. Diss. Politek. NEGERI Sriwij.*, no. 3, pp. 1–6, 2017.
- [4] F. Nurfadlilah, P. Akademi Pimpinan Perusahaan Jakarta, A. Sofi Malika Politeknik Akademi Pimpinan Perusahaan Jakarta, A. Rifqi Naufal Politeknik Akademi Pimpinan Perusahaan Jakarta, and R. Wikansari Politeknik Akademi Pimpinan Perusahaan Jakarta, “Peran Sepeda Listrik Dalam Mewujudkan Mobilitas Berkelanjutan,” *Humanit. J. Homaniora, Sos. dan Bisnis*, vol. 2, no. 1, pp. 136–141, 2024, [Online]. Available: <https://humanisa.my.id/index.php/hms/article/view/91>
- [5] T. Sensussiana, “Modul Ajar Teknologi Informasi Dan Komunikasi (TIK) Stikes Kusuma Husada Surakarta,” *Stud. D3 KEPERAWATAN STIKES KUSUMA HUSADA SURAKARTA*, p. 360, 2019.
- [6] D. T. Arsari, “Keabsahan Penggunaan Sepeda Listrik Berbasis Aplikasi Online Sebagai Alat Transportasi Ditinjau Dari Perspektif Hukum Pengangkutan Di Indonesia,” *Univ. AIRLANGGA*, pp. 2–2, 2019.
- [7] M. N. Nuryanto and M. N. A. Mukhtar, “Pengembangan Desain Speedometer Digital Pada Sepeda Listrik Hybrid Dengan Memakai Metode QFD,” *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. dan Karya Ilm. dalam Bid. Tek. Ind.*, vol. 9, no. 2, p. 588, 2023, doi: 10.24014/jti.v9i2.23035.
- [8] Joel Veryanto Hutagaol, D. Setiawan, and H. Eteruddin, “Perancangan Sistem Monitoring

- Kendaraan Listrik,” *J. Tek.*, vol. 16, no. 1, pp. 96–102, 2022, doi: 10.31849/teknik.v16i1.9640.
- [9] N. Fajaryati, D. Santoso, S. Waluyanti, and A. A. Baiti, “Studi Penelusuran Alumni Teknik Elektronika D3 sebagai Upaya Peningkatan Mutu Penyelenggaraan Program Studi,” *Elinvo (Electronics, Informatics, Vocat. Educ.*, vol. 3, no. 1, pp. 25–30, 2018, doi: 10.21831/elinvo.v3i1.20221.
- [10] M. Arsyad and N. Wahyuni, “Modifikasi Sepeda Konvensional Menjadi Sepeda Listrik,” *Pros. 5th Semin. Nas. Penelit. Pengabd. Kpd. Masy. 2021*, pp. 40–43, 2021, [Online]. Available: <https://www.polygonbikes.com/id/mengenal-sejarah-dan-munculnya-sepeda-di-indonesia/>
- [11] S. Gustiani, “Research and Development (R&D) Method as a Model Design in Educational Research and Its Alternatives,” *Holistics J.*, vol. 11, no. 2, pp. 12–22, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/holistic/article/view/1849>
- [12] E. D. Dimitri and H. Bahalwan, “Desain Sepeda Motor Listrik untuk Mobilitas Masyarakat di Perkotaan,” *Pros. Semin. Teknol. Perencanaan, Perancangan, Lingkung. dan Infrastruktur*, vol. 0, no. 0, pp. 310–315, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.itats.ac.id/stepplan/article/view/1585>