



On-Board Diagnostic Tool menggunakan Mikrokontroler pada Kendaraan Listrik (EV) Terintegrasi dengan Speedometer

Zakiah Amalia^{*1}, Achsanul Khabib², Talifatim Machfuroh³, Fica Aida Nadhifatul Aini⁴, Diama Rizky Septiawan⁵, Siti Duratun Nasiqiati Rosady⁶, Ahsani Maulidina⁷

^{1,3-7}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang

¹zakiah_amalia@polinema.ac.id, ²achsanul.khabib@polinema.ac.id, ³talifatim.machfuroh@polinema.ac.id,

⁴fica.aida@polinema.ac.id, ⁵diama.rizky@polinema.ac.id, ⁶sitiduratun@polinema.ac.id, ⁷ahsani@polinema.ac.id

Abstract

Electric vehicles (EVs) are becoming a growing environmentally friendly transportation solution, but they still require an efficient and easily accessible vehicle condition monitoring system. Electric motorcycle users often experience difficulties in directly knowing the condition of the battery, motor, and drive system. Based on these problems, this study aims to develop an On-Board Diagnostic (OBD) system integrated with a speedometer to monitor the main parameters of two-wheeled electric vehicles in real-time. The research method includes designing a microcontroller-based system connected to a motor controller via UART and Controller Area Network (CAN) communication. The system is equipped with a DS3231 RTC module for time markers, an SD Card for data storage, and a 20x4 LCD to display voltage, current, power, temperature, and fault status (fault code). Testing was conducted on the Graha Merjosari Asri–Greenland at Tidar, Malang route, with speed variations between 0–45 km/h. The results show that the system is capable of detecting undervoltage conditions below 60 V, maintaining a stable maximum temperature of 41°C without overheating, and displaying vehicle data accurately and responsively. The developed OBD-speedometer system functions effectively as a portable and economical diagnostic tool for electric two-wheeled vehicles, with potential for development into an IoT-based intelligent monitoring system.

Keywords: CAN bus, electric vehicles, microcontroller, OBD, speedometer

Abstrak

Kendaraan listrik (Electric Vehicle / EV) menjadi solusi transportasi ramah lingkungan yang terus berkembang, namun masih memerlukan sistem pemantauan kondisi kendaraan yang efisien dan mudah diakses. Pengguna sepeda motor listrik sering mengalami kesulitan dalam mengetahui kondisi baterai, motor, serta sistem penggerak secara langsung. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem On-Board Diagnostic (OBD) yang terintegrasi dengan speedometer untuk memantau parameter utama kendaraan listrik roda dua secara real-time. Metode penelitian meliputi perancangan sistem berbasis mikrokontroler yang terhubung dengan kontroler motor melalui komunikasi UART dan Controller Area Network (CAN). Sistem dilengkapi dengan modul RTC DS3231 untuk penanda waktu, SD Card untuk penyimpanan data, dan LCD 20x4 untuk menampilkan tegangan, arus, daya, suhu, serta status kesalahan (fault code). Pengujian dilakukan pada rute Graha Merjosari Asri–Greenland at Tidar, Malang, dengan variasi kecepatan antara 0–45 km/jam. Hasil menunjukkan sistem mampu mendeteksi kondisi UnderVolt di bawah 60 V, mempertahankan kestabilan suhu maksimum 41 °C tanpa terjadi Overheat, serta menampilkan data kendaraan secara akurat dan responsif. Sistem OBD-speedometer yang dikembangkan berfungsi efektif sebagai alat diagnostik portabel dan ekonomis untuk kendaraan listrik roda dua, dengan potensi pengembangan menuju sistem pemantauan cerdas berbasis IoT.

Kata kunci: CAN bus, kendaraan listrik, mikrokontroler, OBD, speedometer

Diterima Redaksi : 06-05-2026 | Selesai Revisi : 09-06-2026 | Diterbitkan Online : 26-06-2026

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi kendaraan listrik (Electric Vehicle / EV) terus mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap isu lingkungan dan efisiensi energi. Kendaraan listrik menjadi solusi alternatif untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dan

menekan emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh kendaraan bermesin pembakaran dalam (Internal Combustion Engine / ICE) [1]. Motor listrik sebagai komponen utama pada kendaraan listrik berperan penting dalam mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Namun, seiring dengan meningkatnya kompleksitas sistem elektronik dan kontrol pada motor

listrik, dibutuhkan sistem pemantauan kondisi kendaraan yang lebih cerdas, akurat, dan mudah diakses oleh pengguna [2], [3].

Salah satu teknologi yang digunakan dalam sistem kendaraan modern untuk memantau performa dan mendeteksi gangguan adalah On-Board Diagnostic (OBD). Sistem OBD awalnya dikembangkan untuk kendaraan berbasis mesin pembakaran, tetapi kini telah diadaptasi untuk kendaraan listrik dengan fungsi utama dalam pemantauan kondisi baterai, motor, dan kontroler [4], [5]. Melalui OBD, pengguna dapat mengetahui parameter penting seperti tegangan, arus, suhu, dan fault code yang menandakan adanya anomali sistem. Deteksi dini terhadap gangguan ini memungkinkan pengguna atau teknisi melakukan perawatan sebelum terjadi kerusakan berat, sehingga meningkatkan efisiensi dan keamanan operasional kendaraan [6].

Meskipun teknologi OBD telah banyak diterapkan pada kendaraan roda empat, implementasinya pada kendaraan listrik roda dua masih sangat terbatas. Kendaraan listrik roda dua memiliki ruang fisik yang lebih kecil, keterbatasan daya, serta kebutuhan antarmuka pengguna yang ringkas namun informatif. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sistem OBD yang berukuran kompak, hemat energi, dan mampu menampilkan informasi kondisi kendaraan secara real-time melalui perangkat yang familier bagi pengguna, seperti speedometer [7], [8].

Integrasi antara sistem OBD dan speedometer akan memberikan kemudahan bagi pengguna untuk memantau kondisi kendaraan tanpa memerlukan perangkat tambahan eksternal. Sistem ini juga berpotensi menjadi media diagnostik cerdas yang tidak hanya menampilkan data operasional, tetapi juga mencatat riwayat performa untuk keperluan analisis dan pemeliharaan prediktif (predictive maintenance). Untuk mencapai hal tersebut, dibutuhkan sistem yang menggabungkan kemampuan akuisisi data, pemrosesan, penyimpanan, dan tampilan informasi secara simultan berbasis mikrokontroler dengan dukungan komunikasi Controller Area Network (CAN) [9]–[11].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem OBD yang terintegrasi dengan speedometer berbasis mikrokontroler pada kendaraan listrik roda dua. Sistem ini diharapkan mampu menampilkan data parameter utama kendaraan secara real-time, mendeteksi kondisi fault seperti UnderVolt atau Overheat, serta menyimpan data operasional untuk kebutuhan diagnosis teknisi. Dengan pengembangan ini, sistem OBD-speedometer dapat menjadi solusi diagnostik portabel yang mendukung peningkatan keandalan dan efisiensi kendaraan listrik,

serta menjadi langkah awal menuju integrasi sistem pemantauan cerdas berbasis Internet of Things (IoT).

2. Metode Penelitian

Penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi sistem *On-Board Diagnostic* (OBD) yang terintegrasi dengan speedometer berbasis mikrokontroler untuk kendaraan listrik roda dua. Tujuan utama metode ini adalah mengembangkan sistem yang mampu membaca, memproses, dan menampilkan parameter utama kendaraan *secara real-time*, seperti tegangan, arus, daya, suhu, dan status kesalahan (*fault code*), sekaligus melakukan penyimpanan data secara otomatis. Permasalahan utama yang diformulasikan adalah bagaimana merancang sistem OBD dengan dimensi kompak yang mampu mendeteksi kondisi abnormal seperti *UnderVolt* dan *Overheat* secara akurat, serta menyediakan catatan historis data operasional kendaraan untuk keperluan diagnostik.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, dilakukan pendekatan berbasis model matematis terhadap besaran listrik dan termal kendaraan. Besaran daya sesaat $P(t)$ dihitung dari hasil kali tegangan dan arus yang terukur, sebagaimana pada Persamaan (1).

$$P(t) = V(t) \times I(t) \quad (1)$$

di mana $P(t)$ adalah daya sesaat (W), $V(t)$ adalah tegangan sistem (V), dan $I(t)$ adalah arus beban (A). Energi kumulatif kendaraan selama pengujian diperoleh dengan metode penjumlahan diskrit terhadap hasil pengukuran daya setiap interval waktu Δt , seperti ditunjukkan pada Persamaan (2).

$$E = \sum_{t=0}^n P(t) \cdot \Delta t \quad (2)$$

Kondisi *fault* ditentukan melalui logika berbasis ambang batas (*threshold detection*). Arsitektur sistem terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu mikrokontroler Arduino Nano atau UNO R4 sebagai unit kendali pusat, modul komunikasi UART dan *Controller Area Network* (CAN) sebagai jalur pertukaran data dengan kontroler motor Votol EM-100, modul RTC DS3231 sebagai penanda waktu (*timestamp*), SD Card sebagai media penyimpanan data, serta LCD 20×4 sebagai antarmuka pengguna. Seluruh sensor daya, suhu, dan putaran motor terhubung ke mikrokontroler melalui komunikasi serial, sehingga sistem dapat bekerja sinkron dengan kontroler motor BLDC.

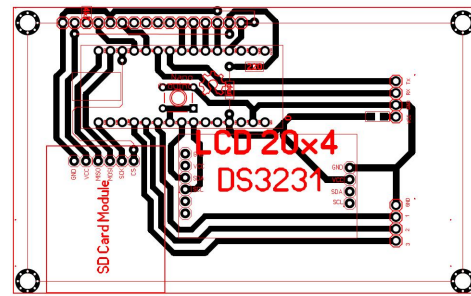
Proses akuisisi data dilakukan secara periodik setiap 500 milidetik. Data mentah yang diterima dari kontroler melalui komunikasi UART berbentuk *frame string* kemudian diparsing menjadi parameter individu seperti tegangan, arus, daya, suhu, dan kecepatan. Nilai

daya sesaat dan energi kumulatif dihitung menggunakan Persamaan (1) dan (2), sedangkan logika kesalahan menggunakan Persamaan (3). Semua data hasil pemrosesan ditampilkan pada layar LCD dan dicatat dalam SD Card dalam format *Comma-Separated Value* (CSV) dengan penanda waktu dari RTC DS3231.

Proses sistem dikendalikan dengan algoritma *rule-based detection*, di mana setiap parameter diperiksa terhadap nilai ambang batas untuk mendeteksi kondisi anomali. Jika suatu parameter melampaui batas aman, sistem secara otomatis mengaktifkan indikator kesalahan pada tampilan speedometer dan menyimpan peristiwa tersebut dalam file log. Pendekatan ini bersifat efisien karena tidak memerlukan komputasi kompleks atau sensor tambahan, sesuai dengan keterbatasan sumber daya mikrokontroler [12]–[14]. Secara konseptual, metode ini menggabungkan tiga pendekatan *state of the art*, yaitu sistem diagnostik OBD-II pada kendaraan listrik [4], komunikasi berbasis *Controller Area Network* (CAN) untuk sistem otomotif [9], dan pencatatan otomatis berbasis *embedded data logger*. Integrasi ketiga konsep tersebut menghasilkan sistem OBD-speedometer yang tidak hanya menampilkan data sensor, tetapi juga menyediakan riwayat performa kendaraan yang lengkap dan terstruktur berdasarkan waktu.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menghasilkan prototipe sistem *On-Board Diagnostic* (OBD) yang terintegrasi dengan speedometer untuk kendaraan listrik roda dua berbasis mikrokontroler. Proses pengembangan telah mencapai tahap perancangan dan pencetakan *Printed Circuit Board* (PCB) dengan keluaran teknis berupa dokumen skematik, tata letak (*layout*), daftar material (*Bill of Material*), dan berkas manufaktur (*Gerber file*) yang telah lulus verifikasi ERC/DRC. Arsitektur OBD menggunakan Arduino UNO dengan antarmuka *Controller Area Network* (CAN) ber-topologi *backbone* dengan terminasi 120 Ω untuk menjaga integritas sinyal. Sistem dilengkapi modul RTC DS3231 sebagai *time-base* presisi untuk *event logging*, media SD Card untuk penyimpanan data, serta LCD 20×4 untuk menampilkan parameter utama seperti kecepatan, tegangan, arus, dan status kesalahan. Gambar 1 memperlihatkan desain PCB yang kompak dan efisien, dirancang satu lapis (*single layer*) dengan pemisahan jalur daya, data, dan komponen untuk mengurangi interferensi elektromagnetik.



Gambar 1. Desain PCB OBD

Implementasi perangkat keras ditunjukkan pada Gambar 2, di mana modul OBD terpasang pada *dashboard* kendaraan listrik dan berfungsi menampilkan data secara *real-time*. Informasi yang muncul di layar meliputi RPM, tegangan sistem (Volt_V), arus (Amp_A), daya (Power_W), energi kumulatif (WhCount), kapasitas baterai (Batt%), serta suhu sistem (Temp_C).



Gambar 2. OBD Board Yang Terpasang di Dashboard Kendaraan Listrik

Seluruh data diperbarui secara periodik oleh mikrokontroler melalui komunikasi UART dengan kontroler motor Votol EM-100. Sistem juga dilengkapi tombol fisik seperti yang ditunjukkan Gambar 3 untuk *reset* parameter energi dan odometer, memudahkan pengguna melakukan pengaturan ulang tanpa komputer tambahan. Seluruh rangkaian telah diintegrasikan secara ergonomis dan terlindung dari getaran serta debu.

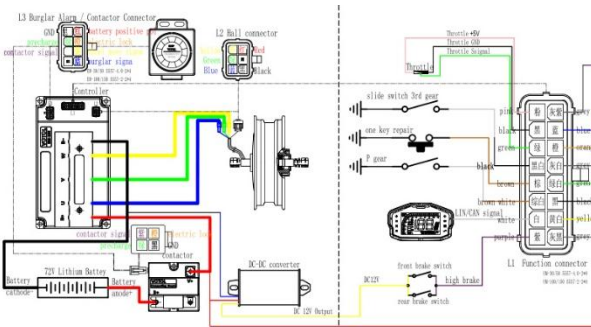


Gambar 3. Tombol Reset untuk Wh meter dan ODO meter



Gambar 4. Software Debugging ke OBD pada kendaraan Listrik

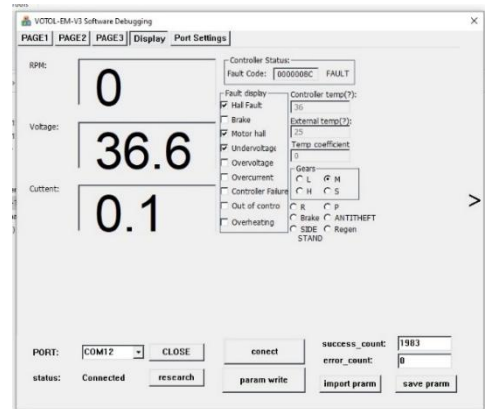
Proses validasi sistem dilakukan melalui *software debugging* seperti yang ditunjukkan Gambar 4 menggunakan koneksi USB–serial yang menampilkan data diagnostik kendaraan secara langsung di komputer. Komunikasi antara kontroler dan sistem OBD-speedometer memanfaatkan protokol UART seperti yang ditunjukkan Gambar 5 untuk mentransmisikan data dua arah dengan latensi rendah.



Gambar 5. Wiring Votol EM-50 ke BLDC

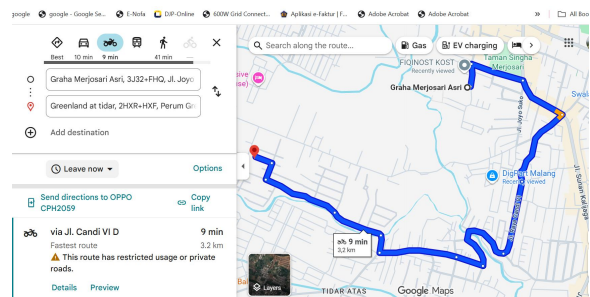
Melalui jalur ini, parameter seperti tegangan, arus, dan kecepatan dapat ditampilkan baik di LCD maupun di *serial monitor* secara simultan. Analisis kondisi *fault* juga dilakukan menggunakan perangkat lunak VOTOL-EM-V3 seperti yang ditunjukkan Gambar 6, di mana sistem mampu mendeteksi gangguan seperti *Hall Fault*, *Motor Hall Fault*, dan *Undervoltage*. Deteksi *Undervoltage* terjadi ketika tegangan suplai turun di

bawah 60 V, sedangkan *Hall Fault* mengindikasikan anomali pada sensor posisi rotor BLDC.



Gambar 6. Votol Software Debug dengan Fault Code Hall Fault, Motor Hall, Undervoltage

Uji lapangan dilakukan di jalur Graha Merjosari Asri – Greenland at Tidar, Malang seperti yang ditunjukkan Gambar 7 sepanjang ± 2,4 km dengan variasi kecepatan 0–45 km/jam. Seluruh data diambil menggunakan interval waktu dari RTC DS3231 dan disimpan dalam SD Card. Parameter yang direkam meliputi tegangan, arus, daya, suhu, kecepatan, serta status *fault*.



Gambar 7. Jalur Graha Merjosari Asri – Greenland at Tidar, Kota Malang

Tabel 1 memperlihatkan hasil akuisisi data di mana sistem berhasil mencatat setiap kejadian dengan *timestamp* yang presisi.



Gambar 13 OBD Board Tampak Atas Dengan LCD dan Kabel

Secara umum, sistem OBD-speedometer yang dikembangkan bekerja sesuai spesifikasi rancangan dan mampu memberikan fungsi diagnostik lengkap bagi kendaraan listrik. Kejadian *UnderVolt* terdeteksi dengan baik, suhu sistem tetap dalam batas aman, dan tidak ada gangguan komunikasi selama pengujian. Dengan integrasi sensor, mikrokontroler, dan antarmuka yang responsif, sistem ini mampu mendukung pemantauan kondisi kendaraan secara efektif dan efisien. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian sejenis terkait sistem diagnostik BLDC dan jaringan CAN pada kendaraan listrik [4], [9]. Dari aspek performa, sistem menunjukkan akurasi tinggi dalam pembacaan parameter dan waktu respons cepat untuk mendeteksi kondisi *fault*. Keberhasilan implementasi fungsi *logging*, tampilan LCD, serta komunikasi dua arah menjadikan sistem ini layak digunakan sebagai prototipe diagnostik portabel pada tahap *Technology Readiness Level (TRL/TKT)* 4. Integrasi lebih lanjut dengan jaringan IoT dan *wireless telemetry* di masa mendatang berpotensi menjadikannya platform *smart diagnostic system* yang mendukung konsep *predictive maintenance* pada kendaraan listrik modern.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan menguji prototipe On-Board Diagnostic (OBD) yang terintegrasi dengan speedometer untuk kendaraan listrik roda dua. Sistem yang dikembangkan mampu menampilkan dan mencatat parameter utama kendaraan, meliputi tegangan, arus, daya, suhu, kecepatan, dan fault code melalui antarmuka LCD 20×4 serta penyimpanan data pada SD Card. Integrasi RTC DS3231 memungkinkan setiap data yang tersimpan memiliki penanda waktu sehingga dapat digunakan untuk analisis kondisi kendaraan selama pengujian. Hasil pengujian lapangan

pada rute Graha Merjosari Asri–Greenland at Tidar, Malang menunjukkan bahwa sistem dapat beroperasi pada variasi kecepatan 0–45 km/h. Selama pengujian, sistem mampu mendeteksi kondisi undervoltage ketika tegangan berada di bawah 60 V dan menampilkan fault code yang muncul, seperti UnderVolt dan Hall Fault. Suhu sistem berada pada rentang 38–41 °C sehingga tidak terjadi kondisi overheating selama pengujian. Berdasarkan hasil tersebut, sistem OBD-speedometer yang dikembangkan dapat digunakan sebagai prototipe alat monitoring portabel untuk kendaraan listrik roda dua. Namun, sistem masih perlu dikembangkan lebih lanjut melalui validasi akurasi menggunakan alat ukur referensi, pengujian pada variasi rute dan beban yang lebih beragam, serta integrasi dengan IoT untuk pemantauan jarak jauh dan analisis prediktif.

Daftar Rujukan

- [1] Khorsravinia, K., Hassan, M.K., Rahman, R.Z.A. and Al-Haddad, S.A.R., 2017. Integrated OBD-II and mobile application for electric vehicle (EV) monitoring system. In: IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS). pp.202-206.
- [2] Liu, S.M., Tu, C.H., Lin, C.L. and Liu, V.T., 2020. Field-oriented driving/braking control for electric vehicles. *Electronics*, 9 (9).
- [3] Grimaldi, C.N. and Mariani, F., 2001. OBD engine fault detection using a neural approach. *SAE Transactions*, pp.454-461.
- [4] Kowalik, B., 2018. Introduction to car failure detection system based on diagnostic interface. In: International Interdisciplinary PhD Workshop (IIPhDW). pp.4-7.
- [5] Rani, S., Hutagalung, J.E. and Dermawan, A., 2021. Implementasi speedometer digital pada mobil listrik menggunakan Arduino Uno. *J-Com (Journal of Computer)*, 1 (3), pp.269-274.
- [6] Hutagaol, J.V., Setiawan, D. and Eteruddin, H., 2022. Perancangan sistem monitoring kendaraan listrik. *Jurnal Teknik*, 16 (1), pp.96-102.
- [7] Sulisty, B., Gautama, N.W., Dwifa, M.B. and Asa, I.P.D.P., 2022. Perancangan alat uji speedometer portable berbasis Arduino guna menunjang pengujian kendaraan bermotor keliling. *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan*, 9 (1), pp.1-10.
- [8] HPL S.C., 2002. Introduction to the controller area network (CAN). Texas Instruments Application Report SLOA101.
- [9] Long, J., 2018. Automobile electronic control network design based on CAN bus. In: International Conference on Intelligent Transportation, Big Data & Smart City (ICITBS). pp.9-12.
- [10] Akin, B., Choi, S. and Toliyat, H.A., 2012. DSP applications in electric and hybrid electric vehicles. *IEEE Signal Processing Magazine*, 29 (3), pp.133-136.
- [11] Mohanraj, D., et al., 2022. A review of BLDC motor: state of art, advanced control techniques, and applications. *IEEE Access*, 10, pp.54833-54869.