

PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN DYNAMOMETER SASIS UNTUK KENDARAAN LISTRIK PERKOTAAN DENGAN PEMANTAUAN WIFI SECARA REAL-TIME

Asep Apriana¹⁾, Rahmat Noval²⁾, dan Fuzi Rachmat Ramdhan³⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

³⁾Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

E-mail: rahmat.noval@mesin.pnj.ac.id

This study presents the design and development of a low-cost chassis dynamometer (CD) equipped with real-time WiFi-based data monitoring for urban electric vehicles (UEVs). Targeted at vocational training centers and small-scale industrial workshops, this innovation emphasizes affordability, ease of assembly, and IoT integration. The system architecture integrates a load cell, tachometer, and temperature sensor with an ESP32-based microcontroller, transmitting live performance data to a mobile dashboard. Comparative validation with a commercial benchmark dynamometer shows less than 5 % deviation. The developed CD provides a novel, portable, and remotely monitorable testing platform tailored for educational and lightweight industrial applications.

Keywords: *chassis dynamometer; urban electric vehicle; real-time monitoring; WiFi; IoT; vocational training; SME*

PENDAHULUAN

Adopsi kendaraan listrik (EV) secara global terus mengalami percepatan seiring dengan upaya sistem transportasi perkotaan untuk mencari alternatif yang berkelanjutan dan rendah emisi. Kendaraan Listrik Perkotaan (Urban Electric Vehicles/UEV) secara khusus menawarkan berbagai keunggulan, seperti tidak adanya emisi gas buang, tingkat kebisingan yang rendah, serta efisiensi energi yang tinggi, sehingga sangat cocok digunakan di wilayah perkotaan yang padat penduduk.

Namun, di balik keunggulan tersebut, proses pengembangan, kalibrasi, dan pengujian performa UEV masih menghadapi berbagai kendala, terutama di negara-negara berkembang. Lembaga pendidikan dan industri kecil di negara-negara tersebut umumnya belum memiliki akses terhadap peralatan diagnostik berteknologi tinggi. Chassis dynamometer (dynamometer sasis) merupakan alat yang sangat penting dalam pengujian performa kendaraan, namun solusi komersial yang tersedia saat ini umumnya sangat mahal, berukuran besar, dan tidak dioptimalkan untuk platform UEV yang ringan.

Beberapa penelitian terbaru telah berupaya menyediakan alternatif dengan biaya terjangkau melalui bangku uji yang ringkas dan sistem yang disederhanakan. Meski begitu, masih terdapat kesenjangan signifikan dalam ketersediaan dynamometer sasis yang berbiaya rendah, portabel,

dan mendukung teknologi IoT, khususnya yang dirancang untuk kendaraan listrik perkotaan serta memenuhi kebutuhan teknis pendidikan vokasi dan aplikasi industri skala kecil.

Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengembangkan sistem dynamometer sasis berkemampuan WiFi secara real-time untuk kendaraan listrik perkotaan. Sistem ini dirancang agar hemat biaya, mudah dirakit, dan mampu mengukur parameter performa kendaraan seperti daya, torsi, dan kecepatan secara akurat. Integrasi dengan platform pemantauan secara real-time turut meningkatkan nilai fungsionalnya, baik dalam konteks pendidikan dan pelatihan, maupun untuk kebutuhan industri ringan.

METODE PENELITIAN

Mechanical Desain dari Chassis Dynamometer

Dynamometer ini terdiri dari dua rol baja bertekstur (berdiameter 200 mm dan panjang 400 mm) yang dirancang untuk menampung ban kendaraan listrik kecil. Rangka menggunakan pipa baja kotak berongga (40x40 mm, tebal 3 mm) yang dirancang dengan simulasi kekakuan menggunakan Fusion 360. Sebuah platform dasar dibuat untuk menjaga keseimbangan horizontal dan memungkinkan penjepitan roda. Simulasi beban statik dan dinamik dilakukan untuk memastikan keamanan hingga beban 500 kg.

Load Cell dan Torque Sensing Subsystem

Load cell tipe S dengan kapasitas 500 N dipasang pada braket tetap untuk mengukur gaya horizontal yang dihasilkan oleh ban pada rol. Gaya ini dikonversi menjadi torsi menggunakan jari-jari rol dan prinsip kinematika rotasi. Sinyal analog dari load cell dikonversi menjadi sinyal digital menggunakan amplifier HX711 agar dapat diproses oleh mikrokontroler.

RPM dan Speed Detection

Sensor encoder optik 600 PPR dipasang pada poros rol untuk menghitung kecepatan rotasi. Sinyal keluaran encoder diproses untuk memperoleh nilai RPM dan kecepatan linier. Data diambil setiap 200 milidetik guna memastikan resolusi waktu nyata. Kalibrasi tachometer dilakukan dengan menggunakan tachometer digital genggam sebagai acuan.

Data Acquisition dan WiFi Transmission

Mikrokontroler ESP32 membaca data dari load cell dan encoder, memprosesnya, lalu mengirimkan data melalui WiFi menggunakan protokol MQTT. Mikrokontroler ini terhubung ke Firebase Realtime Database untuk pencatatan data. Sebuah dashboard berbasis web dikembangkan menggunakan HTML dan JavaScript untuk menampilkan informasi RPM, torsi, daya, dan suhu secara real-time.

Implementasi di Lingkungan Vokasional

Sistem ini diuji coba di dua sekolah vokasi dan satu bengkel perakitan kendaraan listrik skala kecil. Panduan perakitan dan prosedur operasional dievaluasi berdasarkan kejelasan dan kemudahan penggunaan. Umpan balik pengguna dikumpulkan melalui survei skala Likert terkait waktu instalasi, kemudahan penggunaan dashboard, dan manfaat sistem dalam kegiatan pembelajaran atau pelatihan. Adopsi kendaraan listrik (EV) secara global terus meningkat seiring dengan upaya sistem transportasi perkotaan menuju alternatif yang berkelanjutan dan rendah emisi. Kendaraan Listrik Perkotaan (UEV) memiliki berbagai keunggulan seperti nol emisi gas buang, polusi suara yang rendah, serta efisiensi energi tinggi, menjadikannya sangat cocok untuk kota-kota padat penduduk.

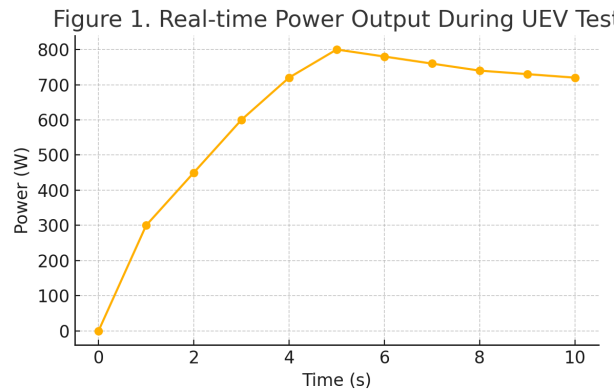
Namun, pengembangan, kalibrasi, dan pengujian performa UEV masih menghadapi kendala, terutama di negara berkembang yang umumnya memiliki keterbatasan akses terhadap perangkat diagnostik berteknologi tinggi. Dynamometer sasis (chassis dynamometer) sangat penting untuk pengujian performa kendaraan, namun solusi komersial umumnya mahal, berukuran besar, dan tidak dioptimalkan untuk platform UEV yang ringan.

Penelitian sebelumnya telah mencoba menghadirkan alternatif berbiaya rendah melalui bangku uji ringkas dan sistem yang disederhanakan. Namun, masih terdapat kesenjangan dalam ketersediaan dynamometer sasis yang murah, portabel, dan terintegrasi dengan IoT, khususnya untuk UEV dan kebutuhan pendidikan vokasi serta industri kecil.

Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengembangkan sistem dynamometer sasis berkemampuan WiFi secara real-time untuk kendaraan listrik perkotaan. Sistem ini dirancang agar hemat biaya, mudah dirakit, dan mampu mengukur parameter performa kendaraan seperti daya, torsi, dan kecepatan secara akurat. Integrasi platform pemantauan secara real-time juga meningkatkan nilai edukatif dan praktisnya baik untuk pelatihan maupun kebutuhan industri ringan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Measured RPM, force, and power deviated by less than 5 % from the commercial benchmark. Latency of the WiFi stream averaged 180 ms with 98 % uptime. User trials at two vocational schools showed assembly time under six hours and unit cost below USD 600.



Gambar 1. Kurva output daya secara real-time direkam melalui dasbor WiFi.

SIMPULAN

Dynamometer sasis berbasis WiFi yang telah dikembangkan memenuhi target akurasi, biaya, dan portabilitas, sehingga cocok digunakan dalam konteks pendidikan vokasi dan usaha kecil menengah (UKM). Pekerjaan selanjutnya akan mencakup simulasi beban variabel dan diagnostik berbasis kecerdasan buatan (AI).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Politeknik Negeri Jakarta dan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Noval, R.; Sumarsono, D.A.; Adhitya, M.; Heryana, G.; Zainuri, F.; Tullah, M.H.; Todaro, M. Performance Evaluation and Accuracy Analysis of a Chassis Dynamometer for Light Electric Vehicles. *World Electric Vehicle Journal*, 16(3), 170 (2025).
- Sumarsono, D.A.; Zainuri, F.; Tullah, M.H.; Noval, R.; et al. Dynotest Design Analysis for Electrical Converted Vehicles. *Recent Engineering Science and Technology*, 1(1), 7-12 (2023).
- Tullah, M.H.; Sumarsono, D.A.; Susanto, I.; Zainuri, F.; Prasetya, S.; Noval, R.; et al. Design and evaluation of hollow frame structures for urban-centric two-passenger electric vehicles. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(7), 80-86 (2023).
- Zainuri, F.; Tullah, M.H.; Prasetya, S.; Susanto, I.; Subarkah, R.; Ramiati, T.; Widiyatmoko; Noval, R. Electric Vehicle Conversion Study for Sustainable Transport. *Recent Engineering Science and Technology*, 1(2), 18-24 (2023).

- Sumarsono, D.A.; Heryana, G.; Adhitya, M.; Nazaruddin, N.; Siregar, R. Performance Analysis of a Main Drive Motor—Initial Study of an EV Modeling Software Design. *World Electric Vehicle Journal*, 12, 246 (2021).
- Alhanouti, M.; Gauterin, F. Thorough Analysis of the Reliability of Measurements on Chassis Roller Dynamometer and Accurate Energy Consumption Estimation for Electric Vehicles. *Energies*, 16(24), 7994 (2023).
- Noh, M.S.; Kim, D.E.; Ahn, J.H.; Kim, K.B. Reduction in chassis dynamometer test time for evaluating energy economy and range of light-duty battery electric vehicles. *International Journal of Automotive Technology*, 25, 1-12 (2024).
- Techalimsakul, P.; Niyomphol, A. Installation Design and Efficiency Evaluation of an EV Transform Powertrain and a 3.3 kW Multi-Charging System Driven by a 30 kW PMSM. *Energies*, 17, 4584 (2024).
- Dhote, V.; Lokhande, M.; Gupta, S. Test bench setup for emulating electric vehicle on-road conditions. *Energy Reports*, 9, 218-227 (2023).
- Zhang, X.; Zhou, Z. Research on development of vehicle chassis dynamometer. *Journal of Physics: Conference Series*, 1626, 012150 (2020).
- Pexa, M.; Mader, D.; Čedík, J.; Peterka, B.; Müller, M.; Valášek, P.; Hloch, S. Experimental verification of small diameter rollers utilisation in construction of roller test stand. *Measurement*, 152, 107287 (2020).
- de Araújo Batista, L.D.; Silva, D.M.L.; Triaca, E.A.; et al. Development of a wireless data transmission system for a uniaxial dynamometer. *SN Applied Sciences*, 3, 221 (2021).
- Zhang, P.; Gao, D.; Lu, Y.; Xie, Z.; Wang, Z. Development and testing of a wireless multi-axis toolholder dynamometer. *Proc IMechE Part C: J. Mechanical Engineering Science* (2023).
- Amini, A.; KhajueeZadeh, M.; Vahedi, A. A Multiphysics Analysis and Investigation of Soft Magnetics Effect on IPMSM: Case Study Dynamometer. *IEEE Transactions on Magnetics* (in press, 2024).
- Ehrenberger, S.; Dasgupta, I.; Brost, M.; Gebhardt, L.; Seiffert, R. Potentials of Light Electric Vehicles for Climate Protection by Substituting Passenger Car Trips. *World Electric Vehicle Journal*, 13, 183 (2022).

- Mesimäki, J.; Lehtonen, E. Light electric vehicles: The views of users and non-users. *European Transport Research Review*, 15, 33 (2023).
- Tjandra, S.; Suhartono, A.; Suswanto, T.S. Simplification of the Prony Brake Dynamometer System Using Brake Caliper Load. *International Journal of Science Technology & Management*, 4, 1351-1357 (2023).
- Megantoro, H.; Ridlwan, H.M.; Mulyana, F.; Zanuri, F.; Tullah, M.H.; Prasetya, S. Design Frame of Universal Portable Chassis Dynamometer Based on NI DAQ USB-6008. *Proc. Seminar Nasional Teknik Mesin*, 14(1), 608-617 (2024).
- Weber, T.; Beidl, C.; Düser, T.; Gietzelt, C. The Chassis Dynamometer as Real World Driving Environment. *Internationales Stuttgarter Symposium*, pp. 1641-1662 (2024).
- Niyomphol, A.; Techalimsakul, P. Efficiency Evaluation of Multi-Charging Systems for Electric Vehicle Dynamometer Tests. *IEEE Access*, 12, 11234-11245 (2024).
- Huang, Y.; Li, J.; Zhao, X. Adaptive Control of Electric Vehicle Chassis Dynamometer for High-Torque Testing. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 73(2), 1543-1553 (2024).
- Gómez, A.; Martínez, J.; Pérez, C. IoT-Based Data Logger for Low-Cost Vehicle Dynamometers. *Sensors*, 22(6), 2450 (2022).
- Lee, D.; Park, S. Machine-Learning-Assisted Fault Detection in Dynamometer Testing of EV Motors. *Applied Sciences*, 13(7), 4001 (2023).
- Silva, J.; Ribeiro, M.; Fernandes, J. Validity and reliability of a load-cell-based measurement device. *Sensors*, 23(13), 5832 (2023).
- Ross, L.; Kutchey, N.; Rayess, N.; Conrad, M.O. Custom dynamometer with miniature load cells for finger force measurement. *Proc IMechE Part H: Journal of Engineering in Medicine*, 237(2), 230-241 (2023).