

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembangunan, kalibrasi, dan pengujian sistem *monitoring* gaya pedal rem utama dan kecepatan putar *roller* pada *roller brake tester*, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem *monitoring* berbasis IoT berhasil dirancang dan dibangun menggunakan arsitektur (*Node A*, *Node B*, dan *Gateway*) yang berkomunikasi melalui protokol ESP-NOW dan terhubung ke Firebase Realtime Database dengan antarmuka *dashboard* web secara *real-time* serta data riwayat pada *spreadsheet*.
2. Kalibrasi sensor *load cell* menggunakan faktor kalibrasi 55.406,3984 menghasilkan rata-rata *error* sebesar 0,68% dengan linearitas $R^2 = 1$ pada rentang pengujian 16,1–80,05 kg (20–100% kapasitas). *Error* puncak sebesar 1,40% dengan deviasi maksimal ± 11 N tidak menyebabkan kesalahan klasifikasi terhadap batas regulasi 500 N maupun 700 N. Sementara itu, kalibrasi sensor *proximity* induktif pada mode 1 PPR menghasilkan rata-rata *error* 0,15% (kiri) dan 0,15% (kanan) dengan $R^2 = 1$ pada rentang 320–2543 RPM. Pada mode 8 PPR yang merepresentasikan kondisi aktual *roller brake tester*, rata-rata *error* adalah 1,56% (kiri) dan 1,24% (kanan) dengan $R^2 = 0,9999$, di mana pada kecepatan operasional target 2,6 km/jam (128 RPM) *error* tetap berada di bawah 1,60%. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, kedua sensor dinyatakan layak digunakan.
3. Pengujian fungsi sistem dengan metode *black box testing* pada 15 skenario menghasilkan nilai efektivitas 100% yang termasuk kategori "Sangat Layak" ($> 80\%$).

V.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan yang ditemukan, beberapa saran untuk pengembangan selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Kalibrasi Multi-Titik Faktor *Load Cell*:

Menerapkan metode kalibrasi multi-titik faktor untuk mereduksi tingkat kesalahan (*error*) pembacaan, sekaligus menggantikan pendekatan faktor kalibrasi satu titik di 20 kg yang saat ini digunakan.

2. Perluasan Validasi Spesifikasi Alat:

Melakukan pengujian pada berbagai variasi merek *roller brake tester* dengan diameter dan jumlah lubang pulsa (PPR) yang berbeda, guna memverifikasi adaptabilitas sistem yang saat ini baru diuji pada unit berdiameter 101,6 mm dengan kecepatan 2,6 km/jam.

3. Integrasi Sensor Slip Roda:

Menambahkan sensor *proximity* induktif pada *roller* utama (*driven roller*) sebagai *Node* tambahan. Fitur ini berfungsi untuk menghitung nilai slip roda secara langsung melalui perbandingan diferensial kecepatan antara *roller* utama dan *roller* tengah (*idler roller*), guna mendeteksi slip pada rentang nominal dari $27\% \pm 3\%$ sesuai standarisasi.

4. Penambahan Sensor Rem Parkir:

Menambahkan *load cell* pada tuas rem parkir sebagai pengembangan *Node* baru, sehingga data gaya rem utama dan rem parkir dapat dipantau keseluruhan.

5. Otomasi Aktuator Pengereman:

Menerapkan aktuator pengereman otomatis guna memberikan kontrol gaya tekan pedal rem yang konstan, terstandar, dan sesuai prosedur pengereman yang sekaligus mengeliminasi variasi akibat faktor subjektivitas manusia.

6. Inovasi Sebagai Media Pembelajaran

Mengatasi keterbatasan akses untuk mempelajari bagian dalam *roller brake tester*, dapat dilakukan inovasi menggunakan instrumen sensor yang sama dengan melakukan perancangan miniatur *roller brake tester* yang terintegrasi dengan *dashboard* dalam satu sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduramadani, M., Harianto, W., & Sartika Wiguna, A. (2025). RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* DATA PENIMBANGAN TRUK TEBU BERBASIS WEB MENGGUNAKAN METODE *WATERFALL*.
<https://ejournal.unikama.ac.id/index.php/JFTI>
- AllDatasheet. (2026). *AllDatasheet: Electronic Components Datasheet*.
<https://www.alldatasheet.com/>
- Arduino. (2022). *Arduino IDE Software and Development Environment*.
<https://www.arduino.cc/en/software/>
- Aryanto, D. D., & Sukir, S. (2023). *Comparison of DC Motor Speed Calculation Efficiency between Inductive Proximity Sensor and Rotary Encoder*. *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 8(1), 19–25.
<https://doi.org/10.21831/elinvo.v8i1.55750>
- Balai Pendidikan dan Pelatihan Transportasi Darat Tegal. (2005). Teknik Kendaraan Bermotor. Balai Pendidikan dan Pelatihan Transportasi Darat Tegal.
- Buana Inti Persada. (2026). *RT9241 Truck Roller Brake Tester Technical Specifications (Number 0)*. <https://cvbip.com/v2/product/rt9241-truck-roller-brake-tester/>
- Budi Sulistyo, A., Widiangga Gautama, N., Dwifa, M. B., & Dewa Punia Asa, I. P. (2022). Perancangan Alat Uji *Speedometer Portable* Berbasis Arduino Guna Menunjang Pengujian Kendaraan Bermotor Keliling. *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal of Road Safety)*, 9(1), 1–10.
<https://doi.org/10.46447/ktj.v9i1.428>
- CITA. (2018). *Recommendation N° 8 "Brake Testing in Periodic Technical Inspection" (Number 8)*. www.citainsp.org
- CITA aisbl. (2025). *How to Inspect Brakes of Road Vehicles (Number July)*.
<https://www.citainsp.org>
- Espressif Systems. (2025). *ESP32 Series Datasheet*. <https://www.espressif.com/>
- Firdaus, R. M., Supriyo, B., & Suharjono, A. (2020). *Analysis of braking force efficiency measurements for various braking strategy applied for vehicle tested on roller brake tester*. *Journal of Physics: Conference Series*, 1517(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1517/1/012079>
- Google. (2026). *Firebase Documentation: Cloud-Based App Development Platform*.

- <https://console.firebase.google.com/>
- Keputusan Menteri Perhubungan. (1993). Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 63 Tahun 1993 tentang Persyaratan Teknis dan Tata Cara Pengujian Berkala Kendaraan Bermotor.
- Kulderknap, E., Krutob, V., & Riim, J. (2006). *Uncertainty of Braking Parameters Measurements by Vehicles Technical Inspection. Proc. XVIII IMEKO World Congress.*
- Liu, Y., Tong, X., & Zhang, H. (2022). *Roller Opposite Forces Type Automobile Brake Tester Key Technical Parameters' Experimental Research. Lecture Notes in Electrical Engineering, 775*, 457–478. https://doi.org/10.1007/978-981-16-5429-9_35
- Mantech Electronics. (2026a). *1803BK - DC Motor PWM Speed Controller 2-12V 2A Datasheet.* <https://www.mantech.co.za/ProductInfo.aspx?Item=15M9331>
- Mantech Electronics. (2026b). *LM2596 DC-DC Buck Converter Step-Down Power Module Datasheet.* <https://www.mantech.co.za/ProductInfo.aspx?Item=14M2243>
- Mantech Electronics. (2026c). *Technical Specification of 12V 3A DC Switching Power.* <https://www.mantech.co.za/Stock.aspx?Query=power+supply+12v+3Aand>
- Maulana Firdaus, R., Supriyo, B., & Suharjono, A. (2019). *Electronic and GUI Development of Roller Brake Tester. Journal of Physics: Conference Series, 1273*(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1273/1/012070>
- Microsoft. (2026). *Visual Studio Code: Code Editing Redefined.* <https://code.visualstudio.com/>
- Muthoriq, E., Abidin, Z., Hariyanto, A., & Bur, M. (2023). *Enhancement of a roller brake tester for modelling the tire. Journal of Mechanical Science and Technology, 37*(7), 3379–3391. <https://doi.org/10.1007/s12206-023-0605-4>
- Mvula, S. J., Halubanza, B., Namuchile, M., Nyirenda, E., & Bwalya, M. (2025). *IoT-Based Traffic Management System. 7th International Conference on Information and Communication Technologies.*
- Paolone, G., Iachetti, D., Paesani, R., Pilotti, F., Marinelli, M., & Di Felice, P. (2022). *A Holistic Overview of the Internet of Things Ecosystem. Internet of Things, 3*(4), 398–434. <https://doi.org/10.3390/iot3040022>
- Pemerintah Kota Depok. (2024). Dishub Depok Berhasil Lakukan Uji KIR ke 12.841

- Kendaraan. <https://berita.depok.go.id>
- Peraturan Menteri Perhubungan RI. (2021). Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Tentang Pengujian Berkala Kendaraan Bermotor (PM No 19 Tahun 2021). Kementerian Perhubungan (Vol. 151, Number 2, pp. 10–17).
- Peraturan Pemerintah. (2012). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2012 tentang Kendaraan (*Number January*).
- Polri, P. I. K. N. (Pusiknas). (2025). Laka Lantas. Pusiknas Polri. https://pusiknas.polri.go.id/laka_lantas
- Pratikto, P., Fitriani, R. Z., Kuan, Y. Der, Julianto, M. N., Utari, L., Khakim, N., Latif, M., & Falahuddin, M. A. (2025). *Remotely Accessible IoT Monitoring of a Programmable Logic Controller-controlled AC Motor System with Embedded AI Using ESP32. Sensors and Materials, 37*(11), 4941–4954. <https://doi.org/10.18494/SAM5889>
- Shymchyshyn, O., Shymchyshyn, M., & Zvorskyi, A. (2025). *Designing an integrated monitoring system with adaptive modular architecture and ESP-NOW wireless interaction. Information and Communication Technologies, Electronic Engineering, 5*(2), 162–170. <https://doi.org/10.23939/ictee2025.02.162>
- Sugiyono. (2013). Teknik Pengumpulan Data dan R&D. *Aplikasi Metodologi Penelitian Kesehatan, 3*(1), 127–149.
- Suharyono, F. W. G., Kartini, K., & Junaidi, A. (2024). Penerapan Metode *Boundary Value Analysis* Dan *Equivalence Partitioning* Dalam Pengujian *Black Box* Untuk Aplikasi Siadita. JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika), *8*(1), 1013–1020. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i1.8921>
- Suparman, Supriyanto, G., & Kumara, A. (2024). Rancang Bangun Timbangan Menggunakan Sensor *Load Cell* dan Mikrokontroler Berbasis *Internet of Things* (IoT). *AE Innovation (Agricultural Engineering Innovation Journal), 2*(1), 62–68. <https://doi.org/10.55180/aei.v2i1.1024>
- Surblys, V., & Sokolovskij, E. (2016). *Research of the Vehicle Brake Testing Efficiency. Procedia Engineering, 134*, 452–458. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.067>
- Zainafree, I., Syukria, N., Addina, S., & Saefurrohman, M. Z. (2022). Epidemiologi kecelakaan lalu lintas: tantangan dan solusi. *Bookchapter Kesehatan Masyarakat Universitas Negeri Semarang, (1)*, 92–127.

<https://doi.org/10.15294/km.v1i1.70>