

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Kecelakaan lalu lintas merupakan permasalahan serius dalam sistem transportasi darat yang berdampak pada jatuhnya korban jiwa serta kerugian material dan sosial (Zainafree dkk., 2022). Data statistik kecelakaan lalu lintas di Indonesia periode pertengahan tahun 2022 hingga pertengahan tahun 2025 mencatat 446.008 kejadian dengan 665.625 korban, di mana 60.534 di antaranya meninggal dunia dan kerugian material mencapai Rp892.481.381.238 (Polri, 2025). Penyebabnya didominasi oleh faktor manusia sebesar 85%, sementara faktor kendaraan berkontribusi 11%. Sistem pengereman menjadi komponen kritis, mengingat kegagalan fungsi rem merupakan pemicu utama kecelakaan teknis pada kendaraan bermotor (Pemerintah Kota Depok, 2024).

Pemerintah telah menetapkan regulasi pengujian berkala sebagai upaya kontrol keselamatan kendaraan. Standar perlambatan minimum ditetapkan sebesar 5 m/s^2 (Peraturan Pemerintah, 2012). Sementara batas maksimal gaya pedal rem utama sebesar 500 Newton untuk kendaraan penumpang dan 700 Newton untuk kendaraan bus serta angkutan barang (Keputusan Menteri Perhubungan, 1993). Instrumen alat uji rem yang digunakan pada uji berkala saat ini menggunakan *roller brake tester* yang mampu menghasilkan data gaya rem, efisiensi, dan ketidakseimbangan roda sehingga dianggap sebagai metode pengujian paling efektif (CITA, 2025).

Meskipun telah digunakan secara luas, *roller brake tester* menghadapi keterbatasan teknis yang berdampak pada hasil pengujian. Kulderknup dkk. (2006) mengidentifikasi bahwa hasil pengujian sering dianggap mutlak tanpa mempertimbangkan ketidakpastian pengukuran, yang terbukti menghasilkan variasi efisiensi rem 52%–68% pada kendaraan yang sama. Surblys dkk. (2016) juga menegaskan bahwa akurasi data pengujian rem menjadi faktor penentu keandalan hasil uji berkala secara keseluruhan.

Selain keterbatasan pada sisi instrumen, variabel dari sisi operator

dan kondisi pengujian turut berkontribusi terhadap inkonsistensi hasil. Firdaus dkk. (2020) membuktikan bahwa perbedaan teknik injakan pedal antara mendadak dan perlahan dapat menghasilkan variasi efisiensi pengereman hingga 4% pada kendaraan yang sama dengan hasil injakan mendadak nilai efisiensinya lebih rendah. Apabila mengacu pada Balai Pendidikan dan Pelatihan Transportasi Darat Tegal (2005), prosedur pengujian rem pada *roller brake tester* mengharuskan operator meningkatkan tekanan pedal secara perlahan hingga setiap jarum indikator/grafik menunjukkan gaya rem sekitar 15% dari beban sumbu, kemudian mempertahankan pedal selama kurang lebih 5 detik sebelum melanjutkan ke tekanan penuh hingga alat berhenti secara otomatis yang menandakan terjadinya selip roda.

Dari sisi kondisi pengujian, Liu dkk. (2022) menekankan bahwa kecepatan linier permukaan *roller* harus dikontrol pada rentang 2,2–2,8 km/jam. Pada rekomendasi standar dengan rentang kecepatan 2–5 km/jam (CITA, 2018). Setiap spesifikasi *roller brake tester* berbeda-beda tetapi masih berada di rentang tersebut. Tanpa *monitoring*, operator tidak dapat memastikan kecepatan *roller* sehingga tidak diketahui juga bahwasannya *roller* harus berhenti secara otomatis jika terdapat perbedaan kecepatan relatif (selip) antara *roller* dan roda kendaraan lebih dari $27\% \pm 3\%$ (CITA, 2018).

Kebutuhan pemantauan kecepatan *roller* tersebut erat kaitannya dengan karakteristik motor penggerak yang digunakan. Motor penggerak *roller brake tester* umumnya menggunakan motor asinkron tiga fasa yang memutar *roller* melalui gearbox tanpa inverter sehingga kecepatan putar *roller* sepenuhnya bergantung pada performa motor dan sistem transmisi (Muthoriq dkk., 2023). Kondisi ini menjadikan pemantauan kecepatan putar penting untuk memastikan kondisi pengujian sesuai standar yang dipersyaratkan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem pendukung pengujian pada sektor pengujian. Dari sisi antarmuka pengujian rem, Firdaus dkk. (2019) mengembangkan *GUI* untuk *roller brake tester* berbasis ATmega328 dan *load cell*. Pada aspek pengukuran kecepatan putar, Sulistyo dkk. (2022) merancang alat uji speedometer

portable berbasis Arduino dengan sensor *proximity* induktif, sementara Aryanto dkk. (2023) membuktikan bahwa sensor *proximity* kompetitif untuk diaplikasikan pada pengukuran kecepatan putar motor. Di sisi pengukuran penekanan, Suparman dkk. (2024) mengembangkan sistem timbangan berbasis IoT menggunakan ESP32 dan HX711.

Perkembangan teknologi IoT menawarkan solusi *monitoring* yang relevan untuk menjawab permasalahan tersebut. Pratikto dkk. (2025) membuktikan ESP32 andal pada sistem *monitoring* terintegrasi. Shymchyshyn dkk. (2025) juga mengembangkan sistem *monitoring* dengan protokol ESP-NOW yang menjamin latensi rendah tanpa ketergantungan pada infrastruktur router eksternal. Paolone dkk. (2022) menegaskan bahwa ekosistem IoT mampu mengintegrasikan sensor, aktuator, dan *platform* komunikasi dalam satu sistem terpadu yang responsif.

Berdasarkan kajian tersebut, dalam praktik pengujian berkala di lapangan, penguji tidak menggunakan alat yang memantau gaya pedal rem dan kecepatan putar *roller* dalam satu *platform*. Keterbatasan ini menyebabkan penguji tidak dapat mengetahui korelasi antara gaya tekan yang diberikan dengan respons kecepatan *roller*, sehingga parameter yang tersedia untuk diagnosis perilaku pengereman kendaraan secara objektif menjadi terbatas.

Penelitian-penelitian sebelumnya telah mengembangkan komponen pendukung secara parsial, baik dari sisi antarmuka, pengukuran kecepatan, maupun pengukuran gaya. Namun belum ada yang mengintegrasikan ketiganya dalam satu sistem IoT terpadu pada *roller brake tester* yang sudah beroperasi. Oleh karena itu, penelitian ini merancang dan membangun sistem *monitoring* gaya pedal rem utama dan kecepatan putar *roller* pada *roller brake tester* dalam satu *platform* IoT untuk meningkatkan kemampuan diagnostik dan mendukung validitas hasil pengujian sesuai regulasi dan standarisasi yang berlaku.

I.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Terdapat faktor ketidakpastian dalam pengukuran *roller brake tester*.
2. Gaya pedal rem pada pengujian *roller brake tester* tidak terukur.
3. Kecepatan putar *roller* pada *roller brake tester* tidak diketahui.

I.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem *monitoring* gaya pedal rem dan kecepatan putar *roller* pada *roller brake tester*?
2. Bagaimana tingkat akurasi kalibrasi pada instrumen gaya pedal rem dan kecepatan putar *roller*?
3. Bagaimana memastikan keberhasilan fungsi sistem pengukur gaya pedal rem dan kecepatan putar *roller*?

I.4. Batasan Masalah

Agar penelitian ini terfokus dan dapat diselesaikan dengan tepat sasaran, maka dibuat beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem yang dirancang berjalan berdampingan dengan sistem utama *roller brake tester*. Antarmuka grafis terpisah dari tampilan utama hasil uji sehingga bisa ditampilkan dengan mode belah layar (split screen) atau dengan penambahan monitor dari perangkat lain.
2. Sistem pengukur kecepatan hanya disesuaikan pada *roller brake tester* pada komponen rol tengah dengan pulse per revolution 8 (PPR 8) dan bukan pada *roller* utama sehingga memerlukan perantara roda kendaraan. Kecepatan putar dapat diketahui jika belum terjadi slip (telah dilakukan pengereman).
3. *Monitoring* tidak mengacu pada regulasi minimal 5 m/s^2 , akan tetapi mengacu pada dinamika proses dari putaran *roller* tengah dan roda.

I.5. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sistem yang dapat menampilkan gaya pedal rem utama dan kecepatan putar *roller* pada *roller brake tester*.
2. Melakukan kalibrasi terhadap instrumen pengukur gaya pedal rem dan kecepatan putar *roller* untuk menjamin akurasi pembacaan.

3. Memastikan keberhasilan fungsi sistem yang dirancang.

I.6. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagi penulis

Mempelajari dan memperoleh pengalaman dalam merancang solusi teknis pada bidang pengujian kendaraan bermotor.

2. Bagi instansi

Penelitian ini dapat membantu dalam pengambilan keputusan analisis teknis terkait pengujian rem dan pemenuhan terhadap regulasi serta standarisasi pengujian rem yang ditetapkan.

3. Bagi masyarakat

Memberikan jaminan bahwa kendaraan yang lulus uji telah melalui pengujian sistem pengereman yang sesuai.

I.7. Sistematika Penulisan

Penyusunan Kertas Kerja Wajib ini disusun berdasarkan pedoman penulisan Program Studi Diploma-III Teknologi Otomotif dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian mengenai latar belakang penelitian yang menjelaskan permasalahan pada *roller brake tester* terkait gaya pedal rem dan kecepatan putar *roller* yang tidak terukur, identifikasi masalah, rumusan masalah, batasan penelitian, tujuan yang ingin dicapai, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menyajikan landasan teori yang relevan dengan penelitian, meliputi pengujian kendaraan bermotor, regulasi dan standarisasi pengujian rem, tinjauan alat uji ESCON RT9241 *Truck Roller Brake Tester*, cara kerja *roller brake tester* serta kajian komponen perangkat keras, perangkat lunak, protokol komunikasi, dan hasil penelitian terdahulu yang relevan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menyajikan metode yang digunakan dalam penelitian, meliputi lokasi dan waktu penelitian, alat dan bahan penelitian, metode

pengembangan *research and developement* menggunakan model *waterfall*, diagram alir penelitian, perancangan sistem secara menyeluruh (*Node A*, *Node B*, *Gateway*, dan *Dashboard*), cara kerja sistem, teknik pengumpulan data, teknik *sampling*, prosedur pengujian sistem (kalibrasi *load cell*, kalibrasi sensor *proximity*, dan pengujian fungsi sistem), serta teknik analisis data yang digunakan.

BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil realisasi perancangan sistem, implementasi program sistem, hasil kalibrasi sensor beserta analisis, serta hasil pengujian fungsi sistem.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan yang ditarik berdasarkan hasil perancangan, pembangunan, kalibrasi, dan pengujian fungsi sistem, serta saran untuk pengembangan berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Semua referensi yang dibutuhkan untuk menyusun tugas akhir, yang ditulis sesuai dengan pedoman penulisan ilmiah yang relevan.

LAMPIRAN

Bagian ini memuat data pendukung, dokumentasi pengujian, kode program, dan dokumen lain yang relevan dengan penelitian.