

KERTAS KERJA WAJIB

RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* GAYA PEDAL

REM UTAMA DAN KECEPATAN PUTAR *ROLLER*

PADA *ROLLER BRAKE TESTER*

Ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Ahli Madya



Disusun oleh :

RAHMAD MUKTI BUDIARTA

23031018

PROGRAM STUDI DIPLOMA-III TEKNOLOGI OTOMOTIF

POLITEKNIK KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN

TEGAL

2026

HALAMAN PERSETUJUAN

RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* GAYA PEDAL REM UTAMA DAN KECEPATAN PUTAR *ROLLER* PADA *ROLLER BRAKE TESTER*

*DESIGN AND CONSTRUCTION OF A BRAKE PEDAL FORCE AND ROLLER SPEED
MONITORING SYSTEM ON A ROLLER BRAKE TESTER*

Disusun oleh :

RAHMAD MUKTI BUDIARTA
23031018

Telah disetujui oleh :

Pembimbing 1



Ethys Pranoto, M.T
NIP. 198006022009121001

Tanggal 02 Juni 2026

Pembimbing 2



Ir. Dwi Wahyu Hidayat, M.T.
NIP. 198402292019021001

Tanggal 02 Juni 2026

HALAMAN PENGESAHAN

RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* GAYA PEDAL REM UTAMA DAN KECEPATAN PUTAR *ROLLER* PADA *ROLLER BRAKE TESTER*

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A BRAKE PEDAL FORCE AND ROLLER SPEED MONITORING SYSTEM ON A ROLLER BRAKE TESTER

Disusun oleh :

RAHMAD MUKTI BUDIARTA

23031018

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada tanggal 09 Juni. 2026

Ketua Sidang

Raka Pratindy, M.T.
NIP. 198508122019021002

Tanda tangan



Penguji 1

Ethys Pranoto, M.T.
NIP. 198006022009121001

Tanda tangan



Penguji 2

Rifano, S.Pd., M.T.
NIP. 198504152019021003

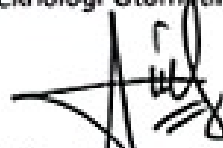
Tanda tangan



Mengetahui,

Ketua Program Studi

Teknologi Otomotif



Moch. Aziz Kurniawan, S.Pd., M.T.
NIP. 199210092019021002

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rahmad Mukti Budiarta

Notar : 23031018

Program Studi : Diploma-III Teknologi Otomotif

Menyatakan bahwa kertas kerja wajib dengan judul "*Rancang Bangun Sistem Monitoring Gaya Pedal Rem Utama dan Kecepatan Putar Roller Pada Roller Brake Tester*" adalah hasil karya saya sendiri. Semua sumber yang saya gunakan dalam penelitian ini telah saya sebutkan dengan jelas dan rinci dalam daftar pustaka dan diidentifikasi dengan tepat dalam kertas kerja wajib ini.

Saya menyatakan bahwa kertas kerja wajib ini belum pernah diajukan sebagai karya yang sama di institusi manapun. Apabila terbukti bahwa kertas kerja wajib ini merupakan hasil karya pihak lain, saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan.

Saya juga menyatakan bahwa semua data, hasil penelitian, dan temuan yang termuat dalam kertas kerja wajib ini ini adalah hasil karya dan kontribusi saya sendiri, kecuali jika diindikasikan sebaliknya dengan jelas. Saya tidak menggunakan pekerjaan atau kontribusi pihak lain tanpa persetujuan dan atribusi yang sesuai. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Tegal, 4. Juni. 2026

Yang Menyatakan,



Rahmad Mukti Budiarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penyusunan kertas kerja wajib yang berjudul "Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Gaya Pedal Rem Utama dan Kecepatan Putar *Roller* pada *Roller Brake Tester*". Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua saya tercinta, Bapak Winartono, Almarhumah Ibu Partinem, serta Kakak saya Aisyah Nur Utami, atas doa, kasih sayang, dan dukungan moral yang tak henti-hentinya, sehingga saya dapat menyelesaikan studi ini.
2. Bapak Bambang Istiyanto, S.Si.T., M.T., Direktur Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan Tegal, beserta jajaran administrasi dan seluruh dosen yang telah memberikan bimbingan dan pengalaman berharga.
3. Bapak Moch. Aziz Kurniawan, S.Pd., M.T., selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknologi Otomotif, atas dukungan dan fasilitas akademik yang diberikan.
4. Bapak Ethys Pranoto, M.T., selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Ir. Dwi Wahyu Hidayat, M.T., selaku Pembimbing II atas segala nasihat, inspirasi, dan arahannya selama proses penelitian.
5. Pegawai UPTD PKB Kabupaten Bantul atas bantuan, bimbingan, dan dukungan yang diberikan kepada penulis selama proses penelitian.
6. Beberapa pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa terdapat kekurangan pada kertas kerja wajib ini. Oleh karena itu, penulis dengan rendah hati mengharapkan saran dan kritik. Semoga penelitian ini bermanfaat dan dapat memajukan ilmu pengetahuan.

Tegal, 9 Juni 2026

Yang Menyatakan,



Rahmad Mukti Budiarta

ABSTRAK

Traffic accidents caused by brake system failure underscore the importance of accurate periodic brake testing. In practice using a roller brake tester, operators lack an instrument that simultaneously monitors brake pedal force and roller rotational speed on a single platform, making it impossible to objectively determine the correlation between the two parameters. This study designs and builds an IoT-based monitoring system using a three-node architecture comprising Node A (inductive proximity sensor), Node B (load cell sensor), and a Gateway, communicating via the ESP-NOW protocol and connected to Firebase Realtime Database with a web dashboard interface and history with a spreadsheet. Load cell calibration yielded an average error of 0.68% with $R^2 = 1$ across a 20–100% sensor capacity range, with a peak deviation of ± 11 N that does not alter classification against the regulatory limits of 500 N and 700 N. Proximity sensor calibration in 1 PPR mode yielded an average error of 0.15% with $R^2 = 1$; in 8 PPR mode, average errors of 1.56% (left) and 1.24% (right) with $R^2 = 0.9999$, with errors below 1.60% at the 2.6 km/jam operational speed. Black box functional testing across 15 scenarios achieved an effectiveness rate of 93.33%, categorized as highly feasible. The system is installed portably without permanent modification to the existing test equipment.

Keywords: roller brake tester, IoT, ESP32, ESP-NOW, load cell, inductive proximity sensor

INTISARI

Kecelakaan lalu lintas akibat kegagalan sistem pengereman mendorong pentingnya pengujian rem berkala yang akurat. Pada praktik pengujian menggunakan *roller brake tester*, operator tidak memiliki instrumen yang memantau gaya pedal rem dan kecepatan putar roller secara bersamaan dalam satu *platform*, sehingga korelasi antara keduanya tidak dapat diketahui secara objektif. Penelitian ini merancang dan membangun sistem monitoring berbasis IoT menggunakan arsitektur tiga *node* yaitu *Node A* (sensor *proximity* induktif), *Node B* (sensor *load cell*), dan *Gateway* yang berkomunikasi melalui protokol ESP-NOW dan terhubung ke Firebase Realtime Database dengan antarmuka *dashboard* web dan data riwayat pada spreadsheet. Kalibrasi *load cell* menghasilkan rata-rata *error* 0,68% dengan $R^2 = 1$ pada rentang 20–100% kapasitas sensor, dengan deviasi puncak ± 11 N yang tidak mengubah klasifikasi terhadap batas regulasi 500 N maupun 700 N. Kalibrasi sensor *proximity* mode 1 PPR menghasilkan rata-rata *error* 0,15% dengan $R^2 = 1$, dan mode 8 PPR menghasilkan rata-rata *error* 1,56% (kiri) dan 1,24% (kanan) dengan $R^2 = 0,9999$; pada kecepatan operasional 2,6 km/jam *error* di bawah 1,60%. Pengujian fungsi dengan metode *black box testing* pada 15 skenario menghasilkan efektivitas 100% berkategori sangat layak. Sistem terpasang secara portabel tanpa modifikasi permanen pada alat uji.

Kata Kunci: roller brake tuster, IoT, ESP32, ESP-NOW, *load cell*, *proximity* induktif

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vi
INTISARI	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Identifikasi Masalah	3
I.3. Rumusan Masalah.....	4
I.4. Batasan Masalah.....	4
I.5. Tujuan Penelitian.....	4
I.6. Manfaat Penelitian.....	5
I.7. Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
II.1. Pengujian Kendaraan Bermotor	7
II.2. Regulasi dan Standarisasi Pengujian Rem.....	8
II.3. ESCON - RT9241 Truck <i>Roller Brake Tester</i>	10
II.4. Cara Kerja <i>Roller Brake Tester</i>	12
II.5. Perangkat Keras	13
II.5.1 ESP 32 Devkit V1	13
II.5.2 ESP 32-D0WD-V3.....	14
II.5.3 ESP 32-C3 Mini	14
II.5.4 <i>Load Cell Single Point</i>	16
II.5.5 Modul HX711	17
II.5.6 <i>Proximity</i> Induktif	18
II.5.7 Optocoupler	19
II.5.8 Motor DC	20

II.5.9 Modul PWM 1803BK	20
II.5.10 <i>Power Supply</i> AC-DC 12V 3A	21
II.5.11 Baterai Li-ion 2S 18650	21
II.5.12 <i>Buck Converter</i>	22
II.6. Perangkat Lunak.....	22
II.6.1 Arduino IDE.....	22
II.6.2 VS Code.....	22
II.6.3 <i>Dashboard</i> Web HTML.....	23
II.6.4 <i>Spreadsheet</i>	23
II.7. Protokol Komunikasi	24
II.7.1 ESP-NOW	24
II.7.2 WiFi (IEEE 802.11).....	24
II.7.3 Firebase Realtime Database	25
II.7.4 I2C (Inter-Integrated Circuit)	25
II.7.5 UART / Serial.....	25
II.8. Tinjauan Pustaka	25
BAB III METODE PENELITIAN.....	28
III.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	28
III.2 Alat dan Bahan Penelitian	29
III.2.1 Alat Penelitian	29
III.2.2 Bahan Penelitian	30
III.2.3 Perangkat Lunak	32
III.2.4 Protokol Komunikasi	32
III.2.5 <i>Library</i>	32
III.3 Metode Penelitian.....	33
III.4 Diagram Alir Penelitian.....	34
III.4.1 Identifikasi Masalah.....	35
III.4.2 Studi Literatur	35
III.4.3 Analisis Kebutuhan.....	35
III.4.4 Perancangan Sistem.....	35
III.4.5 Implementasi Sistem	35
III.4.6 Pengujian Sistem	36
III.4.7 Analisis Hasil	36
III.4.8 Kesimpulan	36

III.5 Perancangan Sistem	36
III.5.1 Arsitektur Sistem.....	36
III.5.2 Perancangan <i>Node A</i> dan <i>Gateway</i>	37
III.5.3 Perancangan <i>Node B</i>	39
III.5.4 Perancangan <i>Dashboard</i>	40
III.6 Cara Kerja Sistem	42
III.7 Teknik Pengumpulan Data	44
III.7.1 Studi Literatur	44
III.7.2 Observasi.....	44
III.7.3 Dokumentasi	44
III.8 Teknik <i>Sampling</i>	44
III.9 Pengujian Sistem.....	45
III.9.1 Kalibrasi Sensor <i>Load Cell</i>	45
III.9.2 Kalibrasi Sensor <i>Proximity</i>	46
III.9.3 Pengujian Fungsi Sistem	46
III.10 Teknik Analisis Data	46
III.10.1 Teknik Analisis Akurasi Kalibrasi	47
III.10.2 Teknik Analisis Keberhasilan Fungsi Sistem.....	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	50
IV.1 Realisasi Perancangan Sistem.....	50
IV.1.1 Realisasi <i>Node A</i> dan <i>Gateway</i>	50
IV.1.2 Realisasi <i>Node B</i>	53
IV.1.3 Realisasi <i>Dashboard</i>	56
IV.2 Program Sistem	60
IV.2.1 Struktur Data Bersama	60
IV.2.2 Program <i>Node A (Proximity)</i>	61
IV.2.3 Program <i>Node B (Load Cell)</i>	64
IV.2.4 Program <i>Gateway</i>	65
IV.2.5 Program <i>Dashboard</i>	67
IV.3 Kalibrasi <i>Load Cell</i>	70
IV.3.1 Penentuan Faktor Kalibrasi.....	71
IV.3.2 Hasil Pengujian Kalibrasi	72
IV.3.3 Analisis Linearitas dan Uji R^2	73
IV.3.4 Analisis <i>Error</i>	73

IV.4 Kalibrasi <i>Proximity</i> Induktif	75
IV.4.1 Setup Kalibrasi.....	75
IV.4.2 Pengujian Mode 1 PPR.....	76
IV.4.3 Pengujian Mode 8 PPR.....	77
IV.4.4 Analisis <i>Error</i>	78
IV.5 Hasil Pengujian Fungsi Sistem	80
IV.5.1 Hasil Pengujian Black Box	80
IV.5.2 Perhitungan Efektivitas	81
IV.5.3 Analisis Hasil Pengujian Fungsi	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	84
V.1 Kesimpulan	84
V.2 Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA.....	86
LAMPIRAN	90
Lampiran 1 Surat Permohonan Pengambilan Data.....	90
Lampiran 2 Dokumentasi	91
Lampiran 3 Kode Program Node A	94
Lampiran 4 Kode Program Node B	99
Lampiran 5 Kode Program Gateway	103
Lampiran 6 Kode Dashboard	107
Lampiran 7 Penyesuaian PPR.....	127
Lampiran 8 Panduan Kalibrasi	128
Lampiran 9 Kode Program.....	128
Lampiran 10 Daftar Riwayat Hidup.....	129

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Spesifikasi RT9241 Truck Roller Brake Tester	11
Tabel II. 2 Spesifikasi ESP32 DevKit V1	13
Tabel II. 3 Spesifikasi ESP32-C3 Mini	15
Tabel II. 4 Spesifikasi Load Cell Single Point.....	16
Tabel II. 5 Spesifikasi Proximity Induktif	18
Tabel II. 6 Spesifikasi Optocoupler seri PC817	20
Tabel II. 7 Penelitian Relevan	25
Tabel III. 1 Waktu Penelitian	29
Tabel III. 2 Alat Penelitian.....	29
Tabel III. 3 Bahan Penelitian.....	30
Tabel III. 4 Perangkat Lunak	32
Tabel III. 5 Protokol Komunikasi	32
Tabel III. 6 Library	32
Tabel III. 7 Standar Acuan Kinerja.....	49
Tabel IV. 1 Hasil Kalibrasi Load Cell.....	72
Tabel IV. 2 Hasil Kalibrasi Sensor Proximity Mode 1 PPR	76
Tabel IV. 3 Hasil Kalibrasi Sensor Proximity Mode 8 PPR	77
Tabel IV. 4 Hasil Pengujian Fungsi	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1	RT9241 Truck Roller Brake Tester	10
Gambar II. 2	ESP 32 Devkit V1.....	13
Gambar II. 3	ESP 32-D0WD-V3	14
Gambar II. 4	ESP 32-C3 Mini	14
Gambar II. 5	Load Cell Single Point.....	16
Gambar II. 6	Modul HX711	17
Gambar II. 7	Proximity Induktif.....	18
Gambar II. 8	Optocoupler seri PC817	19
Gambar II. 9	Modul PWM 1803BK.....	20
Gambar II. 10	Power Supply AC-DC 12V 3A	21
Gambar II. 11	Buck Converter	22
Gambar II. 12	Protokol Komunikasi ESP-NOW.....	24
Gambar III. 1	Lokasi UPTD PKB Kabupaten Bantul.....	28
Gambar III. 2	Peta Lokasi UPTD PKB Kabupaten Bantul	28
Gambar III. 3	Model Waterfall	33
Gambar III. 4	Diagram Alir Penelitian	34
Gambar III. 5	Arsitektur Sistem	36
Gambar III. 6	Letak Pemasangan Proximity Sensor.....	37
Gambar III. 7	Gambar Mekanik Pemasangan Proximity Sensor	37
Gambar III. 8	Skematik Wiring Node A dan Gateway.....	38
Gambar III. 9	Gambar Mekanik Perancangan Node B	39
Gambar III. 10	Gambar Mekanik Peletakan Node B	40
Gambar III. 11	Skematik Wiring Node B	40
Gambar III. 12	Perancangan Dashboard.....	41
Gambar III. 13	Cara Kerja Sistem Bagian 1	42
Gambar III. 14	Cara Kerja Sistem Bagian 2	43
Gambar IV. 1	Pemasangan Sensor Proximity Pada Roller Tengah	51
Gambar IV. 2	Rangkaian Elektronika Node A dan Gateway.....	51
Gambar IV. 3	Cara Kerja Pembacaan Sensor Proximity ke ESP32	52
Gambar IV. 4	Penempatan Rangkaian Elektronika Pada Case Box.....	53
Gambar IV. 5	Realisasi Pelat Tumpuan Load Cell.....	54

Gambar IV. 6	Rangkaian Elektronika Node B.....	54
Gambar IV. 7	Realisasi Perakitan Node B dalam Case Box	55
Gambar IV. 8	Pemasangan Node B pada Pedal Rem.....	56
Gambar IV. 9	Struktur Firebase Realtime Database (/current dan /sessions) ...	56
Gambar IV. 10	Konfigurasi Aturan Keamanan Firebase	57
Gambar IV. 11	Informasi Penggunaan Penyimpanan Firebase.....	58
Gambar IV. 12	Pengembangan Dashboard Menggunakan Visual Studio Code..	58
Gambar IV. 13	Tampilan Dashboard Web Sistem Monitoring	59
Gambar IV. 14	Format Paket ESP-NOW.....	60
Gambar IV. 15	Kode Perhitungan RPM.....	62
Gambar IV. 16	Kode Filter Spike	62
Gambar IV. 17	Kode Exponential Moving Average	63
Gambar IV. 18	Konversi RPM ke Kecepatan (km/jam).....	64
Gambar IV. 19	Kode Pembacaan dan Konversi Gaya Pedal	64
Gambar IV. 20	Kode Identifikasi Node pada Gateway	66
Gambar IV. 21	Kode Pengiriman Data Gateway ke Firebase	67
Gambar IV. 22	Kode Koneksi Pengiriman Firebase.....	68
Gambar IV. 23	Kode Kalkulasi Pedal Sensitivity	69
Gambar IV. 24	Kode Kalkulasi Roller Imbalance.....	70
Gambar IV. 25	Kode Data Spreadsheet	70
Gambar IV. 26	Penentuan Faktor Kalibrasi dengan Beban 20 kg	71
Gambar IV. 27	Pembacaan Raw HX711 pada Serial Monitor	71
Gambar IV. 28	Proses Kalibrasi Load Cell	72
Gambar IV. 29	Grafik Linearitas Kalibrasi Load Cell	73
Gambar IV. 30	Setup Kalibrasi Sensor Proximity	75
Gambar IV. 31	Grafik Linearitas Kalibrasi Proximity Kiri Mode 1 PPR	76
Gambar IV. 32	Grafik Linearitas Kalibrasi Proximity Kanan Mode 1 PPR	77
Gambar IV. 33	Grafik Linearitas Kalibrasi Proximity Kiri Mode 8 PPR	78
Gambar IV. 34	Grafik Linearitas Kalibrasi Proximity Kanan Mode 8 PPR	78
Gambar IV. 35	Pengujian Langsung Berdampingan Dengan Roller Brake Tester	83