

TUGAS AKHIR
PERANCANGAN ALAT UKUR EMISI GAS BUANG KENDARAAN
BERMOTOR DENGAN METODE *REAL DRIVING EMISSION TEST*

Ditujukan untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Terapan Teknik



Disusun oleh:
HELANDO ATHA PRASETYO
21.02.1016

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMOTIF
POLITEKNIK KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN
TEGAL
2025

HALAMAN PERSETUJUAN

PERANCANGAN ALAT UKUR EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR DENGAN METODE *REAL DRIVING EMISSION TEST*

DESIGN OF EXHAUST GAS EMISSION MEASURING INSTRUMENT USING REAL DRIVING EMISSION TEST METHOD

disusun oleh:

HELANDO ATHA PRASETYO

21.02.1016

Telah disetujui oleh:

Pembimbing 1



Faris Humami, S.Pd., M. Eng.
NIP.199011102019021002

Tanggal 25 Juni 2025

Pembimbing 2



Helmi Wibowo, S.Pd., M. T.
NIP.199006212019021001

Tanggal 1 Juli 2025

HALAMAN PENGESAHAN
PERANCANGAN ALAT UKUR EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR
DENGAN METODE *REAL DRIVING EMISSION TEST*

*DESIGN OF EXHAUST GAS EMISSION MEASURING INSTRUMENT USING REAL
DRIVING EMISSION TEST METHOD*

disusun oleh:

HELANDO ATHA PRASETYO

21.02.1016

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada tanggal 10 Juli 2025

Ketua Sidang

Tanda Tangan

Mokhammad Rifqi Tsani, S.Kom., M. Kom.

Penguji 1

Tanda Tangan

Faris Humami, S.Pd., M. Eng.

Penguji 2

Tanda Tangan

Nanang Okta Widiandaru, S.Pd., M. Pd.

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknologi Rekayasa Otomotif



Dr. Ery Muthorig, S.T., M.T.
NIP.198307042009121004

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : HELANDO ATHA PRASETYO

Notar : 21.02.1016

Program Studi : SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA OTOMOTIF

menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "**PERANCANGAN ALAT UKUR EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR DENGAN METODE *REAL DRIVING EMISSION TEST***" ini tidak terdapat unsur bagian karya ilmiah yang diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/Lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam laporan ini dan disebutkan sumbernya secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir ini bebas dari unsur-unsur plagiasi dan apabila laporan Tugas Akhir ini di kemudian hari terbukti merupakan plagiasi dari hasil karya penulis lain dan/atau dengan sengaja mengajukan karya atau pendapat yang merupakan hasil karya penulis lain, maka penulis bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Tegal, 10 Juli 2025

Yang Menyatakan



Helando Atha Prasetyo

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim, Assalamualaikum Wr. Wb

Segala puji dan Syukur yang kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah memberikan Rahmat, nikmat, serta petunjuk-Nya, karena berkat karunia-Nya kami mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **"PERANCANGAN ALAT UKUR EMISI GAS BUANG KENDARAAN BERMOTOR DENGAN METODE *REAL DRIVING EMISSION TEST*"** dengan baik dan tepat waktu. Pada momentum ini penulis ingin mengucapkan apresiasi yang mendalam atas dukungan dan bimbingan yang tak ternilai selama proses penyusunan proposal Tugas Akhir ini

Penyusunan proposal Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat dalam rangka memenuhi kelulusan Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomotif di Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan. Selama penyusunan proposal Tugas Akhir pasti terdapat rintangan, namun dengan izin Allah SWT, doa orang tua dan usaha kami, setiap hambatan dapat kami lewati dengan bijak. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Bambang Istiyanto, S.Si.T., M.T. selaku Direktur Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan;
2. Bapak Dr. Ery Muthoriq, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomotif;
3. Bapak Faris Humami, S.Pd., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing I;
4. Bapak Helmi Wibowo, S.Pd., M.T. selaku Dosen Pembimbing II;
5. Orang tua yang selalu memberikan semangat dan doa yang tiada henti selama proses penulisan tugas akhir;
6. Seluruh dosen pengajar dan jajarannya Civitas Akademik Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan Tegal atas ilmu yang telah diberikan;
7. Semua pihak yang telah membantu baik moril maupun materil di dalam penyelesaian proposal Tugas Akhir ini.

Semoga Allah membalas semua kebaikan dengan balasan yang setimpal. Penulis memahami bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan proposal Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik

konstruktif. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih dan semoga dalam penyusunan Tugas Akhir nanti sampai kedepannya dilancarkan.

Tegal, 10 Juli 2025

Yang menyatakan

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Helando Atha Prasetyo', written in a cursive style.

Helando Atha Prasetyo

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
INTISARI	xii
ABSTRACT.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	3
I.3 Batasan Masalah.....	3
I.4 Tujuan Penelitian	3
I.5 Manfaat Penelitian	3
I.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
II.1 Pencemaran Udara Akibat Kendaraan Bermotor	6
II.2 Pencemaran Udara Berdasarkan Jenis Gas Buang	7
II.3 Standar Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor di Indonesia.....	7
II.4 Pengaruh Putaran Mesin dan Suhu pada Emisi Gas Buang	9
II.5 Alat Uji Emisi Kendaraan.....	10
II.6 Perbandingan Alat Uji Emisi Dinamis dan Statis.....	12
II.7 Kalibrasi Alat dengan <i>Exhaust Gas Analyzer</i> Standar	14
II.8. Landasan Teori.....	15
II.8.1 Pencemaran Udara	15
II.8.2 Uji Emisi Kendaraan Bermotor.....	17
II.8.3 Parameter Uji Emisi Gas Buang	17
II.8.4 Jenis Kendaraan Bermotor.....	18
II.8.5 Jenis Emisi Kendaraan Bermotor	19
II.8.6 Tipe Alat Pengukur Emisi Kendaraan Bermotor	22
BAB III METODE PENELITIAN	24
III.1 Tempat dan Waktu Penelitian	24
III.2 Alat dan Bahan.....	24

III.3 Prosedur Penelitian	26
III.4 Alur Perakitan Alat	29
III.5 Diagram Sistem Kerja Alat	30
III.6 Perancangan Alat	31
III.6.1 Desain Alat	31
III.6.2 Desain Penempatan Alat	33
III.7 Konsep Uji Sistem	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	40
IV.1 Perakitan Alat	40
IV.1.1 Skema Rangkaian Alat	40
IV.1.2 Perakitan Komponen	40
IV.1.3 Pemasangan Sensor	41
IV.1.4 Pembuatan <i>Box</i> Alat	43
IV.1.5 Instalasi Kabel	44
IV.2 Pemrograman Sistem	45
IV.2.1 Pemrograman di Arduino IDE	45
IV.2.2 Upload Program pada Mikrokontroler	49
IV.2.3 Tampilan aplikasi Blynk	50
IV.2.4 Tampilan Google Spreadsheet	50
IV.2.5 Pengujian Sistem <i>Black Box</i>	51
IV.3 Uji Kinerja Sensor Gas menggunakan Alat Ukur Emisi Statis	53
IV.4 Uji Kinerja Sensor GPS	59
IV.5 Uji Kinerja Sensor Suhu	60
IV.6 Waktu Respon Sensor	61
IV.7 Hasil Pengujian Alat	62
IV.7.1 Hubungan Antara Emisi Gas Buang dengan Kecepatan ..	62
IV.7.2 Hubungan Antara Kecepatan dengan Temperatur	71
BAB V PENUTUP	74
V.1 Kesimpulan	74
V.2 Saran	75
DAFTAR PUSTAKA	76
LAMPIRAN	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Angkutan Orang	18
Gambar II. 2 Angkutan Barang.....	19
Gambar II. 3 Truk Penarik Kereta Tempelan.....	19
Gambar II. 4 Exhaust Gas Analyzer (EGA).....	22
Gambar II. 5 Smoke Tester.....	22
Gambar II. 6 Portable Emission Measurment System (PEMS).....	23
Gambar III. 1 Laboratorium/Bengkel PKTJ.....	24
Gambar III. 2 Bagan Alir Prosedur Penelitian	27
Gambar III. 3 Bagan Alir Perakitan Alat.....	29
Gambar III. 4 Diagram Sistem Kerja Alat	30
Gambar III. 5 Desain Alat	31
Gambar III. 6 Desain Alat Tampak Kiri	32
Gambar III. 7 Desain Alat Tampak Kanan	32
Gambar III. 8 Desain Alat Tampak Depan.....	32
Gambar III. 9 Desain Alat Tampak Belakang	33
Gambar III. 10 Penempatan Alat Dibagian Belakang kendaraan	33
Gambar III. 11 Penempatan Alat pada Kendaraan Uji	34
Gambar III. 12 Diagram Alir Kinerja Alat.....	35
Gambar III. 13 Uji Kinerja Sensor Gas.....	36
Gambar III. 14 Uji Kinerja Sensor Kecepatan / GPS	37
Gambar III. 15 Uji Kinerja Sensor Panas.....	37
Gambar III. 16 Rute Jalan Pedesaan	38
Gambar III. 17 Rute Jalan Perkotaan	38
Gambar III. 18 Rute Jalan Lingkar Kota	39
Gambar IV. 1 Skema Rangkaian Alat pada Software Fritzing.....	40
Gambar IV. 2 Komponen terpasang pada PCB	40
Gambar IV. 3 Sensor MICS-6814.....	41
Gambar IV. 4 Sensor MQ-8	41
Gambar IV. 5 Sensor PMS5003.....	42
Gambar IV. 6 Sensor Beitian BN-220 GPS.....	42
Gambar IV. 7 Sensor Thermocouple Type-K.....	43

Gambar IV. 8 Prototipe Casing Box Alat.....	43
Gambar IV. 9 Casing Box Alat.....	44
Gambar IV. 10 Instalasi Kabel pada Box Alat.....	44
Gambar IV. 11 Proses Pengunggahan Program.....	49
Gambar IV. 12 Tampilan Arduino IDE saat Upload Berhasil.....	49
Gambar IV. 13 Tampilan Aplikasi Blynk pada Smartphone.....	50
Gambar IV. 14 Tampilan data pada Google Spreadsheet.....	50
Gambar IV. 15 Gas Analyzer ACTIA / AT505.....	53
Gambar IV. 16 Uji Kinerja Alat pada Kendaraan Granmax	54
Gambar IV. 17 Uji Kinerja Sensor MICS-6814 (CO).....	55
Gambar IV. 18 Uji Kinerja Sensor MICS-6814 (NOx)	56
Gambar IV. 19 Hasil Uji Kinerja Sensor MQ-8 (HC).....	57
Gambar IV. 20 Hasil Uji Kinerja Sensor PMS5003 (Particulate Matter).....	58
Gambar IV. 21 Hasil Uji Kinerja Sensor Beitian BN-220 GPS (Kecepatan)	59
Gambar IV. 22 Hasil Uji Kinerja Sensor Thermocouple Type K.....	60
Gambar IV. 23 Hasil pengukuran emisi gas buang pada Jalan Pedesaan.	64
Gambar IV. 24 Hasil pengukuran emisi gas buang pada Jalan Perkotaan.	67
Gambar IV. 25 Hasil pengukuran emisi gas buang pada Jalan Lingkar Kota	70
Gambar IV. 26 Perbandingan antara kecepatan dan suhu gas buang.....	72

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Standar Kesehatan Emisi Gas Buang	6
Tabel II. 2 Kontribusi Gas Buang Berdasarkan Jenis Bahan Bakar.....	7
Tabel II. 3 Penelitian Relevan.....	15
Tabel II. 4 Peningkatan Jumlah Kendaraan Bermotor di Indonesia	16
Tabel II. 5 Parameter Emisi Gas Buang	18
Tabel III. 1 Alat-alat penelitian.....	24
Tabel III. 2 Bahan-bahan penelitian	25
Tabel III. 3 Perangkat lunak penelitian	25
Tabel III. 4 Tabel Matriks Data Pengujian.....	39
Tabel IV. 1 Hasil Pengujian Sistem <i>Black Box</i>	51
Tabel IV. 2 Waktu Respon Sensor.....	61
Tabel IV. 3 Rata-rata suhu gas buang.....	73

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perancangan Aplikasi Blynk	81
Lampiran 2 Pengambilan Data di Jalan.....	82
Lampiran 3 Rumus Uji Kinerja Sensor.....	83
Lampiran 4 Spesifikasi Kendaraan Uji	84
Lampiran 5 Spesifikasi Alat dan Bahan	85
Lampiran 6 Tampilan Tabel pada Spreadsheet secara Real-Time	100
Lampiran 7 Tampilan Tabel pada Excel untuk Mengolah Data.....	101
Lampiran 8 Tampilan Data Kalibrasi Sensor.....	102
Lampiran 9 Grafik Hubungan Kecepatan dan Suhu di Rute Pedesaan	103
Lampiran 10 Grafik Hubungan Kecepatan dan Suhu di Rute Perkotaan.....	105
Lampiran 11 Grafik Hubungan Kecepatan dan Suhu di Rute Jalan Lingkar	107
Lampiran 12 Uji Kinerja Sensor Gas.....	110
Lampiran 13 Uji Kinerja Sensor Kecepatan	111
Lampiran 14 Uji Kinerja Sensor Suhu	113
Lampiran 15 Hasil Uji Kinerja Sensor MICS-6814 (CO)	1137
Lampiran 16 Hasil Uji Kinerja Sensor MICS-6814 (NOx)	1139
Lampiran 17 Hasil Uji Kinerja Sensor MQ-8 (HC)	113
Lampiran 18 Hasil Uji Kinerja Sensor PMS5003 (<i>Particulate Matter</i>).....	11323
Lampiran 19 Hasil Uji Kinerja Sensor Beitian BN 220 GPS (Kecepatan)	11325
Lampiran 20 Hasil Uji Kinerja Sensor Thermocouple Type K (Suhu).....	11327

INTISARI

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia menyebabkan tingginya tingkat pencemaran udara, yang sebagian besar bersumber dari emisi gas buang kendaraan. Sistem uji emisi yang digunakan saat ini umumnya bersifat statis dan tidak mencerminkan kondisi nyata di jalan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji alat ukur emisi gas buang kendaraan bermotor dengan metode *Real Driving Emission* (RDE) berbasis *Internet of Things* (IoT), yang mampu memantau emisi secara *real-time* selama kendaraan beroperasi.

Alat ini memanfaatkan sensor MICS-6814 untuk mendeteksi CO dan NOx, MQ-8 untuk HC, PMS5003 untuk *Particulate Matter* (PM2.5), Thermocouple Type-K untuk suhu gas buang, serta Beitian BN-220 GPS untuk mendeteksi kecepatan kendaraan. Seluruh sensor terintegrasi melalui mikrokontroler ESP32 yang mengirimkan data secara real-time ke aplikasi Blynk dan Google Spreadsheet melalui koneksi WiFi.

Hasil uji kinerja sensor terhadap alat standar menunjukkan tingkat kesalahan atau error rata-rata di bawah 10%, dengan waktu respon rata-rata sensor sebesar 4,28 detik, menandakan alat ini responsif dan memungkinkan untuk digunakan sebagai pengukur emisi dinamis.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat mampu membaca emisi dalam kondisi berkendara nyata pada tiga jenis rute: pedesaan, perkotaan, dan lingkar kota. Emisi CO dan HC meningkat signifikan saat akselerasi, sedangkan emisi NOx dominan saat kendaraan melaju pada kecepatan tinggi. PM2.5 juga menunjukkan tren meningkat seiring kenaikan kecepatan. Suhu gas buang menunjukkan hubungan positif terhadap kecepatan kendaraan, dengan suhu rata-rata tertinggi sebesar 57,23°C pada jalan lingkar kota.

Kata kunci: Emisi gas buang, internet of things, uji emisi dinamis, alat ukur emisi

ABSTRACT

The increase in the number of motor vehicles in Indonesia has resulted in a high level of air pollution, which is mainly due to vehicle exhaust emissions. The emission testing system currently in use is generally static and does not reflect real conditions on the road. This research aims to design and test a vehicle exhaust gas emission measurement tool using the Real Driving Emission (RDE) method based on the Internet of Things (IoT), which can monitor emissions in real-time while the vehicle is operating.

This tool utilizes the MICS-6814 sensor to detect CO and NO_x, MQ-8 for HC, PMS5003 for particulate matter (PM_{2.5}), Type-K Thermocouple for exhaust gas temperature, and Beitian BN-220 GPS to detect the vehicle's speed. All sensors are integrated through the ESP32 microcontroller that sends data in real-time to the Blynk application and Google Spreadsheet via WiFi connection.

The performance test results of the sensor against a standard device show an average error rate below 10%, with an average sensor response time of 4.28 seconds, indicating that this device is responsive and can be used as a dynamic emission measurer. The test results indicate that the device is capable of reading emissions in real driving conditions on three types of routes: rural, urban, and ring road. CO and HC emissions significantly increase during acceleration, while NO_x emissions are dominant when the vehicle is traveling at high speeds. PM_{2.5} also shows an increasing trend as speed increases. The exhaust gas temperature shows a positive correlation with vehicle speed, with the highest average temperature being 57.23°C on the city ring road.

Keywords: Exhaust gas emissions, internet of things, dynamic emission testing, emission measuring tools