

TUGAS AKHIR
ANALISIS EFEKTIVITAS PENGGUNAAN SENSOR
OKSIGEN DI MESIN OTTO TERHADAP EMISI GAS
BUANG (CO, HC)

Ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik



Disusun oleh:

ARIF ALI HAKIM

21021005

PROGRAM SARJANA TERAPAN
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMOTIF
POLITEKNIK KESELAMATAN TRANSPORTASI JALAN
TEGAL
2025

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS EFEKTIVITAS PENGGUNAAN SENSOR OKSIGEN DI MESIN OTTO TERHADAP EMISI GAS BUANG (CO, HC)

*ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF USING OXYGEN SENSORS IN OTTO
ENGINES ON EXHAUST GAS EMISSIONS (CO, HC)*

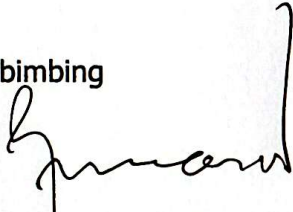
disusun oleh:

ARIF ALI HAKIM

21021005

Telah disetujui oleh :

Pembimbing



Drs. Gunawan, M.T
NIP.196212181989031006

Tanggal.....**16 JULI 2025**.....

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS EFEKTIVITAS PENGGUNAAN SENSOR OKSIGEN DI MESIN OTTO TERHADAP EMISI GAS BUANG (CO, HC)

*ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF USING OXYGEN SENSORS IN OTTO
ENGINES ON EXHAUST GAS EMISSIONS (CO, HC)*

disusun oleh :

ARIF ALI HAKIM

21021005

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji:

Pada tanggal: 16 JULI 2025

Penguji 1

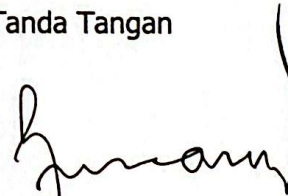
Tanda Tangan



Dr. Ery Muthoriq, S.T., M.T.

Penguji 2

Tanda Tangan



Drs. Gunawan, M.T.

Penguji 3

Tanda Tangan



R. Arief Novianto, M.Sc.

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomotif



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

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Arif Ali Hakim

Notar. : 21021005

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomotif

Menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul "***Analisis Efektivitas Penggunaan Sensor Oksigen Di Mesin Otto Terhadap Emisi Gas Buang (CO, HC)***" tidak ada karya ilmiah lain diajukan untuk memperoleh gelar sarjana pada suatu Perguruan Tinggi, maupun karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang atau organisasi lain kecuali yang disebutkan secara tertulis dalam tugas akhir ini dan mencantumkan sumbernya secara tertulis dengan lengkap pada daftar pustaka.

Dengan demikian saya menyatakan bahwa tugas akhir ini bebas dari unsur plagiarisme dan apabila ternyata dikemudian hari tugas akhir ini mengandung unsur plagiat dari karya penulis ini, penulis bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku

Tegal, 16 Juli 2025

Yang menyatakan,



Arif Ali Hakim

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan secara tuntas dengan judul **"Analisis Efektivitas Penggunaan Sensor Oksigen Di Mesin Otto Terhadap Emisi Gas Buang (CO, HC)"**. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik, Diploma 4 Teknologi Rekayasa Otomotif, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan

Dalam penyelesaian tugas akhir ini, penulis mendapatkan bantuan serta bimbingan dari beberapa pihak. Oleh karena itu, pada momentum ini, saya ingin mengucapkan rasa terima kasih sebanyak-banyaknya kepada yang terhormat:

1. Bapak Bambang Istiyanto, S.SiT., M.T. selaku Direktur Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan.
2. Bapak Dr. Ery Muthoriq, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Diploma 4 Teknologi Rekayasa Otomotif (TRO) Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan
3. Bapak Drs. Gunawan, M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan dengan baik selama kegiatan penyusunan Tugas akhir ini.
4. Bapak Rifano, S.Pd., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan dukungan terhadap kegiatan akademik selama perkuliahan.
5. Seluruh dosen dan jajaran Civitas Akademika Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan atas ilmu yang telah diberikan.
6. Orang tua bapak, dan ibu saya, serta adik kandung, dan semua keluarga besar yang selalu memberikan dukungan secara moral, dan moril, maupun doa yang tiada hentinya.
7. Rekan-rekan, kakak tingkat taruna/mahasiswa yang telah memberikan masukan dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan pendidikan dan tugas akhir ini.
8. Dan kepada semua pihak yang tidak dapat tertulis satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Tegal, 16 Juni 2025

Yang menyatakan,



Arif Ali Hakim

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
INTISARI.....	xi
<i>ABSTRACT</i>.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Batasan Masalah	3
I.4 Tujuan Penelitian	3
I.5 Manfaat Penelitian	4
I.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
II.1 Sensor Oksigen	6
II.1.1 Jenis-jenis Sensor oksigen	7
II.2 Emisi Gas Buang	10
II.2.1 Ambang Batas Emisi Kendaraan.....	11
II.2.2 Kandungan Zat Emisi Gas Buang.....	11

II.3	Gas Analyzer.....	13
II.4	Mesin <i>Otto</i>	14
II.5	Penelitian Relevan.....	16
II.6	Perbedaan dan pembaruan penelitian	19
BAB III	METODE PENELITIAN	20
III.1	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	20
III.1.1	Lokasi Penelitian.....	20
III.1.2	Waktu Penelitian	20
III.2	Bahan Penelitian	21
III.2.1	Sensor Oksigen/Lambda sensor (O ₂).....	21
III.2.2	Bahan Bakar Minyak (BBM)	22
III.3	Alat Penelitian.....	22
III.3.1.	Honda Mobilio L15Z1 SOHC i-VTEC (2017).....	22
III.3.2.	Alat Uji Gas analyzer	24
III.3.3.	Alat Pelindung Diri (APD).....	25
III.4	Metode Pengambilan dan Pengumpulan Data	26
III.5	Skema Pengujian Emisi Gas Buang	28
III.6	Diagram Alir.....	30
III.7	Variabel Penelitian.....	31
III.8	Jenis Penelitian	32
III.9	Metode Pengolahan Data	32
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	34
IV.1	Proses Sebelum Pengujian	34
IV.1.1	Penggantian Oli dan Filter Oli.....	34
IV.1.2	Penggunaan Bahan Bakar.....	35
IV.1.3	Persiapan Pengujian Emisi Gas Buang	36
IV.2	Hasil Uji Sensor Oksigen Terhadap Emisi Gas Buang	37
IV.2.1	Kandungan Karbon Monoksida (CO)	39

IV.2.2	Kandungan Hidrokarbon (HC)	41
BAB V	KESIMPULAN	44
V.1	Kesimpulan	44
V.2	Saran	45
DAFTAR PUSTAKA		46
LAMPIRAN.....		48

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Sensor Oksigen.....	7
Gambar II. 2 Jenis Sensor <i>Zirkonia</i>	8
Gambar II. 3 Jenis Sensor Titanium.....	9
Gambar II. 4 Sensor Jenis <i>Wide band</i>	9
Gambar II. 5 <i>Gas analyzer</i>	14
Gambar II. 6 Mesin <i>Electronic Fuel Injection (EFI)</i>	15
Gambar III. 1 Lokasi Pengujian Emisi Gas Buang (Dinas Perhubungan Kota Depok)	20
Gambar III. 2 Sensor Oksigen.....	21
Gambar III. 3 Pengisian bahan bakar Pertamina 92	22
Gambar III. 4 Honda Mobilio L15Z1 SOHC i-VTEC (2017).....	23
Gambar III. 5 <i>Gas Analyzer</i>	25
Gambar III. 6 <i>Wearpack</i>	25
Gambar III. 8 Diagram Alir Skema Cara Uji Emisi Gas Buang	29
Gambar III. 7 Diagram Alir	30
Gambar IV. 1 Proses Penggantian Oli	34
Gambar IV. 2 Proses Penggantian Filter Oli	35
Gambar IV. 3 Pengisian BBM jenis Pertamina	36
Gambar IV. 4 Pengujian Emisi gas buang di Dinas Perhubungan Kota Depok	36
Gambar IV. 5 Pengambilan data Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (CO), dan Hidrokarbon (HC)	37
Gambar IV. 6 Grafik Hasil Uji Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (CO).....	39
Gambar IV. 7 Hasil Uji Normalitas Kandungan Karbon Monoksida (CO).....	40
Gambar IV. 8 Hasil Uji T Test Kandungan Karbon Monoksida (CO)	40
Gambar IV. 9 Grafik Hasil Uji Emisi Gas Buang Hidrokarbon (HC).....	42
Gambar IV. 10 Hasil Uji Normalitas Kandungan Hidrokarbon (HC).....	42
Gambar IV. 11 Hasil Uji Paired T Test Kandungan Hidrokarbon (HC)	43

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Tentang Baku Mutu Emisi Kendaraan (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan. No.8 Tahun 2023)	11
Tabel II. 2 Penelitian Relevan	16
Tabel III. 1 Waktu Penelitian	21
Tabel III. 2 Spesifikasi Kendaraan	23
Tabel III. 3 Spesifikasi <i>Gas Analyzer</i>	24
Tabel IV. 1 Hasil Uji Emisi Gas Buang	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Proses Penggantian Oli sebelum kendaraan dilakukan pengujian ...	48
Lampiran 2. Proses Penggantian Filter Oli sebelum kendaraan dilakukan	50
Lampiran 3. Jadwal Perawatan Berkala pergantian Oli dan Filter Oli	51
Lampiran 4. Lokasi Sensor Oksigen <i>Upstream</i>	51
Lampiran 5. Lokasi Sensor Oksigen <i>Downstream</i> di Exhaust Manifold	52
Lampiran 6. Sensor Oksigen <i>Downstream</i>	52
Lampiran 7. Proses Menghidupkan Mesin	54
Lampiran 8. Proses Penggantian Sensor Oksigen <i>Downstream</i>	54
Lampiran 9. Oli Mesin Yang Dianjurkan Berdasarkan Manual Book Honda	55
Lampiran 10. Pengisian Bahan Bakar (Ron 92) sebelum Uji Emisi Gas Buang	56
Lampiran 11. Kegiatan saat uji emisi gas buang di (UPPKB Dishub Depok)	57
Lampiran 12. Hasil Uji Emisi Gas Buang (Sensor oksigen <i>downstream</i> Normal)	59
Lampiran 13. Hasil Uji Emisi Gas Buang (Kondisi Sensor <i>Malfunction</i>)	61
Lampiran 14. Kode DTC Sensor oksigen <i>Upstream</i>	62

INTISARI

Kendaraan mesin bensin menghasilkan emisi gas buang Karbon monoksida (CO), dan Hidrokarbon (HC). Tingginya pencemaran udara yang dihasilkan mesin bensin, dan tidak dilakukan pembatasan umur kendaraan yang beroperasi di jalan menambah beban polusi udara. Salah satu pengendali pada sistem pembuangan di kendaraan *modern* adalah sensor oksigen, yang bertugas menyesuaikan rasio bahan bakar dan udara agar proses pembakaran lebih tepat dan efisien. Analisis efektivitas sensor oksigen menjadi penting untuk dikaji dalam upaya mengurangi emisi gas buang.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui efektivitas penggunaan sensor oksigen dalam mengurangi emisi gas buang, dari mengkomparasi sensor oksigen *downstream* kondisi normal dengan sensor oksigen *downstream* kondisi *malfunction* terhadap emisi gas buang yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen dengan menggunakan alat uji emisi *Autogas Analyzer* pada mesin Honda Mobilio L15Z1 (2017), pengetesan dilakukan sebanyak tiga kali pada putaran mesin *idle*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar Karbon dioksida (CO) rata-rata: 0,2% (kondisi sensor normal) dan 0,4% (kondisi sensor *malfunction*) meningkat 0,2%. Untuk kadar Hidrokarbon (HC) rata-rata: 31,33 ppm (kondisi sensor normal) dan 97,66 ppm (kondisi sensor *malfunction*) meningkat 66,33 ppm dari sensor oksigen *downstream* kondisi normal.

Kata Kunci: Sensor Oksigen, Emisi Gas Buang, Mesin

ABSTRACT

Petrol engine vehicles produce exhaust emissions of Carbon monoxide (CO), and Hydrocarbons (HC). The high level of air pollution produced by petrol engines, and no restrictions on the age of vehicles operating on the road adds to the burden of air pollution. One of the controllers on the exhaust system in modern vehicles is the oxygen sensor, which is responsible for adjusting the ratio of fuel and air to make the combustion process more precise and efficient. Analysis of the effectiveness of oxygen sensors is important to study in an effort to reduce exhaust emissions.

The purpose of this study is to determine the effectiveness of the use of oxygen sensors in reducing exhaust emissions, from comparing normal oxygen sensor conditions with malfunctioning oxygen sensor conditions to the resulting exhaust emissions. This research uses an experimental research method using an Autogas Analyzer emission test tool on a Honda Mobilio L15Z1 (2017) engine, testing was carried out three times at idle engine speed.

The results showed that the average Carbon dioxide (CO) levels: 0.2% (normal sensor condition) and 0.4% (malfunction sensor condition) increased by 0.2%. For Hydrocarbon (HC) levels on average: 31.33 ppm (normal sensor condition) and 97.66 ppm (malfunction sensor condition) increased by 66.33 ppm from the normal oxygen sensor condition.

Keywords: Oxygen Sensor, Exhaust Gas Emissions, Engine