

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH *AIRFUEL RATIO*
(AFR) TERHADAP PERFORMA DAN
EMISI GAS BUANG MESIN DIESEL
BERBAHAN BAKAR *CRUDE PALM OIL*
(CPO) *OFF-GRADE* DAN B40 DENGAN
VARIABEL PEMBEBANAN**



Oleh :

Erganata Surya Buana
21036010050

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"

JAWA TIMUR

2025

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH AIRFUEL RATIO (AFR) TERHADAP PERFORMA DAN EMISI GAS BUANG MESIN DIESEL BERBAHAN BAKAR CRUDE PALM OIL (CPO) OFF-GRADE DAN B40 DENGAN VARIABEL PEMBEBANAN

Skrripsi Ini Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Studi Strata Satu
Dan Memperoleh Gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Oleh:

Nama : Erganata Surya Buana

NPM : 21036010050

Konsentrasi : Konversi Energi

Telah Diuji Dalam Ujian Komprehensif Skripsi

Hari/Tanggal: Selasa, 27 Mei 2025

Telah Disahkan Oleh:

Tim Penguji
1.

Dosen Pembimbing

Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc.
NIP. 19940428 202203 2 011

Wiliandi Saputro, S.T., M.Eng
NIP. 19940726 202406 1 002

Tria Puspa Sari, S.T., M.S.
NPT. 20219940311205

Koordinator Program Studi Teknik Mesin

Dr. Ir. Luluk Edahwati, M.T
NIP. 19640611 199203 2 001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik & Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Prof. Dr. Dya Jarifah, MP
NIP. 19650403 199103 2 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS

KETERANGAN REVISI

Mahasiswa di bawah ini:

Nama : Erganata Surya Buana
NPM : 21036010050
Program Studi : ~~Teknik Kimia~~ / ~~Teknik Industri~~ / ~~Teknologi Pangan~~ /
~~Teknik Lingkungan~~ / ~~Teknik Sipil~~ / Teknik Mesin

Telah mengerjakan revisi / ~~tidak ada revisi~~ *) ~~PRA RENCANA (DESAIN)~~ / ~~SEMINAR~~
~~PROPOSAL~~ / SKRIPSI / TUGASAKHIR Ujian Lisan Periode IV, TA 2024/2025.

Dengan judul : ANALISIS PENGARUH AIRFUEL RATIO (AFR) TERHADAP PERFORMA
DAN EMISI GAS BUANG MESIN DIESEL BERBAHAN BAKAR CRUDE
PALM OIL (CPO) OFF-GRADE DAN B40 DENGAN VARIABEL
PEMBEBANAN

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi

1. Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc.
2. Tria Puspa Sari, S.T., M.S.

()
()

Surabaya, 10 Juni 2025

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



Wiliandi Saputro, S.T., M. Eng
NIP. 199407262024061002

Catatan: *) coret yang tidak perlu

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Erganata Surya Buana
NPM : 21036010050
Program : Sarjana(S1)
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 17 Juni 2025

Yang Membuat Pernyataan,



Erganata Surya Buana
21036010050

KATA PENGANTAR

Segala puji kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia yang diberikan, sehingga proposal skripsi ini bisa terselesaikan dengan baik. Dalam penyusunan proposal skripsi ini, saya mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya proposal skripsi ini. Adapun pihak-pihak tersebut antara lain:

1. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, MP., selaku Dekan Fakultas Teknik & Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
2. Ibu Dr. T. Ir. Luluk Endawati, M.T., selaku koordinator program studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
3. Bapak Wiliandi Saputro, S.T., M. Eng., selaku dosen pembimbing yang selalu memberi ilmu, arahan, saran, nasihat, dan semangat kepada penulis.
4. Ibu Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc. dan ibu Tria Puspa Sari, S.T., M.S. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran kepada penulis.
5. Kedua orang tua saya di rumah yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dukungan, nasihat dan semua kebutuhan saya.
6. Serta teman-teman saya Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur yang selalu membantu saya selama waktu kuliah saya selama ini.
7. *Last but not least, I wanna thank me. I wanna thank me for believing in me. I wanna thank me for all doing this hard work. I wanna thank me for having no days off. I wanna thank me for never quitting. I wanna thank me for just being me at all times.*

Penulis menyadari bahwa proposal skripsi ini belumlah dikatakan sempurna. Untuk itu, penulis dengan sangat terbuka menerima kritik dan saran dari pembaca sekalian. Semoga proposal skripsi ini bermanfaat untuk kita semua.

Surabaya, 16 Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Performa Mesin Diesel.....	5
2.2 Emisi Mesin Diesel	8
2.3 <i>Air-Fuel Ratio</i>	11
2.4 Landasan Teori.....	13
2.4.1 Mesin Diesel	13
2.4.2 Siklus Termodinamika Mesin Diesel	13
2.4.3 Biofuel.....	14
2.4.4 Crude Palm Oil.....	15
2.4.5 Preheating Crude Palm Oil	17
2.4.5.1 Viskositas	17
2.4.5.2 Densitas	18
2.4.5.3 <i>Flash point</i>	18

2.4.5.4	Nilai kalor.....	18
2.4.5.5	<i>Cetana Number</i>	18
2.4.6	Parameter unjuk kerja mesin diesel.....	19
2.4.6.1	Torsi	19
2.4.6.2	Daya Efektif	19
2.4.6.3	<i>Specific Fuel Consumption</i> (SFC).....	20
2.4.6.4	Efisiensi Termal	20
2.4.7	<i>Air-fuel Ratio</i>	21
2.4.8	Energi Per Siklus.....	22
2.4.9	Emisi Gas Buang.....	23
2.4.9.1	Hidrocarbon (HC) dan NO.....	23
2.4.9.2	Karbon Monoksida (CO).....	23
2.5	Alat dan Bahan.....	24
2.5.1	Alat.....	24
2.5.2	Bahan.....	30
2.6	Hipotesis.....	33
BAB III METODE PENELITIAN.....		35
3.1	Diagram Alir	35
3.2	Lokasi Penelitian.....	36
3.3	Skema Penelitian.....	36
3.4	Alat dan Bahan.....	37
3.5	Kondisi Eksperimen.....	37
3.6	Metode Pengambilan Data	38
3.6.1	Persiapan dan <i>set up</i> alat	38
3.6.2	Pengambilan data	39
3.6.2.1	Performa mesin diesel	39
3.6.2.2	Temperatur mesin diesel	39
3.6.2.3	Emisi Gas Buang.....	39
3.6.2.4	Air-fuel ratio.....	39

3.7	Variabel penelitian	40
3.8	Perhitungan Data	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		42
4.1	<i>Air fuel ratio</i>	42
4.2	Data Performa	43
4.2.1	Daya Mesin	43
4.2.2	Torsi	45
4.2.3	<i>Specific Fuel Consumption</i>	46
4.2.4	Efisiensi Termal	48
4.3	Temperatur Komponen Mesin	50
4.3.1	Temperatur <i>Cylinder Head</i>	50
4.3.2	Temperatur <i>Cylinder Block</i>	51
4.3.3	Temperatur <i>Intake Pipe</i>	53
4.3.4	Temperatur <i>Exhaust Pipe</i>	54
4.3.5	Temperatur <i>Coolant Tank</i>	56
4.4	Data Emisi	57
4.4.1	CO	57
4.4.2	CO ₂	59
4.4.3	HC	60
4.4.4	<i>Smoke opacity</i>	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		63
5.1	Kesimpulan	63
5.2	Saran	64
DAFTAR PUSTAKA		65
LAMPIRAN		69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi mesin diesel	24
Tabel 2.2 Spesifikasi altenator	25
Tabel 2.3 Spesifikasi multimeter.....	25
Tabel 2.4 Spesifikasi tachometer	26
Tabel 2.5 Spesifikasi thermogun.....	26
Tabel 2.6 Spesifikasi <i>burette</i>	27
Tabel 2.7 Spesifikasi <i>stopwatch</i>	28
Tabel 2.8 Spesifikasi <i>hygometer-thermometer-humidity meter</i>	28
Tabel 2.9 Karakteristik CPO <i>off-grade</i> Sumber : (Anwar, 2015; Saputro, 2022)	31
Tabel 2.10 Karakteristik B40 Sumber : (K.ESDM, 2023).....	32
Tabel 3.10 Kondisi eksperimen.....	37
Tabel 4.1 Data <i>airfuel ratio</i> pada setiap <i>power blower</i>	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 (a) grafik hubungan putaran mesin dengan laju konsumsi bahan bakar, (b) Grafik hubungan putaran mesin dengan daya efektif Sumber : (Julianto and Sunaryo, 2020)	5
Gambar 2.2 Grafik hubungan putaran mesin dengan SFC Sumber : (Julianto and Sunaryo, 2020)	6
Gambar 2.3 (a) grafik hubungan daya dengan putaran mesin, (b) grafik hubungan efisiensi termal dan putaran mesin Sumber : (Ariani et al., 2016).....	6
Gambar 2.4 Grafik hubungan SFC dengan putaran mesin Sumber : (Ariani et al., 2016)	7
Gambar 2.5 (a) grafik hubungan daya dengan beban (b) grafik hubungan torsi dengan beban Sumber : (Jakfar and Sudarmanta, 2014).....	7
Gambar 2.6 grafik hubungan efisiensi termal dengan pembebanan Sumber : (Jakfar and Sudarmanta, 2014).....	8
Gambar 2.7 grafik hubungan pembebanan terhadap emisi Nox Sumber : (Saksono and Utomo, 2018)	9
Gambar 2.8 (a) grafik hubungan emisi CO dengan pembebanan (b) grafik hubungan emisi HC dengan pembebanan Sumber : (Saksono and Utomo, 2018)	9
Gambar 2.9 (a) grafik hubungan emisi gas CO ₂ terhadap pembebanan (b) grafik hubungan emisi gas CO terhadap pembebanan Sumber : Abed et al., (2018).....	10
Gambar 2.10 (a) grafik hubungan emisi gas HC terhadap pembebanan (b) grafik hubungan <i>smoke opacity</i> terhadap pembebanan Sumber : (Abed et al., 2018).....	11
Gambar 2.11 (a) diagram P-V mesin diesel, (b) diagram T-S mesin diesel Sumber : (Çengel et al., 2019).....	14
Gambar 2.12 <i>Heater</i> CPO Sumber : Pribadi.....	29
Gambar 3.1 Diagram alir Sumber : (Pribadi).....	35
Gambar 3.1 Diagram skematik pengujian bahan bakar B40 Sumber : (Pribadi)..	36
Gambar 3.2 Diagram skematik pengujian bahan bakar CPO Sumber ; (Pribadi).	36
Gambar 4.1 Grafik daya mesin pada pembebanan 1 kW dan 4 kW	43
Gambar 4.2 Grafik torsi pada pembebanan 1 kW dan 4 kW	45

Gambar 4.3 Grafik SFC pada pembebanan 1 kW dan 4 kW	47
Gambar 4.4 Grafik efisiensi termal pada pembebanan 1 kW dan 4 kW	48
Gambar 4.4 Grafik temperatur komponen <i>cylinder head</i> pada pembebanan 1 kW dan 4 kW	50
Gambar 4.5 Grafik temperatur komponen <i>cylinder block</i> pada pembebanan 1 kW dan 4 kW	52
Gambar 4.6 Grafik temperatur komponen <i>intake pipe</i> pada pembebanan 1 kW dan 4 kW	53
Gambar 4.7 Grafik temperatur komponen <i>exhaust pipe</i> pada pembebanan 1 kW dan 4 kW	55
Gambar 4.8 Grafik temperatur komponen <i>coolant tank</i> pada pembebanan 1 kW dan 4 kW	56
Gambar 4.9 Grafik emisi CO pada pembebanan 1 kW dan 4 kW	58
Gambar 4.10 Grafik emisi CO ₂ pada pembebanan 1 kW dan 4 kW	59
Gambar 4.11 Grafik emisi HC pada pembebanan 1 kW dan 4 kW	60
Gambar 4.12 Grafik <i>smoke opacity</i> pada pembebanan 1 kW dan 4 kW	61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel data performa B40 1 kW	69
Lampiran 2. Tabel data performa B40 4 kW	69
Lampiran 3. Tabel data performa CPO <i>offgrade</i> 1 kW	69
Lampiran 4. Tabel data performa CPO <i>offgrade</i> 4 kW	69
Lampiran 5. Tabel data temperatur B40 1 kW	70
Lampiran 6. Tabel data temperatur B40 4 kW	70
Lampiran 7. Tabel data temperatur CPO <i>offgrade</i> 1 kW	70
Lampiran 8. Tabel data temperatur CPO <i>offgrade</i> 4 kW	71
Lampiran 9. Tabel data emisi B40 1 kW	71
Lampiran 10. Tabel data emisi B40 4 kW	71
Lampiran 11. Tabel data emisi CPO <i>offgrade</i> 1 kW	71
Lampiran 12. Tabel data emisi CPO <i>offgrade</i> 4 kW	72

ABSTRAK

Kebutuhan energi yang terus meningkat mendorong pemanfaatan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, salah satunya biodiesel dari *Crude Palm Oil* (CPO). Penelitian ini menganalisis pengaruh rasio udara-bahan bakar (*Air-Fuel Ratio*) AFR terhadap performa dan emisi mesin diesel berbahan bakar B40 dan CPO *off-grade*. Pengujian dilakukan secara eksperimental pada dua mesin diesel Kubota RD 65 DI-NB dengan putaran konstan 2000 RPM dan variasi beban 1 kW serta 4 kW. AFR diatur melalui pengendalian suplai udara menggunakan blower dan dimmer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa B40 menghasilkan performa yang lebih baik dibandingkan CPO *off-grade*, dengan peningkatan daya, torsi, dan efisiensi termal masing-masing sebesar 7%, 4%, dan 17,71% pada beban 1 kW, serta 4%, 2%, dan 38,38% pada beban 4 kW. Sebaliknya, CPO *off-grade* menunjukkan konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) yang lebih tinggi serta emisi gas buang yang lebih besar, terutama CO, HC, dan *smoke opacity*, akibat viskositas tinggi dan kandungan asam lemak bebas yang menghambat proses pembakaran. Namun, emisi CO₂ dari CPO *off-grade* tercatat 52% lebih rendah dibanding B40. Peningkatan AFR hingga kisaran optimal (sekitar 40%) mampu memperbaiki proses pembakaran dan menurunkan emisi pada kedua jenis bahan bakar. Hasil ini menunjukkan pentingnya pengaturan AFR dalam mengoptimalkan performa dan efisiensi emisi mesin diesel, terutama saat menggunakan bahan bakar non-standar seperti CPO *off-grade*.

Kata kunci: *crude palm oil*, biodiesel B40, mesin diesel, *airfuel ratio*

ABSTRACT

The increasing demand for energy encourages the use of environmentally friendly alternative fuels, one of which is biodiesel derived from Crude Palm Oil (CPO). This study analyzes the effect of the air-fuel ratio (AFR) on the performance and emissions of diesel engines using B40 and off-grade CPO. Experimental testing was conducted on two Kubota RD 65 DI-NB diesel engines operating at a constant speed of 2000 RPM, with load variations of 1 kW and 4 kW. The AFR was controlled by adjusting the air supply using a blower and dimmer. The results showed that B40 delivered better performance than off-grade CPO, with increases in power, torque, and thermal efficiency of 7%, 4%, and 17.71% at a 1 kW load, and 4%, 2%, and 38.38% at a 4 kW load, respectively. In contrast, off-grade CPO exhibited higher specific fuel consumption (SFC) and greater exhaust emissions—particularly CO, HC, and smoke opacity—due to its high viscosity and free fatty acid content, which hinder the combustion process. However, CO₂ emissions from off-grade CPO were recorded to be 52% lower than those from B40. Increasing the AFR to an optimal range (around 40%) was effective in improving the combustion process and reducing emissions for both fuel types. These findings highlight the importance of AFR regulation in optimizing engine performance and emission efficiency, especially when utilizing non-standard fuels such as off-grade CPO.

Keywords : crude palm oil, biodiesel B40, diesel engine, airfuel ratio