

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN ZAT ADITIF N-
BUTANOL DAN *BUTYLATED HYDROXYTOLUENE* PADA
BAHAN BAKAR B40 DAN B100 TERHADAP PERFORMA
DAN EMISI GAS BUANG MESIN DIESEL**



Disusun Oleh :

MUHAMMAD NIZAR ARDHANY
NPM. 20036010019

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK & SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR**

2025

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN ADITIF N-BUTANOL DAN BHT PADA
BAHAN BAKAR BIODIESEL B40 DAN B100 TERHADAP PERFORMA DAN
EMISI GAS BUANG MESIN DIESEL**

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 : Muhammad Nizar Ardhany

NPM : 20036010019

Konsentrasi : Konversi Energi

Telah Diuji dalam Ujian Komprehensif Skripsi
Hari/Tanggal : Senin, 20 Oktober 2025

Telah Direvisi dan Disahkan Oleh :

Tim Penguji :

1.


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

Dosen Pembimbing


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

2.


Tria Puspa Sari, S.T., M.S.
NIP. 199403112025062005

Koordinator Program Studi Teknik Mesin


Dr. Ir. Luluk Edahwati, MT.
NIP. 19640611 199203 2 001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik & Sains

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur


Prof. Dr. Dra. Jariyah, MP
NIP. 19650403 199103 2 001



KETERANGAN REVISI

Mahasiswa di bawah ini:

Nama : Muhammad Nizar Ardhany

NPM 20036010019

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 I, TA. 2025/2026.

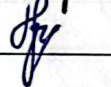
Dengan judul: ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN ZAT ADITIF N-BUTANOL DAN
BUTYLATED HYDROXYTOLUENE PADA BAHAN BAKAR B40 DAN B100
TERHADAP PERFORMA DAN EMISI GAS BUANG MESIN DIESEL

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi

1. Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc.

()

2. Tria Puspa Sari, S.T., M.S.

()

Surabaya, 24 Oktober 2025

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



Wiliandi Saputro, S.T., M. Eng

NIP. 199407262024061002

SURAT PERNYATAAN ANTI PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Nizar Ardhany
NPM : 20036010019
Fakultas/Program Studi : Fakultas Teknik & Sains / Teknik Mesin
Judul Skripsi/Tugas akhir : ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN ZAT ADITIF N-BUTANOL DAN BUTYLATED HYDROXYTOLUENE PADA BAHAN BAKAR B40 DAN B100 TERHADAP PERFORMA DAN EMISI GAS BUANG MESIN DIESEL

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik baik di UPN "Veteran" Jawa Timur maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini merupakan gagasan, rumusan, dan hasil penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan pembimbing akademik.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Hasil karya saya ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan mencantumkan dalam daftar Pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima konsekuensi apapun sesuai dengan ketentuan yang berlaku di UPN "Veteran" Jawa Timur.

Surabaya, 24 Oktober 2025

Yang menyatakan,



Muhammad Nizar Ardhany
NPM. 20036010019

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan lancar. Pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir dapat terselesaikan dengan baik dan lancar tak lepas dari bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains UPN "Veteran" Jawa Timur.
2. Ibu Dr. Ir. Luluk Edahwati, MT. selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
3. Bapak Wiliandi Saputro, S.T., M. Eng. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah dengan sabar memberikan motivasi, arahan serta ilmu-ilmu yang bermanfaat bagi penulis.
4. Ibu Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc. Sebagai Dosen Penguji I atas masukan dan saran perbaikannya.
5. Ibu Tria Puspa Sari, S.T., M.S. Sebagai Dosen Penguji II atas masukan dan saran perbaikannya.
6. Orang tua yang selalu memberikan dukungan kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini, Bapak Khoirul Aziz dan Ibu Henny Masitha terima kasih atas kesabaran, motivasi, dukungan dan doa-doanya selama ini.
7. Seseorang yang telah menemani saya dalam suka maupun duka, Iramandha Putri Pratiwi S.P., terima kasih atas segala support dan doanya.
8. Teman-teman Teknik Mesin dan semua pihak yang telah memberikan dukungan.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini penulis telah berusaha menyusun dengan sebaik-baiknya, namun tidak menutup kemungkinan masih terdapat kesalahan. Oleh karena itu, segala macam kritik dan saran bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan proposal ini.

Surabaya, 29 September 2025



Penulis

ABSTRAK

Penelitian ini mengevaluasi pengaruh penambahan n-butanol (sebagai oksigenator) dan BHT (sebagai antioksidan) pada biodiesel B40 dan B100 terhadap performa serta emisi mesin diesel satu silinder Kubota RD 65 DI-NB. Pengujian dilakukan pada putaran konstan 1.500 rpm dengan beban 1 kW dan 4 kW. Suplai udara diatur melalui variasi bukaan blower 0–100%. Parameter performa yang dianalisis meliputi daya pengereman (brake power), efisiensi termal rem (brake thermal efficiency/BTE), dan konsumsi bahan bakar spesifik. Parameter emisi meliputi CO, HC, dan opasitas asap. Hasil menunjukkan bahwa campuran biodiesel yang diberi n-butanol dan BHT, dengan suplai udara yang cukup, mampu meningkatkan daya dan efisiensi termal serta menurunkan konsumsi bahan bakar spesifik. Selain itu, emisi CO, HC, dan kepadatan asap cenderung menurun pada beban tinggi (4 kW) dengan bukaan blower menengah. Temuan ini menunjukkan bahwa biodiesel beraditif berpotensi menjadi bahan bakar diesel yang lebih bersih dan layak untuk mendukung transisi energi berkelanjutan.

Kata kunci: biodiesel, B40, B100, n-butanol, BHT, emisi, performa.

ABSTRACT

This study evaluates the effect of adding n-butanol (oxygenated additive) and BHT (antioxidant stabilizer) to B40 and B100 biodiesel on diesel engine performance and exhaust emissions. Experiments were conducted on a single-cylinder Kubota RD 65 DI-NB diesel engine at a constant 1,500 rpm under 1 kW and 4 kW electrical loads. Air supply was controlled by varying blower opening from 0% to 100%. Performance metrics included brake power, brake thermal efficiency (BTE), and specific fuel consumption. Emission parameters included carbon monoxide (CO), unburned hydrocarbons (HC), and smoke opacity. Results show that biodiesel blends containing n-butanol and BHT, combined with adequate air supply, can increase brake power and thermal efficiency while reducing specific fuel consumption. CO, HC, and smoke opacity generally decreased at higher load (4 kW) with moderate blower opening. These findings indicate that additive-enriched biodiesel is a cleaner and technically feasible alternative to support a sustainable energy transition in diesel applications.

Keywords: biodiesel, B40, B100, n-butanol, BHT, emissions, performance.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR NOTASI.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	xii
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan.....	5
1.4. Batasan Masalah.....	5
1.5. Manfaat.....	6
BAB II LANDASAN PUSTAKA.....	7
2.1. Performa Mesin Diesel	7
2.2. Emisi Gas Buang	10
2.3. Landasan Teori	14
2.3.1. Termodinamika	14
2.3.2. Densitas	14
2.3.3. Viskositas Kinematik	15
2.3.4. Nilai Kalor.....	15
2.3.5. Motor Bakar	16
2.3.6. <i>Internal Combustion</i> (Pembakaran Dalam)	17
2.3.7. Mesin Diesel.....	21

2.3.8.	Biodiesel.....	22
2.3.9.	Parameter Performa Mesin Diesel	28
2.3.10.	Torsi	28
2.3.11.	Laju Aliran Massa Bahan Bakar.....	29
2.3.12.	Efisiensi Bahan Bakar	29
2.3.13.	<i>Specific Fuel Consumption</i> (SFC).....	29
2.3.14.	Brake Power (BP).....	30
2.3.15.	Brake Thermal Efficiency (BTE)	31
2.3.16.	<i>Air-Fuel Ratio</i>	32
2.3.17.	Emisi Gas Buang	33
2.3.15.1.	Karbon Monoksida (CO)	33
2.3.15.2.	Hidrokarbon (HC).....	34
2.3.15.3.	Karbon Dioksida (CO ₂)	34
2.3.15.4.	Nitrogen Oksida (NO _x)	35
2.4.	Alat dan Bahan	36
2.5.1.	Alat.....	36
2.5.2.	Bahan.....	44
2.5.	Hipotesis Penelitian.....	47
BAB III METODE PENELITIAN.....		48
3.1.	Diagram Alir.....	48
3.2.	Lokasi Penelitian	49
3.3.	Skema Penelitian	49
3.4.	Alat dan Bahan	49
3.5.	Kondisi Penelitian	50
3.6.	Metode Pengambilan Data	51

3.6.1.	Persiapan Alat dan Bahan.....	51
3.6.2.	Pengambilan Data	52
3.7.	Ketidakpastian Alat Ukur	53
3.8.	Variabel Penelitian.....	54
3.9.	Perhitungan Data	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		57
4.1.	Air-Fuel Ratio.....	58
4.2.	Analisa Performa	59
4.2.1.	Daya Mesin (<i>Brake Power</i>).....	60
4.2.2.	Torsi.....	62
4.2.3.	<i>Specific Fuel Consumption</i> (SFC).....	65
4.2.4.	Efisiensi Termal (<i>Brake Thermal Efficiency</i> – BTE)	67
4.3.	Analisa Emisi Gas Buang.....	68
4.3.1.	Emisi Karbon Monoksida (CO).....	68
4.3.2.	Emisi Hidrokarbon (HC)	70
4.3.3.	Opasitas Asap (<i>Smoke Opacity</i>)	72
4.4.	Analisa Karakteristik Termal	74
4.4.1.	Temperatur Cylinder Head dan Cylinder Block	74
4.4.2.	Temperatur Pipa Buang (<i>Exhaust Pipe</i>).....	77
4.5.	Analisis Karakteristik Fisik Pembakaran	79
4.5.1.	Intensitas Kebisingan (<i>Noise</i>) dan Getaran (<i>Vibration</i>).....	79
4.5.2.	Intensitas Cahaya (<i>Light Intensity</i>)	82
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN		85
DAFTAR PUSTAKA		87
LAMPIRAN.....		95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kebutuhan Energi Primer (juta <i>barrel oil equivalent</i>)	1
Gambar 1.2 Emisi Gas Rumah Kaca Berdasarkan kategori	3
Gambar 2. 1 Hasil pengujian daya mesin diesel berbahan bakar solar-jatropa-butanol.....	7
Gambar 2. 2 (a) Grafik Kadar CO dari berbagai macam campuran bahan bakar , (b) Grafik Emisi HC pada berbagai campuran bahan bakar	11
Gambar 2. 3 Grafik hasil pengukuran konsentrasi gas buang Karbon dioksida (CO_2)	12
Gambar 2. 4 Grafik hasil pengukuran konsentrasi Karbon Monoksida (CO).....	13
Gambar 2. 5 Grafik hasil pengukuran konsentrasi Sulfur dioksida (SO_2)	13
Gambar 2.6 Klasifikasi Motor Bakar	16
Gambar 2.7 Klasifikasi mesin pembakaran dalam.....	17
Gambar 2. 8 Cara kerja motor bensin 2 langkah.....	19
Gambar 2. 9 Cara kerja motor bensin 4 langkah.....	20
Gambar 2. 10 Diagram P-V Dan T-S Pada Siklus Diesel Ideal	21
Gambar 2. 11(a) Grafik <i>equivalence ratio</i> (b) Grafik <i>airfuel ratio</i>	32
Gambar 3. 1 Gambar diagram alir.....	48
Gambar 3. 2 Skema penelitian dengan bahan bakar Biodiesel	49
Gambar 4. 1. Grafik daya mesin pada pembebanan 1 kW	61
Gambar 4. 2. Grafik daya mesin pada pembebanan 4 kW	61
Gambar 4. 3. Grafik torsi pada pembebanan 1 kW	63
Gambar 4. 4. Grafik torsi pada pembebanan 4 kW	63
Gambar 4. 5. Grafik SFC pada pembebanan 1kW	65
Gambar 4. 6. Grafik SFC pada pembebanan 4kW	65
Gambar 4. 7. Grafik efisiensi termal pada pembebanan 1 kW	67
Gambar 4. 8. Grafik efisiensi termal pada pembebanan 4 kW	67
Gambar 4. 9. Grafik emisi CO pada pembebanan 1kW.....	69
Gambar 4. 10. Grafik emisi CO pada pembebanan 4kW.....	69
Gambar 4. 11. Grafik emisi HC pada pembebanan 1kW.....	71
Gambar 4. 12. Grafik emisi HC pada pembenanan 4kW.....	71

Gambar 4. 13. Grafik Smoke Opacity pada pembebanan 1kW	73
Gambar 4. 14. Grafik Smoke Opacity pada pembebanan 4kW	73
Gambar 4. 15. Grafik Temp. Cylinder Head pada pembebanan 1kW	75
Gambar 4. 16. Grafik Temp. Cylinder Head pada pembebanan 4kW	75
Gambar 4. 17. Grafik Temp. Cylinder Block pada pembebanan 1kW	76
Gambar 4. 18. Grafik Temp. Cylinder Block pada pembebanan 4kW	76
Gambar 4. 19. Grafik Temp. Exhaust Pipe pada pembebanan 1kW	78
Gambar 4. 20. Grafik Temp. Exhaust Pipe pada pembebanan 4kW	78
Gambar 4. 21. Grafik kebisingan pada pembebanan 1kW.....	80
Gambar 4. 22. Grafik kebisingan pada pembebanan 4kW.....	80
Gambar 4. 23. Grafik Intensitas getaran pada pembebanan 1kW	81
Gambar 4. 24. Grafik intensitas getaran pada pembebanan 4kW	81
Gambar 4. 25. Grafik intensitas cahaya pada pembebanan 1kW.....	83
Gambar 4. 26. Grafik intensitas cahaya pada pembebanan 4kW.....	83

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Daya yang dihasilkan bahan bakar	9
Tabel 2. 2 Konsumsi Bahan Bakar (SFC)	9
Tabel 2. 3 Data rekapitulasi pengukuran komposisi gas buang	10
Tabel 2. 4 Data karakteristik dari setiap jenis bahan bakar biodiesel	22
Tabel 2. 5 Karakteristik fisko-kimia dari n-butanol	28
Tabel 2. 6 Spesifikasi Mesin Diesel	37
Tabel 2. 7 Spesifikasi alternator	37
Tabel 2. 8. Spesifikasi Multimeter	38
Tabel 2. 9. Spesifikasi <i>Tachometer</i>	38
Tabel 2. 10. Spesifikasi Thermogun	39
Tabel 2. 11. Spesifikasi alat ukur sound level meter	40
Tabel 2. 12. Spesifikasi Alat ukur <i>Lightmeter</i>	40
Tabel 2. 13. Spesifikasi alat ukur Vibrationmeter	41
Tabel 2. 14. Spesifikasi alat ukur buret	42
Tabel 2. 15. Spesifikasi alat ukur <i>Stopwatch</i>	42
Tabel 2. 16. Spesifikasi alat ukur <i>Hygrometer-Thermometer-Humidity Meter</i>	43
Tabel 2. 17. Karakteristik Bahan Bakar B40	44
Tabel 2. 18. Karakteristik bahan bakar B100	45
Tabel 3. 1 Parameter yang digunakan pada kondisi penelitian	50
Tabel 3. 2 Data ketidakpastian alat ukur	53
Tabel 4. 1. Ringkasan Perbandingan Kinerja dan Emisi pada Titik Operasi Optimal (Beban 4 kW, Buka Blower 60%)	57
Tabel 4. 2 Data airfuel ratio pada setiap power blower	58

DAFTAR NOTASI

τ	= Torsi (Nm)
$P(hp)$	= Daya mesin (Hp)
RPM	= Putaran mesin per menit
$\dot{m}$	= Laju aliran massa bahan bakar (kg/s)
Δm	= Perubahan massa bahan bakar (kg)
Δt	= Interval waktu pengukuran (s)
η	= Efisiensi termal
W	= Kerja yang dihasilkan (kJ)
Q_{input}	= Energi panas yang masuk (kJ)
SFC	= konsumsi bahan bakar spesifik (kg/kW.jam)
P_{eff}	= Brake Power (kW)
N	= Kecepatan putar mesin (RPM)
T	= Torsi (Nm)
η_f	= Brake thermal efficiency (%)
$\dot{m}_f$	= Laju aliran massa bahan bakar (kg/s)
QHV	= Nilai kalor bahan bakar (kJ/kg)
r	= Rasio kompresi
Vr	= Volume ruang bakar (cc)
Vs	= Volume silinder (cc)