

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH
PENAMBAHAN N-BUTANOL DAN
BUTYLATED HYDROXYTOLUENE PADA
MESIN DIESEL BERBAHAN BAKAR
CRUDE PALM OIL TERHADAP VARIASI
PUTARAN MESIN**



Oleh :

NAMA : SITI CHALIMAH

NPM : 21036010046

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK & SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
JAWA TIMUR
2025**

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENAMBAHAN N-BUTANOL DAN
BUTYLATED HYDROXYTOLUENE PADA MESIN DIESEL BERBAHAN
BAKAR CRUDE PALM OIL TERHADAP VARIASI PUTARAN MESIN**

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:

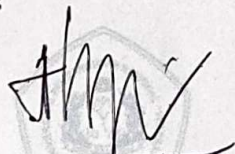
Nama : Siti Chalimah
NPM : 21036010046
Konsentrasi : Konversi Energi

**Telah Diuji Dalam Ujian Komprehensif Skripsi
Hari/Tanggal: Kamis, 24 Juli 2025**

Telah Disahkan Oleh:

Tim Penguji :

1.



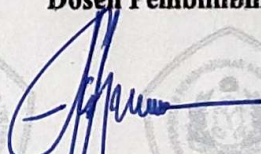
Ir. Sutiyono, M.T.
NIP. 19600713 198703 1 001

2.



Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.T.
NIP. 19930120 202406 1 001

Dosen Pembimbing



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

Koordinator Program Studi Teknik Mesin



Dr. Ir. Luluk Edahwati, M.T
NIP. 19640611 199203 2001

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



Prof. Dr. Dra. Jariyah, 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 : Siti Chalimah

NPM 21036010046

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 V, TA. 2024/2025.

Dengan judul: STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENAMBAHAN N-BUTANOL
DAN *BUTYLATED HYDROXYTOLUENE* PADA MESIN DIESEL
BERBAHAN BAKAR *CRUDE PALM OIL* TERHADAP VARIASI PUTARAN
MESIN

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi

1. Ir. Sutyono, M. T.

2. Ahmad Khairul Faizin, S. T., M. T.

Surabaya, 29 September 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 dibawah ini :

Nama : Siti Chalimah
NPM : 21036010046
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/Tesis/Desertasi ini, 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, 13 Oktober 2025

Yang Membuat pernyataan



Siti Chalimah
21036010046

...

KATA PENGANTAR

Segala puji kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia yang diberikan, sehingga skripsi atau tugas akhir yang berjudul "Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan N-Butanol Dan *Butylated Hydroxytoluene* Pada Mesin Diesel Berbahan Bakar *Crude Palm Oil* Terhadap Variasi Putaran Mesin" ini dapat terselesaikan dengan baik. Dalam penyusunan proposal skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Adapun pihak-pihak tersebut antara lain:

1. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains UPN "Veteran" Jawa Timur.
2. Ibu Dr. Ir. Luluk Edahwati, M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin UPN "Veteran" Jawa Timur.
3. Bapak Wiliandi Saputro, S.T., M. Eng., sebagai Dosen Pembimbing yang selalu memberi ilmu, arahan, saran, nasihat, dan semangat kepada penulis.
4. Bapak Ir. Sutiyono, M. T. Dan Bapak Ahmad Khairul Faizin, S. T., M. Sc. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan.
5. Orang tua yang sangat penulis cintai, yang selalu mendukung, memfasilitasi, mendoakan, dan memberi kasih sayang kepada penulis.
6. Teman – teman Teknik Mesin UPN "Veteran" Jawa Timur.

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

Surabaya, 02 Januari 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR BEBAS REVISI	ii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
ABSTRAK	xi
<i>ABSTRACT</i>	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Performa Mesin Diesel	10
2.2.1 Daya	10
2.2.2 Torsi	10
2.2.3 Efisiensi Termal	11
2.2.4 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik	12
2.3 Emisi Gas Buang	13
2.3.1 Karbon Monoksida (CO)	13
2.3.2 Karbon Dioksida (CO ₂)	14
2.3.3 Hidrokarbon (HC).....	14
2.3.4 Nitrogen Oksida (NO _x)	14
2.4 Campuran Biodiesel Dengan Aditif.....	15
2.4.1 Viskositas	15
2.4.2 Pembentukan Deposit	16
2.4.3 Pembentukan Emisi	16
2.5 Parameter Tambahan	16
2.5.1 Getaran Mesin.....	16
2.6 Dasar Teori	17
2.6.1 Mesin Diesel	17
2.6.2 Prinsip Kerja Mesin Diesel	18

2.6.3 Siklus Mesin Diesel 4 Langkah	18
2.6.4 Diagram Siklus Mesin Diesel	20
2.6.5 Parameter Performa Mesin Diesel	21
2.6.6 Bahan Bakar Diesel	23
2.6.6.1 Biodiesel B40	23
2.6.6.2 <i>Crude Palm Oil</i>	24
2.6.6.3 Karakteristik Bahan Bakar Diesel	25
2.6.7 Aditif Bahan Bakar	26
2.6.7.1 <i>Butylated hydroxytoluene</i> (BHT)	26
2.6.7.2 n-Butanol	28
2.6.8 Emisi Gas Buang	29
2.6.8.1 Karbon Monoksida (CO)	29
2.6.8.2 Karbon Dioksida (CO ₂)	30
2.6.8.3 Hidrokarbon (HC)	30
2.7 Ketidakpastian Pengukuran	31
BAB III METODE PENELITIAN	33
3.1 Diagram Alir	33
3.2 Lokasi Penelitian	34
3.3 Variabel Penelitian	34
3.3.1 Variabel Bebas	34
3.3.2 Variabel Terikat	34
3.3.3 Variabel Kontrol	35
3.4 Skema Penelitian	35
3.5 Alat	36
3.6 Bahan	43
3.7 Kondisi Eksperimen	46
3.8 Proses Pengumpulan Data	47
3.8.1 Persiapan dan Set Up Alat	47
3.8.2 Testing dan Kalibrasi Pra Operasi	48
3.8.3 Pengambilan Data	49
3.8.3.1 Performa Mesin	50
3.8.3.2 Temperatur Komponen	50
3.8.3.3 Emisi Gas Buang	51
3.9 Pengolahan Data dan Ketidakpastian Pengukuran	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	55
4.1 Performa Mesin	55
4.1.1 Daya Mesin (<i>Brake Power</i>)	55
4.1.2 Torsi (<i>Brake Torque</i>)	57
4.1.3 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (<i>Brake Spesific Fuel Consumption</i>) ..	59
4.1.4 Efisiensi Termal (<i>Brake Thermal Efficiency</i>)	61

4.2 Temperatur Komponen	62
4.2.1 Temperatur <i>Cylinder block</i>	62
4.2.2 Temperatur <i>Cylinder head</i>	64
4.2.3 Temperatur <i>Exhaust pipe</i>	66
4.2.4 Temperatur <i>Intake pipe</i>	67
4.2.5 Temperatur <i>Coolant</i>	68
4.3 Karakteristik Mesin	70
4.3.1 Getaran Mesin.....	70
4.3.2 Kebisingan	72
4.3.3 Intensitas Cahaya	73
4.4 Emisi Gas Buang	75
4.4.1 Karbon Monoksida (CO)	75
4.4.2 Karbon Dioksida (CO ₂)	77
4.4.3 Hidrokarbon (HC).....	78
4.4.4 Opasitas Asap.....	80
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	82
5.1 Kesimpulan.....	82
5.2 Saran	83
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN.....	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Efisiensi Termal Terhadap Variasi Pembebanan	8
Gambar 2. 2 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Terhadap Variasi Pembebanan.....	8
Gambar 2. 3 Emisi CO Terhadap Variasi Pembebanan.....	8
Gambar 2. 4 Emisi NO _x pada 1500 RPM dan 3000 RPM.....	9
Gambar 2. 5 Emisi CO pada 1500 RPM dan 3000 RPM.....	10
Gambar 2. 6 Siklus Mesin Diesel 4 Langkah.....	20
Gambar 2. 7 Diagram P-V dan T-s Mesin Diesel.....	21
Gambar 2. 8 Senyawa <i>Butylated hydroxytoluene</i>	27
Gambar 2. 9 Senyawa n-Butanol	28
Gambar 2. 10 Grafik pengaruh antara rasio ekivalen udara-bahan bakar.....	31
Gambar 3. 1 Diagram Alir.....	33
Gambar 3. 2 Skema Penelitian dan Pengujian	36
Gambar 4. 1 Grafik hubungan daya mesin terhadap putaran mesin	56
Gambar 4. 2 Grafik hubungan torsi terhadap putaran mesin	58
Gambar 4. 3 Grafik hubungan konsumsi bahan bakar spesifik terhadap putaran mesin	59
Gambar 4. 4 Grafik hubungan efisiensi termal terhadap putaran mesin.....	61
Gambar 4. 5 Grafik hubungan temperatur <i>cylinder block</i> terhadap putaran mesin	63
Gambar 4. 6 Grafik hubungan temperatur <i>cylinder head</i> terhadap putaran mesin	65
Gambar 4. 7 Grafik hubungan temperatur <i>exhaust pipe</i> terhadap putaran mesin.	66
Gambar 4. 8 Grafik hubungan temperatur <i>intake pipe</i> terhadap putaran mesin ...	68
Gambar 4. 9 Grafik hubungan temperatur <i>coolant</i> terhadap putaran mesin	69
Gambar 4. 10 Grafik hubungan getaran mesin terhadap putaran mesin	71
Gambar 4. 11 Grafik hubungan kebisingan mesin terhadap putaran mesin.....	73
Gambar 4. 12 Grafik hubungan intensitas cahaya terhadap putaran mesin	74
Gambar 4. 13 Grafik hubungan karbon monoksida (CO) terhadap putaran mesin	76
Gambar 4. 14 Grafik hubungan karbon dioksida (CO ₂) terhadap putaran mesin .	78
Gambar 4. 15 Grafik hubungan hidrokarbon (HC) terhadap putaran mesin.....	79
Gambar 4. 16 Grafik hubungan opasitas asap terhadap putaran mesin	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik Bahan Bakar CPO	26
Tabel 2. 2 Karakteristik n-Butanol	29
Tabel 3. 1 Spesifikasi mesin diesel	36
Tabel 3. 2 Spesifikasi alternator	37
Tabel 3. 3 Spesifikasi AC clamp meter	38
Tabel 3. 4 Spesifikasi tachometer	39
Tabel 3. 5 Spesifikasi thermogun	39
Tabel 3. 6 Spesifikasi stopwatch	40
Tabel 3. 7 Spesifikasi sound level meter	40
Tabel 3. 8 Spesifikasi smoke opacity meter	41
Tabel 3. 9 Spesifikasi exhaust gas analyzer	41
Tabel 3. 10 Spesifikasi lightmeter	42
Tabel 3. 11 Spesifikasi vibrationmeter	42
Tabel 3. 12 Karakteristik crude palm oil	43
Tabel 3. 13 Karakteristik B40	44
Tabel 3. 14 Karakteristik n-Butanol	45
Tabel 3. 15 Karakteristik BHT (<i>Butylated hydroxytoluene</i>)	45
Tabel 3. 16 Karakteristik Meditran SX BIO SAE 15W-40	46
Tabel 3. 17 Karakteristik <i>coolant</i>	46
Tabel 3. 18 Kondisi Eksperimen	47
Tabel 3. 19 Hasil Pengamatan	51
Tabel 3. 20 Data Pengukuran Mesin	52
Tabel 3. 21 Data Pengukuran Suhu Komponen	52
Tabel 3. 22 Data Karakteristik Mesin	52
Tabel 3. 23 Data Emisi Gas Buang	53
Tabel 3. 24 Ketidakpastian alat	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel data mentah	91
Lampiran 2 Tabel data performa mesin.....	92
Lampiran 3 Tabel data temperatur	93
Lampiran 4 Tabel data karakteristik mesin	94
Lampiran 5 Tabel data emisi gas buang dan opasitas asap	95
Lampiran 6 Tabel data ketidakpastian <i>tachometer</i>	96
Lampiran 7 Tabel ketidakpastian AC Clamp Meter arus	96
Lampiran 8 Tabel ketidakpastian AC Clamp Meter tegangan	96
Lampiran 9 Tabel ketidakpastian stopwatch	97
Lampiran 10 Tabel ketidakpastian <i>thermogan</i>	97
Lampiran 11 Tabel ketidakpastian <i>vibration meter</i>	98
Lampiran 12 Tabel ketidakpastian <i>sound level meter</i>	98
Lampiran 13 Tabel ketidakpastian luxmeter	98
Lampiran 14 Tabel ketidakpastian CO.....	99
Lampiran 15 Tabel ketidakpastian CO ₂	99
Lampiran 16 Tabel ketidakpastian HC.....	99
Lampiran 17 Tabel ketidakpastian opasitas asap	100
Lampiran 18 Proses pengambilan data temperatur	101
Lampiran 19 Proses pengambilan data putaran mesin.....	101

ABSTRAK

Penelitian ini mengevaluasi pengaruh penambahan aditif n-Butanol dan *Butylated Hydroxytoluene* (BHT) terhadap performa dan emisi mesin diesel yang menggunakan bahan bakar Crude Palm Oil (CPO) dan campuran biodiesel B40. Penggunaan CPO sebagai bahan bakar alternatif dinilai menjanjikan karena bersifat terbarukan, namun memiliki tantangan berupa viskositas tinggi dan tingkat emisi yang belum optimal. Pengujian dilakukan secara eksperimental menggunakan mesin diesel satu silinder tipe Kubota RD 65 DI-NB yang terhubung dengan alternator Denyo FA-5 pada beban tetap 4000 Watt. Variasi bahan bakar meliputi CPO, CPO+n-Butanol, CPO+BHT, B40, B40+n-Butanol, dan B40+BHT. Parameter diuji pada lima tingkat putaran mesin (1250–2250 RPM), dengan pengamatan meliputi daya mesin, torsi, konsumsi bahan bakar spesifik (BSFC), efisiensi termal, temperatur komponen mesin (*cylinder block*, *cylinder head*, *exhaust pipe*, *intake pipe*, *coolant tank*), serta karakteristik getaran, kebisingan, intensitas cahaya, dan emisi gas buang (CO, CO₂, HC, dan opasitas asap). Hasil menunjukkan bahwa campuran B40+n-Butanol memberikan performa terbaik, dengan rata-rata daya 2,11 kW, torsi 11,30 Nm, dan efisiensi termal 24%, serta emisi CO, HC, dan opasitas asap paling rendah. Emisi CO₂ yang paling tinggi pada campuran ini juga menandakan proses pembakaran paling sempurna. Sebaliknya, CPO mencatat performa paling rendah serta emisi polutan tertinggi. Penambahan n-Butanol juga berdampak pada kenaikan temperatur komponen mesin akibat pembakaran yang lebih intensif. Secara keseluruhan, campuran B40+n-Butanol terbukti menjadi opsi bahan bakar yang lebih efisien dan ramah lingkungan, dengan peningkatan signifikan pada performa mesin dan pengurangan emisi, sehingga potensial sebagai bahan bakar alternatif yang berkelanjutan.

Kata Kunci: Mesin Diesel, Crude Palm Oil, n-Butanol, BHT, Performa Mesin

ABSTRACT

The study evaluates the impact of adding n-Butanol and Butylated Hydroxytoluene (BHT) additives on the performance and emissions of a diesel engine fueled with Crude Palm Oil (CPO) and a B40 biodiesel blend. CPO is considered a promising renewable alternative fuel; however, its high viscosity and suboptimal emissions remain key challenges. The experiment was conducted using a single-cylinder diesel engine (Kubota RD 65 DI-NB) connected to a Denyo FA-5 alternator under a constant load of 4000 Watts. The fuel variations tested included preheated CPO (100°C), CPO with n-Butanol, CPO with BHT, B40, B40 with n-Butanol, and B40 with BHT. The tests were carried out across five engine speeds (1250–2250 RPM). Parameters observed included engine power, torque, brake specific fuel consumption (BSFC), thermal efficiency, temperatures of engine components (cylinder block, cylinder head, exhaust pipe, intake pipe, and coolant tank), as well as engine characteristics such as vibration, noise, light intensity, and exhaust emissions (CO, CO₂, HC, and smoke opacity). The results showed that the B40 + n-Butanol blend delivered the best performance, with an average power output of 2.11 kW, torque of 11.30 Nm, and thermal efficiency of 24%. It also produced the lowest levels of CO, HC, and smoke opacity emissions, while the highest CO₂ emissions from this blend indicated the most complete combustion. In contrast, pure CPO exhibited the lowest engine performance and the highest pollutant emissions. The addition of n-Butanol was also found to increase the temperature of engine components due to more intense combustion. In conclusion, the B40 + n-Butanol blend stands out as a more efficient and environmentally friendly fuel option, significantly improving engine performance and reducing emissions, thus demonstrating strong potential as a sustainable alternative to fossil diesel.

Keywords: Diesel Engine, Crude Palm Oil, n-Butanol, BHT, Engine Performance.