

SKRIPSI

**KARAKTERISTIK *PHYSICAL CHEMICAL*
DAN LAJU PERTUMBUHAN DEPOSIT PADA
MESIN DIESEL BERBAHAN BAKAR
CRUDE PALM OIL (CPO) DAN B35
DALAM JANGKA PANJANG**



Oleh :

Nur Fadilah Rizky Supramono

20036010016

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

2026

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

"KARAKTERISTIK *PHYSICAL CHEMICAL* DAN LAJU PERTUMBUHAN DEPOSIT PADA MESIN DIESEL BERBAHAN BAKAR *CRUDE PALM OIL(CPO)* DAN B35 DALAM JANGKA PANJANG"

Skrripsi ini diajukan untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan Studi Strata Satu dan Memperoleh Gelar Sarjana di Program Studi Teknik Meisn, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Oleh :

Nama : Nur Fadilah Rizky Supramono
NPM : 20036010016
Konsentrasi : Konversi Energi

Telah diuji dalam Ujian Komprehensif Skripsi
Pada Hari Rabu 4, Februari 2026
Telah disahkan Oleh :

Dosen Penguji 1

Dosen Pembimbing

Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc.
NIP. 199301202024061001

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

Dosen Penguji 2

**Koordinator Program Studi
Teknik Mesin**

Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc.
NIP. 199404282022032 011

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

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

Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nur Fadilah Rizky Supramono
NPM : 20036010016
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : 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 ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku

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

Surabaya, 23 Februari 2026

Yang membuat pernyataan



Nur Fadilah Rizky Supramono

NPM. 20036010016



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

Jalan Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya 60294 Telp. 031-8782179
Email: teknikmesin@upnjatim.ac.id , Laman : http://tekmesin.upnjatim.ac.id/

KETERANGAN BEBAS REVISI

Mahasiswa di bawah ini:

Nama : Nur Fadilah Rizky Supramono
NPM : 20036010016
Program Studi : Teknik Mesin
Tanggal Sidang Sempro/Semhas : 4 Februari

Telah mengerjakan revisi / tidak ada revisi *) ~~PRA RENCANA (DESAIN) / SEMINAR PROPOSAL /~~
SKRIPSI /TUGAS AKHIR Ujian Lisan Periode IV, TA .2025/2026.

Dengan judul : KARAKTERISTIK PHYSICAL CHEMICAL DAN LAJU PERTUMBUHAN DEPOSIT
PADA MESIN DIESEL BERBAHAN BAKAR CRUDE PALM OIL (CPO) DAN B35
DALAM JANGKA PANJANG

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi:

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

2. Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc ()

Surabaya, 13 Februari 2026

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Wiliandi Saputro, S.T., M.Eng

NIP. 199407262024061002

KATA PENGANTAR

Puji syukur panjatkan kepada Allah SWT atas berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “Karakteristik *Physical Chemical* dan Laju Pertumbuhan Deposit pada Mesin Diesel Berbahan Bakar *Crude Palm Oil* (CPO) dan B35 Dalam Jangka Panjang”. Skripsi ini dibuat untuk memenuhi syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Selama proses penulisan dan penyelesaian skripsi ini, penulis banyak memperoleh bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa bantuan dan dukungan yang didapat tidak mungkin skripsi ini dapat terselesaikan. Untuk itu penulis dengan tulus hati ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. **Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.** selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
2. **Ibu Dr. Ir. Luluk Edahwati, M.T.** selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Sains Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. **Bapak Wiliandi Saputro, S.T., M.Eng.** selaku Dosen Pembimbing penulis atas waktu, saran, materiil dan motivasinya dalam penyelesaian skripsi ini.
4. **Bapak Erwan Adi Saputro, S.T., M.T., Ph.D.** yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.
5. **Bapak Ahmad Khairul Faizin, S.T., M.Sc.** selaku Dosen Penguji I penulis atas waktu, saran dalam penyelesaian skripsi ini.
6. **Ibu Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc.** selaku Dosen Penguji II penulis atas waktu, saran dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Seluruh **Dosen Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur** yang telah melancarkan proses administrasi skripsi ini.
8. Saudara **Fawwaz, Ikhsan** yang telah menjadi teman kelompok penelitian dan tempat bertukar pikiran selama penyelesaian skripsi ini.
9. **Teman-teman Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur** yang namanya tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah memberikan motivasi dan bantuannya selama penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata, semoga amal dan jasa yang telah diberikan dapat bermanfaat dan mendapatkan imbalan dari ALLAH SWT. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan tugas akhir ini. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk penyempurnaan laporan tugas akhir ini. Dan penulis meminta maaf apabila terdapat kalimat yang kurang berkenan pada laporan tugas akhir ini. Penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan seluruh pembaca untuk kemajuan yang lebih baik. Demikian, penulis mengucapkan terima kasih.

Penulis

(Nur Fadilah Rizky Supramono)

ABSTRAK

Dalam pengoperasian mesin dalam jangka panjang, perbedaan karakteristik bahan bakar tersebut dapat menyebabkan pembentukan deposit pada mesin diesel. Akumulasi deposit yang tidak terkendali berpotensi mempengaruhi kinerja mesin. Penelitian ini menyelidiki kinerja, emisi dan laju perkembangan deposit mesin diesel Kubota RD 65 DI-NB yang menggunakan *Crude Palm Oil* (CPO) yang dipanaskan terlebih dahulu dan dibandingkan dengan bahan bakar diesel konvensional. Pengujian meliputi tiga fase: (i)- pengujian unjuk kerja mesin diesel dilakukan setiap 4 jam sekali selama 300 jam operasi, (ii)- pengujian emisi gas buang dan pengecekan laju pertumbuhan deposit, dilakukan setiap 100 jam sekali selama 300 jam operasi, serta (iii)- analisis gugus fungsi deposit pada setiap komponen mesin diesel, dilakukan setelah 300 jam uji ketahanan mesin. Hasil uji performa menunjukkan bahwa B35 memberikan kinerja yang lebih baik, dengan peningkatan *brake power*, *brake torque*, dan *brake thermal efficiency* masing-masing sebesar 11%, 9,83%, dan 27,54% dibandingkan CPO, serta konsumsi bahan bakar spesifik yang lebih rendah. Perbedaan ini dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia B35 yang lebih mendukung proses pembakaran. Pada aspek emisi, CPO menghasilkan CO, SO₂, H₂, dan PM yang lebih tinggi, sedangkan B35 memiliki emisi lebih rendah pada parameter tersebut tetapi menunjukkan peningkatan emisi NO_x sebesar 51% akibat suhu pembakaran yang lebih tinggi. Analisis deposit menunjukkan bahwa CPO membentuk residu lebih besar pada injektor, *cylinder head*, *piston crown*, dan katup, karena viskositas, kandungan sulfur, dan impuritas yang tinggi yang menyebabkan pembakaran tidak sempurna. Secara keseluruhan penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan *Crude Palm Oil* (CPO) meningkatkan laju pertumbuhan deposit pada komponen mesin, dan berdampak menurunkan kualitas pembakaran, meningkatkan BSFC, serta mempengaruhi emisi gas buang. Oleh karena itu, pemanfaatan *Crude Palm Oil* memerlukan optimalisasi dalam pengendalian pertumbuhan deposit, sehingga dampaknya terhadap kinerja mesin dan emisi dapat diminimalkan dalam pengoperasian jangka panjang

Kata Kunci: *Crude Palm Oil*, B35, Mesin Diesel, Deposit

ABSTRAC

During long-term engine operation, differences in fuel characteristics can lead to deposit formation in diesel engines. Uncontrolled deposit accumulation has the potential to adversely affect engine performance. This study investigates the performance, emissions, and deposit growth rate of a Kubota RD 65 DI-NB diesel engine fueled with preheated Crude Palm Oil (CPO) and compares the results with those obtained using conventional diesel fuel. The experimental program consisted of three phases: (i) diesel engine performance testing conducted every 4 hours over 300 hours of operation; (ii) exhaust emission measurements and evaluation of deposit growth rate performed every 100 hours during the 300-hour operation period; and (iii) functional group analysis of deposits on each diesel engine component carried out after 300 hours of endurance testing. The performance test results indicate that B35 provides superior performance, with increases in brake power, brake torque, and brake thermal efficiency of 11%, 9.83%, and 27.54%, respectively, compared to CPO, along with lower brake specific fuel consumption. These differences are attributed to the physical and chemical properties of B35, which are more favorable for the combustion process. In terms of emissions, CPO produces higher levels of CO, SO₂, H₂, and particulate matter (PM), whereas B35 exhibits lower emissions of these parameters but shows a 51% increase in NO_x emissions due to higher combustion temperatures. Deposit analysis reveals that CPO forms greater residues on the injector, cylinder head, piston crown, and valves, primarily due to its higher viscosity, sulfur content, and impurities, which lead to incomplete combustion. Overall, the results demonstrate that the use of Crude Palm Oil (CPO) increases the deposit growth rate on engine components, degrades combustion quality, increases brake specific fuel consumption, and affects exhaust emissions. Therefore, the application of Crude Palm Oil requires optimization of deposit growth control strategies to minimize its impact on engine performance and emissions during long-term operation.

Keywords: *Crude Palm Oil, B35, Diesel Engine, Deposits*

DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iii
LEMBAR BEBAS REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRAC.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	15
1.1 Latar Belakang	15
1.2 Rumusan Masalah	16
1.3 Tujuan	17
1.4 Batasan Masalah	17
1.5 Manfaat	17
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	18
2.1 Performa Mesin Diesel.....	18
2.2 Emisi Mesin Diesel	19
2.3 Deposit Mesin Diesel	21
2.4 Landasan Teori.....	22
2.4.1 Mesin Diesel	22
2.4.2 Cara Kerja Mesin Diesel	23
2.4.3 Proses Pembakaran Pada Mesin Diesel.....	24
2.4.4 Bahan Bakar Diesel.....	26
2.4.5 <i>Preheating Crude Palm Oil (CPO)</i>	30
2.4.6 Parameter Unjuk Kerja Mesin Diesel	32

2.4.7	Deposit Pada Mesin Diesel	34
2.4.8	Pertumbuhan Deposit Pada Mesin Diesel	34
2.4.9	Analisis FTIR	37
2.5	Dasar Error Penelitian	39
2.6	Hipotesis	40
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		41
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	41
3.2	Diagram Alir	41
3.3	Variabel Penelitian	43
3.3.1	Variabel Bebas (<i>Independent Variable</i>)	43
3.3.2	Variabel Terikat (<i>Dependent Variable</i>)	43
3.3.3	Variabel Terkontrol (<i>Control Variable</i>)	43
3.4	Alat dan Bahan	43
3.5	Skematik Diagram Pengujian	44
3.6	Konsisi Eksperimental	45
3.7	Proses Pengumpulan Data	46
3.8	Prosedur Pengambilan Data	47
3.8.1	Pengambilan Data Tahap 1	48
3.8.2	Pengambilan Data Tahap 1	48
3.8.3	Pengambilan Data Tahap 3	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		51
4.1	Performa Mesin	51
4.1.1	<i>Brake Power</i>	51
4.1.2	Torsi	53
4.1.3	BSFC	55
4.1.4	BTE	56
4.2	<i>Component Temperature</i>	58
4.2.1	Temperatur <i>Cylinder Head</i>	58
4.2.2	Temperatur <i>Cylinder Block</i>	60
4.2.3	Temperatur <i>Exhaust Pipe</i>	62
4.2.4	Temperatur <i>Intake Valve</i>	64
4.2.5	Temperatur <i>Coolant Tank</i>	65
4.3	Emisi Gas Buang	67
4.3.1	Karbon Monoksida	67

4.3.2	NO	69
4.3.3	SO ₂	71
4.3.4	H ₂	72
4.3.5	PM.....	74
4.4	Analisis Visual Deposit.....	76
4.4.1	<i>Injector Hole</i>	76
4.4.2	<i>Cylinder Head</i>	79
4.4.3	<i>Crown Piston</i>	81
4.4.4	<i>Intake & Exhaust Valve</i>	84
4.5	Laju Pertumbuhan Massa.....	86
4.5.1	Injektor	86
4.5.2	Piston.....	88
4.5.3	<i>Exhaust</i>	89
4.5.4	<i>Intake</i>	91
4.6	Analisis Gugus Fungsi FTIR.....	93
BAB V KESIMPULAN		97
5.1	Kesimpulan	97
5.2	Saran.....	98
DAFTAR PUSTAKA.....		99
LAMPIRAN		103

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Siklus Empat Langkah Mesin Diesel.....	23
Gambar 2. 2 Berbagai Tahapan Pembakaran Pada Mesin Diesel	25
Gambar 2. 3 Reaksi Transesterifikasi.....	28
Gambar 2. 4 Pengaruh Temperatur Terhadap Viskositas Bahan Bakar Nabati	31
Gambar 2. 5 Pengaruh Temperatur Terhadap Densitas Bahan Bakar Nabati	31
Gambar 2. 6 Proses Akumulasi Deposit Pada Permukaan Dinding	34
Gambar 2. 7 Mekanisme Pembentukan DeposiT Pada Injektor.....	35
Gambar 2. 8 Mekanisme Pembentukan Deposit Pada Piston.....	36
Gambar 2. 9 Interaksi Semprotan Bahan Bakar Dengan Dinding Piston.....	37
Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian	42
Gambar 3. 2 Diagram Skematik Pengujian Bahan Bakar B35.....	44
Gambar 3. 3 Diagram Skematik Pengujian Bahan Bakar <i>Crude Palm Oil</i> (CPO)	45
Gambar 3. 4 Diagram skematik pengambilan data a) penumpukan pada injektor hole b) massa injektor pada komponen c) visual komponen mesin diesel	49
Gambar 4. 1 Grafik Daya	52
Gambar 4. 2 Grafik Torsi	53
Gambar 4. 3 Grafik Specific Fuel Consumption	55
Gambar 4. 4 Grafik Thermal Efficiency.....	57
Gambar 4. 5 Grafik Temperatur Cylinder Head.....	59
Gambar 4. 6 Grafik Temperatur Cylinder Block.....	61
Gambar 4. 7 Grafik Temperatur Exhaust Pipe	63
Gambar 4. 8 Grafik Temperatur Intake Valve.....	64
Gambar 4. 9 Grafik Temperatur Coolant Tank	66
Gambar 4. 10 Grafik Emisi CO	68
Gambar 4. 11 Grafik Emisi NO _x	69
Gambar 4. 12 Grafik Emisi SO ₂	71
Gambar 4. 13 Grafik Emisi H ₂	73
Gambar 4. 14 Gradik Emisi Gas Buang PM	75
Gambar 4. 15 Penutupan Lubang Injektor Sumber: Pribadi	77
Gambar 4. 16 Perkembangan Deposit Pada Lubang Injektor	78
Gambar 4. 17 Perkembangan Deposit Pada Cylinder Head.....	80

Gambar 4. 18 Perkembangan Deposit Pada Crown Piston	82
Gambar 4. 19 Perkembangan Deposit Pada Intake & Exhaust Valve.....	85
Gambar 4. 20 Grafik Pertumbuhan Massa Deposit Pada Ijektor	86
Gambar 4. 21 Hasil Pertumbuhan Massa Deposit Pada Piston	88
Gambar 4. 22 Hasil Pertumbuhan Massa Deposit Pada Exhaust	90
Gambar 4. 23 Hasil Pertumbuhan Massa Deposit Pada Intake	92
Gambar 4. 24 Grafik Fourier Transform Infrared	94

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Bahan Bakar Diesel Indonesia	26
Tabel 2. 2 Karakteristik Bahan Bakar Crude Palm Oil (<i>CPO</i>).....	30
Tabel 2. 3 Spektrum FTIR.....	38
Tabel 3. 1 Kondisi Ekperimental.....	45
Tabel 3. 2 Rentang Pengukuran, Akurasi dan Ketidakpastian Alat Ukur	47
Tabel 3. 3 Alur Pengambilan Data	47