

SKRIPSI

**KARAKTERISTIK *PHYSICAL CHEMICAL* DAN
LAJU DEGRADASI PELUMAS MESIN DIESEL
BERBAHAN BAKAR *CRUDE PALM OIL* DAN
B35 DALAM JANGKA PANJANG**



Oleh :

Muhammad Ikhsan
NPM. 20036010011

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

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**KARAKTERISTIK *PHYSICAL CHEMICAL* DAN LAJU DEGRADASI
PELUMAS MESIN DIESEL BERBAHAN BAKAR *CRUDE PALM OIL* DAN
B35 DALAM JANGKA PANJANG**

Skripsi 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 Ikhsan

NPM : 20036010011

Konsentrasi : Konversi Energi

**Telah Diuji Dalam Ujian Komprehensif Skripsi
Hari/Tanggal: Jum'at, 10 Januari 2025**

Telah Disahkan Oleh:

Tim Penguji :

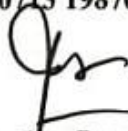
1.



Ir. Sutiyono, M.T

NIP. 19600713 198703 1 001

2.



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

NIP. 19940428 202203 2 011

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

SURAT KETERANGAN REVISI

Mahasiswa di bawah ini:

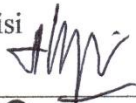
Nama : Muhammad Ikhsan
NPM : 20036010011
Program Studi : ~~Teknik Kimia / Teknik Industri / Teknologi-
Pangan / Teknik Lingkungan / Teknik Sipil /
Teknik Mesin~~

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

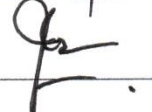
Dengan judul : KARAKTERISTIK *PHYSICAL CHEMICAL* DAN LAJU DEGRADASI
PELUMAS MESIN DIESEL BERBAHAN BAKAR *CRUDE PALM OIL* DAN B35
DALAM JANGKA PANJANG.

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi

1. Ir. Sutiyono, M.T.


()

2. Radissa Dzaky Issarafi, S.T., M.Sc.

()

Surabaya, 20 Januari 2024.

Menyetujui,
Dosen Pembimbing


Wili Anas Jambiro, S.T. M.Eng.

Catatan: *) coret yang tidak perlu

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Ikhsan
NPM : 20036010011
Fakultas/Program Studi : Fakultas Teknik & Sains / Teknik Mesin
Judul Skripsi/Tugas Akhir : Karakteristik *Physical Chemical* dan Laju Degradasi Pelumas Mesin Diesel Berbahan Bakar *Crude Palm Oil* dan B35 dalam Jangka Panjang

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 pelaksanaan 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. Dalam 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, 21 Januari 2024

Yang Menyatakan,



Muhammad Ikhsan

NPM. 20036010011

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia serta hidayah-Nya. AKHIRNYA penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Karakteristik *Physical Chemical* dan Laju Degradasi Pelumas Mesin Diesel Berbahan Bakar *Crude Palm Oil* dan B35 dalam Jangka Panjang”. Shalawat serta salam penulis haturkan, junjungkan dan panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW yang membawa cahaya terang bagi seluruh umat manusia. Tugas Akhir ini disusun agar memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Mesin 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 Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional ”Veteran” Jawa Timur.
3. Bapak **Wiliandi Saputro, S.T., M.Eng.** selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan, motivasi, dan bimbingan yang tidak kurang-kurang dalam pembuatan Tugas Akhir.
4. Bapak **Erwan Adi Saputro, S.T., M.T., Ph.D.** selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam pembuatan laporan.
5. Seluruh Dosen Teknik Mesin FT UPNVJT yang telah memberikan pengetahuan yang luar biasa serta pengalaman dan juga Pelajaran yang berharga.
6. Keluarga tercinta yang selalu mendoakan, membantu, dan memberikan motivasi dalam menempuh pendidikan.

7. **Padhe** dan **Budhe** tercinta selaku wali dari penulis yang selalu memberikan support dalam segala hal.
8. **dr. Irianti Wahyu Widyowati** sebagai adik yang selalu menyemangati penulis agar segera menyelesaikan tugas akhir ini.
9. **Fawwaz, Rizky, Linda, Garda,** dan **Bayu** yang selalu menjadi teman terbaik dalam menempuh perkuliahan di Teknik Mesin.
10. Brotherhood Teknik Mesin yang telah bersama-sama menjalani perkuliahan dengan memberikan warna-warni, suka-duka dalam masa study.
11. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu dalam membantu kelancaran sampai seluasnya Tugas Akhir ini.

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 Tugas Akhir ini.

“A GOOD THESIS IS A COMPLETED THESIS”

Surabaya, November 2024

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
ABSTRAK	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori.....	7
2.2.1 Mesin Diesel	7
2.2.2 Siklus Diesel	7
2.2.3 Bahan Bakar Mesin Diesel.....	9
2.2.4 <i>Heat Treatment</i> CPO.....	10
2.2.5 Unjuk Kerja Mesin Diesel.....	10
2.2.6 Emisi Gas Buang.....	11
2.2.7 Pelumasan Mesin Diesel	12
2.2.8 <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>	18
2.3 Hipotesa.....	19
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Metode Penelitian.....	20
3.2 Lokasi Penelitian.....	20
3.3 Variabel Penelitian	20

3.3.1	Variabel Bebas	20
3.3.2	Variabel Terikat	21
3.3.3	Variabel Kontrol.....	21
3.4	Alat dan Bahan.....	22
3.4.1	Alat Uji.....	24
3.4.2	Alat Ukur.....	25
3.5	Diagram Alir	28
3.6	Prosedur Pengumpulan Data	29
3.6.1	Skematik Diagram Bahan Bakar CPO	29
3.6.2	Skematik Diagram Bahan Bakar B35	30
3.6.3	Pengambilan Data Pelumas.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		32
4.1	Performa Mesin.....	32
4.1.1	<i>Brake Power</i>	32
4.1.2	<i>Brake Torque</i>	33
4.1.3	<i>Brake Specific Fuel Consumption</i>	35
4.1.4	<i>Brake Thermal Efficiency</i>	36
4.2	<i>Component Temperature</i>	38
4.2.1	<i>Cylinder Head Temperature</i>	38
4.2.2	<i>Cylinder Block Temperature</i>	39
4.2.3	<i>Exhaust Pipe Temperature</i>	41
4.2.4	<i>Intake Pipe Temperature</i>	42
4.2.5	<i>Coolant Tank Temperature</i>	43
4.3	Emisi Gas Buang.....	44
4.3.1	Karbon Monoksida.....	44
4.3.2	Nitrogen Oksida	46
4.3.3	Sulfur Dioksida	47
4.3.4	Hidrogen.....	48
4.3.5	<i>Particulate Matter</i>	49
4.4	Degradasi Pelumas	50
4.4.1	Viskositas Kinematik 100 °C	50

4.4.2	<i>Total Base Number</i>	52
4.4.3	Kontaminan Logam.....	53
4.4.4	<i>Fourier Transform Infrared</i>	63
BAB V KESIMPULAN.....		66
5.1	Kesimpulan	66
5.2	Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA		68
LAMPIRAN.....		74

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Karakteristik Bahan Bakar <i>Crude Palm Oil</i>	22
Tabel 3.2 Karakteristik Bahan Bakar B35	23
Tabel 3.3 Karakteristik Pelumas Meditran SX-BIO 15W-40	24
Tabel 3.4 Spesifikasi Mesin Diesel Kubota	24
Tabel 3.5 Spesifikasi Altenator	25
Tabel 3.6 Spesifikasi Multimeter	25
Tabel 3.7 Spesifikasi <i>Tachometer</i>	26
Tabel 3.8 Spesifikasi <i>Thermometer</i>	26
Tabel 3.9 Spesifikasi <i>Stopwatch</i>	27
Tabel 3.10 Pengambilan Data Pelumas.....	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Produksi Minyak Bumi.....	1
Gambar 1.2 Grafik Produksi CPO	2
Gambar 2.1 Grafik P-v T-s.....	8
Gambar 2.2 SAE <i>Grades</i>	13
Gambar 3.1 Diagram Alir	28
Gambar 3.2 Skematik Diagram CPO	29
Gambar 3.3 Skematik Diagram B35	30
Gambar 4.1 Grafik Daya.....	32
Gambar 4.2 Grafik Torsi.....	34
Gambar 4.3 Grafik <i>Specific Fuel Consumption</i>	35
Gambar 4.4 Grafik <i>Thermal Efficiency</i>	37
Gambar 4.5 Grafik Temperatur <i>Cylinder Head</i>	38
Gambar 4.6 Grafik Temperatur <i>Cylinder Block</i>	40
Gambar 4.7 Grafik Temperatur <i>Exhaust Pipe</i>	41
Gambar 4.8 Grafik Temperatur <i>Intake Pipe</i>	42
Gambar 4.9 Grafik Temperatur <i>Coolant Tank</i>	43
Gambar 4.10 Grafik CO.....	45
Gambar 4.11 Grafik NOx.....	46
Gambar 4.12 Grafik SO ₂	47
Gambar 4.13 Grafik H ₂	48
Gambar 4.14 Grafik PM.....	49
Gambar 4.15 Grafik Kinematik Viskositas.....	50
Gambar 4.16 Grafik TBN	52
Gambar 4.17 Grafik Kontaminan Logam <i>Iron (Fe)</i>	54
Gambar 4.18 Grafik Kontaminan Logam <i>Aluminium (Al)</i>	55
Gambar 4.19 Grafik Kontaminan Logam <i>Chromium (Cr)</i>	56
Gambar 4.20 Grafik Kontaminan Logam <i>Copper (Cu)</i>	57
Gambar 4.21 Grafik Kontaminan Logam <i>Nickel (Ni)</i>	58
Gambar 4.22 Grafik Kontaminan Logam <i>Tin (Sn)</i>	59

Gambar 4.23 Grafik Kontaminan Logam <i>Lead</i> (Pb)	60
Gambar 4.24 Grafik Kontaminan <i>Natrium</i> (Na)	61
Gambar 4.25 Grafik Kontaminan <i>Silicon</i> (Si).....	62
Gambar 4.26 Grafik <i>Fourier Transform Infrared</i>	63

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Raw Data Performa Mesin Berbahan Bakar CPO.....	74
Lampiran 2. Tabel Raw Data Performa Mesin Berbahan Bakar B35.....	83
Lampiran 3. Pengolahan Data Performa Mesin Diesel Berbahan bakar CPO.....	92
Lampiran 4. Pengolahan Data Performa Mesin Diesel Berbahan bakar B35.....	102
Lampiran 5. Data Temperatur Komponen Mesin Diesel Berbahan bakar CPO ..	111
Lampiran 6. Data Temperatur Komponen Mesin Diesel Berbahan bakar B35 ..	120
Lampiran 7. Lembar Data Emisi Gas Buang Mesin Diesel.....	129
Lampiran 8. Hasil Uji Lab Pelumas Awal Mesin Diesel.....	130
Lampiran 9. Hasil Uji Lab Pelumas Mesin Berbahan bakar CPO 100 Jam	131
Lampiran 10. Hasil Uji Lab Pelumas Mesin Berbahan bakar CPO 200 Jam	132
Lampiran 11. Hasil Uji Lab Pelumas Mesin Berbahan bakar CPO 300 Jam	133
Lampiran 12. Hasil Uji Lab Pelumas Mesin Berbahan bakar B35 100 Jam.....	134
Lampiran 13. Hasil Uji Lab Pelumas Mesin Berbahan bakar B35 200 Jam.....	135
Lampiran 14. Hasil Uji Lab Pelumas Mesin Berbahan bakar B35 300 Jam.....	136
Lampiran 15. Hasil Uji FTIR Pelumas 100 Jam Mesin Berbahan Bakar CPO ..	137
Lampiran 16. Hasil Uji FTIR Pelumas 200 Jam Mesin Berbahan Bakar CPO ..	138
Lampiran 17. Hasil Uji FTIR Pelumas 300 Jam Mesin Berbahan Bakar CPO ..	139
Lampiran 18. Hasil Uji FTIR Pelumas 100 Jam Mesin Berbahan Bakar B35 ...	140
Lampiran 19. Hasil Uji FTIR Pelumas 200 Jam Mesin Berbahan Bakar B35 ...	141
Lampiran 20. Hasil Uji FTIR Pelumas 300 Jam Mesin Berbahan Bakar B35 ...	142
Lampiran 21. Skema Penelitian Mesin Diesel Berbahan Bakar CPO dan B35 ..	143

ABSTRAK

Jumlah kendaraan yang terus bertambah di Indonesia mendorong peningkatan konsumsi minyak bumi, sehingga kebutuhan akan bahan bakar alternatif semakin mendesak. Salah satu alternatif yang berpotensi adalah biodiesel. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan bahan bakar *Crude Palm Oil* (CPO) *off-grade*, yang tidak dimanfaatkan dalam industri minyak sawit, serta campuran B35 terhadap performa mesin, emisi gas buang, dan tingkat keausan komponen mesin diesel dalam jangka waktu panjang. Mesin diesel yang digunakan dalam penelitian ini adalah Kubota RD 65 DI-NB yang dioperasikan pada kecepatan konstan 2000 RPM dan dihubungkan dengan alternator Denyo FA-5 yang diberi beban sebesar 4000 W. Metode penelitian melibatkan pengolahan CPO melalui proses *heat treatment* pada suhu 100 °C untuk mengurangi viskositas kinematik dan densitasnya, sehingga mempermudah proses injeksi bahan bakar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan CPO menghasilkan *Brake Thermal Efficiency* yang 27,54% lebih rendah dibandingkan B35, serta emisi gas buang CO, SO₂, H₂, dan Particulate Matter yang lebih tinggi. Selain itu, penggunaan CPO secara signifikan meningkatkan laju degradasi dari pelumas mesin seiring dengan durasi operasi, yang diukur melalui viskositas kinematik, TBN, kontaminan logam dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Untuk meningkatkan efisiensi pembakaran, penelitian lebih lanjut mengenai CPO *off-grade* dengan penambahan nanopartikel atau zat aditif sangat diperlukan.

Kata kunci: *crude palm oil*, mesin diesel, performa mesin, emisi gas buang, pelumasan