

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN TIM PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
INTISARI	xiv
ABSTRACT	xv
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	 7
2.1 Performa Mesin Diesel Berbahan Bakar Biodiesel	7
2.2 Laju Degradasi Pelumas	13
2.3 Pembentukan Deposit	27
2.4 Emisi Gas Buang	29
2.5 Keausan	34
 BAB III LANDASAN TEORI	 37
3.1 Fuel	37
3.1.1 B20	37
3.1.2 B100	41
3.2 Proses Pembakaran	45
3.3 Unjuk Kerja Mesin Diesel	49

3.4 Laju Degradasi Minyak Pelumas	55
3.5 Pembentukan Deposit	60
3.6 Emisi Gas Buang Pada Mesin Diesel	66
3.6.1 Pembentukan Karbon Monoksida (CO)	67
3.6.2 Pembentukan Hidrokarbon (HC)	67
3.6.3 Pembentukan Nitrogen Oksida (NO_x)	68
3.6.4 Pembentukan Emisi Asap (<i>Smoke</i>)	69
3.7 Keausan	69
 BAB IV METODE PENELITIAN	 75
4.1 Lokasi Penelitian	75
4.2 Skema Penelitian	75
4.3 Kondisi Eksperimen	82
4.4 Proses Pengumpulan Data	83
4.5 Pengolahan dan Analisis Data	86
4.6 <i>Flow Chart</i>	87
 BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	 88
5.1 Unjuk Kerja	88
5.1.1 Daya	88
5.1.2 Torsi	90
5.1.3 <i>Specific Fuel Consumption</i>	92
5.1.4 Efisiensi Termal	93
5.1.5 <i>Price to Power</i>	94
5.2 Emisi Gas Buang	96
5.2.1 Karbon Monoksida	96
5.2.2 Hidrokarbon	102
5.2.3 Karbon Dioksida	106
5.2.4 Opasitas Asap	109
5.3 Pelumas	112
5.3.1 Viskositas Kinematik 40 °C dan 100 °C	112
5.3.2 <i>Total Base Number</i>	115
5.3.3 Kontaminan Logam	117
5.3.4 <i>Fourier Transform Infrared</i>	121
5.4 Deposit	126

5.4.1	Injektor	126
5.4.2	<i>Intake Valve</i>	131
5.4.3	<i>Exhaust Valve</i>	136
5.4.4	<i>Piston Crown</i>	141
5.4.5	<i>Cylinder Head</i>	144
5.5	Keausan	147
5.5.1	Ring Piston	147
5.5.2	Piston	150
5.5.3	<i>Intake Valve</i>	152
5.5.4	<i>Exhaust Valve</i>	153
BAB VI		156
	KESIMPULAN	156
	SARAN	157
	DAFTAR PUSTAKA	157
	LAMPIRAN	169

Gambar 1.1. Konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM) Nasional	1
Gambar 1.2. Asumsi Produksi Minyak Bumi Indonesia Tahun 2015-2050	2
Gambar 2.1. Grafik Nilai BTE pada Berbagai Pembebanan Mesin	8
Gambar 2.2. Grafik Nilai BSFC pada Berbagai Pembebanan Mesin	8
Gambar 2.3. Viskositas Seluruh Sampel Pelumas pada Suhu 100 °C	24
Gambar 2.4. Oksidasi dan TBN Seluruh Sampel	25
Gambar 2.5. Nilai TBN dan TAN Pelumas saat Menggunakan Solar (D) dan Biodiesel Minyak Rapa (B100)	26
Gambar 3.1. Alat pencampur sekuensial	38
Gambar 3.2. Sistem pencampuran pada lokasi industri	39
Gambar 3.3. Sistem pencampuran biodiesel di SPBU	39
Gambar 3.4. Struktur Generik Molekul FAME	41
Gambar 3.5. Persamaan reaksi transesterifikasi	41
Gambar 3.6. Persamaan reaksi esterifikasi	42
Gambar 3.7. Diagram alir pembuatan biodiesel dari CPO	43
Gambar 3.8. Diagram proses pembakaran mesin diesel	46
Gambar 3.9. Tipikal spectrum <i>used oil</i> FTIR	59
Gambar 3.10. Mekanisme pembentukan dan penghilangan deposit	61
Gambar 3.11. Hubungan antara massa deposit dan emisi HC	64
Gambar 3.12. Lokasi pengkerakan pada mesin diesel	65
Gambar 3.13. Mekanisme pembentukan deposit kering	65
Gambar 3.14. Mekanisme pembentukan deposit basah	66
Gambar 3.15. Skematik menunjukkan dua kemungkinan dari <i>break</i> (1 dan 2) selama <i>shearing</i> dari sebuah permukaan	70
Gambar 3.16. Skematik dari (a) permukaan kasar, keras atau permukaan yang dipasang dengan grit abrasif yang meluncur pada permukaan yang lebih lembut dan (b) <i>free abrasive grits</i> yang terperangkap diantara permukaan pada satu permukaan yang lebih lembut dibanding <i>abrasive grits</i>	71
Gambar 3.17. Skematik proses retak pada permukaan	71
Gambar 3.18. Volume keausan suatu material sebagai fungsi dari jarak gesekan	72

Gambar 4.1. <i>Set Up</i> pengujian	75
Gambar 4.2. Pengeruk deposit	81
Gambar 4.3. <i>Flow chart</i> penelitian	87
Gambar 5.1. Grafik daya mesin terhadap waktu operasi	89
Gambar 5.2. Grafik torsi mesin terhadap waktu operasi	91
Gambar 5.3. Grafik <i>specific fuel consumption</i> mesin terhadap waktu operasi	92
Gambar 5.4. Grafik efisiensi termal mesin terhadap waktu operasi	94
Gambar 5.5. Grafik emisi CO pada kondisi tanpa beban terhadap waktu operasi	97
Gambar 5.6. Grafik emisi CO terhadap SFC pada kondisi tanpa beban	101
Gambar 5.7. Grafik emisi HC terhadap waktu operasi	103
Gambar 5.8. Grafik emisi HC terhadap SFC pada kondisi beban penuh	105
Gambar 5.9. Grafik emisi CO ₂ terhadap waktu operasi	107
Gambar 5.10. Grafik emisi CO ₂ terhadap SFC pada kondisi beban penuh	108
Gambar 5.11. Grafik opasitas asap terhadap waktu operasi	109
Gambar 5.12. Grafik opasitas asap terhadap SFC	110
Gambar 5.13. Grafik viskositas kinematik 40 °C terhadap waktu operasi	112
Gambar 5.14. Grafik viskositas kinematik 100 °C terhadap waktu operasi	113
Gambar 5.15. Grafik <i>total base number</i> terhadap waktu operasi	116
Gambar 5.16. Konsentrasi keausan logam pada pelumas terhadap waktu operasi	119
Gambar 5.17. Hasil FTIR seluruh sampel pelumas setelah 300 jam operasi	122
Gambar 5.18. Grafik suhu <i>cylinder block</i> terhadap waktu operasi	134
Gambar 5.19. Grafik suhu <i>exhaust gas</i> terhadap waktu operasi	138
Gambar 5.20. Grafik suhu <i>cylinder head</i> terhadap waktu operasi	144
Gambar 5.21. Persentase pengurangan keausan ring piston berbasis dimensi terhadap waktu operasi	147
Gambar 5.22. Persentase pengurangan keausan ring piston berbasis massa terhadap waktu operasi	148
Gambar 5.23. Persentase pengurangan keausan piston terhadap waktu operasi	150
Gambar 5.24. Persentase pengurangan keausan <i>intake valve</i> terhadap waktu operasi	152
Gambar 5.25. Persentase pengurangan keausan <i>exhaust valve</i> terhadap waktu operasi	154

Tabel 1.1. Produksi <i>Palm Oil</i> Dunia Tahun 2015	3
Tabel 2.1. Pengujian Performa dengan Bahan Bakar Biodiesel	11
Tabel 2.2. Kondisi Pengujian	33
Tabel 3.1. Standar Spesifikasi B20 yang Digunakan	40
Tabel 3.2. Standar Spesifikasi Biodiesel(B100) yang Digunakan	44
Tabel 3.3. Spesies Molekul Umum yang Diukur dengan FTIR	58
Tabel 3.4. Typical characteristic <i>Pelumas Meditran SX SAE15 W-40 CH-4</i>	60
Tabel 4.1. Spesifikasi <i>pulse meter</i>	78
Tabel 4.2. Spesifikasi sensor <i>proximity</i>	78
Tabel 4.3. Spesifikasi digital <i>clamp</i> meter	78
Tabel 4.4. Spesifikasi thermometer inframerah	79
Tabel 4.5. Spesifikasi timbangan digital	79
Tabel 4.6. Spesifikasi caliper digital	80
Tabel 4.7. Spesifikasi <i>exhaust gas analyzer</i>	80
Tabel 4.8. Spesifikasi <i>opacity meter</i>	81
Tabel 4.9. Spesifikasi <i>opacity meter</i>	82
Tabel 4.10. <i>Experimental Condition</i>	83
Tabel 4.11. Detail waktu pengambilan data eksperimen	83
Tabel 5.1. Hasil identifikasi gugus fungsi kondisi 0 jam	123
Tabel 5.2. Nilai intensitas serapan beberapa gugus senyawa pada pelumas	124
Tabel 5.3. Pertumbuhan deposit berdasarkan waktu operasi pada injektor	126
Tabel 5.4. Persentase pertumbuhan deposit selama 300 jam operasi pada injektor	126
Tabel 5.5. Pengamatan secara visual komponen injektor	130
Tabel 5.6. Pertumbuhan deposit berdasarkan waktu operasi pada <i>intake valve</i>	131
Tabel 5.7. Persentase pertumbuhan deposit selama 300 jam operasi pada <i>intake valve</i>	131
Tabel 5.8. Pengamatan secara visual komponen <i>intake valve</i>	135
Tabel 5.9. Pertumbuhan deposit berdasarkan waktu operasi pada <i>exhaust valve</i>	136

Tabel 5.10. Persentase pertumbuhan deposit selama 300 jam operasi

pada *exhaust valve* 136

Tabel 5.11. Pengamatan secara visual komponen *exhaust valve* 140

Tabel 5.12. Pertumbuhan deposit berdasarkan waktu operasi

pada *piston crown* 141

Tabel 5.13. Pengamatan secara visual komponen *piston crown* 143

Tabel 5.14. Pengamatan secara visual komponen *cylinder head* 146

Lampiran 1. Spesifikasi Mesin Diesel Kubota RD65DI-NB	169
Lampiran 2. Spesifikasi generator listrik yang digunakan	170
Lampiran 3. Data performa mesin berbahan bakar B100	171
Lampiran 4. Data performa mesin berbahan bakar B20	175
Lampiran 5. Data suhu mesin berbahan bakar B100	179
Lampiran 6. Data suhu mesin berbahan bakar B20	185
Lampiran 7. Data emisi gas buang mesin berbahan bakar B100	189
Lampiran 8. Data emisi gas buang mesin berbahan bakar B20	190
Lampiran 9. Opasitas asap mesin berbahan bakar B100	191
Lampiran 10. Opasitas asap mesin berbahan bakar B20	192
Lampiran 11. Data viskositas kinematik 40 °C sampel pelumas B20 dan B100	192
Lampiran 12. Data viskositas kinematik 100 °C sampel pelumas B20 dan B100	192
Lampiran 13. Data <i>Total Base Number</i> sampel pelumas B20 dan B100	192
Lampiran 14. Data kontaminan logam Fe sampel pelumas B20 dan B100	193
Lampiran 15. Data kontaminan logam Al sampel pelumas B20 dan B100	193
Lampiran 16. Data kontaminan logam Cr sampel pelumas B20 dan B100	194
Lampiran 17. Data kontaminan logam Cu sampel pelumas B20 dan B100	194
Lampiran 18. Data kontaminan logam Pb sampel pelumas B20 dan B100	195
Lampiran 19. Data FTIR sampel pelumas B20 dan B100 berbagai kondisi	196
Lampiran 20. Data berat mula komponen mesin B100 dan B20 kondisi awal	203
Lampiran 21. Data perbandingan massa deposit komponen mesin B100	203
Lampiran 22. Data perbandingan massa deposit komponen mesin B20	205
Lampiran 23. Data perbandingan keausan komponen piston	208
Lampiran 24. Data perbandingan keausan komponen ring piston berbasis dimensi	208
Lampiran 25. Data perbandingan keausan komponen ring piston berbasis massa	209
Lampiran 26. Data perbandingan keausan komponen <i>intake valve</i> dan <i>exhasut valve</i>	209
Lampiran 27. Foto pengujian	210