



SKRIPSI – ME184834

**PENGARUH PENGGUNAAN BODIESEL B30 DARI MINYAK
KELAPA SAWIT TERHADAP DEGRADASI MINYAK PELUMAS DAN
KEAUSAN PADA KOMPONEN MESIN DIESEL**

**Zeka Angger Hartono
NRP. 0421154000036**

**Dosen Pembimbing
Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D
Adhi Iswantoro, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



SKRIPSI – ME184834

**PENGARUH PENGGUNAAN BODIESEL B30 DARI MINYAK
KELAPA SAWIT TERHADAP DEGRADASI MINYAK PELUMAS DAN
KEAUSAN PADA KOMPONEN MESIN DIESEL**

Zeka Angger Hartono
0421154000036

Dosen Pembimbing :
Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D
Adhi Iswantoro, S.T., M.T.

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**

‘Halaman Sengaja Dikosongkan’



BACHELOR THESIS – ME184834

**THE EFFECT USE OF BIODIESEL B30 FROM PALM OIL ON
DEGRADATION OF LUBRICATION OIL AND WEAR IN DIESEL
ENGINE COMPONENTS**

**Zeka Angger Hartono
0421154000036**

**Supervisor :
Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D
Adhi Iswantoro, S.T., M.T.**

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**

‘Halaman Sengaja Dikosongkan’

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH PENGGUNAAN BIODIESEL B30 DARI MINYAK
KELAPA SAWIT TERHADAP DEGRADASI MINYAK PELUMAS DAN
KEAUSAN PADA KOMPONEN MESIN DIESEL**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Marine Power Plant (MPP)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Zeka Angger Hartono
NRP. 0421154000036

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi :

Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D
NIP. 1979 0319 2008 01 1008

Adhi Iswantoro, S.T., M.T.
NIP. 1991 2017 11050

()
()

SURABAYA
2019

‘Halaman Sengaja Dikosongkan’

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH PENGGUNAAN BIODIESEL B30 DARI MINYAK
KELAPA SAWIT TERHADAP DEGRADASI MINYAK PELUMAS DAN
KEAUSAN PADA KOMPONEN MESIN DIESEL**

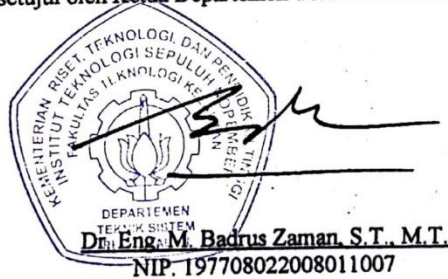
SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Marine Power Plant (MPP)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Zeka Angger Hartono
NRP. 0421154000036

Disetujui oleh Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



SURABAYA
2019

‘Halaman Sengaja Dikosongkan’

Pengaruh Penggunaan Biodiesel B30 Dari Minyak Kelapa Sawit Terhadap Degradasi Minyak Pelumas Dan Keausan Pada Komponen Mesin Diesel

Nama Mahasiswa : Zeka Angger Hartono
NRP : 04211540000036
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing 1 : Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph.D.
Dosen Pembimbing 2 : Adhi Iswanto, S.T., M.T.

ABSTRAK

Bahan bakar alternatif bagi mesin diesel sangat menarik perhatian dunia sebagai akibat adanya krisis energi dunia. Pada awal 1900, minyak nabati telah digunakan sebagai bahan bakar diesel. Selama ini, kebutuhan minyak bumi di Indonesia sebagai pasokan kapasitas kilang masih tergantung pihak luar, sedangkan kebutuhan BBM meningkat sejalan pertumbuhan ekonomi dan penduduk. Untuk itu, perlu alternatif bahan bakar baru guna mereduksi kebutuhan bahan bakar fosil. Bahan bakar biodiesel dengan bahan utama minyak kelapa sawit (Palm Oil) merupakan salah satu alternatif bahan bakar untuk menggantikan bahan bakar diesel (diesel fuel). Hal ini dikarenakan negara Indonesia merupakan penghasil minyak kelapa sawit mentah (Crude Palm Oil) terbesar di dunia. Dengan produksi sebesar 31.010.015 ton pada tahun 2015 sehingga bahan bakar alternatif dengan bahan dasar minyak kelapa sawit (Palm Oil) sangat mungkin dikembangkan. Akan tetapi penggunaan biodiesel minyak nabati dapat menyebabkan kerugian pada lifetime mesin. Penggunaan minyak kelapa mengakibatkan penurunan viskositas minyak pelumas secara drastis, serta mengakibatkan meningkatkan tingkat keausan logam pada mesin. Penelitian ini membahas tentang pengaruh biodiesel B30 dari minyak kelapa sawit (Palm Oil) terhadap degradasi minyak pelumas mesin serta keausan pada komponen mesin diesel. Metode yang digunakan adalah dengan eksperimen dengan menguji mesin diesel dalam waktu yang panjang dengan standar dari *Engine Manufacture Association (EMA)*. Penggunaan biodiesel B30 minyak kelapa sawit menyebabkan degradasi yang lebih besar pada minyak pelumas daripada penggunaan Pertamina Dexlite. Bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit menyebabkan minyak pelumas mengalami penurunan viskositas 46,98% lebih besar, kenaikan indeks viskositas 7,84% lebih besar, kenaikan flash point, kenaikan pour point 3°C lebih besar, dan penurunan TBN 4,62% lebih besar, dan kandungan air 3,6026% lebih sedikit. Bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit menyebabkan kandungan logam aluminium 19,8% lebih besar, logam besi 0,75% lebih besar, dan logam krom lebih besar pada minyak pelumas setelah digunakan pada mesin diesel. Selain itu, penggunaan biodiesel B30 minyak kelapa sawit menyebabkan gap ring piston lebih besar dan keadaan metal jalan (journal bearing) yang lebih buruk. Deposit yang dihasilkan dari penggunaan biodiesel B30 minyak kelapa sawit lebih sedikit 4,27% pada komponen mesin diesel. Dapat disimpulkan penggunaan biodiesel B30 menyebabkan keausan logam yang lebih besar daripada penggunaan Pertamina Dexlite.

Kata kunci : Biodiesel B30, Degradasi, Deposit, Keausan, Minyak kelapa sawit

‘Halaman Sengaja Dikosongkan’

Effect of Using B30 Biodiesel From Palm Oil Towards Degradation Of Lubricating Oil And Wear On Components Diesel Engine

Student Name : Zeka Angger Hartono
Registered Number : 04211540000036
Department : Teknik Sistem Perkapalan
Supervisor 1 : Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph.D.
Supervisor 2 : Adhi Iswanto, S.T., M.T.

ABSTRACT

Alternative fuels for diesel engines have attracted the world's attention as a result of the world energy crisis. In the beginning 1900, vegetable oils has been used as diesel fuel. So far, the demand for petroleum in Indonesia as a supply of refinery capacity still depends on outsiders, while fuel needs are increasing in line with economic growth and population. For this reason, alternative fuel is needed to reduce the need for fossil fuels. Biodiesel fuel with the main material of palm oil is one alternative fuel to replace diesel fuel. This is because Indonesia is the biggest producer of palm oil in the world. With the production as big as 31,010,015 tons in 2015 so alternative fuel with the main material of palm oil is possible to developed. But, the use of biodiesel form vegetable oil affected losses in the engine lifetime. The use of coconut oil has drastically reduced the lubricating oil viscosity, and has resulted in increased metal wear rates in the engine. This research is about the effect of used B30 palm oil biodiesel from palm oil to lubricating oil degradation and component wear in diesel engine. The method is experiment with running diesel engine in long time and Engine Manufacturer's Association (EMA) standard. The use of B30 palm oil biodiesel causes greater degradation in lubricating oil than using Pertamina Dexlite. B30 palm oil biodiesel causes decreasing viscosity by 46.98% greater, increasing viscosity index 7.48% greater, increasing flash point, increasing pour point by 3°C greater, decreasing total base number (TBN) 4.62% greater, and water content 3.6026% lower in used lubricating oil than Pertamina Dexlite. B30 palm oil biodiesel caused aluminium content 19.8% greater, iron content 0.75% greater, and chromium content greater in used lubricating oil than Pertamina Dexlite fuel. Furthermore, the use of B30 palm oil biodiesel caused gap of piston ring is increase and the condition of journal bearing wrecked. But, the use of B30 palm oil biodiesel caused deposit forming in diesel engine 4.27% lower than Pertamina Dexlite. Can be concluded the use of B30 palm oil biodiesel caused greater degradation in lubricating oil and metal wear in diesel engine than Pertamina Dexlite.

Key words : B30 biodiesel, Degradation, Deposit, Palm oil, Wear

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan puji syukur kepada Allah S.W.T. karena berkat rahmat, hidayah dan anugerah-Nya sehingga tugas akhir dengan judul “Pengaruh Penggunaan Biodiesel B30 dari Minyak Kelapa Sawit Terhadap Degradasi Minyak Pelumas dan Keausan Pada Komponen Mesin Diesel” ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik tidak lepas dari do’a dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karenanya penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua Rudi Hartono dan Retno Tri Gantayowati yang selalu memberikan doa, masukan serta dukungan baik moral maupun material kepada penulis.
2. Bapak Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D. serta Bapak Adhi Iswanto, S.T., M.T. yang selalu mengarahkan, membimbing dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T., selaku Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
4. Bapak Ir. Hari Prastowo, M.Sc. selaku dosen wali yang selalu memberikan motivasi dan dukungan untuk penulis.
5. Bapak Nur Efendy selaku teknisi Laboratorium Marine Power Plant yang telah membantu penulis dalam persiapan pra eksperimen hingga eksperimen selesai.
6. Teman-teman “Marine Power Plant Laboratory” yang selalu membantu dan menjadi tempat bertukar pikiran selama pengerjaan tugas akhir ini.
7. Teman-teman seangkatan “SALVAGE’15”, yang selalu mendukung dan mengingatkan sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dengan baik dan lancar.
8. Tim “Lambe Siskal”, Afif, Atfal, Arie, Ardi, Youri, Anas, Rohim dan Faisal yang selalu menghibur penulis ketika low motivation.
9. Rosyida Alfi Qonitin yang selalu memberikan semangat dan motivasi kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dengan lancar.
10. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu

Penulis menyadari pula bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu perlunya saran dan masukan demi membangun kebaikan dan kemajuan skripsi ini. Akhir kata semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkannya, amin.

Surabaya, Juli 2019
Penulis

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN JUDUL	iii
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR GRAFIK	xxiii
DAFTAR LAMPIRAN	xxv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Biodiesel	5
2.2 Minyak Kelapa Sawit (<i>Palm Oil</i>)	6
2.3 Mesin Diesel	7
2.3.1 Mesin diesel 4 langkah (4 tak)	8
2.3.2 Mesin diesel 2 langkah (2 tak)	8
2.4 Uji Ketahanan Mesin Diesel	9
2.5 Komponen Mesin Diesel	10
2.5.1 Kepala Silinder (<i>Cylinder Head</i>)	10
2.5.2 Katup	10
2.5.3 Rocker Arm (Pelatuk)	11
2.5.4 Camshaft	11
2.5.5 Piston	11
2.5.6 Ring Piston	12
2.5.7 Batang Penghubung (<i>Connecting Rod</i>)	12
2.5.8 Dinding Silinder (<i>Cylinder Liner</i>)	13
2.5.9 Poros Engkol (<i>Crankshaft</i>)	13
2.5.10 Bearing	14
2.5.11 Timing Gear	14
2.6 Kerusakan Komponen Mesin Diesel	14
2.6.1 Cylinder Head	15
2.6.2 Piston	15
2.6.3 Cylinder Liner	16
2.6.4 Ring Piston	16
2.6.5 Connecting Rod	16

2.6.6	Crankshaft.....	16
2.6.7	Injektor	17
2.6.8	Bearing.....	17
2.7	Logam Penyusun Komponen Mesin Diesel	17
2.7.1	Besi (Fe).....	17
2.7.2	Aluminium (Al).....	18
2.7.3	Krom (Cr).....	18
2.7.4	Nikel (Ni)	18
2.7.5	Mangan (Mn).....	18
2.8	Sistem Pelumasan.....	18
2.9	Minyak Pelumas.....	19
2.10	Klasifikasi Minyak Pelumas	21
2.11	Karakteristik Minyak Pelumas.....	23
2.10.1	Viskositas	23
2.10.2	Jumlah Basa Total (<i>Total Base Number</i>).....	23
2.10.3	Indeks Viskositas.....	23
2.10.4	Titik Tuang (<i>Pour Point</i>).....	23
2.10.5	Titik Nyala (<i>Flash Point</i>).....	24
2.12	Jurnal State of The Art.....	24
BAB III	.....	27
METODE PENELITIAN	.....	27
3.1	Identifikasi Masalah Tentang Biodiesel.....	28
3.2	Tinjauan Pustaka	28
3.3	Persiapan Alat dan Bahan	28
3.3.1	Persiapan Motor Diesel dan Generator	28
3.3.2	Pembuatan Biodiesel.....	30
3.4	Running Engine	33
3.5	Pengambilan Sampel Minyak Pelumas.....	33
3.6	Pemeriksaan Laboratorium.....	33
3.7	Analisa Data	33
3.8	Kesimpulan.....	34
BAB IV	.....	35
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	35
4.1	Hasil Pengukuran dan Pengujian	35
4.1.1	Deposit Komponen	35
4.1.2	Sifat Fisika dan Kandungan Logam Pada Minyak Pelumas.....	36
4.2	Analisa Degradasi Minyak Pelumas Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite dan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit.....	37
4.2.1	Viskositas	37
4.2.2	Indeks Viskositas.....	39
4.2.3	Flash Point (Titik Nyala).....	41
4.2.4	Pour Point (Titik Tuang)	42
4.2.5	Total Base Number (TBN).....	43
4.2.6	Kandungan Air	44
4.2.7	Kandungan Logam Aluminium.....	45
4.2.8	Kandungan Logam Besi.....	47

4.2.9	Kandungan Logam Krom	48
4.3	Analisa Keausan Komponen Penyusun Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite dan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit	49
4.3.1	Piston Ring.....	49
4.3.2	Piston.....	51
4.3.3	Kepala Silinder (<i>Cylinder Head</i>).....	53
4.3.4	Journal Bearing (Metal Jalan)	55
4.3.5	Injektor	56
BAB V	.....	59
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	59
5.1	Kesimpulan.....	59
5.2	Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA	.....	61
LAMPIRAN	.....	65
BIODATA PENULIS	.....	77

‘Halaman Sengaja Dikosongkan’

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Buah Kelapa Sawit	7
Gambar 2.2 Proses Kerja Mesin Diesel 4 Langkah	8
Gambar 2.3 Proses Kerja Mesin Diesel 2 Tak	9
Gambar 2.4 Kepala Silinder (Cylinder Head).....	10
Gambar 2.5 Katup.....	10
Gambar 2.6 Rocker Arm	11
Gambar 2.7 <i>Camshaft</i>	11
Gambar 2.8 Piston	11
Gambar 2.9 Ring Piston	12
Gambar 2.10 Connecting Rod	12
Gambar 2.11 Cylinder Liner	13
Gambar 2.12 Poros engkol (<i>Crankshaft</i>).....	13
Gambar 2.13 Bearing	14
Gambar 2.14 Timing Gear	14
Gambar 2.15 Keretakan Pada Kepala Silinder.....	15
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	28
Gambar 3.2 Pengaturan Mesin	29
Gambar 3.3 Metanol dan KOH	31
Gambar 3.4 Proses Transesterifikasi.....	31
Gambar 3.5 Proses Pencucian	32
Gambar 3.6 Proses Pengendapan.....	32
Gambar 3.7 Biodiesel Kelapa Sawit	32
Gambar 4.1 Piston Setelah Diuji Dengan Bahan Bakar Pertamina Dexlite	39
Gambar 4.2 Piston Setelah Diuji Dengan Bahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit	39
Gambar 4.3 (a) Piston Ring Baru, (b) Piston Ring Setelah Running Menggunakan Dexlite, (c) Piston Ring Setelah Running Menggunakan Biosolar B30 Minyak Kelapa Sawit.....	49
Gambar 4.4 (a) Piston Baru, (b) Piston Setelah Running Menggunakan Dexlite, (c) Piston Setelah Running Menggunakan Biosolar B30 Minyak Kelapa Sawit	51
Gambar 4.5 (a) Kepala Silinder (Cylinder Head) Baru, (b) Kepala Silinder (Cylinder Head) Setelah Running Menggunakan Dexlite, (c) Kepala Silinder (Cylinder Head) Setelah Running Menggunakan Biosolar B30 Minyak Kelapa Sawit	53
Gambar 4.6 (a) <i>Journal Bearing</i> (Metal Jalan) Baru, (b) <i>Journal Bearing</i> (Metal Jalan) Setelah Running Menggunakan Dexlite, (c) <i>Journal Bearing</i> (Metal Jalan) Setelah Running Menggunakan Biosolar B30 Minyak Kelapa Sawit	55
Gambar 4.7 (a) Injektor Baru, (b) Injektor Setelah Running Menggunakan Dexlite, (c) Injektor Setelah Running Menggunakan Biosolar B30 Minyak Kelapa Sawit	56

‘Halaman Sengaja Dikosongkan’

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Syarat Mutu Biodiesel (SNI, 2012).....	5
Tabel 2.2 Lanjutan Syarat Mutu Biodiesel (SNI,2012).....	6
Tabel 2.3 Jurnal State of The Art	24
Tabel 2.4 Lanjutan Jurnal State of The Art.....	25
Tabel 3.1 Spesifikasi Mesin Diesel Dong Feng R 180.....	29
Tabel 4.1 Massa Deposit Komponen Mesin Diesel Berbahan Bakar Pertamina Dexlite	35
Tabel 4.2 Massa Deposit Komponen Mesin Diesel Berbahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit.....	35
Tabel 4.3 Sifat Fisika Minyak Pelumas Sebelum Pengujian dan Setelah Pengujian.....	36
Tabel 4.4 Tabel <i>Gap</i> Ring Piston Dengan Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dexlite.....	50
Tabel 4.5 Tabel <i>Gap</i> Ring Piston Dengan Menggunakan Bahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit.....	50
Tabel 4.6 <i>Gap (Gap)</i> Komponen Metal Jalan.....	55

‘Halaman Sengaja Dikosongkan’

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Viskositas Pada Suhu 40°C Minyak Pelumas Setelah Diuji Dengan Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dexlite dan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit	37
Grafik 4.2 Viskositas Pada Suhu 100°C Minyak Pelumas Setelah Diuji Dengan Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dexlite dan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit	38
Grafik 4.3 Indeks Viskositas Pada Minyak Pelumas Setelah Diuji Dengan Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dexlite dan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit	40
Grafik 4.4 Titik Nyala Pada Minyak Pelumas Setelah Diuji Dengan Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dexlite dan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit	41
Grafik 4.5 Titik Tuang Pada Minyak Pelumas Setelah Diuji Dengan Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dexlite dan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit	42
Grafik 4.6 Total Base Number (TBN) Pada Minyak Pelumas Setelah Diuji Dengan Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dexlite dan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit	43
Grafik 4.7 Kandungan Air Pada Minyak Pelumas Setelah Diuji Dengan Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dexlite dan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit	45
Grafik 4.8 Kandungan Logam Aluminium Pada Minyak Pelumas Setelah Diuji Dengan Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dexlite dan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit.....	46
Grafik 4.9 Kandungan Logam Besi Pada Minyak Pelumas Setelah Diuji Dengan Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dexlite dan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit	47
Grafik 4.10 Kandungan Logam Krom Pada Minyak Pelumas Setelah Diuji Dengan Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dexlite dan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit	48
Grafik 4.11 Massa Deposit Komponen Piston Pada Mesin Diesel	52
Grafik 4.12 Massa Deposit Komponen Kepala Silinder (Cylinder Head)	54
Grafik 4.13 Grafik Massa Deposit Pada Komponen Injektor	56

‘Halaman Sengaja Dikosongkan’

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengujian Bahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit	65
Lampiran 2. Hasil pengujian Viskositas, Titik Nyala (Flash Point), dan Kandungan Air Pada Minyak Pelumas Berbahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit.....	66
Lampiran 3. Hasil Pengujian Viskositas, Titik Nyala (Flash Point), dan Kandungan Air Pada Minyak Pelumas Berbahan Bakar Pertamina Dexlite	67
Lampiran 4. Hasil Pengujian Total base Number Pada Minyak Pelumas Berbahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit.....	68
Lampiran 5. Hasil Pengujian Total base Number Pada Minyak Pelumas Berbahan Bakar Pertamina Dexlite.....	69
Lampiran 6. Hasil Pengujian Indeks Viskositas dan Titik Tuang (Pour Point) Pada Minyak Pelumas Berbahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit	70
Lampiran 7. Hasil Pengujian Indeks Viskositas dan Titik Tuang (Pour Point) Pada Minyak Pelumas Berbahan Bakar Pertamina Dexlite	71
Lampiran 8. Hasil Pengujian Kandungan Logam Aluminium, Besi dan Krom Pada Minyak Pelumas Berbahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit	72
Lampiran 9. Hasil Pengujian Kandungan Logam Aluminium, Besi dan Krom Pada Minyak Pelumas Berbahan Bakar Pertamina Dexlite	73
Lampiran 10. Hasil Pengujian Mesin Diesel Dengan Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dexlite.....	74
Lampiran 11. Hasil Pengujian Mesin Diesel Dengan Menggunakan Bahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit	75

‘Halaman Sengaja Dikosongkan’

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mesin diesel adalah motor bakar dengan proses pembakaran yang terjadi didalam mesin (*internal combustion engine*). Pembakaran dalam mesin diesel terjadi karena udara yang dimampatkan (dikompresi) dalam suatu ruang bakar sehingga diperoleh udara bertekanan tinggi serta suhu yang tinggi, bersamaan dengan itu dikabutkan bahan bakar kedalam ruang bakar sehingga terjadilah pembakaran. (Samlawi, 2018). Semakin berkembangnya sektor industri terutama sektor transportasi, mengakibatkan kebutuhan bahan bakar semakin meningkat. Akan tetapi cadangan minyak bumi semakin menipis. Oleh karena itu banyak peneliti yang telah melakukan uji coba untuk pencarian bahan bakar alternatif yang terbarukan sebagai pengganti minyak bumi.

Pada bahan bakar diesel, telah terdapat banyak penelitian tentang bahan bakar alternatif. Hal ini dilakukan untuk mengurangi produksi bahan bakar yang berasal dari minyak bumi. Pada awal 1900, minyak nabati telah digunakan sebagai bahan bakar diesel. Selama ini, kebutuhan minyak bumi di Indonesia sebagai pasokan kapasitas kilang masih tergantung pihak luar, sedangkan kebutuhan BBM meningkat sejalan pertumbuhan ekonomi dan penduduk. Untuk itu, perlu alternatif bahan bakar baru guna mereduksi kebutuhan bahan bakar fosil. (Silviana, et al., 2015).

Bahan bakar biodiesel dengan bahan utama minyak kelapa sawit (*Palm Oil*) merupakan salah satu alternatif bahan bakar untuk menggantikan bahan bakar diesel (*diesel fuel*). Hal ini dikarenakan negara Indonesia merupakan penghasil minyak kelapa sawit mentah (*Crude Palm Oil*) terbesar di dunia. Dengan produksi sebesar 31.010.015 ton pada tahun 2015 sehingga bahan bakar alternatif dengan bahan dasar minyak kelapa sawit (*Palm Oil*) sangat mungkin dikembangkan. Dalam penggunaan biodiesel di Indonesia, pemerintah mendukung penggunaannya dengan mengeluarkan Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2015, yang mewajibkan pemakaian biodiesel sebesar 20% pada moda transportasi pada tahun 2016. Untuk mengurangi keraguan dari konsumen pemakai Bahan Bakar Nabati (BBN) perlu diadakan penelitian tentang efek samping penggunaan BBN. Sampai saat ini, pengujian penggunaan biodiesel dan pengaruh terhadap kinerja mesin telah banyak dilakukan oleh institusi atau akademisi. Akan tetapi untuk penelitian mengenai pengaruh dari biodiesel B30 dari minyak kelapa sawit masih sedikit.

Penggunaan biodiesel minyak kelapa sawit mengakibatkan peningkatan konsumsi bahan bakar dari mesin diesel sebesar 11,93% sampai dengan 13,48%, penurunan efisiensi termal menurun 2,96% sampai dengan 5,33%, dan efisiensi volumetrik yang relatif sama dengan mesin berbahan bakar solar murni. (Hanif, 2004). Penggunaan biodiesel pada kapal patrol menyebabkan penurunan angka beban (*load*), daya, dan temperatur gas buang dari motor pokok kapal daripada menggunakan bahan bakar *High Speed Diesel (HSD)*. Disisi lain penggunaan biodiesel menyebabkan kenaikan angka kebutuhan bahan bakar jika dibandingkan dengan penggunaan HSD. (Nurhadi, 2015)

Akan tetapi pada penggunaan biodiesel menyebabkan degradasi pada sifat minyak pelumas lebih besar. Hal ini dapat menyebabkan kerugian pada lifetime mesin karena dalam mesin diesel terdapat komponen-komponen yang saling bergerak baik gerakan linier maupun gerakan putar. Gerakan atau kontak antar elemen di dalam sebuah mesin ini akan menimbulkan gesekan. Gesekan-gesekan itu apabila dibiarkan terjadi maka akan menimbulkan rugi-rugi seperti keausan hingga kerusakan. Oleh karena itu diperlukan adanya pelumasan.

Fungsi dari pelumasan itu sendiri adalah mengurangi adanya gesekan antara metal dan komponen-komponen mesin lainnya sehingga dapat meminimalkan resiko terjadinya kerusakan pada mesin. Selain itu, pelumasan itu sendiri berguna untuk mengurangi panas yang timbul karena gesekan, dan meminimalkan tenaga mesin yang terbuang untuk melawan gaya gesekan. Prinsip kerja dari sistem pelumasan adalah dengan mengalirkan bahan pelumas pada komponen-komponen mesin yang saling bergesekan saat mesin mulai hidup. Permukaan yang bergesekan itu dilapisi oli pelumas sehingga tidak terjadi kontak langsung pada komponen-komponen tersebut. (Muharromah, 2018)

Kualitas sistem pelumasan yang baik dapat membuat mesin menjadi lebih awet dan kinerja mesin juga lebih baik. Sebaliknya, kualitas sistem pelumasan yang tidak baik dapat menjadikan mesin menjadi lebih cepat mengalami kerusakan dan kinerja mesin tidak optimal. (Muharromah, 2018). Perbedaan karakteristik pada minyak pelumas yang kurang, lebih berpengaruh pada proses keausan komponen mesin. Akibatnya tiap jenis oli menimbulkan tingkat keausan yang berbeda-beda untuk akumulasi waktu yang cukup lama. Inilah yang membuat kondisi keausan komponen setiap mesin akan berbeda-beda. Panas dari pembakaran pada mesin akan memecah komposisi oli jika panas berlebih dan melepaskan partikel karbon, seiring waktu jelas akan menumpuk dan membentuk endapan lumpur (sludge). (Massora, et al., 2014)

Penggunaan minyak kelapa mengakibatkan penurunan viskositas minyak pelumas secara drastis (Fajar, et al., 2007). Penggunaan biodiesel B20 minyak kelapa sawit juga menyebabkan penurunan angka viskositas dari minyak pelumas dari 16,1 cSt ke 10,7 cSt, serta menyebabkan peningkatan angka densitas dari 0,865 g/cm³ ke 0,903 g/cm³. Ini lebih buruk daripada penggunaan solar murni pada mesin diesel yang menyebabkan penurunan angka viskositas dari 16,1 cSt ke 11,1 cSt dan menyebabkan peningkatan angka densitas dari minyak pelumas dari 0,865 g/cm³ ke 0,895 g/cm³. (M.Gulzar, et al., 2016). Penggunaan biodiesel dari campuran 20% minyak karanja (KOME20) menyebabkan peningkatan densitas, penurunan viskositas, penurunan nilai total base number (TBN) dan peningkatan titik nyala pada minyak pelumas lebih tinggi daripada penggunaan bahan bakar dari minyak bumi (Dhar, et al., 2014).

Selain peningkatan degradasi pada minyak pelumas, penggunaan biodiesel juga menyebabkan peningkatan keausan pada komponen mesin diesel. Hal tersebut dikarenakan oleh degradasi minyak pelumas terutama pada sifat viskositas dan nilai TBN. Cepatnya tingkat keausan komponen mesin dapat menyebabkan kerugian pada *lifetime* mesin.

Penggunaan minyak kelapa mengakibatkan peningkatan tingkat keausan logam pada mesin. (Fajar, et al., 2007). Penggunaan biodiesel dari campuran 20% minyak karanja (KOME20) menyebabkan peningkatan kandungan logam besi, aluminium, tembaga, krom, nikel, seng, timbal dan magnesium lebih besar daripada penggunaan bahan bakar fosil pada minyak pelumas setelah digunakan selama 200 jam (Dhar, et al., 2014). Penggunaan biodiesel dari minyak pongamia selama 256 jam menyebabkan kandungan logam besi, tembaga, nikel, timbal, krom, magnesium, seng dan aluminium pada minyak pelumas meningkat daripada penggunaan bahan bakar diesel (Gopal, et al., 2015).

Penelitian ini membahas tentang pengaruh biodiesel B30 dari minyak kelapa sawit (*Palm Oil*) terhadap degradasi minyak pelumas mesin serta keausan pada komponen mesin diesel. Metode yang dilakukan adalah dengan melakukan penelitian terhadap minyak pelumas pada mesin diesel yang telah bekerja dalam waktu yang panjang. Dengan harapan penggunaan biodiesel hanya sedikit mempengaruhi karakteristik minyak pelumas dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar solar murni.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini ada dua, yaitu :

1. Bagaimana pengaruh penggunaan biodiesel B30 dari minyak kelapa sawit terhadap degradasi minyak pelumas mesin ?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan biodiesel B30 dari minyak kelapa sawit terhadap keausan komponen logam mesin ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk dapat melaksanakan penelitian ini diperlukan batasan masalah sebagai berikut :

1. Ruang lingkup yang dianalisis dari degradasi minyak pelumas adalah viskositas kinematis, indeks viskositas, total base number (TBN), titik nyala (*flash point*), titik tuang (*pour point*) dan kandungan logam yang terdapat pada minyak pelumas.
2. Tidak meneliti performa mesin dan emisi gas buang yang dihasilkan dari pembakaran.
3. Bahan bakar pembanding adalah Pertamina Dexlite.
4. Minyak pelumas yang digunakan adalah Mesran B SAE 40.
5. Pengambilan data pada minyak pelumas mesin yang beroperasi pada 0 dan 200 jam.
6. Pengujian dilakukan dengan standar *Engine Manufacture Association* selama 200 jam.
7. Logam yang diteliti adalah Besi (Fe), Aluminium (Al), dan Krom (Cr).
8. Mesin yang digunakan adalah motor diesel Dong Feng R180 yang berada di Laboratorium Marine Power Plant FTK ITS.

1.4 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh penggunaan biodiesel B30 dari minyak kelapa sawit terhadap degradasi minyak pelumas mesin.
2. Mengetahui pengaruh penggunaan biodiesel B30 dari minyak kelapa sawit terhadap keausan logam komponen mesin.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mensosialisasikan bahan bakar biodiesel sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar solar murni.
2. Mengetahui seberapa besar pengaruh dari bahan bakar biodiesel terhadap degradasi minyak pelumas dan keausan logam komponen mesin.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang berasal dari sumber yang dapat diperbarui, seperti minyak nabati dan hewani. Ide penggunaan minyak nabati sebagai pengganti bahan bakar diesel didemonstrasikan pertama kalinya oleh Rudolph Diesel (\pm tahun 1900). Penelitian di bidang ini terus berkembang dengan memanfaatkan beragam lemak nabati dan hewani untuk mendapatkan bahan bakar hayati (*biofuel*) dan dapat diperbaharui (*renewable*). Perkembangan ini mencapai puncaknya di pertengahan tahun 80-an dengan ditemukannya alkil ester asam lemak yang memiliki karakteristik hampir sama dengan minyak diesel fosil yang dikenal dengan biodiesel. (Tarigan, 2002)

Untuk dapat membuat biodiesel diperlukan proses yang berupa transesterifikasi. Proses transesterifikasi bertujuan untuk menghasilkan metil ester asam lemak dari trigliserida dalam minyak nabati atau hewani dengan melalui proses reaksi transesterifikasi dengan metanol. Dalam penggunaannya, biodiesel dapat digunakan murni minyak nabati yang dapat dikatakan sebagai B100 atau digunakan sebagai campuran dengan bahan bakar diesel (solar) murni misalnya dengan perbandingan 20% biodiesel dan 80% minyak bahan bakar diesel (solar) yang dapat dikatakan B20. (Pamata, 2008)

Penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar mesin diesel memiliki beberapa kelebihan, antara lain :

1. Merupakan bahan bakar yang tidak beracun dan dapat dibiodegradasi.
2. Mempunyai bilangan setana yang tinggi.
3. Mengurangi emisi karbon monoksida, hidrokarbon dan NOx.
4. Terdapat dalam fase cair. (Tarigan, 2002)

Dalam pengaplikasian biodiesel terhadap mesin ditentukan dari sifat biodiesel yang diatur dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 7182:2012.

Tabel 2. 1 Syarat Mutu Biodiesel (SNI, 2012)

No	Parameter Uji	Satuan, min / maks	Persyaratan
1	Massa jenis pada 40 °C	kg/m ³	850-890
2	Viskositas kinematik pd 40 °C	Mm ² /s (cSt)	2,3-6,0
3	Angka setana	min	51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C, min	100
5	Titik kabut	°C, maks	18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)		Nomor 1

Tabel 2. 2 Lanjutan Syarat Mutu Biodiesel (SNI,2012)

7	Residu karbon - dalam percontoh asli	% -massa, maks	0,05
	Atau - dalam 10 % ampas distilasi		0,3
8	Air dan sedimen	% -vol., maks	0,05
9	Temperatur distilasi 90 %	°C, maks	360
10	Abu tersulfatkan	% -massa, maks	0,02
11	Belerang	mg/kg, maks	100
12	Fosfor	mg/kg, maks	10
13	Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,6
14	Gliserol bebas	% massa, maks	0,02
15	Gliserol total	% massa, maks	0,24
16	Kadar ester metil	% -massa, min	96,5
17	Angka iodium	% massa (g-I ₂ /100 g), maks	115
18	Kestabilan oksidasi Periode induksi metode rancimat	menit	360
	atau Periode induksi metode petro oksi		27

2.2 Minyak Kelapa Sawit (*Palm Oil*)

Salah satu tumbuhan yang dapat menghasilkan minyak nabati untuk dimanfaatkan sebagai biodiesel adalah kelapa sawit. Di Indonesia kelapa sawit merupakan komoditas pertanian yang produktivitasnya besar yaitu mencapai 31.070.015 ton pada tahun 2015. (Perkebunan, 2015-2017). Ini merupakan potensi bahan baku yang besar untuk tujuan pengembangan BBM alternatif tersebut. Salah satu bahan baku yang dipakai yaitu fraksi stearin yang diperoleh dari sisa pengolahan CPO di pabrik minyak nabati (*Fractination Refining Factory*). Produksi minyak sawit dewasa ini cenderung meningkat dan diperkirakan akan berlanjut satu atau dua dekade ke depan. (Tarigan, 2002).

Industri pengolahan minyak sawit menghasilkan fraksi olein dan stearin. Fraksi olein lebih baik digunakan untuk pembuatan minyak goreng, karena asam lemak tak jenuh yang terkandung di dalamnya lebih mudah dihancurkan di dalam tubuh. Fraksi stearin biasanya digunakan sebagai bahan baku pada pabrik oleokimia dan untuk diekspor.

Akan tetapi, saat ini ekspor stearin mendapat saingan dari negara lain yang juga penghasil kelapa sawit seperti Malaysia. Akibatnya, fraksi stearin akan terus berlimpah karena produksi oleokimia dalam negeri sampai kini juga masih sangat sedikit dibanding produksi bahan baku yang terus meningkat.

Stearin memiliki asam lemak jenuh yang lebih banyak daripada fraksi olein, karena itu fraksi stearin memiliki bilangan setana lebih besar. Kedua alasan di atas menjadikan fraksi stearin sebagai sumber yang tepat untuk dijadikan bahan baku pembuatan biodiesel. (Haryanto, 2013)



Gambar 2.1 Buah Kelapa Sawit

Kelapa sawit berpotensi sebagai bahan baku biodiesel karena beberapa keuntungannya, seperti mengandung 44% massa minyak pada bagian inti (kernel), mudah didapatkan karena Indonesia merupakan penghasil minyak kelapa sawit terbesar kedua di dunia dan harganya relatif murah. Selain itu, pembuatan bahan bakar yang dihasilkan dari minyak sawit telah diteliti lebih ramah lingkungan karena bebas dari nitrogen, sulfur dan senyawa aromatik sehingga emisi pembakaran yang dihasilkan ramah lingkungan. (Ruspitaningati, et al., 2013)

2.3 Mesin Diesel

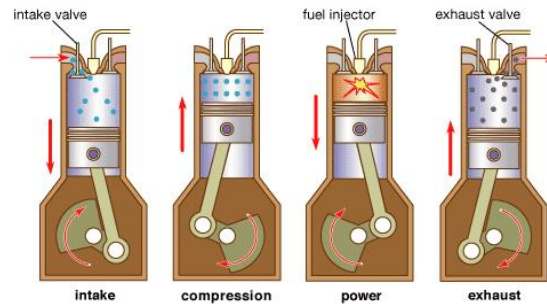
Mesin diesel adalah motor bakar dengan proses pembakaran yang terjadi didalam mesin itu sendiri (*internal combustion engine*) dan pembakaran terjadi karena udara murni dimampatkan (dikompresi) dalam suatu ruang bakar (silinder) sehingga diperoleh udara bertekanan tinggi serta panas yang tinggi, bersamaan dengan itu disemprotkan / dikabutkan bahan bakar sehingga terjadilah pembakaran. (Samlawi, 2018)

Pembakaran yang berupa ledakan akan menghasilkan panas mendadak naik dan tekanan menjadi tinggi didalam ruang bakar . Tekanan ini mendorong piston kebawah yang berlanjut dengan poros engkol berputar. (Samlawi, 2018)

Berdasarkan dari gerakan piston untuk mendapatkan satu kali proses mesin diesel dibagi menjadi 2 macam yaitu :

2.3.1 Mesin diesel 4 langkah (4 tak)

Mesin diesel dimana setiap satu kali proses usaha terjadi 4 (empat) kali langkah piston atau 2 kali putaran poros engkol.



© 2007 Encyclopædia Britannica, Inc.

Sistem kerja mesin diesel empat langkah langkah

Gambar 2.2 Proses Kerja Mesin Diesel 4 Langkah

Proses dari mesin diesel 4 langkah mencapai satu proses usaha yaitu :

1. Langkah hisap

Piston bergerak dari TMA ke TMB. Katup hisap terbuka dan katup buang tertutup, karena piston bergerak kebawah maka tekanan didalam silinder menjadi vacum (dibawah satu atmosfer) sehingga udara murni masuk kedalam silinder.

2. Langkah kompresi

Piston bergerak dari TMB ke TMA. Katup hisap tertutup dan katup buang tertutup, udara didalam silinder didorong (ditekan) sehingga timbul panas dan tekanan yang tinggi. Akhir kompresi bahan bakar dikabutkan (disemprotkan dengan tekanan yang sangat tinggi melalui lubang yang sangat kecil) sehingga terjadi pembakaran (berupa ledakan).

3. Langkah usaha

Pembakaran menghasilkan tekanan yang tinggi dalam ruang bakar, tekanan ini mendorong piston dari TMA menuju TMB, melakukan usaha.

4. Langkah buang

Akhir langkah usaha katup buang terbuka, sehingga gas buang keluar melalui katup tersebut, karena didorong oleh piston bergerak dari TMB menuju TMA.

2.3.2 Mesin diesel 2 langkah (2 tak)

Mesin diesel dimana setiap satu kali proses usaha terjadi 2 (dua) kali langkah piston atau satu kali putaran poros engkol.



Gambar 2.3 Proses Kerja Mesin Diesel 2 Tak
Proses dari mesin diesel 2 langkah mencapai satu proses usaha yaitu :

1. Langkah hisap dan kompresi
Piston bergerak dari TMB menuju TMA, udara pengisian masuk melalui lubang isap, kemudian disusul dengan kompresi, akhir kompresi bahan bakar diinjeksikan ke ruang bakar sehingga terjadi pembakaran.
2. Langkah usaha dan buang
Akibat adanya pembakaran dalam ruang bakar, tekanan yang tinggi mendorong piston dari TMA menuju TMB melakukan usaha disusul dengan pembuangan. (Samlawi, 2018)

2.4 Uji Ketahanan Mesin Diesel

Setiap Engine Manufaktur tidak mengetes ketahanan (*durability*) enginenya dengan bahan bakar alternatif, oleh sebab itu apabila ada bahan bakar alternatif maka perlu adanya pengujian ketahanan engine. Ada dua cara yang lazim digunakan dalam pengujian ketahanan engine yaitu pengujian laboratory dengan menggunakan engine test bed atau chasisdinamometer. Pengujian laboratory dengan menggunakan engine test bed atau chasisdinamometer mengikuti prosedur yang diberikan oleh *Engine Manufacture Association* (EMA). (Prasutiyon, 2017)

EMA pada tahun 1982 telah menentukan bahwa untuk menguji daya tahan mesin diesel adalah dengan menggunakan metode uji mesin selama 200 jam dengan menggunakan bahan bakar alternatif. Pengujian ini dilakukan untuk membantu penelitian dan pengembangan bahan bakar alternatif. Pengujian mesin selama 200 jam dilakukan dengan variasi dan waktu pembebanan yang telah ditentukan. (Peterson, et al., 1999)

2.5 Komponen Mesin Diesel

Untuk dapat beroperasi, mesin diesel memerlukan beberapa komponen yang saling mendukung satu sama lain. Bagian-bagian dari mesin diesel tersebut antara lain :

2.5.1 Kepala Silinder (*Cylinder Head*)



Gambar 2.4 Kepala Silinder (*Cylinder Head*)

Kepala silinder (*cylinder head*) adalah bagian dari mesin diesel yang berfungsi untuk menutup bagian atas silinder (*cylinder liner*) untuk membatasi ruang bakar. Selain itu kepala silinder berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan komponen-komponen yang diperlukan pada mesin diesel seperti : katup hisap, katup buang, injektor, rocker arm. (Samlawi, 2018)

2.5.2 Katup



Gambar 2.5 Katup

Katup pada mesin diesel terdapat 2 macam yaitu katup hisap dan katup buang. Katup hisap berfungsi sebagai pengatur masuknya udara ke dalam ruang bakar melalui *manifold intake*. Katup buang berfungsi sebagai pengatur keluarnya gas buang sisa pembakaran melalui *manifold exhaust*. (Samlawi, 2018)

2.5.3 Rocker Arm (Pelatuk)



Gambar 2.6 Rocker Arm

Rocker arm adalah bagian dari mesin diesel yang berfungsi sebagai penerus gaya dari camshaft untuk menggerakkan katup. (Samlawi, 2018)

2.5.4 Camshaft



Gambar 2.7 Camshaft

Camshaft adalah bagian dari mesin diesel yang berfungsi sebagai pengatur gerakan katup hisap (*intake*) dan buang (*exhaust*). (Samlawi, 2018)

2.5.5 Piston



Gambar 2.8 Piston

Piston adalah bagian dari mesin diesel yang berfungsi sebagai pembatas ruang bakar ketika piston pada posisi TMA saat langkah kompresi. Selain itu, piston berfungsi untuk memampatkan udara, menerima tekanan pembakaran saat langkah kerja dan meneruskan tekanan pembakaran ke poros engkol melalui batang penghubung (*connecting rod*). (Samlawi, 2018)

2.5.6 Ring Piston



Gambar 2.9 Ring Piston

Ring torak ada dua macam yaitu ring kompresi dan ring oli. Ring kompresi untuk mencegah kebocoran kompresi dan gas pembakarannya, untuk memampatkan udara, serta menyalurkan sebagian panas dari torak ke air pendingin melalui dinding silinder. Ring oli berfungsi untuk mengikis sisa oli yang telah melumasi pada dinding dalam silinder, serta memberi oli pelumas pada bagian ujung kecil batang torak.

Selain itu, ring piston juga berfungsi menyalurkan panas dari piston ke dinding silinder dimana pada dinding silinder didinginkan dengan cara dilewati air pendingin. (Samlawi, 2018)

2.5.7 Batang Penghubung (*Connecting Rod*)



Gambar 2.10 Connecting Rod

Batang Penghubung (*Connecting Rod*) adalah bagian dari mesin diesel yang berfungsi untuk meneruskan tekanan dari piston ke poros engkol serta meneruskan putaran poros engkol ke piston. (Samlawi, 2018)

2.5.8 Dinding Silinder (*Cylinder Liner*)



Cylinder
Liner

Gambar 2.11 Cylinder Liner

Dinding silinder (*cylinder liner*) adalah bagian dari mesin diesel yang berfungsi sebagai tempat piston melakukan semua proses urutan kerja mesin dengan melakukan gerak translasi. Selain itu, dinding silinder (*cylinder liner*) berfungsi sebagai pembatas ruang bakar. (Samlawi, 2018)

2.5.9 Poros Engkol (*Crankshaft*)



Gambar 2.12 Poros engkol (*Crankshaft*)

Poros engkol (*Crankshaft*) adalah bagian dari mesin diesel yang berfungsi sebagai pengubah gerak translasi menjadi gerak rotasi. (Samlawi, 2018)

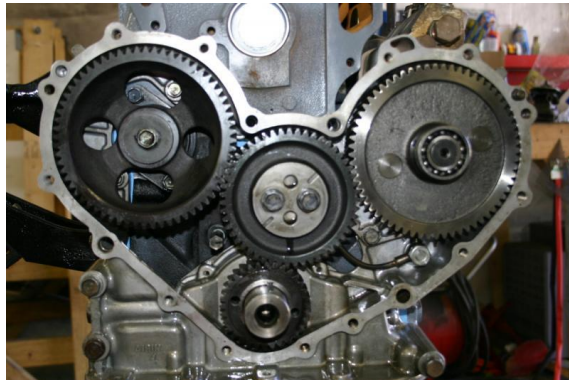
2.5.10 Bearing



Gambar 2.13 Bearing

Bearing adalah bagian dari mesin yang berfungsi sebagai pendukung bagian-bagian yang bergerak sehingga bagian-bagian tersebut tetap berada pada posisi yang diinginkan. (Samlawi, 2018)

2.5.11 Timing Gear



Gambar 2.14 Timing Gear

Timing gear adalah bagian dari mesin yang berfungsi sebagai pengatur saat membuka dan menutup katup serta mengatur waktu pengabutan bahan bakar. (Samlawi, 2018)

2.6 Kerusakan Komponen Mesin Diesel

Dalam mesin diesel terdapat komponen-komponen yang mendukung untuk mesin bekerja dengan baik. Komponen-komponen tersebut dapat mengalami kerusakan. Penyebab kerusakan mesin diesel secara umum dapat bersumber dari tiga kemungkinan kesalahan, yaitu : (Dagel, 1982)

- a. Kesalahan operasi seperti pembakaran awal.
- b. Kesalahan mekanik, yang meliputi kesalahan pada bearing, sistem pendinginan, dan pelumasan.
- c. Kesalahan material yang meliputi cacat dan ketidaksesuaian material.

Komponen-komponen yang dapat mengalami kerusakan antara lain :

2.6.1 Cylinder Head

Kerusakan pada kepala silinder (cylinder head) dapat menyebabkan gangguan kinerja mesin diesel. Dikarenakan kepala silinder ini merupakan bagian yang menjadi pembatas ruang bakar dimana pembakaran pada mesin diesel terjadi. Kerusakan dan penyebab kerusakan pada kepala silinder antara lain :

a. Retak

Keretakan pada kepala silinder diakibatkan karena kelelahan (fatigue) pada logam penyusun kepala silinder. Tekanan pembakaran menyebabkan fatigue pada kepala silinder. Hal ini dikarenakan tekanan pembakaran menyebabkan efek pada thermo mechanical fatigue (TMF). (Ashouri, et al., 2016)



Gambar 2.15 Keretakan Pada Kepala Silinder
Selain itu, keretakan pada kepala silinder dapat dikarenakan oleh panasnya mesin akibat kekurangan pasokan pendingin.

b. Deformasi

Deformasi pada kepala silinder dapat disebabkan oleh mesin yang sudah terlalu panas. Hal ini dikarenakan oleh pendingin mesin yang tidak mampu untuk mendinginkan mesin akibat pembakaran. Pembakaran yang terlalu panas dapat diakibatkan oleh jenis bahan bakar yang digunakan pada mesin diesel. Penyebab lain adalah mesin kekurangan air pendingin.

2.6.2 Piston

Kerusakan piston pada mesin diesel sangat berpengaruh pada proses pembakaran. Hal ini dikarenakan piston merupakan komponen yang bergerak pada silinder liner untuk menekan udara sehingga tercipta udara bertekanan tinggi pada ruang bakar untuk proses pembakaran. Kerusakan pada piston adalah retak. Keretakan pada piston diakibatkan oleh beban termal yang sangat tinggi. Karena ekspansi termal terhambat akibat dari perbedaan suhu pada piston crown yang menyebabkan deformasi plastis di area permukaan. Hal ini menyebabkan keretakan ketika proses pendinginan terjadi.

Kerusakan yang mungkin terjadi pada piston adalah keausan. Hal ini disebabkan karena gesekan dengan silinder liner. Adanya keausan ini adalah karena adanya deposit karbon pada silinder liner akibat dari bahan bakar yang tidak terbakar.

2.6.3 Cylinder Liner

Kerusakan pada silinder liner mengakibatkan bocornya kompresi pada mesin diesel. Hal ini kemudian mengakibatkan gangguan pembakaran pada mesin diesel. Kerusakan pada silinder liner antara lain : deformasi dan retak. Deformasi pada silinder liner diakibatkan oleh terlalu panasnya pembakaran pada mesin diesel. Hal ini dapat diakibatkan oleh kurangnya pasokan pendingin atau sistem pendingin yang tidak mampu untuk mendinginkan silinder liner. Sedangkan untuk keretakan pada silinder liner diakibatkan oleh kelelahan logam silinder liner akibat distribusi panas.

2.6.4 Ring Piston

Kerusakan pada ring piston dapat menyebabkan gangguan kinerja mesin diesel. Karena ring piston merupakan komponen yang mendukung proses pembakaran agar kompresi tidak bocor. Kerusakan pada ring piston antara lain aus dan patah. Ausnya ring piston diakibatkan oleh kasarnya gesekan dengan silinder liner. Hal ini diakibatkan karena adanya deposit karbon pada ruang bakar yang selanjutnya tersapu oleh ring piston. Adanya deposit bahan bakar ini karena kabutan bahan bakar yang kasar akibat gemuknya campuran bahan bakar yang masuk pada ruang bakar. Bahan bakar yang tidak dapat terbakar mengakibatkan pembentukan deposit karbon. (Anonim, 2005)

2.6.5 Connecting Rod

Pada komponen connecting rod, kerusakan dapat mengakibatkan gangguan pada kinerja mesin diesel. Hal ini karena connecting rod menghubungkan piston dengan crankshaft. Sehingga jika connecting rod rusak maka hantaran gaya dari piston ke crankshaft juga akan terganggu. Kerusakan pada connecting rod dapat berupa keretakan atau patahan. Kerusakan tersebut diakibatkan oleh logam yang fatigued pada connecting rod.

2.6.6 Crankshaft

Pada sebuah mesin, komponen crankshaft merupakan bagian yang vital untuk menyalurkan gaya ke roda gila (flywheel). Kerusakan pada crankshaft merupakan hal fatal yang tidak boleh terjadi pada mesin. Kerusakan pada crankshaft antara lain : deformasi, retak bahkan patah. Hal ini disebabkan karena tegangan dan regangan yang terlalu besar pada crankshaft.

Kerusakan itu akibat gaya yang diterima crankshaft terlalu besar, sehingga material crankshaft tidak mampu menerima hingga terjadilah kelelahan material (fatigue). (Witek, et al., 2017)

2.6.7 Injektor

Injektor merupakan komponen yang vital pada sebuah mesin. Fungsi dari injektor adalah mengkabutkan bahan bakar ke dalam ruang bakar. Untuk memperoleh pembakaran yang baik injektor tidak boleh bermasalah atau bahkan rusak. Masalah yang terjadi pada injektor antara lain mampet dan tidak dapat mengkabutkan bahan bakar. Masalah pada injektor ini akibat dari bahan bakar yang tidak terkabutkan dengan baik sehingga dalam ruang bakar tidak terbakar sempurna. Akibatnya terbentuklah deposit karbon yang kemudian menempel pada nosel injektor. Tidak terkabutnya bahan bakar secara sempurna adalah sifat bahan bakar yang viskositasnya tinggi. Hal ini mengakibatkan jarum pada nosel injektor menempel dan tidak dapat menutup secara sempurna. (Wielligh, et al., 2004)

2.6.8 Bearing

Komponen bearing merupakan komponen pendukung gerak rotasi pada crankshaft dan connecting rod. Komponen ini tidak boleh bermasalah agar gerak dari connecting rod tetap pada posisi yang diinginkan. Masalah yang dapat terjadi pada bearing antara lain : meleleh, retak, dan tergores terlalu banyak dan dalam. Bearing dapat meleleh akibat kurangnya minyak pelumas. Akibat dari kurangnya minyak pelumas adalah bearing menjadi terlalu panas (*overheat*). Keretakan pada bearing dapat disebabkan oleh logam penyusun yang fatigue. Hal ini dikarenakan digunakannya bearing dalam waktu yang lama sehingga tidak mampu untuk menerima beban lagi. Sedangkan masalah goresan pada bearing dapat disebabkan oleh minyak pelumas yang kotor. Kotornya minyak pelumas dapat diakibatkan dari hasil pembakaran yaitu deposit karbon atau dari kontaminasi logam penyusun komponen mesin diesel.

2.7 Logam Penyusun Komponen Mesin Diesel

Komponen mesin diesel terbuat dari logam yang bersifat keras dan kuat.

Berikut beberapa logam penyusun komponen mesin diesel.

2.7.1 Besi (Fe)

Pada mesin, besi adalah logam penyusun paling banyak. Logam besi tersebut dihasilkan dari silinder liner, crankshaft, gear, katup, dan shaft. Logam besi dapat menjadikan bahaya bagi mesin apabila bereaksi dengan air yang mengandung oksigen dan oksigen dari udara bebas. Reaksi tersebut dapat menyebabkan karat pada komponen mesin. Apabila karat terbentuk maka dapat mengindikasikan keausan pada komponen mesin (Evans, 2010).

- 2.7.2 Aluminium (Al)
Aluminium adalah salah satu logam penyusun komponen mesin diesel. Aluminium paling banyak ditemukan pada piston. Hampir semua piston terbuat dari aluminium atau paduannya (Evans, 2010).
- 2.7.3 Krom (Cr)
Pada sebuah mesin, piston ring normalnya diproduksi dari krom atau dilindungi dengan krom. Terkadang krom juga dipakai untuk melapisi silinder liner (Evans, 2010).
- 2.7.4 Nikel (Ni)
Nikel paling banyak dijumpai sebagai pelapis besi pada komponen bearing pada lapisan terluar. Selain pada bearing, nikel juga terdapat pada komponen katup dan selongsong katup (Evans, 2010).
- 2.7.5 Mangan (Mn)
Mangan dapat ditemukan pada paduan dengan besi sebagai penyusun komponen shaft, katup, gear dan bearing (Evans, 2010).

2.8 Sistem Pelumasan

Sistem pelumasan adalah suatu sistem yang berfungsi untuk melumasi komponen-komponen yang saling bergesekkan dan mencegah berkaratnya bagian-bagian engine yang bergerak translasi maupun rotasi. Tujuannya untuk mempertahankan umur dan daya tahan komponen sesuai dengan umur ekonomisnya. (Nurcahyo, 2017)

Sistem pelumasan pada mesin diesel dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu :

1. Pelumasan Basah (Wet Sump)
Sistem pelumasan basah adalah suatu sistem pelumasan yang menggunakan tangki oli pada bak engkol (karter) sehingga ruang bak engkol selalu basah. Pada pelumasan ini proses pelumasannya lebih sempurna, karena dalam tangki oli selalu basah oleh oli dan pada bak engkol selalu terkena oli sehingga proses kerja mesin lebih baik. (Putro, 2007)
2. Pelumasan Kering (Dry Sump)
Sistem pelumasan kering adalah suatu sistem pelumasan dimana pada tangki minyak pelumas di tempatkan di ruang mesin sehingga karter selalu kering. Sistem pelumasan ini minyak pelumas mengalir dari bak minyak pelumas yang berada di luar mesin, kemudian mengalir ke bagian-bagian yang perlu dilumasi dengan perantara pompa minyak pelumas. (Putro, 2007)

2.9 Minyak Pelumas

Mesin diesel adalah salah satu jenis mesin yang menggunakan minyak pelumas dengan spesifikasi tertentu untuk dapat melumasi mesin dengan baik karena gesekan pada bagian-bagian mesin yang bergerak.

Bahan dasar minyak pelumas adalah bahan-bahan yang digunakan dalam proses pelumasan terutama pada komponen-komponen mesin yang bergerak. Minyak pelumas berdasarkan bahan dasarnya dapat dibagi menjadi beberapa macam, yaitu :

- **Minyak Pelumas Mineral**
Minyak ini diperoleh dari hasil pengolahan bahan tambang dengan cara penyulingan serta terdapat penambahan zat aditif tertentu. Minyak ini memiliki harga relative murah, bahan-bahanya tidak mengandung racun, waktu pemakaiannya lama dan tidak merusak komponen. (Nurcahyo, 2017)
- **Minyak Pelumas Alami**
Minyak ini dibuat dari bahan dasar alami yang berasal dari tumbuh-tumbuhan seperti : kelapa sawit, kopra, dan ada juga yang berasal dari minyak hewan. (Nurcahyo, 2017)
- **Minyak Pelumas Sintetis**
Minyak pelumas dapat dibuat dari minyak mineral atau alami yang sudah ditambahkan bahan-bahan kimia. Selain minyak pelumas cair, ada juga minyak pelumas setengah padat. Bahan pelumas ini disebut gemuk (*grease*) yang berasal dari minyak mineral yang dipadatkan dengan sabun metallic. (Nurcahyo, 2017)

Tujuan pelumasan adalah untuk memelihara mesin atau peralatan agar dapat berfungsi dengan optimal dan dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama. Fungsi pelumasan antara lain :

- ❖ **Fungsi Pelumasan**
Minyak pelumas memiliki fungsi pelumasan yang berarti minyak pelumas ini akan melumasi permukaan dari bagian-bagian mesin yang bersinggungan karena bagian-bagian tersebut adalah berbahan metal. Minyak pelumas akan melumasi permukaan metal dengan membentuk lapisan oli (*film oil*). Lapisan oli (*film oil*) mencegah kontak langsung antara permukaan metal yang bersinggungan sehingga mencegah keausan. (Putro, 2007)
- ❖ **Fungsi Pencegah Kebocoran**
Minyak pelumas memiliki fungsi pencegah kebocoran yang berarti minyak pelumas ini akan membentuk lapisan antara ring piston dengan silinder liner untuk mencegah kebocoran kompresi sehingga kompresi dapat berlangsung dengan lebih optimal. (Putro, 2007)

- ❖ Fungsi Pembersih
Minyak pelumas memiliki fungsi pembersih yang berarti minyak pelumas ini akan membersihkan kotoran yang menempel pada komponen mesin akibat pembakaran (deposit). Karena kotoran yang menempel tersebut akan menambah hambatan dalam gesekan antar komponen. (Putro, 2007)
- ❖ Fungsi Pendingin
Minyak pelumas memiliki fungsi pendingin yang berarti minyak pelumas ini akan mendinginkan komponen mesin. Karena pembakaran pada mesin menimbulkan panas yang tinggi, panas yang tinggi akan menyebabkan keausan yang semakin cepat jika tidak didinginkan. Untuk itu minyak pelumas juga harus disirkulasi agar dapat menyerap panas dari komponen-komponen mesin dan mengeluarkan panas dari mesin. (Putro, 2007)
- ❖ Fungsi Anti Korosif
Minyak pelumas memiliki fungsi anti korosif yang berarti minyak pelumas ini akan mencegah korosi pada komponen mesin. Korosi pada komponen mesin diakibatkan oleh terbentuknya asam selama proses pembakaran bahan bakar berlangsung. Karena pada suhu mesin dalam keadaan mesin dihidupkan, asam-asam yang terbentuk berupa gas yang akan dibuang melalui emisi gas buang, tetapi dalam keadaan temperatur rendah asam-asam ini akan berkondensasi dan akibatnya mesin menjadi korosi pada komponen mesin. Untuk itu, minyak pelumas memiliki sifat basa untuk menetralkan asam yang terjadi akibat proses pembakaran. (Putro, 2007)

Untuk dapat berfungsi dengan baik, minyak pelumas harus zat aditif yang dicampurkan pada minyak pelumas. Zat-zat yang digunakan sebagai aditif yang sering ada pada minyak pelumas adalah :

- Anti oksidan
Anti oksidan adalah zat pencegah terjadinya oksidasi dan bahan kimia yang digunakan adalah sulfides dan sulfurides. Bahan anti oksidan ditambahkan untuk mencegah proses terjadinya oksidasi pada minyak pelumas. Terjadinya proses oksidasi akan terbentuk zat-zat kimia. Zat-zat kimia yang terbentuk akan bereaksi dengan logam-logam mesin sehingga mengakibatkan terjadinya karat dan membentuk lumpur di karter. (Putro, 2007)
- Deterjen
Pembakaran yang terjadi pada mesin akan mengakibatkan kotoran pada komponen mesin dan turun ke ruang oli (karter). Apabila kotoran tersebut terkumpul maka dapat menghambat aliran minyak pelumas keseluruhan bagian mesin.

Deterjen sebagai bahan aditif dapat berfungsi menyebarkan partikel-partikel kotoran sehingga terkumpulnya kotoran dapat dihindari. (Putro, 2007)

- Emulsifier
Air yang terlepas dari emulsinya dapat menyebabkan kontak langsung dengan logam, akibatnya akan menyebabkan logam mudah korosi. Untuk mengurangi emulsi air maka ditambahkan emulsifier untuk mempertahankan emulsi antara minyak dengan air. (Putro, 2007)
- Anti Foam
Bagian-bagian mesin yang bergesekan dengan kecepatan tinggi dapat menyebabkan udara masuk ke dalamnya. Akibat dari gesekan tersebut adalah adanya buih yang dapat menyebabkan mengganggu sistem pelumasan. Untuk menghindari adanya buih pada minyak pelumas ditambahkan zat anti buih (*anti foam*) untuk memisahkan gelembung-gelembung yang terbentuk. (Putro, 2007)
- Dispersant
Dispersant digunakan untuk mendepres lumpur yang terjadi dan biasanya digunakan bahan kimia *palymer* dari *acrylic*, *methacrylic*. (Putro, 2007)
- *Corrosion Inhibitors*
Corrosion Inhibitors digunakan untuk melindungi logam-logam non ferrous dalam mesin. Bahan kimia yang digunakan adalah *metal-ditheophos phates* dan *metal dicarbonates*. (Putro, 2007)

2.10 Klasifikasi Minyak Pelumas

Beberapa model engine memerlukan jenis oli yang berbeda, jenis oli yang digunakan haruslah sesuai dengan spesifikasi engine tersebut dengan memperhatikan literature yang sesuai. Jenis oli menyatakan kinerja oli itu sendiri seperti deterjennya, dispersant (additive yang bersifat untuk mencegah terjadinya gumpalan pada oli apabila oli mulai kotor karena karbonasi ataupun hal lainnya), dan daya tahan terhadap terjadinya kerusakan.

SAE (*Society of Automotive Engineers*) mengklasifikasikan minyak pelumas menurut tingkat kekentalanya (viskositas) pada temperatur 40°C, 100°C dan beberapa temperatur rendah (dibawah 0°C). minyak pelumas dengan SAE 20W-50 berarti minyak pelumas tersebut mudah mengalir dan tertuang seperti pelumas encer dengan tingkat kekentalan SAE 50 pada temperatur operasi mesin yang relative tinggi. (Nurchahyo, 2017)

API (*American Petroleum Institute*) membuat klasifikasi untuk menunjukkan kinerja minyak pelumas berdasarkan atas penggunaan dan beban. Motor bensin diberi kode "S" singkatan dari *service* atau *spark* sedangkan untuk motor diesel diberi kode "C" singkatan dari *commercial* atau *compression*. Huruf awal tersebut diikuti dengan huruf alphabet yang dimulai berurutan dengan huruf A untuk spesifikasi minyak pelumas. (Nurchahyo, 2017)

API (*American Petroleum Institute*), ASTM (*American Society for Testing Materials*) dan SAE (*Society of Automotive Engineers*) membentuk system klasifikasi pelumas API sebagai usaha bersama. System klasifikasi itu merupakan metode mengklasifikasikan minyak pelumas menurut sifat-sifat kinerjanya serta berkaitan dengan jenis tugas yang dimaksud. Klasifikasi “S” *service station/mesin pengapian busi* :

- a. SA spesifikasi kuno (tidak digunakan lagi).
- b. SB digunakan untuk motor bensin dengan tugas ringan (jarang digunakan).
- c. SC digunakan untuk mesin kendaraan buatan antara tahun 194-1967.
- d. SD digunakan untuk mesin kendaraan buatan antara tahun 1968-1790.
- e. SE digunakan untuk mesin kendaraan buatan tahun 1971 ke atas.
- f. SF digunakan untuk mesin kendaraan buatan tahun 1980 ke atas.
- g. SG digunakan untuk mesin kendaraan buatan tahun 1989 ke atas.
- h. SH digunakan untuk mesin kendaraan buatan tahun 1993 ke atas.
- i. SJ digunakan untuk mesin kendaraan buatan tahun 1997 ke atas.
- j. SL digunakan untuk mesin kendaraan buatan tahun 2001 ke atas. (Nurchahyo, 2017)

Minyak pelumas untuk motor diesel diberikode “C” (Commercial atau Compression) dengan diikuti secara alfabetis.

- a. CA digunakan untuk motor diesel dengan tugas ringan (tidak digunakan lagi).
- b. CB digunakan untuk motor diesel dengan tugas ringan (tidak digunakan lagi).
- c. CC digunakan untuk motor diesel dengan tugas sedang sampai berat.
- d. CD digunakan untuk motor diesel dengan tugas berat yang dilengkapi dengan “*supercharger*” atau “*turbocharger*”
- e. CD-2 digunakan untuk motor diesel dua langkah.
- f. CE digunakan untuk motor diesel dengan tugas berat dengan “*turbo/supercharger*” (tidak digunakan lagi).
- g. CF digunakan untuk motor diesel buatan 1994 ke atas.
- h. CF-2 digunakan untuk motor diesel dua langkah.
- i. CF-4 digunakan untuk motor diesel empat langkah dengan tugas berat buatan tahun 1990 dan beroperasi dengan kecepatan tinggi.

- j. CG-4 digunakan untuk motor diesel empat langkah dengan tugas berat buatan tahun 1994 dan beroperasi dengan kecepatan tinggi serta beban berat.
- k. CH-4 digunakan untuk motor diesel kecepatan tinggi buatan tahun 1998 ke atas.
- l. CI-4 digunakan untuk motor diesel empat langkah dengan tugas berat yang memenuhi standar emisi gas buang.

Selain itu ada juga jenis minyak pelumas seperti API CC-SE, maksudnya adalah minyak pelumas tersebut digunakan pada motor diesel (CC), maupun motor bensin (SE). (Nurchahyo, 2017)

2.11 Karakteristik Minyak Pelumas

2.10.1 Viskositas

Viskositas menggambarkan perilaku aliran suatu fluida. Viskositas minyak pelumas berkurang ketika suhu naik dan akibatnya diukur pada suhu tertentu (misalnya 40°C). Viskositas pelumas menentukan ketebalan lapisan oli antara permukaan logam dalam gerakan timbal balik. Unit pengukuran viskositas yang paling banyak digunakan adalah centistoke (cSt). (Eni in France, 2012)

2.10.2 Jumlah Basa Total (*Total Base Number*)

Menunjukkan tinggi rendahnya ketahanan minyak pelumas terhadap pengaruh keasaman, biasanya pada minyak pelumas baru. Setelah minyak pelumas tersebut dipakai dalam jangka waktu tertentu, maka nilai TBN ini akan menurun. (Galbi, et al., 2016)

2.10.3 Indeks Viskositas

Indeks viskositas adalah karakteristik yang digunakan untuk menunjukkan variasi dalam viskositas minyak pelumas dengan perubahan suhu. Semakin tinggi tingkat indeks viskositas maka semakin rendah variasi viskositas pada perubahan suhu. Akibatnya, jika dua pelumas dengan viskositas yang sama dipertimbangkan pada suhu 40°C, yang memiliki indeks viskositas lebih tinggi akan menjamin start engine yang lebih baik pada suhu rendah karena gesekan internal yang lebih rendah dan stabilitas dari film pelumas yang lebih tinggi pada suhu tinggi. (Eni in France, 2012)

2.10.4 Titik Tuang (*Pour Point*)

Pour point adalah perkiraan indikasi temperatur terendah di minyak mulai dapat mengalir dengan sendirinya (gravitasi) tanpa dorongan apapun. Ini menggambarkan kemampuan pelumas, selain bisa mengalir dengan cepat dari tangki menuju inlet pump, yang pada akhirnya akan menimbulkan keausan. Jika pelumas mempunyai pour point yang rendah biasanya akan memudahkan penyalan mesin. (Muharromah, 2018)

2.10.5 Titik Nyala (*Flash Point*)

Titik nyala dapat didefinisikan sebagai suhu terendah di mana cairan menghasilkan uap yang cukup untuk menyala sesaat setelah penerapan kondisi pengujian tertentu. Titik nyala diukur sebagai properti cair berbasis suhu, menggunakan peralatan standar dan pada suhu standar dan suhu atmosfer. (Campbell, et al., 1998)

2.12 Jurnal State of The Art

Beberapa jurnal yang menunjukkan pengaruh biodiesel terhadap minyak pelumas antara lain :

Tabel 2.3 Jurnal State of The Art

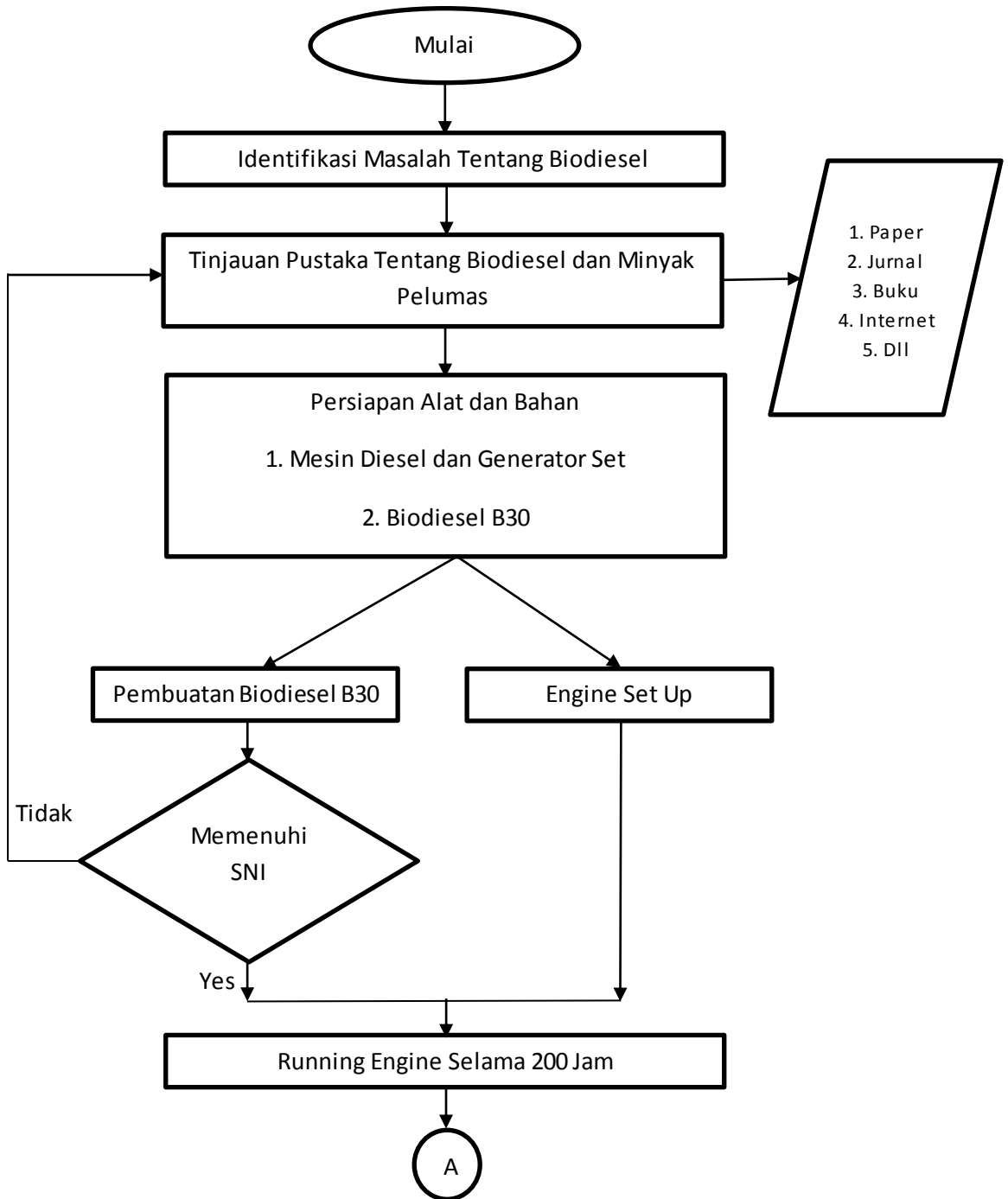
No	Penulis	Tahun	Judul	Isi
1	M. Gulzar, H.H. Masjuki, M. Varman, M.A. Kalam, N.W.M. Zulkifli, R.A. Mufti, A.M. Liaquat, Rehan Zahid, A. Arslan	2015	Effects Of Biodiesel Blends On Lubricating Oil Degradation And Piston Assembly Energy Losses	<ul style="list-style-type: none"> - Penggunaan biodiesel B20 minyak kelapa sawit menyebabkan penurunan angka viskositas dari minyak pelumas dari 16,1 cSt ke 10,7 cSt. - Menyebabkan peningkatan angka densitas dari 0,865 g/cm³ ke 0,903 g/cm³.
2	Rizqon Fajar, Ihwan Haryono, dan Misbah Kuddin	2007	Uji Ketahanan 100 Jam Mesin Genset 27 KW Menggunakan Coco-Diesel	<ul style="list-style-type: none"> - Kelarutan coco-diesel mencapai 3,5% pada jam ke 50, dan 6% pada jam ke 100. - Kandungan besi, aluminium, dan krom telah melewati ambang batas.
3	Imam Nurhadi, S.T.	2015	Pengaruh Penggunaan Biodiesel Terhadap Performa Dan Komponen Utama Pada Motor Pokok Kri Weling-822.	<ul style="list-style-type: none"> - Menyebabkan keausan pada komponen yang memiliki kandungan logam aluminium

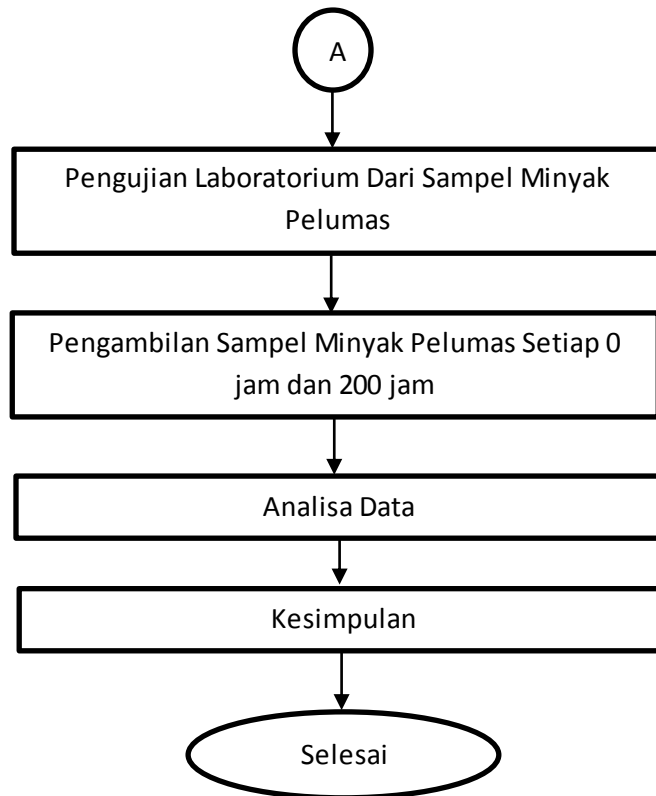
Tabel 2. 4 Lanjutan Jurnal State of The Art

No	Penulis	Tahun	Judul	Isi
4	Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral	2015	Laporan Kajian & Uji Pemanfaatan Biodiesel B20	- Terjadi kenaikan viskositas, penurunan angka TBN, dan terdapat keausan logam yang lebih besar pada minyak pelumas pada bahan bakar B20 dibandingkan dengan B0.

‘Halaman Sengaja Dikosongkan’

BAB III METODE PENELITIAN





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.1 Identifikasi Masalah Tentang Biodiesel

Identifikasi masalah tentang biodiesel pada penelitian ini ditujukan untuk masalah tentang biodiesel yang terdapat dilapangan. Selanjutnya penelitian ini akan ditujukan untuk menyelesaikan masalah tentang biodiesel yang terdapat dilapangan.

3.2 Tinjauan Pustaka

Studi literatur dilakukan dengan pengumpulan referensi-referensi mengenai biodiesel dan efeknya terhadap minyak pelumas dan komponen mesin. Cara pembuatan biodiesel dengan menggunakan minyak kelapa sawit. Literatur-literatur tersebut didapatkan dari text book, internet, artikel, jurnal, paper dan laporan skripsi.

3.3 Persiapan Alat dan Bahan

Pada tahap ini dilakukan persiapan-persiapan untuk dapat melaksanakan eksperimen, persiapan-persiapan tersebut berupa :

3.3.1 Persiapan Motor Diesel dan Generator

Motor diesel yang di gunakan dalam eksperimen dan nantinya akan diambil data mengenai pengaruh penggunaan biodiesel terhadap degradasi minyak pelumas dan keausan komponen mesin diesel. Mesin yang digunakan dalam eksperimen ini adalah mesin Dong Feng R180. Spesifikasi mesin Dong Feng R180 dapat dilihat pada tabel 3.1.

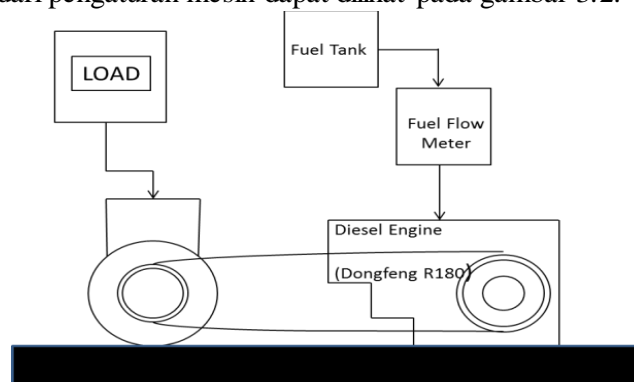
Tabel 3.1 Spesifikasi Mesin Diesel Dong Feng R 180

Brand	:	Dong Feng
Model	:	R 180
Tipe	:	Inline, 1 Silinder, 4 Langkah, Direct Injection
Bore x Stroke	:	85 x 87 mm
Piston Displacement	:	493 cc
Daya/Putaran (RPM)	:	5,5 kW/2200 RPM
Torsi Maksimum	:	3,44 kg.m / 1600 rpm
Jenis Minyak Pelumas	:	SAE 40
Kapasitas Minyak Pelumas	:	2,2 liter
Rasio Kompresi	:	18 : 1

Peralatan penunjang selain mesin yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Minyak pelumas Pertamina Mesran B SAE 40.
2. Stopwatch
3. Tachometer
4. Electric Dynamometer
5. Panel Kontrol
6. Beban

Skema dari pengaturan mesin dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Pengaturan Mesin

Variabel-variabel yang akan digunakan saat eksperimen dan analisa data dari hasil eksperimen setelah dilakukan kerja mesin selama 200 jam antara lain :

- A. Variabel Bebas
 - 1) Bahan Bakar
 - Bahan Bakar Biosolar Pertamina
 - Bahan Bakar B30
 - 2) Uji Ketahanan
 - Low Idle (putaran mesin diatur pada 850 rpm tanpa beban)
 - High Idle (putaran mesin diatur pada 1980 rpm dengan beban 750 watt)
 - Rated Power (putaran mesin diatur pada 2200 rpm dengan beban 2500 watt)
 - Peak Torque (putaran mesin diatur pada 1900 rpm dengan beban 3000 watt)
- B. Variabel Kontrol
 - 1) Minyak Pelumas Mesran B SAE 40
 - 2) Waktu Pengambilan Data 0 jam dan 200 jam.
- C. Variabel Terikat
 - 1) Sifat Fisika Minyak Pelumas
 - Viskositas Kinematis
 - Indeks Viskositas
 - Titik Nyala (*Flash Point*)
 - Titik Tuang (*Pour Point*)
 - *Total Base Number (TBN)*
 - 2) Kandungan Logam Pada Minyak Pelumas
 - Besi (Fe)
 - Aluminium (Al)
 - Krom (Cr)

3.3.2 Pembuatan Biodiesel

Dalam pembuatan biodiesel kelapa sawit diperlukan persiapan bahan dan alat.

Berikut bahan dan alat yang digunakan adalah :

- a. Minyak Kelapa Sawit
- b. Metanol
- c. KOH
- d. Kompor gas
- e. Thermometer
- f. Pippet
- g. Wadah stainless steel
- h. Timbangan
- i. Gelas ukur
- j. Akuades

Untuk dapat membuat biodiesel minyak kelapa sawit dilakukan langkah sebagai berikut :

1. Proses pembuatan larutan metoksid

Pembuatan larutan metoksid dilakukan dengan mencampurkan metanol dan KOH dengan perbandingan 1 : 6. Untuk setiap kebutuhan 1 liter minyak sawit, dibutuhkan methanol sebanyak 166 ml metanol dan 4 gram KOH. Campuran kemudian diaduk rata.



Gambar 3.3 Metanol dan KOH

2. Proses transesterifikasi

Sampel dan larutan metoksid dimasukkan ke dalam wadah. Campuran kemudian diaduk dengan menggunakan stirrer sambil dipanaskan menggunakan pemanas dengan suhu dijaga 65°C selama 1 jam. Setelah dilakukan pemanasan dan pengadukan dengan menggunakan stirrer, campuran didiamkan selama 1 malam untuk memisahkan antara metil ester dan gliserin. Produk atas berupa metil ester dan produk bawah berupa gliserin (Ristianingsih, et al., 2015).



Gambar 3.4 Proses Transesterifikasi

3. Proses pencucian

Metil ester dimasukkan ke dalam wadah untuk dilakukan proses pencucian. Selanjutnya, ditambahkan akuades ke dalam wadah dengan perbandingan 1 : 1 dengan metil ester. Kemudian ditambahkan cuka sebanyak 0,5% dari 1000ml metil ester. Proses pencucian ini menggunakan cara pembublean dengan memanfaatkan gelembung udara untuk mengikat gliserol yang sudah terikat dengan metanol dengan air. Proses ini membutuhkan waktu minimal 8jam. (Ristianingsih, et al., 2015).



Gambar 3.5 Proses Pencucian

4. Proses Pengendapan
Setelah larutan dibuble selama 8 jam, kemudian larutan didiamkan selama 24 jam agar larutan terpisah antara gliserol dengan metil ester.



Gambar 3.6 Proses Pengendapan

5. Proses pengeringan
Hasil pencucian berupa metil ester dikeluarkan dan dimasukkan ke dalam gelas kaca, kemudian dikeringkan dengan cara dipanaskan dengan suhu 80-100°C. Proses ini ditujukan untuk mengurangi kadar air dalam minyak. Metil ester hasil pengeringan tersebut didinginkan hingga suhu kamar. (Ristianingsih, et al., 2015)
6. Biodiesel kelapa sawit
Setelah melalui proses pengeringan, akan dihasilkan metil ester atau biodiesel dengan pengurangan volume sebanyak 20%.



Gambar 3.7 Biodiesel Kelapa Sawit

3.4 Running Engine

Eksperimen pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil dari penggunaan biodiesel terhadap minyak pelumas dan keausan komponen mesin. Cara pengujian yang direkomendasikan *Engine Manufacture Association* adalah :

- Low idle yaitu motor diesel dioperasikan tanpa beban dimana kecepatannya adalah kecepatan yang direkomendasikan oleh pabrikan mesin untuk mencapai idle langkah ini dilakukan selama 30 menit.
- High idle yaitu motor diesel dioperasikan dengan besarnya beban 25% dari maksimum torsi dan kecepatan diatur sebesar 90% dari rated power speed. Langkah ini dilakukan selama 30 menit.
- Rated power speed yaitu pengoperasian mesin diesel pada kecepatan maksimum sesuai dengan spesifikasi mesin tersebut kemudian beban diatur hingga putaran menjadi *specific rated speed* dari pabrikan mesin. Langkah ini dilakukan selama 60 menit.
- Maximum torque yaitu pengoperasian kecepatan penuh kemudian beban diberikan hingga putaran mesin menjadi putaran pada torsi maksimal sesuai dengan yang disebutkan oleh pabrikan mesin. Langkah ini dilakukan selama 60 menit (Peterson, et al., 1999).

Siklus diatas dilakukan hingga didapatkan akumulasi waktu 200 jam.

3.5 Pengambilan Sampel Minyak Pelumas

Pengambilan sampel minyak pelumas pada penelitian ini dilakukan dengan cara mengambil minyak pelumas dari mesin yang telah dijalankan sebanyak 100 ml. Pengambilan sampel minyak pelumas diambil setiap 0 jam, dan 200 jam. Hal ini dilakukan untuk melakukan pengujian sampel di laboratorium.

3.6 Pemeriksaan Laboratorium

Pemeriksaan laboratorium pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik atau sifat dari minyak pelumas dari mesin yang dijalankan dengan menggunakan biodiesel dan minyak solar. Karakteristik minyak pelumas yang diperiksa adalah viskositas kinematik, indeks viskositas, total base number (TBN), titik nyala (*flash point*), titik tuang (*pour point*) dan kandungan logam yang terdapat pada minyak pelumas.

3.7 Analisa Data

Analisa data dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dan menganalisa lebih dalam terhadap pengaruh penggunaan biodiesel minyak kelapa sawit terhadap degradasi minyak pelumas dan keausan pada komponen mesin diesel. Analisa data ini akan menjawab tujuan penelitian yang sudah dijelaskan sebelumnya. Data yang diperlukan untuk dapat menganalisa pengaruh penggunaan biodiesel minyak kelapa sawit terhadap degradasi minyak pelumas dan keausan pada komponen mesin diesel adalah data dari penelitian laboratorium sebelumnya. Data-data tersebut antara lain angka viskositas kinematik, indeks viskositas, total base number (TBN), titik nyala (*flash point*), titik tuang (*pour point*) dan kandungan logam yang terdapat pada minyak pelumas.

3.8 Kesimpulan

Pada tahap kesimpulan ini data yang dihasilkan dan telah dianalisa dapat disimpulkan apakah penelitian tersebut sesuai dengan hipotesa dan mampu menjawab tujuan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengukuran dan Pengujian

4.1.1 Deposit Komponen

Untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit terhadap proses pembakaran, dilakukan pengukuran massa deposit. Pengukuran massa deposit dilakukan dengan cara mengambil deposit dari beberapa bagian komponen mesin diesel yang selanjutnya ditimbang untuk mengetahui massanya. Pengambilan deposit dilakukan pada beberapa komponen mesin diesel yaitu injektor, piston, dan kepala silinder (*cylinder head*).

a. Massa Deposit Komponen Mesin Diesel Berbahan Bakar Pertamina Dexlite

Tabel 4.1 Massa Deposit Komponen Mesin Diesel Berbahan Bakar Pertamina Dexlite

No	Komponen	Massa Deposit Penimbangan 1	Massa Deposit Penimbangan 2	Massa Deposit Penimbangan 3	Massa Rata-Rata
1	Injektor	0,04 g	0,04 g	0,04 g	0,04 g
2	Kepala Silinder (<i>Cylinder Head</i>)	0,67 g	0,67 g	0,68 g	0,673 g
3	Piston	0,30 g	0,29 g	0,29 g	0,293 g
Total Massa Deposit					1,006 g

b. Massa Deposit Komponen Mesin Diesel Berbahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

Tabel 4.2 Massa Deposit Komponen Mesin Diesel Berbahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

No	Komponen	Massa Deposit Penimbangan 1	Massa Deposit Penimbangan 2	Massa Deposit Penimbangan 3	Massa Rata-Rata
1	Injektor	0,05 g	0,04 g	0,04 g	0,043 g
2	Kepala Silinder (<i>Cylinder Head</i>)	0,56 g	0,57 g	0,56 g	0,563 g
3	Piston	0,36 g	0,36 g	0,35 g	0,357 g
Total Massa Deposit					0,963 g

4.1.2 Sifat Fisika dan Kandungan Logam Pada Minyak Pelumas

Untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit terhadap degradasi minyak pelumas, dilakukan pengujian minyak pelumas. Pengujian dilakukan dengan mengambil sampel minyak pelumas setelah diuji pada mesin dengan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit selama 200 jam. Selanjutnya sampel diuji pada laboratorium untuk diuji sifat dari minyak pelumas tersebut. Sifat minyak pelumas yang diuji antara lain viskositas kinematis pada suhu 40°C, viskositas kinematis pada 100°C, indeks viskositas, titik nyala, titik tuang, total base number (TBN) dan kandungan air. Selain itu, juga dilakukan pengujian kandungan logam pada minyak pelumas untuk menganalisa keausan logam komponen mesin diesel.

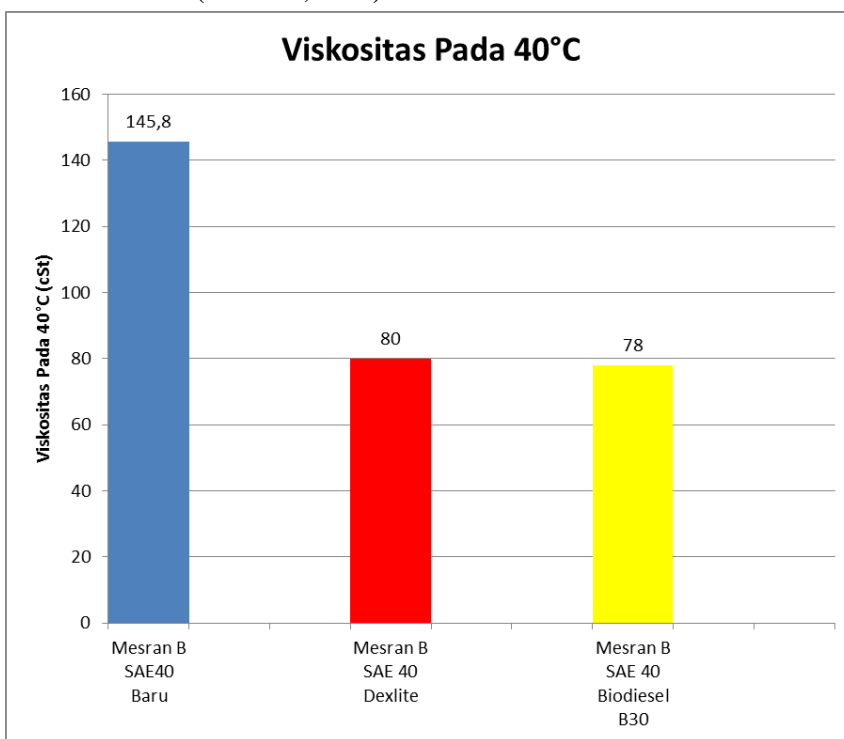
Tabel 4.3 Sifat Fisika Minyak Pelumas Sebelum Pengujian dan Setelah Pengujian

No	Sifat Fisika	Pelumas Pertamina Mesran B40 Baru	Pelumas Pertamina Mesran B SAE 40 Diuji Dengan Pertamina Dexlite	Pelumas Pertamina Mesran B SAE 40 Diuji Dengan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit	Metode
1	Viskositas 40°C	145,80 cSt	80 cSt	78 cSt	Viskometri
2	Viskositas 100°C	14,90 cSt	14 cSt	7 cSt	Viskometri
3	Indeks Viskositas	102	99	107	ASTM D 2270
4	Titik Nyala (Flash Point)	230 °C	>230°C	>230°C	ASTM D 93
5	Titik Tuang (Pour Point)	-12 °C	-3 °C	0 °C	ASTM D 97
6	Total Base Number (TBN)	11,70 mgKOH/g	11,38 mgKOH/g	10,84 mgKOH/g	ASTM D 2896-03
7	Kandungan Air	0,0786 %	3,733 %	0,1307 %	Gravimetri
8	Kandungan Logam				
	Aluminium (Al)	-	6,26 mg/l	7,5 mg/l	Flame AAS
	Krom (Cr)	-	1,34 mg/l	1,35 mg/l	Flame AAS
	Besi (Fe)	-	<0,006 mg/l	<0,006 mg/l	Flame AAS

4.2 Analisa Degradasi Minyak Pelumas Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite dan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

4.2.1 Viskositas

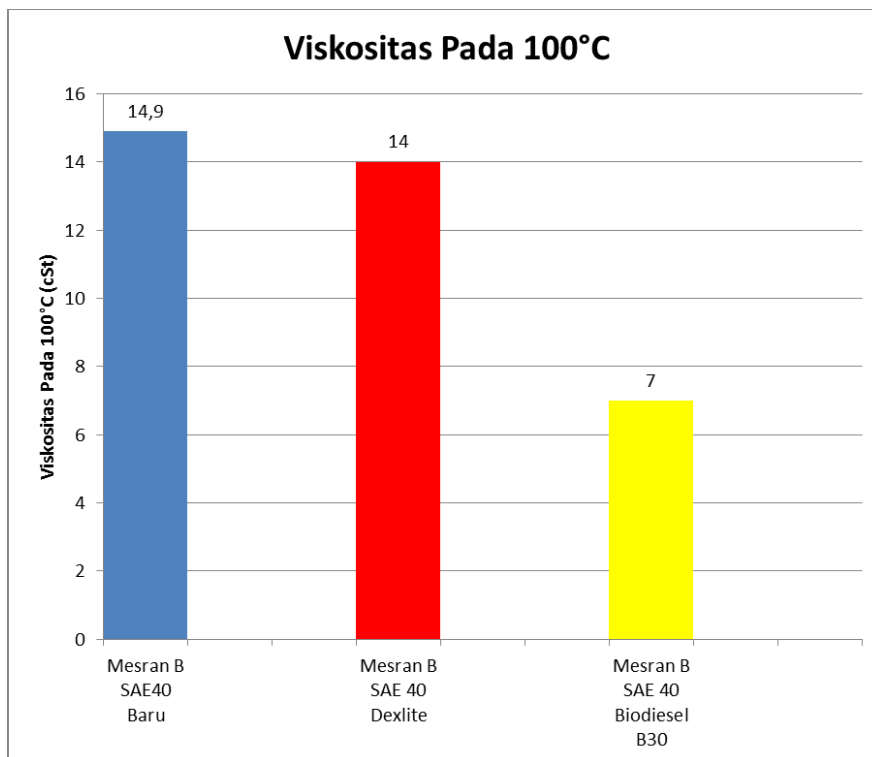
Viskositas menggambarkan perilaku aliran suatu fluida. Viskositas minyak pelumas berkurang ketika suhu naik dan akibatnya diukur pada suhu tertentu (misalnya 40°C). Viskositas pelumas menentukan ketebalan lapisan oli pada permukaan logam komponen mesin. Unit pengukuran viskositas yang paling banyak digunakan adalah centistoke (cSt) (Eni in France, 2012). Pada penelitian ini viskositas kinematis diuji untuk mengetahui degradasi dari minyak pelumas yang telah digunakan dalam pengujian. Degradasi maksimum yang diperbolehkan dalam viskositas minyak pelumas untuk high speed diesel adalah berkurang 25% atau bertambah 30% (CIMAC, 2011).



Grafik 4.1 Viskositas Pada Suhu 40°C Minyak Pelumas Setelah Diuji Dengan Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dexlite dan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

Pada pengujian ini penggunaan biodiesel B30 minyak kelapa sawit berpengaruh pada perubahan viskositas pada suhu 40°C. Ini dibuktikan dengan hasil pengujian yang dapat dilihat pada grafik 4.1 yang menunjukkan perubahan nilai viskositas akibat penggunaan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit lebih besar daripada penggunaan bahan bakar Pertamina Dexlite.

Penggunaan dengan bahan bakar Pertamina Dexlite mengalami penurunan viskositas sebesar 45,13%. Sedangkan pada minyak pelumas dengan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit mengalami penurunan viskositas sebesar 46,5%. Kedua pelumas tersebut memiliki nilai yang melampaui standar yang diperbolehkan.



Grafik 4.2 Viskositas Pada Suhu 100°C Minyak Pelumas Setelah Diuji Dengan Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dexlite dan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

Penggunaan biodiesel B30 minyak kelapa sawit sangat mempengaruhi perubahan viskositas pada suhu 100°C. Hal ini dibuktikan pada grafik 4.2, dapat diketahui perubahan nilai viskositas pada minyak pelumas setelah diuji dengan menggunakan bahan bakar Pertamina Dexlite dan biodiesel B30 minyak kelapa sawit. Penggunaan bahan bakar Pertamina Dexlite mengakibatkan penurunan viskositas sebesar 6,04%, sedangkan penggunaan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit mengakibatkan penurunan sebesar 53%.

Turunnya angka viskositas dapat disebabkan oleh *fuel dilution* serta kandungan air dalam biodiesel yang mengkontaminasi minyak pelumas. *Fuel dilution* disebabkan karena *clearence* ring piston yang bertambah akibat dari keausan karena bergesekan dengan silinder liner (Agarwal, 2003).

Selain itu *fuel dilution* diakibatkan oleh rendahnya nilai volatilitas dari biodiesel yang menyebabkan kemungkinan *fuel droplets* (tetesan bahan bakar) yang mengenai silinder liner. Hal ini memungkinkan bahan bakar untuk bercampur dengan minyak pelumas yang ada di dinding silinder liner kemudian campuran tersebut ikut turun ke kalter akibat fungsi dari ring pelumas yang membilas oli pada dinding silinder liner sehingga menyebabkan tingginya kemungkinan *fuel dilution* (Dhar, et al., 2014). Sehingga dengan menurunnya nilai viskositas akan berdampak pada pembentukan lapisan film minyak pelumas pada piston dan silinder liner. Dengan menipisnya lapisan pelumas ini kemungkinan akan meningkatkan gesekan yang terjadi antara ring piston dan silinder liner. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.1 dan 4.2.



Gambar 4.1 Piston Setelah Diuji Dengan Bahan Bakar Pertamina Dexlite

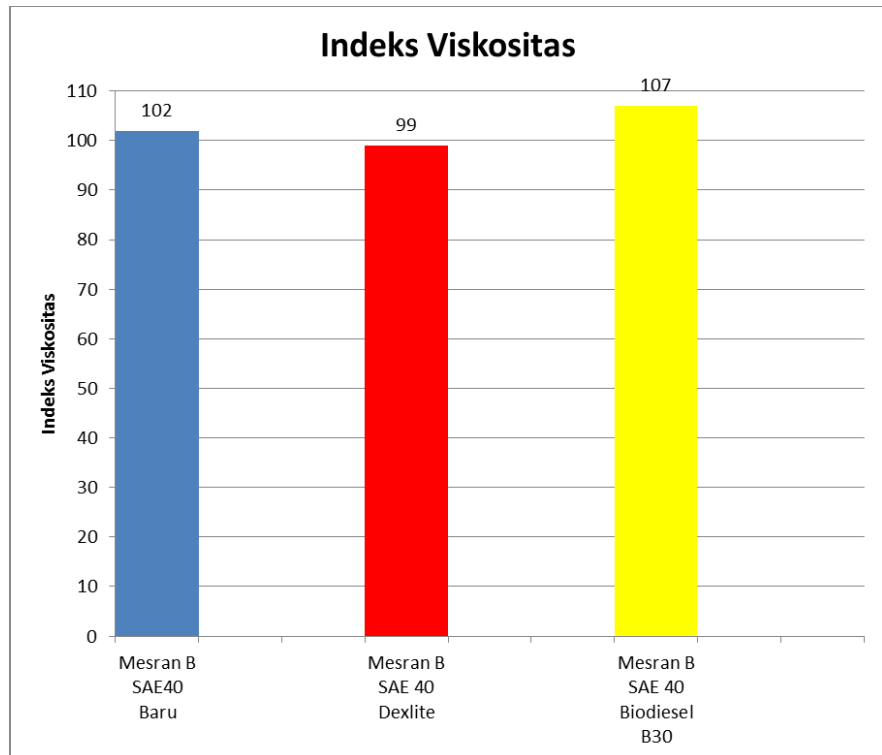


Gambar 4.2 Piston Setelah Diuji Dengan Bahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

4.2.2 Indeks Viskositas

Indeks Viskotas adalah karakteristik dari minyak pelumas yang digunakan untuk menunjukkan variasi dalam viskositas minyak pelumas dengan perubahan suhu (Eni in France, 2012).

Pada saat ini semua minyak pelumas memiliki nilai indeks viskositas yang cukup tinggi yaitu diatas 100 sehingga perubahan temperatur tidak merubah viskositas minyak pelumas hingga ke tingkat yang membahayakan mesin. (Fajar, et al., 2007)



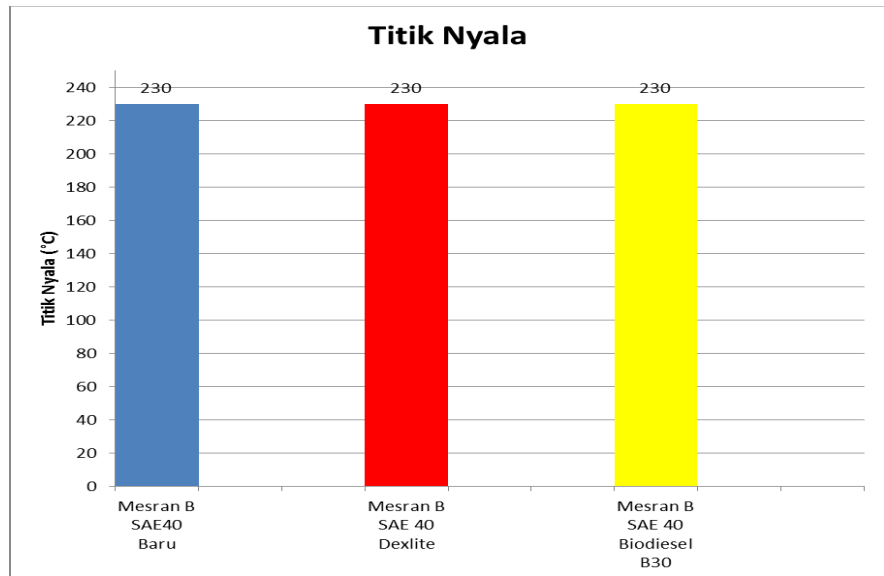
Grafik 4.3 Indeks Viskositas Pada Minyak Pelumas Setelah Diuji Dengan Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dexlite dan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

Penggunaan biodiesel B30 minyak kepala sawit mempengaruhi perubahan nilai indeks viskositas. Dibuktikan dengan grafik 4.3, minyak pelumas setelah diuji dengan menggunakan bahan bakar Pertamina Dexlite memiliki nilai indeks viskositas 99. Nilai ini turun sebesar 3 atau 2,94% dari nilai indeks viskositas pada minyak pelumas baru. Sedangkan pada minyak pelumas setelah diuji dengan menggunakan bahan bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit memiliki nilai indeks viskositas 107. Nilai ini mengalami kenaikan sebesar 8 atau 7,84%. Semakin tinggi nilai indeks viskositas minyak pelumas maka semakin kecil perubahan viskositasnya pada penurunan atau kenaikan suhu.

Dengan diketahui nilai indeks viskositas tersebut dapat diketahui pula bahwa minyak pelumas pada mesin berbahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit memiliki kemampuan yang lebih baik untuk mempertahankan viskositas daripada mesin yang berbahan bakar Pertamina Dexlite.

4.2.3 Flash Point (Titik Nyala)

Titik nyala dapat didefinisikan sebagai suhu terendah di mana cairan menghasilkan uap yang cukup untuk menyala sesaat setelah penerapan kondisi pengujian tertentu. Titik nyala diukur sebagai properti cair berbasis suhu, menggunakan peralatan standar dan pada suhu standar dan suhu atmosfer.



Grafik 4.4 Titik Nyala Pada Minyak Pelumas Setelah Diuji Dengan Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dexlite dan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

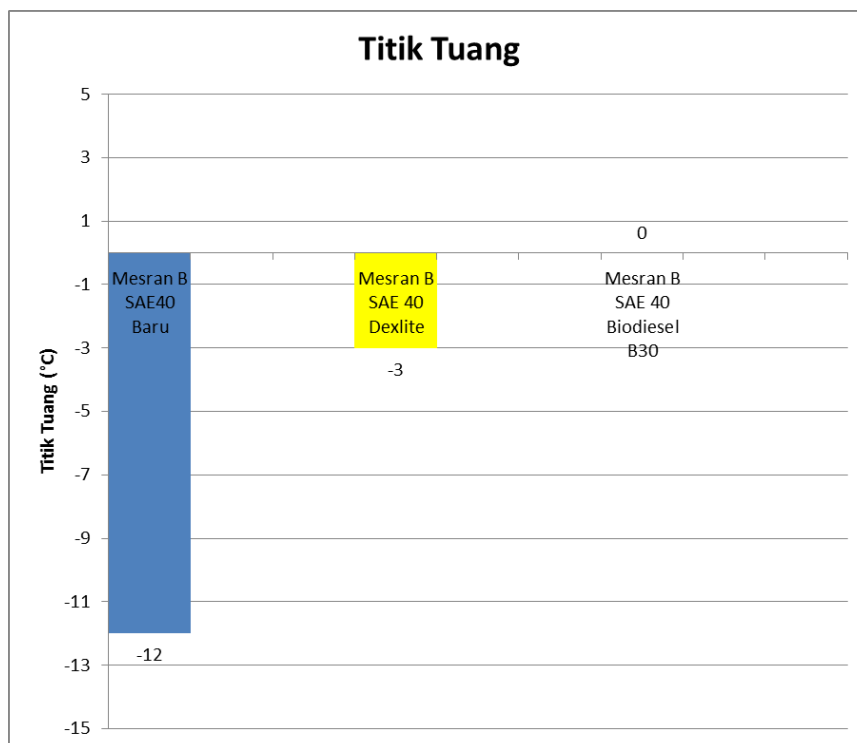
Titik nyala dapat mempengaruhi kinerja dari minyak pelumas. Apabila sebuah minyak pelumas memiliki titik nyala yang rendah, maka minyak pelumas akan mudah terbakar bersamaan dengan pembakaran mesin diesel. Sebaliknya, bila sebuah minyak pelumas memiliki titik nyala yang tinggi, maka minyak pelumas akan sulit terbakar.

Pada tabel 4.3 dapat dilihat, pada minyak pelumas baru memiliki titik nyala sebesar 230°C. Sedangkan minyak pelumas pada mesin yang diuji dengan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit dan bahan bakar Pertamina Dexlite memiliki titik nyala diatas 230°C. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan kedua bahan bakar mengakibatkan peningkatan titik nyala.

Peningkatan titik nyala ini diakibatkan oleh adanya kontaminasi air pada minyak pelumas. Hal ini disebabkan karena adanya biodiesel pada penampungan minyak pelumas. Dengan adanya biodiesel pada penampungan minyak pelumas akan menyebabkan adanya proses oksidasi dan polimerisasi. Proses-proses ini menghasilkan senyawa molekul tinggi dengan titik nyala tinggi. (Kovac, et al., 2015)

4.2.4 Pour Point (Titik Tuang)

Titik tuang (*Pour Point*) adalah suhu terendah dimana fluida dapat mengalir dengan sendirinya.



Grafik 4.5 Titik Tuang Pada Minyak Pelumas Setelah Diuji Dengan Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dexlite dan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

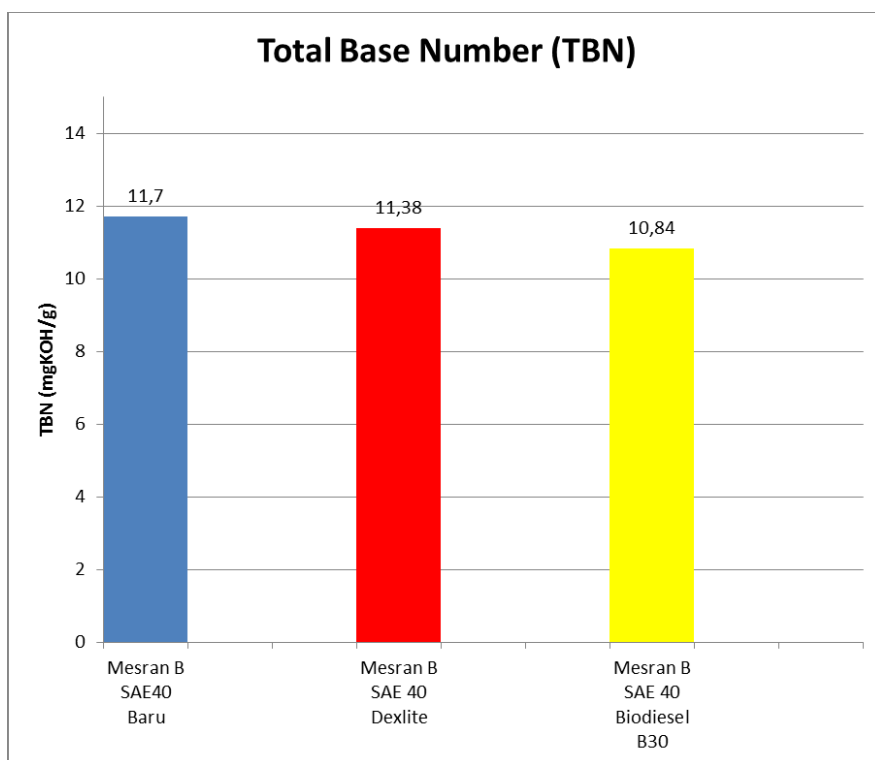
Penggunaan biodiesel B30 minyak kelapa sawit sangat mempengaruhi perubahan titik tuang minyak pelumas. Ini dibuktikan dengan hasil pengujian pada pelumas dengan bahan bakar Pertamina Dexlite menunjukkan kenaikan nilai titik tuang sebesar 9°C. Sedangkan pada mesin yang diuji dengan menggunakan biodiesel B30 minyak kelapa sawit menunjukkan kenaikan nilai titik tuang 12°C.

Titik tuang dipengaruhi oleh komposisi hidrokarbon dari minyak pelumas itu sendiri. Pada umumnya, yang dapat mempengaruhi nilai titik tuang ini adalah kandungan lilin dari minyak pelumas. Minyak pelumas akan lebih mudah membeku apabila memiliki kandungan lilin yang tinggi. Sifat ini juga memberi indikasi tentang sifat pemompaan pada suhu rendah. (Prasutiyon, 2017)

Titik tuang yang tinggi berhubungan dengan adanya kandungan parafin, biasanya ditemukan dalam minyak mentah yang berasal dari tanaman dengan proporsi yang besar (Ekaputra, et al., 2014).

4.2.5 Total Base Number (TBN)

Total Base Number (TBN) atau bilangan basa adalah nilai yang menunjukkan kemampuan sebagai penetralisir asam pada minyak pelumas. Semakin besar nilai TBN maka semakin besar kemampuan deterjensi, dispersi, dan netralisasi asam hasil oksidasi yang dapat mengakibatkan korosi. Penurunan nilai TBN tidak boleh lebih dari setengah nilai TBN awal (CIMAC, 2011).



Grafik 4.6 Total Base Number (TBN) Pada Minyak Pelumas Setelah Diuji Dengan Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dexlite dan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

Dalam penelitian ini, penggunaan biodiesel B30 minyak kelapa sawit berpengaruh dalam perubahan nilai TBN. Hal ini dibuktikan pada grafik 4.6 yang menggambarkan nilai TBN sebelum dan setelah pengujian. Minyak pelumas pada mesin yang diuji dengan menggunakan bahan bakar Pertamina Dexlite mengalami penurunan nilai TBN 0,32 mgKOH/g atau 2,7% dari nilai TBN awal. Sementara pada minyak pelumas pada mesin yang diuji dengan bahan bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit mengalami penurunan nilai TBN sebesar 0,86 mgKOH/g atau 7,35%. Penurunan nilai TBN ini dikarenakan oleh sifatnya sebagai penetralisir asam telah digunakan dalam proses pembakaran. Sehingga kandungan aditif dalam minyak pelumas yang umumnya bersifat basa berkurang.

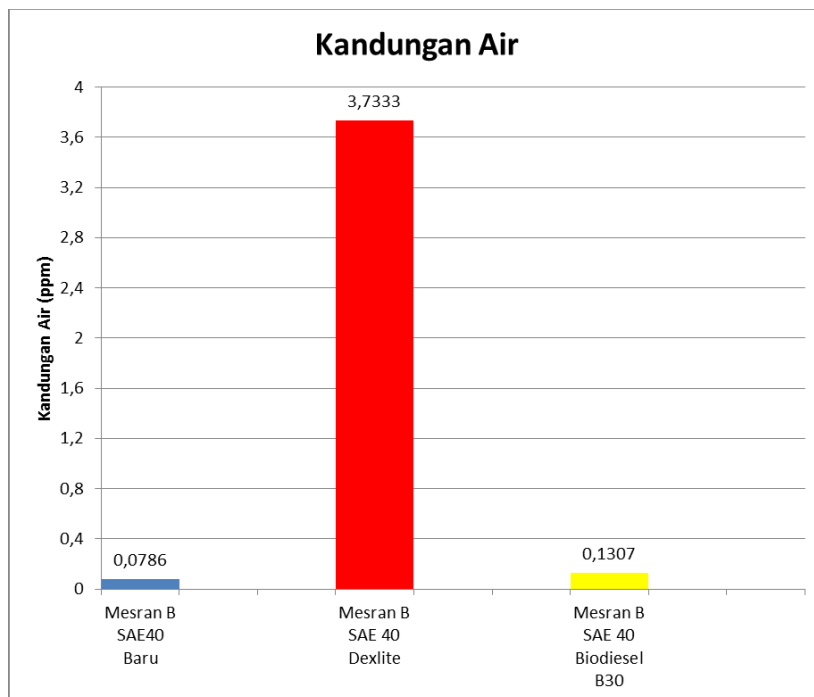
Penurunan angka TBN yang tinggi disebabkan karena bahan bakar biodiesel memiliki angka asam yang lebih tinggi daripada solar. Hal ini didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Laila dan Oktavia (2017). Semakin besar komposisi solar pada campuran biodiesel dan solar, semakin kecil angka asamnya. Solar memiliki angka asam 0,1 mgKOH/g. Sedangkan biodiesel B30 memiliki angka asam 0,223 mgKOH/g (Laila, et al., 2017). Hal ini menyebabkan tingginya kadar asam dalam ruang bakar sehingga menyebabkan pembakaran semakin bersifat asam. Selain itu, nilai total acid number (TAN) pada bahan bakar akan berpengaruh pada laju korosi dari mesin.

Penurunan angka TBN yang lebih tinggi pada mesin berbahan biodiesel mengindikasikan bahwa terdapat korosi yang lebih besar daripada mesin berbahan bakar Diesel. Korosi tersebut kemungkinan disebabkan oleh kandungan asam yang ada pada biodiesel. Pengurangan angka TBN tersebut juga dapat disebabkan oleh oksidasi dari proses pembakaran biodiesel yang lebih tinggi daripada minyak diesel. (Gopal, et al., 2015)

Perubahan nilai TBN dalam penelitian ini tidak melebihi setengah dari nilai TBN awal sehingga minyak pelumas pada mesin dengan bahan bakar Pertamina Dexlite maupun Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit masih dapat dipakai. Akan tetapi pada minyak pelumas mesin berbahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit lebih cepat waktu pengantiannya.

4.2.6 Kandungan Air

Kandungan air pada minyak pelumas tidak dapat ditoleransi karena kontaminasi air dalam oli mesin dapat menyebabkan peningkatan korosi di dalam mesin. Kandungan air dalam minyak pelumas juga menyebabkan adanya pengurangan performa dari minyak pelumas yang mempengaruhi pembentukan lapisan film minyak pelumas pada logam yang saling bergesekan.



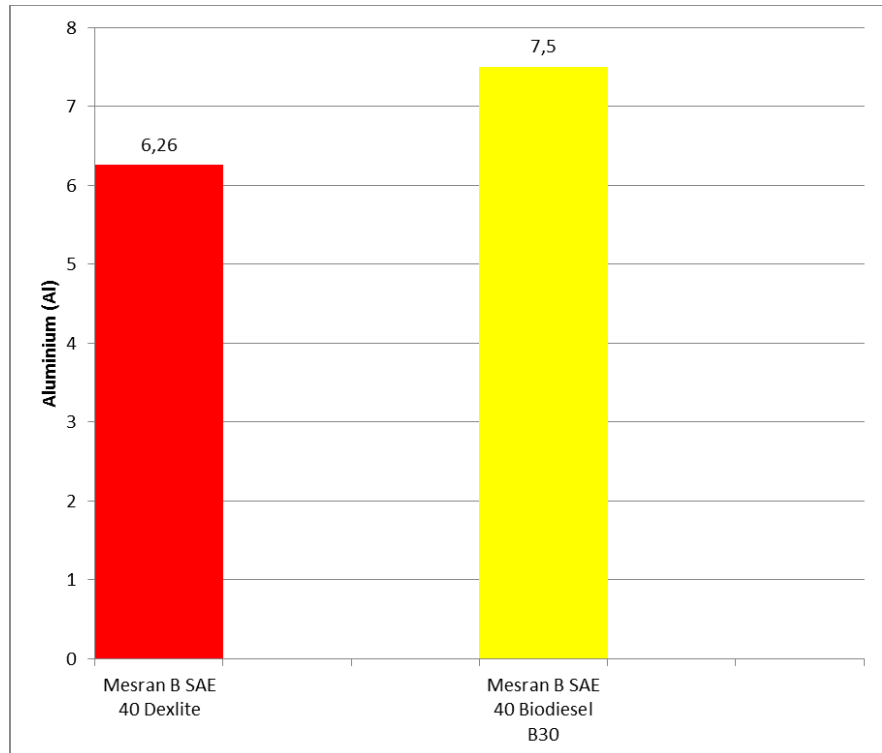
Grafik 4.7 Kandungan Air Pada Minyak Pelumas Setelah Diuji Dengan Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dexlite dan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

Penggunaan biodiesel B30 minyak kelapa sawit mempengaruhi adanya kandungan air dalam minyak pelumas. Hal tersebut dapat dilihat pada grafik 4.7 dimana kandungan air dalam minyak pelumas setelah diuji dengan menggunakan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit lebih sedikit daripada penggunaan bahan bakar Pertamina Dexlite. Penambahan kandungan air dalam minyak pelumas yang diuji dengan biodiesel B30 minyak kelapa sawit adalah sebanyak 0,0521%. Sedangkan pada minyak pelumas berbahan bakar Pertamina Dexlite mengalami penambahan kandungan air sebanyak 3,6547%.

Penambahan kandungan air dalam minyak pelumas ini diakibatkan oleh *fuel dilution* dan pengendapan aditif dari minyak pelumas yang dikenal sebagai "*drop out aditif*" (Gopal, et al., 2015). Rendahnya kandungan air dalam minyak pelumas berbahan bakar biodiesel kemungkinan merupakan pengaruh dari sifat lubrisitas dari bahan bakar biodiesel. (Agarwal, 2003)

4.2.7 Kandungan Logam Aluminium

Dalam penelitian ini, pengujian terhadap kandungan logam aluminium dimaksudkan untuk mengetahui tingkat keausan dari komponen mesin diesel akibat dari penggunaan biodiesel B30 minyak kelapa sawit. Sumber terbesar dari logam aluminium pada komponen mesin diesel adalah pada piston. Hampir semua piston tanpa terkecuali dibuat dari aluminium atau dicampur dengan aluminium (Evans, 2010).



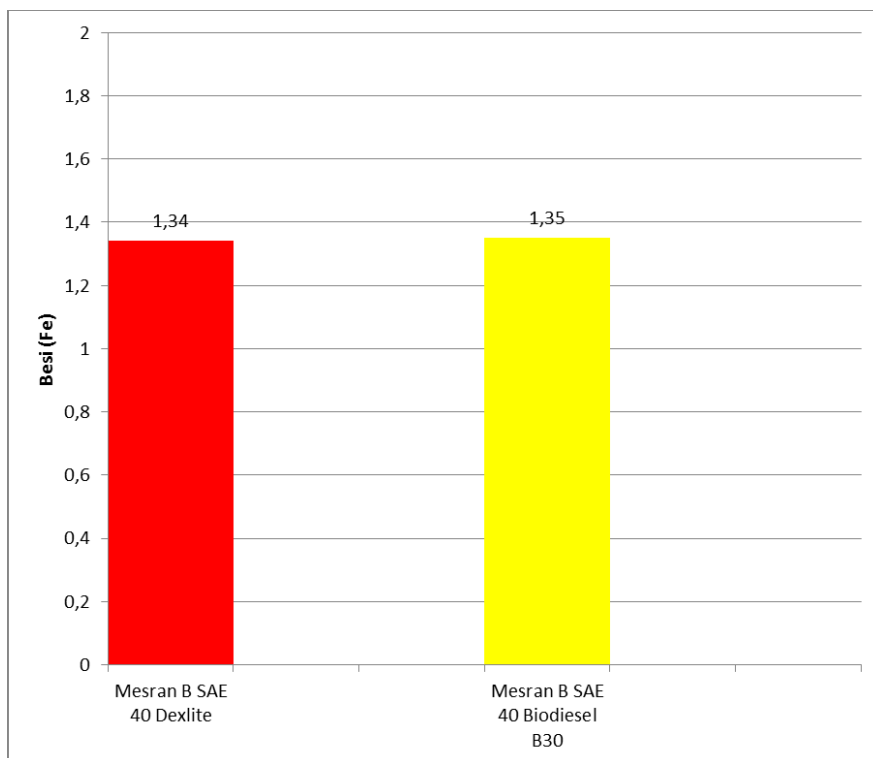
Grafik 4.8 Kandungan Logam Aluminium Pada Minyak Pelumas Setelah Diuji Dengan Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dexlite dan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

Penggunaan biodiesel mempengaruhi kinerja dari minyak pelumas sehingga mempengaruhi adanya kandungan logam pada minyak pelumas. Kandungan aluminium pada minyak pelumas yang digunakan di mesin diesel berbahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit 19,8% lebih besar daripada mesin berbahan bakar Pertamina Dexlite. Konsentrasi ini sedikit lebih besar sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan biodiesel B30 minyak kelapa sawit sedikit mengakibatkan peningkatan keausan logam aluminium dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar solar.

Sumber konsentrasi aluminium dalam minyak pelumas adalah dari keausan piston, push rod, pompa minyak pelumas, dan bearing (Gopal, et al., 2015). Adanya keausan logam ini dapat disebabkan karena pembentukan film oli yang lebih tipis akibat penurunan viskositas minyak pelumas. Karena pada minyak pelumas berbahan biodiesel B30 minyak kelapa sawit memiliki viskositas yang lebih rendah maka film oli pada mesin berbahan bakar biodiesel lebih tipis. Sehingga gesekan antar komponen seperti piston dengan silinder liner akan lebih rentan terjadi. Hal tersebut dapat dilihat pada tingkat keausan piston pada gambar 4.1 dan 4.2.

4.2.8 Kandungan Logam Besi

Dalam penelitian ini, pengujian terhadap kandungan logam besi pada minyak pelumas setelah digunakan pada mesin diesel dimaksudkan untuk mengetahui tingkat keausan dari komponen mesin diesel akibat dari penggunaan biodiesel B30 minyak kelapa sawit. Pada sebuah mesin, silinder liner dan crankshaft adalah komponen terbesar yang mengalami keausan bersamaan dengan timing gear, shaft, dan valve. (Evans, 2010).



Grafik 4.9 Kandungan Logam Besi Pada Minyak Pelumas Setelah Diuji Dengan Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dexlite dan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

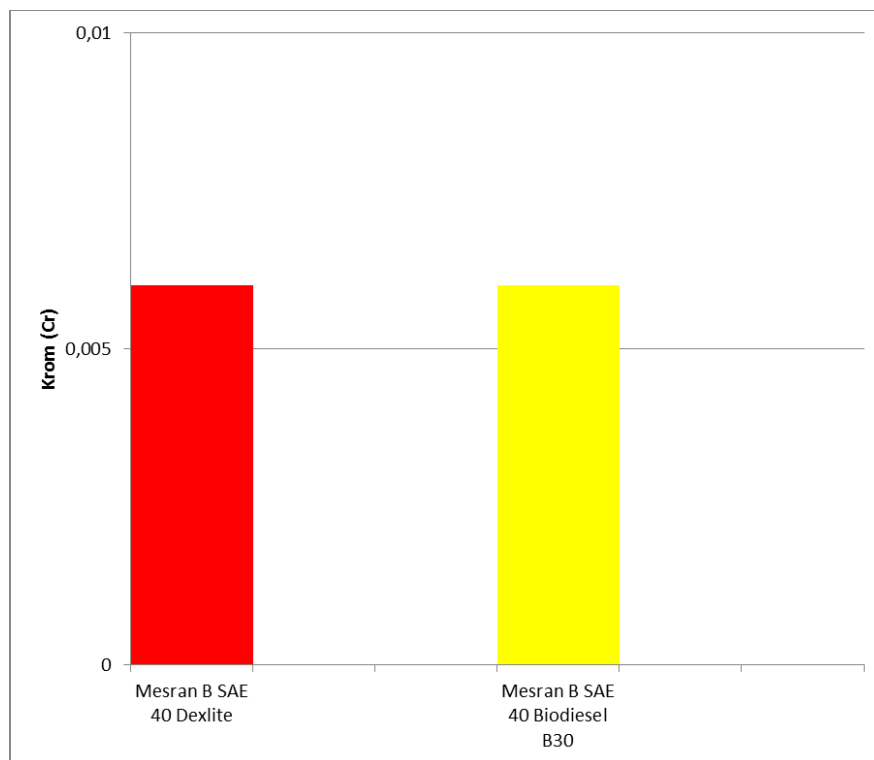
Penggunaan biodiesel B30 minyak kelapa sawit mempengaruhi adanya keausan logam besi pada mesin diesel. Dapat dilihat pada grafik 4.9 bahwa penggunaan biodiesel B30 minyak kelapa sawit mengakibatkan adanya tingkat keausan logam besi 0,75% lebih tinggi daripada penggunaan Pertamina Dexlite. Sumber yang dapat menghasilkan kontaminasi logam besi pada mesin diesel antara lain piston, ring piston, kepala silinder, katup, camshaft dan crankshaft, silinder blok, bearing, dudukan katup, wrist pin dan korosi (Gopal, et al., 2015).

Adanya ion besi dalam mesin diesel juga dapat menyebabkan korosi. Ketika ion besi bertemu dengan air (yang mengandung oksigen) dan oksigen dari udara luar, ion besi akan bereaksi dengan oksigen sehingga akan membentuk korosi.

Pada penelitian ini terdapat dugaan adanya korosi pada komponen piston dan kepala silinder ketika mesin diuji dengan menggunakan bahan bakar biodiesel B30. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.4 dan 4.5. Sehingga dapat disimpulkan adanya logam besi pada minyak pelumas diakibatkan karena keausan pada komponen piston dan kepala silinder.

4.2.9 Kandungan Logam Krom

Dalam penelitian ini, pengujian terhadap kandungan logam krom pada minyak pelumas setelah digunakan pada mesin diesel dimaksudkan untuk mengetahui tingkat keausan dari komponen mesin diesel akibat dari penggunaan biodiesel B30 minyak kelapa sawit.



Grafik 4.10 Kandungan Logam Krom Pada Minyak Pelumas Setelah Diuji Dengan Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dexlite dan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

Penggunaan biodiesel B30 minyak kelapa sawit mempengaruhi adanya keausan logam krom pada mesin diesel. Pada hasil pengujian kedua minyak pelumas yang diuji di mesin diesel berbahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit memiliki kandungan logam krom yang sama yaitu <0,006 mg/l berdasarkan pengujian laboratorium.

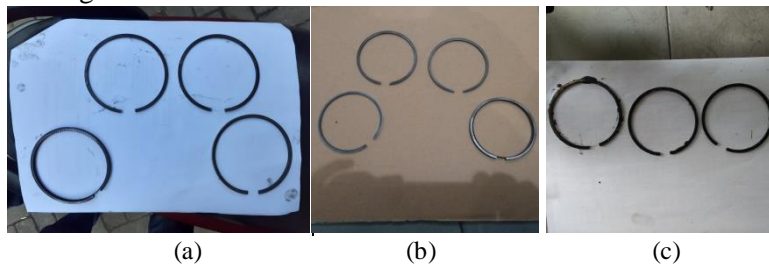
Dalam sebuah mesin diesel, biasanya ring piston terbuat dari logam krom atau terlapisi dengan logam krom. Dalam beberapa kasus, silinder liner juga dilapisi dengan krom dan ring pistonnya dibuat dari logam besi. Selain itu pada komponen poros, gear dan bearing juga terdapat logam krom sebagai bahan campuran untuk pembuatannya (Evans, 2010).

Pada penelitian ini, keausan logam krom dapat dilihat pada gap ring piston kedua mesin yang telah diuji dengan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit dan Pertamina Dexlite. Gap ring piston dapat dilihat pada tabel 4.4 dan 4.5. Ring piston pada mesin berbahan biodiesel B30 memiliki penambahan gap yang lebih besar. Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa kandungan logam krom lebih banyak ditemukan pada mesin berbahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit.

Keausan logam yang lebih besar pada mesin berbahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit diakibatkan karena menurunnya viskositas minyak pelumas yang lebih besar daripada mesin berbahan bakar Pertamina Dexlite. Menurunnya viskositas akan menyebabkan menipisnya lapisan film oli yang terbentuk antara logam yang bergesekan seperti ring piston dan silinder liner.

4.3 Analisa Keausan Komponen Penyusun Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite dan Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

4.3.1 Piston Ring



Gambar 4.3 (a) Piston Ring Baru, (b) Piston Ring Setelah Running Menggunakan Dexlite, (c) Piston Ring Setelah Running Menggunakan Biosolar B30 Minyak Kelapa Sawit

Pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa tidak terdapat perbedaan yang mencolok pada ring piston ketika mesin diuji dengan bahan bakar dexlite dan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit. Untuk mengetahui perbedaan dari kondisi ring piston pada saat mesin diuji dengan menggunakan bahan bakar yang berbeda adalah dengan cara mengukur *gap* dari ring piston tersebut. Pengukuran dilakukan dengan alat yaitu fuller gauge.

Tabel 4.4 Tabel *Gap* Ring Piston Dengan Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dexlite

No	Posisi Titik Mati Atas (TMA)			Posisi Titik Mati Bawah (TMB)		
	Ring Piston Ke-	Gap Sebelum Pengujian	Gap Setelah Pengujian	Ring Piston Ke-	Gap Sebelum Pengujian	Gap Setelah Pengujian
1	1	0,5 mm	0,7 mm	1	0,5 mm	0,6 mm
2	2	0,5 mm	0,6 mm	2	0,4 mm	0,5 mm
3	3	0,5 mm	0,55 mm	3	0,3 mm	0,45 mm

Pada tabel 4.4 dapat diketahui bahwa kondisi ring piston saat berada di Titik Mati Atas (TMA) *gap* ring piston pada mesin yang diuji dengan menggunakan bahan bakar Pertamina Dexlite memiliki penambahan sebesar 0,2 mm; 0,1 mm; dan 0,05 mm pada ring piston kompresi 1, ring piston kompresi 2, dan ring piston kompresi 3. Sedangkan pada saat ring piston berada saat Titik Mati Bawah (TMB), ring piston mengalami penambahan *gap* sebesar 0,1 mm; 0,1 mm; dan 0,15 mm pada ring piston kompresi 1, ring piston kompresi 2, dan ring piston kompresi 3.

Tabel 4.5 Tabel *Gap* Ring Piston Dengan Menggunakan Bahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

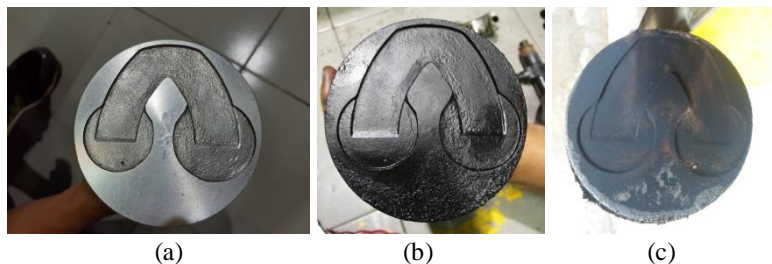
No	Posisi Titik Mati Atas (TMA)			Posisi Titik Mati Bawah (TMB)		
	Ring Piston Ke-	Gap Sebelum Pengujian	Gap Setelah Pengujian	Ring Piston Ke-	Gap Sebelum Pengujian	Gap Setelah Pengujian
1	1	0,5 mm	0,65 mm	1	0,5 mm	0,55 mm
2	2	0,5 mm	0,7 mm	2	0,4 mm	0,65 mm
3	3	0,5 mm	0,55 mm	3	0,3 mm	0,5 mm

Gap ring piston pada mesin yang diuji dengan menggunakan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit dapat dilihat pada tabel 4.5. Ring piston pada mesin berbahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit mengalami penambahan *gap* sebesar 0,15 mm; 0,2 mm; 0,05 mm pada ring piston kompresi 1, ring piston kompresi 2, dan ring piston kompresi 3 pada kondisi ring piston berada saat titik mati atas (TMA). Sedangkan pada saat titik mati bawah (TMB), ring piston mengalami penambahan *gap* sebesar 0,05 mm; 0,25 mm; dan 0,2 mm pada ring piston kompresi 1, ring piston kompresi 2, dan ring piston kompresi 3.

Pada tabel 4.4 dan 4.5 dapat dilihat bahwa penggunaan biodiesel B30 minyak kelapa sawit tidak berpengaruh banyak pada penambahan *gap* ring piston. Pada kondisi TMA, *gap* ring piston kompresi 1 mesin dengan mesin berbahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit lebih kecil 0,05 mm daripada mesin berbahan bakar Pertamina Dexlite. Pada kondisi yang sama, *gap* ring piston kompresi 2 pada mesin berbahan bakar dexlite lebih besar 0,1 mm. Sedangkan pada ring piston kompresi 3 tidak ada perbedaan *gap* ring piston. Sedangkan pada kondisi TMB, *gap* ring piston kompresi 1 pada mesin berbahan bakar biodiesel B30 lebih kecil 0,05 mm daripada mesin berbahan bakar Pertamina Dexlite. Pada kondisi yang sama *gap* ring piston kompresi 2 dan ring piston kompresi 3 penggunaan biodiesel B30 minyak kelapa sawit mengalami penambahan yang lebih besar 0,15 mm dan 0,05 m.

Perbedaan ini dapat diakibatkan oleh perbedaan viskositas dari minyak pelumas pada mesin yang dapat mengakibatkan perbedaan pembentukan film oli pada saat melumasi ring piston yang bergesekan dengan silinder liner.

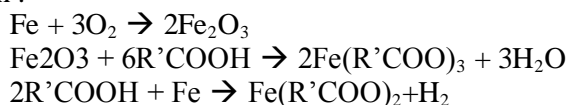
4.3.2 Piston



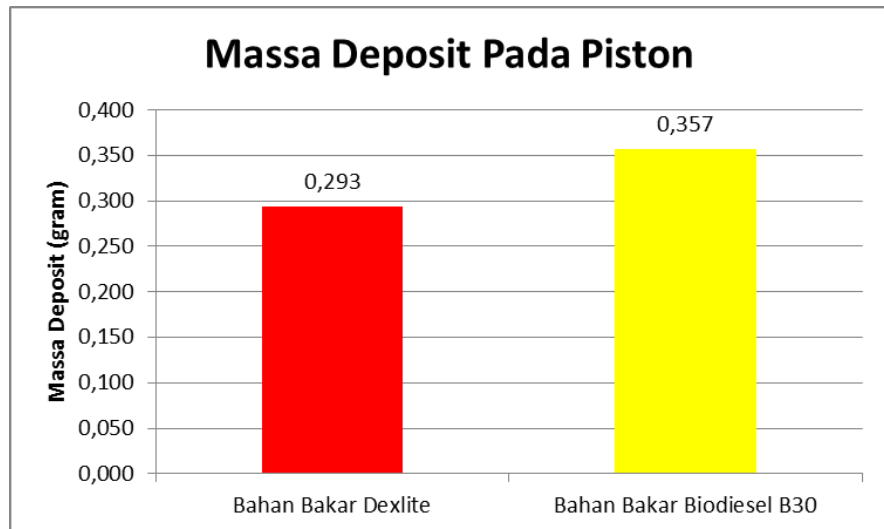
Gambar 4.4 (a) Piston Baru, (b) Piston Setelah Running Menggunakan Dexlite, (c) Piston Setelah Running Menggunakan Biosolar B30 Minyak Kelapa Sawit

Secara visual, penggunaan biodiesel B30 minyak kelapa sawit mempengaruhi pembentukan deposit pada komponen piston mesin diesel. Pada gambar 4.4. dapat dilihat piston pada mesin yang diuji dengan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit mengalami penumpukan deposit yang tidak merata daripada piston pada mesin yang berbahan bakar Pertamina Dexlite. Pada piston dengan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit juga terdapat sedikit karat yang berwarna jingga kecoklatan. Hal tersebut disebabkan karena adanya reaksi oksidasi dari bahan bakar biodiesel pada ruang bakar.

Dimana ion Fe akan larut ke dalam biodiesel atau terdeposit pada permukaan logam sehingga akan bereaksi dengan asam lemak bebas dalam biodiesel dan membentuk garam asam lemak pada permukaan logam. Penelitian yang dilakukan Reaksi yang terjadi pada proses korosi adalah :



Reaksi tersebut didasarkan dari penelitian terbentuknya korosi pada logam akibat penggunaan biodiesel yang dilakukan oleh Setyawan (Setiawan, et al., 2016). Selain dengan pengamatan visual, analisa keausan komponen mesin diesel juga dilakukan penimbangan massa deposit.



Grafik 4.11 Massa Deposit Komponen Piston Pada Mesin Diesel

Dari hasil penimbangan massa deposit pada komponen piston, mesin yang diuji dengan menggunakan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit memiliki massa deposit yang lebih besar 21,8 % daripada piston mesin yang di running dengan menggunakan bahan bakar dexlite.

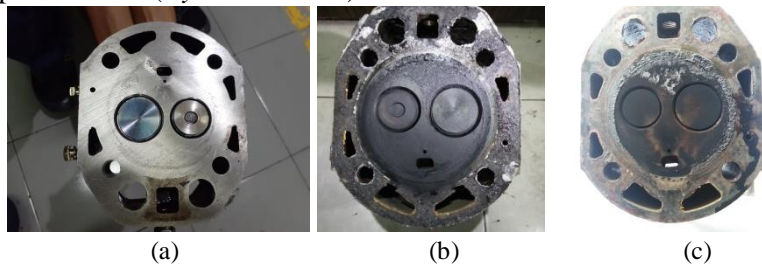
Deposit pada kepala piston diakibatkan oleh film bahan bakar yang tidak dapat terbakar akibat tidak terpenuhinya *Air Fuel Ratio (AFR)*. Lapisan film dapat terbentuk akibat dari pembasahan dinding ruang bakar oleh bahan bakar. Suhu dinding ruang bakar yang relatif lebih rendah dibandingkan bahan bakar yang disemprotkan menyebabkan bahan bakar yang berwujud gas yang menempel di dinding akan menyalurkan kalor ke dinding ruang bakar. Akibat kalor dari gas bahan bakar terbang ke dinding, maka kemudian gas tersebut akan mengalami kondensasi membentuk lapisan film di dinding ruang bahan bakar. (Lepperhof, et al., 1993)

Pada penelitian ini, dugaan AFR tidak terpenuhi adalah ketika pengujian berlangsung terjadi perbedaan konsumsi bahan bakar, sedangkan jumlah udara yang masuk sama pada putaran mesin yang sama. Semakin banyak bahan bakar yang masuk dalam ruang bakar, dengan jumlah udara yang masuk sama maka AFR tidak akan terpenuhi karena jumlah bahan bakar sebagian tidak terbakar. Jumlah udara masuk dapat diketahui dengan nilai kecepatan udara yang masuk pada ruang bakar. Sedangkan jumlah bahan bakar diketahui melalui pengukuran

volume bahan bakar. Kejadian seperti ini dapat dilihat pada lampiran 10 dan 11.

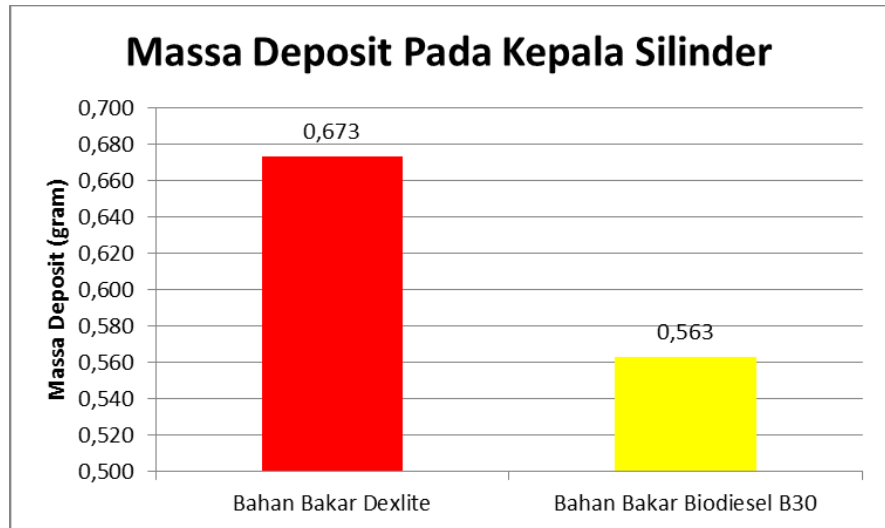
Pembasahan dinding secara langsung juga turut andil dalam pembentukan deposit. Bahan bakar yang disemprotkan oleh injektor sebagian akan terbakar secara difusi, tetapi sebagian tidak terbakar karena AFRnya tidak tercapai. Sehingga bahan bakar akan menempel di dinding ruang bakar. Area yang terkena pembasahan langsung dimungkinkan memiliki deposit dengan jumlah yang cukup besar, antara lain : *piston crown* dan *injector tip*. (Lepperhof, et al., 1993)

4.3.3 Kepala Silinder (*Cylinder Head*)



Gambar 4.5 (a) Kepala Silinder (*Cylinder Head*) Baru, (b) Kepala Silinder (*Cylinder Head*) Setelah Running Menggunakan Dexlite, (c) Kepala Silinder (*Cylinder Head*) Setelah Running Menggunakan Biosolar B30 Minyak Kelapa Sawit

Dari gambar 4.5 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan yang terjadi pada kepala silinder (*cylinder head*) pada mesin yang diuji dengan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit dan Pertamina Dexlite. Dengan pengamatan visual dapat dilihat bahwa di kepala silinder pada mesin dengan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit terdapat sedikit karat yang berwarna jingga kecoklatan. Hal ini disebabkan karena bahan bakar biodiesel yang digunakan memiliki kandungan air sehingga bahan bakar juga bersifat korosif. Kepala silinder pada mesin yang diuji dengan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit terdapat lebih sedikit kerak daripada kepala silinder pada mesin dengan bahan bakar dexlite.

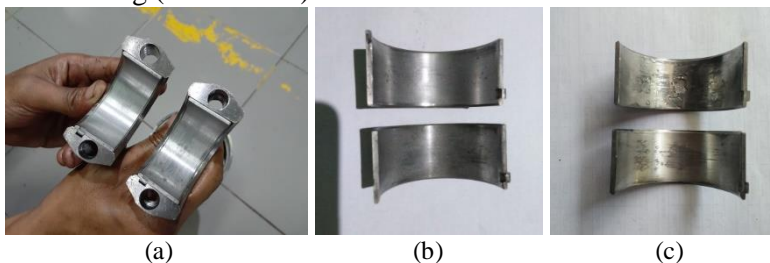


Grafik 4.12 Massa Deposit Komponen Kepala Silinder (Cylinder Head)

Penggunaan bahan bakar biodiesel B30 mempengaruhi pembentukan deposit pada kepala silinder, dibuktikan dengan grafik 4.12 massa deposit pada mesin dengan bahan bakar biodiesel menghasilkan deposit lebih kecil 19,5% daripada mesin dengan bahan bakar Pertamina Dexlite.

Hal ini berarti penggunaan biodiesel B30 minyak kelapa sawit menyebabkan keausan yang lebih kecil pada komponen kepala silinder (*cylinder head*) daripada bahan bakar dexlite. Perbedaan dari jumlah deposit pada kepala silinder ini diakibatkan oleh perbedaan suhu dari ruang bakar dan suhu dari kepala silinder itu sendiri. Suhu pada kepala silinder lebih rendah daripada suhu ruang bakar karena kepala silinder didinginkan oleh air pendingin. Kombinasi suhu yang lebih rendah pada permukaan kepala silinder dan bahan bakar yang tidak terbakar mengakibatkan pembentukan deposit yang lebih banyak. (Arifin, et al., 2009)

4.3.4 Journal Bearing (Metal Jalan)



Gambar 4.6 (a) *Journal Bearing* (Metal Jalan) Baru, (b) *Journal Bearing* (Metal Jalan) Setelah Running Menggunakan Dexlite, (c) *Journal Bearing* (Metal Jalan) Setelah Running Menggunakan Biosolar B30 Minyak Kelapa Sawit

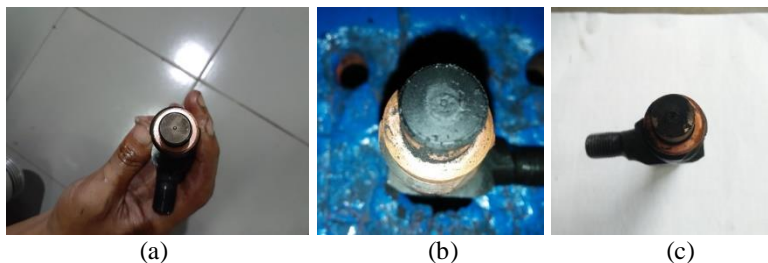
Secara visual terdapat perbedaan yang cukup signifikan di komponen metal jalan (*journal bearing*) pada mesin dengan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit dibandingkan dengan metal jalan pada mesin dengan bahan bakar Pertamina Dexlite. Metal jalan pada mesin dengan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit terdapat kerusakan kecil berupa sedikit “coakan” sedangkan mesin dengan bahan bakar dexlite hanya terdapat goresan-goresan tipis pada permukaannya.

Tabel 4.6 *Gap (Gap) Komponen Metal Jalan*

No	Bahan Bakar	Gap Sebelum Pengujian	Gap Setelah Pengujian
1	Dexlite	0,05 mm	0,063 mm
2	Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit	0,05 mm	0,05 mm

Pada tabel 4.6 dapat diketahui hasil pengukuran dari *gap (gap)* dari metal jalan pada mesin dengan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit memiliki ukuran yang lebih kecil daripada metal jalan pada mesin dengan bahan bakar dexlite yaitu dengan ukuran 0,05 mm dan 0,063 mm dengan pengukuran dilakukan dipinggir dari permukaan metal jalan karena jika pengukuran dilakukan ditengah dari permukaan metal jalan, maka alat ukur berupa *plastic gauge* akan hancur.

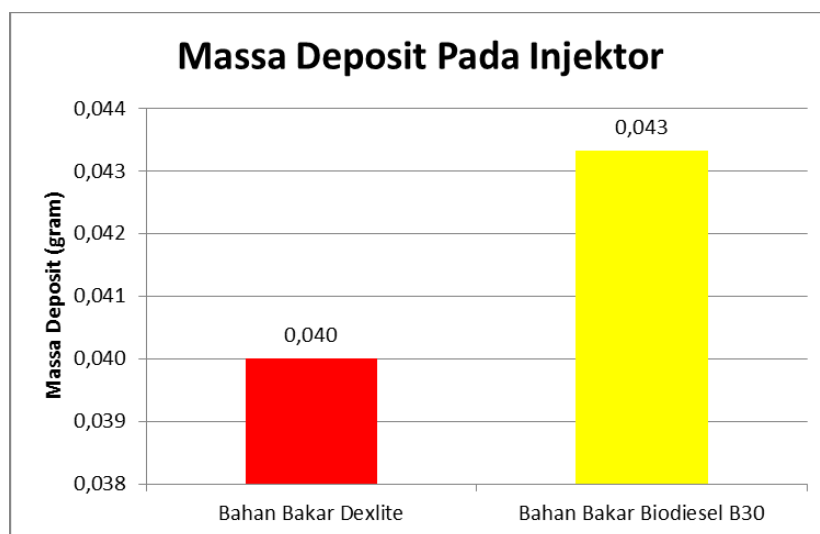
4.3.5 Injektor



Gambar 4.7 (a) Injektor Baru, (b) Injektor Setelah Running Menggunakan Dexlite, (c) Injektor Setelah Running Menggunakan Biosolar B30 Minyak Kelapa Sawit

Penggunaan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit mempengaruhi pembentukan deposit pada komponen injektor mesin diesel. Hal ini dapat dilihat pada karakteristik deposit dan massa deposit pada injektor. Pada gambar 4.7 dapat dilihat bahwa tidak terdapat perbedaan yang mencolok antara injektor pada mesin yang diuji dengan bahan bakar dexlite dan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit dimana keduanya terdapat deposit.

Akan tetapi deposit pada injektor dengan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit bersifat lebih kering sehingga lebih sulit dilepaskan. Lokasi deposit pada injektor dengan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit hanya ada di ujung nosel injektor. Sedangkan deposit pada injektor mesin dengan bahan bakar Pertamina dexlite lebih merata. Deposit pada injektor berbahan Pertamina dexlite bersifat lebih basah sehingga lebih mudah dilepaskan akan tetapi lebih lengket.



Grafik 4.13 Grafik Massa Deposit Pada Komponen Injektor

Pada grafik 4.13 dapat dilihat bahwa massa deposit pada kedua injektor hampir sama yaitu hanya berbeda 0,003 gram dengan massa deposit injektor mesin dengan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit yang lebih berat. Perbedaan ini dikarenakan oleh perbedaan viskositas dari kedua bahan bakar sehingga mempengaruhi penyemprotan bahan bakar ke ruang bakar.

Viskositas yang lebih besar dan volatilitas yang rendah dari bahan bakar mengakibatkan atomisasi bahan bakar dan pencampuran udara dan bahan bakar yang buruk. Hal ini dikarenakan oleh pembentukan tetesan bahan bakar (*fuel droplets*) yang lebih besar selama atomisasi bahan bakar dalam mesin. Tetesan bahan bakar (*fuel droplets*) yang lebih besar akan mengakibatkan *ignition delay*. Pada bahan bakar dengan viskositas yang lebih tinggi akan terdapat peningkatan *ignition delay* daripada bahan bakar dengan viskositas yang lebih rendah. Dengan demikian kecenderungan tingkat pembentukan deposit dapat meningkat. Selain itu, deposit pada injektor mesin yang berbahan bakar biodiesel terjadi karena dekomposisi biodiesel yang terjadi pada suhu yang lebih tinggi. Hal tersebut memungkinkan biodiesel akan terurai selama periode *ignition delay* sehingga menghasilkan deposit pada ujung injektor. Karena biodiesel cenderung tidak stabil pada suhu tinggi. (Liaquat, et al., 2013)

Akan tetapi karena perbedaan dari massa deposit pada kedua injektor tidak terlalu banyak maka berarti bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit tidak terlalu mempengaruhi kinerja dari injektor mesin.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit terhadap degradasi minyak pelumas dan keausan komponen mesin diesel, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- a. Dari pengujian ini didapatkan hasil yaitu penggunaan biodiesel B30 minyak kelapa sawit menyebabkan degradasi yang lebih besar pada minyak pelumas daripada penggunaan Pertamina Dexlite. Dibuktikan dengan minyak pelumas yang diuji dengan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit mengalami penurunan viskositas 46,98% lebih besar, kenaikan indeks viskositas 7,84% lebih besar, kenaikan flash point, kenaikan pour point 3°C lebih besar, dan penurunan TBN 4,62% lebih besar, dan kandungan air 3,6026% lebih sedikit daripada minyak pelumas yang diuji dengan bahan bakar Pertamina Dexlite.
- b. Dari pengujian ini didapatkan hasil yaitu penggunaan biodiesel B30 minyak kelapa sawit menyebabkan keausan logam yang lebih besar pada minyak pelumas daripada penggunaan Pertamina Dexlite. Dibuktikan dengan kandungan logam pada minyak pelumas yang diuji dengan kedua bahan bakar. Minyak pelumas berbahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit terdapat kandungan logam aluminium 19,8% yang lebih besar, logam besi 0,75% yang lebih besar, dan logam krom yang lebih besar pada minyak pelumas setelah digunakan pada mesin diesel. Penggunaan biodiesel B30 minyak kelapa sawit juga menyebabkan gap ring piston lebih besar dan keadaan metal jalan (*journal bearing*) yang lebih buruk. Selain itu, dari pengujian ini didapatkan hasil yaitu deposit yang dihasilkan dari penggunaan biodiesel B30 minyak kelapa sawit lebih sedikit 4,27% pada komponen mesin diesel. Dari jumlah deposit pada komponen-komponen mesin diesel dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan bakar biodiesel B30 minyak kelapa sawit lebih baik daripada penggunaan bahan bakar Pertamina Dexlite.

5.2 Saran

Dengan dilakukannya penelitian mengenai pengaruh penggunaan biodiesel B30 minyak kelapa sawit terhadap degradasi minyak pelumas dan keausan komponen logam mesin diesel, penulis memiliki saran agar penelitian ini dapat dikembangkan lebih baik lagi. Saran tersebut diantaranya :

- a. Peneliti selanjutnya dapat meneliti bahan bakar biodiesel B30 dari minyak kelapa sawit dengan variasi tekanan injektor untuk mendapatkan tekanan yang tepat untuk biodiesel masuk ke ruang bakar sehingga dapat dikabutkan secara sempurna.

- b. Peneliti selanjutnya dapat meneliti pembuatan bahan bakar biodiesel B30 yang memiliki viskositas yang lebih rendah dengan cara variasi komposisi kimia yang tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, A. K. (2003). Lubricating Oil Tribology Of A Biodiesel-Fuelled Compression Ignition Engine. *ICES*, 1-15.
- Anonim. (2005). *Modul Belajar Diagnosis Kendaraan*. Yogyakarta.
- Arifin, Y. M., & Arai, M. (2009). The Effect Of Hot Surface Temperature On Diesel Fuel Deposit Formation. *ELSEVIER*, 934-942.
- Ashouri, H., Behesti, B., & Ebrahimzadeh, M. R. (2016). Analysis Of Fatigue Cracks Of Cyinder Heads In Diesel Engines. *54*(2).
- Campbell, J. A., & Mnizsewski, K. R. (1998, Juni). Flash Point. *Fire Safety*. Northbrook, Illinois, Amerika Serikat: Triodyne Inc.
- CIMAC. (2011). Used Engine Oil Analysis - User Interpretation Guide. (30).
- Dagel, J. F. (1982). *Diesel Engine Repair*. Wiley.
- Dhar, A., & Agarwal, A. K. (2014). Experimental Investigations Of Effect Of Karanja Biodiesel On Tribological Properties Of Lubricating Oil In A Compression Ignition Engine. *ELSEVIER*, 112-119.
- Ekaputra, A. A., Sabil, K. M., Hosseinipour, A., & Saaid, I. B. (2014). Impacts Of Viscosity, Density And Pour Point To The Wax Deposition. *14*(23). (T.Thn.). *EMA 200 Hour Test Using Hydrogenated Soy Ethyl Ester And Diesel Fuel*. University Of Idaho.
- Eni In France. (2012, Agustus 30). *Requirements And Characteristic Of Lubricants*. Dipetik Februari 11, 2019, Dari Eni In France Web Site: https://www.eni.com/en_fr/products-services/automotive-lubricants/lubricant-know-how/requirements-characteristics-lubricants/requirements-characteristics-lubricants.shtml
- Evans, J. S. (2010, January). Where Does All That Metal Come From? *Wear Check Condition Monitoring Through Oil Analysis*. 30 Electron Avenue, Isando, Afrika Selatan: Wear Check Africa.
- Fajar, R., & Yubaidah, S. (2007). Penentuan Kualitas Pelumasan Mesin. *MESIN*, 11-21.
- Fajar, R., Haryono, I., & Kuddin, M. (2007). Uji Ketahanan 100 Jam Mesin Genset 27 KW Menggunakan Coco-Diesel. *MESIN*, 129-132.
- Galbi, M., & A., I. (2016). Prediksi Penggantian Minyak Pelumas Motor Diesel Generator Set Berdasarkan Laju Perubahan Viskositas Dan Total Base Number Dengan Pendekatan Linieritas. *Bina Teknika*, 111-120.
- Gopal, K. N., & Raj, R. T. (2015). Effect Of Pongamia Oil Methyl Ester-Diesel Blend On Lubricating Oil Degradation Of Di Compression Ignition Engine. *ELSEVIER*, 105-114.
- Hanif. (2004). Uji Prestasi Motor Diesel Berbahan Bakar Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal R & B Volume 4*, 19-28.


- Haryanto, B. (2013). Bahan Bakar Alternatif Biodiesel (Bagian I. Pengenalan). *USU Library*, 1-13.
- Kovac, O., Sikuljak, D., Evdic, T., & Vujica, J. (2015). The Influence Of Biodiesel On Engine Oil Properties When Conducting High-Temperature Engine Test. *I(20-31)*.
- Laila, L., & Oktavia, L. (2017). Kaji Eksperimen Angka Asam Dan Viskositas Biodiesel Berbahan Baku Minyak Kelapa Sawit Dari PT Smart Tbk. *2(1)*.
- Lepperhof, G., & Houben, M. (1993). Mechanisms Of Deposit Formation In Internal Combustion Engines And Heat Exchangers. *SAE TECHNICAL PAPER SERIES*, 1-10.
- Liaquat, A., Masjuki, H., Kalam, M., Fazal, M., Khan, A. F., Fayaz, H., Et Al. (2013). Impact Of Palm Biodiesel Blend On Injector Deposit Formation. *Applied Energy*, 882-893.
- M.Gulzar, Masjuki, H., M.Varman, Kalam, M., Zulkifli, N., Mufti, R., Et Al. (2016). Effect Of Biodiesel Blends On Lubricating Oil Degradation And Piston Assembly Energy Losses. *Elsevier*, 713-721.
- Massora, M., Kaparang, F. E., & Pangalila, F. P. (2014). Hubungan Jenis Pelumas Dengan Suhu Mesin Induk KM. Tuna Lestari 16. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Perikanan Tangkap*, 191-196.
- Muharromah, A. P. (2018). *Pengaruh Tekanan Oli Rendah Terhadap Performa Pada Engine Common Rail Type Ford Ranger 3.0 Cc*. Samarinda: Politeknik Negeri Samarinda.
- Nasional, B. S. (2012). Biodiesel., (Hal. 3-4).
- Nurchahyo, K. N. (2017). Analisa Kerusakan Oil Pump Pada Sistem Pelumasan Engine C6.4 CATERPILLAR. *Tugas Akhir*, 1-102.
- Nurhadi, I. (2015). *Pengaruh Penggunaan Biodiesel Terhadap Performa Dan Komponen Utama Pada Motor Pokok Kri Weling-822*. Surabaya: Repository Its.
- Pamata, N. (2008). *Sintesis Metil Ester (Biodiesel) Dari Minyak Biji Kemiri (Aleurites Moluccana) Hasil Ekstraksi Melalui Metode Ultrasonokimia*. Undergraduate Thesis, DEPOK.
- Perkebunan, D. J. (2015-2017). *Statistik Perkebunan Indonesia*. Jakarta: Sekretariat Direktorat Jendral Perkebunan.
- Peterson, C. L., Thompson, J. C., & Taberski, J. S. (1999). One-Thousand-Hour Engine Durability Test With Hysee And Using A 5X-EMA Test Cycle. *American Society Of Agricultural Engineers*, 23-30.
- Prasutiyon, H. (2017). *Pengaruh Angka Iodin Terhadap Ketahanan Komponen-Komponen Utama Motor Diesel Dengan Bahan Bakar Jelantah Methyl Ester B20*. Surabaya: Repository ITS.

- Putro, D. A. (2007). Analisis Sistem Pelumasan Pada Mesin Toyota Kijang Seri-5K. *Tugas Akhir*, 1-77.
- Ridha, M., & Darminto. (2016). Analisis Densitas, Porositas, Dan Struktur Mikro Batu Apung Lombok Dengan Variasi Lokasi Menggunakan Metode Archimedes Dan Software Image-J. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 124-130.
- Ristianingsih, Y., Hidayah, N., & Sari, F. W. (2015). Pembuatan Biodiesel Dari Crude Palm Oil (CPO) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Melalui Proses Transesterifikasi Langsung. *Jurnal Teknologi Agro-Industri*.
- Rosalina, D. R. (2017). *Pengukuran Viskositas Minyak Goreng Pada Berbagai Variasi Suhu Dengan Menggunakan Sensor Fiber Optik*. Yogyakarta.
- Ruspitaningati, S. R., Permatasari, R., & Gunardi, I. (2013). Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Kelapa Sawit Dengan Menggunakan Katalis Berpromotor Ganda Berpenyangga γ -Alumina (CaO/KI/ γ -Al₂O₃) Dalam Reaktor Fluidized Bed. *JURNAL TEKNIK POMITS*, F-193-F-195.
- Samlawi, A. K. (2018). *Motor Bakar (Teori Dasar Motor Diesel)*. Banjarbaru: Universitas Lambung Mangkurat.
- Setiawan, A., & Nugroho, A. (2016). Analisis Korosivitas Biodiesel Yang Diproduksi Dari Minyak Goreng Bekas Terhadap Material Baja Karbon. *I*.
- Silviana, & Buchori, L. (2015). Efek Penyimpanan Biodiesel Berdasarkan Studi Kajian Degradasi Biodiesel CPO. 148-153.
- Suresh Vellaiyan, K. A. (2016). The Role Of Water-In-Diesel Emulsion And Its Additives On Diesel Engine Performance And Emmission Levels: A Retrospective Review. *Alexandria Engineering Journal*, 2643-2472.
- Tarigan, B. H. (2002). Bahan Bakar Alternatif Biodiesel (Bagian I. Pengenalan). 1-13.
- Wielligh, A., Burger, N., & Vaal, P. D. (2004). Diesel Injector Failures And The Consequences - Caused By Fuel Quality.
- Witek, L., Stachowicz, F., & Zaleski, A. (2017). Failure Investigation Of The Crankshaft Of Diesel Engine. *International Conference On Structural Integrity*. 5. Madeira: Procedia Structural Integrity.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN

1. Pengujian Bahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
 Gedung Pusat Riset, Lantai Lobby, Kampus ITS Sukolilo - Surabaya 60111
 Telp : 031 - 5953759, Fax : 031 - 5955793, PABX : 1404, 1405
 http://www.lppm.its.ac.id

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Pemilik : Zeka Angger Hartono

Alamat Pemilik : Teknik Sistem Perkapalan ITS

Nama Contoh : **Bahan Bakar B 30** Tanggal Terima : 23 Apr 2019

Deskripsi Contoh : Bentuk : Padat/Cair/Gas Tanggal Pengujian : 25 Apr 2019
 Volume : - Tanggal Selesai Pengujian : 03 Mei 2019
 Kemasan : Botol Jumlah Contoh : 01

Kode Contoh : EN-23

Menyatakan bahwa contoh tersebut di atas telah diuji di Laboratorium Energi & Lingkungan – LPPM ITS.

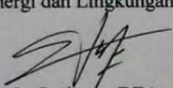
No.	Nama Contoh	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1.	Bahan Bakar B 30	Viscositas at 40°C	4,43	cSt	Viscometer bath
		Flash Point	96	°C	ASTM D 92
		Pour Point	-4	°C	ASTM D 97-85
		Cetane Number	69,8	-	Oktane/Cetane Meter
		LHV	19.549	BTU/lb	ASTM D 240
		Densitas	0,856	gr/cm ³	Piknometer

Suhu : 24,0 °C
 Humidity : 52%
 Analisis : WNN, MBB, EWY
 Sampling : dilakukan oleh Pelanggan

Catatan:


1. Hasil pengujian hanya berlaku untuk sampel yang diuji.
2. Laboratorium tidak bertanggung jawab atas kerugian pada pihak ke tiga.
3. Laporan hasil pengujian hanya boleh diperbanyak secara utuh.

Kepala Laboratorium Energi dan Lingkungan



Dr. Ir. Susianto, DEA
 NIP. 19620820 198903 1 004

Koordinator Teknis




Vita Yuliana, S.Si
 NIP. 1990201822404

FR/LEL-ITS/7.8-01 Laporan Hasil Pengujian Ter/Rev./TP:2/1/30042018

Lampiran 1. Hasil Pengujian Bahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

2. Pengujian Viskositas, Titik Nyala (Flash Point), dan Kandungan Air Pada Minyak Pelumas Berbahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit




LABORATORIUM TAKI
(Teknologi Air dan Konsultasi Industri)
Departemen Teknik Kimia FTI - ITS
 Kampus ITS, Keputih - Sukolilo, Surabaya, Telp. 031-5922935
 Fax. 031-5922935, E-mail : lab.taki@chem-eng.its.ac.id

KETERANGAN HASIL ANALISA
 No.22/LTAKI/V/2019

Terima dari : **Zeka**
 Siskal ITS
 Jenis contoh : Bahan bakar
 Kode contoh : A. Pertamina Mesran B SAE 40
 B. Minyak pelumas Biodiesel B30
 Uji : Kadar air, viskositas 40°C dan 100 °C, flash point

Parameter	Satuan	Hasil analisa		Metode analisa
		A	B	
Kadar air	%	0,0786	0,1307	Gravimetri
Viskositas 40°C	cSt	-	78	Viskometri
Viskositas 100 °C	cSt	-	7	Viskometri
Flash point	°C	-	>230	ASTM D-93


Keterangan :
 Hasil analisa tersebut diatas berdasarkan contoh yang kami terima



Surabaya, 11 Juli 2019
Siti Nurkhamidah, ST, MS, Ph.D
 Kepala Laboratorium TAKI

Lampiran 2. Hasil pengujian Viskositas, Titik Nyala (Flash Point), dan Kandungan Air Pada Minyak Pelumas Berbahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

3. Pengujian Viskositas, Titik Nyala (Flash Point), dan Kandungan Air Pada Minyak Pelumas Berbahan Bakar Pertamina Dexlite



LABORATORIUM TAKI
(Teknologi Air dan Konsultasi Industri)
Departemen Teknik Kimia FTI - ITS
Kampus ITS, Keputih - Sukolilo, Surabaya, Telp. 031-5922935
Fax. 031-5922935, E-mail : lab.taki@chem-eng.its.ac.id


KETERANGAN HASIL ANALISA
No.23/LTAKI/V/2019

Terima dari : **Youri**
Siskal ITS
Jenis contoh : Bahan bakar
Kode contoh : A. Sampel oli Dexlite
B. Biopelumas minyak jarak
C. Biopelumas minyak jarak bekas
Uji : Kadar air, viskositas 40°C dan 100 °C, flash point

Parameter	Satuan	Hasil analisa			Metode analisa
		A	B	C	
Kadar air	%	3,7333	11,5711	0,1877	Gravimetri
Viskositas 40°C	cSt	80	-	-	Viskometri
Viskositas 100 °C	cSt	14	-	-	Viskometri
Flash point	°C	>230	-	-	ASTM D-93

Keterangan :
▪ Hasil analisa tersebut diatas berdasarkan contoh yang kami terima


Surabaya, 11 Juli 2019



Siti Nurkhamidah, ST, MS, Ph.D
Kepala Laboratorium TAKI

Lampiran 3. Hasil Pengujian Viskositas, Titik Nyala (Flash Point), dan Kandungan Air Pada Minyak Pelumas Berbahan Bakar Pertamina Dexlite

4. Pengujian Total base Number Pada Minyak Pelumas Berbahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
 Gedung Pusat Riset, Lantai Lobby, Kampus ITS Sukolilo - Surabaya 60111
 Telp. : 031 - 5953759, Fax : 031 - 5955793, PABX : 1404, 1405
 http://www.lppm.its.ac.id

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Pemilik : Zeka Angger H
 Alamat Pemilik : Teknik Sistem Perkapalan ITS

Nama Contoh : Biodiesel B30 Tanggal Terima : 17 Juni 2019
 Deskripsi Contoh : Bentuk : Padat/Cair/Gas Tanggal Pengujian : 18 Juni 2019
 Volume : - Tanggal Selesai Pengujian : 18 Juni 2019
 Kemasan : Botol Jumlah Contoh : 1
 Kode Contoh : EI-400

Menyatakan bahwa contoh tersebut di atas telah diuji di Laboratorium Energi & Lingkungan – LPPM ITS.

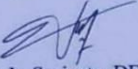
No.	Nama Contoh	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1	Biodiesel B30	TBN	10,84	mg/g	ASTM D 2896-03

Suhu : 25,1°C
 Humidity : 53%
 Analisis : EWY
 Sampling : dilakukan oleh Pelanggan

Catatan:


- Hasil pengujian hanya berlaku untuk sampel yang diuji.
- Laboratorium tidak bertanggung jawab atas kerugian pada pihak ke tiga.
- Laporan hasil pengujian hanya boleh diperbanyak secara utuh.

Kepala Laboratorium Energi dan Lingkungan



Dr. Ir. Susianto, DEA
 NIP. 19620820 198903 1 004

Koordinator Teknis




Vita Yuliana S.Si
 NIP. 1990201822404

FR/LEL-ITS/7.8-01 Laporan Hasil Pengujian

Ter/Rev./TP:2/1/30042018

Lampiran 4. Hasil Pengujian Total base Number Pada Minyak Pelumas Berbahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

5. Pengujian Total base Number Pada Minyak Pelumas Berbahan Bakar Pertamina Dexlite



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
 Gedung Pusat Riset, Lantai Lobby, Kampus ITS Sukolilo - Surabaya 60111
 Telp. : 031 - 5953759, Fax : 031 - 5955793, PABX : 1404, 1405
 http://www.lppm.its.ac.id

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

Nama Pemilik : Aridhanka Youri Al Kahfi
 Alamat Pemilik : Teknik Sistem Perkapalan ITS

Nama Contoh : MESRAN B SAE 40 DEXLITE Tanggal Terima : 17 Juni 2019

Deskripsi Contoh : Bentuk : Padat/Cair/Gas Tanggal Pengujian : 18 Juni 2019
 Volume : - Tanggal Selesai Pengujian : 18 Juni 2019
 Kemasan : Botol Jumlah Contoh : 1

Kode Contoh : **EI-399**

Menyatakan bahwa contoh tersebut di atas telah diuji di Laboratorium Energi & Lingkungan – LPPM ITS.

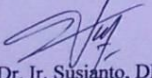
No.	Nama Contoh	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1	MESRAN B SAE 40 DEXLITE	TBN	11,38	mg/g	ASTM D 2896-03

Suhu : 24,5°C
 Humidity : 55%
 Analisis : EWY
 Sampling : dilakukan oleh Pelanggan

Catatan:


- Hasil pengujian hanya berlaku untuk sampel yang diuji.
- Labotorium tidak bertanggung jawab atas kerugian pada pihak ke tiga.
- Laporan hasil pengujian hanya boleh diperbanyak secara utuh.

Kepala Laboratorium Energi dan Lingkungan



Dr. Ir. Susianto, DEA
 NIP. 19620820 198903 1 004

Koordinator Teknis



Vita Yuliana, S.Si
 NIP. 1990201822404

FR/LEL-ITS/7.8-01 Laporan Hasil Pengujian

Ter/Rev./TP:2/1/30042018

Lampiran 5. Hasil Pengujian Total base Number Pada Minyak Pelumas Berbahan Bakar Pertamina Dexlite

6. Pengujian Indeks Viskositas dan Titik Tuang (Pour Point) Pada Minyak Pelumas Berbahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

H A S I L
TEST RESULT

Nomor Seri : 173/LHU/LP/2019
Serial Number

Nomor Analisis : 470/06/19
Analysis Number

Halaman / Page : 2 / 2

Hasil Pengujian Contoh "Minyak Pelumas (Bio Diesel B 30)" sebagai berikut :

No	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Analisis	Metode
1	Viskositas Index	-	107	ASTM D 2270
2	Pour Point	°C	0	ASTM D 97

ASLI
Original

Mengetahui,
Deputi Manajer Mutu

Budi Noviyanto, S.ST.
NIP 19731125 199403 1 002



Laboratorium Penguji PUSDIKLAT MIGAS
Manajer Teknis Laboratorium Minyak Bumi

Sahadad, S.ST.
NIP 19680105 199103 1 001

LAPORAN HASIL UJI INI HANYA BERKAITAN DENGAN BARANG YANG DIUJI,
DAN TIDAK BOLEH DIGANDAKAN TANPA PERSETUJUAN TERTULIS DARI LP-PUSDIKLAT MIGAS KECUALI SECARA LENGKAP

Rec. : 08/RT/LP Rev. : 0

Lampiran 6. Hasil Pengujian Indeks Viskositas dan Titik Tuang (Pour Point) Pada Minyak Pelumas Berbahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

7. Pengujian Indeks Viskositas dan Titik Tuang (Pour Point) Pada Minyak Pelumas Berbahan Bakar Pertamina Dexlite

H A S I L
TEST RESULT

Nomor Seri : 173/LHU/LP/2019
Serial Number

Nomor Analisis : 471/06/19
Analysis Number

Halaman / Page : 2 / 2


Hasil Pengujian Contoh "Minyak Pelumas (Dexlite Pertamina)" sebagai berikut :

No	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Analisis	Metode
1	Viskositas Index	-	99	ASTM D 2270
2	Pour Point	°C	-3	ASTM D 97

ASLI
Original

Mengetahui,
Deputi Manajer Mutu

Budi Noviyanto, S.ST.
NIP 19731125 199403 1 002



Laboratorium/Penguji PUSDIKLAT MIGAS
Manajer Teknis Laboratorium Minyak Bumi

Sahadad, S.ST.
NIP 19680105 199103 1 001

LAPORAN HASIL UJI INI HANYA BERKAITAN DENGAN BARANG YANG DIUJI,
DAN TIDAK BOLEH DIGANDAKAN TANPA PERSETUJUAN TERTULIS DARI LP-PUSDIKLAT MIGAS KECUALI SECARA LENGKAP

Rec. : 08/RT/LP Rev. : 0

Lampiran 7. Hasil Pengujian Indeks Viskositas dan Titik Tuang (Pour Point) Pada Minyak Pelumas Berbahan Bakar Pertamina Dexlite

8. Pengujian Kandungan Logam Aluminium, Besi, dan Krom Pada Minyak Pelumas Berbahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

H A S I L
TEST RESULT

Nomor Seri : 201/LHU/LP/2019
Serial Number


Nomor Analisis : 631/07/19
Analysis Number
Halaman / Page : 2 / 2

Hasil Pengujian Contoh "Minyak Pelumas Biodiesel B30" sebagai berikut :

No	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Analisis	METODE
1	Fe	mg/l	1,35	Flame AAS
2	Al	mg/l	7,5	Flame AAS
3	Krom	mg/l	<0,006	Flame AAS

ASLI
Original

Mengetahui,
Deputi Manajer Mutu


Budi Noviyanto, S.ST.
NIP 19731125 199403 1 002

Laboratorium Penguji PUSDIKLAT MIGAS
Deputi Manajer Teknis Lab. Kimia dan Lind. Lingkungan


Amelia Eka Lestari, S.ST.
NIP 19830828 200502 2 001

LAPORAN HASIL UJI INI HANYA BERKAITAN DENGAN BARANG YANG DIUJI,
DAN TIDAK BOLEH DIGANDAKAN TANPA PERSETUJUAN TERTULIS DARI LP-PUSDIKLAT MIGAS KECUALI SECARA LENGKAP

Rec. : 08/RT/LP Rev. : 0

Lampiran 8. Hasil Pengujian Kandungan Logam Aluminium, Besi dan Krom Pada Minyak Pelumas Berbahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

9. Pengujian Kandungan Logam Aluminium, Besi, dan Krom Pada Minyak Pelumas Berbahan Bakar Pertamina Dexlite

H A S I L
TEST RESULT

Nomor Seri : 201/LHU/LP/2019
Serial Number


Nomor Analisis : 631.1/07/19
Analysis Number
Halaman / Page : 2 / 2

Hasil Pengujian Contoh "Minyak Pelumas Dexlite Pertamina" sebagai berikut :

No	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Analisis	METODE
1	Fe	mg/l	1,34	Flame AAS
2	Al	mg/l	6,26	Flame AAS
3	Krom	mg/l	<0,006	Flame AAS

ASLI
Original

Mengetahui,
Deputi Manajer Mutu


Budi Noviyanto, S.ST.
NIP 19731125 199403 1 002

Laboratorium Penguji PUSDIKLAT MIGAS
Deputi Manajer Teknis Lab. Kimia dan Lind. Lingkungan


Amelia Eka Lestari, S.ST.
NIP 19830828 200502 2 001

LAPORAN HASIL UJI INI HANYA BERKAITAN DENGAN BARANG YANG DIUJI,
DAN TIDAK BOLEH DIGANDAKAN TANPA PERSETUJUAN TERTULIS DARI LP-PUSDIKLAT MIGAS KECUALI SECARA LENGKAP

Rec. : 08/RT/LP Rev. : 0

Lampiran 9. Hasil Pengujian Kandungan Logam Aluminium, Besi dan Krom Pada Minyak Pelumas Berbahan Bakar Pertamina Dexlite

10. Data Pengujian Mesin Diesel Dengan Menggunakan Bahan Bakar Dexlite

TABEL PENGAMBILAN DATA PERFORMA DURABILITY TEST BAHAN BAKAR PERTAMINA DEXLITE														
No.	Putaran Kontrol Mesin (rpm)	Dummy Load (watt)	Putaran (Rpm)		Generator		Konsumsi Bahan Bakar		Temperatur Pendingin		Temperatur Exhaust (°C)	Kecepatan Udara Masuk (m/s)	Temperatur Ambient (°C)	Keterangan
			Engine	Generator	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Waktu (menit)	Volume (ml)	Inlet (°C)	Outlet (°C)				
Low idle	850	0	850	620	3,4	0	30	100	30,4	32,5	65,8	0,1	29	0-3 jam
Low Load	1980	750	1980	1391	201	2,9	30	320	42,3	46,2	122,5	0,7	29	
Rated Speed	2200	2500	2200	1535	243	11,5	60	1400	57,6	65	221	1,1	29	
Max Torque	1900	3000	1900	1320	204	12,52	60	1165	52,7	56	224,9	1	29	
Low idle	850	0	877	616	3,146	0	30	100	34	37,4	69,4	0,1	30	25-27 jam
Low Load	1980	750	1981	1387	202	2,89	30	250	53,8	59,1	123,4	0,7	30	
Rated Speed	2200	2500	2202	1531	247	11,36	60	1250	59,1	70,3	264,9	1,1	30	
Max Torque	1900	3000	1901	1319	202	12,38	60	1100	43,2	70,9	254,2	1	30	
Low idle	850	0	849	597	2,902	0	30	80	37,1	45	64,7	0,5	29	52-54 jam
Low Load	1980	750	1982	1394	202	2,89	30	300	39,3	64,6	123,6	1	29	
Rated Speed	2200	2500	2203	1528	245	11,33	60	1200	45,2	70,3	264,9	1,5	29	
Max Torque	1900	3000	1901	1319	202	12,38	60	1100	43,2	70,9	254,2	1,4	29	
Low idle	850	0	851	598	2,73	0	30	100	37,2	51,2	70,4	0,5	29	76-78 jam
Low Load	1980	750	1983	1385	201	2,88	30	250	51,4	67	128,4	1,1	29	
Rated Speed	2200	2500	2203	1500	238	11,16	60	1150	55,4	68,7	264	1,4	29	
Max Torque	1900	3000	1900	1297	195	12,19	60	1000	70,2	82,9	250,5	1,5	29	
Low idle	850	0	854	594	2,834	0	30	100	38,6	41,4	75,5	1,4	31	100-102 jam
Low Load	1980	750	1983	1387	201	2,88	30	300	61,5	57,1	133	1,9	31	
Rated Speed	2200	2500	2201	1529	245	11,32	60	1250	64,8	69	265,8	2,1	31	
Max Torque	1900	3000	1902	1322	202	12,4	60	1100	72,6	87,3	277,4	1,9	31	
Low idle	850	0	854,2	595	2,87	0	30	100	43,4	49,3	71,3	0,8	29	124-126 jam
Low Load	1980	750	1981	1381	200	2,88	30	300	54,1	69,4	137,3	1,8	30	
Rated Speed	2200	2500	2201	1530	243	11,33	60	1250	63,5	77,3	285,3	2	30	
Max Torque	1900	3000	1902	1321	201	12,37	60	1100	66,4	80,2	276,4	1,9	30	
Low idle	850	0	855,5	597,1	2,896	0	30	100	34	40,1	72,7	0,9	30	151-153 jam
Low Load	1980	750	1981	1383	195	2,84	30	300	41,7	54,1	136,6	1,9	31	
Rated Speed	2200	2500	2201	1529	245	11,32	60	1275	58,6	75,9	277,3	2,1	32	
Max Torque	1900	3000	1901	1320	201	12,39	60	1125	64,2	71,7	274,4	1,8	34	
Low idle	850	0	846,7	588,3	2,725	0	30	100	54	57,6	75,8	0,8	30	175-177 jam
Low Load	1980	750	1978	1382	202	2,88	30	300	54,5	60,7	140,9	1,8	30	
Rated Speed	2200	2500	2201	1530	247	11,38	60	1275	53	57,7	276,5	2,1	33	
Max Torque	1900	3000	1902	1320	200	12,39	60	1100	58	69,3	269,9	2	36	
Low idle	850	0	855	597	2,83	0	30	125	52,3	58	75,6	0,9	29	199-201 jam
Low Load	1980	750	1980	1382	195	2,85	30	275	54,6	62,2	150,8	1,8	30	
Rated Speed	2200	2500	2200	1530	245	11,35	60	1300	57,9	70,5	308,3	2	30	
Max Torque	1900	3000	1900	1319	201	12,41	60	1150	68,6	339,6	339,6	1,9	30	

Lampiran 10. Hasil Pengujian Mesin Diesel Dengan Menggunakan Bahan Bakar Pertamina Dexlite

11. Data Pengujian Mesin Diesel Dengan Menggunakan Bahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

TABEL PENGAMBILAN DATA PERFORMA DURABILITY TEST														
No.	Putaran Kontrol Mesin (rpm)	Dummy Load (watt)	Putaran (Rpm)		Generator		Konsumsi Bahan Bakar		Temperatur Pendingin		Temperatur Exhaust (°C)	Kecepatan Udara Masuk (m/s)	Temperatur Ambient (°C)	Keterangan
			Engine	Generator	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Waktu (menit)	Volume (ml)	Inlet (°C)	Outlet (°C)				
Low idle	850	0	954	681	3,05	0	30	120	35,3	46,9	74,9	0,5	29	0-3 jam
Low Load	1980	750	1981	1388	205	2,91	30	300	31,6	52,5	134,2	1,7	29	
Rated Speed	2200	2500	2202	1529	246	11,34	60	1225	36	58,4	274,1	1,3	30	
Max Torque	1900	3000	1901	1318	201	12,36	60	1150	40,7	61,6	259	1,3	31	
Low idle	850	0	898	641	3,052	0	30	100	33,5	44,1	74,2	0,8	30	25-27 jam
Low Load	1980	750	1982	1386	203	2,9	30	280	39,3	47,8	126,4	1,2	31	
Rated Speed	2200	2500	2202	1524	245	11,32	60	1300	40,1	49,4	262,3	1,1	32	
Max Torque	1900	3000	1903	1318	200	12,36	60	1125	40,5	61,9	248,3	1,1	33	
Low idle	850	0	845	595	2,906	0	30	105	47,1	50,1	75,6	0,7	30	52-54 jam
Low Load	1980	750	1982	1387	204	2,91	30	260	46,6	62,2	101,1	1,4	30,8	
Rated Speed	2200	2500	2203	1527	245	11,34	60	1300	43,7	63	209,1	1,4	32,9	
Max Torque	1900	3000	1902	1319	201	12,39	60	1100	43,7	66	186	1,6	33	
Low idle	850	0	889	632	3,15	0	30	100	37,3	56,9	68	0,5	31,2	76-78 jam
Low Load	1980	750	1980	1382	204	2,91	30	300	46,2	50,4	115,9	1,9	31,5	
Rated Speed	2200	2500	2200	1519	244	11,33	60	1300	35,8	64,1	194	2,1	31,6	
Max Torque	1900	3000	1900	1312	200	12,34	60	1100	42,4	67,5	202,5	1,8	33,1	
Low idle	850	0	828	601	2,85	0	30	110	48,8	52,6	76,8	0,5	31	100-102 jam
Low Load	1980	750	1980	1383	200	2,88	30	290	51	55,9	105	1,8	31,6	
Rated Speed	2200	2500	2205	1513	241	11,24	60	1280	36,6	70,4	238,5	2,1	32,3	
Max Torque	1900	3000	1900	1305	198	12,28	60	1075	43,1	78,4	203,4	1,7	33,8	
Low idle	850	0	1090	770	4,56	0	30	100	52,1	55,6	76,2	0,9	31,1	124-126 jam
Low Load	1980	750	1981	1383	204	2,91	30	275	54,1	57,8	127,6	1,9	31,4	
Rated Speed	2200	2500	2202	1509	242	11,24	60	1250	48,4	61,2	208,1	2,1	32,4	
Max Torque	1900	3000	1900	1299	197	12,26	60	1090	45,1	64	173,8	1,8	32,9	
Low idle	850	0	1045	740	4,5	0	30	100	48,3	60,7	70,4	1	29,6	151-153 jam
Low Load	1980	750	1980	1386	204	2,91	30	270	38,6	60,7	102,8	1,8	30,6	
Rated Speed	2200	2500	2202	1501	240	10,74	60	1230	42,1	65,1	200,2	2,1	31,6	
Max Torque	1900	3000	1902	1293	196	12,2	60	1055	42,4	63	180	1,7	34,3	
Low idle	850	0	857	605	3,045	0	30	100	50,9	63,8	73,7	0,8	30,4	175-177 jam
Low Load	1980	750	1980	1383	203	2,9	30	260	52,5	67,2	105,1	1,8	30	
Rated Speed	2200	2500	2202	1497	239	11,17	60	1250	45	70,5	221,5	2	32,9	
Max Torque	1900	3000	1900	1293	196	12,21	60	1075	40,6	58,5	170,1	1,9	36,1	
Low idle	850	0	861	614	3,127	0	30	100	35,6	58,3	75,4	0,8	29,1	199-201 jam
Low Load	1980	750	1981	1383	206	2,92	30	290	38,8	60,5	104,2	1,8	30	
Rated Speed	2200	2500	2201	1484	238	11,13	60	1210	39,5	59	198	2	30,5	
Max Torque	1900	3000	1905	1289	196	12,19	60	1050	41,8	61,2	184,9	2,8	30,5	

Lampiran 11. Hasil Pengujian Mesin Diesel Dengan Menggunakan Bahan Bakar Biodiesel B30 Minyak Kelapa Sawit

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Karanganyar, 3 September 1996, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di beberapa sekolah diantaranya SDN 03 Suruh, SMPN 1 Karanganyar, SMAN 1 Karanganyar dan melanjutkan pendidikan ke Strata 1 di Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS pada tahun 2015 melalui jalur SNMPTN. Penulis terdaftar dengan NRP 0421154000036. Selama berada di bangku perkuliahan, penulis mengikuti beberapa kegiatan yang diadakan Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS dan aktif di UKM Sepakbola. Selama di kampus, penulis telah mendapatkan beberapa prestasi yaitu 2 kali runner-up pada kompetisi futsal antar departemen di ITS. Pada tahun keempat berkuliah, penulis mengambil konsentrasi Tugas Akhir di bidang studi Marine Power Plant (MPP). Pengalaman Kerja Praktek yang pernah ditempuh penulis antara lain di PT. Janata Marina Indah (JMI) Semarang dan PT. Dirgantara Indonesia (Persero). Selama semester akhir, penulis banyak menghabiskan waktu untuk menyelesaikan Tugas Akhir di Laboratorium Marine Power Plant (MPP) dan Getaran Mesin.