



**UJI PRESTASI DAN EMISI GAS BUANG
KENDARAAN DENGAN BAHAN BAKAR BIODIESEL
NYAMPLUNG (*CALOPHYLLUM INOPHYLLUM*)**

SKRIPSI

**Skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif**

oleh

**Guarsi Fanani
5202412017**

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2016**

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Uji Prestasi Dan Emisi Gas Buang Kendaraan dengan Bahan Bakar Biodiesel Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*)” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 20bulan Desember tahun 2016.

Oleh

Nama : Guarsi Fanani
NIM : 5202412017
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif S1

Panitia Ujian :

Ketua

Sekretaris


Rusiyanto, S.Pd., M.T.
NIP.197403211999031002


Dr. Rahmat Doni Widodo, S.T.,M.T.
NIP.1975092720006041002

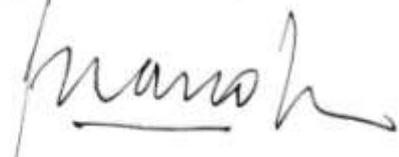
Penguji I

Penguji II/ Pembimbing I

Penguji III/ Pembimbing II


Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., S.T., M.T.
NIP.196901061994031003


Drs. Suprpto, M.Pd
NIP.195508091982031002


Drs. Winarno Dwi R., M.Pd.
195210021981031001

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang


Dr. Nur Qudus, M.T.
NIP. 196911301994031001



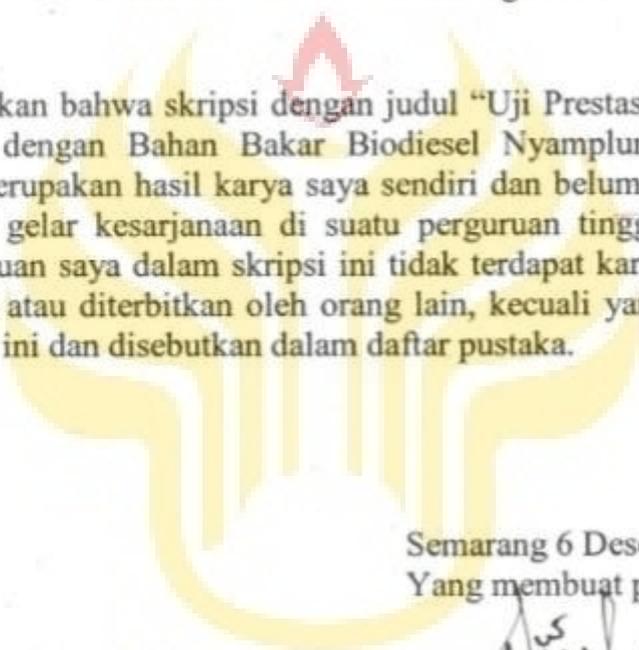
PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama Mahasiswa : Guarsi Fanani
NIM : 5202412017
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif S1
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Uji Prestasi Dan Emisi Gas Buang Kendaraan dengan Bahan Bakar Biodiesel Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*)” ini merupakan hasil karya saya sendiri dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi manapun, dan sepanjang pengetahuan saya dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang 6 Desember 2016
Yang membuat pernyataan



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG


Guarsi Fanani
NIM.5202412017

ABSTRAK

Fanani, Guarsi. 2016. Uji Prestasi dan Emisi Gas Buang Kendaraan dengan Bahan Bakar Biodiesel Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*). Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Drs.Suprpto, M.Pd. dan Drs.Winarno Dwi Raharjo, M.Pd.

Kata kunci: solar, biodiesel nyamplung, prestasi mesin, opasitas, Isuzu phanter.

Meningkatnya penggunaan kendaraan bermotor jenis diesel berdampak pada meningkatnya kebutuhan bahan bakar solar serta tingginya angka pencemaran dari asap sisa pembakaran mesin tersebut. Salah satu upaya yang dapat dilakukan guna menekan ketergantungan akan bahan bakar solar sekaligus menurunkan tingkat emisi gas buang adalah dengan penggunaan bahan bakar alternatif atau *biofuel*. Salah satu tanaman di Indonesia yang dapat dijadikan bahan baku *biofuel* adalah nyamplung (*Callophyllum inophyllum L*), dengan memanfaatkan biji kering nyamplung untuk diolah menjadi biodiesel. Metode dalam penelitian ini menggunakan jenis eksperimen, yaitu menguji coba dan menganalisa hasil daya, torsi dan opasitas gas buang antara penggunaan solar dan biodiesel nyamplung.

Penelitian ini dilakukan guna mengetahui pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel nyamplung terhadap daya, torsi dan emisi gas buang berupa opasitas (kepekatan asap). Dengan membandingkan antara penggunaan 100% bahan bakar solar Pertamina dengan penggunaan 100% bahan bakar biodiesel nyamplung pada mobil Isuzu Phanter *pick-up*. Data uji daya diambil pada putaran mesin 3500 rpm, dan data torsi diambil pada putaran mesin 2000 rpm. Dengan bahan bakar biodiesel nyamplung menghasilkan daya sebesar 35,73 HP dan torsi sebesar 103,4 Nm. Sedangkan dengan bahan bakar solar Pertamina menghasilkan daya sebesar 38,47 HP dan torsi sebesar 106,97 Nm. Kemudian untuk hasil uji emisi gas buang berupa opasitas (kepekatan asap), menunjukkan bahwa pada kondisi bukaan katup gas penuh (*wide open throttle*) opasitas sebesar 96,23 % dengan penggunaan bahan bakar biodiesel nyamplung, dan opasitas mencapai 100 % dengan penggunaan bahan bakar solar Pertamina.

Secara keseluruhan, kendaraan berbahan bakar biodiesel nyamplung menghasilkan daya, torsi dan opasitas (kepekatan asap) yang cenderung lebih rendah (menurun) dibandingkan kendaraan berbahan bakar solar Pertamina.

ABSTRACT

Fanani, Guarsi. 2016. Engine performance and Exhaust emission of Calophyllum Inophyllum biodiesel fueled vehicle. Skripsi. Mechanical Engineering Departmen. Technical Faculty. Universitas Negeri Semarang. Drs.Supraptono, M.Pd. dan Drs.Winarno Dwi Raharjo, M.Pd.

Keywords : diesel fuel, calophyllum Inophyllum biodiesel, engine performance, opacity, Isuzu Phanter.

The increased use of diesel types vehicle have an impact on the increasing needs of diesel fuel as well as the high number of smoke polution from the rest of the combustion engine. One effort that can be made in order to suppress diesel fuel dependence while lowering level of exhaust emissions is using alternative fuel or biofuels. One of the Indonesian plant that can be used as raw material for biofuels is nyamplung (*Calophyllum Inophyllum L*), by using dried beans of calophyllum inophyllum and processing into biodiesel. The experiment method was using in this research by comparing result between power, torque and opacity with petrodiesel fueled engine versus calophyllum inophyllum biodiesel fueled engine.

This research was conducted to determine the effect of using biodiesel to power, torque, and exhaust emissions in the opacity form. By comparing usage between the 100% Pertamina's diesel fuel versus calophyllum inophyllum biodiesel on Isuzu Phanter pick up diesel vehicle. Data of power taken at 3500rpm and data of torque taken at 2000rpm. With biodiesel fueled engine produce power equal 35.47HP and torque is 106.97Nm. Furthermore opacity test result showed that in condition of wide open throttle, with usage of biodiesel fueled engine produce opacity about 96.23 %, while with usage of Pertamina's diesel fueled engine produce opacity about 100 %.

Overall, biodiesel fueled engine produce less power, torque and opacity than Pertamina's diesel fueled engine. Emission test results in opacity form (smoke density) showed positive results where the concentration of fumes of biodiesel fueled engine are lower compared to the opacity of Pertamina's diesel fueled engine.

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

- Ilmu pengetahuan adalah senjata paling ampuh untuk merubah dunia, baik atau buruknya, tinggal bagaimana kita memanfaatkan ilmu tersebut (Nelson Mandela)
- Orang bijak belajar dari kesalahannya sendiri, sementara orang yang lebih bijak belajar dari kesalahan orang lain.
- Jangan mengeluh atas kesedihan yang menimpamu, tanpanya kau tak akan pernah tau seperti apa kebahagiaan itu . . . bersyukurlah.

Skripsi ini Saya Persembahkan untuk :

- Kedua orang tuaku yang kusayangi (Ahmad Chosois dan Fatonah).
- Kakak dan Adikku (Melun & Khusnul) serta seluruh anggota keluarga.
- *My live partner* Dewi Mega Puspitasari.
- Rekan-rekan PTO angkatan 2012.
- Keluarga besar kos Zainun.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT berkat rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Uji Prestasi Dan Emisi Gas Buang Kendaraan dengan Bahan Bakar Biodiesel Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*)” dalam rangka menyelesaikan studi Strata Satu untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang tanpa lelah memberikan masukan dan dorongan moril maupun materil kepada penulis, sehingga dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Dr. Nur Qudus, M.T., Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Rusiyanto, S.Pd., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., ST., MT., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Universitas Negeri Semarang.
4. Drs. Suprpto, M.Pd., selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, saran, dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Drs. Winarno Dwi Raharjo, M.Pd., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, saran, dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Mukindar, S.T., M.T., selaku kepala bagian uji layak jalan Dinas Perhubungan (Dishub) kota Semarang yang telah membantu dalam pelaksanaan uji emisi.

7. Daniel Kristanto, selaku manajer bengkel HDA *tunning port* yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan uji prestasi kendaraan.
8. Kedua orang tua serta keluarga yang sudah memberikan doa serta dukungan baik moril maupun materil.
9. Rekan-rekan prodi Pendidikan Teknik Otomotif angkatan 2012 atas support, semangat kebersamaan dan bantuannya dalam menyelesaikan skripsi.
10. Seluruh pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu sehingga terselesaikannya skripsi ini.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dan ketidaksempurnaan dalam penulisan skripsi ini. Penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi dunia pendidikan pada khususnya.

Semarang, 1 Desember 2016

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah.....	3
C. Pembatasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah.....	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	
A. Kajian Teori.....	7
1. Motor Diesel.....	7
2. Siklus Kerja Mesin Diesel.....	8
3. Proses Pembakaran Mesin Diesel.....	11
4. Jenis Bahan Bakar Mesin Diesel	14
5. Minyak Solar	14
6. Bahan Bakar Biodiesel Nyamplung	19
7. Reaksi Pembakaran.....	21
8. Proses Pembuatan Biodiesel Nyamplung	22
9. Uji Prestasi Mesin.....	25

10. Karakteristik Grafik Prestasi Mesin	28
11. Emisi Gas Buang Kendaraan.....	30
B. Kajian Penelitian yang Relevan	32
C. Kerangka Pikir Penelitian.....	33
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Bahan Penelitian	36
B. Alat dan Skema Penelitian	37
C. Prosedur Penelitian	40
1. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian.....	40
2. Proses Penelitian	41
3. Data Penelitian	45
4. Analisis data	49
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. HASIL PENELITIAN	52
1. Uji Performa/Prestasi Kendaraan	52
2. Uji Emisi Gas Buang.....	60
B. PEMBAHASAN.....	63
1. Uji Performa/Prestasi Kendaraan.....	63
2. Uji Emisi Gas Buang	67
C. KETERBATASAN PENELITIAN.....	68
BAB V PENUTUP	
A. Simpulan.....	70
B. Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN	75

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol	Arti
b	Jarak benda ke pusat rotasi (m)
F	<i>Force</i> (gaya)
N/n	Putaran mesin
P	Daya efektif (HP, HP, PS)
T	Torsi

Singkatan	Arti
ADO	<i>Automotive Diesel Oil</i> (Oli mesin diesel otomotif)
Atm	Atmosfer (satuan tekanan udara)
Btu/lb	British Termal Unit/1 pound (satuan energi kalor)
BS ₁₀₀	Bahan bakar solar 100%
BS ₀	Bahan bakar biodiesel nyamplung 100%
HP	<i>Horse Power</i> (tenaga kuda sebagai satuan daya)
IDO	<i>Industrial Diesel Oil</i> (Oli mesin diesel industri)
Kcal/kg	Kilokalori per kilogram (satuan besar nilai kalor)
kHz	Kilo Hertz (satuan frekuensi getaran)
Nm	Newton meter (satuan untuk torsi)
Rpm	<i>rotation per minute</i> (banyaknya putaran tiap menit)
RUN	<i>Running</i> (uji coba)
TMA	Titik Mati Atas
TMB	Titik Mati Bawah
WOP	<i>Wide Open Throttle</i> (katup gas pada kondisi bukaan penuh)

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Standar mutu (spesifikasi) bahan bakar jenis minyak solar 48.....	18
Tabel 2.2. Sifat kimiawi biodiesel nyamplung berdasarkan SNI 04-7182-2006	20
Tabel 3.1. Spesifikasi <i>dynamometer</i>	37
Tabel 3.2. Spesifikasi alat uji kepekatan <i>Opacity Smokemeter</i> OPA-102	38
Tabel 3.3. Lembar data pengujian daya	47
Tabel 3.4. Lembar data pengujian torsi.....	48
Tabel 3.5. Lembar Data pengujian emisi gas buang penggunaan BS ₀	48
Tabel 3.6. Lembar Data pengujian emisi gas buang penggunaan BS ₁₀₀	49
Tabel 3.7. Lembar analisis data pengujian daya	50
Tabel 3.8. Lembar analisis data pengujian torsi.....	50
Tabel 3.9. Lembar analisis data perbandingan daya	50
Tabel 3.10. Lembar analisis data perbandingan torsi.....	51
Tabel 3.11. Lembar analisis data pengujian emisi gas buang penggunaan BS ₀	51
Tabel 3.12. Lembar analisis data pengujian emisi gas buang penggunaan BS ₁₀₀	51
Tabel 3.13. Lembar analisis data perbandingan emisi gas buang	51
Tabel 4.1. Hasil uji daya dengan bahan bakar solar.....	53
Tabel 4.2. Hasil uji torsi dengan bahan bakar solar	54
Tabel 4.3. Hasil uji daya dengan bahan bakar biodiesel nyamplung	55
Tabel 4.4. Hasil uji torsi dengan bahan bakar biodiesel nyamplung	56

Tabel 4.5. Hasil uji rata-rata daya dengan bahan bakar solar vs biodiesel	57
Tabel 4.6. Hasil uji rata-rata torsi dengan bahan bakar solar vs biodiesel.....	58
Tabel 4.7. Hasil uji opasitas dengan bahan bakar solar	60
Tabel 4.8. Hasil uji opasitas dengan bahan bakar biodiesel nyamplung.....	60
Tabel 4.9. Hasil uji perbandingan opasitas (kepekatan)	61



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Diagram $P_{vs} V$ siklus tekanan konstan	8
Gambar 2.2. Siklus motor diesel 4 langkah	9
Gambar 2.3. Diagram indikator hipotik dari mesin diesel	11
Gambar 2.4. Tanaman nyamplung (<i>Calophyllum Inophyllum</i>)	21
Gambar 2.5. Grafik efisiensi volumetrik vs kecepatan udara masuk.....	29
Gambar 2.6. Skema kerangka pikir penelitian	35
Gambar 3.1. Skema pengujian daya, torsi, dan emisi gas buang.....	39
Gambar 3.2. Diagram alir pelaksanaan penelitian	40
Gambar 4.1. Hubungan daya dan putaran mesin dengan bahan bakar solar.....	53
Gambar 4.2. Hubungan torsi dan putaran mesin dengan bahan bakar solar	55
Gambar 4.3. Hubungan daya dan putaran mesin dengan bahan bakar biodiesel nyamplung	56
Gambar 4.4. Hubungan torsi dan putaran mesin dengan bahan bakar biodiesel nyamplung	57
Gambar 4.5. Perbandingan daya dengan bahan bakar solar vs biodiesel.....	58
Gambar 4.6. Perbandingan torsi dengan bahan bakar solar vs biodiesel	60
Gambar 4.7. Perbandingan opasitas dengan bahan bakar solar vs biodiesel	62

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Hasil uji daya kendaraan diesel dengan bahan bakar solar pertamina .	76
Lampiran 2. Hasil uji torsi kendaraan diesel dengan bahan bakar solar pertamina..	77
Lampiran 3. Hasil uji daya kendaraan diesel dengan bahan bakar biodiesel nyamplung	78
Lampiran 4. Hasil uji torsi kendaraan diesel dengan bahan bakar biodiesel nyamplung	79
Lampiran 5. Hasil uji opasitas (kepekatan) gas buang kendaraan diesel dengan bahan bakar solar pertamina	80
Lampiran 6. Hasil uji opasitas (kepekatan) gas buang kendaraan diesel dengan bahan bakar biodiesel nyamplung.....	81
Lampiran 7. Surat pengantar ijin penelitian.....	82
Lampiran 8. Surat ijin rekomendasi penelitian Dishub kota Semarang 01.....	83
Lampiran 9. Surat ijin rekomendasi penelitian Dishub kota Semarang 02.....	84
Lampiran 10.Surat pernyataan selesai uji HDA <i>Tunning port</i>	85
Lampiran 11.Surat selesai uji ddan penyerahan laporan Kesbangpol kota Semarang	86
Lampiran 12. Spesifikasi bahan bakar jenis minyak solar 48.....	87
Lampiran 13. Sifat kimia biodiesel nyamplung dibanding SNI 04-7182- 2006.....	88
Lampiran 14. Dokumentasi Observasi dan Persiapan bahan uji.....	89
Lampiran 15.Dokumentasi Uji Prestasi di HDA <i>Tunning port</i>	90
Lampiran 16.Dokumentasi Uji Opasitas di Dishub kota Semarang	91

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Krisis energi dunia yang ditandai dengan melonjaknya harga minyak bumi, telah mendorong masyarakat dunia untuk mengalihkan sumber energinya ke energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan dan dapat diperbaharui. Termasuk salah satu hasil turunan minyak bumi yaitu solar juga turut terkena dampaknya. Menurut data data Statistik Migas (2013), telah terjadi defisit produksi bahan bakar solar mencapai minus 60%. Hal ini dikarenakan jumlah produksi yang mampu dihasilkan Pertamina tidak sebanding dengan banyaknya permintaan pasar akan bahan bakar tersebut. Ketimpangan antara ketersediaan dan kebutuhan (*supply and demand*) bahan bakar minyak solar membuktikan bahwa jumlah cadangan minyak mentah yang ada di bumi lambat laun akan habis. Untuk itu harus mulai dipikirkan bahan alternatif penggantinya untuk mengantisipasi kelangkaan sekaligus mencari cara agar dapat mengurangi emisi/polusi yang merupakan dampak dari penggunaan bahan bakar solar tersebut.

Polusi dari kendaraan bermotor juga menjadi permasalahan yang fundamental untuk diatasi khususnya di Indonesia. Berdasarkan data terakhir yang dirilis oleh Badan Pusat Statistik (2014) mengenai jumlah kendaraan bermotor, hingga tahun 2013 tercatat jika mobil berpenumpang sejumlah 11.484.514, bus sebanyak 2.286.309, serta truk sebanyak 5.615.494. Jumlah ini terbukti mengalami kenaikan yang cukup signifikan selama kurang lebih lima tahun terakhir. Sebab di tahun 2008, mobil

berpenumpang hanya berjumlah 7.489.852, sementara bus sejumlah 2.059.187, dan truk sebanyak 4.452.343.

Sebagian besar jenis kendaraan yang disebutkan dalam data menggunakan mesin diesel sebagai penggerak mulanya. Sementara sisa gas buang dari mesin diesel menghasilkan sekitar 8% kumpulan gas beracun. Gas buang tersebut meskipun hanya dalam jumlah kecil 8% tetap memberikan andil dalam pencemaran udara (Arifin dan Sukoco, 2009:37). Untuk itu diberlakukan peraturan pemerintah yang meregulasi besarnya emisi gas buang yang dikeluarkan kendaraan tidak boleh melebihi standar baku mutu emisi. Untuk itu, guna menekan jumlah kadar polutan emisi gas buang kendaraan bermotor di Indonesia, dikeluarkanlah Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2006 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama yaitu bahwa pencemaran udara dari emisi gas buang kendaraan bermotor semakin meningkat, sehingga perlu upaya pengendalian emisi gas buang kendaraan bermotor, dan Instruksi Presiden Republik Indonesia nomor 1 Tahun 2006 yaitu mengenai percepatan penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati(*biofuel*) sebagai bahan bakar lain.

Indonesia dengan kekayaan sumber daya alamnya berpotensi menjadi sumber *biofuel* dunia. Banyak jenis tanaman yang potensial untuk menghasilkan bahan baku *biofuel* dapat tumbuh dan berkembang di Indonesia salah satunya adalah tanaman nyamplung (*Callophylum inophyllum L*). Tanaman nyamplung ditawarkan menjadi bahan baku *biofuel* dengan beberapa kelebihan dibandingkan dengan sumber *biofuel* lainnya. Kelebihan pertama penggunaan nyamplung adalah tidak berkompetisi

dengan pangan. Hal ini penting mengingat hampir seluruh produksi *biofuel* di dunia menggunakan tanaman pangan seperti jagung dan kedelai di Amerika Serikat, tebu di Brasil, *flaxseed* di Eropa dan minyak sawit yang banyak diproduksi di Asia Tenggara (Kuswantoro, dkk.n.d). Biodiesel hasil pengolahan nyamplung juga telah diuji sifat fisiko kimianya oleh Pusat Litbang Minyak dan Gas Bumi dan telah memenuhi standar SNI No.04-7182-2006 untuk digunakan sebagai biodiesel (P3HH, 2008).

Dengan penggunaan bahan bakar biodiesel sebagai pengganti bahan bakar solar, tentu akan sangat berpengaruh terhadap unjuk kerja mesin diesel itu sendiri, maka dari itu dirasa perlu melakukan penelitian mengenai pengaruh penggunaan bahan bakar nabati biodiesel dari minyak nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) sebagai pengganti bahan bakar solar terhadap prestasi dan emisi gas buang mesin diesel. Penelitian ini dilakukan dengan mengkomparasikan (membandingkan) hasil unjuk kerja mesin meliputi daya, torsi, dan emisi gas buang berupa opasitas antara penggunaan bahan bakar solar murni Pertamina dengan penggunaan bahan bakar biodiesel nyamplung pada kendaraan bermesin diesel.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka identifikasi masalah tersebut meliputi peraturan yang akan dibahas yaitu kelangkaan bahan bakar yang berdampak pada kehidupan sehingga harus diganti dengan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Ketersediaan bahan bakar fosil semakin menipis dan ketersediaan potensial energi yang terbarukan seperti singkong, tebu, aren, nira siwalan, tanaman-tanaman, dan lain-lain. Kadar emisi gas buang yang disebabkan oleh bahan bakar

fosil dapat menyebabkan dampak buruk bagi kesehatan dan dapat meningkatkan gas efek rumah kaca. Dengan demikian, ada beberapa hal yang mendasari penelitian ini :

1. Ketersediaan bahan bakar minyak bumi termasuk salah satu hasil turunannya yaitu solar yang tidak dapat diperbaharui dan lambat laun akan habis, namun dapat diminimalisir apabila diiringi dengan penggunaan bahan bakar alternatif.
2. Kadar emisi gas buang mesin diesel dari bahan bakar solar yang tinggi akan kadar jelaga (asap) dan partikulat kotor.
3. Instruksi Presiden Republik Indonesia nomor 1 Tahun 2006 tentang penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati (*biofuel*) serta Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2006 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama.
4. Alternatif *biofuel* nabati yang bahan bakunya tidak berkompetisi dengan tanaman pangan seperti jagung dan kedelai di Amerika Serikat, tebu di Brasil, dan minyak sawit yang banyak diproduksi di Asia Tenggara.

C. Pembatasan Masalah

Penelitian mengenai pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel nyamplung terhadap prestasi mesin dan emisi gas buang ini merujuk pada identifikasi masalah ke-empat dan akan dibatasi dalam ranah sebagai berikut :

1. Penggunaan objek penelitian yaitu biodiesel nyamplung dengan pertimbangan bahwa bahan bakunya tidak berkompetisi dengan tanaman pangan, serta memiliki randemen minyak lebih tinggi dibanding bahan baku *biofuel* lainnya.
2. Permasalahan yang akan dikaji meliputi pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel nyamplung terhadap torsi, daya, dan emisi gas buang berupa opasitas.

3. Bahan bakar biodiesel nyamplung yang digunakan merupakan biodiesel hasil proses *degumming* (pemisahan getah biji) menggunakan asam sulfat.

D. Rumusan Masalah

Perumusan masalah yang akan dikaji dalam rencana penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Adakah pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel nyamplung terhadap daya kendaraan diesel ?
2. Adakah pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel nyamplung terhadap torsi kendaraan diesel ?
3. Adakah pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel nyamplung terhadap opasitas gas buang kendaraan diesel ?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui adanya pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel nyamplung terhadap daya kendaraan diesel.
2. Mengetahui adanya pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel nyamplung terhadap torsi kendaraan diesel.
3. Mengetahui adanya pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel nyamplung terhadap opasitas gas buang kendaraan diesel .

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. **Manfaat teoritis**

- a. Memberikan acuan tentang pemanfaatan bahan bakar biodiesel nyamplung baik dalam komposisi campuran maupun dalam komposisi 100% sebagai bahan bakar alternatif pengganti solar untuk kendaraan diesel.
- b. Memberikan informasi kepada masyarakat untuk mengetahui pengaruh penggunaan biodiesel nyamplung terhadap kinerja mesin diesel 4 tak.
- c. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi kehidupan dalam ranah penelitian pengembangan bahan bakar alternatif.

2. Manfaat praktis

- a. Bagi Universitas

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangsih yaitu referensi keilmuan mengenai potensi penggunaan bioiesel nyamplung yang dapat diterapkan pada skala universitas.

- b. Bagi penulis

Menambah wawasan tentang bahan bakar nabati alternatif, khususnya aplikasi bahan bakar biodiesel nyamplung pada kendaraan bermesin diesel 4 silinder.

- c. Bagi akademisi

Hasil penelitian ini diharapkan bisa menunjang kinerja dosen, teknisi maupun mahasiswa dalam memahami manfaat dan penggunaan bahan bakar biodiesel nyamplung sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar minyak bumi..

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

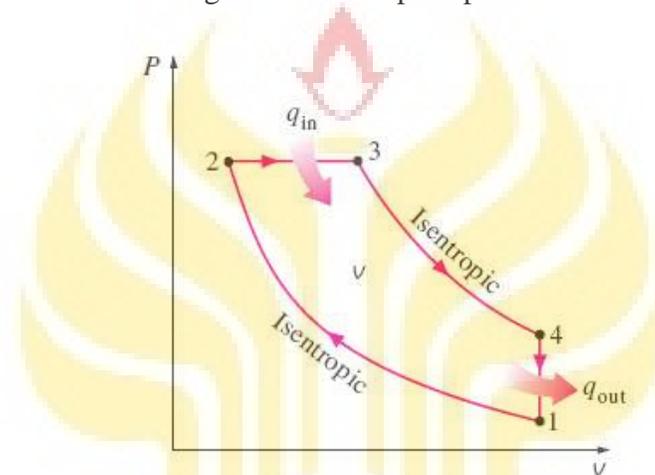
1. Motor Diesel

Motor bakar adalah mesin kalor dimana gas panas diperoleh dari proses pembakaran di dalam mesin itu sendiri dan langsung dipakai untuk melakukan kerja mekanis, yaitu menjalankan mesin tersebut. Salah satu jenis dari motor bakar adalah Motor Diesel. Motor diesel biasanya juga disebut “motor penyalaan-kompresi” atau dikenal dengan istilah *compression ignition engine*, karena cara penyalaan bahan bakarnya dilakukan dengan cara menyemprotkan bahan bakar ke dalam udara yang telah bertekanan dan bertemperatur tinggi, sebagai akibat dari proses kompresi piston di dalam silinder (Arismunandar dan Tsuda, 1986:5). Motor diesel sendiri ditemukan oleh Rudolf Christian Karl Diesel (18 Maret 1858–30 September 1913). Ia merupakan seorang warga negara Jerman dengan latar belakang keluarga pengrajin kulit (Sukoco dan Arifin, 2013:2).

Pemakaian bahan bakar dari motor diesel kira-kira 25% lebih rendah dari pada motor bensin, sedangkan harga bahan bakaryapun lebih murah. Hal itulah yang menyebabkan mengapa motor diesel lebih hemat dari pada motor bensin. Namun, karena perbandingan kompresinya yang tinggi maka tekanan kerja motor diesel menjadi lebih tinggi dari pada motor bensin. Oleh karena itu motor diesel harus dibuat lebih kuat dan kokoh, sehingga lebih berat. Hal tersebut terakhir ini dan harga pompa penyemprotan bahan bakarnya yang tinggi merupakan penyebab utama mengapa harga awal dari motor diesel lebih tinggi dari pada motor bensin. Disamping

itu, motor diesel mengeluarkan bunyi yang keras, warna dan bau gas buang yang kurang menyenangkan. Namun, dipandang dari segi ekonomi bahan bakar serta polusi udara motor diesel masih lebih baik (Arismunandar dan Tsuda, 1986:5).

Pada mulanya jenis motor diesel dirancang untuk memenuhi siklus ideal, seperti siklus otto, tetapi pemasukan kalornya dilakukan pada tekanan konstan. Siklus diesel dapat digambarkan dalam diagram P vs V seperti pada Gambar berikut:



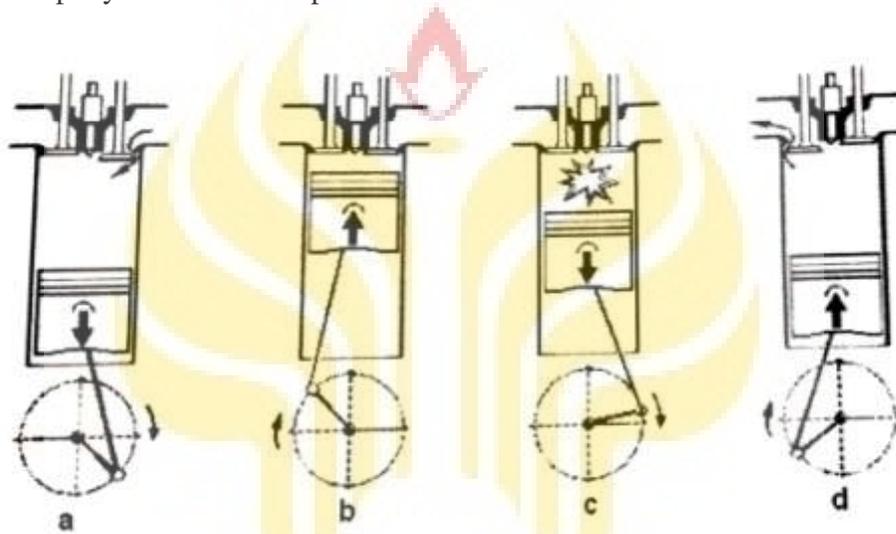
Gambar 2.1. Diagram P vs V siklus tekanan konstan
(Raharjo dan Karnowo, 2008:83)

Kenaikkan rasio kompresi berarti tekanan kompresi juga tinggi sehingga material yang dibutuhkan harus lebih kuat. Pada rasio kompresi yang sama efisiensi mesin otto lebih tinggi dibandingkan dengan mesin diesel, akan tetapi mesin otto tidak bekerja pada rasio kompresi diesel karena terlalu tinggi (Raharjo dan Karnowo, 2008:91).

2. Siklus Kerja Mesin Diesel

Motor diesel dalam menghasilkan tenaga/daya seperti yang diharapkan melalui serangkaian proses yang terus berulang-ulang, atau dikenal dengan terjadinya siklus yang berulang-ulang. Siklus pada motor diesel terdiri dari empat proses, yaitu proses

isap, kompresi, usaha dan proses buang. Terdapat dua cara dalam menyelesaikan setiap siklus tersebut. Cara pertama diselesaikan dalam empat langkah piston, atau dua putaran poros engkol, cara ini disebut dengan motor diesel 4 (empat) tak. Cara kedua diselesaikan dalam dua langkah piston, atau satu putaran poros engkol, cara ini disebut dengan motor diesel 2 (dua) tak (Sukoco dan Arifin, 2013:19-20). Berikut ini rangkaian penyelesaian siklus pada motor diesel 4 tak :



Gambar 2.2. Siklus motor diesel 4 langkah

(Sukoco dan Arifin, 2013:20)

Pada motor diesel 4 langkah (4 tak), katup masuk dan katup buang digunakan untuk mengontrol proses pemasukan dan pembuangan gas dengan membuka dan menutup saluran masuk dan saluran buang (Rabiman dan Arifin, 2011:4). Berikut rangkaian kerja siklus pada motor diesel 4 tak :

- a. Proses pertama adalah proses isap, yaitu proses masuknya udara pembakaran kedalam silinder. Piston bergerak dari TMA menuju ke TMB (gambar 2.2a), di dalam silinder terjadi kevakuman sehingga saat katup isap/masuk mulai terbuka terjadi aliran udara ke dalam silinder. Proses isap berakhir pada saat katup masuk

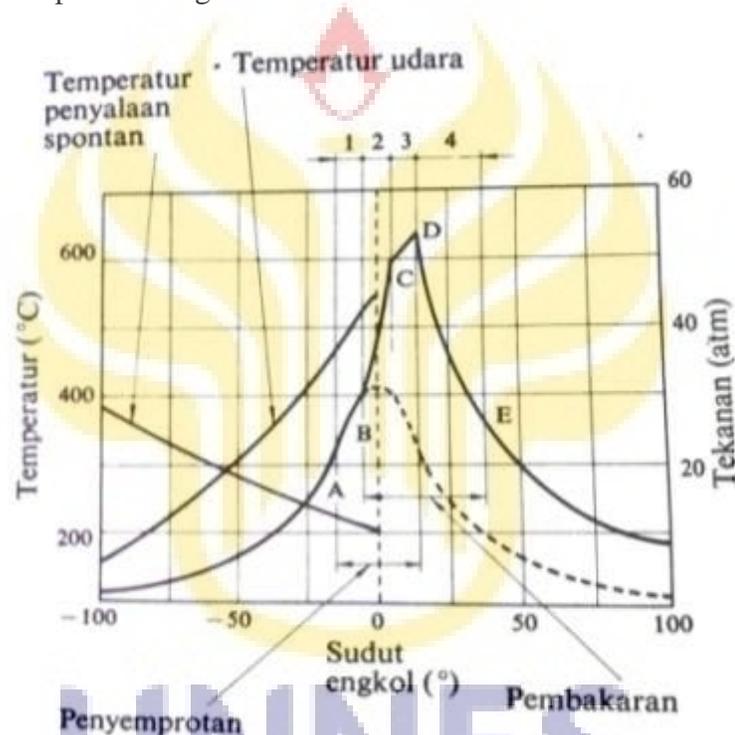
tertutup. Pada motor diesel yang masuk ke dalam silinder hanya udara (Sukoco dan Arifin, 2013:20).

- b. Proses kedua, adalah proses kompresi, proses ini dimulai saat katup masuk mulai tertutup dan piston bergerak dari TMB ke TMA. Piston mengkompresikan udara, hingga temperatur dan tekanan udara di dalam silinder naik. Temperatur udara naik hingga mencapai titik nyala bahan bakar pada akhir langkah kompresi. Proses kompresi salah satu tugasnya, adalah menyediakan salah satu syarat untuk terjadinya proses pembakaran, yaitu panas untuk menyalakan campuran udara dan bahan bakar udara (Sukoco dan Arifin, 2013:20).
- c. Proses ketiga, adalah proses usaha, pada awal langkah usaha bahan bakar yang sudah teratomisasi akan terbakar sebagai hasil pembakaran langsung dan membakar hampir seluruh bahan bakar. Mengakibatkan panas silinder meningkat dan tekanan di dalam silinder bertambah besar. Tenaga yang dihasilkan oleh pembakaran diteruskan ke piston. Piston terdorong dari TMA ke TMB akibat tekanan pembakaran dan tenaga pembakaran dirubah menjadi tenaga mekanik oleh poros engkol menjadi gerak putar. Tenaga yang dihasilkan pada langkah usaha ini disimpan dalam *flywheel* untuk melanjutkan proses kerja motor selanjutnya (Rabiman dan Arifin, 2011:6).
- d. Proses keempat, adalah proses buang dimana posisi katup masuk masih tertutup dan katup buang terbuka. Piston bergerak dari TMB (Titik Mati Bawah) menuju TMA (Titik Mati Atas), sehingga mendorong gas sisa pembakaran (gas buang) keluar melalui katup buang yang terbuka. Pada akhir langkah buang, katup

masuk terbuka sehingga udara segar masuk kedalam silinder dan ikut mendorong gas buang keluar. (Rabiman dan Arifin, 2011:4)

3. Proses Pembakaran Mesin Diesel

Menurut Arismunandar dan Tsuda (1986:15), proses pembakaran pada motor diesel 4 tak dapat ditunjukkan dengan diagram indikator hipotetik yang berlangsung dalam empat tahapan dalam grafik berikut ini :



Gambar 2.3. Diagram indikator hipotetik dari motor diesel
(Arismunandar dan Tsuda, 1986:15)

- a. Pembakaran tertunda (A-B).

Tahap ini merupakan tahap persiapan pembakaran. Bahan bakar disemprotkan oleh injektor berupa kabut ke udara panas dalam ruang bakar sehingga menjadi campuran yang mudah terbakar. Pada tahap ini bahan bakar belum terbakar atau dengan kata lain pembakaran belum dimulai. Pembakaran akan dimulai pada titik B,

peningkatan terjadi secara konstan, karena piston terus bergerak menuju TMA (Rabiman dan Arifin, 2011:7).

b. Rambatan api (B-C)

Campuran yang mudah terbakar telah terbentuk dan merata di seluruh bagian dalam ruang bakar. Awal pembakaran mulai terjadi di beberapa bagian dalam silinder. Pembakaran ini berlangsung sangat cepat sehingga terjadilah letupan (*explosive*). Letupan ini berakibat tekanan dalam silinder meningkat dengan cepat pula. Akhir tahap ini disebut tahap pembakaran letupan (Rabiman dan Arifin, 2011:8).

c. Pembakaran langsung (C-D)

Injektor terus menyemprotkan bahan bakar dan berakhir pada titik D. Karena injeksi bahan bakar terus berlangsung di dalam udara yang bertekanan dan bersuhu tinggi, maka bahan bakar yang diinjeksikan akan langsung terbakar. Pada tahap ini pembakaran dikontrol oleh jumlah bahan bakar yang diinjeksikan, sehingga tahap ini disebut juga tahap pengontrolan pembakaran (Rabiman dan Arifin, 2011:8).

d. Pembakaran Lanjut (D-E)

Pada titik D, injeksi bahan bakar berhenti, namun bahan bakar masih ada yang belum terbakar. Pada periode ini, sisa bahan bakar diharapkan akan terbakar seluruhnya. Apabila tahap ini terlalu panjang akan menyebabkan suhu gas buang meningkat dan efisiensi pembakaran berkurang (Rabiman dan Arifin, 2011:8).

Pada kenyataannya, proses pembakaran ideal seperti yang digambarkan di atas tidak selalu berlangsung demikian. Beberapa faktor dapat mempengaruhi pembakaran pada mesin diesel mengalami kelainan yang menyimpang dari siklus semestinya,

yang tentu saja mengurangi efektifitas dan efisiensi pembakaran. Bahkan apabila dibiarkan berpotensi merusak mesin itu sendiri. Kelainan tersebut diantaranya :

a. Detonasi atau ledakan diesel.

Jika laju kenaikan tekanan pada periode Ignition Delay (waktu pembakaran tertunda) begitu besar, maka kenaikan tekanan yang terjadi begitu tiba-tiba akan menyerupai pukulan yang hebat pada dinding ruang bakar. Peristiwa ini akan terdengar dengan keras dan terjadi pada frekwensi beberapa kHz, peristiwa ini disebut “detonasi diesel” atau “ledakan diesel”. Untuk menghindari hal tersebut, sebaiknya dipakai bahan bakar yang dapat memberikan periode persiapan pembakaran yang sependek-pendeknya, atau mengurangi jumlah bahan bakar yang disemprotkan selama periode pembakaran tertunda, atau bisa juga kombinasi dari kedua faktor tersebut di atas (Arismunandar dan Tsuda, 1986:15).

b. Keterlambatan penyalaan

Bahan bakar yang disemprotkan kedalam silinder tidak lantas langsung terbakar, akan tetapi ada selang waktu persiapan yang diperlukan sebelum terbakar, yaitu kira-kira 1/1.000 detik. Waktu persiapan itu disebut “periode persiapan pembakaran” atau “keterlambatan penyalaan”. Keterlambatan penyalaan itu adalah jumlah waktu yang diperlukan untuk fenomena fisik, misalnya untuk pemindahan panas, penguapan difusi, dan fenomena kimia, misalnya reaksi-temperatur rendah. Keterlambatan penyalaan tergantung pada tekanan, temperatur, pusran udara dan jenis bahan bakar yang dipergunakan (Arismunandar dan Tsuda, 1986:14).

4. Jenis Bahan Bakar Mesin Diesel

Menurut Kristanto (2015:75), bahan bakar mesin diesel digolongkan berdasarkan jenis putaran mesinnya, yaitu :

- a. *Automotive Diesel Oil* (ADO), yaitu bahan bakar yang digunakan untuk mesin dengan kecepatan putaran mesin di atas 1000 rpm (*rotation per minute*). Bahan bakar jenis ini biasa disebut bahan bakar diesel. Biasanya digunakan untuk kendaraan bermotor.
- b. *Industrial Diesel Oil* (IDO), yaitu bahan bakar yang digunakan untuk mesin yang mempunyai putaran mesin kurang atau sama dengan 1000 rpm (*rotation per minute*). Bahan bakar jenis ini biasa disebut minyak diesel. Biasanya digunakan untuk mesin – mesin industri.

5. Minyak Solar.

Menurut Suprpto (2004:14), minyak solar adalah bahan bakar minyak hasil sulingan dari minyak bumi mentah, bahan bakar ini mempunyai warna kuning cokelat yang jernih. Minyak solar ini biasa digunakan sebagai bahan bakar pada semua jenis motor diesel dan juga sebagai bahan bakar untuk pembakaran dalam mesin-mesin industri. Minyak ini sering di sebut juga sebagai gas oil, ADO, HSD, atau Dieseline. Pada temperatur biasa, artinya pada suhu kamar tidak menguap dan titik nyalanya jauh lebih tinggi dari pada bahan bakar bensin

Bahan bakar diesel perlu diolah lebih lanjut hingga mencapai karakteristik yang diperlukan, yaitu meliputi 10 karakteristik berikut ini :

- a. Nilai pembakaran (*heat value*)

Nilai pembakaran yaitu karakteristik seberapa banyak power yang dihasilkan sewaktu bahan bakar tersebut dibakar. Jumlah energi panas/kalor bahan bakar diberi satuan Kcal/kg atau KJ/kg atau Btu/lb (Sukoco dan Arifin, 2013:47). Daya diperoleh melalui pengubahan energi kimia atau nilai kalor bahan bakar, jadi semakin tinggi nilai kalor bahan bakar, maka akan semakin besar pula daya yang dihasilkan. Nilai pembakaran (*caloric value*) bahan bakar solar sebesar 10.891 kal/gr, sedangkan nilai pembakaran bahan bakar biodiesel nyamplung sebesar 9.089,2 kal/gr (Darmanto, dkk: 2012).

b. Berat jenis (*specific gravity*)

Berat jenis merupakan sifat bahan bakar yang penting yang memiliki nilai dalam perdagangan. Berat jenis disebut juga grafitasi jenis atau *specific gravity*, adalah suatu perbandingan berat dari bahan bakar minyak dengan berat dari air dalam volume yang sama, dengan suhu yang sama pula (600 F). Bahan bakar minyak pada umumnya mempunyai berat jenis antara 0,82 – 0,96 dengan kata lain minyak lebih ringan dari pada air. Dalam perdagangan international, berat jenis dinyatakan dalam API Gravity atau derajat API / *American Petroleum Institute* (Suprptono, 2004:25)

c. Titik nyala (*flash point*)

Titik nyala adalah temperatur dimana bahan bakar telah siap dinyalakan (*flash*) apabila bersinggungan dengan api. Titik nyala bahan bakar menjadi indikator besarnya bahaya kebakaran. Bahan bakar yang titik nyalanya rendah akan sangat rawan terhadap bahaya terjadinya kebakaran. Pada umumnya, titik nyala solar cukup tinggi agar tidak terjadi penyalan yang tidak diharapkan selama proses penyaluran ke ruang bakar (Sukoco dan Arifin, 2013:48).

d. Titik beku (*pour point*)

Karakteristik ini relatif tidak diperlukan di daerah tropis, namun sangat diperlukan pada daerah yang dingin. Temperatur titik beku yang tinggi ditandai dengan sulitnya bahan bakar mengalir dan bentuk kabutan kasar (Sukoco dan Arifin, 2013:49).

e. Kekentalan (*viscosity*)

Viskositas adalah sifat benda cair yang memberikan gaya bertahan untuk tidak mengalir. Viskositas bahan bakar berfungsi sebagai pelumas komponen sistem bahan bakar, namun apabila viskositas bahan bakar terlalu tinggi akan menyebabkan terjadinya kabutan yang kasar. Dampaknya, proses pembakaran mesin tidak dapat menghasilkan energi panas yang optimal, dan asap gas buang akan semakin pekat. Jadi, munculnya asap yang tebal pada kendaraan diesel, juga bisa disebabkan karena kualitas bahan bakar yang dipakai (Sukoco dan Arifin, 2013:49)

f. Titik uap (*volatility*)

Volatilitas adalah kemampuan bahan bakar untuk berubah wujud menjadi uap atau vapor. Volatilitas bahan bakar ditunjukkan dengan perbandingan udara dan uap bahan bakar yang dapat dibentuk pada temperatur tertentu. Bila volatilitas bahan bakar rendah, saat dibakar akan meningkatkan jumlah kotoran karbon di dalam silinder, dan akan menyebabkan bertambahnya keausan komponen mesin. Di samping itu, juga dapat terjadi peningkatan kepekatan gas buang (Sukoco dan Arifin, 2013:49).

g. Kualitas penyalaan (*cetane number*)

Kualitas penyalaan merupakan kecepatan bahan bakar dinyalakan, dan pada bahan bakar motor diesel dinyatakan dengan *Cetane Number* atau angka setana.

Besarnya angka setana bahan bakar motpor diesel diukur dengan membandingkan bahan bakar dengan *cetane* ($C_{16}H_{34}$), senyawa hidrokarbon cair tidak berwarna yang kualitas penyalannya ekselen dengan rate 100. Sementara angka terkecilnya adalah *A-Methyl Nephthalene* yaitu senyawa dengan kelambatan penyalan besar dengan $rate=0$. Semakin tinggi angka setana bahan bakar, maka akan semakin pendek waktu yang diperlukan untuk mulai terbakar (Sukoco dan Arifin, 2013:50).

h. Residu karbon (*carbon residu*)

Residu karbon bahan bakar diesel berupa material yang tertinggal di ruang pembakaran setelah proses pembakaran, yang ditunjukkan dengan sejumlah deposit yang tertinggal di ruang pembakaran (Sukoco dan Arifin, 2013:51).

i. Kandungan sulfur

Sulfur atau belerang yang ada di dalam bahan bakar, pada saat terbakar akan menghasilkan gas yang sangat korosif terhadap logam yang bersinggungan. Cairan sulfur yang masuk kedalam minyak pelumas akan merusak struktur minyak dan komponen sistem pelumasan, oleh karena itu, dalam bahan bakar kandungan sulfur yang diizinkan tidak boleh melebihi 0,5 – 1,5% (Sukoco dan Arifin, 2013:51).

j. Air dan endapan

Air dan endapan yang dipersyaratkan dalam minyak tidak boleh lebih dari 0,5 %. Air yang banyak terkandung pada minyak bakar dapat menyebabkan pembakaran tidak sempurna, sedangkan endapan pada minyak akan dapat memperbanyak jumlah gas sisa pembakaran dan abu (Suprptono, 2004:27).

Menurut keputusan Direktorat jendral Minyak dan gas (Ditjen Migas) No.978.K/10/DJM.S/2013, tentang spesifikasi (standar mutu) bahan bakar jenis minyak solar 48 yang dipasarkan di dalam negeri harus memenuhi ketentuan berikut :

Tabel 2.1. Standar Mutu (spesifikasi) bahan bakar jenis minyak solar 48.

No	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji	
			Min.	Maks.	ASTM	Lain
1.	Bilangan Cetana					
	Angka Cetana atau		48	-	D 613	
	Indeks Cetana		45	-	D 4737	
2.	Berat Jenis (pada suhu 15°C)	kg/m ³	815	860	D 1298 atau D 4052	
3.	Viskositas (pada suhu 40°C)	mm ² /s	2,0	4,5	D 445	
4.	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,35 ¹⁾	D 2622 atau D 5453 atau D 4294 atau D 7039	
				0,30 ²⁾		
				0,25 ³⁾		
				0,05 ⁴⁾		
				0,005 ⁵⁾		
5.	Distilasi : 90% vol. penguapan	°C	-	370	D 86	
6.	Titik Nyala	°C	52	-	D 93	
7.	Titik Tuang	°C	10	18	D 97	
8.	Residu Karbon	% m/m	0,005	0,1	D 4530 atau D 189	
9.	Kandungan Air	mm/kg	-	500	D 6304	
10.	<i>Biological Growth</i> ^{*)}	kg/m ³	Nihil			
11.	Kandungan FAME ^{*)}	% v/v	-	-		
12.	Kandungan Metanol ^{*)}	% v/v	Tak terdeteksi		D 4815	
13.	Korosi Bilah Tembaga	merit	-	Kelas 1	D 130	
14.	Kandungan Abu	% m/m	-	0,01	D 482	
15.	Kandungan Sedimen	% m/m	-	0,01	D 473	
16.	Bilangan Asam Kuat	mg KOH/g	-	0	D 664	
17.	Bilangan Asam Total	mg KOH/g	-	0,6	D 664	
18.	Penampilan Visual		Jernih dan terang			
19.	Warna	No. ASTM		3,0	D 1500	
20.	<i>Lubricity</i> (HFRR wear scar dia. @60°C)	micron	-	460 ⁶⁾	D 6079	

Sumber : Dirjen Migas 2013

*) Kandungan FAME mengacu pada Peraturan Menteri ESDM No.25 Tahun 2013 tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri ESDM No.32 Tahun 2008 tentang Penyediaan, Pemanfaatan dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*) Sebagai Bahan Bakar Lain.

6. Bahan Bakar Biodiesel Nyamplung

Menurut Badan Standardisasi Nasional (n.d) biodiesel merupakan ester alkil (metil, etil, isopropil, dan sejenisnya) dari asam-asam lemak.

Biodiesel dihasilkan dari minyak nabati melalui reaksi transesterifikasi antara minyak nabati, methanol dan katalis. Transesterifikasi adalah suatu proses transformasi dari satu tipe ester ke tipe ester lain. Ester merupakan rantai hidrokarbon yang membentuk ikatan dengan molekul yang lain (Kristanto,2015:79). Biodiesel memiliki kelebihan atom oksigen sehingga biodiesel dapat dikatakan sebagai bahan bakar yang memiliki sifat oksigenant, yaitu memiliki kemampuan untuk mengikat molekul karbon monoksida (CO) menjadi karbon dioksida (CO₂) (Kristanto,2015:80).

Salah satu tanaman hutan yang mempunyai potensi sebagai bahan baku biodiesel adalah nyamplung atau dalam bahasa latin dikenal dengan istilah *Callophyllum Inophyllum*. Nyamplung termasuk dalam marga *Callophyllum* yang mempunyai sebaran cukup luas di dunia (Bustomi,dkk.2009:1). Sifat yang menonjol dari minyak nyamplung adalah dengan porsi 30% minyak nyamplung terhadap solar sudah memberikan bilangan setana yang sesuai dengan standar SNI. Artinya nilai kalor dari minyak tersebut pada porsi 100% tanpa pencampuran akan sangat tinggi. Titik kabut yang tinggi akan menyebabkan biodiesel nyamplung mudah membeku pada suhu ruang, hal ini disebabkan kandungan asam lemak rantai panjang (C20) yaitu asam arachidat dan eurekat. Kedua asam tersebut menyebabkan tingginya nilai kalor, tapi di pihak lain juga menyebabkan biodiesel mudah membeku (Bustomi,dkk.2009:61).

Berikut ini disajikan tabel mengenai karakteristik sifat kimiawi bahan bakar biodiesel nyamplung :

Tabel 2.2. sifat kimiawi biodiesel nyamplung dibandingkan SNI 04- 7182-2006

No	Parameter	Satuan	Metode Uji	Nilai	Biodiesel Nyamplung
1	Massa jenis pada 40 ⁰ C	Kg/m ³	ASTM D 1298	850-890	888,6
2	Viskositas kinematik pada 40 ⁰ C	mm ² /s	ASTM D445	2,3-6,0	2,724
3	Bilangan setana	-	ASTM D 613	Min 51	71,9
5	Titik nyala (mangkuk tertutup)	⁰ C	ASTM D 93	Min 100	151
6	Titik kabut	⁰ C	ASTM D 2500	Maks 18	38
7	Korosi kepingan tembaga (3 jam pada 50 ⁰ C)	-	ASTM D 130	Maks 3	1 b
8	Residu karbon		ASTM D 4530		
	- Dalam contoh asli	% massa		- Maks	- 0,434
	- Dalam 10% ampas destilasi			0,05 - Maks 0,3	
9	Air dan sedimen	% volume	ASTM D 1796	Maks 0,05	0
10	Suhu distilasi 90 %	⁰ C	ASTM D 1160	Maks 360	340
11	Abu tersulfatkan	% massa	ASTM D 874	Maks 0,02	0,026
12	Belerang	ppm-m	ASTM D 1266	Maks 100	16
13	Fosfor	ppm-m	ASTM D 1091	Maks 10	0,223
14	Bilangan asam	mg-KOH/ gr	AOCS Cd 3d- 63	Maks 0,8	0,76
15	Gliserol total	% massa	AOCS Ca 14- 56	Maks 0,24	0,232
16	Kadar ester alkil	% massa	SNI 04-7182- 2006	Min 96,5	96,99
17	Bilangan Iodium	% massa	AOCS Cd 1-25	Maks 115	85

Sumber : Bustomi,dkk.(2009:60)



Gambar 2.4. Tanaman nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*)
Sumber : Smithsonian Tropical Research Institute

Nilai pembakaran (*heat value*) bahan bakar biodiesel nyamplung cenderung lebih rendah sedikit dari pada solar. Kajian literatur solar menunjukkan nilai kalor 10.891 kal/gram. Sedangkan pengujian bahan bakar biodiesel nyamplung murni menghasilkan 9.089,2 kal/gram (Darmanto, dkk. 2012).

7. Reaksi Pembakaran

Reaksi pembakaran adalah reaksi kimia yang mana elemen-elemen tertentu dari bahan bakar setelah dinyalakan dan digabungkan dengan oksigen, menimbulkan panas sehingga menaikkan suhu dan tekanan gas (Maleev, 1991:156).

Menurut Bustomi, dkk. (2009:61), komposisi kimia biodiesel dari minyak nyamplung yang dianalisis menggunakan GCMS (*Gas Chromatography Mass Spectrofotometry*) menunjukkan bahwa biodiesel terdiri dari metil ester yang berasal dari asam lemak jenuh dan tak jenuh (C:8 – C:22).

Apabila reaksi pembakaran terjadi secara sempurna, maka seluruh atom karbon dalam bahan bakar akan bereaksi dan berubah menjadi molekul karbon dioksida. Sedangkan atom hidrogen yang bergabung dengan tiap atom karbon akan berikatan

dengan oksigen dan berubah wujud menjadi air, sebagaimana yang disampaikan oleh Gibson (2011:1) dalam *Teacher Manual* sebagai berikut :

“Combustion can be complete or incomplete depending on how much oxygen is present. The diagrams below represent complete combustions, which happens in the presence of ample oxygen. When complete combustion occurs, all of the carbon atoms in a fuel (ie. the diesel and biodiesel molecules below) will be converted to carbon dioxide molecules. Also, the hydrogen atoms that were attached to each carbon atom in the fuel bind with oxygen to form water.”

Reaksi pembakaran bahan bakar diesel (solar) dan bahan bakar biodiesel juga diterangkan secara sederhana oleh Gibson (2011:1) sebagai berikut :

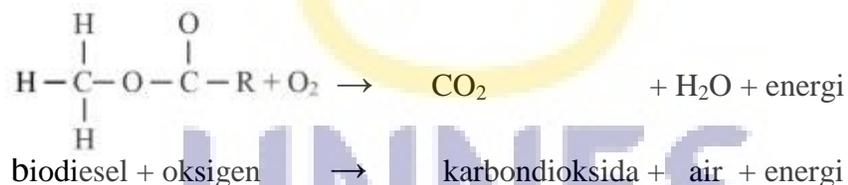
a. Reaksi pembakaran sempurna



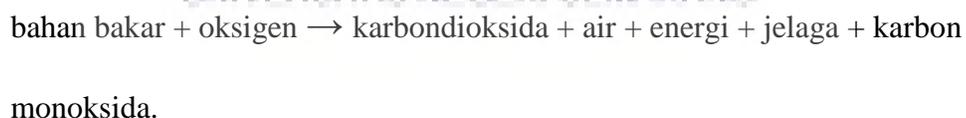
b. Reaksi pembakaran sempurna bahan bakar diesel (solar)



c. Reaksi pembakaran sempurna bahan bakar biodiesel



d. Reaksi pembakaran tidak sempurna



8. Proses Pembuatan Biodiesel Nyamplung

Proses pembuatan/produksi minyak biji nyamplung dilakukan di daerah wilayah Kroya, Cilacap di Koperasi Jarak Lestari binaan bapak Samino. Berdasar hasil

observasi dan studi literatur seperti yang dijelaskan oleh Qiqmana dan Sutjahjo (2014), urutan proses pembuatan biodiesel dari minyak biji nyamplung adalah sebagai berikut :

a. Pengeringan

Mempersiapkan biji yang sudah dikeringkan untuk dikelupas kulitnya. Hasil kupasan biji berupa kernel kemudian dikeringkan lagi agar kadar air dalam minyak dapat diminimalkan. Kernel kemudian di pres menggunakan mesin *screw press* untuk mendapatkan minyak biji nyamplung. Volume minyak yang dihasilkan dari pengepresan 25kg biji nyamplung adalah sekitar 9-10 liter, sehingga diperoleh rata-rata rendemen 70%. Minyak yang keluar dari mesin press berwarna hitam/gelap karena mengandung kotoran dari kulit dan senyawa kimia seperti alkaloid, fosfatida, karotenoid, klorofil, dll. Untuk itu, minyak biji nyamplung perlu dilakukan penyaringan untuk memisahkan serat dan kotoran hasil pengepresan (Qiqmana dan Sutjahjo, 2014).

b. *Degumming*

Tujuan *degumming* adalah untuk memisahkan minyak dari getah yang mengandung fosfatida, protein, karbohidrat, residu, air dan resin dengan menambahkan absorban. Minyak dipanaskan pada suhu 70°C, kemudian tambahkan absorban H₂SO₄ dan C₂H₄O₂ pada tiap kelompok sampel dengan prosentase berat absorban 0,2%, 0,3% dan 0,4% dari berat minyak sambil terus diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit. Diamkan minyak di dalam corong pemisah selama 24 jam (Qiqmana dan Sutjahjo, 2014).

c. Proses Esterifikasi

Esterifikasi adalah suatu proses untuk mengurangi atau menurunkan kadar *Free Fatty Acid* (FFA) pada minyak dengan bantuan katalis asam (misal : asam sulfat) dan metanol. Proses esterifikasi dilakukan dengan cara menambahkan asam sulfat (H_2SO_4) dengan kadar 98% seberat 0,5% dari berat minyak biji nyamplung dan metanol 99% sebanyak 10% atau 40 ml dari volume minyak biji nyamplung sebanyak 400 ml. Pengadukan menggunakan *Magnetic Stirrer* dilakukan selama 60 menit pada suhu $70^{\circ}C$. Minyak hasil esterifikasi dimasukkan dalam corong pemisah dan dibiarkan hingga terjadi pemisahan. Campuran metanol, air dan asam sulfat akan berada di bawah sedangkan campuran minyak dan *alkil esters* akan berada di atas. Endapan dari proses esterifikasi yaitu campuran metanol, air dan asam sulfat sebanyak 43gr/l (Qiqmana dan Sutjahjo, 2014).

d. Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah reaksi yang terjadi antara trigliserida dengan alkohol. Transesterifikasi bertujuan untuk mengubah asam-asam lemak dari *trigliserida* dalam bentuk *ester*. Proses transesterifikasi dimulai dengan melarutkan metanol 10% dari volume minyak dan NaOH 1% dari berat minyak dalam labu leher dua pada suhu $50^{\circ}C$. Minyak dari proses esterifikasi kemudian dimasukan dalam labu leher dua disertai dengan pemanasan pada suhu $68^{\circ}C$ selama 60 menit. Dalam proses transesterifikasi didapatkan gliserol produk samping reaksi dan campuran sisa katalis dan zat pengotor lainnya sebanyak 55gr/liter (Qiqmana dan Sutjahjo, 2014).

e. Pencucian

Pencucian dilakukan dengan metode *drywash* menggunakan absorben magnesol. Magnesol yang digunakan diaktivasi terlebih dahulu dengan cara memasukkan ke

dalam larutan asam dicampur air disertai pemanasan 80°C selama 60 menit. Asam yang digunakan disini adalah asam phospat dengan perbandingan 1 : 5. Selanjutnya magnesol dipisahkan dari campuran larutan asam dan air dengan cara didekantasi kemudian dikeringkan didalam oven selama 60 menit dengan suhu 250°C, tergantung seberapa banyak kandungan airnya. Setelah melakukan proses pengaktifasian magnesol, minyak hasil proses transesterifikasi dicuci dalam gelas ukur dan dipanaskan dengan *magneticstirrer* pada suhu 68°C selama 90 menit dengan prosentase magnesol 1,5% berat. Setelah itu minyak yang sudah dicuci didiamkan selama 24 jam agar terpisah antara magnesol, zat pengotor pada minyak dan biodiesel bersih hasil pencucian (Qiqmana dan Sutjahjo, 2014).

9. Uji Prestasi Mesin

Kemampuan mesin motor bakar untuk merubah energi yang masuk yaitu bahan bakar sehingga menghasilkan daya berguna disebut kemampuan mesin atau prestasi mesin (Raharjo dan Karnowo, 2008:93)

Uji kemampuan atau uji prestasi yang akan dilakukan pada objek penelitian kendaraan bermesin diesel dalam penelitian ini adalah meliputi pengujian berikut ini :

a. Daya

Daya sebagai suatu istilah yang digunakan untuk menyatakan seberapa besar kerja yang dapat dilakukan dalam suatu periode waktu tertentu. (Kristanto,2015:21) Sedangkan daya indikator merupakan sumber tenaga persatuan waktu operasi mesin untuk mengatasi semua beban mesin. Mesin selama bekerja mempunyai komponenkomponen yang saling berkaitan satu dengan lainnya membentuk kesatuan yang kompak. Komponen-komponen mesin juga merupakan beban yang harus diatasi

daya indikator. Sebagai contoh pompa air untuk sistim pendingin, pompa pelumas untuk sistem pelumasan, kipas radiator, dan lain lain, komponen ini biasa disebut asesoris mesin. Asesoris ini dianggap parasit bagi mesin karena mengambil daya dari daya indikator (Raharjo dan Karnowo, 2008:100).

Daya poros adalah daya efektif pada poros yang akan digunakan untuk mengatasi beban kendaraan. Daya poros diperoleh dari pengukuran torsi pada poros yang dikalikan dengan kecepatan sudut putarnya (Raharjo dan Karnowo, 2008:111). Untuk mengetahui daya poros harus diketahui dulu torsinya. Daya pada poros dapat diketahui dengan rumus berikut :

$$N_e = T \times \omega \text{ Nm/s} \dots\dots\dots(1)$$

(Raharjo dan Karnowo, 2008:111)

Keterangan :

N_e = Daya poros Nm/s (Watt)

T = Torsi (Nm)

ω = Kecepatan sudut putar

Menurut Kristanto (2015:30), berdasarkan persamaan $W = W \frac{N}{n}$ nampak bahwa daya berbanding lurus terhadap putaran motor. Semakin tinggi putaran motor, semakin banyak langkah kerja yang dilakukan. Pada kenyataannya tidak demikian. Pada pengujian dengan beban penuh (*Wide Open Throttle/WOT*) kurva daya hanya linier sampai pada kecepatan tertentu. Jika putaran motor dinaikkan lagi, akan terbentuk kurva lengkung, bahkan mengarah ke bawah. Hal ini terjadi karena pada putaran lebih tinggi, perbedaan antara kecepatan gerak translasi torak dan durasi

putaran lebih tinggi, perbedaan antara kecepatan gerak translasi torak dan durasi pembukaan katup terlalu besar sehingga derajat pengisian silinder menjadi lemah. Akibatnya, tekanan efektif pada torak berkurang dan kerja per siklus yang dihasilkan menjadi rendah.

b. Torsi

Raharjo dan Karnowo (2008:98) menjelaskan bahwa torsi merupakan ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja jadi, torsi merupakan suatu energi. Besar torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya. Piston bergerak menghasilkan gaya “F” yang memutar poros engkol dimana panjang engkol sebesar “b”, sehingga torsi dapat ditentukan dengan rumus:

$$T = F \times b \text{ (N.m)} \dots\dots\dots (2)$$

(Raharjo dan Karnowo, 2008:98)

Keterangan :

T = Torsi (N.m)

F = gaya setrifugal dari benda yang berputar (N)

b = jarak benda ke pusat rotasi (m)

Hubungan antara daya dan torsi menurut Kristanto (2015:21) adalah, jika daya torsi menentukan apakah suatu motor dapat menggerakkan kendaraan melalui suatu rintangan, maka daya menentukan seberapa cepat kendaraan mampu bergerak di atas rintangan itu.

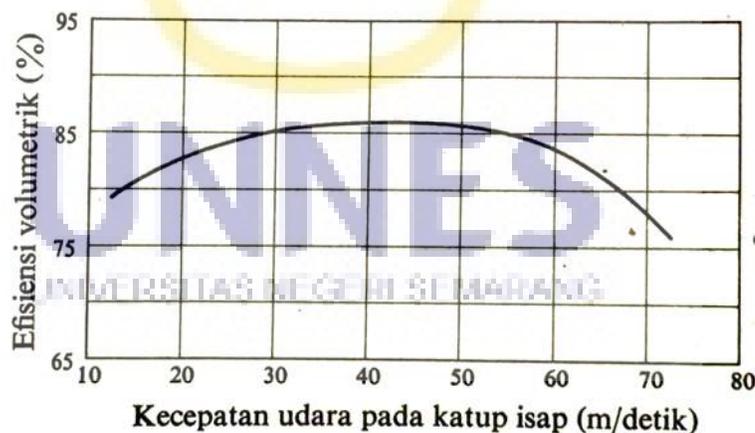
10. Karakteristik Grafik Prestasi Mesin

Beberapa parameter yang menentukan kinerja motor bakar torak yang utama adalah torsi dan daya keluaran motor. Baik torsi dan daya, keduanya merupakan fungsi kecepatan motor. Pada kecepatan rendah, torsi meningkat ketika kecepatan meningkat hingga mencapai titik maksimum dan kemudian berkurang. Daya indikator meningkat dengan meningkatnya kecepatan, sedangkan daya kuda rem (*brake horse power*) meningkat ke maksimum dan kemudian berkurang pada kecepatan lebih tinggi. Ini disebabkan karenameningkatnya kerugian gesek seiring peningkatan putaran mesin (Kristanto, 2015:31). Teori mengenai kerugian gesek pada mesin ini juga dijelaskan dalam Arismunandar dan Tsuda (1986:51). Gaya gesek antara torak dan dinding silinder terjadi dalam arah yang berlawanan dengan arah gerakan torak. Apabila torak bergerak ke TMB, gaya gesek terjadi kearah TMA. Hal tersebut akan mengakibatkan F_g (gaya yang bekerja pada puncak torak) berkurang. Gaya gesek tersebut terjadi karena adanya gesekan antara cincin torak dan dinding silinder. Oleh karena itu, maka momen putar (torsi) porosnyapun akan berkurang.

Berdasarkan persamaan $\dot{W} = W \frac{N}{n}$ nampak bahwa daya berbanding lurus terhadap putaran motor. Semakin tinggi putaran motor, semakin banyak langkah kerja yang dilakukan. Pada kenyataannya tidak demikian. Pada pengujian dengan beban penuh (*Wide Open Throttle/WOT*) kurva daya hanya linier sampai pada kecepatan tertentu. Jika putaran motor dinaikkan lagi, akan terbentuk kurva lengkung, bahkan mengarah ke bawah. Hal ini terjadi karena pada putaran lebih tinggi, perbedaan

antara kecepatan gerak translasi torak dan durasi pembukaan katup terlalu besar sehingga derajat pengisian silinder menjadi lemah. Akibatnya, tekanan efektif pada torak berkurang dan kerja per siklus yang dihasilkan menjadi rendah (Kristanto, 2015:30).

Daya poros diperoleh melalui perubahan energi kimia atau nilai kalor bahan bakar. Makin banyak bahan bakar yang dapat dibakar, makin besar daya yang dapat dihasilkan. Hal ini dapat terjadi apabila tersedia udara yang mencukupi, artinya bahwa daya mesin dibatasi oleh kemampuan mesin tersebut menghisap udara yang diperlukan untuk pembakaran. Perbandingan antara jumlah udara yang terisap dalam keadaan ideal dinamai “efisiensi volumetrik”. Seperti yang terlihat pada grafik berikut ini, dimana efisiensi volumetrik maksimum terjadi pada putaran mesin tertentu, setelah itu akan terjadi penurunan efisiensi volumetris pada mesin.



Gambar 2.5. Grafik efisiensi volumetrik vs kecepatan udara masuk
Arismunandar dan Tsuda, 1986:32)

Dengan demikian, maka jumlah volume campuran bahan bakar udara yang terhisap optimal hanya akan tercapai pada efisiensi volumetris maksimalnya (Arismunandar dan Tsuda, 1986:30-32). Makin rendah efisiensi volumetriknya, semakin sedikit udara yang dimasukkan dan semakin sedikit bahan bakar yang dapat dibakar, serta semakin kecil daya yang dibangkitkan oleh mesin (Maleev, 1991:386).

11. Emisi Gas Buang Kendaraan

Setiap proses pembakaran yang terjadi pada motor pembakaran dalam selalu menghasilkan beberapa gas produk pembakaran yang disebut emisi buang. (Kristanto,2015:208). Pada motor diesel gas buang yang dihasilkan terdiri atas bermacam-macam zat berbahaya, zat yang paling dominan adalah asap dan partikulat kotor. Komponen-komponen gas buang yang membahayakan itu antara lain adalah asap hitam (angus), hidrokarbon yang tidak terbakar (UHC), karbon monoksida (CO), oksida nitrogen (NO) dan NO₂. NO dan NO₂ biasa dinyatakan dengan Nox. Namun jika dibandingkan dengan motor bensin, motor diesel tidak banyak mengandung CO dan HC. Selain itu, kadar NO₂ sangat rendah jika dibandingkan dengan NO. jadi, boleh dikatakan bahwa komponen utama gas buang motor diesel yang membahayakan adalah NO dan asap hitam (Arismunandar dan Tsuda, 1986:51).

Standar uji emisi gas buang kendaraan diesel dalam penelitian ini mengacu pada Peraturan Menteri Negara dan Lingkungan Hidup Nomor 05 tahun 2006, tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama. Pengujian pada kondisi akselerasi bebas dilakukan dengan cara melewati gas buang kendaraan bermotor kedalam suatu tabung asap pada alat *smoke opacimeter*, kemudian tingkat kepekatan asap dibaca pada alat dengan metode penyerapan cahaya (*light absorption*).

12. Opasitas

Menurut Sukoco dan Arifin (2013:161), pada motor diesel, besarnya emisi dalam bentuk opasitas atau ketebalan asap, tergantung pada banyaknya bahan bakar yang disemprotkan (dikabutkan) ke dalam silinder, karena pada motor diesel yang dikompresikan adalah udara murni. Perbandingan tingkat penyerapan cahaya oleh asap (opasitas) dinyatakan dalam persen (Peraturan Menteri, 2006). Opasitas sebagai indikator derajat kegelapan dan tembus pandang tidaknya suatu emisi gas buang. Semakin tinggi opasitasnya, artinya semakin tinggi persentase tidak tampaknya suatu benda akibat emisi gas buang ini. Partikulat ini terutama terdiri dari jelaga, yang proses terjadinya secara ringkas adalah pada kondisi dimana oksigen kurang HC dalam kondisi temperatur tinggi akan mengalami dekomposisi termal dan kemudian terjadi dehidrogenisasi dan diikuti polimerisasi sehingga akan terbentuk senyawa yang banyak mengandung karbon dan selanjutnya terjadi pertumbuhan inti partikel (Setyadji dan Susiantini, 2007).

Rendahnya opasitas dapat disebabkan karena secara teori asam lemak yang terkandung dalam biodiesel lebih mudah untuk teroksidasi atau terbakar secara sempurna (Setyadji dan Susiantini, 2007). Viskositas juga memberikan sumbangsih terhadap tingkat opasitas gas buang. Menurut Sukoco dan Arifin (2013:49), apabila viskositas bahan bakar terlalu tinggi akan menyebabkan terjadinya kabutan yang kasar. Dampaknya, proses pembakaran mesin tidak dapat menghasilkan energi panas yang optimal, dan asap gas buang akan semakin pekat. Jadi, munculnya asap tebal pada kendaraan diesel, bisa disebabkan karena kualitas bahan bakar yang dipakai.

B. Kajian Penelitian yang Relevan

Sebagai dasar acuan serta referensi dalam penelitian ini, telah dilakukan penggalian pemahaman dan pendalaman dari berbagai kajian penelitian yang sesuai dan relevan berkaitan dengan topik yang peneliti ambil diantaranya yaitu penelitian-penelitian berikut ini :

Penelitian yang dilakukan oleh Prastyanto dan Sudarmanta (2012). Hasilnya menunjukkan bahwa nilai torsi, daya dan bmep menurun seiring dengan persentase penambahan kadar biodiesel sebesar B10, B20, B30 dan B100. Nilai penurunan rata-rata secara berturut-turut yaitu : 2,82%, 10,31%, 11,85% dan 30,23%.

Penelitian journal internasional oleh Ong, dkk. dengan variasi campuran B10, B20, B30 dan B50. Hasilnya menunjukkan bahwa emisi gas buang meliputi HC, CO, CO₂ dan opasitas terendah didapatkan pada karar pencampuran biodiesel nyamplung terbanyak yaitu sebesar 50% atau B50.

Penelitian yang dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan (P3HH, 2008), dengan melakukan uji coba jalan (*road rally-test*) kendaraan diesel dengan bahan bakar biodiesel nyamplung sebanyak tiga kali, mencapai jarak total 370km. Dari seluruh uji coba yang dilaksanakan, diperoleh hasil yang memuaskan tanpa masalah teknis permesinan. Kecepatan kendaraan tertinggi yang dicapai adalah 120 km/jam.

Dari hasil penelitian-penelitian tersebut dapat ditarik kesimpulan awal bahwa penggunaan bahan bakar biodiesel nyamplung pada kendaraan diesel baik dalam kadar pencampuran sebagian maupun seluruhnya, cukup layak digunakan.

C. Kerangka Pikir Penelitian

Kelebihan penggunaan biodiesel nyamplung baik dalam kadar campuran maupun seluruhnya telah teruji dan masih terus dikembangkan. Berdasarkan hasil riset dan uji coba penelitian terdahulu, tanaman nyamplung berpotensi dalam memberikan solusi atas permasalahan isu kelangkaan bahan bakar fosil dan permasalahan pencemaran udara akibat emisi gas buang kendaraan. Bahan baku biodiesel nyamplung dibuat dari tanaman nyamplung yang tidak berkompetisi dengan tanaman pangan. Selain itu biodiesel nyamplung memiliki kelebihan atom oksigen sehingga dapat dikatakan sebagai bahan bakar yang memiliki sifat oksigenant, yaitu memiliki kemampuan untuk mengikat molekul karbon monoksida (CO) menjadi karbon dioksida (CO₂) sehingga berpotensi mengurai kadar gas berbahaya yang dihasilkan dari sisa pembakaran mesin (Kristanto, 2015:80).

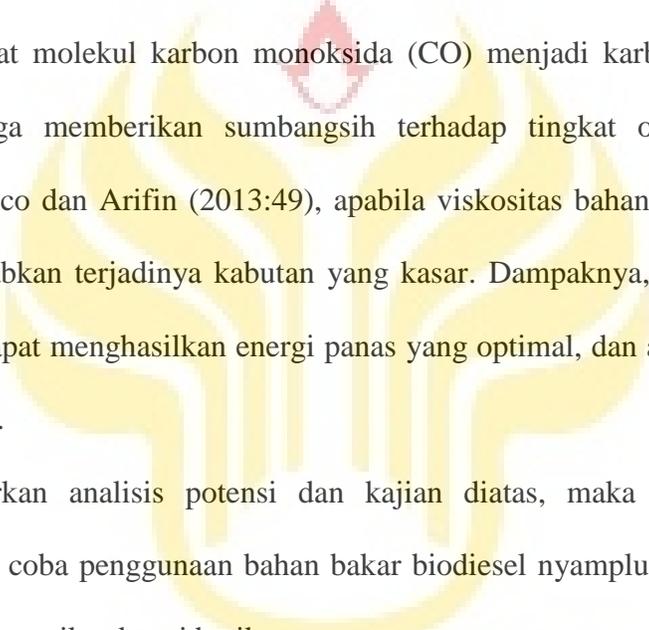
Kelemahan yang masih menjadi kendala utama penggunaan biodiesel nyamplung berdasarkan survei dan observasi lapangan, adalah harganya yang sangat mahal dan kurang kompetitif dibanding harga minyak solar Pertamina. Hal ini dikarenakan biaya proses produksi yang mahal dan memerlukan peralatan produksi yang rumit. Sehingga oleh masyarakat dirasa kurang ekonomis apabila digunakan untuk keperluan sehari-hari.

Spesifikasi dan karakteristik dari biodiesel dari biji nyamplung telah diuji sifat-sifat fisiko-kimianya oleh Pusat Litbang Minyak dan Gas Bumi dan telah memenuhi standar nasional indonesia (SNI) untuk biodiesel No : 04-7182-2006. (Bustomi, dkk.2009). Nilai pembakaran (*heat value*) bahan bakar biodiesel nyamplung cenderung sedikit lebih rendah dari pada solar. Kajian literatur solar menunjukkan

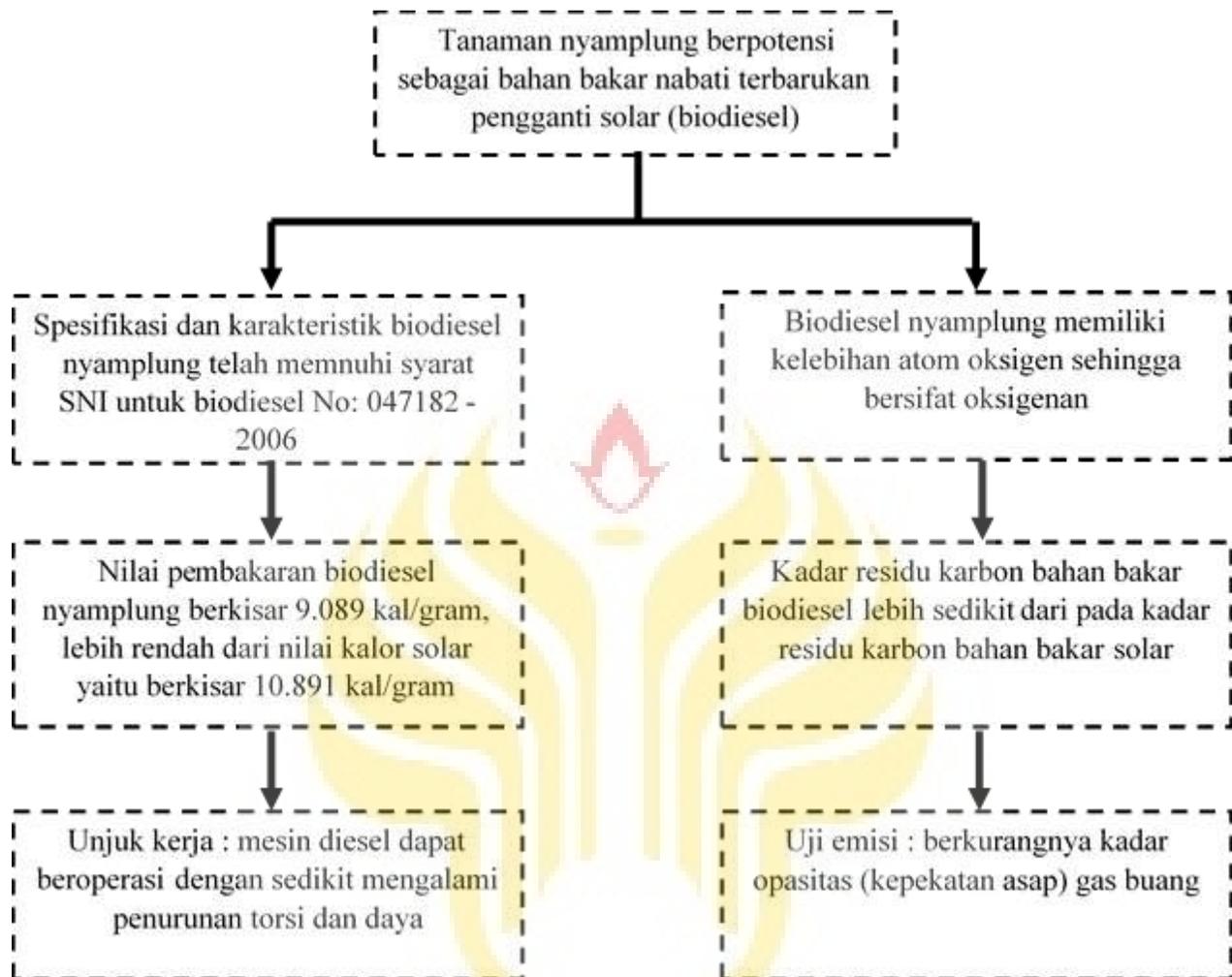
nilai kalor 10.891 kal/gram. Sedangkan pengujian bahan bakar biodiesel nyamplung murni menghasilkan 9.089,2 kal/gram (Darmanto, dkk. 2012). Kedua karakter ini akan sangat berpengaruh terhadap kinerja ataupun prestasi mesin.

Karakteristik biodiesel selanjutnya menurut Kristanto (2015:80) adalah bahwa biodiesel memiliki kelebihan atom oksigen sehingga biodiesel dapat dikatakan sebagai bahan bakar yang memiliki sifat oksigenant, yaitu memiliki kemampuan untuk mengikat molekul karbon monoksida (CO) menjadi karbon dioksida (CO₂). Viskositas juga memberikan sumbangsih terhadap tingkat opasitas gas buang. Menurut Sukoco dan Arifin (2013:49), apabila viskositas bahan bakar terlalu tinggi akan menyebabkan terjadinya kabutan yang kasar. Dampaknya, proses pembakaran mesin tidak dapat menghasilkan energi panas yang optimal, dan asap gas buang akan semakin pekat.

Berdasarkan analisis potensi dan kajian diatas, maka peneliti berinisiatif melakukan uji coba penggunaan bahan bakar biodiesel nyamplung dengan kerangka pikir secara skematik sebagai berikut :



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



Gambar 2.6. Skema kerangka pikir penelitian.

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan akhir sebagai berikut :

1. Ada pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel nyamplung terhadap daya pada kendaraan diesel, yaitu daya yang dihasilkan dengan bahan bakar biodiesel nyamplung cenderung lebih rendah dibanding daya yang dihasilkan dengan bahan bakar solar Pertamina. Pada putaran 3500 rpm, dengan bahan bakar biodiesel nyamplung hanya mampu menghasilkan daya maksimal sebesar 35,73 HP, sedangkan dengan bahan bakar solar Pertamina mampu menghasilkan daya maksimal sebesar 38,47 HP.
2. Ada pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel nyamplung terhadap torsi pada kendaraan diesel, yaitu torsi yang dihasilkan dengan bahan bakar biodiesel nyamplung cenderung lebih rendah dibanding torsi yang dihasilkan dengan bahan bakar solar Pertamina. Pada putaran 2000 rpm, dengan bahan bakar biodiesel nyamplung hanya mampu menghasilkan torsi maksimal sebesar 103,4 Nm, sedangkan dengan bahan bakar solar Pertamina mampu menghasilkan torsi maksimal sebesar 106,97 Nm.
3. Ada pengaruh penggunaan bahan bakar biodiesel nyamplung terhadap emisi gas buang pada kendaraan diesel, yaitu opasitas (kepekatan asap) yang dihasilkan dengan bahan bakar biodiesel nyamplung cenderung lebih sedikit dibandingkan

opasitas yang dihasilkan dengan bahan bakar solar Pertamina. Pada putaran *idle*, dengan bahan bakar biodiesel nyamplung menghasilkan opasitas sebanyak 10,09%, sedangkan dengan bahan bakar solar Pertamina menghasilkan opasitas sebanyak 29,37%. Pada putaran penuh, dengan bahan bakar biodiesel nyamplung menghasilkan opasitas sebanyak 96,23%, sedangkan dengan bahan bakar solar Pertamina menghasilkan opasitas sebanyak 100%.

B. Saran

1. Berdasarkan data hasil penelitian, bagi calon pengguna bahan bakar biodiesel nyamplung, disarankan untuk memacu kendaraannya pada putaran mesin menengah kebawah ($\pm 1500-2500$ rpm) apabila ingin mendapatkan kinerja mesin yang optimal.
2. Akan lebih baik apabila bahan bakar biodiesel nyamplung dapat dipertimbangkan dan digalakkan penggunaannya secara masal, sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar solar pada kendaraan diesel.
3. Disarankan untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pengaruh bahan bakar biodiesel nyamplung terhadap emisi gas buang, untuk menganalisis parameter emisi lainnya seperti HC, CO Nox, dsb.
4. Disarankan untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pengaruh bahan bakar biodiesel nyamplung terhadap prestasi mesin, untuk menganalisis parameter prestasi lainnya yaitu konsumsi bahan bakar spesifik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin dan Sukoco. 2009. *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Bandung: Alfabeta
- Arikunto. 2010. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik Cetakan keempat belas*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Arismunandar dan Tsuda. 1986. *Motor Diesel Putaran Tinggi*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Automobile Catalog. (n.d) *Isuzu Trooper Long Diesel (1984) full detailed specifications listing and photo gallery*. Online. Available at www.automobile-catalog.com/car/1984/1259810/isuzu_trooper_long_diesel.html. [accessed 28/10/2016]
- Badan Pusat Statistik. 2014. *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis tahun 1987-2013*. Jakarta: BPS dan Kantor Kementerian Kepolisian Indonesia. Online. Available at <http://www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/1413> [accessed 5/10/2016].
- Badan Standardisasi Nasional. (n.d). *SNI 04-7182-2006: Biodiesel*. Jakarta: Panitia Teknis Energi Baru dan Terbarukan (PTEB).
- Bustomi. 2009. *Nyamplung (Calophyllum Inophyllum L) Sumber Energi Biofuel yang Potensial*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Peningkatan Produktivitas Hutan.
- Darmanto, dkk. 2012. *Analisa Karakteristik Biodiesel Nyamplung*. Gema Teknologi Vol. 16 No. 4 Periode Oktober 2011 - April 2012.
- Dirjen Migas. 2013. Keputusan Direktur Jenderal Minyak Dan Gas Bumi Nomor 978.K/10/DJM.S/2013 tentang *Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar 48 yang Dipasarkan di Dalam Negeri*.
- Gibson. 2011. *Combustion of a Renewable and Fossil Fuel: Teacher Manual*. Loyola University of Chicago: Biodiesel Labs.

- HDA Tuning Port. (n.d). *Dastek Dynamometer Overview*. Dokumentasi HDA Tuning Port
- Instruksi Presiden Republik Indonesia Nomor 1 tahun 2006. *Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai Bahan Bakar Lain*. Inpres
- Kristanto. 2015. *Motor Bakar Torak (Teori & Aplikasinya)*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Kuswantoro, dkk. (n.d). *Pengembangan Hutan Rakyat Agroforestri Nyamplung Sebagai Sumber Bahan Baku Biofuel*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Maleev. 1991. *Operasi Dan Pemeliharaan Mesin Diesel*. Translated by Priambodo, Bambang. Jakarta: Erlangga
- Ong, dkk. 2013. *Engine performance and emissions using Jatropha curcas, Ceiba pentandra and Calophyllum inophyllum biodiesel in a CI diesel engine*. Article in Energy May 2014 Impact Factor: 4.84 · DOI: 10.1016/ j.energy. 2014.03.035.
- P3HH. 2008. *Laporan Penelitian Pembuatan Biodiesel dari Biji Nyamplung (Calophyllum Inophyllum L)*. (P3HH): Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan
- Peraturan Menteri. 2006. *Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama*. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2006
- Prastyanto dan Sudarmanta. 2012. *Pengaruh Penambahan Biodiesel Dari Minyak Biji Nyamplung (C.Inophyllum) Pada Bahan Bakar Solar Terhadap Hasil Uji Unjuk Kerja Mesin Diesel Generator Set*. Jurnal Teknik POMITS Vol. 1 No. 1 (2012) 1 – 6.
- Qiqmana dan Sutjahjo. 2014. *Karakteristik Biodiesel dari Minyak Biji Nyamplung Dengan proses Degumming Menggunakan asam Sulfat dan Asam Cuka* .JTM. Volume 02 Nomor 02 Tahun 2014, 132-139.
- QROTECH.CO. LTD. (n.d). *Automotive Opacity Smoke Meter OPA - 1 0 2 Operating Manual*. German

- Rabiman dan Arifin. 2011. *Sistem Bahan Bakar Motor Diesel*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Raharjo dan Karnowo. 2008. *Mesin Konversi Energi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang Press.
- Setyadi dan Susiantini. 2007. *Pengaruh Penambahan Biodiesel Jelantah Pada Solar Terhadap Emisi Gas Buang CO, CO₂ Dan HC*. Yogyakarta: Prosiding PPI-PDIPTN 2007 Pustek Akselerator dan Proses Bahan-BATAN, 10 Juli 2007.
- Smithsonian Tropical Research Institute. *Calophyllum Inophyllum Fruit Leaf* Online. Available at <http://biogeodb.stri.si.edu/bioinformatics/dfm/metas/view/19071> [accessed 10/10/2016].
- Statistik Migas. 2013. *Produksi BBM (PKSA) Kilang PERTAMINA vs Kebutuhan Nasional*. Online. Available at <http://www.migasreview.com/upload/d/c%7Bca%7DKondisiPasokandanPermintaanBBMdiIndonesiadanUpayaPertaminaDalamPemenuhanKebutuhanBBMNasional.pdf> [accessed 5/10/ 2016]
- Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D (Research and Development)*. Bandung: Alfabeta
- Sukoco dan Arifin. 2013. *Teknologi Motor Diesel*. Bandung: Alfabeta
- Suprpto. 2004. *Paparan Kuliah Bahan Bakar dan Pelumas*. Semarang: Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.