

## PEMANFAATAN BAHAN BAKAR DME DENGAN DUAL FUEL SYSTEM PADA MESIN DIESEL KENDARAAN

### *(The Utilization of DME Fuel With Dual Fuel System in Diesel Engine Vehicles)*

Dimitri Rulianto, Maymuchar dan Cahyo Setyo Wibowo

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"

Jl. Ciledug Raya Kav.109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan

Telepon: +62-21-7394422, Fax.: +62-21-7246150

E-mail: [dimitri@lemigas.esdm.go.id](mailto:dimitri@lemigas.esdm.go.id);

[may\\_muchar@lemigas.esdm.go.id](mailto:may_muchar@lemigas.esdm.go.id); [cahyow@lemigas.esdm.go.id](mailto:cahyow@lemigas.esdm.go.id)

Teregistrasi I tanggal 6 September 2016; Diterima setelah perbaikan tanggal 11 Nopember 2016;

Disetujui terbit tanggal: 30 Desember 2016.

#### ABSTRAK

Dimethylether (DME) merupakan sumber *energy alternative* yang memiliki karakteristik fisikakimia setara dengan LPG, dengan rumus kimia yang sederhana ( $\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$ ). DME dapat dihasilkan dari beragam jenis bahan baku, seperti gas alam, batubara, *heavy oil*, dan biomassa. Aplikasi DME dapat digunakan di beberapa sektor, antara lain: sektor transportasi, domestik/rumahtangga, *power generation*, namun apabila digunakan sebagai bahan bakar yang akan mensubstitusikan bahan bakar solar, maka diperlukan modifikasi pada sistim saluran bahan bakarnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan kinerja optimal dalam rangka pemanfaatan DME sebagai bahan bakar substitusi minyak solar dengan mengaplikasikan *dual fuel system* pada mesin diesel. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar DME pada jenis mesin diesel kendaraan dengan *dual fuel system* dapat digunakan secara langsung jika dilakukan modifikasi pada sistem saluran bahan bakarnya. Perbandingan optimum minyak solar dan bahan bakar DME rata-rata 80%-20% mampu menghasilkan torsi dan daya setara dengan mesin diesel yang menggunakan minyak solar 100%. Pemanfaatan DME sebagai bahan bakar mesin diesel dapat mengurangi emisi opasitas rata-rata sebesar 10%-20%, sehingga meningkatkan kebersihan lingkungan.

**Kata Kunci:** DME, minyak solar, mesin diesel, *dual fuel system*

#### ABSTRACT

*Dimethylether (DME) is an alternative energy source that has the physicochemical characteristics similar to LPG, with a simple chemical formula ( $\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$ ). DME can be produced from a variety of raw materials, such as natural gas, coal, heavy oil, and biomass. DME application can be used in several sectors, such as transport, domestic / household, power generation, but when used as a fuel that will substitute for diesel fuel, would require modifications to the fuel line system. The purpose of this study is to obtain optimum performance on the utilization of DME as a fuel substitution for diesel oil by applying dual fuel system in a diesel engine. This study shows that the use of DME fuel on the type of diesel engine vehicles with dual fuel system directly applicable since the fuel line system has been modified properly. The system which has average optimum comparison between diesel oil and DME up to approximately 80%-20% are capable to generate power and torque which equivalent to a diesel engine using diesel oil 100%. The use of DME as a fuel for diesel engines can reduce emissions of opacity to approx. 10%-20%, as a result the quality of environmental increases.*

**Keywords:** DME, diesel oil, diesel engine, *dual fuel system*

## I. PENDAHULUAN

Sejalan dengan program Pemerintah Indonesia untuk mengurangi subsidi BBM melalui program konversi minyak tanah ke LPG, maka kebutuhan LPG di masa mendatang akan terus meningkat. Jumlah produksi LPG dari kilang-kilang Pertamina yang terbatas, tidak dapat mencukupi kebutuhan dalam negeri, sehingga hal ini akan berakibat pada semakin besarnya impor LPG. Total konsumsi LPG 2008 mencapai 1,85 juta ton dimana 600.000 ton diantaranya merupakan peningkatan jumlah kebutuhan LPG untuk program konversi minyak tanah. Hingga akhir tahun 2009, kebutuhan LPG di Indonesia untuk sektor domestik diperkirakan sudah mencapai 3,67 juta ton, dan 2 juta ton merupakan jumlah LPG untuk program konversi. Disisi lain, hingga beberapa tahun mendatang jumlah pasokan elpiji dalam negeri masih terpaku pada nilai 1,8 juta ton pertahun (Pertamina, 2007). Kondisi ini jelas mengharuskan Indonesia untuk menutupi kekurangan pasokan LPG dengan melakukan impor dalam jumlah besar. Untuk mengurangi impor LPG, perlu dijajaki kemungkinan penggunaan energi alternatif yang dapat mengurangi impor LPG yaitu Dimethyl ether (DME). Selain itu konsumsi bahan bakar minyak terus meningkat dimana sektor transportasi menempati urutan tertinggi. Dalam rangka peningkatan pemanfaatan bahan bakar lain yang lebih ramah lingkungan pada sektor transportasi, Pemerintah mendorong dilaksanakannya diversifikasi sumber energi. Salah satu jenis bahan bakar yang dapat dimanfaatkan untuk kendaraan bermotor adalah Dimetil Eter (DME). Selain dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran LPG, DME juga dapat dimanfaatkan sebagai substitusi solar. DME memiliki bilangan setana, yang merupakan salah satu karakter penting bagi mesin kendaraan, lebih tinggi dibandingkan solar. Untuk sektor transportasi, apabila DME digunakan sebagai bahan bakar yang akan mensubstitusikan bahan bakar solar ataupun yang akan dikombinasikan dengan bahan bakar solar dimungkinkan memiliki karakteristik tersendiri yang perlu diantisipasi apabila berdampak bagi kualitas pembakaran yang dibutuhkan oleh mesin diesel (DME Handbook, 2007). Untuk itu perlu dilakukan studi kinerja DME pada kendaraan bermotor mesin diesel melalui pengujian pada bangku uji, karena DME memiliki karakteristik angka setana yang tinggi maka untuk pemakaian DME yang lebih banyak akan lebih cocok bila digunakan untuk mesin jenis *compressed ignition* atau mesin diesel. DME tidak serta merta dapat

diterapkan sebagai bahan bakar pada mesin diesel karena adanya perbedaan sifat fisik yang signifikan dengan minyak solar. Untuk itu perlu adanya modifikasi tertentu pada mesin diesel terutama pada sistem pemasukan bahan bakar DME sehingga akan mendapatkan kinerja yang efektif dengan konsumsi bahan bakar DME yang efisien. Dengan demikian penggunaan DME sebagai bahan bakar pada mesin diesel kendaraan bermotor dapat optimal.

Maksud dan tujuan penelitian ini adalah mengembangkan sistem konversi DME menggunakan *Dual Fuel* sistem untuk kendaraan diesel berbahan bakar gas DME. Pada sistem *dual-fuel*, mesin beroperasi menggunakan dua jenis bahan bakar, yaitu bahan bakar minyak (solar) dan bahan bakar gas dengan perbandingan konsentrasi tertentu, misalnya 80% bahan bakar minyak dan 20% bahan bakar gas. Pada sistem ini saluran bahan bakar gas masuk ke dalam ruang bakar mesin melalui saluran *intake* udara. Bahan bakar gas dan udara tercampur terlebih dahulu di dalam *mixer* dan mengalir ke dalam ruang bakar mesin melalui *intake manifold*. Sistem saluran bahan bakar solar tidak mengalami perubahan, yaitu dari tangki bahan bakar mengalir ke pompa injeksi dan injektor.

## II. BAHAN DAN METODE

Metode penelitian yang meliputi persiapan bahan dan sistem bahan bakar yang digunakan pada mesin diesel tipe *direct injection* untuk kendaraan bermotor, pengujian sifat-sifat fisika/kimia minyak solar dan DME dengan metode uji standar ASTM dan/atau metode uji baku lainnya.

Melakukan pemasangan konverter kit gas yang diperoleh dari pasaran kemudian *try and error setting* sistem *dual fuel* bahan bakar pada mesin diesel tipe konvensional untuk kendaraan bermotor. *setting* sistem yang dilakukan meliputi penyetelan ulang pada lebar celah katub masuk udara dan celah katub buang gas hasil pembakaran di ruang bakar. melakukan penyetelan ulang pada injektor agar berkurang jumlah solar yang masuk ke dalam ruang bakar mesin dan jumlah gas DME yang masuk ke dalam ruang bakar dapat maksimal. Pada saat melakukan setting ulang mesin diesel di penelitian ini perlu diperhatikan bahwa dalam batas toleransi yang diijinkan oleh pabrikan mesin, daya tahan dan temperatur mesin diesel tersebut saat beroperasi dengan beban penuh. Dengan di *setting* ulang diharapkan kinerja mesin diesel menggunakan sistem *dual-fuel* berbahan bakar solar dan DME dapat setara dengan kinerja mesin diesel berbahan bakar solar.

Selanjutnya dilakukan pengujian kinerja terbatas dengan beban penuh (100%) pada variasi putaran mesin 1500, 2000, 2500, 3000 dan 3500 rpm sesuai acuan Lemigas *Inhouse Test Method* di bangku uji multislinder. Evaluasi kinerja dilakukan dengan membandingkan antara hasil uji kinerja mesin diesel berbahan bakar solar dengan mesin diesel berbahan bakar campuran solar-DME.

### III. HASIL DAN DISKUSI

#### A. Karakteristik Bahan Bakar Minyak Solar

Hasil pengujian terhadap karakteristik minyak solar dianalisis berdasarkan pada spesifikasi minyak solar jenis 48 yang ditetapkan pada Surat Keputusan Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi No. 28.K/10/DJM.T/2016 tanggal 24 Februari 2016. Hasil pengujian karakteristik minyak solar pada Tabel 2.

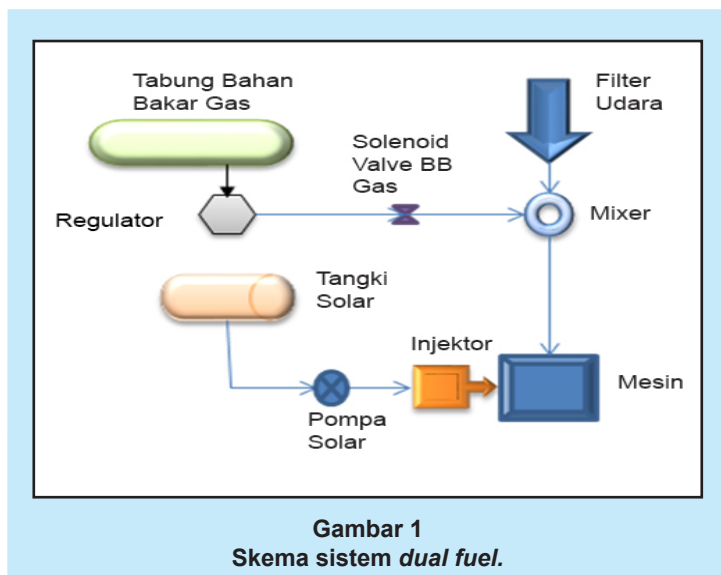
Tabel 2 menunjukkan bahwa bahan bakar solar yang digunakan pada penelitian ini masih sesuai dengan spesifikasi minyak solar 48 (Dirjen Migas, 2006).

#### B. Karakteristik DME

Pengujian terhadap karakteristik DME dilakukan untuk mendapatkan data teknis mutu gas berkaitan dengan aplikasinya sebagai bahan bakar mesin. Secara garis besar, pengujian dilakukan terhadap karakteristik fisika-kimia mengacu pada spesifikasi LPG yang ditetapkan pemerintah seperti komposisi gas, spesifik *gravity*, tekanan uap, total sulfur, *weathering test*, dan *copper corrosion*.

Pemakaian spesifikasi LPG sebagai acuan karena tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik bahan bakar DME padahal spesifikasi DME belum ada di Indonesia sedangkan dari segi karakteristik fisika kimianya DME ini mempunyai kemiripan dengan LPG. Spesifikasi LPG yang ada di Indonesia mengacu pada spesifikasi yang ditetapkan oleh pemerintah SK Ditjen No. 25 K/36/DDJM/1990. (Dirjen Migas, 1990). Hasil pengujian karakteristik DME disajikan pada Tabel 3 dibawah.

Pengujian terhadap gas DME dilakukan untuk mendapatkan data teknis mutu gas DME berkaitan dengan aplikasinya sebagai bahan bakar mesin. Secara garis besar, karakteristik fisika-kimia gas DME yang digunakan pada penelitian seperti komposisi gas, spesifik *gravity*, tekanan uap, total



**Tabel 2**  
Hasil uji karakteritik minyak solar

Karakteristik	Satuan	Hasil Analisis	Spesifikasi	Metode Uji ASTM
Viskositas Kinematik @ 40°C	mm <sup>2</sup> /s	4,4	2,0 – 4,5	D 445
Berat Jenis@ 15°C,	kg/m <sup>3</sup>	849	815 - 870	D 1298
Angka Setana	CN	48,6	Min 48	D 613
Distilasi T90	°C	358	Max 370	D 86
Titik Nyala (Mangkok Tertutup)	°C	67	Min 52	D 93
Titik Tuang	°C	4	Maks 18	D 97
Korosi Lempeng Tembaga (3 jam @ 50 °C)	No.ASTM	No.1	Maks No 1	D 130
Bilangan Asam total	mg-KOH/g	0,09	Maks 0,6	D 664
Kandungan Sulfur	% m/m	0,15	Maks 0,35	D 4294/D5453
Nilai Kalori	Mj/Kg	43.770	-	D 240

**Tabel 3**  
**Hasil pengujian karakteristik DME**

No	Karakteristik	Satuan	Percontohan	Batasan		Metode Uji	
			DME	Min.	Max.	ASTM	Lain
1	Specific Gravity 60/60°F	-	0,74	To be reported		D-1657	
2	Vapour Pressure @100°F	Psig	110	-	120	D-1267	
3	Weathering Test @36°F	% vol.	99,95	95	-	D-1837	
4	Copper Corrosion 1 hour		1a	-	1a	D-1838	
5	Total Sulphur	grain/ 100cuft	1,13	-	15	D-2784	
6	Water Content		No free water	No free water		-	Visual
7	Composition : DME	% vol	99.96	-	-	D-2163	

sulfur, *weathering test*, dan *copper corrosion* masih sesuai dengan spesifikasi LPG yang dikeluarkan oleh Dirjen MIGAS (Dirjen MIGAS, 1990).

### C. Hasil Pengujian Kinerja Mesin Diesel Kendaraan Bermotor

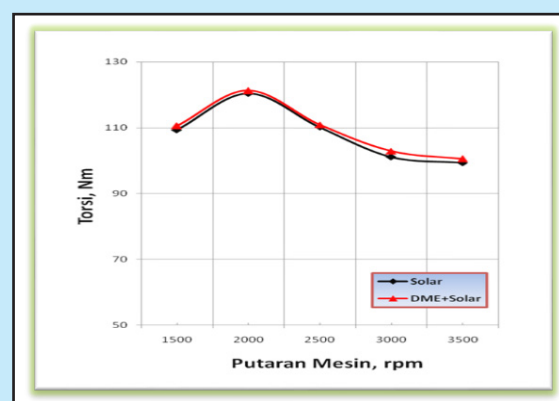
Pengujian kinerja mesin diesel konvensional maupun mesin diesel yang telah dilengkapi alat konversi bahan bakar gas untuk kendaraan bermotor dilaksanakan pada bangku uji multisilinder. Pada pengujian ini di lakukan beban maksimum. Pada beban maksimum dilakukan pengamatan terhadap torsi, daya, konsumsi bahan bakar, emisi gas buang, rating komponen. Uji kinerja dilakukan dengan menggunakan Lemigas *Inhouse Test Method*, metode ini merupakan suatu siklus uji yang dibuat sesuai dengan kemampuan operasi mesin uji.

Selama pengujian ini digunakan beban maksimum. Pada beban maksimum tersebut dilakukan pengamatan terhadap torsi, daya, konsumsi bahan bakar, emisi gas buang mesin diesel.

#### 1. Torsi

Torsi motor (mesin) diukur pada beberapa putaran tetap dan beban maksimum. Pada dinamometer terlihat berapa besar energi mekanis atau torsi yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar mesin diesel kendaraan bermotor, ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kinerja mesin diesel seperti perbedaan angka setana minyak solar dan DME, kandungan energi yang dimiliki DME yaitu hampir 50% lebih rendah, terbatasnya udara yang dibutuhkan untuk pembakaran dikarenakan terjadi hambatan aliran udara pada *mixer*:

Diperlukan modifikasi seperti menambahkan *mixer* pencampur agar DME masuk ke dalam ruang bakar mesin diesel, merubah jarak celah katup



**Gambar 3**  
**Grafik hasil uji kinerja Torsi**  
**pada mesin diesel kendaraan bermotor.**

masuk-keluar, modifikasi injektor bahan bakar minyak dan sistem pendingin pada mesin diesel konvensional, sehingga mesin diesel kendaraan bermotor menggunakan bahan bakar campuran minyak solar-DME tersebut dapat mencapai torsi setara mesin diesel kendaraan bermotor menggunakan bahan bakar minyak solar, Gambar 3. memperlihatkan grafik hasil uji torsi mesin diesel kendaraan bermotor menggunakan minyak solar dan campuran bahan bakar minyak solar-DME pada beban penuh. Dari gambar tersebut terlihat torsi campuran bahan bakar minyak solar dan DME dengan komposisi 80% minyak solar dan 20% DME pada beban penuh masih mampu menghasilkan torsi hampir setara dengan mesin diesel kendaraan bermotor menggunakan bahan bakar minyak solar dengan rata-rata peningkatan 1,21%.

#### 2. Daya

Grafik hasil uji daya mesin diesel kendaraan bermotor pada beban penuh disajikan pada Gambar

4. Pengujian daya motor (mesin) dilakukan pada tiga kategori beban, yaitu beban maksimum sebagai fungsi dari kecepatan mesin diesel. Dari gambar tersebut terlihat daya mesin diesel kendaraan bermotor menggunakan campuran minyak solar (80%) dengan DME (20%) setara dengan daya kendaraan mesin diesel kendaraan bermotor menggunakan bahan bakar minyak solar pada beban maksimum. Diperlukan modifikasi seperti menambahkan *mixer* pencampur agar DME masuk kedalam ruang bakar mesin diesel, merubah jarak celah katup masuk - keluar, di lakukannya modifikasi injektor bahan bakar minyak dan sistem pendingin pada mesin diesel konvensional, sehingga mesin diesel kendaraan bermotor menggunakan bahan bakar campuran minyak solar-DME tersebut dapat mencapai daya setara mesin diesel kendaraan bermotor menggunakan bahan bakar minyak solar dengan rata-rata 2,3% peningkatannya.

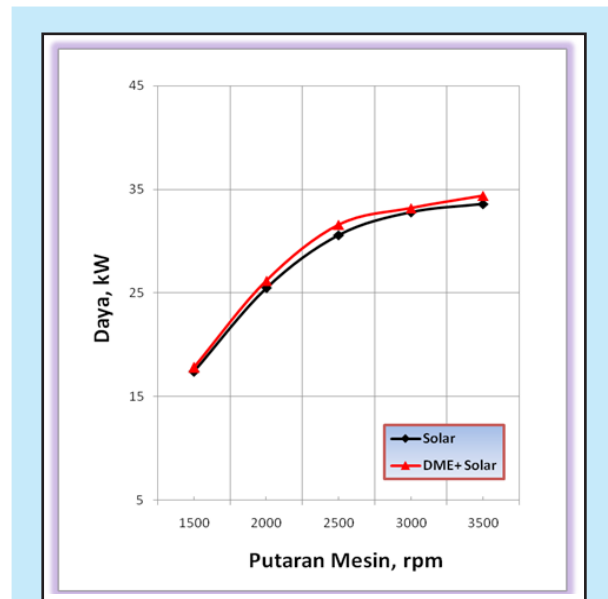
### 3. Konsumsi Bahan Bakar

Pada gambar 5 terlihat bahwa konsumsi bahan bakar mesin diesel. konsumsi mesin diesel kendaraan bermotor yang menggunakan *sistem dual fuel* mengalami peningkatan dibanding mesin diesel kendaraan bermotor menggunakan minyak solar, dikarenakan yang masuk keruang bakar terdapat 2 jenis bahan bakar sekaligus. Beberapa faktor seperti perbedaan angka setana minyak solar dan DME, kandungan energi yang dimiliki DME yaitu hampir 50% lebih rendah, terbatasnya udara yang dibutuhkan untuk pembakaran dikarenakan terjadi hambatan aliran udara pada *mixer* menyebabkan konsumsi DME pada mesin diesel kendaraan bermotor dikisar 20% saja dari total konsumsi campuran bahan bakar yang digunakan. Walaupun demikian mesin diesel kendaraan bermotor dengan sistem *dual fuel* tersebut dapat menghasilkan daya dan torsi setara dengan mesin diesel kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar minyak solar.

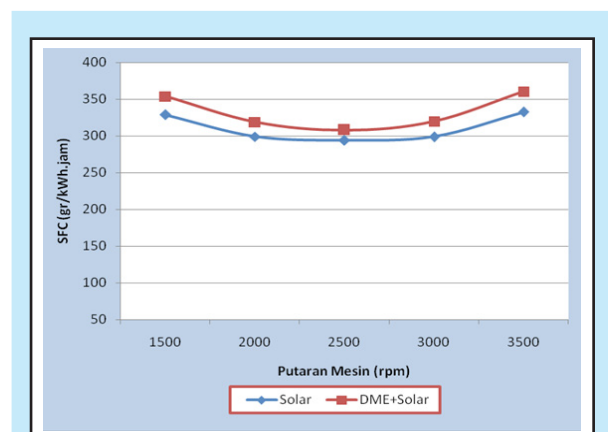
### 4. Emisi

Hasil pengukuran emisi opasitas kendaraan bermotor, menunjukkan hasil emisi opasitas yang dikeluarkan mesin diesel kendaraan bermotor berbahan bakar solar dan campuran solar dan DME, didapatkan hasil terjadi penurunan opasitas asap pada pemakaian DME+Solar dibandingkan dengan pemakaian solar, rata-rata jumlah opasitas solar sebesar 23,35%, sedangkan rata-rata opasitas DME+Solar sebesar 22,56%, besarnya efek penurunan opasitas asap rata-rata sebesar 3,34%.

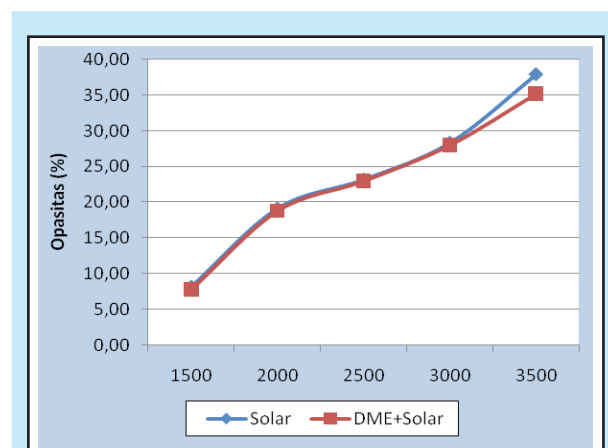
Sistem pembakaran dengan sistem udara tekan seperti pada mesin diesel akan menghasilkan emisi



Gambar 4  
Grafik hasil uji kinerja daya pada kendaraan bermotor.



Gambar 5  
Grafik konsumsi mesin diesel pada kendaraan bermotor.



Gambar 6  
Grafik opasitas mesin diesel pada kendaraan bermotor.

opasitas yang lebih besar dibandingkan dengan emisi mesin dengan sistem pembakaran dengan nyala busi (KLH, 2007). Selain itu angka setana juga mempengaruhi pembentukan emisi opasitas. Semakin tinggi angka setana yang dimiliki bahan bakar, semakin rendah emisi opasitas yang dihasilkan karena semakin cepatnya bahan bakar terbakar. Seperti yang telah disampaikan di atas bahwa DME mempunyai angka setana yang lebih tinggi dibanding dengan minyak solar. Kandungan sulfur yang ada pada minyak solar dapat mempengaruhi tingkat emisi opasitas. seperti yang telah diketahui bahwa kandungan sulfur pada DME cukup kecil sekali dibanding dengan minyak solar.

#### D. Rating Komponen

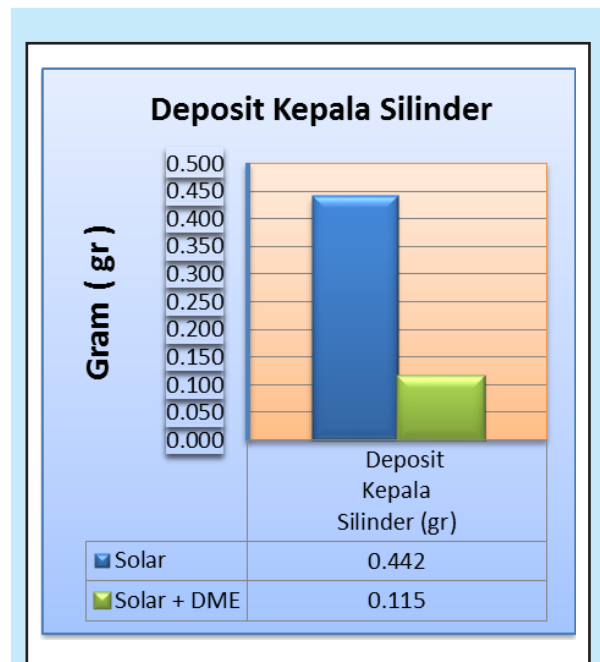
Dari data hasil *rating* dan penimbangan berat deposit mengacu metode CEC-L-70-T tersebut diperoleh nilai *rating* kepala silinder yang menggunakan bahan bakar Solar+DME lebih tinggi dibandingkan dengan yang menggunakan bahan bakar Solar Murni dengan perbedaan 10,09% dan berat rata-rata deposit kepala silinder yang menggunakan bahan bakar Solar+DME lebih ringan dari yang menggunakan bahan bakar Solar Murni dengan perbedaan 74,01%. Dengan demikian kepala silinder yang menggunakan bahan bakar Solar+DME lebih bersih dari yang menggunakan bahan bakar Solar Murni.

#### V. KESIMPULAN

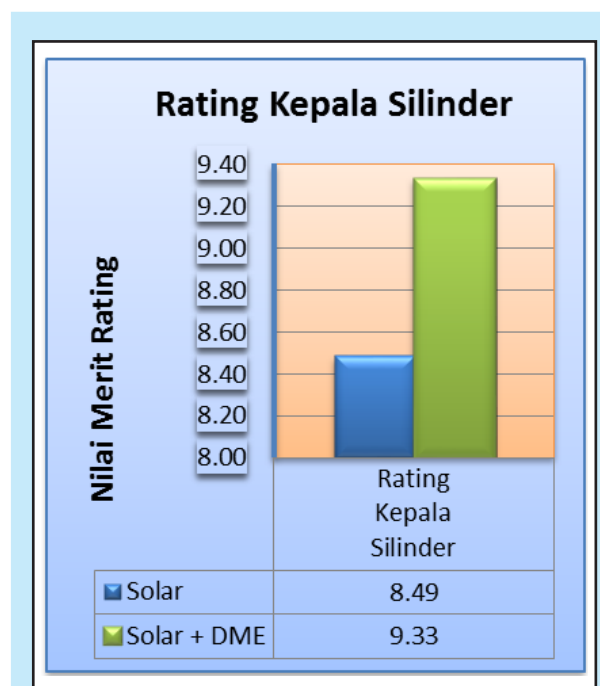
DME adalah salah satu bahan bakar yang menjanjikan dapat menggantikan LPG dan minyak solar atau sebagai pencampur minyak solar dikarenakan karakteristik DME mirip dengan LPG. selain itu angka setana yang dimilikinya cukup tinggi, namun energi yang dikandungannya cukup kecil.

Pemanfaatan DME pada motor diesel transportasi tidak dapat dilakukan secara langsung tetapi memerlukan modifikasi. Bahan bakar DME dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif mesin diesel kendaraan bermotor untuk menggantikan bahan bakar minyak solar dalam bentuk campuran minyak solar dan DME dengan persentase 80% solar dan 20% DME. Pemanfaatan DME sebagai campuran bahan bakar minyak solar menghasilkan emisi opasitas yang lebih bersih.

Pemanfaatan DME murni (DME 100%) pada mesin diesel yang telah dirancang menggunakan bahan bakar minyak solar belum dapat dilakukan



Gambar 7 Grafik deposit kepala silinder.



Gambar 8 Grafik rating kepala silinder.

secara optimum karena terjadi panas berlebih yang terjadi di ruang bakar dan suara kasar sehingga memerlukan beberapa modifikasi yang sangat rumit pada mesin seperti mengganti keseluruhan sistem saluran bahan bakar mesin diesel dari *nozzel* injektor sampai tangki bahan bakar yang memiliki spesifikasi khusus bahan bakar DME.

#### KEPUSTAKAAN

- Bartok, W, Sarofin Adel, F,** "Fossil Fuel Combustion", A Wiley-interscience Publication, John Wiley & Son Inc, 1991, Canada
- Dirjen MIGAS** menurut SK Ditjen No. 25 K/36/DDJM/1990, "Spesifikasi LPG mix", 1990
- Direktorat Hilir**, PT Pertamina (Persero), 2002, Buku Petunjuk Praktis Pemakaian Bahan Bakar Gas (BBG) pada Kendaraan Bermotor, Jakarta
- Dirjen MIGAS**, menurut SK Ditjen No. 28. K/10/DJM.T/2016" Spesifikasi Bahan Bakar Minyak Solar 48 ", 2016
- Departemen Perhubungan**, 2007, Kajian Dampak Penggunaan LPG sebagai Bahan Bakar Alternatif terhadap Mesin Kendaraan Bermotor dan Lingkungan, Laporan Kegiatan TA 2007, Jakarta
- Griffith, J.F and Barnard, J.A.** 1995, *Flame and Combustion*, Third Edition, Blackie academic & Profesional, Glasgow.
- Heywood, John B,** "Internal Combustion Engine Fundamentals", Mc Graw Hill, International Edition, 1989, Singapore
- Japan DME Forum (JDF)**, DME Handbook, Ohmsha, 2007, Tokyo
- Kelebihan dan kelemahan BBG** Indonesia, <http://endonesia.com>, diakses pada 25 Oktober 2012
- Kenneth K. Kuo**, *Principles of Combustion* (New York: John Wiley & Sons, 1986),
- M. Zamzami**, Pemanfaatan Gas Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pada Kendaraan Bermotor, Laporan Penelitian, 2009, Bandung
- Pallawagau La Puppung**, Penggunaan LPG sebagai Bahan Bakar untuk Motor Bakar, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS", 1986, Jakarta
- PT PLN JASDIKLAT.** (1997). Generator. PT PLN Persero. Jakarta
- Proceeding 7th Asian DME Conference**, DME, Toki Messe Niigata Convention Centre, 2011, Japan
- Peraturan Menteri Perindustrian** No. 70/M-IND/PER/7/2012 tentang Pemberlakuan Persyaratan Teknis Rangkaian Komponen Konverter Kit untuk Kendaraan Bermotor Secara Wajib
- Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Darat** Nomor SK.2336/UM.303/DRJD/2010, tentang Bantuan Teknis Converter Kit pada Kendaraan Bermotor Umum untuk Angkutan Orang
- Susanti, V., A. Hartanto, R. Arief Subekti, dan H.M. Saputra**, 2011, Kebijakan Nasional Program Konversi Dari Bbm Ke Bbg Untuk Kendaraan, LIPI Press
- Stephen R,** turns, *An Introduction to Combustion Concepts and Applications* (Pensylvania, 1996),
- Tulus Burhanuddin S.,** 2002, Tinjauan Pengembangan Bahan Bakar Gas Sebagai Bahan Bakar Alternatif, USU digital library
-