

**KAJIAN TEKNIS PENGGUNAAN BAHAN BAKAR
DME (DIMETHYL ETHER) MURNI SEBAGAI SUBSTITUSI
LPG (ELPIJI) PADA BURNER INDUSTRI KECIL**

*(The Effect Of Mixing Palm Oil And Diesel Oil As Diesel Substitutes
Against Engine Performances)*

Emi Yuliarita, Cahyo Setyo Wibowo dan Dimitri Rulianto

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
email: @lemigas.esdm.go.id

Teregistrasi I tanggal 1 April 2015; Diterima tanggal 22 April 2015; Disetujui terbit tanggal: 29 Mei 2015

ABSTRAK

Dimethylether (DME) merupakan salah satu sumber energy alternatif yang diharapkan dapat menggantikan LPG sebagai bahan bakar khususnya pada sektor industri kecil yang menggunakan burner berbahan bakar LPG. Hal ini di dukung oleh karakteristik yang dimiliki bahan bakar DME yang hamper setara dengan LPG. Disamping itu DME dapat dibuat dari berbagai sumber alam yang berlimpah di Indonesia seperti batu bara muda, biomassa dan lain lain. Tujuan penelitian ini adalah melakukan kajian teknis kinerja burner pada industri kecil terutama burner berbahan bakar LPG yang banyak digunakan pada sektor usaha kecil dan menengah, diharapkan barner tersebut dapat menggunakan DME murni sebagai bahan bakar. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengujian kinerja burner dengan menggunakan bahan bakar DME murni yang mengacu pada SNI 7613;2010. Hasil dari penelitian ini adalah burner untuk bahan bakar LPG pada industri kecil yang ada dipasaran tidak bisa langsung menggunakan bahan bakar DME murni, perlu dilakukan modifikasi pada saluran udara burner berbahan bakar LPG apabila diganti langsung dengan bahan bakar DME. Hasil penggunaan ini menunjukkan bahwa burner berbahan bakar LPG yang sudah dimodifikasi dapat menggunakan bahan bakar DME murni, menghasilkan emisi yang lebih bersih dan efisiensi kinerja burner hasil modifikasi lebih tinggi 45%, sehingga diharapkan dapat meningkatkan kinerja burner yang ada dipasaran apabila diganti bahan bakarnya dengan DME murni.

Kata Kunci : Di Methyl Ether (DME), LPG, burner industri kecil, efisiensi burne.

ABSTRACT

Dimethylether (DME) is one of the alternative energy source that is expected to replace LPG as fuel, especially in the sector of small industries that use LPG-fueled burner. It is supported by the characteristics of DME fuel which is almost equivalent to LPG. DME can be made from a variety of natural resources that are abundant in Indonesia such as lignite, biomass and others. The purpose of this study is to conduct a technical review of the performance of burners in small industry, especially LPG-fueled burner which is widely used in small and medium-sized business sector; is expected to use the barner pure DME as a fuel. The methodology used in this study is the burner performance testing using pure DME fuel which refers to ISO 7613; 2010. Results of this study was to fuel burner LPG in small industry in the market can not directly use pure DME fuel, necessary modifications to the air duct burner LPG fuel when the fuel is replaced directly with DME. The results of the use of this shows that the burner LPG-fueled modified can use the fuel DME pure, produce cleaner emissions and

efficiency performance burner modified higher 45%, which is expected to improve the performance of burners in the market when replacing the fuel with DME pure.

Keywords : Di Methyl Ether (DME), LPG, small industrial burners, burner efficiency.

I. PENDAHULUAN

Dalam rangka memenuhi kebutuhan masyarakat terhadap bahan bakar LPG baik sebagai bahan bakar pada sector industri maupun sector rumah tangga, pemerintah sudah melakukan impor karena produksi dalam negeri sudah tidak dapat mencukupi kebutuhan tersebut. Impor LPG yang dilakukan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri sudah melebihi 60%. Terjadi peningkatan impor yang signifikan dari bahan bakar LPG mulai tahun 2009 sampai 2011 setelah suksesnya konversi minyak tanah ke LPG.^[7] Peningkatan permintaan LPG untuk rumah tangga sangat di pengaruhi oleh keberhasilan pemerintah dalam konversi minyak tanah ke LPG yang di mulai tahun 2008^[1]. Dimana konsumsi /pemakaian LPG di tahun 2014 sudah mencapai 5.5% dari kebutuhan energi nasional yang sebelum program konversi minyak tanah dimulai hanya mencapai 1,8% dari kebutuhan energi nasional.^[8] Oleh karena itu perlu mencari bahan bakar alternative yang dapat menggantikan bahan bakar LPG khususnya untuk keperluan di sector industry kecil seperti rumah tangga. Di-metil eter (DME) adalah salah satu sumber energi alternatif yang mempunyai karakteristik hamper sama dengan LPG. Sehingga DME sangat berpotensi sebagai bahan bakar pengganti LPG terutama di sektor industri kecil dan rumah tangga^[6].

Sebagai respon terhadap situasi ini, LEMIGAS telah melakukan studi untuk menyelidiki energi alternatif baru yang muncul sebagai sumber menjanjikan untuk substitute LPG. sebuah penelitian yang dilakukan pada tahun 2011, dengan tujuan mendapatkan data teknis pada aplikasi dari DME dengan berbagai konsentrasi pencampuran dengan LPG^[10].

Sebelumnya sebuah penelitian sudah dilakukan oleh Marchiona dkk, dilaporkan bahwa pencampuran 15-20% DME dalam LPG pada kopor memberikan perbaikan yang signifikan bila dibandingkan dengan DME murni^[6].

DME dapat dibuat selain dari fosil juga dari batubara, gas alam dan biomassa secara tradisional melalui dua tahapan proses dimana pertama-tama syngas di ubah menjadi methanol, kemudian di ikuti dehidrasi methanol ke DME. Jadi bahan bakar DME dapat dibuat bukan hanya dari satu sumber^[3].

Dari sisi pemanfaatannya sebagai bahan bakar, DME memiliki nilai bakar berdasarkan beratnya (Kcal/Kg) lebih rendah dari propana dan metana tetapi lebih tinggi dari metanol, sedangkan berdasarkan volume gasnya, nilai bakar DME lebih tinggi dari pada metana. Selanjutnya DME mempunyai batas eksplosif terkecilnya lebih tinggi dari pada propana,. Warna nyala api dari pembakaran bahan bakar DME terdeteksi biru^[5]. Perbandingan karakteristik DME dan bahan bakar lainnya dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

Pemanfaatan DME di Indonesia pada saat ini lebih sebagai komoditas kimia dan telah digunakan secara luas dalam produk kebutuhan sehari-hari sebagai aerosol untuk hairspray, foam, anti-perspirant, pembasmi serangga, cat, dan produk kosmetika. Selain itu dalam industri kimia digunakan sebagai bahan baku untuk produk kimia lainnya seperti dimetil sulfat, sebagai bahan pelarut, gas pendingin, boiler, furnace. Beberapa negara telah dan terus melakukan penelitian yang intensif untuk mengembangkan DME sebagai bahan bakar alternatif. Di Negara Cina, pemanfaatan DME sebagai bahan bakar ini telah memasuki tahap komersial untuk aplikasinya yaitu sebagai campuran LPG untuk kompor rumah tangga dan industri. Sehingga China merupakan Negara pertama yang telah membangun pabrik DME untuk konsumsi rumah tangga^[14].

DME juga sangat berpotensi digunakan sebagai bahan bakar otomotif. Aplikasi untuk bahan bakar otomotif masih dalam tahap penelitian terutama di Jepang, Korea, India, termasuk di negara-negara Eropa^[9]. Indonesia (LEMIGAS) mulai melakukan penelitian aplikasi DME sebagai bahan bakar transportasi pada tahun 2011^[5].

Salah satu penelitian yang dilakukan oleh Ji C dkk menyatakan bahwa efisiensi termal dan emisi NOx dan HC yang dihasilkan mesin dengan system pengapian menggunakan busi (spark ignition) akan meningkat bila menggunakan DME sebagai campuran bahan bakar bensin^[4]. Menurut Seokhwan dkk pencampuran 20% DME dalam LPG yang digunakan sebagai bahan bakar pada kendaraan bermotor dengan sistim pengapian yang sama, menghasilkan perbedaan yang tidak signifikan antara tingkat emisi yang dihasilkan dan penghematan konsumsi

Tabel 1.
Sifat Fisika DME dan Bahan Bakar Lain

Sifat Fisika-Kimia	DME	Propana	Butana	Natural Gas	Diesel
Rumus Kimia	CH ₃ OCH ₃	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	CH ₄ + rest	-
Berat Molekul, g/mol	46,1	44,1	58,1	18,7	170
Densitas Cair, g/cm ³	0,67	0,49	0,58	0,46	0,83
Titik Didih, °C	-25,1	-42	-0,5	-162/-88	180/370
Angka Setana, CN	>55	5	0	NA	40-55
Angka Oktana, RON	-	112,1	91,8	120	-
Tekanan uap jenuh @ 25°C, atm	6,1	9,3	2,4	NA	NA
Temperatur Ignasi, °C	235	470	365	650	250
Batas Explosif, %	3,4-17	2,1-9,4	5-15	5,5-36	0.6-6.5
Nilai Bakar Bersih, kcal/Nm ³	14200	21800	8600	-	-
Nilai Bakar Bersih, kcal/kg	6900	11000	12000	4800	10000
Stoichiometri A/F Ratio, kg/kg	9,0	15,7	15,5	16,9	14,6

• Sumber: JARI/JICA, Japan, TBC/JR: 02-104

bahan bakar [11]. Sedangkan tentang emisi dan sifat pembakaran dari mesin diesel berbahan bakar campuran DME dengan biodiesel telah dipelajari oleh wang dkk [13].

Pada tahun 2011 telah dilakukan penelitian pemanfaatan DME sebagai campuran LPG dengan konsentrasi pencampuran bervariasi. Hasilnya penelitian menunjukkan penambahan jumlah DME dalam campuran menyebabkan efisiensi pembakaran yang diperoleh menjadi lebih kecil dibanding dengan efisiensi burner dengan bahan bakar LPG. Dengan memperhatikan karakteristik DME dan desain burner, efisiensi burner akan dapat ditingkatkan yaitu dengan melakukan modifikasi pada burner [10].

II. BAHAN DAN METODE

Metode pengujian kinerja bahan bakar LPG pada burner LPG dan bahan bakar DME Murni pada burner DME mengacu pada SNI 7613:2010 yaitu pengujian kompor gas bahan bakar LPG satu tungku dengan sistem pemantik mekanik untuk usaha mikro.[12] Parameter uji kinerja burner meliputi uji asupan panas dan uji konsumsi bahan bakar. Dalam pengujian ini menggunakan selang dan regulator bertekanan tinggi, bejana (d = 350 mm, t = 400 mm), timbangan, termocouple, digital termometer, pemantik api, stopwatch, pressure gauge. Uji asupan panas dilakukan dengan mengamati berapa jumlah panas api yang dihasilkan burner selama 1 jam operasi tanpa beban dalam kondisi operasi maksimal. Pengujian konsumsi bahan bakar dilakukan dengan

mengamati jumlah bahan bakar yang digunakan untuk memanaskan air dalam jumlah tertentu. Kenaikan temperatur air diamati pada rentang 20°C hingga 90°C sesuai dengan standar pengujian.

Evaluasi dilakukan dengan metode perbandingan (comparative) dimana hasil pengujian sifat-sifat fisika/kimia bahan bakar DME dibandingkan dengan hasil uji sifat-sifat fisika/kimia LPG, dan hasil uji kinerja DME murni pada burner LPG yang sudah dimodifikasi (burner DME) dibandingkan dengan hasil uji kinerja LPG pada burner LPG melalui hasil uji asupan panas dan hasil uji konsumsi bahan bakar masing-masing burner.

III. HASIL DAN DISKUSI

- Hasil Uji Sifat-Sifat Kimia/Fisika

Pengujian karakteristik DME dilakukan terhadap karakteristik fisika-kimianya mengacu pada spesifikasi LPG yang ditetapkan oleh Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral berdasarkan pada SK No. 25 K/36/DDJM/1990.[2]

Hasil pengujian karakteristik bahan bakar DME dan LPG dibandingkan terhadap spesifikasi LPG di sajikan pada Tabel 2.

Dari tabel 2 terlihat bahwa bahan bakar DME mempunyai beberapa karakteristik lebih tinggi dari LPG seperti tekanan uap dan nilai specific Gravity. Hal ini menjelaskan bahwa bahan bakar DME lebih mudah menguap dan lebih ringan dari

Tabel 2.
Hasil Pengujian Karakteristik DME dan LPG dibandingkan Spesifikasi LPG

No	Karakteristik	Satuan	LPG	DME	Batasan		Metode Uji	
					Min.	Max.	ASTM	Lain
1	Specific Gravity	-	0,5374	0,74	To be reported		D-1657	
2	Vapour Pressure	Psig	100	110	-	120	D-1267	
3	Weathering Test	% vol.	99,8	99,95	95	-	D-1837	
4	Copper Corrosion 1 hour		1b	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	0	99,96	-	-	D-2163	
	C ₂	% vol	0,16			0,8		
	C ₃ dan C ₄	% vol	99,4		97,5			
	C ₅₊	% vol	0,4			2,0		

LPG. Sehingga kalau ada kebocoran gas DME akan langsung menguap keatas, sedangkan LPG bila terjadi ke bocoran gasnya akan turun kebawah. Sehingga dari segi keamanan bahan bakar DME lebih aman di baandingkan dangan bahan bakar gas LPG.

- Hasil Pengujian Kinerja Burner Industri Kecil

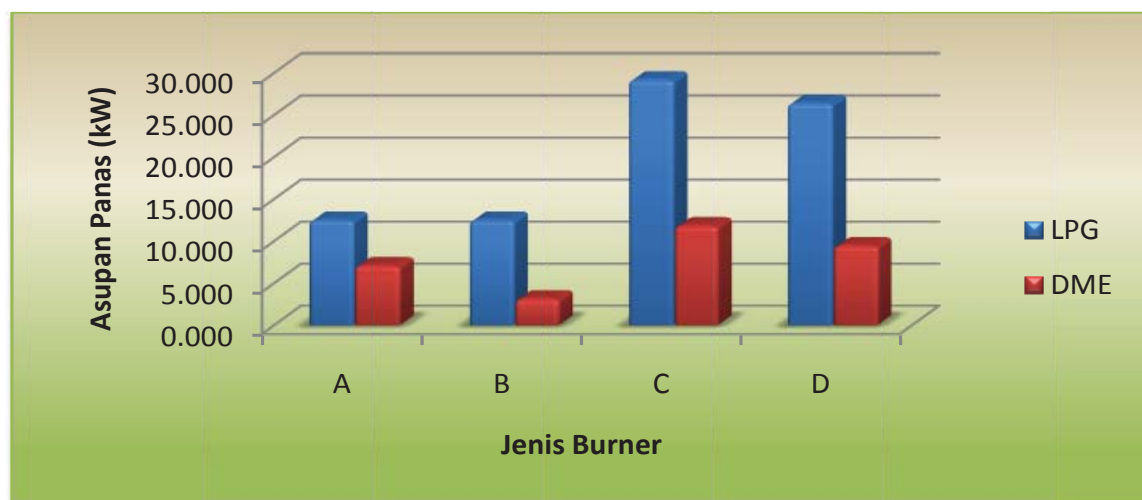
Pengujian kinerja ini dimaksudkan untuk mengetahui kinerja burner LPG yang menggunakan bahan bakar LPG dan burner DME yang menggunakan bahan bakar DME untuk kegiatan sektor industri kecil yang meliputi pengujian Asupan Panas dan pengujian efisiensi burner.

1. Pengujian Asupan Panas

Merupakan faktor penting untuk mengetahui performa pada suatu burner. Untuk mengetahui karakteristik kinerja ini, pengujian dilakukan dengan mengamati berapa jumlah panas api yang dihasilkan burner selama 1 jam operasi tanpa beban dalam kondisi operasi maksimal. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$Q_n = M_n \times H_s$$

Untuk menyamakan satuan antara ruas kanan dan ruas kiri, maka persamaan di atas menjadi :



Gambar 1.
Grafik Asupan Panas

Keterangan :

Qn adalah asupan panas, kW

Mn adalah laju aliran gas, kg/jam

M1 adalah massa awal tabung LPG, kg

M2 adalah massa akhir tabung LPG, kg

Hs adalah nilai kalori gas, MJ/kg

Hasil perhitungan asupan panas masing-masing bahan bakar DME dan LPG ditampilkan pada Gambar 1.

Pada Gambar 1 terlihat bahwa asupan panas burner LPG yang menggunakan bahan bakar LPG nilainya rata-rata lebih tinggi dibandingkan dengan asupan panas dari burner DME berbahan bakar DME. Asupan panas sangat di pengaruhi oleh besar kecilnya nilai kalor yang dimiliki bahan bakar tersebut. Bahan bakar yang memiliki nilai kalor yang besar akan menghasilkan asupan panas yang besar karena kedua variable berbanding lurus. Hasil pengujian laboratorium untuk nilai kalor bahan bakar DME 100% adalah 6.790,60 kcal/kg (28,41 MJ/kg) dan hasil pengujian nilai kalor bahan bakar LPG adalah 11.964,44 kcal/kg (50,06 MJ/kg). Nilai kalori yang dimiliki oleh DME lebih kecil dari nilai kalori yang dimiliki LPG yaitu hamper separuh nya. Sehingga dapat dipastikan nilai asupan panas yang dihasilkan oleh burner LPG yang menggunakan bahan bakar LPG menjadi lebih besar dari asupan panas burner menggunakan bahan bakar LPG. Selain nilai kalori yang dimiliki oleh bahan bakar factor lain yang juga sangat mempengaruhi asupan panas yang di hasilkan adalah desain dan jenis burner. Gambar 1 menunjukkan bahwa asupan panas yang dihasilkan oleh burner LPG yang berbeda meskipun sama-

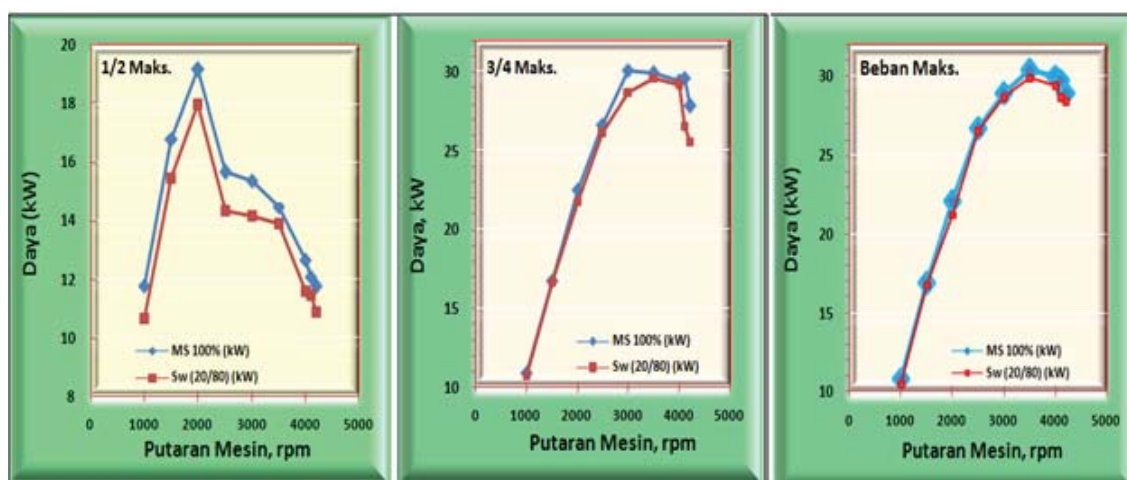
sama menggunakan bahan bakar yang sama akan menghasilkan asupan panas berbeda, Sehingga ke empat jenis burner ini (A, B, C dan D) dengan sama-sama menggunakan bahan bakar LPG menghasilkan asupan panas yang berbeda. Perbedaan signifikan terlihat antar burner A dan B terhadap burner C dan D. Demikian juga untuk burner DME yang menggunakan bahan bakar DME. Artinya asupan panas yang di hasilkan oleh pembakaran suatu burner selain tergantung pada nilai kalor bahan bakar yang di gunakan juga sangat bergantung dengan disain dan bentuk burner itu sendiri. Perbedaan signifikan terlihat antar burner A dan B terhadap burner C dan D terletak pada posisi lobang apinya, dimana untuk burner A dan B lobang api berada pada Bagian samping burner sedangkan burner C dan D lobang api berada pada Bagian paling atas burner.

- Pengujian Efisiensi burner

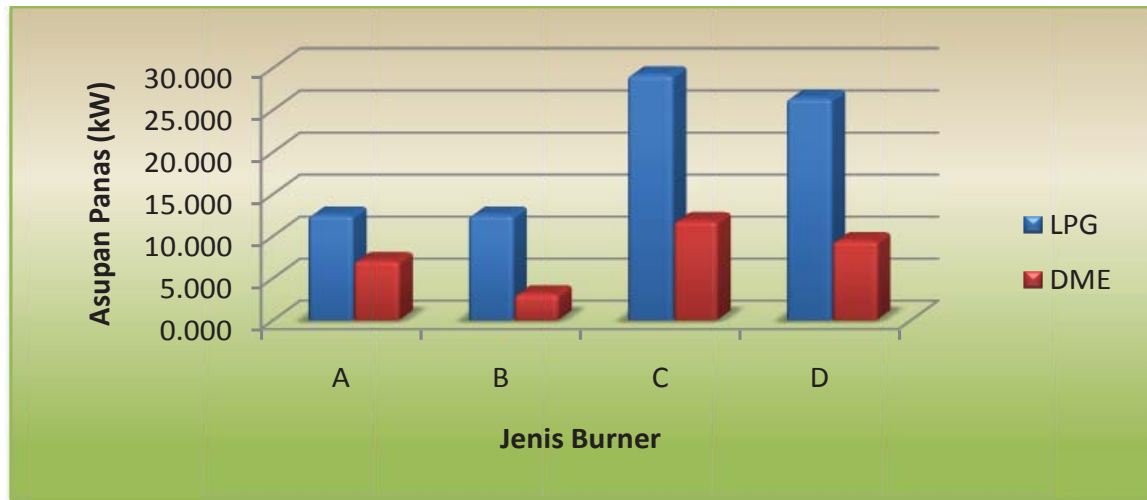
Efisiensi uji kinerja bahan bakar pada kompor merupakan parameter perbandingan besarnya energi (kalor) yang termanfaatkan terhadap jumlah energi yang diberikan oleh bahan bakar. Untuk mengetahui karakteristik kinerja ini, pengujian dilakukan dengan mengamati jumlah bahan bakar yang digunakan untuk memanaskan air dalam jumlah tertentu. Kenaikan temperatur air diamati pada rentang 20°C hingga 90°C sesuai dengan standar pengujian yang ditetapkan dalam SNI 7613 : 2010.[10] Dimana Efisiensi dihitung dengan rumus berikut ini.

$$\eta = \frac{\text{kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan air}}{\text{kalor yang dihasilkan gas}}$$

$$\eta = \frac{4.186 \times 10^{-3} \times M_e \times (t - t_1) \times 100}{(M_c \times H_s)}$$



Gambar 3.
Daya Versus Putaran Mesin Pada Beban (1/2, 3/4) dan Beban Maksimum



Gambar 2. Grafik Konsumsi Bahan Bakar Burner

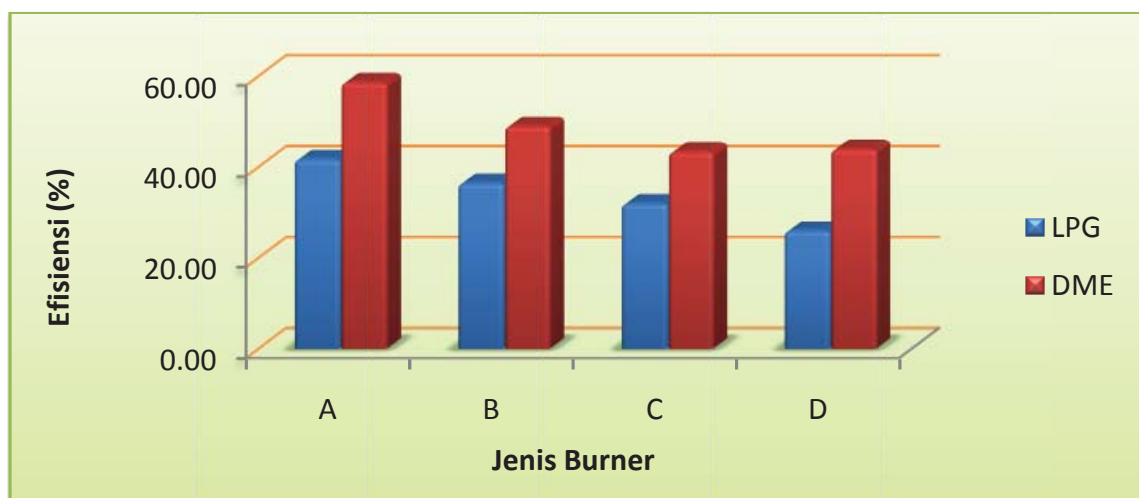
Keterangan:

- Me adalah massa bejana alumunium ditambah massa air dalam bejana, kg;
- t adalah temperatur akhir air yang dipanaskan, °C
- t1 adalah temperatur awal air sebelum dipanaskan, °C
- Mc adalah massa gas yang terbakar untuk memanaskan air, kg;
- Hs adalah nilai kalori gas, MJ/kg.

Sebelum menghitung efisiensi burner terlebih dahulu dilakukan uji konsumsi bahan bakar kompor gas. Pada pengujian ini kondisi test dibuat sama untuk setiap burner gas, yaitu : air dalam bejana/panci (d = 350 mm, t = 400 mm) sebanyak 14,5 kg dipanaskan

dari temperatur 20°C – 90°C dengan nyala api maksimal. Hasil uji konsumsi bahan bakar adalah burner LPG yang menggunakan bahan bakar LPG lebih sedikit dari burner DME yang menggunakan bahan bakar DME dengan nilai rata-rata konsumsi bahan bakar burner LPG a=0,23kg; b=0,26 kg; c=0,30 kg; d=0,37 kg dan rata-rata konsumsi bahan bakar burner DME a=0,29 Kg; b =0,35 kg; c=0,39 Kg; d=0,39 kg. Perbandingan konsumsi bahan bakar masing-masing burner disajikan pada Gambar 2.

Hasil perhitungan efisiensi burner dengan menggunakan rumus di atas, baik untuk bahan bakar LPG maupun bahan bakar DME ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Efisiensi Burner

Pada Gambar 3 terlihat bahwa efisiensi burner LPG yang menggunakan bahan bakar LPG lebih rendah dibandingkan dengan efisiensi dari burner DME berbahan bakar DME. Rata-rata efisiensi burner LPG : a = 41,73 %; b = 36,48 %; c = 31,99 %; d=25,99 %sedangkan rata-rata efisiensi masing-masing burner DME adalah:a=58,64 %; b=49,01 %; c=43,36 %; d=43,92 %. Berdasarkan rumus diatas efisiensi burner sangat di pengaruhi oleh besar kecil nya nilai kalor yang dimiliki bahan bakar dan jumlah bahan bakar yang terbakar selama pengujian. Seperti terlihat pada Gambar 2 dimana jumlah bahan bakar yang terbakar oleh burner LPG berbahan bakar LPG lebih sedikit dibandingkan burner DME berbahan bakar DME. Sehingga apabila kita masukan ke dalam rumus untuk menentukan efisiensi burner maka didapatkan hasil seperti pada Gambar 3. Dimana efisiensi burner DME berbahan bakar DME lebih tinggi dari efisiensi burner LPG berbahan bakar LPG. Hal ini bisa terjadi selain nilai kalori yang dimiliki oleh bahan bakar, posisi dudukan (Stager) serta kondisis puyer/lobang pada tungku yang akan mengatur AFR (air fuel ratio) yang menjadi bagian dari burner juga sudah di modifikasi. Sehingga bila dibandingkan efisiensi ke dua burner ini maka di dapatkan rata-rata efisiensi burner DME 44,85% lebih tinggi dibandingkan rata - rata efisiensi burner LPG yang berbahan bakar LPG. Jadi meskipun bahan bakar DME mempunyai nilai kalor lebih rendah dari LPG dengan melakukan modifikasi pada burner tersebut akan mampu memberika efisiensi burner yang jauh lebih baik. Sehingga dapat meningkatkan kinerja burner yang ada dipasaran apabila diganti bahan bakarnya dengan DME murni.

IV.KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil kegiatan yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa :

Burner untuk bahan bakar LPG pada industri kecil yang ada dipasaran tidak bisa langsung digunakan untuk bahan bakar DME murni. Burner berbahan bakar LPG akan dapat digunakan untuk bahan bakar DME murni apabila sudah dilakukan modifikasi terutama pada saluran udaranya dan dudukan stager, Hasil penelitian mampu menghasilkan efisiensi kinerja burner yang sudah di modifikasi sebesar 45% lebih tinggi menggunakan bahan bakar DME murni dari burner di pasaran menggunakan bahan bakar LPG. Selain itu bentuk burner pun sangat mempengaruhi hasil kinerja burner.

KEPUSTAKAAN

- Budy H, Arafat MY**, Providing cleaner energy access in Indonesia through the megaproject of kerosene conversion to LPG, *Energy Policy* 2011;39(12):7575-7586.
- Dirjen MIGAS menurut SK Ditjen No. 25 K/36/DDJM/1990**, "Spesifikasi LPG mix", 1990.
- Japanese Japan DME Forum (JDF) 2007**, DME Handbook, Ohmsha, Tokyo.
- Ji C, Leong C, Wang S**, "Investigation on combustion and emissions of DME/gasoline mixtures in a spark ignition engine," *Fuel* 2011;90(3): 1133-1138.
- Maymuchar, Dimitri R, 2011**, " Studi aplikasi dan kinerja DME sebagai bahan bakar baru/ alternative/ LPG untuk rumah tangga, industry dan transportasi," Laporan Penelitian Balitbang KESDM" LEMIGAS".
- Marchionna M, Patrini R, Sanfilippo D, Mignoleavacca D**, " Fundamental investigations or di-methyl ether (DME) as LPG substitute or make up for domestic uses," *Fuel Processing Technology* 2008;89 (12) 1255-1261.
- Pusat Data dan Impormasi KESDM**, Hand Book of Energy and Economic Statistic of Indonesia. 2012.
- Pusat Data dan Impormasi KESDM**, Hand Book of Energy and Economic Statistic of Indonesia. 20014.
- Proceeding 7th Asian DME Conference**, DME, Toki Messe Niigata Convention Centre, 2011, Japan
- Dimitri R. dkk**, " Pengaruh Kinerja kompor LPG rumah tangga dengan menggunakan bahan bakar LPG mix DME (DIMETHYL ETHER), Proseding Konferensi Teknologi Minyak Dan Gas Bumi, 2011,hal: 151-158
- Seokhwan L, Seongmook O, Young C, Kernyong K**, " Effec of n-butane and propane on peformence and emission characteristics of an SI engine operated with DME –belded LPG fuel," 2011: 90: 1674-1680
- SNI 7613;2010**, Kompor gas bahan bakar LPG satu tungku dengan sistem pemantik mekanik khusus untuk usaha mikro. 2010.
- Wang Z, Hou J, Liu W, Huang Z**, " Combustion and emission characteristics of a diesel engine fuellend with biodiesel/dimethyl ether blends,"

Proceedings of the mechanical engineer, PartD:
Journal of Automobile engineering 2012; 225:
1683-1681

Yizhuo H, Yisheng T, Yugin N, Zhenghua C, Pilot
scale commercial DME production an utilization
as a household fuel in China, Energy for sustain-
able Development 2004: 129-130