

# Beban Pembakaran *Dimethyl Ether* (DME) dan *Liquefied Petroleum Gas* (LPG)

Riesta Anggarani<sup>1,2</sup>, Maymuchar<sup>2</sup>, Cahyo S.Wibowo<sup>1,2</sup>, I Made K.Dhiputra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia, <sup>2</sup>PPPTMGB “LEMIGAS”  
[riesta.anggarani@esdm.go.id](mailto:riesta.anggarani@esdm.go.id)

**Abstract**—Dimethyl Ether has similar physical properties with LPG that made it potential to substitute LPG for fuel application. However, the DME calorific value of almost 40% lower than LPG affecting the combustion qualities of DME when considered to be used in current LPG combustion system. Investigation on the combustion performance of DME compared to LPG in diffusion burner is needed to know the parameters affecting the flame characteristics. This paper focus on the burning load characteristic comparison between DME and LPG in relation with burner nozzle diameter and flame height produced. The experiment was conducted using a barrel type burner where fuel is injected into combustion chamber of atmospheric pressure and the oxygen diffused from surrounded air. The barrel burner consists of the barrel and burner head which connected by screw connection. The nozzle hole placed in the top center of burner head. The nozzle diameter is varied in this experiment from 2.5 mm, 3.0 mm, 3.5 mm, 4.0 mm, 4.5 mm and 5.0 mm. At each diameter, the fuel is injected in various flow rate, and the resulted flame is measured for its flame height. We run two series of measurement, one for DME and one for LPG in the same condition. The burning load is calculated using mass flow rate, calorific value and nozzle diameter. The result show that DME burning load can reach similar burning load with LPG at lower diameter, where for DME reached at 3.0 mm – 4.0 mm, while for LPG reached at 4.0 mm – 5.0 mm. The flame height produced at similar burning load is significantly higher for LPG than DME. No effect of nozzle diameter and burning load on the produced flame height.

**Index Terms**—, burning load, DME, flame height, LPG

## I. PENDAHULUAN

Penelitian pemanfaatan Dimethyl Ether (DME) sebagai bahan bakar menjadi fokus yang cukup diminati para peneliti di berbagai negara. Kemiripan sifat fisika dan kimianya dengan *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) menjadikannya alternatif yang cukup kuat untuk menggantikan maupun untuk pencampuran dengan LPG. Selain itu DME dapat didistribusikan menggunakan rantai distribusi yang sama dengan LPG meskipun membutuhkan penggantian *seal* maupun komponen saluran bahan bakar lain dengan material yang kompatibel [1].

Pada penelitian terdahulu, karakteristik pembakaran difusi untuk mengetahui pengaruh berbagai parameter terhadap nyala api DME telah banyak dilakukan. Karakteristik pembakaran difusi yang menjadi fokus penelitian di antaranya dimensi nyala api [2], ketinggian *lift-off* nyala api [3], emisi yang dihasilkan pada pembakaran DME [4] serta volume nyala dan fraksi *radiant* [5].

Perbandingan karakteristik nyala api difusi DME dengan LPG dilakukan sebelumnya pada penelitian di kompor gas *existing* yang dilakukan di LEMIGAS oleh Anggarani et al [6]. Selain itu juga telah dilakukan karakterisasi nyala api DME dan LPG pada burner dengan pengamatan pada parameter tinggi api, panjang api, dan *lifted flame* [7] dengan variasi dilakukan pada laju alir bahan bakar.

Terkait dengan penggunaan DME sebagai bahan bakar untuk substitusi LPG, terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan. Di India, Arya et al [8] merangkum dalam suatu review mengenai beberapa parameter yang menentukan kinerja DME pada burner LPG di rumah tangga. Marchionna et al [9] juga menginvestigasi kemungkinan penggunaan DME pada burner LPG eksisting, hasilnya perlu dilakukan modifikasi pada burner agar diperoleh nyala api yang lebih stabil. Salah satu parameter yang diketahui berpengaruh terhadap nyala api difusi khususnya tinggi api atau *Flame Height* adalah diameter *nozzle* [10]. Baik dimensi api berupa tinggi api, lebar api dan

volume api dipengaruhi oleh diameter *nozzle* yang digunakan.

Penelitian ini dilakukan untuk mengamati pengaruh parameter diameter *nozzle* pada nyala api yang dihasilkan pada burner pembakaran sistem difusi. Diameter *nozzle* ( $D_f$ ) menjadi parameter yang berpengaruh pada kualitas nyala api difusi, karena terkait dengan laju alir bahan bakar, luas penampang terjadinya difusi udara dan bahan bakar awal, serta berfungsi sebagai *flame holder* yang menentukan kecepatan kritis sebelum terjadinya nyala api terangkat (*lifted flame*). Beban pembakaran (*Burning Load*, BL) merupakan ukuran energi panas yang mampu dihasilkan bahan bakar per luas area penampang, dalam hal ini luas *nozzle* bahan bakar.

Persamaan (1) digunakan untuk menghitung BL :

$$BL = \frac{m_f \times LHV}{A_j} \quad (1)$$

Keterangan :  $m_f$  : laju alir massa bahan bakar , kg/s

LHV : Lower Heating Value, MJ/kg

$A_j$  : Luas penampang nozzle, m<sup>2</sup>

BL : Burning Load, kW/m<sup>2</sup>

Secara umum, BL merupakan faktor yang menentukan dalam desain burner, salah satunya pada burner untuk kompor rumah tangga yang membutuhkan pemanasan yang stabil pada luasan yang rentangnya cukup rendah. Perlunya nilai BL yang stabil dan dapat mencakup rentang pembebanan yang luas mewakili pola pemakaian yang cukup beragam pada sektor rumah tangga sebagai pengguna bahan bakar LPG yang cukup besar saat ini.

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat diketahui pengaruh diameter *nozzle* terhadap beban pembakaran dan hubungan antara beban pembakaran dengan tinggi api (*Flame Height*,  $F_H$ ) yang dihasilkan oleh DME dibandingkan dengan LPG.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Bahan Bakar

Pada penelitian ini digunakan 2 (dua) jenis bahan bakar, yaitu DME dan LPG. DME yang digunakan pada penelitian ini memiliki

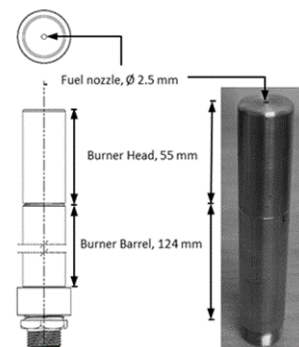
kemurnian 99.96% dan nilai kalor (*Lower Heating Value*, LHV) 28.88 MJ/kg dan HHV (*Higher Heating Value*) 31.68 MJ/kg. Sebagai pembanding yaitu LPG diperoleh dari LPG yang dipasarkan dalam tabung 3 kg dengan nilai LHV 46.6 MJ/kg dan HHV 50.15 MJ/kg. Tabel 1 memberikan beberapa sifat pembakaran DME dan LPG.

Tabel 1. Sifat pembakaran DME dan LPG

Sifat Pembakaran	Unit	DME	LPG
Gas Density ( $\rho_G$ ), @ 1atm, 25°C	kg/m <sup>3</sup>	1.92	2.08
Dynamic Viscosity ( $\mu_G$ ), @ 1atm, 25°C	kg/m.s	9.1.10 <sup>-6</sup>	7.85.10 <sup>-6</sup>
Saturated Pressure ( $P_{sa}$ )	MPa	0.61	0.63
Specific Heat ( $C_p$ )	kJ/kg.K	1.43	1.73
Auto Ignition Temp.	K	508	717
Adiabatic Flame Temp.	K	2293	2263
LHV	MJ/kg	28.8	46.6

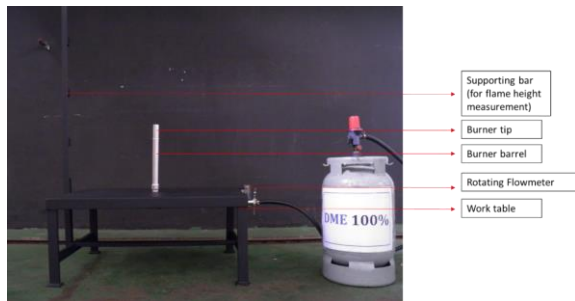
### B. Sistem Pembakaran Difusi

Burner yang digunakan adalah burner tipe *barrel* yang ditampilkan pada gambar 1. Burner terdiri dari 2 bagian, yaitu *burner barrel* dan *burner head* yang tersambung dengan sistem ulir (*screw*). Lubang *nozzle* tempat mengalirnya bahan bakar ke ruang bakar pada udara atmosferik terdapat di bagian tengah penampang atas *burner head*. Variasi diameter *nozzle* dilakukan dengan mengganti *burner head* yang memiliki diameter 2.5 mm, 3.0 mm, 3.5 mm, 4.0 mm dan 5.0 mm. Untuk mengukur laju alir bahan bakar digunakan rotameter yang telah dikalibrasi, dan pengukuran tinggi api dilakukan secara manual dengan penggaris *stainless steel* serta diverifikasi secara visual dari foto digital. Set up peralatan untuk eksperimen nyala api difusi ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Burner tipe barrel untuk eksperimen, dengan sistem sambungan *screw* antara *barrel* dengan *burner head*

Pengukuran tinggi api dan tinggi *lifted flame* dilakukan secara simultan dan diulang 3 kali (triplo) untuk diambil nilai rata-rata nya yang dilaporkan dalam makalah ini. Terlebih dahulu diambil data dari nyala api LPG, dimulai dari laju alir volumetrik terkecil sesuai skala pada rotameter yang digunakan. Setelah data nyala api LPG diambil, dilakukan langkah yang sama untuk DME pada variasi laju alir yang sama pula.



Gambar 2. Set up peralatan untuk eksperimen dengan burner tipe *barrel* dipasang pada meja kerja

### III. HASIL EKSPERIMEN

Hubungan antara *Burning Load* dengan laju alir massa ( $m_f$ ) bahan bakar pada variasi diameter *nozzle* ( $D_f$ ) ditampilkan pada Gambar 3. Pada perubahan  $m_f$  atau laju alir massa bahan bakar, BL meningkat secara linear sesuai dengan persamaan (1). Secara umum BL LPG lebih tinggi dibandingkan BL DME pada  $m_f$  yang sama dan pada  $D_f$  yang sama. Hal ini berkaitan dengan nilai LHV LPG yang lebih tinggi dibandingkan dengan HV DME. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pembakaran DME menggunakan burner eksisting tanpa perubahan diameter *nozzle*, akan menghasilkan BL yang lebih rendah pada laju alir bahan bakar yang sama jika dibandingkan dengan LPG. Pada aplikasinya di kompor gas rumah tangga, hal ini berarti energi panas yang diterima oleh beban pembakaran (misal : panci pemanas air) per satuan luas dari bahan bakar DME lebih rendah dibandingkan LPG.

Hal yang menarik terlihat pada pengaruh diameter *nozzle* terhadap BL. Dari gambar 3

tampak adanya area dimana BL DME mendekati BL LPG yang ditandai dengan berdekatnya kurva merah dan kurva biru. Sebagai contoh, BL DME menunjukkan nilai yang sama dengan BL LPG pada  $D_f$  4 mm untuk DME dan  $D_f$  5 mm untuk LPG. Nilai BL yang sama atau mendekati juga ditunjukkan pada  $D_f$  3.5 mm untuk DME dan  $D_f$  4.5 mm untuk LPG. Fenomena ini terlihat hingga  $D_f$  DME 3.0 mm dan  $D_f$  LPG 4.0 mm.

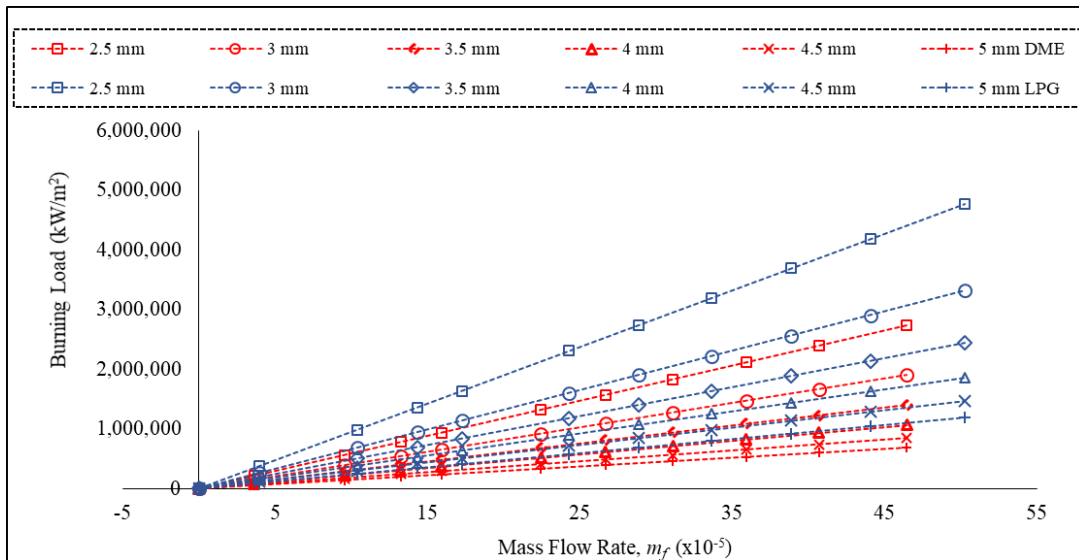
Fenomena ini memberikan gambaran kepada kita bahwa untuk mencapai BL yang mendekati LPG, dibutuhkan diameter *nozzle* yang lebih kecil untuk DME. Rentang diameter *nozzle* yang menghasilkan BL yang setara antara DME dan LPG dicapai pada  $D_f$  untuk DME dari 3.0 – 4.0 mm.

Selanjutnya, untuk mengetahui pengaruh BL terhadap karakteristik nyala api difusi khususnya tinggi api ( $F_H$ ) yang dihasilkan, dilakukan eksperimen pengukuran nyala api yang hasilnya ditampilkan pada Gambar 4.

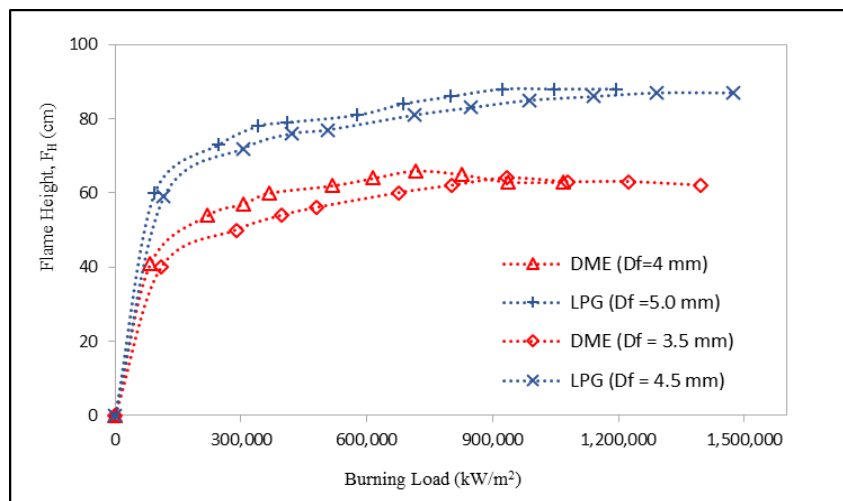
Gambar 4 merupakan grafik tinggi api ( $F_H$ ) yang dihasilkan pada BL yang hampir sama dari DME dan LPG yang dicapai pada diameter *nozzle* yang berbeda (yang diperoleh dari Gambar 4).

Dari gambar 4 dapat diamati bahwa tinggi nyala api bukan dipengaruhi oleh BL maupun  $D_f$ , namun hanya dipengaruhi oleh jenis bahan bakar, dimana  $F_H$  LPG lebih tinggi secara signifikan dari DME pada BL yang sama dan tidak dipengaruhi oleh diameter *nozzle*. Tinggi api sendiri secara umum digunakan untuk karakterisasi nyala api difusi suatu bahan bakar, namun dalam aplikasinya pada burner tidak dipakai sebagai acuan dalam desain maupun dalam kinerja burner.

*Burning Load* lebih dipertimbangkan dalam desain burner karena merepresentasikan banyaknya energi panas yang dihasilkan per luasan yang dapat dibebankan pada burner. Hasil penelitian ini cukup menjelaskan pentingnya diameter *nozzle* untuk mencapai beban pembakaran yang setara antara DME dan LPG.



Gambar 3. *Burning Load* pada variasi diameter nozzle yang dihasilkan bahan bakar DME (garis merah) dibandingkan dengan LPG (garis biru)



Gambar 4. *Flame Height* pada variasi BL dan diameter nozzle ( $D_f$ ) bahan bakar DME (garis merah) dan LPG (garis biru)

#### IV. KESIMPULAN

Penelitian yang dilakukan dengan eksperimen pembakaran sistem difusi menggunakan burner tipe *barrel* dengan bahan bakar DME dan LPG menghasilkan kesimpulan sebagai berikut :

1. *Burning Load* yang setara antara DME dan LPG tercapai pada diameter nozzle DME yang lebih kecil dibandingkan diameter nozzle LPG, yaitu pada rentang diameter 3.0-4.0 mm.
2. Tinggi api,  $F_H$ , tidak dipengaruhi oleh BL maupun diameter nozzle, namun jenis bahan bakar itu sendiri. Tinggi api DME secara

signifikan lebih rendah dibandingkan tinggi api LPG.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dilakukan sebagai bagian dari disertasi program S3 di Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia. Seluruh rangkaian eksperimen dilakukan di Laboratorium Pembakaran Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi (PPPTMGB “LEMIGAS”) dengan dukungan penuh pada peralatan dan bahan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Mogi, H. Shiina, Y. Wada, R. Dobashi, "Experimental study on the hazards of the jet

- diffusion flame of liquefied dimethyl ether" *Fuel*, vol. 90, issue 7, hal. 2508-2513, 2011.
- [2] Y.-H Kang, Q.H.Wang, X.F Lu, X.Y.Ji, S.S.Miao, H.Wang, Q.Guo, H.H.He, J.Xu, "Experimental and theoretical study on the flow, mixing, and combustion characteristics of dimethyl ether, methane, and LPG jet diffusion flames" *Fuel Processing Technology*, vol.129, hal. 98-112, 2015.
- [3] D.Bradley, G.H.Gaskell, X.Gu, A.Palacios, "Jet flame heights, lift-off distances, and mean flame surface density for extensive ranges of fuels and flow rates" *Combustion and Flame*, vol.164, hal. 400-409, 2016.
- [4] M.Y.Kim, S.H.Yoon, B.W.Ryu, C.S.Lee, "Combustion and emission characteristics of DME as an alternative fuel for compression ignition engines with a high pressure injection system" *Fuel*, vol. 87, issue 12, hal. 2779-2786, 2008.
- [5] J.-w.Wang, J.Fang, J.Guan, Y.Zeng, Y.Zhang, "Flame volume and radiant fraction of jet diffusion methane flame at sub-atmospheric pressures" *Fuel*, vol. 167, hal. 82-88, 2016.
- [6] R.Anggarani, C.S.Wibowo, D.Rulianto, "Application of Dimethyl Ether as LPG Substitution for Household Stove" *Energy Procedia*, vol. 47, hal. 227-234, 2014.
- [7] R.Anggarani, C.S.Wibowo, I Made K Dhiputra. "Karakterisasi Lifted Flame, Flame Height dan Flame Length Dimethyl Ether (DME) dan Liquefied Petroleum Gas (LPG)" *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa dan Desain ITENAS 2016*. Bandung: FTI ITENAS.
- [8] P.K.Arya, S.Tupkari, K.Satish, G.D.Thakre, B.M.Shukla, "DME blended LPG as a cooking fuel option for Indian household: A review" *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 53, hal. 1591-1601, 2016.
- [9] M.Marchionna, R.Patrini, D.Sanfilippo, G.Migliavacca, "Fundamental investigations on di-methyl ether (DME) as LPG substitute or make-up for domestic uses" *Fuel Processing Technology*, vol. 89, hal. 1255-1261, 2008.
- [10] Y.Kang, T.Lu, X.Lu, X.Gou, X.Huang, S.Peng, X.Ji, Y.Zhou, Y.Song, "On predicting the length, width, and volume of the jet diffusion flame" *Applied Thermal Engineering*, vol. 94, hal. 799-812, 2016