

KARAKTERISTIK KOMPOR GAS BERBAHAN BAKAR DME (*DIMETHYL ETHER*) BERBASIS SNI 7368:2011

Characteristic of DME (Dimethyl Ether) Gas Stove based on SNI 7368:2011

Dwi Mandaris, Prayoga Bakti dan Hari Tjahjono

Laboratorium Konversi Energi, Lingkungan dan Kelistrikan, Bidang Teknologi Pengujian – Puslit SMTP LIPI
Kawasan PUSPITEK, Gedung 410 Lt.2, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia
e-mail: dwi.mandaris@gmail.com, prayogabakti@gmail.com, tjahyono_h@yahoo.com

Diterima: 3 Mei 2013, Direvisi: 9 Juli 2013, Disetujui: 17 Juli 2013

Abstrak

Dalam pengujian performansi kompor gas, salah satu parameter yang paling penting adalah asupan panas dan efisiensi pemakaian gas. Pada penelitian ini telah dilakukan kajian karakteristik nilai asupan panas dan efisiensi untuk kompor gas berbahan bakar DME 100% dengan mengacu pada standar SNI 7368:2011. Prototipe kompor gas DME ini didesain dan dibuat khusus, terutama pada bagian bentuk *burner*, tinggi *grid* serta ukuran diameter *nozzle* yang dapat diganti. Sistem dan metode pengujian dilakukan berdasarkan SNI diatas, tetapi dengan melakukan eksperimen pengukuran dengan variasi diameter *nozzle* antara 0,75 sampai 0,9 mm dengan variasi tekanan kerja sebesar 200 mmH₂O sampai dengan 560 mmH₂O. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan bentuk *nozzle* yang normal, maka DME tetap tidak akan dapat menyalakan kompor gas, kecuali jika dilakukan pada tekanan kerja diatas 280 mmH₂O. Kompor gas akan menyala bila ukuran diameter *nozzle* sama dengan atau lebih besar dari 0,8 mm pada tekanan sesuai dengan SNI yang berlaku. Pada tekanan kerja 560 mmH₂O, efisiensi tertinggi terjadi pada diameter nozzle 0,85 mm sebesar 64,61%.

Kata kunci: Asupan panas, efisiensi, kompor gas DME, Standar Nasional Indonesia (SNI).

Abstract

In performance testing of gas stove, one of the most important parameter are the heat input and efficiency of gas usage. In this research has been conducted the characteristic study of heat input and efficiency values for gas stoves fueled with DME refers to the standard SNI 7368:2011. The prototype of DME gas stove was designed and made, especially in the part of burner, height of grid as well as the diameter of the nozzle can be replaced. Testing system and method performed by SNI above, but the measurement experiment conducted with the variation of nozzle diameters between 0.75 to 0.9 mm with working pressure between 200 mmH₂O up to 560 mmH₂O. From the test results obtained that with normal normal size of nozzle, the DME still will not be able to turn on the gas stove, unless the work is done at pressures above 280 mmH₂O. Gas stove will turn on when the size of the nozzle diameter equal to or greater than 0.8 mm at a pressure in accordance with the applicable SNI. At 560 mmH₂O working pressure, the highest efficiency 64.61% occurs at 0.85 mm diameter of nozzle.

Keywords: Heat Input, Efficiency, DME gas stove, Indonesian National Standard (SNI).

1. PENDAHULUAN

Dalam rangka untuk menekan subsidi bagi pengadaan minyak tanah, Pemerintah Indonesia melalui PT. Pertamina melakukan program konversi penggunaan minyak tanah ke LPG untuk pemakaian rumah tangga dan usaha kecil menengah. Program konversi minyak tanah ke LPG yang dilakukan dengan membagikan kompor gas satu tungku dan asesorisnya yaitu regulator, selang karet dan tabung gas elpiji 3 kg ini dinilai sangat berhasil, meskipun akhir-akhir ini banyak protes dari masyarakat tentang buruknya mutu tabung gas yang menyebabkan banyaknya kecelakaan.

Menurut PT. Pertamina, selama tahun 2009 Pertamina berhasil menarik 5.214.709 kiloliter minyak tanah. Penjualan minyak tanah yang biasanya mencapai 830.000 kiloliter turun menjadi 280.000 kiloliter. Dampak penerapan program ini adalah pemerintah mampu melakukan penghematan subsidi minyak tanah sebesar Rp. 22,40 triliun. Setelah dikurangi biaya paket konversi sebesar RP. 10,07 triliun, maka total penghematan subsidi bersih sebesar Rp. 12,33 triliun. Akan tetapi program tersebut berakibat naiknya pemakaian LPG secara drastis, sehingga kemungkinan akan terjadi defisit pasokan LPG. Para pengamat memperkirakan tahun 2010 PT. Pertamina harus mengimpor LPG sebesar 4 juta metrik ton.

Berkaitan hal tersebut, PT. Pertamina berencana untuk memanfaatkan gas *dimethyl ether* (DME) sebagai substitusi LPG, karena DME merupakan sumber energi yang terbarukan dan mempunyai sifat yang mirip (*similar*) dengan LPG. China sejak satu dekade belakangan ini sudah melakukan studi tentang pemakaian DME sebagai bahan bakar rumah tangga bahkan DME saat ini sudah digunakan di restoran-restoran. Sementara itu, penelitian di Jepang menilai DME sangat prospektif sebagai bahan bakar pengganti ataupun campuran LPG, karena disamping tidak beracun, DME ramah lingkungan karena tidak menghasilkan SO_x, NO_x, maupun materi khusus (*particulate matter*) yang bersifat polutan.

Harga DME juga lebih murah dibanding LPG. Di Indonesia, berdasarkan perjanjian PT. Pertamina dan pihak swasta penghasil gas DME, harga DME dipatok 20% lebih murah daripada LPG, sehingga harganya fluktuatif mengikuti harga LPG di pasaran.

Dimethyl ether (DME) adalah bahan kimia yang mempunyai rumus bangun CH₃-O-CH₃, merupakan bentuk ether yang paling sederhana. DME berbentuk gas yang tidak berwarna pada suhu dan tekanan *ambient*, tidak beracun dan tidak berbau. Seperti halnya elpiji, DME dapat dicairkan dengan mudah dibawah tekanan rendah. Karena mempunyai sifat fisika dan kimia yang relatif sama dengan elpiji, maka gas ini dapat digunakan sebagai pengganti ataupun pencampur elpiji.

Sedangkan persamaan sifat kimia DME dan LPG adalah keduanya tidak korosif terhadap material logam pada umumnya, akan tetapi DME mempunyai kecenderungan bersenyawa dan mengkorosi bahan karet, sedangkan LPG tidak.

Apabila DME dipergunakan sebagai bahan bakar kompor untuk keperluan rumah tangga, yang menjadi pertanyaan adalah apakah kompor dan asesoris lainnya, yang didesain untuk bahan bakar LPG dapat dipergunakan dan cukup aman untuk bahan bakar DME. Hal ini menjadi sangat penting, agar masyarakat terhindar dari kecelakaan. Untuk itu perlu pengkajian terhadap performansi pemakaian kompor gas konvensional bila dipakai dengan menggunakan DME sebagai bahan bakar.

Ada dua aspek yang penting dalam jaminan mutu produk, yaitu keamanan dan performansi dari produk. Faktor keamanan dapat dipenuhi dengan menerapkan persyaratan-persyaratan teknis yang ada dalam SNI 7368:2011 yang telah ada pada kompor gas DME. Kedua adalah performansi, yang memerlukan kajian teknis dua parameter khusus, yaitu asupan panas (*heat input*) dan efisiensi dari

kompor gas DME yang harus memenuhi persyaratan standar SNI. Dalam standar ini, disebutkan tentang batas asupan panas dan efisiensi yang harus dipenuhi oleh kompor gas, yang tentu saja akan berdampak perbedaan beberapa desain dan tekanan kerja pada kompor gas berbahan bakar DME. Berdasarkan pada pengukuran kedua parameter ini, faktor-faktor yang mempengaruhi besar kecil nilainya diantaranya adalah bentuk dan tinggi *burner*, bentuk dan tinggi *grid*, ukuran *nozzle*, tekanan kerja serta bahan bakar gasnya, sehingga faktor-faktor tersebut menjadi kajian pada tulisan ini.

Berdasarkan hal tersebut diatas, maka dilakukan penelitian tentang perancangan dan pembuatan metode dan sistem uji kompor berbahan bakar DME serta pembuatan kriteria/*draft* Spesifikasi Teknis sebagai draft acuan jaminan mutu penggunaan kompor berbahan bakar DME. Hasil penelitian ini juga dapat digunakan sebagai bahan usulan kebijakan kepada kementerian teknis terkait untuk dijadikan draft Rancangan Spesifikasi Teknis (SpekTek) yang dapat dijadikan sebagai draft Rancangan Standar Nasional Indonesia (RSNI).

Tujuan pengujian asupan panas dan efisiensi ini adalah untuk mengetahui pengaruh bahan bakar DME terhadap kinerja kompor gas yang sudah didesain khusus untuk bahan bakar tersebut. Sistem dan metode pengujian kompor gas ini tetap mengacu pada SNI 7368:2011 yang merupakan standar acuan kompor gas satu tungku berbahan bakar LPG. Oleh karena itu, karena sifat gas DME yang mempunyai kemiripan dan juga perbedaan kalori pada aplikasinya sebagai bahan bakar, maka perlu diketahui tekanan kerja dan ukuran *nozzle* yang tepat sehingga kinerja kompor gas DME minimal memiliki kualitas yang sama dengan kompor gas LPG atau bahkan lebih. Yang kedua adalah dengan mengetahui tekanan kerja dan ukuran *nozzle* yang tepat, maka hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan masukan sebagai draft untuk merumuskan spesifikasi teknis kompor gas berbahan bakar DME.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Bahan bakar LPG sebagai sumber energi gas untuk rumah tangga, dikhawatirkan mengalami penurunan kuantitas dan lambat laun menjadi tidak ekonomis lagi. Oleh karena itu diperlukan sumber bahan bakar baru yang bisa menjadi pengganti atau komplemen dari LPG. Lalu kemudian adalah apakah ada bahan bakar gas lain untuk sektor rumah tangga sebagai komplemen dari LPG dan bisa diproduksi di dalam negeri. DME sejak tahun 2010

diwacanakan pemerintah untuk mensubstitusi LPG untuk rumah tangga. Tetapi sampai saat ini, belum ada realisasi kebijakan tentang penggunaan DME.

Hasil kajian literatur menyatakan bahwa *Dimethyl Ether*, disingkat DME, memiliki monostruktur kimia yang sederhana, C_2H_6O (CH_3-CH_3-O), berbentuk gas yang tidak berwarna pada suhu kamar (*ambient*), adalah zat kimia yang stabil, dengan titik didih $-25,1^{\circ}C$ (Tabel 1). Tekanan uap sekitar 0,6 MPa pada $25^{\circ}C$ dan dapat dicairkan seperti halnya LPG. Viskositas DME 0,12 – 0,15 kg/ms, setara dengan viskositas *propane* dan *butane* (konstituen utama LPG). Sehingga infrastruktur LPG dapat digunakan juga untuk DME.

Berikut tabel dibawah ini adalah karakteristik DME, *propane* dan *butane*, konstituen utama dari LPG.

Tabel 1 Karakteristik DME, *propane* dan *butane*.

Karakteristik	DME	Propane	Methane
Rumus kimia	CH_3OCH_3	C_3H_8	CH_4
Titik didih (C)	-25,1	-42,0	-161,5
Densitas (g/cm^3 @ $20^{\circ}C$)	0,67	0,49	0,42
Viskositas (kg/ms @ $25^{\circ}C$)	0,12-0,15	0,2	-
Specific gravity dari gas (vs. Udara)	1,59	1,52	0,55
Tekanan Uap (MPa @ $25^{\circ}C$)	0,61	0,93	-
Explosion limit (%)	3,4 - 17	2,1 – 9,4	5 – 15
Cetane number	55 - 60	5	0
Net calorific value ($kcal/Nm^3$)	14.200	21.800	8.600
Net calorific value ($kcal/kg$)	6.900	11.100	12.000

DME dapat digunakan seperti LPG, DME dapat terbakar dengan warna api yang biru terang. Sebuah studi tentang kandungan racun DME menegaskan bahwa sangat rendah dan sama dengan LPG dan jauh dibawah kandungan racun methanol. Efisiensi termal dan emisinya pun hampir sama dengan gas alam. DME memiliki rasio nilai kalor dengan resistasi aliran bahan bakar gas (*Number of Wob Index*) 52 – 54 atau setara dengan gas alam. Sehingga kompor untuk gas alam atau LPG bisa digunakan untuk DME dengan modifikasi pada beberapa bagian dan perubahan parameter kerja kompor gas.

Sifat DME yang mempunyai kalori lebih rendah dari LPG menyebabkan tekanan kerja normal yang dipersyaratkan standar tidak mampu menyalakan kompor gas berbahan bakar DME. Disamping itu desain lubang pada *burner*

harus cenderung ditempatkan lebih ke dalam agar gas yang dikeluarkan tetap dapat mengumpul diatasnya. Beberapa percobaan yang telah dilakukan dengan mencampur konsentrasi LPG-DME dan DME 100% dan dipakai dalam waktu yang relatif lama mengakibatkan selang karet bagian dalam menjadi rapuh dan tidak bertahan lama. Secara kimiawi bagian dari DME ini ternyata dapat bersenyawa dengan bahan-bahan polimer (karet). Hal ini menjadi catatan untuk melakukan penelitian lebih lanjut pada selang karetnya.

Kajian karakteristik performansi kompor gas DME tentunya perlu dilakukan terlebih dahulu dalam skala laboratorium sebelum diimplementasikan langsung oleh masyarakat luas atau publik sebagai bahan bakar peralatan memasak rumah tangga.

Maka dalam hal ini, pemerintah wajib mengupayakan dan menjamin bahwa semua produk yang digunakan oleh masyarakat aman untuk digunakan. Tujuannya jelas, disamping untuk menjamin mutu produk tersebut, hal tersebut juga menjadi tameng perlindungan konsumen atau masyarakat dalam memakai produk kompor gas dengan bahan bakar yang sedikit berbeda, yaitu DME.

Dibeberapa negara dikawasan asia dan eropa seperti Jepang dan Inggris, sudah lama menggunakan peralatan rumah tangga seperti kompor gas LPG ini, bahkan sekarang mereka sudah banyak menggunakan tenaga listrik sebagai pemanas dan peralatan rumah tangga. Di Jepang sebagai contoh, standar untuk kompor gas LPG ini sudah digunakan sejak awal tahun 90-an, sehingga sampai sekarang banyak standar dari Jepang yang menyatakan tentang mutu dan keamanan produk peralatan memasak, yaitu JIS (*Japanese Industrial Standard*). Sedangkan di Britania Raya (*British*), mereka menggunakan standar BS-EN (*British Standard-European Norme*) yang juga dipakai dikawasan Eropa. Standar-standar tersebut juga digunakan sebagai acuan normatif atau rujukan dalam penyusunan Rancangan Standar Nasional Indonesia (RSNI) yang selanjutnya dijadikan SNI wajib dan digunakan pemerintah (regulator) untuk diterapkan di Indonesia guna mendukung program nasional konversi energi minyak tanah ke gas LPG yang mulai digulirkan pada tahun 2007.

Standar Teknis SNI 7368: 2011

Acuan standar teknis yang dipakai sebagai rujukan utama dalam menyusun dan merancang sistem dan metode uji kompor gas DME adalah SNI untuk kompor gas LPG, sedangkan acuan lainnya diambil dari standar JIS dan *British*

Standard (BS-EN).Adapun persyaratan teknis yang dicantumkan dalam standar kompor gas satu tungku untuk bahan bakar LPG adalah SNI 7368: 2011; Kompor gas bahan bakar LPG satu tungku dengan sistem pemantik.

6 Syarat mutu

6.4.4 Kompor harus dapat bekerja pada tekanan gas minimum 200 mm H₂O dan maksimum 330 mm H₂O, pengujian sesuai dengan pasal 7.10.

6.4.5 Bagian sudut ataupun sisi komponen tidak boleh berbahaya yang dapat mengakibatkan luka pada waktu membersihkan unit produk. Pengujian sesuai dengan pasal 7.5.4.

7 Cara uji

7.1.5 Pengukuran asupan panas dilakukan dengan cara:

- a) Nyalakan kompor gas selama 1 jam.
- b) Hitung konsumsi LPG yang dipergunakan selama menyalakan kompor tersebut dengan menghitung massa awal tabung LPG dikurangi massa akhir tabung LPG. Sehingga diperoleh angka laju aliran massa gas (*flow rate*) kompor tersebut (kg/jam).
- c) Asupan panas produk, dihitung dengan formula (BS EN 484:1998) sesuai dengan lampiran A, yang formulasinya adalah sebagai berikut :

$$Q_n = \frac{1000 \times M_n \times H}{3600} \quad (1)$$

Dengan keterangan :

- Q_n = asupan panas (kW)
- M_n = laju aliran gas (kg/jam)
- H atau H_s = nilai kalori gas, untuk LPG = 49,14 MJ/kg, sedangkan untuk DME = 28,5 MJ/kg.

7.1.6 Pengukuran efisiensi dilakukan dengan:

- a) Pengujian dilakukan dengan input tekanan sebesar 280 mm H₂O ± 5 mm H₂O;
- b) Lakukan pemanasan awal dengan memanaskan bejana diameter 200 mm berisi air sebanyak 3,7 kg selama 10 menit;
- c) Panaskan bejana berisi air sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan dalam Tabel 2. Ukuran bejana dibawah berikut, dan ukur efisiensi dengan formula (BS EN 484:1998) sesuai dengan lampiran B, yang menjelaskan rumus perhitungan efisiensi adalah sebagai berikut:

$$\eta = \frac{4186 \times 10^{-3} \times M_e \times (t - t_1) \times 100}{(M_c \times H_s)} \quad (2)$$

Dimana :

- Me = Me1 + Me2
- η = efisiensi kinerja kompor
- Me1 = masa air dalam bejana, kg;
- Me2 = masa bejana alumunium + tutupnya, kg;
- T = temperature akhir, diambil poin tertinggi yang terukur setelah api kompor dimatikan (saat air mencapai 90°C ± 1°C);
- t1 = temperature awal = 20°C ± 0,5°C;
- Mc = masa gas yang terbakar, dihitung saat pengujian dimulai sampai pengujian berakhir (dari t1 sampai t) dinyatakan dalam kg;

Dua klausul pengujian terakhir diatas (7.1.5 dan 7.1.6) merupakan sub klausul yang menjadi pokok bahasan pada penelitian ini terkait dengan analisis karakteristik pengujian asupan panas dan efisiensi untuk kompor gas berbahan bakar DME.

Tabel 2 Penentuan diameter nominal bejana dan massa air.

Asupan Panas (kW)	Diameter nominal Bejana (mm)	Massa air minimum (kg)
1,16 – 1,64	220	3,7
1,65 – 1,98	240	4,8
1,99 – 4,20	260	6,1

3. METODE PENELITIAN

Kompor gas DME yang diuji adalah merupakan prototipe kompor gas DME yang didesain kerjasama antara instansi peneliti dengan perusahaan swasta pembuat kompor gas. Pada proses pengujian, masih terdapat beberapa kekurangan tetapi sebagai prototipe awal, maka kompor gas DME ini dapat digunakan sebagai substitusi atau alternatif penggunaan bahan bakar LPG.

Metode penelitian, khususnya pada bagian metode pengujian didesain dengan mengacu pada klausul pengujian yang termasuk kedalam lingkup sistem pengujian kompor gas berbahan bakar LPG, yaitu sistem pengujian tercantum dalam klausul 7, yaitu 7.1.5 dan 7.1.6, yaitu:

- a. Pengukuran asupan panas atau *heat input*
Metode pengukuran dan cara perhitungan asupan panas mengacu pada SNI 7368:2011 yang telah dijabarkan pada sub bab dasar teori.
- b. Pengukuran Efisiensi

Pada klausul tersebut dijelaskan cara-cara mengukur dan menghitung asupan panas dan efisiensinya, tetapi tidak dijelaskan bagaimana disain sistem yang harus dibuat, sehingga nilai

asupan panas dan efisiensi diperoleh. Oleh karena itu, diperlukan rancangan sistem untuk mendapatkan nilai tersebut.

Asumsi batasan awal dilakukan sebelum dilakukan eksperimen pengujian atau pengukuran. Hipotesa awal diambil setelah mempelajari dan menganalisis karakteristik gas DME yang mempunyai nilai kalori yang lebih rendah dari LPG dan sifat kimiawinya serta pengalaman dan pengujian yang pernah dilakukan untuk kompor gas LPG dengan bahan bakar gas DME. Batasan tersebut sebagai berikut :

- Desain khusus kompor gas diperlukan untuk dapat menghidupkan bahan bakar DME 100%. Desain khususnya pada bagian bentuk *burner* dan tinggi penyangga *burner*.
- Ukuran *nozzle* pada kompor gas sebagai pemantik gas disediakan dengan berbagai ukuran, yaitu 0,6 mm, normal (0,75 mm), 0,8 mm, 0,85 mm dan 0,9 mm.
- Dilakukan pada berbagai variasi tekanan kerja kompor gas, yaitu : 200 mmH₂O, 280 mmH₂O (sesuai standar), 330 mmH₂O dan 560 mmH₂O.
- Asesoris kelengkapan selain kompor gas, masih menggunakan asesoris untuk kompor gas berbahan bakar LPG.

Metode dan sistem pengukuran asupan panas dan efisiensi tetap mengacu pada standar teknis pengujian kompor gas untuk LPG, hanya saja ada variasi ukuran *nozzle* dan tekanan gas yang berbeda. Metode pengambilan data yang dipergunakan adalah dengan cara mengganti besar *nozzle* pada kompor dengan ukuran diameter yang beragam mulai dari tipe standar, 0,8, 0,85 dan 0,9 dalam satuan mm. Selain mengubah *nozzle*, dilakukan pula perubahan terhadap tekanan kerja kompor dalam empat tingkatan yaitu 200, 280, 330 dan 560 mmH₂O.

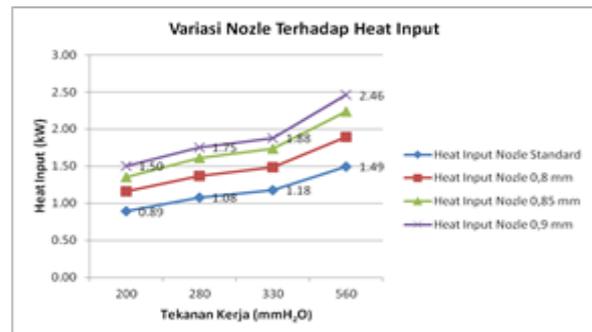
Penggantian *nozzle* dilakukan dengan mencopot *nozzle* yang ada pada kompor gas DME dan memasangnya kembali pada kedudukan *nozzle*, dan kompor gas yang digunakan dalam pengukuran/ pengujian ini hanya satu buah.

Adapun peralatan-peralatan yang digunakan dalam pengukuran ini adalah tabung berisi gas DME, selang dan asesorisnya, regulator tekanan tinggi yang dapat diatur tekanan keluarannya, timbangan digital dengan resolusi sampai 0,5 gram, *termo-higrometer*, dan pencatat waktu (*timer*) digital.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Pengujian Asupan Panas Kompor Gas DME

Setelah dilakukan pengambilan data asupan panas (*heat input*) pada kompor DME menggunakan bahan bakar DME 100% dengan nilai HS (nilai kalori gas) sebesar 28,5 MJ/Kg. Hasil pengambilan data *heat input* dapat dilihat pada lembar formulir pengambilan data pada Tabel 4. Berdasarkan hasil tersebut dapat terlihat bahwa terdapat kecenderungan *heat input* naik pada perubahan tekanan di masing-masing *nozzle*, hal ini dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



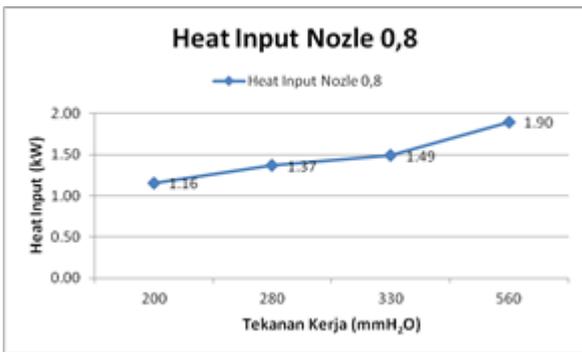
Gambar 1 Grafik variasi *nozzle* (mm) terhadap asupan panas (*heat input*).

Terjadi kenaikan yang cukup signifikan pada *heat input* saat besar *nozzle* standar dinaikkan ke diameter 0,8, 0,85 atau 0,9 mm. Saat *nozzle* standar digunakan, *heat input* pada tekanan kerja 200 mmH₂O memberikan *heat input* sebesar 0,89 kW. Ketika ukuran *nozzle* dirubah ke 0,9 dengan tekanan yang sama 200 mmH₂O *heat input* menjadi 1,50 kW. Dari perbandingan tersebut dapat terlihat bahwa kenaikan *heat input* berdasarkan ukuran *nozzle* lebih besar daripada kenaikan tekanan kerja.

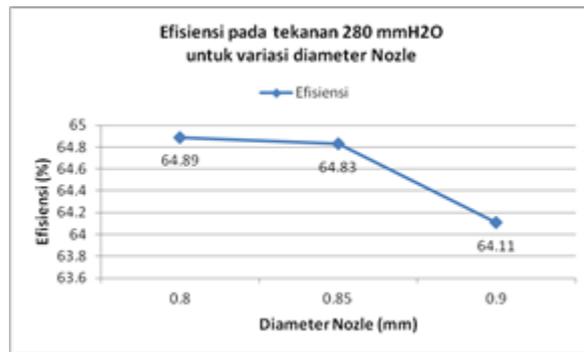
Tabel 3 *Heat input* dalam SNI 7368:2011 kompor gas 1 tungku.

Asupan panas(kW)	diameter nominal bejana(mm)	Massa air minimum (Kg)
1,16 ~ 1,64	220	3,7
1,65 ~ 1,98	240	4,8
1,99 ~ 4,20	260	6,1

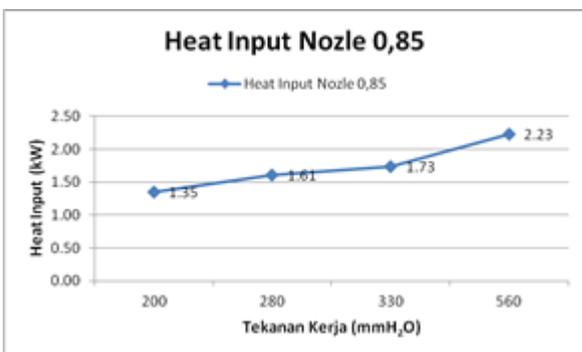
SNI 7368:2007 dan SNI 7368:2011 kompor gas 1 tungku menerangkan beberapa nilai asupan panas sebagai acuan untuk penentuan panci dan berat air dalam pengujian efisiensi, dapat dilihat pada Tabel 1. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa standar memiliki acuan asupan panas dari rentang 1,16 – 4,20 kW. Hasil pengukuran menunjukkan ukuran *nozzle* yang memiliki asupan panas masuk dalam rentang SNI ada dua buah yaitu ukuran 0,8 dan 0,85 seperti ditunjukkan dalam Gambar 2 dan Gambar 3.



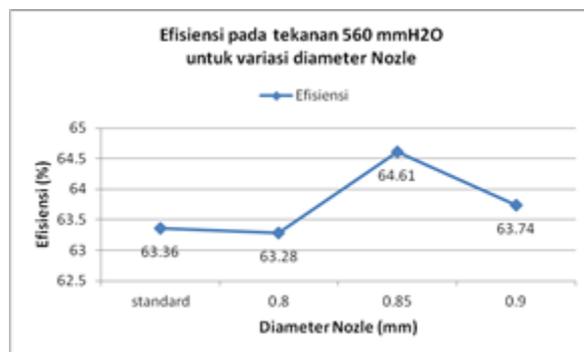
Gambar 2 Grafik asupan panas dengan *nozle* 0,8 mm.



Gambar 4 Grafik efisiensi pada tekanan 280 mmH₂O dengan *nozle* yang berbeda.



Gambar 3 Grafikasupan panas dengan *nozle* 0,85 mm.



Gambar 5 Grafik efisiensi pada tekanan 560 mmH₂O dengan *nozle* yang berbeda.

4.2 Analisis Pengujian Efisiensi Kompor Gas DME

Pengambilan data efisiensi pada kompor DME menggunakan metode yang sama dengan SNI 7368:2011 kompor gas 1 tungku. Adapun parameter yang diubah adalah tekanan kerjanya yaitu dengan tekanan sesuai SNI (280 mmH₂O) dan dua kali lipatnya (560 mmH₂O). Selain itu nilai HS (nilai kalori gas) menggunakan karakteristik DME sebesar 28,5 MJ/Kg. Penentuan panci dan massa air menggunakan metode yang ada pada SNI 7368:2011 kompor gas 1 tungku.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa seluruh data yang diambil sesuai dengan kriteria pada SNI 7368:2011 kompor gas 1 tungku. SNI tersebut mensyaratkan nilai 50% sebagai acuan kesesuaian, sedangkan semua data dari kompor DME memiliki nilai diatas 60%. Salah satu hasil pengukuran menggunakan tekanan kerja 280 dapat dilihat pada Gambar 1.

Efisiensi pada kompor DME dengan memvariasikan ukuran *nozle* pada tekanan 280 mmH₂O seperti pada Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin besar ukuran *nozle* maka nilai efisiensi akan berkurang. Hal ini dikarenakan untuk memanaskan panci dan air dengan ukuran dan berat yang telah ditentukan SNI energi yang efisien, dalam artian tidak berlebihan ataupun kurang. Gambar 1 menunjukkan bahwa energi yang dihasilkan dengan *nozle* yang semakin besar akan semakin tinggi untuk memanaskan panci dan air, sehingga ada energi yang terbuang yang menyebabkan efisiensi semakin berkurang.

Menggunakan tekanan yang berbeda atau lebih tinggi yaitu 560 mmH₂O menghasilkan analisis yang sama yaitu energi yang digunakan harus efisien untuk mendapatkan nilai terbaik. Gambar 2 menunjukkan bahwa dari semua *nozle* yang paling efisien adalah *nozle* dengan ukuran 0,85 mm dengan efisiensi 64,61%. Terdapat anomali pada *nozle* standar dengan 0,8 mm dikarenakan asupan panas yang dihasilkan *nozle* standar berbeda tipis dengan asupan panas pada *nozle* 0,8 mm. Hal ini menyebabkan penggunaan panci yang berbeda sehingga *nozle* 0,8 mm harus memanaskan panci dan air yang lebih besar serta berat.

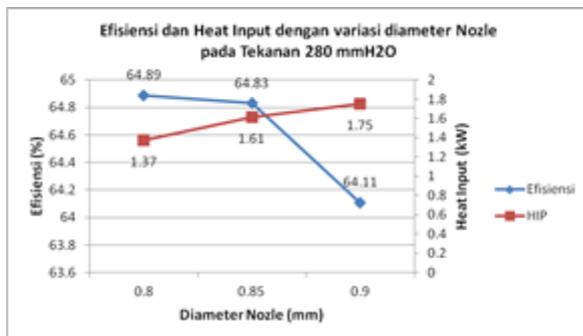
Eksperimen percobaan yang dilakukan dengan menggunakan panci dan air terbesar berdasarkan SNI menghasilkan efisiensi yang lebih kecil pada tekanan 560 mmH₂O dan *nozzle* standar. Hal ini dikarenakan konsumsi gas yang digunakan untuk memanaskan panci dan air tersebut terlalu besar sehingga tidak efisien. Selain itu waktu tempuh akan menjadi lama karena energi yang digunakan untuk memanaskan tidak sebanding dengan ukuran panci dan air.

4.3 Pembahasan Pengukuran Asupan Panas dan Efisiensi

Setelah melakukan pengukuran dan eksperimen sistem pengujian, didapatkan data dan dilakukan analisis, maka untuk melihat optimalisasi tekanan kerja dan efisiensi dengan berbagai variasi *nozzle* dibuatkan grafik 3-axis seperti terlihat dibawah ini.

Dari grafik pertama ketika diberikan tekanan kerja seperti LPG (280 mmH₂O), maka ukuran *nozzle* sangat berpengaruh terhadap asupan panas dan efisiensi. Dengan tekanan kerja sebesar 280 mmH₂O, maka besar *nozzle* standar tidak dapat digunakan untuk menyalakan kompor gas berbahan bakar DME. Hal ini terjadi dengan tidak menyalanya kompor gas DME jika diberikan tekanan sebesar tekanan gas LPG.

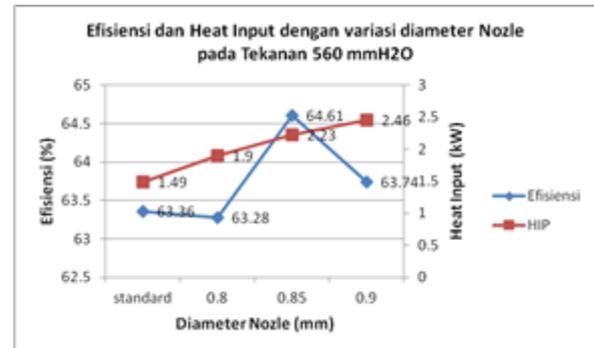
Bila kompor gas DME akan digunakan seperti pada tekanan kerja kompor gas LPG, maka besarnya diameter *nozzle* (tempat keluarnya gas) harus diperbesar minimal menjadi 0,8 mm sehingga didapatkan nilai asupan panas dan efisiensi yang dipersyaratkan oleh standar, yaitu minimal 50%. Bisa terlihat dalam grafik, efisiensi tertinggi pada tekanan 280 mmH₂O dengan nilai 64,89%.



Gambar 6 Grafik 3-axis diameter *nozzle*, asupan panas dan efisiensi pada tekanan kerja 280 mmH₂O.

Ekperimen berikutnya adalah dengan mengambil tekanan kerja dua kali tekanan standar yaitu 560 mmH₂O, hal ini dimaksudkan agar kompor gas DME dapat mengeluarkan api

yang diinginkan secara teori, cukup baik dan sesuai dengan persyaratan standar, yaitu mempunyai asupan panas (jumlah kalori) yang cukup untuk memanaskan peralatan diatasnya, yaitu sebesar 1,16 kW, tidak mengangkat, dan berwarna kebiruan.



Gambar 7 Grafik 3-axis diameter *nozzle*, asupan panas dan efisiensi pada tekanan kerja 560 mmH₂O.

Hasil pengukuran dan perhitungan sesuai dengan perumusan di dalam standar menunjukkan bahwa, pada tekanan kerja 560 mmH₂O, kompor gas DME dapat menggunakan ukuran diameter *nozzle* seperti pada kompor gas LPG. Dengan ukuran ini, maka kompor gas akan menghasilkan asupan panas sebesar 1,49 kW dan efisiensi sebesar 63,36 % yang tentu saja hasil ini sudah memnuhi persyaratan standar SNI. Tren nilai asupan panas dan efisiensi akan semakin meningkat sejalan dengan bertambahnya diameter *nozzle* kompor gas. Tetapi efisiensi tertinggi terjadi pada ukuran *nozzle* 0,85 mmH₂O dengan nilai asupan panas yang masih berada nilai yang dipersyaratkan oleh SNI.

Perlu digarisbawahi bahwa nilai pengukuran asupan panas dan efisiensi ini tidak hanya dipengaruhi oleh ukuran *nozzle* dan tekanan kerja dari kompor gas saja. Seperti telah dijabarkan pada bab sebelumnya bahwa besarnya asupan panas dan efisiensi dapat dipengaruhi oleh bentuk *burner*, posisi dari lubang *burner*, tinggi *burner* dan juga tinggi *grid*. Hanya faktor desain produk kompor gas DME ini telah diasumsikan tetap, karena kompor gas yang dipakai sebagai banda uji hanya satu, sehingga faktor diluar ukuran diameter *nozzle* dan tekanan kerja dianggap tidak berubah. Pembahasan dalam analisis ini juga tidak menggunakan pendekatan statistik karena pengukuran hanya diulang dan dilakukan 2 kali dan didasarkan pada pengalaman dengan menggunakan kompor gas yang sama (satu tipe dan hanya satu sampel), hasil asupan panas dan efisiensinya relatif sama.

Tabel 4 Data pengujian asupan panas dan efisiensi.

Efficiency Test

HS : 28,5 MJ/Kg

Data Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Temp (°C)	21.8	18.1	21.8	21.9	22.5	23.2	22.7	17.7	-
Hum (%)	60	58	64	63	62	64	65	55	-
Nozzle (mm)	Standard	Standard	0.80	0.80	0.85	0.85	0.90	0.90	-
Pressure (mmH ₂ O)	560	560	560	280	280	560	560	280	-
T1 (°C)	19.8	19.7	19.6	19.7	20.0	19.9	20.2	19.6	-
T2 (°C)	90.4	90.1	90.6	90.4	90.1	90.3	90.3	90.3	-
ΔT (°C)	70.6	70.4	71.0	70.7	70.1	70.4	70.1	70.7	-
Mw (kg)	3.7	6.1	4.8	3.7	3.7	6.1	6.1	4.8	-
Mv (kg)	0.4245	0.5855	0.5095	0.4245	0.4245	0.5855	0.5855	0.5095	-
Mw+Mv (kg)	4.1245	6.6855	5.3095	4.1245	4.1245	6.6855	6.6855	5.3095	-
M1 (kg)	9.1630	9.0950	8.2140	8.1265	7.1785	7.1130	6.7690	6.7745	-
M2 (kg)	9.0955	8.9805	8.1265	8.0605	7.1130	7.0060	6.6610	6.6885	-
Mass Of Burn Gas (kg)	0.0675	0.1145	0.0875	0.0660	0.0655	0.1070	0.1080	0.0860	-
Efficiency (%)	63.36	60.37	63.28	64.89	64.83	64.61	63.74	64.11	-

Remark

Note : T1 : Water Temp Start Mv : Mass of Vessel With Lid
 T2 : Water Temp End M1 : Mass of Gas Start
 ΔT : Delta of Temp M2 : Mass of Gas End
 Mw : Mass of Water HS : Calory of Gas

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian asupan panas dan efisiensi kompor gas DME, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan, diantaranya adalah tekanan kerja dapat dilakukan sesuai dengan tekanan kompor gas LPG pada SNI 7368:2011, tapi dengan ukuran *nozzle* yang berbeda, yaitu minimal berdiameter 0,8 mm. Apabila ukuran *nozzle* berukuran standar (0,75 mm) atau sama dengan untuk kompor gas LPG pada SNI 7368:2011, maka tekanan kerja harus dinaikkan minimal menjadi 560 mmH₂O.

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa untuk kompor gas berbahan bakar DME,

efisiensi tertinggi dicapai pada tekanan kerja 560 mmH₂O dengan diameter *nozzle* 0,85 mm. Kompor Gas DME didesain agak berbeda dengan kompor gas LPG, dimana desain *burner* lebih difokuskan dibuat pada bagian atas dengan tujuan untuk mengumpulkan api yang menyala, jarak tinggi *grid* harus dikurangi agar api bekerja optimum.

Pada saat proses pengujian, terlihat bahwa tekanan kerja kurang begitu stabil, kemungkinan hal itu disebabkan oleh sifat karakteristik DME yaitu, nilai kalori yang lebih kecil dari LPG dan adanya kekurang-cocokan asesoris yang digunakan sehingga aliran gas DME dari tabung tidak dengan lancar mengalir

kedalam kompor gas. Diperlukan pengkajian dan penelitian lebih lanjut untuk memastikan bahan-bahan yang tepat yang dapat dijadikan asesoris pengujian kompor gas berbahan bakar DME.

DAFTAR PUSTAKA

- Anam A. (2008). *Dimethyl Ether (DME) sebagai Bahan Bakar Alternatif selain LPG*, Jurnal Ilmiah Teknonogi Energi Vol.1 Agustus 2008 : 37-57.
- Badan Standardisasi Nasional. (2007). SNI 7368: 2007, *Kompor Gas Bahan Bakar LPG Satu Tungku dengan Sistem Pemantik Mekanik*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2010). SNI 7613:2010, *Kompor Gas Bahan Bakar LPG satu tungku dengan sistem pemantik mekanik khusus untuk usaha Mikro*
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 7368: 2011, *Kompor Gas Bahan Bakar LPG Satu Tungku dengan Sistem Pemantik*. Jakarta.
- British Standard. (1998). BS EN 30-1-1:1998, *Domestic cooking appliances burning gas fuel*. Inggris.
- British Standard. (1998). BS EN 484:1998, *Dedicated liquefied petroleum gas appliances – independent hotplates, including those incorporating a grill for outdoor use*. Inggris.
- British Standard. (2001). BS EN 12864:2001, *Low Pressure, non adjustable regulators having a maximum outlet pressure of less than or equal to 200 mbar, with a capacity of less than or equal to 4 kg/h, and their associated safety devices for butane, propane or their mixture*. Inggris.
- Erdener H., Arinan A., Orman S., *Future Fossil Fuel Alternatif*. (2011). *Di-Methyl Ether (DME) a Review*, International Journal Of Renewable Energy Research, IJRER, Vol.1, No.4, pp.252-258.
- Japanese Industrial Standard. (1991). JIS S 2103-1991, *Gas Burning cooking appliances for domestic use*. Jepang.
- Japanese Industrial Standard. (1991). JIS S 2092-1991, *General construction of gas burning appliances for domestic use*. Jepang.
- Japanese Industrial Standard. (1991). JIS S 2093-1991, *Test method of gas burning appliances for domestic use*. Jepang.
- Kadarwati S. (2010). *Kajian Penerapan SNI 7368:2007 Syarat Mutu Kompor Gas LPG dan SNI Terkait Lainnya untuk Bahan Bakar Dimethyl Ether (DME)*, Jurnal Standardisasi Vol. 12, No. 2 Tahun 2010: 134 - 141
- Larson, Eric D., Yang, Huiyan. (2004). *Dimethyl ether (DME) as a household cooking fuel in China*, Energy Sustainable Development, Vol VIII, No.3, 115-126.
- Marchionna, Mario; Patrini, Renata; Sanfilippo, Domenico. (2008). *Fundamental investigations on di-methyl ether (DME) as LPG substitute or make-up for domestic uses*, Fuel Processing Technology 89, 1265-1261.