

Pengaruh Variasi Debit LPG terhadap Nilai Kalor Eksperimental dan Efisiensi Kalorimeter Aliran

Andi Saputra^{1,a}, Tito Hadji Agung S¹, Wahyudi¹

^aProgram Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
 Jl. Brawijaya, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta, Indonesia 55183
 Telepon/fax. (0274) 387656 / (0274) 387646
 e-mail : andiandiah01@gmail.com^a

Abstract

Flow calorimeter is a device used to determine the calorific value of a substance with water media as a circulation and heat sink. The working principle of a calorimeter is to know the value of heat transfer of a substance with an intermediary of water so that it can be used to determine the calorific value of the fuel. The lowest experimental calorific value was found in the variation of 0.5 LPM LPG which was 30,221.18 kJ / kg and the highest experimental calorific value was found in the variation of 0.5 LPM LPG which was 33,103.1 kJ / kg. The lowest calorimeter efficiency results were found in 0.5 LPM LPG discharge variation which was equal to 58.8% and the highest flow calorimeter efficiency was found in 0.4 LPM LPG discharge variation which was 65.6%. For theoretical LPG calorific value that is equal to 46,454.31 kJ / kg. It can be concluded that the amount of fuel supply capacity accompanied by the amount of fluid capacity as heat absorbers and the addition of combustion air (excess air) will affect the high and low experimental LPG calorific value and efficiency of the flow calorimeter.

Keywords: calorific value, liquefied petroleum gas, efficiency, flow calorimeter

1. PENDAHULUAN

Kalorimeter adalah alat yang digunakan untuk menentukan nilai kalor suatu zat. Permasalahan utama dalam menggunakan kalorimeter bahan bakar adalah terjadinya aliran panas hasil pembakaran yang keluar dari kalorimeter akibat isolator panas yang buruk. Hal ini akan berdampak pada hasil pengukuran nilai kalor pembakaran suatu bahan bakar cair menjadi tidak akurat. Optimalisasi ini meliputi penggunaan bahan isolator panas yang digunakan, modifikasi konstruksi dan pemilihan alat ukur yang digunakan [1]. Pengujian menggunakan kalorimeter bomb memberikan data kenaikan suhu yang digunakan untuk menghitung nilai kalor. Nilai kalor hasil pengujian dibandingkan dengan nilai kalor yang dihitung dari korelasi, sehingga dapat diketahui korelasi yang paling sesuai untuk biomassa yang diuji [2].

Kalorimeter aliran berarti mengukur aliran panas air dari hasil pembakaran yang belangsung. Pada proses tersebut terjadi penyerapan panas dari pembakaran ke ruangan sirkulasi air. Hal yang perlu diperhatikan dalam kalorimeter aliran ini adalah suhu air masuk ke tabung kalorimeter, suhu air keluar dari tabung kalorimeter, suhu lingkungan dan suhu buang pembakaran [3]. Nilai kalor serap meningkat seiring dengan penambahan bukaan katup gas dan efisiensi alat juga meningkat seiring dengan penambahan bukaan katup gas. Dari data hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan bukaan katup gas berpengaruh pada naiknya nilai kalor serap dan efisiensi alat secara eksperimental [4]. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh variasi debit LPG terhadap nilai kalor dan efisiensi kalorimeter aliran serta membandingkan nilai kalor eksperimental LPG dengan nilai kalor teoritik LPG.

2. METODE

2.1 Mempersiapkan Alat Kalorimeter Aliran

Ada beberapa tahapan dalam mempersiapkan alat kalorimeter aliran, yaitu :

1. Merangkai alat kalorimeter aliran dengan penambahan alat *flow meter* udara masing-masing untuk gas LPG masuk dan udara masuk.

2. Memasang empat buah *thermocouple* masing-masing untuk air masuk, air keluar, suhu ruangan, suhu pembuangan.
3. Menghubungkan keempat *thermocouple* dengan alat *thermoreader* untuk membaca suhunya.
4. Mengalirkan air ke tabung kalorimeter sampai penuh.
5. Mengalirkan gas LPG dan udara pada tungku pembakaran kemudian membakarnya.

2.2 Pengujian

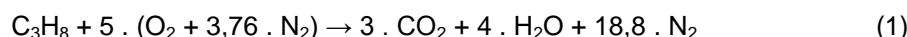
Ada beberapa tahapan dalam pengujian ini, yaitu :

1. Mengatur debit air 1 LPM.
2. Mengatur debit LPG : debit udara sebesar 0,4 LPM : 9.6 LPM kemudian mencatat suhu dari keempat *thermocouple* yang terbaca oleh *thermoreader* setiap 2 menit sekali selama 60 menit.
3. Mengatur debit LPG : debit udara sebesar 0,5 LPM : 12 LPM kemudian mencatat suhu dari keempat *thermocouple* yang terbaca oleh *thermoreader* setiap 2 menit sekali selama 60 menit.
4. Setelah semua variabel didapatkan, menutup kran, mematikan api dan menunggu beberapa saat sebelum membuang air dalam tabung kalorimeter.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Nilai Kalor LPG Teoritis

Nilai kalor LPG teoritis adalah jumlah kalor yang dilepaskan LPG dalam proses pembakaran sempurna menggunakan jumlah udara teoritis per satuan massa LPG. Nilai kalor LPG teoritis dibagi menjadi 2, yaitu :



1. LHV (*Lowest Heating Value*)

Nilai kalor LPG (LHV) yaitu nilai kalor LPG yang apabila dalam produk H_2O berbentuk gas/uap air. Nilai LHV dapat ditentukan menggunakan persamaan (2).

$$\begin{aligned} \text{LHV} &= H_{P,\text{gas}} - H_R \\ \text{LHV} &= 2.043.990 \text{ kJ/kmol C}_3\text{H}_8 = 46.454,31 \text{ kJ/kg} \end{aligned} \quad (2)$$

2. HHV (*Highest Heating Value*)

Nilai kalor LPG (HHV) yaitu nilai kalor LPG yang apabila dalam produk H_2O berbentuk cair [5]. Nilai HHV dapat ditentukan menggunakan persamaan (3).

$$\begin{aligned} \text{HHV} &= H_{P,\text{liquid}} - H_R \\ \text{HHV} &= 2.220.030 \text{ kJ/kmol C}_3\text{H}_8 = 50.455,22 \text{ kJ/kg} \end{aligned} \quad (3)$$

Dengan

$$\begin{aligned} H_{P,\text{gas}} &= \text{Entalpi produk (gas) (kJ/kg)} \\ H_{P,\text{liquid}} &= \text{Entalpi produk (cair) (kJ/kg)} \\ H_R &= \text{Entalpi reaksi (kJ/kg)} \end{aligned}$$

3.2 Kalibrasi

Kalibrasi atau penteraan merupakan kegiatan untuk perbaikan (setting) pengukuran berdasarkan peralatan yang standar [6]. Dimana dalam penelitian ini yaitu kalibrasi keempat *thermocouple* terhadap *thermometer*. Hasil perbedaan suhu kemudian diolah dengan grafik, maka kalibrasi dapat ditentukan menggunakan persamaan gradien (4).

$$Y = m \cdot x + c \quad (4)$$

Dengan,

$$\begin{aligned} Y &= \text{Garis suhu } \textit{thermocouple} \\ m &= \text{Gradien} \\ x &= \text{Garis suhu } \textit{thermometer} \\ c &= \text{Koefisien} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan (4), hasil kalibrasi antara keempat *thermocouple* dengan *thermometer* disajikan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil Kalibrasi

Tstandar	$Y = m \cdot x + c$
T1	$Y = 0.9946x + 0.9992$
T2	$Y = 0.9921x + 1.017$
T3	$Y = 0.9909x + 1.0233$
T4	$Y = 1.0011x + 0.7195$

3.4 Hasil Pengujian Kalorimeter

Hasil pengujian terkalibrasi menggunakan perbandingan debit LPG 0,2 LPM dan 0,3 LPM yang sudah terkalibrasi disajikan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Hasil Pengujian Debit LPG 0,4 LPM dan 0,5 LPM Terkalibrasi

T standar	Debit 0,4 LPM		Debit 0,5 LPM	
	°C	K	°C	K
Tst 1	29.14	302.14	39.27	302.28
Tst 2	34.68	307.68	35.48	308.48
Tst 3	27.51	300.51	28.06	301.06
Tst 4	122.44	395.44	136.58	409.58

Berdasarkan tabel 3.2, diketahui suhu tertentu pada setiap keadaan pembakaran LPG untuk digunakan dalam menentukan kalor jenis (c_p) tiap unsur pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kalor Jenis Tiap Unsur

Cp	Kalor Jenis Tiap Unsur (kJ/kgK)	
	0,4 LPM	0,5 LPM
C ₃ H ₈	1.6794	1.6794
w.in	4.18	4.18
w.out	4.18	4.18
u.in	1.0050	1.0051
CO ₂	0.9349	0.9464
H ₂ O	1.9127	1.9195
N ₂	1.0437	1.0449

Pada persamaan (1), massa tiap unsur dalam perbandingan debit LPG dapat diketahui. Sehingga perbandingan massa tiap unsur akan digunakan untuk memperoleh debit masing-masing unsur. Disajikan pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Perbandingan Debit Tiap Unsur

Unsur	\dot{m} (kg/menit)	
	0,4 LPM	0,5 LPM
C ₃ H ₈	0.0007592	0.000949
u (udara)	0.01176	0.00147
w (air)	1	1
CO ₂	0.0022776	0.002847
H ₂ O	0.001245	0.001556
N ₂	0.009080	0.011350

Setelah semua data diketahui, langkah selanjutnya yaitu menentukan nilai kalor (HV) LPG eksperimental (5). Berdasarkan pengertian di atas, karena produk H₂O berbentuk gas, maka nilai kalor LPG eksperimental termasuk LHV.

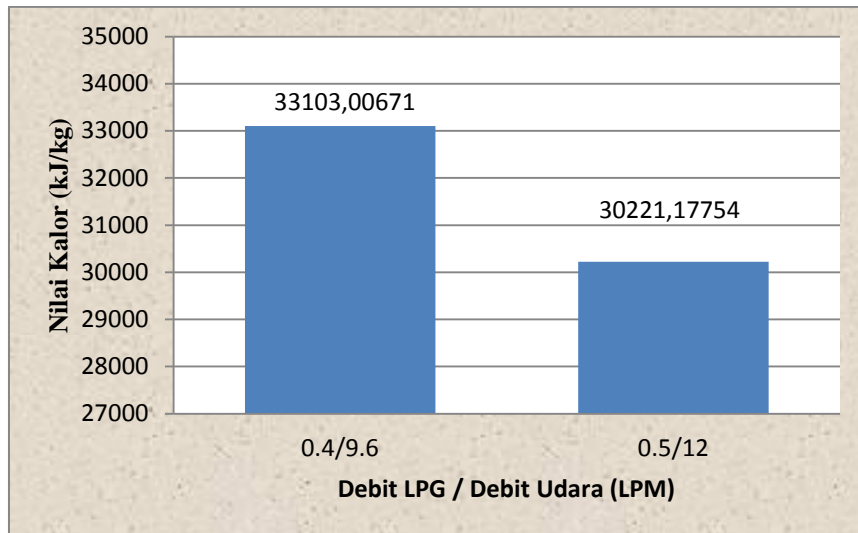
$$HV_{C_3H_8} = \frac{[\dot{m}_{w,out} \cdot C_{p,w,out} \cdot T_{st2} + Q_{loss} + T_{st4} \cdot (\dot{m}_{CO_2} \cdot C_{p,CO_2} + \dot{m}_{H_2O} \cdot C_{p,H_2O} + \dot{m}_{N_2} \cdot C_{p,N_2}) - \dot{m}_{u,in} \cdot C_{p,u,in} \cdot T_{st3} - \dot{m}_{w,in} \cdot C_{p,w,in} \cdot T_{st1}]}{\dot{m}_{C_3H_8}} \cdot \frac{1}{\text{LHV}_{C_3H_8}} \quad (5)$$

Untuk menentukan nilai efisiensi (η) alat kalorimeter aliran, menggunakan perbandingan kalor yang diserap air dibagi dengan nilai kalor LPG secara teoritis (6).

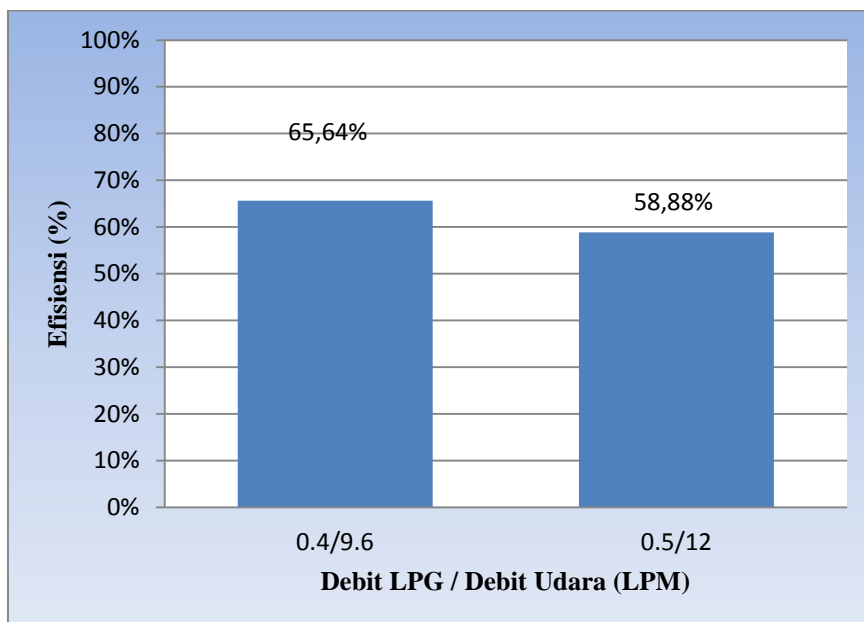
$$\eta_{FC} = \frac{[\dot{m}_{w,out} \cdot C_{p,w,out} \cdot (T_{st2} - T_{st1})]}{(\dot{m}_{C_3H_8} \cdot LHV_{C_3H_8})} \quad (6)$$

3.5 Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan nilai kalor LPG eksperimental dan efisiensi kalorimeter aliran disajikan dalam bentuk grafik 3.1 dan 3.2.



Gambar 3.1 Grafik Nilai Kalor LPG Eksperimental



Gambar 3.2 Grafik Efisiensi Kalorimeter Aliran

3.6 Hasil dan Analisis Perbandingan Dengan Variasi Debit LPG

Hasil perbandingan variasi debit LPG terhadap nilai kalor LPG eksperimental dan efisiensi kalorimeter aliran disajikan pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 Data Perbandingan Hasil Perhitungan

Debit LPG	Debit Udara	Debit Air	Nilai Kalor Eksperimental	Efisiensi Kalorimeter	Sumber
LPM	LPM	LPM	kJ/kg	%	
0,2	4,8	1	37.990,19	78,1	Data Mulyo
0,3	7,2	1	38.261,25	77,8	
0,4	9,6	1	33.103,01	65,6	Data Andi
0,5	12	1	30.221,18	58,9	

Berdasarkan tabel 3.5, dapat diketahui bahwa nilai kalor eksperimental LPG tertinggi adalah 38.261,25 kJ/kg pada variasi debit LPG 0,3 LPM dan nilai kalor eksperimental LPG terendah adalah 30.221,18 kJ/kg pada variasi debit LPG 0,5 LPM. Dapat dikatakan juga semakin besar debit LPG maka nilai kalor eksperimental akan semakin kecil (menurun). Nilai efisiensi kalorimeter aliran tertinggi adalah 78,1 % pada variasi debit LPG 0,2 LPM dan efisiensi kalorimeter aliran terendah adalah 58,9% pada variasi debit LPG 0,5 LPM. Dapat dikatakan juga semakin besar jumlah debit LPG maka nilai efisiensi kalorimeter aliran akan semakin kecil (menurun).

Penelitian ini juga menggunakan perbandingan debit LPG berdasarkan pembakaran LPG secara Teoritik. Sehingga udara yang digunakan adalah udara teoritik. Ada dugaan bahwa pembakaran LPG secara eksperimental ini masih menyisakan bahan bakar di dalam produk. Sehingga kalor yang dilepaskan oleh pembakaran LPG kurang maksimal.

Berdasarkan tabel perbandingan hasil dan teori penelitian, perbedaan (penurunan) nilai kalor eksperimental LPG dan efisiensi kalorimeter dipengaruhi oleh jumlah atau banyaknya kalor yang dapat diserap oleh penyerap kalor (air) serta jumlah udara sebagai pembakarnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu pembakaran atau semakin besar jumlah debit LPG, harus diiringi dengan memperbesar luas penampang penyerap kalor atau dengan cara memperbesar jumlah debit air sebagai penyerap kalor serta menambahkan udara melebihi jumlah udara teoritik agar bahan bakar terbakar habis. Dengan demikian, nilai kalor LPG secara teoritik akan tercapai.

4. KESIMPULAN

Dari pengujian dan penelitian yang sudah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan, sebagai berikut :

1. Nilai kalor LPG eksperimental terendah adalah 30.221,18 kJ/kg yaitu pada variasi debit LPG 0,5 LPM dan nilai kalor LPG eksperimental tertinggi adalah 33.103,1 kJ/kg yaitu pada variasi debit LPG 0,4 LPM.
2. Nilai kalor LPG teoritis (LHV = 46.454,31 kJ/kg) memiliki perbedaan nilai dengan hasil nilai kalor LPG eksperimental (LHV = 30.221,18 kJ/kg). Hal ini dapat terjadi karena luas penampang penyerap kalornya kurang besar (kurang tepat) serta jumlah udara pembakaran menggunakan jumlah udara teoritik.
3. Hasil efisiensi kalorimeter aliran terendah yaitu variasi debit LPG 0,5 LPM = 58,8% dan efisiensi kalorimeter aliran tertinggi yaitu variasi debit LPG 0,4 LPM = 65,6%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Herlambang, Bambang dan Djuhana. 2016. *Modifikasi Sebuah Prototipe Kalorimeter Bahan Bakar untuk Meningkatkan Akurasi Pengukuran Nilai Kalor Bahan Bakar Cair*. Tangerang: Universitas Pamulang.
- [2] Wahyudi. 2006. *Penelitian Nilai Kalor Biomassa : Perbandingan antara Hasil Pengujian dengan Hasil Perhitungan*. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika. 9 (2) : 208-220
- [3] Pambudi, R.M. 2017. Miftah Rakatama. 2017. *Pengaruh Variasi Bukaannya Katup Gas pada Debit Air 2 LPM terhadap Nilai Kalor dan Efisiensi Flow Calorimeter dengan Bahan Bakar LPG*. Yogyakarta : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [4] Kriswandari, P.D. 2017. *Pengaruh Variasi Bukaannya Katup Gas pada Debit Air 1 LPM terhadap Nilai Kalor dan Efisiensi Flow Calorimeter dengan Bahan Bakar LPG*. Yogyakarta : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [5] Cengel, Yunus A dan M.A, Boles. 2005. *Thermodynamics and Engineering Approach 5th Edition*. McGraw-Hill Collage. Boston.
- [6] Sulaeman, Cecep dan Kurnadi. 2011. *Kalibrasi Sensor Temperatur dengan Metoda Perbandingan dan Simulasi*. Jakarta : Politeknik Negeri Jakarta.

