

**PENGARUH VARIASI BUKAAN KATUP GAS PADA DEBIT ALIRAN  
AIR 2 LPM TERHADAP NILAI KALOR DAN EFISIENSI *FLOW*  
*CALORYMETER* DENGAN BAHAN BAKAR LPG**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan kepada Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
guna melengkapi syarat-syarat  
untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Mesin**

**Disusun oleh :**

**Miftah Rakatama Pambudi  
20130130266**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
2017**

## KATA PENGANTAR

*Asalamualaikum Wr. Wb.*

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan ramhat, karunia serta hidayah-Nya sehingga penulis masih dalam keadaan iman dan ihsan. Atas petunjuk dan ridho-Nya pula, penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir yang berjudul “Pengaruh variasi bukaan katub gas pada debit aliran air 2 LPM terhadap nilai kalor dan efisiensi *flow calorimeter* dengan bahan bakar LPG” dengan baik dan lancar tanpa halangan yang berarti. Shalawat serta salam juga penulis haturkan kepada Rasulullah SAW yang telah membawa manusia kepada zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang studi strata 1 bidang Teknik di Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Kelancaran dalam mempersiapkan dan menyelesaikan penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karenanya, dengan penuh rasa hormat, penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T.,M.Eng Sc, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Tito Hadji Agung S, S.T.,M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama penyusunan tugas akhir.
3. Bapak Thoharudin, S.T.,M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama penyusunan tugas akhir.
4. Bapak Wahyudi, S.T.,M.T., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan, koreksi dan saran yang sangat membangun dan bermanfaat bagi penulis.
5. Staf pengajar, Laboran dan Tata Usaha Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

6. Kedua orang tua tercinta dan segenap keluarga yang selalu memberikan dukungan, baik berupa moral maupun materil.
7. Teman-teman Teknik Mesin yang selalu memberikan bantuan dan semangat selama pengerjaan tugas akhir.
8. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Semoga Allah SWT memberikan balasan limpahan Rahmat dan Karunia-Nya, serta kelapangan hati atas segala kebaikan yang mereka berikan. Penulis menyadari dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangannya, untuk itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang dapat menambah pengetahuan serta lebih menyempurnakan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan khususnya bagi penulis.

*Wassalamualaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, Desember 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMBANG, NOTASI DAN SINGKATAN</b> .....	xiv
<b>INTISARI</b> .....	xvi
<b>ABSTRACT</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	2
1.3    Batasan Masalah.....	2
1.4    Tujuan Penelitian.....	3
1.5    Manfaat Penelitian.....	3
1.6    Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI</b> .....	5
2.1    Tinjauan Pustaka .....	5
2.2    Dasar Teori .....	6
2.2.1    Kalorimeter .....	6
2.2.2    Liquefied Petroleum Gas (LPG) .....	8
2.2.3    Nilai Kalor ( <i>Heating Value</i> ).....	9
2.2.4    Sifat Thermal Zat .....	9

2.2.5	Perpindahan Panas .....	10
2.2.6	Proses dan Reaksi Pembakaran.....	13
2.2.7	Entalpi Pembakaran, Entalpi Reaksi dan Entalpi Pembentukan.....	15
2.2.8	Temperatur Nyala Adiabatik.....	16
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>18</b>
3.1.	Pendekatan Penelitian.....	18
3.2.	Tempat Penelitian.....	18
3.3.	Bahan.....	18
1.	<i>Liquefied Petroleum Gas (LPG)</i> .....	18
2.	Air.....	19
3.4.	Alat .....	19
1.	Kalorimeter Aliran .....	19
2.	Burner.....	20
3.	Regulator .....	21
4.	Selang gas.....	21
5.	Selang air.....	22
6.	<i>Thermocouple</i> .....	22
7.	<i>Thermoreader</i> .....	23
8.	<i>Flowmeter</i> .....	23
9.	Timbangan massa.....	24
10.	<i>Stopwatch</i> .....	25
11.	<i>Clamp</i> .....	25
12.	<i>Thermometer</i> .....	26
13.	Kipas angin .....	26
14.	Pemantik api .....	27

15.	<i>Alumunium foil</i> .....	27
3.5.	Prosedur Penelitian.....	28
3.6.	Diagram Alur.....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....		32
4.1	Nilai Kalor secara Teoritis .....	32
4.2	Kalibrasi .....	33
4.3	Hasil Kalibrasi .....	35
4.4	Hasil Pengujian <i>Flow Calorimeter</i> dengan LPG.....	38
4.4.1	Debit Aliran 2 LPM dengan Bukaannya Katup Gas $\frac{1}{8}$ .....	38
4.4.2	Debit Aliran 2 LPM dengan Bukaannya Katup Gas $\frac{1}{4}$ .....	46
4.4.3	Debit Aliran 2 LPM dengan Bukaannya Katup Gas $\frac{1}{2}$ .....	54
4.5	Hasil Perhitungan Debit 2 LPM .....	62
4.6	Perbandingan Perhitungan Hasil Debit 1 LPM dan 2 LPM .....	63
<b>BAB V PENUTUP</b> .....		64
5.1	Kesimpulan.....	64
5.2	Saran .....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		65
<b>LAMPIRAN</b> .....		68

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kalorimeter Aliran (Rahardi 2017) .....	7
Gambar 2.2 Kalorimeter Bomb (Rahardi 2017) .....	8
Gambar 2.3 <i>Liquefield Petroleum Gas (LPG)</i> .....	8
Gambar 2.4 Skema proses pembakaran ( <i>Joseph, 1991</i> ) .....	16
Gambar 3.1 <i>Liquefied Petroleum Gas (LPG)</i> .....	19
Gambar 3.2 Alat kalorimeter aliran ( <i>flow calorimeter</i> ) .....	20
Gambar 3.3 Burner .....	20
Gambar 3.4 Regulator .....	21
Gambar 3.5 Selang Gas .....	21
Gambar 3.6 Selang Air .....	22
Gambar 3.7 <i>Thermocouple</i> tipe K .....	22
Gambar 3.8 <i>Thermoreader</i> .....	23
Gambar 3.9 <i>Flow Meter</i> .....	24
Gambar 3.10 Timbangan Massa Digital .....	24
Gambar 3.11 <i>Stopwatch</i> .....	25
Gambar 3.12 <i>Clamp</i> .....	25
Gambar 3.13 <i>Thermometer</i> .....	26
Gambar 3.14 Kipas Angin .....	26
Gambar 3.15 Pemantik Api .....	27
Gambar 3.16 <i>Alumunium foil</i> .....	27
Gambar 3.17 Diagram alur penelitian .....	30
Gambar 4.1 kegiatan kalibrasi <i>thermocoupe</i> l .....	34
Gambar 4.2 Grafik Kalibrasi $T_1$ .....	36
Gambar 4.3 Grafik suhu $T_4$ terhadap waktu pada katub $\frac{1}{8}$ .....	39
Gambar 4.4 Grafik penurunan massa LPG terhadap waktu pada katub $\frac{1}{8}$ .....	39
Gambar 4.5 Grafik suhu $T_2$ terhadap waktu pada katub $\frac{1}{8}$ .....	40
Gambar 4.6 Kesetimbangan Energi pada <i>Flow Calorymeter</i> .....	45
Gambar 4.7 Grafik suhu $T_4$ terhadap waktu pada katub $\frac{1}{4}$ .....	47
Gambar 4.8 Grafik penurunan massa gas LPG terhadap waktu pada katub $\frac{1}{4}$ .....	47
Gambar 4.9 Grafik suhu $T_2$ terhadap waktu pada katub $\frac{1}{4}$ .....	48

Gambar 4.10 Grafik suhu $T_4$ terhadap waktu pada katub $\frac{1}{2}$ .....	55
Gambar 4.11 Grafik penurunan massa gas LPG terhadap waktu pada katub $\frac{1}{2}$ ...	55
Gambar 4.12 Grafik $T_2$ terhadap waktu pada katub $\frac{1}{2}$ .....	56
Gambar 4.13 Grafik Hasil Nilai Kalor .....	62
Gambar 4.14 Grafik Hasil Efisiensi .....	62



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Entalpi pembakaran pada 25°C, 1 atm ( <i>Joseph, 1991</i> ).....	16
Tabel 4.1 Data kalibrasi keseluruhan .....	35
Table 4.2 Data kalibrasi alat termokopel T <sub>5</sub> sampai dengan T <sub>8</sub> .....	37
Table 4.3 Data hasil pengujian debit 2 LPM katup 1/8.....	38
Tabel 4.4 Data hasil pengujian debit 2 LPM bukaan katup 1/4 .....	46
Tabel 4.5 Data hasil pengujian debit aliran 2 LPM katup gas 1/2 .....	54
Tabel 4.6 Data perhitungan 2 LPM.....	62
Tabel 4.7 Data perbandingan hasil.....	63

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel A-1 <i>Properties Tables and Charts (SI units) Appendix 1</i> .....	68
Lampiran 2. Tabel A-2a <i>Properties Tables and Charts (SI units) Appendix 1</i> ....	69
Lampiran 3. Tabel A-2b <i>Properties Tables and Charts (SI units) Appendix 1</i> ....	70
Lampiran 4. Tabel A-2c <i>Properties Tables and Charts (SI units) Appendix 1</i> ....	71
Lampiran 5. Tabel A-3a <i>Properties Tables and Charts (SI units) Appendix 1</i> ....	72
Lampiran 6. Tabel A-15 <i>Properties Tables and Charts (SI units) Appendix 1</i> ....	73
Lampiran 7. Tabel A-26 <i>Properties Tables and Charts (SI units) Appendix 2</i> ....	74
Lampiran 8. Tabel <i>Emissivities of some material at 300 K</i> .....	75
Lampiran 9. Grafik yang terbentuk dari data kalibrasi T <sub>2</sub> .....	76
Lampiran 10. Grafik yang terbentuk dari kalibrasi T <sub>3</sub> .....	76
Lampiran 11. Grafik yang terbentuk dari dari kalibrasi T <sub>4</sub> .....	77
Lampiran 12. Grafik yang terbentuk dari dari kalibrasi T <sub>5</sub> .....	77
Lampiran 13. Grafik yang terbentuk dari dari kalibrasi T <sub>6</sub> .....	78
Lampiran 13. Grafik yang terbentuk dari dari kalibrasi T <sub>7</sub> .....	78
Lampiran 14. Grafik yang terbentuk dari dari kalibrasi T <sub>8</sub> .....	79

## DAFTAR LAMBANG, NOTASI DAN SINGKATAN

AFR	: <i>Air Fuel Ratio</i> aktual
AFR <sub>st</sub>	: <i>Air Fuel Ratio</i> stoikiometris
$m_{udara}$	: Massa udara
$m_{bb}$	: Massa bahan bakar
$\phi$	: <i>Equivalence ratio</i>
HV	: <i>Heating value</i>
HHV	: <i>Highest heating value</i>
LHV	: <i>Lowest heating value</i>
H <sub>Pgas</sub>	: Kalor produk gas
H <sub>Pliquid</sub>	: Kalor produk cair
H <sub>R</sub>	: Kalor reaksi
LPG	: <i>Liquid Petroleum Gas</i>
$h_f^\circ$	: Entalpi pembentukan
Mr	: Massa molar
T <sub>1</sub>	: <i>Termocouple</i> 1 (air masuk)
T <sub>2</sub>	: <i>Termocouple</i> 2 (air keluar)
T <sub>3</sub>	: <i>Termocouple</i> 3 (gas masuk)
T <sub>4</sub>	: <i>Termocouple</i> 4 (gas keluar)
T <sub>5</sub>	: <i>Termocouple</i> 5 (dinding tabung kalorimeter)
T <sub>6</sub>	: <i>Termocouple</i> 6 (dinding tabung kalorimeter)
T <sub>7</sub>	: <i>Termocouple</i> 7 (jarak 10 cm dari T <sub>5</sub> )
T <sub>8</sub>	: <i>Termocouple</i> 8 (jarak 10 cm dari T <sub>6</sub> )
T <sub>st1</sub>	: <i>Termocouple</i> 1 (air masuk) terkalibrasi
T <sub>st2</sub>	: <i>Termocouple</i> 2 (air keluar) terkalibrasi
T <sub>st3</sub>	: <i>Termocouple</i> 3 (gas masuk) terkalibrasi
T <sub>st4</sub>	: <i>Termocouple</i> 4 (gas keluar) terkalibrasi
T <sub>st5</sub>	: <i>Termocouple</i> 5 (dinding atas tabung kalorimeter) terkalibrasi
T <sub>st6</sub>	: <i>Termocouple</i> 6 (dinding bawah tabung kalorimeter) terkalibrasi
T <sub>st7</sub>	: <i>Termocouple</i> 7 (jarak 10 cm dari T <sub>6</sub> ) terkalibrasi

$T_{st8}$	: <i>Termocouple</i> 8 (jarak 10 cm dari $T_6$ ) terkalibrasi
$\Delta m$	: Massa pengurangan LPG
LPM	: Liter per menit
$R^2$	: Regresi
$Q_{los}$	: Kalor lepas
$\sum \dot{E}_{in}$	: Energi masuk
$\sum \dot{E}_{out}$	: Energi keluar
$\dot{m}$	: Massa
$C_p$	: Kalor jenis
$\eta_{flow\ calorimeter}$	: Efisiensi kalorimeter aliran