

**TUGAS AKHIR**

**PENENTUAN NILAI KALOR EKSPERIMENTAL LPG DENGAN VARIASI UDARA  
BERLEBIH PADA 0,4 LPM DEBIT LPG DAN 1,5 LPM DEBIT AIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat  
Strata-1 Pada Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



**UMY**

**UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH  
YOGYAKARTA**

**Unggul & Islami**

**Disusun Oleh:**

**RIDO FEBRIYANTO**

**20190130098**

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

**2023**

## HALAMAN PERNYATAAN

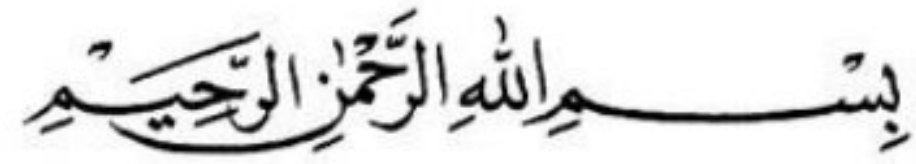
Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir yang saya buat adalah murni hasil karya saya sendiri dan tidak terdapat karya tulis ilmiah yang sudah pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di Perguruan Tinggi dan sepanjang riset saya juga tidak terdapat karya yang sudah ditulis maupun yang dipublikasikan oleh orang lain, kecuali pada penulisan telah disebutkan sumbernya dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, 23 Agustus 2023



*Rido Febriyanto*  
Rido Febriyanto

## HALAMAN PERSEMBAHAN



Dengan mengucapkan Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat-Nya dan atas dukungan dan doa dari orang-orang tercinta sehingga penulis bisa tetap tegar untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Oleh karena itu dengan rasa bahagia dan bangga penulis haturkan terimakasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Kedua orang tua, bapak Yaya dan ibu Kusniah yang selalu berdoa dan memberikan dukungan dalam segala hal apapun. Dalam hal ini penulis hanya dapat mendoakan semoga bapak dan ibu senantiasa diberikan kesehatan dan dibalas oleh Allah atas semua kebaikan, pengorbanan yang telah dilakukan bapak dan ibu, Aamiin.
2. Terimakasih kepada Tito Hadji Agung Santosa, S.T., M.T. dan Thoharudin, S.T., M.T., Ph.D. yang telah menjadi pembimbing dan mengajari banyak hal sehingga dapat menyelesaikan naskah ini sesuai yang diharapkan.
3. Bapak ibu dosen dan staf serta laboran Program Studi S1 Teknik Mesin yang telah memberikan banyak pengalaman dan bantuan kepada penulis selama berada di lingkungan Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Teman-teman satu kelas C yang selalu membantu selama masa perkuliahan dan telah memberikan suasana baru selama 4 tahun bersama - sama. Semoga kebaikan kalian dibalas oleh Allah S.W.T.
5. Teman-teman seluruh angkatan 2019 yang berjuang bersama semasa perkuliahan.

6. Teman-teman satu kelompok Tugas Akhir Kalorimeter Aliran, mas Anggi, mas Anwar, mas Deni, mas Gondan, dan mas Restu yang telah membantu selama pengambilan data, pengolahan data, dan penulisan. Semoga semua yang telah dilakukan mendapatkan balasan yang setimpal oleh Allah S.W.T.
7. Teruntuk semua orang yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu terimakasih sebesar-besarnya karena telah menjadi guru dalam kehidupan.

Yogyakarta, 23 Agustus 2023



Rido Febriyanto

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah S.W.T, atas segala rahmat, hidayah, barokah dan inayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi/tugas akhir sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang berjudul **“Penentuan Nilai Kalor Eksperimental Lpg dengan Variasi Udara Berlebih pada 0,4 LPM Debit LPG Dan 1,5 LPM Debit Air”**. Dalam perkembangan zaman penggunaan gas LPG semakin meningkat dan banyak digunakan oleh kalangan ibu-ibu sebagai media penghasil energi panas/kalor. Setiap bahan bakar memiliki nilai kalor yang bisa diteliti dengan penelitian kalorimeter, dengan perubahan nilai kalor yang berbeda-beda sesuai dengan debit pada LPG.

Penelitian ini dilakukan dengan penambahan variasi udara sebanyak 0, 10, 20, 30, 40, 50 dan 60% debit air dengan volume aliran sebanyak 1,5 LPM disalurkan melalui pipa bertekanan dan masuk ke ruang bakar serta fluida akan keluar melalui pipa pembuangan. Proses pengambilan data dilakukan setiap 1menit dengan alat bantu Data Logger, pengujian yang dilakukan adalah penentuan nilai kalor dan efisiensi pada pembakaran.

Dalam penyusunan skripsi/tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan penyusunan skripsi ini. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademis yang wajib guna menyelesaikan studi bagi mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Yogyakarta, 23 Agustus 2023

Penulis



Rido Febriyanto

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iv
INTISARI.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori .....	7
2.2.1 Kalorimeter .....	7
2.2.2 <i>Liquefied Petroleum Gas (LPG)</i> .....	9
2.2.3 Kalor dan Nilai Kalor.....	10
2.2.4 Perpindahan Kalor.....	11
2.2.5 Proses Reaksi Pembakaran.....	13
2.2.6 Entalpi dan Perubahannya.....	15
2.2.7 Suhu Nyala Adiabatik .....	17

2.2.8	Efisiensi Kalorimeter Aliran .....	18
2.2.9	Nilai Kalor LPG PT. Pertamina .....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		20
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	20
3.2	Alur Penelitian.....	21
3.3	Bahan.....	22
3.2.1	<i>Liquefied Petroleum Gas (LPG)</i> .....	22
3.2.2	Udara .....	23
3.2.3	Air .....	23
3.4	Alat .....	23
3.5	Skema Kerja Kalorimeter Aliran.....	30
3.6	Prosedur Penelitian.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		32
4.1	Nilai Kalor Teoritis LPG.....	32
4.2	Kalibrasi .....	35
4.3	Perhitungan Debit Udara Berlebih ( <i>Excess Air</i> ).....	39
4.4	Hasil Pengujian Kalorimeter .....	45
4.5	Hasil Perhitungan .....	54
4.6	Perhitungan Toleransi Alat Ukur .....	55
4.7	Analisis jelaga pada berbagai variasi <i>Excess Air</i> .....	58
4.8	Pengaruh Penambahan Udara Berlebih ( <i>Excess Air</i> ) .....	58
BAB V PENUTUP.....		62
5.1	Kesimpulan.....	62
5.2	Saran .....	63
DAFTAR PUSTAKA .....		64
LAMPIRAN.....		67

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kalorimeter Aliran .....	8
Gambar 2. 2 Kalorimeter Bom.....	9
Gambar 2. 3 LPG ( <i>Liquefied Petroleum Gas</i> ) .....	9
Gambar 2. 4 Skema Perubahan Entalpi Proses Pembakaran .....	17
Gambar 2. 5 Suhu Nyala Rasio Udara Bahan Bakar .....	17
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....	20
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan).....	21
Gambar 3. 3 (LPG).....	22
Gambar 3. 4 Kalorimeter Aliran .....	23
Gambar 3. 5 Rotameter Air.....	24
Gambar 3. 6 Rorameter Udara .....	24
Gambar 3. 7 Rotameter Gas LPG .....	25
Gambar 3. 8 Katup (valve).....	25
Gambar 3. 9 Kompresor.....	25
Gambar 3. 10 Kabel <i>Thermocouple</i> .....	26
Gambar 3. 11 <i>Thermometer</i> .....	26
Gambar 3. 12 <i>Thermometer</i> Air Raksa .....	27
Gambar 3. 13 Pematik Api.....	27
Gambar 3. 14 <i>Burner</i> .....	27
Gambar 3. 15 Regulator .....	28
Gambar 3. 16 Selang Gas.....	28
Gambar 3. 17 Selang Air.....	28
Gambar 3. 18 Selang Udara .....	29
Gambar 3. 19 <i>Clamp</i> .....	29
Gambar 3. 20 Skema Kerja Kalorimeter Aliran.....	30
Gambar 4. 1 Hasil Kalibrasi T <sub>1</sub> .....	36
Gambar 4. 2 Hasil Kalibrasi T <sub>2</sub> .....	37
Gambar 4. 3 Hasil Kalibrasi T <sub>3</sub> .....	37
Gambar 4. 4 Hasil Kalibrasi T <sub>4</sub> .....	38



Gambar 4. 5 Sekma Pembakaran Pada Kalorimeter Aliran (Cengel, 2015).....	51
Gambar 4. 6 Grafik Nilai Kalor Eksperimental .....	54
Gambar 4. 7 Grafik Efisiensi Kalorimeter Aliran .....	55
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Nilai Kalor Perhitungan Akurasi Alat ukur ...	57

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai Kalor PT. Pertamina.....	19
Tabel 3. 1 Alat Penelitian.....	23
Tabel 4. 1 Persamaan Kalibrasi Pada Setiap Thermocouple.....	38
Tabel 4. 2 Tabel Udara Pembakaran Pada Thermocouple .....	44
Tabel 4. 3 Suhu Standar Thermocouple .....	45
Tabel 4. 4 Kalor jenis Setiap Unsur Pada Pembakaran Propana.....	46
Tabel 4. 5 Jumlah mol Pada 1 Kmol Propana.....	47
Tabel 4.6 Jumlah Massa Komponen Pada 1 Kmol Propana .....	48
Tabel 4. 7 Laju Aliran Masaa Pembakaran Propana.....	50
Tabel 4. 8 Nilai Kalor Eksperimental LPG.....	52
Tabel 4. 9 Efisiensi Kalorimeter Aliran .....	53
Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Kalorimeter Aliran .....	54
Tabel 4. 11 suhu stedy EA 0% .....	56
Tabel 4. 12 Suhu Nilai Kalor dengan Perhitungan Toleransi .....	57
Tabel 4. 13 Perbandingan Data Hasil Pengujian Kalorimeter Aliran .....	59

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Kalibrasi Thermometer Air Raksa dan Thermocouple .....	67
Lampiran 2. Data Hasil Pengujian pada Variasi EA 0% .....	69
Lampiran 3. Data Hasil Pengujian pada Variasi EA 10% .....	70
Lampiran 4. Data Hasil Pengujian pada Variasi EA 20% .....	71
Lampiran 5. Data Hasil Pengujian pada Variasi EA 30% .....	73
Lampiran 6. Data Hasil Pengujian pada Variasi EA 40% .....	75
Lampiran 7. Data Hasil Pengujian pada Variasi EA 50% .....	76
Lampiran 8. Data Hasil Pengujian pada Variasi EA 60% .....	78
Lampiran 9. Grafik Suhu $T_2$ dan $T_4$ Pada EA 0% .....	80
Lampiran 10. Grafik Suhu $T_2$ dan $T_4$ Pada EA 10% .....	81
Lampiran 11. Grafik Suhu $T_2$ dan $T_4$ Pada EA 20% .....	82
Lampiran 12. Grafik Suhu $T_2$ dan $T_4$ Pada EA 30% .....	83
Lampiran 13. Grafik Suhu $T_2$ dan $T_4$ Pada EA 40% .....	84
Lampiran 14. Grafik Suhu $T_2$ dan $T_4$ Pada EA 50% .....	85
Lampiran 15. Grafik Suhu $T_2$ dan $T_4$ Pada EA 60% .....	86
Lampiran 16. Tabel A-1 Termodinamika, Satuan SI (Cengel, 2015).....	87
Lampiran 17. Tabel A-2 (b) Termodinamika, Satuan SI (Cengel, 2015) .....	88
Lampiran 18. Tabel A-2 (c) Termodinamika, Satuan SI (Cengel, 2015) .....	89
Lampiran 19. Tabel A-3 (a) Termodinamika, Satuan SI (Cengel, 2015) .....	90
Lampiran 20. Tabel A-26 Termodinamika, Satuan SI (Cengel, 2015).....	91

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Q	: Perpindahan Kalor (J)
m	: Massa zat (kg)
c	: Kalor jenis zat (J/kg ° C)
C	: Kapasitas kalor (J/°C)
$\Delta T$	: Perubahan suhu (° C)
$\dot{Q}$	: Laju perpindahan kalor (Watt)
t	: Waktu (detik)
T	: Suhu Mutlak (K)
k	: Konduktivitas termal (W/m.K)
h	: Koefisien konveksi (W/m <sup>2</sup> .K)
A	: Luas permukaan (m <sup>2</sup> )
L	: Panjang (m)
$\sigma$	: $5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ (tetapan <i>Stefan-Boltzmann</i> )
LHV	: <i>Low Heating Value</i> (kJ/kg bahan bakar)
HHV	: <i>High Heating Value</i> (kJ/kg bahan bakar)
$m_w$	: Pengembunan dari massa air setelah proses pembakaran (kg)
$m_{bb}$	: Massa bahan bakar (kg)
AFR	: Massa bahan bakar (kg)
$AFR_{sto}$	: <i>Air Fuel Ratio</i> stoikiometri
$AFR_{akt}$	: <i>Air Fuel Ratio</i> aktual
$m_{air}$	: Massa udara pembakaran (kg)
$m_{fuel}$	: Massa bahan bakar (kg)
$\phi$	: <i>Equivalence Ratio</i> ( $AFR_{sto}/AFR_{akt}$ )
$\Delta H$	: Perubahan entalpi (kJ)
$H_P$	: Entalpi produk (kJ/kmol)
$H_R$	: Entalpi reaktan (kJ)
$\Delta H^{\circ}_{rxn}$	: Entalpi reaksi standar (kJ)
$\Delta H^{\circ}_f$	: Perubahan Entalpi Pembentukan Standar (kJ/mol)
$H^{\circ}_c$	: Perubahan Entalpi Pembakaran Standar (kJ/mol)

$W$	: <i>Work energy transfer</i> oleh perbedaan suhu (kJ/kmol)
$N_p$	: Molar produk
$N_r$	: Molar reaktan
$\bar{h}$	: Entalpi pada suhu kondisi adiabatik (kJ/kmol)
$\bar{h}^\circ$	: Entalpi pada suhu tertentu (kJ/kmol)
EA	: <i>Excess Air</i>
$T_1$	: Suhu air masuk ( $^\circ\text{C}$ )
$T_2$	: Suhu air keluar ( $^\circ\text{C}$ )
$T_3$	: Suhu air udara lingkungan ( $^\circ\text{C}$ )
$T_4$	: Suhu gas buang pembakaran ( $^\circ\text{C}$ )
$Q_{loss}$	: Kerugian Kalor (J)
NK LPG	: Nilai Kalor Eksperimental LPG
$\eta_{FC}$	: Efisiensi <i>flow calorimeter</i>
$H_{P,gas}$	: Nilai entalpi fasa gas (kJ/kmol)
$H_{P,liquid}$	: Nilai entalpi fasa cair (kJ/kmol)
$T_{st}$	: Suhu standar ( $^\circ\text{C}$ )
$N$	: Jumlah mol
$\dot{V}_{udara}$	: Debit Udara (LPM)
$C_p$	: Kalor Jenis (kJ/(kg.K))
$M_r$	: Massa Molar kg/kmol
$\rho_{C_3H_8}$	: Massa jenis LPG propana ( $\text{kg/m}^3$ )
$\rho_{udara}$	: Massa jenis udara ( $\text{kg/m}^3$ )
$\rho_{air}$	: Massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )