

# **TUGAS AKHIR**

## **PENENTUAN NILAI KALOR EKSPERIMENTAL LPG DENGAN VARIASI UDARA BERLEBIH PADA 0,2 LPM DEBIT LPG DAN 1 LPM DEBIT AIR**

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



Disusun Oleh:

**DENI TERDIANA**

**20190130131**

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2023**

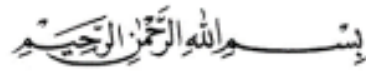
## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir yang saya buat 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, 30 Agustus 2023



## HALAMAN PERSEMBAHAN

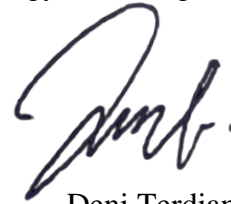


Dengan mengucapkan Alhamdulillahillobbil'amin, puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat-Nya dan atas dukungan dan do'a dari orang-orang tercinta sehingga penulis bisa tetap tegar untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Oleh karena itu dengan rasa bahagia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

1. Kedua orang tua, Bapak Giyatno dan Ibu Rubiyatin yang telah memberikan dukungan moril maupun materi serta do'a yang tiada henti untuk kesuksesan saya, karena tiada kata seindah lantunan do'a dan tiada do'a yang paling khusuk selain do'a yang terucap dari orang tua. 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 kepada saya.
2. Terimakasih kepada Tito Hadji Agung Santosa, S.T., M.T. dan Dr. Teddy Nurcahyadi, S.T., M.Eng. 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 S-1 Teknik Mesin UMY yang telah memberikan banyak pengalaman dan bantuan kepada penulis selama berada di lingkungan Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Teman-teman satu kelas (Enfrocas) yang selalu membantu selama masa perkuliahan dan telah memberikan suasana baru selama 4 tahun bersama - sama. Semoga kebaikan kalian dibalas oleh Allah SWT.
5. Teman-teman satu kelompok Tugas Akhir Kalorimeter Aliran, Mas Anggi, Ageng, Anwar Gondhan, Rido, dan Mas Fai yang telah membantu selama pengambilan data, pengolahan data, dan penulisan. Semoga semua yang telah dilakukan mendapatkan balasan yang setimpal oleh Allah SWT.

6. Teman-teman pengurus HMM yang telah memberi pengalaman dan tambahan ilmu untuk bekal yang akan datang. Terimakasih atas ilmunya yang didapat, semoga kedepannya lebih baik.
7. Nur Chamidah Azizah, terimakasih sudah memotivasi saya dalam penggarapan skripsi sehingga dapat terselesaikan dengan tepat waktu.
8. Teruntuk semua orang yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu terimakasih sebesar-besarnya karena telah menjadi guru dalam kehidupan.

Yogyakarta, Agustus 2023



Deni Terdiana

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan kenikmatan serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Penentuan Nilai Kalor Eksperimental LPG dengan Variasi Udara Berlebih pada 0,2 LPM Debit LPG dan 1 LPM Debit Air”**. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang merupakan suri tauladan kita yang telah membawa kita dari zaman kegelapan menuju zaman terang benderang yang penuh ilmu ini. Pada tugas akhir ini penulis melakukan sebuah penelitian tentang penentuan nilai kalor eksperimental LPG dan efisiensi kalorimeter aliran dengan variasi udara berlebih pada debit LPG 0,2 LPM.

Penulis sangat bersyukur karena dapat menyelesaikan tugas akhir yang menjadi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Strata-1 pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Selain itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak terkait yang telah membantu penulis dalam proses pembuatan tugas akhir ini.

Penulis telah berusaha untuk menyusun tugas akhir ini dengan sebaik – baiknya, namun penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh sebab itu, adanya kritik dan saran yang positif serta membangun dari semua pihak merupakan masukan yang sangat berguna bagi penulis untuk kedepannya dapat memperbaiki penulisan lain di masa yang akan datang.

Yogyakarta, Agustus 2023

Penulis



Deni Terdiana

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>INTISARI.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
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
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....</b>	<b>4</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	4
2.2 Dasar Teori .....	5
2.2.1 Nilai Kalor Bahan Bakar.....	5
2.2.2 Standar Pengujian Bahan Bakar Gas .....	6
2.2.3 Kalorimeter .....	7
2.2.4 <i>Liquefied Petroleum Gas</i> .....	9
2.2.5 Perpindahan Kalor dan Nilai Kalor .....	9
2.2.6 Kalor Jenis dan Kapasitas Kalor.....	11
2.2.7 Perpindahan Kalor .....	12
2.2.8 Proses Reaksi Pembakaran .....	14
2.2.9 Entalpi dan Perubahannya .....	17

2.2.10 Efisiensi Kalorimeter .....	19
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>20</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	20
3.2 Bahan dan Alat Penelitian .....	23
3.2.1 Bahan Penelitian .....	23
3.2.2 Alat Penelitian.....	24
3.3 Prosedur Penelitian.....	28
3.3.1 Pendekatan Penelitian.....	28
3.3.2 Skema Alat Kalorimeter Aliran .....	29
3.4.3. Prosedur Pengujian .....	30
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>31</b>
4.1 Nilai Kalor LPG Teoritis .....	31
4.2 Kalibrasi .....	34
4.2.1 Hasil kalibrasi .....	35
4.3 Perhitungan Debit Debit <i>Excess Air</i> .....	38
4.3.1 Perhitungan Debit Udara Berlebih EA 0% .....	38
4.3.2 Perhitungan Debit Udara Berlebih EA10% .....	39
4.3.3 Perhitungan Debit Udara Berlebih EA 20% .....	39
4.3.4 Perhitungan Debit Udara Berlebih EA 30% .....	40
4.3.5 Perhitungan Debit Udara Berlebih EA 40% .....	41
4.3.6 Perhitungan Debit Udara Berlebih EA 50% .....	42
4.3.7 Perhitungan Debit Udara Berlebih EA 60% .....	42
4.4 Hasil Pengujian Kalorimeter .....	44
4.4.1 Nilai kalor Eksperimental LPG.....	44
4.4.1.1 Suhu Standar <i>Thermocouple</i> Pada Variasi EA.....	44
4.4.1.2 Kalor Jenis Setiap Unsur Pada Pembakaran Propana.....	45
4.4.1.3 Massa Molar Pada Pembakaran Propana .....	45
4.4.1.4 Jumlah Mol Pada 1 Kmol Propana.....	46
4.4.1.5 Jumlah Massa Komponen Pada 1 Kmol Propana.....	47
4.4.1.6 Laju Aliran Massa Pada Variasi EA.....	48
4.4.1.7 Perhitungan Nilai Kalor Eksperimental LPG .....	50

4.4.2 Efisiensi Kalorimeter Aliran .....	52
4.5 Hasil Perhitungan .....	53
4.6 Akurasi dan Presisi Alat Ukur .....	54
4.6.1 Perhitungan Nilai Kalor Eksperiental LPG dengan Akurasi Minimal	54
4.6.2 Perhitungan Nilai Kalor Eksperiental LPG dengan akurasi maksimal	56
4.6.3 Grafik Perbandingan Akurasi Minimal dan Maksimal .....	58
4.7 Pengaruh Penambahan Udara Berlebih (Excess Air) .....	59
4.7.1 Perbandingan Data Hasil Pengujian Kalorimeter Aliran .....	60
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>62</b>
5.2 Kesimpulan .....	62
5.2 Saran .....	63
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>64</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>67</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Alat Kalorimeter Aliran .....	8
Gambar 2. 2 Kalorimeter bom (Melville, 2014) .....	9
Gambar 2. 3 Skema Perubahan Entalpi Proses Pembakaran (Cengel, 2015) .....	18
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....	20
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian (lanjutan) .....	21
Gambar 3. 3 Kalorimeter Aliran .....	24
Gambar 3. 4 Rotameter Udara .....	24
Gambar 3. 5 Kompresor .....	24
Gambar 3. 6 Katup .....	25
Gambar 3. 7 Thermocouple .....	25
Gambar 3. 8 Thermoreader .....	25
Gambar 3. 9 Thermometer air raksa .....	26
Gambar 3. 10 Stopwatch .....	26
Gambar 3. 11 Pemantik api .....	26
Gambar 3. 12 Burner .....	26
Gambar 3. 13 Regulator .....	27
Gambar 3. 14 Selang .....	27
Gambar 3. 15 Clamp .....	27
Gambar 4. 1 Hasil Kalibrasi $T_1$ .....	35
Gambar 4. 2 Hasil Kalibrasi $T_2$ .....	36
Gambar 4. 3 Hasil Kalibrasi $T_3$ .....	36
Gambar 4. 4 Hasil Kalibrasi $T_4$ .....	37
Gambar 4. 5 Skema Pembakaran pada Flow Calorimeter .....	50
Gambar 4. 6 Perbandingan Nilai Kalor Eksperimental LPG dengan Variasi Excess Air .....	53
Gambar 4. 7 Perbandingan Nilai Efisiensi Kalorimeter Aliran dengan Variasi Excess Air .....	54
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Nilai Kalor pada Toleransi Alat Ukur .....	58
Gambar 4. 9 Grafik Perbandingan Efisiensi pada Toleransi Alat Ukur .....	58

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Kalor Teoritis dan P.T. Pertamina .....	6
Tabel 3.1 Bahan Penelitian .....	23
Tabel 3.2 Alat Penelitian.....	24
Tabel 4.1 Persamaan kalibrasi pada setiap Thermocouple .....	37
Tabel 4.2 Debit Udara Pembakaran Pada Kalorimeter .....	43
Tabel 4.3 Suhu Standart Thermocouple.....	44
Tabel 4.4 Kalor Jenis Setiap Unsur Pada Pembakaran Propana .....	45
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 Massa Pembakaran Propana .....	49
Tabel 4.8 Nilai Kalor Eksperimental LPG .....	51
Tabel 4.9 Nilai Efisiensi Kalorimeter Aliran .....	52
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Kalorimeter.....	53
Tabel 4.11 Tabel Suhu pada akurasi minimal.....	55
Tabel 4.12 Debit pada akurasi minimal .....	55
Tabel 4.13 Nilai kalor dan efisiensi pada akurasi minimal .....	56
Tabel 4.14 Tabel Suhu pada akurasi maksimal.....	56
Tabel 4.15 Debit pada akurasi maksimal .....	57
Tabel 4.16 Nilai kalor dan efisiensi pada akurasi maksimal.....	57
Tabel 4.17 Data Hasi Penelitian Sebelumnya .....	60
Tabel 4.18 Data Hasil Penelitian Terbaru .....	61

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

LPM	: Liter Per Menit
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 x 10 <sup>-8</sup> Wm <sup>2</sup> .K <sup>-4</sup> (tetapan Stefan-Boltzmann)
e	: Emisivitas (0 ≤ e ≤ 1)
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)
$h_{fg,w}$	: Entalpi penguapan air (= 2.441,7 kJ/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 <sub>P</sub>	: Entalpi produk (kJ/mol)
H <sub>R</sub>	: Entalpi reaktan (kJ/mol)

$\Delta H^{\circ}_{rxn}$	: 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>
T1	: Suhu air masuk (°C)
T2	: Suhu air keluar (°C)
T3	: Suhu air udara lingkungan (°C)
T4	: Suhu gas buang pembakaran (°C)
$Q_{loss}$	: Kerugian Kalor (J)
$NK_{LPG}$	: Nilai Kalor Eksperimental LPG
$\eta_{FC}$	: Efisiensi <i>flow calorimeter</i>
$HP_{,gas}$	: Nilai entalpi fasa gas (kJ/kmol)
$HP_{,liquid}$	: Nilai entalpi fasa cair (kJ/kmol)
Tst	: Suhu standar (°C)
N	: Jumlah mol
$\dot{V}_{udara}$	: Debit Udara (LPM)
$C_p$	: Kalor Jenis (kJ/(kg.K))
Mr	: Massa Molar kg/kmol
Ar	: Massa Atom Relatif
$\rho_{C3H8}$	: Massa jenis LPG propana (kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_{Udara}$	: Massa jenis udara (kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_{Air}$	: Massa jenis air (kg/m <sup>3</sup> )