

TUGAS AKHIR

**PENENTUAN NILAI KALOR EKSPERIMENTAL LPG DENGAN VARIASI UDARA
BERLEBIH PADA 0,4 LPM DEBIT LPG DAN 2 LPM DEBIT AIR**

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memenuhi
Gelar Sarjana pada Fakultas Teknik**



UMY
**UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH
YOGYAKARTA**

Unggul & Islami

Disusun Oleh :

RESTU AGENG DWIANTO

20190130119

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

2023

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa tugas akhir yang berjudul "**PENENTUAN NILAI KALOR EKSPERIMENTAL LPG DENGAN VARIASI UDARA BERLEBIH PADA 0,4 LPM DEBIT LPG DAN 2 LPM DEBIT AIR**" ini saya buat dengan hasil karya sendiri dan tidak terdapat plagiarisme yang dalam penyusunan. Atas pernyataan ini saya siap menanggung risiko/sanksi yang melibatkan kepada saya apabila ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan dalam penyusunan tugas akhir, atau terdapat klaim dari pihak lain terhadap keaslian tugas akhir saya.



Yogyakarta, 14 Juli 2023

Restu Ageng Dwianto

HALAMAN PERSEMBAHAN



Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya dan atas dukungan dan doa dari orang-orang tercinta sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Oleh karena itu, dengan rasa bangga dan bahagia penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Orang tua penulis, bapak Djoko Winarto dan ibu Ening Prihatin yang memberikan doa dan dukungan dalam segala hal. Dalam hal ini penulis tiada henti untuk mendoakan semoga bapak dan ibu agar diberikan kesehatan dan dibalas atas segala kebaikan, pengorbanan yang dilakukan bapak dan ibu oleh Allah SWT.
2. Kepada Tito Hadji Agung Santoso, S.T., M.T. dan Thoharudin, S.T., M.T., Ph. D yang telah bersedia menjadi pembimbing dan melatih banyak hal sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini sesuai yang diharapkan.
3. Bapak ibu dosen dan staf beserta laboran Program Studi S1 Teknik Mesin yang telah memberikan banyak bantuan dan pengalaman kepada penulis selama berada di lingkungan Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Kepada Shalsabila Radinda Hakiki merupakan teman dekat penulis yang selalu memberikan dukungan, bantuan, dan pengalaman kepada penulis selama proses penyusunan tugas akhir. Semoga kebaikan beliau dibalas oleh Allah SWT.
5. Teman-teman pada kelompok Tugas Akhir Kalorimeter Aliran, mas Gondhan, mas Anwar, mas Anggi, mas Rido, mas Deni yang telah membantu selama pengambilan data, pengolahan data, dan penyusunan tugas akhir. Semoga segala kebaikan dibalas yang setimpal oleh Allah SWT
6. Teman-teman seluruh angkatan 2019 yang berusaha bersama selama perkuliahan.

7. Teman-teman pengurus HMM yang telah memberikan dukungan dan pengalaman tambahan untuk bekal dunia pekerjaan yang akan datang.
8. Dan semua orang yang tidak disebutkan satu persatu, penulis mengucapkan banyak terimakasih karena telah menjadi pembelajaran dalam kehidupan.
- 9.

Yogyakarta, 14 Juli 2023

Penulis

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Restu Ageng Dwianto', with a blue and red stamp or mark to the left of the signature.

Restu Ageng Dwianto

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran 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 0,4 LPM DEBIT LPG DAN 2 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.

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, 14 Juli 2023



Restu Ageng Dwianto

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Dasar Teori.....	6
2.2.1 Kalorimeter	6
2.2.2 Liquified Petroleum Gas (LPG).....	7
2.2.3 Kalor dan Nilai Kalor.....	8
2.2.4 Kalor Jenis dan Kapasitas Kalor	10
2.2.5 Perpindahan Kalor.....	11
2.2.6 Efisiensi Kalorimeter Aliran	13
2.2.7 Pembakaran	14

2.2.8 Entalpi dan Perubahannya.....	16
2.2.9 Suhu Nyala Adiabatik	18
2.2.10 Nilai Kalor LPG Teoritis dan PT. Pertamina	19
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Bahan	20
3.1.1 <i>Liquid Petroleum Gas</i> (LPG).....	20
3.1.2 Air	20
3.1.3 Udara	20
3.2 Alat penelitian	21
3.3 Diagram Alir Penelitian	24
3.4 Alur Penelitian	27
3.5 Skema Alat Kalorimeter Aliran	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Nilai Kalor Teoritis LPG.....	29
4.2 Kalibrasi	31
4.2.1 Hasil Kalibrasi.....	33
4.3 Perhitungan Debit Udara Berlebih (<i>Excess Air</i>)	35
4.3.1 Perhitungan Debit Udara dengan EA 0%.....	35
4.3.2 Reaksi Pembakaran LPG dengan udara berlebih 10%.....	36
4.3.3 Reaksi Pembakaran LPG dengan udara berlebih 20%.....	37
4.3.4 Reaksi Pembakaran LPG dengan udara berlebih 30%.....	37
4.3.5 Reaksi Pembakaran LPG dengan udara berlebih 40%.....	38
4.3.6 Reaksi Pembakaran LPG dengan udara berlebih 50%.....	39
4.3.7 Reaksi Pembakaran LPG dengan udara berlebih 60%.....	39
4.4 Hasil Pengujian Kalorimeter	40
4.4.1 Nilai Kalor Eksperimental LPG	40
4.4.2 Nilai Efisiensi Kalorimeter Aliran	48
4.5 Hasil Perhitungan	49

4.6	Perhitungan Toleransi Alat ukur	50
4.7	Pengaruh pada Penambahan Udara Berlebih (<i>Excess Air</i>)	53
4.7.1	Perbandingan Data Hasil Pengujian Kalorimeter Aliran	54
BAB V PENUTUP.....		57
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA		59
LAMPIRAN.....		64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kalorimeter Aliran	7
Gambar 2.2 Kalorimeter Bom.....	7
Gambar 2.3 <i>Liquified Petroleum Gas</i> (LPG).....	8
Gambar 2. 4 Skema proses terjadinya pembakaran (Cengel, 2015)	18
Gambar 2. 5 Proses Pembakaran Adiabatik (Cengel, 2015).....	18
Gambar 3. 1 LPG (<i>Liquified Petroleum Gas</i>).....	20
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 3. 3 Skema Alat Kalorimeter.....	28
Gambar 4. 1 Hasil Kalibrasi T ₁	33
Gambar 4. 2 Hasil Kalibrasi T ₂	33
Gambar 4. 3 Hasil Kalibrasi T ₃	34
Gambar 4. 4 Hasil Kalibrasi T ₄	34
Gambar 4. 5 Bagan Pembakaran pada <i>Flow Calorimeter</i>	46
Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Nilai Kalor Eksperimental	50
Gambar 4. 7 Grafik Perbandingan Nilai Efisiensi Kalorimeter	50
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Nilai Kalor dengan Perhitungan Akurasi Alat ukur	53

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Persamaan Kalibrasi pada Setiap <i>Thermocouple</i>	35
Tabel 4. 2 Debit Udara Pembakaran pada Kalorimeter	40
Tabel 4. 3 Suhu standar <i>Thermocouple</i>	41
Tabel 4. 4 Kalor Jenis Setiap Unsur Pembakaran Propana.....	41
Tabel 4. 5 Jumlah Mol 1 dalam kmol Propana	43
Tabel 4. 6 Massa total komponen dalam 1 kmol Propana	44
Tabel 4. 7 Tabel Laju Aliran Massa Pembakaran Propana.....	45
Tabel 4. 8 Tabel Nilai Kalor Eksperimental LPG (C_3H_8).....	48
Tabel 4. 9 Tabel Nilai Efisiensi Kalorimeter Aliran.....	49
Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Kalorimeter Aliran	49
Tabel 4. 11 Suhu Tunak EA 0%	51
Tabel 4. 12 Suhu Nilai Kalor dengan Perhitungan Toleransi	52
Tabel 4. 13 Perbandingan Hasil Pengujian Kalorimeter Aliran.....	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Kalibrasi Suhu Gabungan	64
Lampiran 2 Pengujian Debit LPG 0,4 LPM pada Variasi EA 0%.....	65
Lampiran 3 Pengujian Debit LPG 0,4 LPM pada Variasi EA 10%.....	66
Lampiran 4 Pengujian Debit LPG 0,4 LPM pada Variasi EA 20%.....	67
Lampiran 5 Pengujian Debit LPG 0,4 LPM pada Variasi EA 30%.....	68
Lampiran 6 Pengujian Debit LPG 0,4 LPM pada Variasi EA 40%.....	69
Lampiran 7 Pengujian Debit LPG 0,4 LPM pada Variasi EA 50%.....	70
Lampiran 8 Pengujian Debit LPG 0,4 LPM pada Variasi EA 60%.....	71
Lampiran 9 Grafik Suhu T2 dan T4 Pada EA 0%	73
Lampiran 10 Grafik Suhu T2 dan T4 Pada EA 10%	74
Lampiran 11 Grafik Suhu T2 dan T4 Pada EA 20%	75
Lampiran 12 Grafik Suhu T2 dan T4 Pada EA 30%	76
Lampiran 13 Grafik Suhu T2 dan T4 Pada EA 40%	77
Lampiran 14 Grafik Suhu T2 dan T4 Pada EA 50%	78
Lampiran 15 Grafik Suhu T2 dan T4 Pada EA 60%	79
Lampiran 16 Tabel A-1 Termodinamika, Satuan SI (Cengel, 2015).....	80
Lampiran 17 Tabel A-2 (b) Termodinamika, Satuan SI (Cengel, 2015)	81
Lampiran 18 Tabel A-2 (c) Termodinamika, Satuan SI (Cengel, 2015)	82
Lampiran 19 Tabel A-3 (a) Termodinamika, Satuan SI (Cengel, 2015)	83
Lampiran 20 Tabel A-26 Termodinamika, Satuan SI (Cengel, 2015).....	84
Lampiran 21 Persetujuan Naskah Publikasi dan Abstrak Tugas Akhir	85

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

m	: Massa zat (kg)
c	: Kalor jenis zat (J/kg°C)
C	: Kapasitas kalor (J/°C)
Q	: Perpindahan kalor (J)
ΔT	: Perubahan suhu (°C)
t	: Waktu (detik)
T	: Suhu Mutlak (K)
k	: Konduktivitas termal (W/m.K)
\dot{Q}	: Laju Perpindahan kalor (Watt)
h	: Koefisien konveksi (W/m ² .K)
A	: Luas permukaan (m ²)
σ	: $5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ (tetapan <i>Stefan-Boltzmann</i>)
L	: Panjang (m)
e	: Emisivitas ($0 \leq e \leq 1$)
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)
AFR	: Massa bahan bakar (kg)
AFR _{sto}	: <i>Air Fuel Ratio</i> stoikiometri
AFR _{akt}	: <i>Air Fuel Ratio</i> aktual
m_{fuel}	: Massa bahan bakar (kg)
m_{air}	: Massa udara pembakaran (kg)
ΔH	: Perubahan entalpi (kJ)
ϕ	: <i>Equivalence Ratio</i> ($AFR_{\text{sto}}/AFR_{\text{akt}}$)
H _p	: Entalpi produk (kJ)
H _R	: Entalpi reaktan (kJ)