

**TUGAS AKHIR**  
**PENENTUAN NILAI KALOR EKSPERIMENTAL LPG DAN**  
**EFISIENSI KALORIMETER ALIRAN DENGAN VARIASI**  
***EXCESS AIR* PADA DEBIT LPG 0,5 LPM**

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



**Disusun Oleh :**

**Tayuh Kinayung Waskitho**

**20170130074**

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

**2021**

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya,

Nama : Tayuh Kinayung Waskitho

Nomor Mahasiswa : 20170130074

Saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang telah saya susun adalah asli hasil karya saya sendiri dan tidak terdapat karya tulis ilmiah yang telah diajukan sebelumnya untuk memperoleh gelar sarjana di Perguruan Tinggi dan sepanjang penelitian 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, 25 Desember 2021



Tayuh Kinayung Waskitho

## **MOTTO**

Hai orang-orang yang beriman, mintalah pertolongan kepada Allah dengan sabar dan shalat. Sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar."

(Q.S Al-Baqarah: 153)

"Setiap kesulitan selalu ada kemudahan. Setiap masalah pasti ada solusi."

"Investasi yang paling penting yang bisa kamu lakukan adalah untuk dirimu sendiri." - Warren Buffet

“Setiap orang berjalan di waktunya masing-masing, jangan iri jika tertinggal”

## HALAMAN PERSEMBAHAN



Sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT. Taburan cinta dan kasih sayang-Mu telah memberikanku kekuatan, membekaliku dengan ilmu serta memperkenalkanku dengan cinta. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kukasihi dan kusayangi.

### **Ibunda dan Ayahanda Tercinta**

Sebagai tanda bakti, hormat dan rasa terima kasih yang tiada terhingga dengan ini saya Tayuh Kinayung Waskitho mempersembahkan kepada Ibu (Kamsiah) dan Ayah (Agus Susilo) yang telah memberikan kasih sayang, dukungan, ridho, dan cinta kasih yang tiada terhingga, tiada mungkin dapat kubalas hanya dengan selembar kertas yang bertuliskan kata persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat Ibu dan Ayah bahagia karena aku sadar, selama ini belum bisa berbuat lebih untuk membahagiakan Ibu dan Ayah. Ibu dan Ayah yang selalu membuatku termotivasi dan selalu menyirami kasih sayang, selalu mendoakanku, selalu menasihatiiku serta selalu meridhoiku dalam melakukan hal yang baik.

Terimakasih Ayah dan Ibu

### **Orang-orang terdekatku**

Sebagai tanda terima kasih, aku persembahkan karya kecil ini untuk orang-orang terdekatku. Terimakasih telah memberikan semangat dan inspirasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga doa dan segala hal yang engkau berikan menjadikanku orang yang lebih baik, dan segala hal yang baik akan kembali kepadamu. Terimakasih.

## **Teman-teman**

Teruntuk teman-temanku yang selalu memberikan semangat, motivasi, nasihat, dan dukungan moral serta material yang selalu membuatku semangat untuk menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih teman-temanku, kalian telah memberikan pelajaran yang sangat berharga dalam kehidupanku, semoga kita selalu terjaga dalam ikatan pertemanan sampai kapanpun.

## KATA PENGANTAR

*Assalammu'alaikum Wr. Wb.*

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **“Penentuan Nilai Kalor Eksperimental Lpg dan Efisiensi Kalorimeter Aliran dengan Variasi *Excess Air* pada Debit LPG 0,5 LPM”** tidak lupa shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umatnya dari zaman kegelapan menuju yang terang benderang penuh dengan nilai-nilai ke islaman.

Penulis sangat bersyukur karena dapat menyelesaikan skripsi sebagai syarat untuk menyelesaikan jenjang studi Strata-1 pada Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Oleh karenanya, dengan penuh rasa hormat penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dengan sabar dalam proses penyusunan skripsi ini.

Penyusunan skripsi telah dilakukan dengan sebaik-baiknya, namun penulis sangat menyadari bahwa masih banyak sekali kekurangan dan kesalahan daam penyusunan skripsi ini. Dengan adanya saran dan kritik yang membangun dari semua pihak semoga dapat menjadi masukan yang sangat berguna bagi penyusunan lain di masa depan.

Yogyakarta, 25 Desember 2021

Penulis



Tayuh Kinayung Waskitho

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam proses penelitian dan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari segala bantuan, dorongan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu, diantaranya :

1. Kepada Ayah yang telah memberikan doa dan dukungan baik moril maupun materil sehingga menjadi motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.
2. Kepada Bapak Ir. Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D selaku ketua program studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta sekaligus dosen penguji pendadaran pada tanggal, 25 Desember 2021.
3. Kepada Bapak Tito Hadji Agung Santosa, S.T., M.T dan Dr. Muhammad Nadjib, S.T., M.Eng, selaku dosen pembimbing penelitian ini yang telah banyak memberikan bantuan pengarahan, penjelasan, serta bimbingan selama penelitian dan penulisan skripsi hingga selesai.
4. Seluruh dosen dan tenaga pendidik Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
5. Fiqri Elpa Ramadhany dan Hardhany Faiz Ikhsan sebagai tim dalam penelitian ini.
6. Kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan yang tidak disebutkan.

Yogyakarta, 25 Desember 2021

Tayuh Kinayung Waskitho

## DAFTAR ISI

|  |       |
|--|-------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....                       | i     |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR</b> .....       | ii    |
| <b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....                   | iii   |
| <b>MOTTO</b> .....                               | iv    |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....                 | v     |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                      | vii   |
| <b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....                 | viii  |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                          | ix    |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                       | xi    |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                        | xiii  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....                     | xiv   |
| <b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN</b> .....         | xv    |
| <b>INTISARI</b> .....                            | xvii  |
| <b>ABSTRACT</b> .....                            | xviii |
| <br>   |       |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....                   | 1     |
| 1.1 Latar Belakang .....                         | 1     |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                        | 3     |
| 1.3 Batasan Masalah.....                         | 3     |
| 1.4 Tujuan Penelitian.....                       | 4     |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....                      | 4     |
| <br>   |       |
| <b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....               | 5     |
| 2.1 Tinjauan Pustaka .....                       | 5     |
| 2.2 Dasar Teori .....                            | 9     |
| 2.2.1 Kalorimeter .....                          | 9     |
| 2.2.2 <i>Liquified Petroleum Gas (LPG)</i> ..... | 11    |
| 2.2.3 Termodinamika .....                        | 11    |
| 2.2.4 Kalor.....                                 | 14    |



|  |   |           |
|--|---|-----------|
| 2.2.5                                    | Perpindahan kalor.....  | 15        |
| 2.2.6                                    | Pembakaran.....   | 17        |
| 2.2.7                                    | Perbandingan Udara Bahan Bakar.....                                 | 18        |
| 2.2.8                                    | Entalpi.....  | 19        |
| 2.2.9                                    | Temperatur nyala adiabatik.....                                     | 20        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>   |   | <b>23</b> |
| 3.1                                      | Bahan.....  | 23        |
| 3.2                                      | Alat.....   | 24        |
| 3.3                                      | Prosedur Penelitian.....  | 35        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b> |   | <b>43</b> |
| 4.1                                      | Nilai kalor LPG teoritis .....                                      | 43        |
| 4.2                                      | Kalibrasi.....  | 45        |
| 4.3                                      | Hasil Kalibrasi.....  | 46        |
| 4.4                                      | Perhitungan dari Variasi Debit Udara Berlebih .....                 | 49        |
| 4.5                                      | Hasil Pengujian Kalorimeter.....                                    | 51        |
| 4.6                                      | Hasil Perhitungan.....  | 68        |
| 4.7                                      | Perbandingan Hasil Penelitian dari Variasi Debit LPG dan Udara..... | 69        |
| <b>BAB V PENUTUP.....</b>                |   | <b>72</b> |
| 5.1                                      | Kesimpulan.....   | 72        |
| 5.2                                      | Saran.....  | 73        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>              |   | <b>74</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                     |   | <b>77</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2.1 Kalorimeter aliran .....                    | 10 |
| Gambar 2.2 Kalorimeter Bom.....                        | 10 |
| Gambar 2.3 <i>Liquified Petroleum Gas (LPG)</i> .....  | 11 |
| Gambar 2.4 Alur proses terjadinya pembakaran.....      | 20 |
| Gambar 2.5 Pembakaran temperatur nyala adiabatik ..... | 21 |
| Gambar 3.1 <i>Liquified Petroleum Gas</i> .....        | 23 |
| Gambar 3.2 Kalorimeter Aliran .....                    | 24 |
| Gambar 3.3 Rotameter air .....                         | 25 |
| Gambar 3.4 Rotameter udara .....                       | 26 |
| Gambar 3.5 Rotameter gas .....                         | 26 |
| Gambar 3.6 <i>Valve</i> .....                          | 27 |
| Gambar 3.7 Kompresor udara .....                       | 28 |
| Gambar 3. 8 <i>Thermocouple</i> .....                  | 28 |
| Gambar 3.9 <i>Thermoreader</i> .....                   | 29 |
| Gambar 3.10 <i>Thermometer</i> .....                   | 30 |
| Gambar 3.11 Pematik api .....                          | 30 |
| Gambar 3.12 <i>Burner</i> .....                        | 31 |
| Gambar 3.13 Regulator gas.....                         | 32 |
| Gambar 3.14 Selang gas.....                            | 32 |
| Gambar 3.15 Selang air.....                            | 33 |
| Gambar 3.16 Selang udara .....                         | 33 |
| Gambar 3.17 <i>Clamp</i> .....                         | 34 |
| Gambar 3.18 Alumunium foil.....                        | 34 |
| Gambar 3.19 Skema kerja alat kalorimeter aliran.....   | 36 |
| Gambar 3.20 Diagram alir penelitian.....               | 38 |
| Gambar 4.1 Kalibrasi Gabungan $T_1$ .....              | 47 |
| Gambar 4.2 Kalibrasi Gabungan $T_2$ .....              | 47 |
| Gambar 4.3 Kalibrasi Gabungan $T_3$ .....              | 48 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 4.4 Kalibrasi Gabungan $T_4$ .....                           | 48 |
| Gambar 4.5 Suhu air keluar dari tabung kalorimeter ( $T_2$ ) .....  | 51 |
| Gambar 4.6 Suhu gas hasil pembakaran ( $T_4$ ).....                 | 52 |
| Gambar 4.7 Suhu air keluar dari tabung kalorimeter ( $T_2$ ) .....  | 53 |
| Gambar 4.8 Suhu gas hasil pembakaran ( $T_4$ ).....                 | 53 |
| Gambar 4.9 Suhu air keluar dari tabung kalorimeter ( $T_2$ ) .....  | 54 |
| Gambar 4.10 Suhu gas hasil pembakaran ( $T_4$ ).....                | 55 |
| Gambar 4.11 Suhu air keluar dari tabung kalorimeter ( $T_2$ ) ..... | 56 |
| Gambar 4.12 Suhu gas hasil pembakaran ( $T_4$ ).....                | 56 |
| Gambar 4.13 Suhu air keluar dari tabung kalorimeter ( $T_2$ ) ..... | 57 |
| Gambar 4.14 Suhu gas hasil pembakaran ( $T_4$ ).....                | 58 |
| Gambar 4.15 Suhu air keluar dari tabung kalorimeter ( $T_2$ ) ..... | 59 |
| Gambar 4.16 Suhu gas hasil pembakaran ( $T_4$ ).....                | 59 |
| Gambar 4.17 Suhu air keluar dari tabung kalorimeter ( $T_2$ ) ..... | 60 |
| Gambar 4.18 Suhu gas hasil pembakaran ( $T_4$ ).....                | 61 |
| Gambar 4.19 Data perbandingan EA dengan nilai kalor .....           | 68 |
| Gambar 4.20 Data perbandingan EA dengan efisiensi kalorimeter. .... | 69 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1 Rentang pembakaran untuk gas umum .....  | 19 |
| Tabel 4.1 Persamaan garis regresi linier. ....   | 49 |
| Tabel 4.2 Data nilai debit udara variasi EA 0%, 10% 20%, 30%, 40%, 50%, 60%<br>.....               | 50 |
| Tabel 4.3 Data Temperatur Standar .....  | 62 |
| Tabel 4.4 Data nilai kalor jenis (cp) tiap variasi .....   | 62 |
| Tabel 4.5 Jumlah mol (n) setiap komponen untuk 1 kmol LPG (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ).....    | 63 |
| Tabel 4.6 Jumlah massa (m) setiap komponen untuk 1 kmol LPG (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ) ..... | 64 |
| Tabel 4.7 Jumlah massa (m) setiap komponen untuk 1 kg LPG (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ) .....   | 65 |
| Tabel 4.8 Laju aliran massa (m) tiap komponen pembakaran LPG (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )..... | 66 |
| Tabel 4.9 Hasil perhitungan nilai kalor (HV) dan efisiensi kalorimeter aliran.....                 | 67 |
| Tabel 4.10 Hasil pengujian pada debit LPG 0,5 LPM .....  | 68 |
| Tabel 4. 11 Hasil gabungan data penelitian kalorimeter aliran.....                                 | 69 |
| Tabel 4.12 Data hasil penelitian terbaru .....   | 70 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|  |    |
|--|----|
| <i>Lampiran 1.1 Data Kalibrasi Suhu Rendah ke Suhu Tinggi</i> .....                                | 77 |
| Lampiran 1.2 Tabel Data Kalibrasi (Tinggi Ke Rendah).....  | 78 |
| <i>Lampiran 1.3 Tabel Data Kalibrasi (Gabungan)</i> .....  | 79 |
| <i>Lampiran 1.4 Data hasil pengujian pada debit LPG 0,5 LPM variasi EA 0%</i> ....                 | 81 |
| Lampiran 1. 5 Data hasil pengujian pada debit LPG 0,5 LPM dengan variasi EA<br>10% .....           | 82 |
| Lampiran 1.6 Data hasil pengujian pada debit LPG 0,5 LPM dengan variasi EA<br>20% .....            | 84 |
| Lampiran 1. 7 Data hasil pengujian pada debit LPG 0,5 LPM dengan variasi EA<br>30% .....           | 85 |
| Lampiran 1.8 Data hasil pengujian pada debit LPG 0,5 LPM dengan variasi EA<br>40% .....            | 87 |
| Lampiran 1.9 Data hasil pengujian pada debit LPG 0,5 LPM dengan variasi EA<br>50% .....            | 88 |
| Lampiran 1.10 Data hasil pengujian pada debit LPG 0,5 LPM dengan variasi EA<br>60% .....           | 90 |
| Lampiran 1.11 Data hasil pengujian pada debit LPG 0,5 LPM dengan variasi EA<br>60% (Lanjutan)..... | 91 |
| Lampiran 1.12 Tabel A-1 Termodinamika Teknik .....   | 92 |
| Lampiran 1.13 Tabel A-2 (a) Termodinamika Teknik.....  | 93 |
| Lampiran 1.14 Tabel A-2 (b) Termodinamika Teknik .....   | 94 |
| Lampiran 1. 15 Tabel A-2 (c) Termodinamika Teknik.....   | 95 |
| Lampiran 1.16 Tabel A-3 (a) Termodinamika Teknik.....  | 96 |
| Lampiran 1.17 Tabel A-26 Termodinamika Teknik .....  | 97 |
| Lampiran 1.18 Tabel A-27 Termodinamika Teknik .....  | 98 |
| Lampiran 1.19 Sifat umum untuk beberapa bahan bakar umum .....                                     | 99 |

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

|                      |   |
|----------------------|---|
| Q                    | : Kalor (J)   |
| m                    | : Massa zat (kg)  |
| c                    | : Kalor jenis zat (kJ/kg.°C)  |
| $\Delta T$           | : Perbedaan suhu (°C)   |
| $m_{air}$            | : Massa udara (kg)  |
| $m_{bb}$             | : Massa bahan bakar (kg)  |
| $h_{fg,air}$         | : Entalpi penguapan air (= 2.441, 7 kJ/kg)  |
| C                    | : Kapasitas Kalor (J/°C)  |
| $\dot{Q}$            | : Laju aliran kalor (Watt)  |
| k                    | : Konduktivitas termal (W/m <sup>2</sup> .K)  |
| L                    | : Panjang lintasan (m)  |
| h                    | : Koefisien konveksi (W/m <sup>2</sup> .K)  |
| e                    | : Koefisien emisivitas ( $0 \leq e \leq 1$ )  |
| $\sigma$             | : Tetapan Stefan-Boltzmann ( $5,67 \times 10^{-8}$ W/m <sup>2</sup> .K <sup>4</sup> ) |
| $\Phi$               | : Ekuivalensi ratio   |
| EA                   | : <i>Excess Air</i>   |
| $\Delta H^{\circ}_f$ | : Perubahan entalpi pembentukan (kJ/kmol)   |
| $\Delta H^{\circ}_d$ | : Perubahan entalpi penguraian (kJ/kmol)  |
| $\Delta H^{\circ}_c$ | : Perubahan entalpi pembentukan (kJ/kmol)   |
| N <sub>p</sub>       | : Molar produk  |
| N <sub>r</sub>       | : Molar reaktan   |
| W                    | : Transfer Energi (kJ/kmol)   |
| AFR                  | : <i>Air Fuel Ratio</i>   |
| AFR <sub>sto</sub>   | : <i>Air Fuel Ratio</i> stoikiometri  |
| HV                   | : <i>Heating value</i> (kJ/kg)  |
| HHV                  | : <i>High heating value</i> (kJ/kg)   |
| LHV                  | : <i>Low heating value</i> (kJ/kg)  |
| H <sub>Pgas</sub>    | : Kalor produk gas (kJ/kmol)  |

|                        |  |
|------------------------|--|
| $H_{P, \text{liquid}}$ | : Kalor produk cair (kJ/kmol)                  |
| $H_R$                  | : Kalor reaksi (kJ/kmol)                       |
| LPG                    | : <i>Liquified Petroleum Gas</i>               |
| $m_r$                  | : Massa molar (kg/kmol)                        |
| $T_1$                  | : <i>Termocouple 1</i> (°C)                    |
| $T_2$                  | : <i>Termocouple 2</i> (°C)                    |
| $T_3$                  | : <i>Termocouple 3</i> (°C)                    |
| $T_4$                  | : <i>Termocouple 4</i> (°C)                    |
| $T_{st 1}$             | : Temperatur standar <i>Termocouple 1</i> (°C) |
| $T_{st 2}$             | : Temperatur standar <i>Termocouple 2</i> (°C) |
| $T_{st 3}$             | : Temperatur standar <i>Termocouple 3</i> (°C) |
| $T_{st 4}$             | : Temperatur standar <i>Termocouple 4</i> (°C) |
| LPM                    | : Liter per menit                              |
| $R^2$                  | : Regresi                                      |
| $Q_{\text{loss}}$      | : Kalor lepas (kJ/kg)                          |
| $\dot{m}$              | : Laju aliran massa (kg/menit)                 |
| $\eta$                 | : Efisiensi (%)                                |