

## **Uji Kinerja Burner LPG Mesin Stirling dengan Variasi Kosumsi Bahan Bakar**

### **LPG Burner Performance Test Stirling Engine with Variations in Fuel Consumption**

Mawardi<sup>1</sup>, Jufrizal<sup>2</sup>, M. Hidayah<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Prodi Teknik Mesin, Universitas Al-Azhar Medan, Medan, Sumatera Utara, 20143, Indonesia

<sup>2</sup>Prodi Teknik Mesin, Universitas Medan Area, Medan Estate, Deli Serdang, Sumatera Utara, 20223, Indonesia

\*Corresponding author: [hidayah.sch@gmail.com](mailto:hidayah.sch@gmail.com)

**Diterima: 01-07-2022**

**Disetujui: 30-07-2022**

**Dipublikasikan: 06-08-2022**

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



#### **Abstrak**

Penelitian ini berfokus pada pengujian kemampuan burner LPG yang digunakan pada mesin Stirling. Burner LPG berfungsi mempertemukan laju aliran bahan bakar, laju aliran udara dan nyala api sehingga menghasilkan pembakaran. Pengujian ini menggunakan burner yang dimodifikasi dan dianalisa dengan metode *water boiling test*. Tujuan penelitian adalah mengetahui efisiensi termal, laju aliran bahan bakar dan daya burner LPG mesin Stirling dengan variasi konsumsi bahan bakar. Variasi laju aliran bahan bakar LPG dilakukan dengan menggunakan alat pemutar dan pematik kompor gas LPG konvensional yang memiliki pengaturan minimum, menengah, dan maksimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari ketiga variasi laju aliran massa bahan bakar pada kondisi minimum memiliki efisiensi yang lebih tinggi dan konsumsi bahan bakar rendah tetapi daya burner yang dihasilkan sangat rendah yaitu sebesar 1,714 kW dibandingkan dengan kondisi menengah dan maksimum. Nilai parameter efisiensi termal pada kondisi minimum yaitu sebesar 49,91 % dan konsumsi bahan bakar 0,000036 kg/detik atau setara dengan 1296 gram/jam. Daya burner maksimum yang dihasilkan selama pengujian adalah 4,487 kW.

**Kata Kunci:** Burner LPG, kinerja, LPG, *water boiling test*

#### **Abstract**

*This study focuses on testing the ability of the LPG burner used in the Stirling engine. The LPG burner combines the fuel flow rate, air flow rate, and flame to produce combustion. This test uses a modified burner and is analyzed by the water boiling test method. The study aimed to determine the thermal efficiency, fuel flow rate, and burner power of the Stirling engine LPG with variations in fuel consumption. Variations in the flow rate of LPG fuel are carried out using a conventional LPG gas burner and turning device with the minimum, medium, and maximum settings. The results showed that the three variations of the mass flow rate of fuel at the minimum conditions had higher efficiency and low fuel consumption, but the burner power produced was very low; namely, 1,714 kW, compared to the medium and maximum requirements. The thermal efficiency parameter value at the minimum condition is 49.91%, and fuel consumption is 0.000036 kg/second or equivalent to 1296 grams/hour. The maximum burner power produced during the test was 4,487 kW.*

**Keywords:** Burner LPG, performance, LPG, *water boiling test*

## 1. Pendahuluan

Mesin stirling ditemukan oleh Robert Stirling pada tahun 1816 di Skotlandia (Finkelstein and Organ 2001). Mesin stirling merupakan mesin pembakaran luar yang menggunakan energi termal (panas) yang berasal dari sumber panas kemudian di transfer ke heater. Mesin stirling berdasarkan bentuk susunan silinder terdiri dari tiga tipe yaitu Alfa ( $\alpha$ ), Beta ( $\beta$ ) dan Gamma ( $\gamma$ ) (Ahmadi, Ahmadi, and Pourfayaz 2017). Prototipe mesin stirling dengan desain tipe gamma telah didesain dan dibuat oleh tim mCHPSE (*micro combine heat power stirling engine*) yang merupakan hasil kerjasama mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi Medan dan Universitas Sumatera Utara. Mesin mCHPSE berawal dari tahun 2018 yang diberi nama mCHPSE-012018 (Jufrizal et al. 2020). Diikuti dengan generasi berikutnya pada tahun 2019 dengan nama mCHPSE-012019 (Jufrizal et al. 2022b; 2022a). Dan mesin terakhir yang telah dikembangkan sampai saat ini adalah desain pada tahun 2020 dengan nama mCHPSE-012020.

Salah satu komponen yang sangat penting pada mesin mCHPSE-012020 adalah burner yang didesain untuk bahan bakar gas LPG. Burner gas LPG merupakan tempat terjadi pembakaran pada kompor yang menggunakan sumber bahan bakar gas LPG. Pembakaran adalah reaksi kimia yang terjadi antara material yang dapat terbakar dengan oksigen pada volume dan temperatur tertentu. Pembakaran akan terjadi bila ada tiga sumber yaitu bahan bakar, udara dan sumber panas (Samlawi 2017). Konsumsi bahan bakar ( $m_f$ ) berbanding lurus terhadap daya burner ( $I$ ), dimana semakin boros bahan bakar maka semakin besar daya burner yang dikeluarkan dan secara matematis bisa dituliskan seperti persamaan (1) (Sudarno and Fadelan 2016). Konsumsi bahan bakar adalah laju penggunaan massa bahan bakar gas LPG yang dipakai oleh burner selama pengujian. Sedangkan daya burner ( $I$ ) adalah kemampuan suatu burner pada saat pembakaran dalam mentransfer panas.

$$I = \frac{m_f \times E}{\Delta t} \text{ (kW)} \quad (1)$$

dimana,  $E$  merupakan nilai kalor rendah bahan bakar LPG yaitu sebesar 11.254,61 kcal/kg atau setara dengan 47.089,288 kJ/kg (Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi 2007). Sedangkan  $\Delta t$  adalah lamanya penggunaan bahan bakar.

Parameter lain untuk melihat kemampuan *burner* adalah efisiensi termal ( $\eta_{burner}$ ). Penelitian tentang efisiensi kompor *gas/burner* dengan variasi diameter lubang burner head telah dilakukan dan hasil penelitian menunjukkan bahwa burner head dengan diameter lubang 3,5 mm memiliki nilai efisiensi terbesar yaitu nilai efisiensi 58,35% dan konsumsi bahan bakar lebih sedikit 0,022 kg (Setiawan, Sariwijanti, and Pribadi 2019). Efisiensi burner adalah perbandingan antara panas berguna dengan panas dari bahan bakar yang dipergunakan saat pemakaian atau secara matematis bisa dituliskan seperti persamaan (2) (Muthukumar and Shyamkumar 2013; Sudarno and Fadelan 2016). Pengujian burner dilakukan dengan metode pendidihan air (*water boiling test*) dimana air tersebut dimasak dari suhu awal sampai mendidih dan dilanjutkan hingga total waktu 1 jam.

$$\eta_{Burner} = \frac{\{(M_w \cdot c_{pw}) + (M_b \cdot c_{pb})\} \times (T_2 - T_1) + M_u H}{m_f \times E} \times 100 \text{ (%) } \quad (2)$$

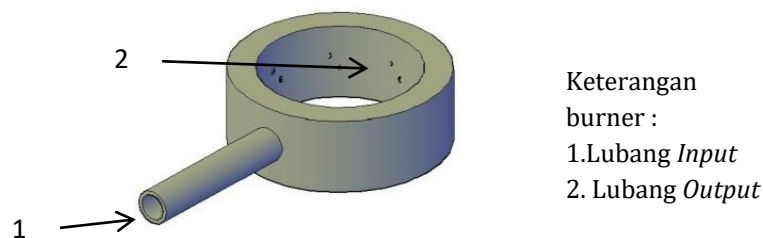
dimana,  $\eta_{Burner}$  adalah efisiensi burner (%),  $M_w$  adalah massa air (kg),  $c_{pw}$  adalah panas spesifik air (kJ/kg.K),  $M_b$  adalah masa bejana (kg),  $c_{pb}$  adalah panas spesifik bejana (kJ/kg.K),  $T_2$  adalah temperatur akhir pengujian,  $T_1$  adalah temperatur awal pengujian,  $M_u$  adalah massa uap (kg), dan  $H$  adalah panas laten penguapan air (kJ/kg).

Pengujian kinerja burner LPG mesin Stirling dengan variasi konsumsi bahan bakar merupakan rangkaian kegiatan penelitian yang dilakukan oleh Tim mCHPSE tahun 2022 yang

bertujuan untuk meningkatkan atau mengoptimalkan kemampuan mesin Stirling mCHPSE-012020. Penelitian yang penulis lakukan berjudul uji kinerja burner LPG mesin Stirling dengan variasi konsumsi bahan bakar. Konsumsi bahan bakar divariasikan menggunakan setelan minimum, medium dan maksimum dari knob/alat pemutar gas kompor masak LPG konvensional. Sumber bahan bakar menggunakan gas LPG 3 kg produksi dari Pertamina. Secara khusus penelitian bertujuan mengetahui konsumsi bahan bakar, daya dan efisiensi burner selama pengujian dengan variasi konsumsi bahan bakar yang dilakukan.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di dalam ruangan, lebih tepatnya di Perum Graha Garuda Mas No. 39, Desa Sigara-gara, Kecamatan Patumbak, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20361. Adapun metode yang digunakan yaitu metode *water boiling test* (WBT). Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu : mesin Stirling, burner terlihat pada Gambar 1, panci, regulator high pressure, tabung gas LPG 3 kg, termometer dan sensor termocouple tipe K, stopwatch, dan timbangan digital.



**Gambar 1.** Burner LPG mesin Stirling mCHPSE-012020

Dari hasil survei dan pengukuran yang penulis lakukan terhadap mesin Stirling mCHPSE-012020, maka bahan dan spesifikasi dari burner LPG yang digunakan seperti ditampilkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Spesifikasi Burner LPG mesin Stirling mCHPSE-012020

Parameter	Jenis/Dimensi
Bahan	<i>Stainless Steel 304</i>
Diameter dalam	105 mm
Diameter luar	140 mm
Tinggi	50 mm
Ketebalan	2,5 mm
Panjang pipa <i>input</i>	110 mm
Diameter <i>input</i>	16 mm
Diameter <i>output</i>	4 mm

Bentuk visual dari knob kompor masak seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Knob ini merupakan komponen pada kompor masak LPG yang berfungsi untuk memutar/mengatur setelan minimum, medium dan maksimum dari api pembakaran serta berfungsi juga sebagai pemantik api pada saat menghidupkan kompor.



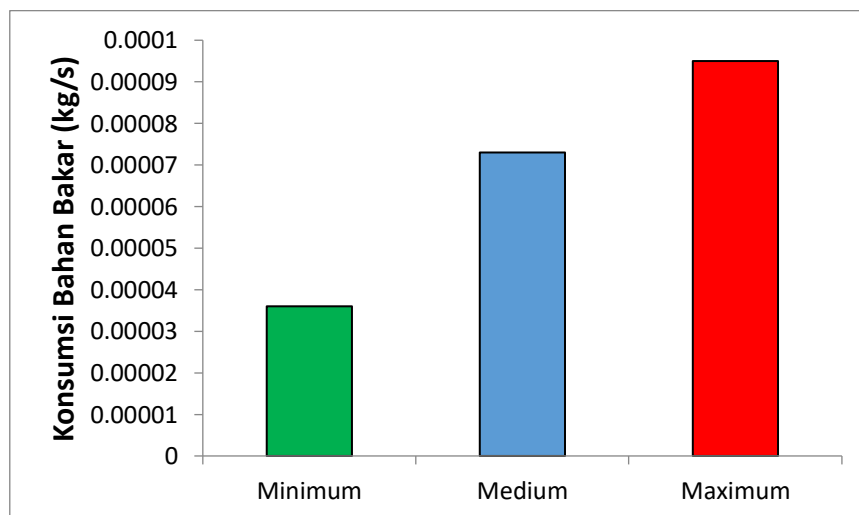
**Gambar 2.** Knob kompor

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian WBT dilakukan selama 60 menit dengan rentang waktu pengambilan data setiap 1 menit sekali. Hasil pengukuran temperatur air ( $T_w$ ) untuk variasi minimum, medium dan maksimum awal dan akhir sebagai berikut. Hasil pengambilan data pada  $T_w$  minimum yaitu 36°C sampai 99,2°C dengan temperatur rata-rata 84,7°C, pada  $T_w$  medium yaitu 37,1°C sampai 99,2°C dengan temperatur rata-rata 89,1°C, sedangkan pada  $T_w$  maksimum yaitu 36°C sampai 99,2°C dengan temperatur rata-rata 90°C. Sedangkan konsumsi gas LPG minimum, medium, dan maksimum selama pengujian berturut-turut adalah 0,131 kg, 0,264 kg, dan 0,343 kg.

#### 3.1. Konsumsi bahan bakar

Dari Gambar 3, dapat diketahui bahwa perbandingan konsumsi bahan bakar pada variasi laju aliran massa bahan bakar minimum, medium dan maksimum terhadap burner mesin Stirling yaitu untuk konsumsi bahan bakar yang paling rendah terjadi pada pengaturan knob minimum dengan nilai 0,000036 kg/s, sedangkan untuk konsumsi bahan bakar tertinggi terjadi pada posisi bukaan knob maksimum dengan nilai 0,000095 kg/s. Sehingga didapat bahwa konsumsi bahan bakar berbanding lurus dengan bukaan knob, semakin besar bukaan knob maka semakin tinggi konsumsi yang dihasilkan.

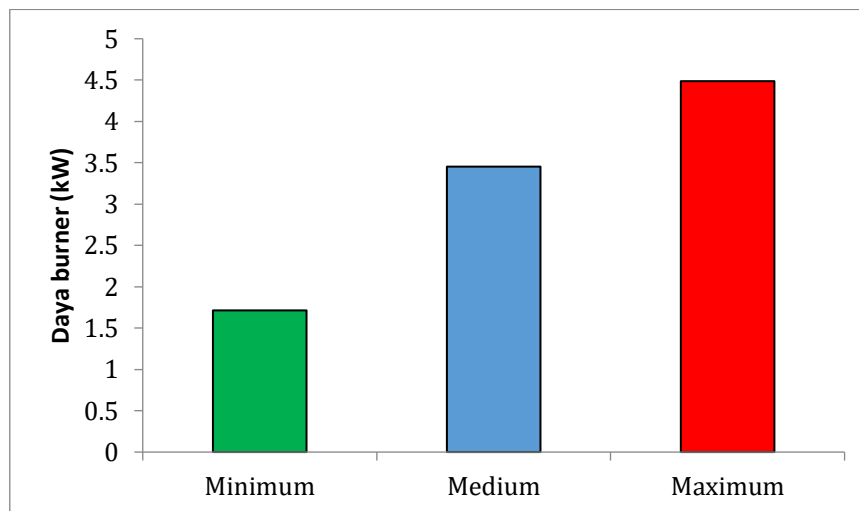


**Gambar 3.** Grafik konsumsi bahan bakar

#### 3.2. Daya burner

Gambar 4 merupakan grafik perbandingan daya burner yang dihasilkan dari tiga variasi laju aliran massa bahan bakar LPG yaitu minimum, medium dan maksimum. Daya burner terendah terjadi pada kondisi minimum dengan nilai 1,714 kW sedangkan untuk daya burner tertinggi terjadi pada kondisi bukaan knob maksimum yaitu sebesar 4,487 kW. Setiap variasi mengalami perbandingan cukup besar, hal ini akan berpengaruh dengan kinerja burner saat

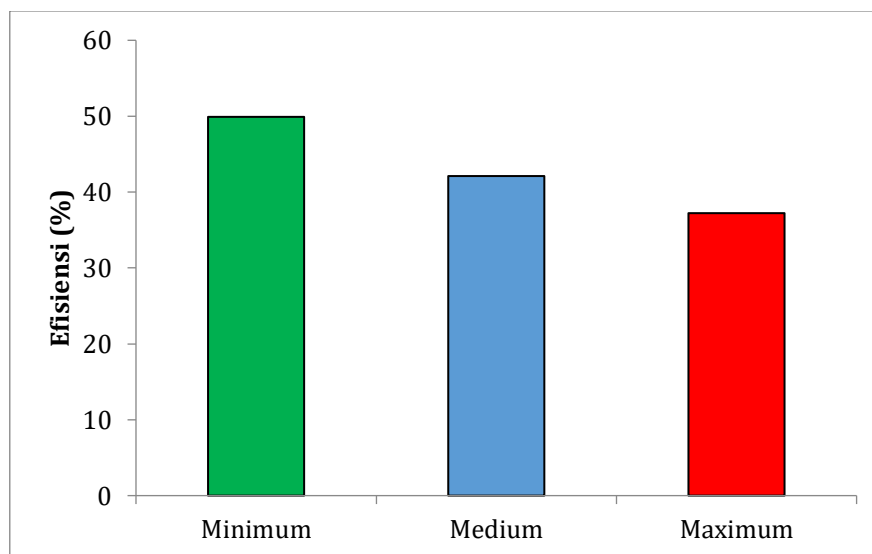
pembakaran. Dari hasil ini bisa didapatkan bahwa daya burner berbanding lurus dengan laju aliran massa bahan bakar. Semakin banyak konsumsi bahan bakar maka semakin tinggi pula nilai daya burnernya dan ini sangat sesuai dengan hubungan matematis pada persamaan (1).



**Gambar 4.** Grafik daya burner

### 3.3 Efisiensi burner

Setelah dilakukan perhitungan didapat bahwa efisiensi burner seperti pada Gambar 5. Efisiensi burner terendah terjadi pada kondisi maksimum dengan nilai 37,22 % dan tertinggi terjadi pada kondisi minimum dengan nilai sebesar 49,91 %.



**Gambar 5.** Grafik efisiensi burner

### 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh setelah melakukan uji kinerja burner LPG mesin Stirling dengan variasi konsumsi bahan bakar menunjukkan bahwa variasi bukaan knob minimum memiliki efisiensi burner yang lebih besar yaitu 49,91 % dan konsumsi bahan bakar LPG yang rendah yaitu 0,000036 kg/s tetapi berbanding terbalik terhadap daya burner yaitu rendah hanya sebesar 1,714 kW. Ini dibuktikan juga ketika kondisi bukaan knob maksimum yang menghasilkan daya burner tertinggi dengan nilai 4,487 kW dan konsumsi bahan bakar juga tinggi yaitu 0,000095 kg/s serta efisiensi burner rendah yaitu hanya sebesar 37,22 %.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tim Peneliti mCHPSE tahun 2020 yaitu Bapak Jufrizal (Koordinator), M. Alhuda, Noval Andika, Kristovel Sinaga, Westevan Juneto Nainggolan, Adam, dan Koko Surahman yang telah memberi bantuan berupa ide-ide dan masukan kepada peneliti serta memberikan izin penggunaan mesin stirling mCHPSE-012020 pada penelitian ini. Dan penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh rekan-rekan atas kerja kerasnya dalam penelitian ini, khususnya kepada Muhammad Novrin Rizky Syahputra, Irwan Prasetya Simanulang, Bintang Kelana Putra, Fandy Ramadhan, Fikri Yanda Pratama, Muhammad Dendy Agusdiandy, Fajar Noer Rambe dan Bapak Riclon H Sidabutar dari Perbengkelan Timbul Engineering.

## Daftar Pustaka

- Ahmadi, Mohammad H., Mohammad Ali Ahmadi, and Fathollah Pourfayaz. 2017. "Thermal Models for Analysis of Performance of Stirling Engine: A Review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 68 (July 2015): 168–84. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.033>.
- Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi. 2007. *Konversi Mitan Ke Gas*. Jakarta: Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral. <https://migas.esdm.go.id/uploads/Konversi-Mitan-GAS.pdf>.
- Finkelstein, Theodor, and Allan J Organ. 2001. *Air Engines*. United States: ASME Press.
- Jufrizal, Farel H. Napitupulu, Ilmi, and Himsar Ambarita. 2020. "Manufacturing and Testing Prototype of a Gamma Type Stirling Engine for Micro-CHP Application." In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 725:1–9. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/725/1/012016>.
- Jufrizal, Farel H. Napitupulu, Ilmi, Himsar Ambarita, and Mahadi Meliala. 2022a. "Ideal Cycle Thermodynamic Analysis for Gamma-Type Stirling Engine." *Journal of Mechanical Engineering and Technology (JMET)* 14 (1): 11–26. <https://journal.utm.edu.my/index.php/jmet/article/view/6246>.
- . 2022b. "Thermodynamic Analysis of a Gamma-Type Stirling Engine for MCHP Application." In *Proceedings of the 7th International Conference and Exhibition on Sustainable Energy and Advanced Materials (ICE-SEAM 2021)*, edited by Mohd Fadzli Bin Abdollah, Hilmi Amiruddin, Amrik Singh Phuman Singh, Fudhail Abdul Munir, and Asriana Ibrahim, 225–229. Melaka, Malaysia: Springer Nature Singapore. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-3179-6\\_40](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-3179-6_40).
- Muthukumar, P., and P. I. Shyamkumar. 2013. "Development of Novel Porous Radiant Burners for LPG Cooking Applications." *Fuel* 112: 562–66. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2011.09.006>.
- Samlawi, Achmad Kusairi. 2017. *Buku Ajar Teknik Pembakaran*. Banjarbaru: Universitas Lambung Mangkurat. [https://mesin.ulm.ac.id/assets/dist/bahan/teknik\\_pembakaran\\_full.pdf](https://mesin.ulm.ac.id/assets/dist/bahan/teknik_pembakaran_full.pdf).
- Setiawan, Yudi, Eka Sariwijanti, and Teguh Pribadi. 2019. "Pengaruh Diameter Lubang Burner Head Terhadap Kinerja Kompor Gas." *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta V* (1): 90–93. <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jwl/article/view/5447>.
- Sudarno, and Fadelan. 2016. "Peningkatan Efisiensi Kompor LPG Dengan Menggunakan Elemen Bara Api." *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika* 19 (2): 165–75. <https://journal.umy.ac.id/index.php/st/article/view/2050>.