

Uji Kinerja Burner Gas LPG Mesin Stirling dengan Variasi Laju Aliran Udara

Performance Test of Stirling Engine LPG Gas Burner with Variation of Airflow Rate

Jufrizal¹, Z. H. Siregar², T. J. Saktisah², B. K. Putra^{3*}, M. N. R. Syahputra³

¹Prodi Teknik Mesin, Universitas Medan Area, Jalan Kolam No 1, Medan Estate, Medan, 20223, Indonesia

²Prodi Teknik Mesin, Universitas Asahan, Jalan Jend. Ahmad Yani, Kisaran, Sumatera Utara, 21216, Indonesia

³Prodi Teknik Mesin, Universitas Al-Azhar Medan, Jalan Pintu Air IV No. 214 Kwala Bekala, Padang Bulan, Medan, Sumatera Utara, Indonesia

*Corresponding author: bintangkelanaputra023@gmail.com

Diterima: 25-08-2022

Disetujui: 26-09-2022

Dipublikasikan: 26-09-2022

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



Abstrak

Burner merupakan alat yang digunakan untuk memanaskan *heater* sebagai sumber panas awal yang panasnya berfungsi untuk menggerakkan mesin stirling. *Burner* yang digunakan dalam pengujian ini merupakan *burner* yang didesain sendiri. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui profil temperatur, konsumsi bahan bakar yang terpakai, daya pada *burner*, dan efisiensi pada *burner* mesin stirling dengan variasi laju aliran udara. Variasi laju aliran udara yang digunakan pada penelitian ini adalah 2 m/s, 2,5 m/s, dan 3 m/s. Metode penelitian ini dilakukan secara ekperimental dan dianalisa dengan metode *water boiling test*. Hasil penelitian dari ketiga variasi laju aliran udara menunjukkan temperatur rata-rata tertinggi terjadi pada *burner* mesin stirling dengan laju aliran udara 3 m/s sebesar 813,815°C, untuk konsumsi bahan bakar dengan variasi laju aliran udara sebesar 343 gr, daya *burner* mesin stirling dengan variasi laju aliran udara 2 m/s, 2,5 m/s dan 3 m/s menghasilkan daya yang sama sebesar 4,48 kW, dan untuk efisiensi tertinggi pada *burner* mesin stirling didapat pada laju aliran udara 3 m/s sebesar 38,33 %.

Kata Kunci : *Burner, Kinerja, Mesin Stirling, dan Water Boiling Test.*

Abstract

A burner is a tool used to heat the heater as a source of initial heat whose heat functions to drive the Stirling engine. The burner used in this test is self-designed. The purpose of this study was to determine the temperature profile, fuel consumption used, power on the burner, and the efficiency of the Stirling engine burner with variations in air flow rates. Variations in the airflow rate used in this study were 2 m/s, 2.5 m/s, and 3 m/s. This research method was carried out experimentally and analyzed by the water boiling test method. The results of the three variations of air flow rate show that the highest temperature occurs in the Stirling engine burner with an airflow rate of 3 m/s of 813,815°C, for fuel consumption with variations in air flow rate of 343 gr, Stirling engine burner power with variations in air flow rate 2 m/s, 2.5 m/s, and 3 m/s produce the same power of 4.48 kW, and the highest efficiency on the Stirling engine burner is obtained at an airflow rate of 3 m/s of 38.33%.

Keywords : *Burner, Performance, Engine Stirling, and Water Boiling Test.*

1. Pendahuluan

Energi fosil merupakan salah satu sumber energi terbesar yang digunakan oleh manusia, semakin banyaknya jumlah populasi manusia maka konsumsi energi yang dibutuhkan akan semakin besar juga. Dengan demikian untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil yaitu dengan mengembangkan teknologi dengan efisiensi bahan bakar yang maksimal dan juga dengan memanfaatkan sebagian sumber energi utama (Hari S. Ritonga et al. 2019). Dalam proses perubahan energi panas menjadi energi kinetik, mesin stirling memiliki efisiensi tertinggi dalam mesin kalor (Akbar and Muslim, n.d.). Mesin stirling pertama kali ditemukan di skotlandia pada tahun 1816 oleh Robert Stirling. Dalam klasifikasinya mesin stirling termasuk ke jenis mesin pembakaran luar (*external Combustion Engine*) (Mawardi, Jufrizal 2022).

Pada mesin stirling, burner berguna untuk memanaskan bagian heater. Dalam prosesnya, burner merupakan tempat tercampurnya udara dengan bahan bakar gas LPG sehingga menghasilkan pembakaran yang baik dan dapat meningkatkan efisiensi. Pada burner juga terjadi proses pembakaran awal (Siregar et al. 2022). Konsumsi bahan bakar (m_f) merupakan laju penggunaan bahan bakar gas yang dipakai selama proses pengujian. Untuk menghitung konsumsi bahan bakar dapat menggunakan persamaan (1) yaitu :

$$m_f = m_1 - m_2 \tag{1}$$

dimana, m_1 adalah massa gas LPG sebelum (kg) digunakan dan m_2 adalah massa gas LPG sesudah digunakan (kg).

Sedangkan daya burner (I) merupakan kemampuan burner dalam mentransfer panas pada saat pembakaran (Mawardi, Jufrizal 2022). Secara matematis daya burner dapat ditentukan dengan persamaan (2).

$$I = \frac{m_f \times E}{\Delta T} (KW) \tag{2}$$

dimana, E merupakan nilai LHV (*Low Heating Value*) sebesar 47.089,228 kJ/kg (Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi 2007) dan ΔT merupakan lamanya waktu penggunaan bahan bakar.

Sedangkan efisiensi burner adalah perbandingan antara panas berguna dengan panas dari bahan bakar yang dipergunakan saat pemakaian dan secara matematis efisiensi burner dapat ditentukan dengan persamaan (3) (Mawardi, Jufrizal 2022).

$$\eta_{Burner} = \frac{\{(M_w \cdot C_{pw}) + (M_b \cdot C_{pb})\} \times (T_2 - T_1) + (M_u \cdot H)}{m_f \times E} \times 100\% \tag{3}$$

dimana, η_{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).

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian yang dilakukan oleh Tim Peneliti mCHPSE (*micro combined heat and power stirling engine*) yang telah mengembangkan beberapa mesin Stirling dari jenis gamma sejak 2017 sampai dengan sekarang (Jufrizal et al. 2020, 2022b, 2022a). Penelitian tentang efisiensi burner dengan variasi lubang burner head telah dilakukan dan dari hasil penelitian menunjukkan bahwa burner burner head dengan diameter 3,5 mm memiliki nilai efiseiensi terbesar yaisu sebesar 58,35 % dan konsumsi bahan bakar lebih sedikit sebesar 0,022 kg (Setiawan, Sariwijianti, and Pribadi 2019). Kemudian penelitian pada burner mesin stirling berlanjut pada variasi konsumsi bahan bakar yang dilakukan oleh tim mCHPSE tahun 2022 pada penelitian tersebut menghasilkan 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 (Mawardi, Jufrizal 2022).

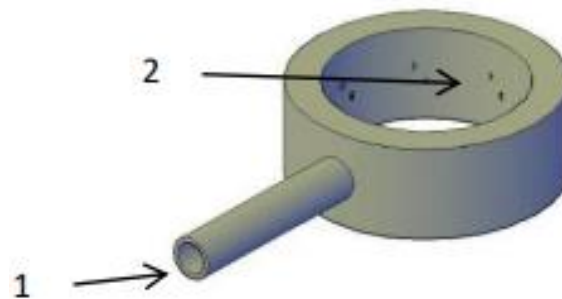
Dalam tulisan ini, yang berjudul kinerja burner mesin Stirling dengan variasi laju aliran udara merupakan kegiatan penelitian yang dilakukan oleh Tim mCHPSE yang bertujuan untuk mengoptimalkan atau meningkatkan kemampuan kinerja mesin Stirling mCHPSE-012020 terkhusus pada bagian burner. Pada penelitian ini udara yang dialirkan ke burner menggunakan blower yang dimodifikasi dengan katup, dan untuk memvariasikan laju aliran udara, peneliti menggunakan flow meter sebagai alat ukur. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui profil temperatur, konsumsi bahan bakar, daya dan efisiensi pada variasi laju aliran udara 2 m/s, 2,5 m/s dan 3 m/s.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di perumahan Graha Garuda Mas No.39, Desa Sigara-gara, Kecamatan Patumbak, kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Metode yang dipakai pada penelitian ini adalah metode ekperimental dengan analisa *water boiling test* (WBT). Adapun peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah: mesin Stirling mCHPSE-012020, Katub (*valve*), Blower, burner terlihat pada Gambar 1, thermocoupele tipe K, Stopwatch, timbangan digital, regulator tekanan tinggi, panci, tabung gas 3 kg, dan *temperature controller* tipe AT4208.

Keterangan :

1. Lubang Input
2. Lubang output



Gambar 1. Burner mesin stirling mCHPSE-012020 (Mawardi, Jufrizal 2022)

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukannya pengujian dan pengambilan data yang dilakukan selama 60 menit dengan interval pencatatan waktu 5 menit sekali. Maka didapat hasil sebagai berikut :

3.1. Profil Temperatur

Profil temperatur dengan nilai masing-masing temperatur sumber panas, temperatur boiling, dan temperatur lingkungan pada variasi laju aliran 2 m/s, 2,5 m/s, dan 3 m/s dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil pengukuran pada temperatur sumber panas variasi laju aliran udara 3 m/s menghasilkan temperatur tertinggi yaitu 929°C dengan temperatur rata-rata 813,815°C, sedangkan pengukuran pada temperatur boiling variasi laju aliran udara 3 m/s menghasilkan temperatur tertinggi 99,3°C dengan temperatur rata-rata 89,323°C.

Tabel 1. Hasil pengujian burner dengan variasi laju aliran udara

Pengujian Burner dengan Variasi Laju Aliran Udara									
Waktu	Temp Sumber panas (°C)			Temp boiling (°C)			Temp Lingkungan (°C)		
Menit	2 m/s	2,5 m/s	3 m/s	2 m/s	2,5 m/s	3 m/s	2 m/s	2,5 m/s	3 m/s
0	30	30,2	29,1	28	31,3	31,8	29	29,4	28,6
5	709,6	838,4	853,7	42,9	49,7	55,5	29	29,3	28,7
10	763,8	847,8	862,5	71,2	73,6	82,4	29,1	29,3	28,5
15	794,6	864,8	889,3	95,8	94,8	99,1	29	29,2	29,1
20	800,5	869,2	872,3	99	99,2	99,1	28,9	29,4	28,7
25	817,7	853,1	899,9	99,3	99,3	99,3	29	29,3	28,8
30	827,6	857,7	929	99,1	99,2	99,2	29,1	29,3	28,8
35	728,4	668,9	868,7	99,2	99,1	99,2	29,1	29,4	28,7
40	795	763,3	877,4	99,1	99,1	99,2	29,2	29,5	28,9
45	825,2	865,3	883,3	99,1	99	99,2	29,1	29,3	29,5
50	814,4	843,5	876,7	99,2	99,1	99	29,1	29,2	28,9
55	818,7	848,6	868,7	99,1	99	99,2	29,1	29,1	28,7
60	743,4	832,9	869	99,2	98,7	99	29,3	29,3	28,8
MIN	30	30,2	29,1	28	31,3	31,8	28,9	29,1	28,5
Max	827,6	869,2	929	99,3	99,3	99,3	29,3	29,5	29,5
Rata-Rata	728,3769	767,9769	813,8154	86,93846	87,77692	89,32308	29,07692	29,30769	28,82308

3.2. Konsumsi bahan bakar

Pada saat sebelum dilakukannya dan sesudah dilakukannya pengujian, massa tabung gas di timbang menggunakan timbangan didapatkan data pada Tabel 2 berikut:

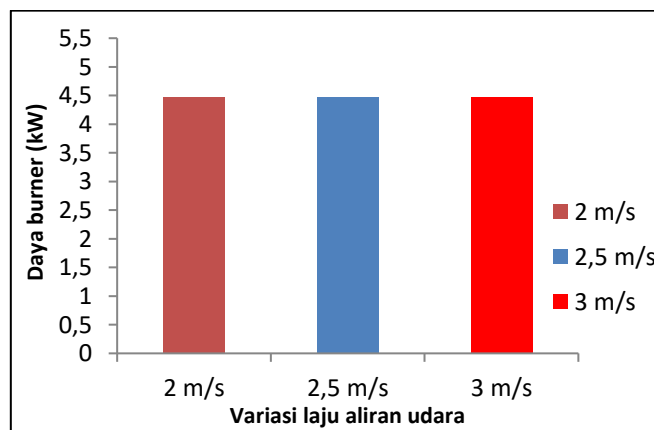
Tabel 2. Massa gas konsumsi bahan bakar

Massa	Nilai Gas LPG		
	2 m/s	2,5 m/s	3 m/s
m ₁	7,404	6,827	7,061
m ₂	7,061	6,487	6,718

Untuk mencari konsumsi bahan bakar dengan variasi laju aliran udara dapat menggunakan persamaan (1) dimana dari pengujian variasi laju aliran udara 2 m/s, 2,5 m/s dan 3 m/s menghasilkan hasil yang sama yaitu 0,343 kg.

3.3. Daya pada burner

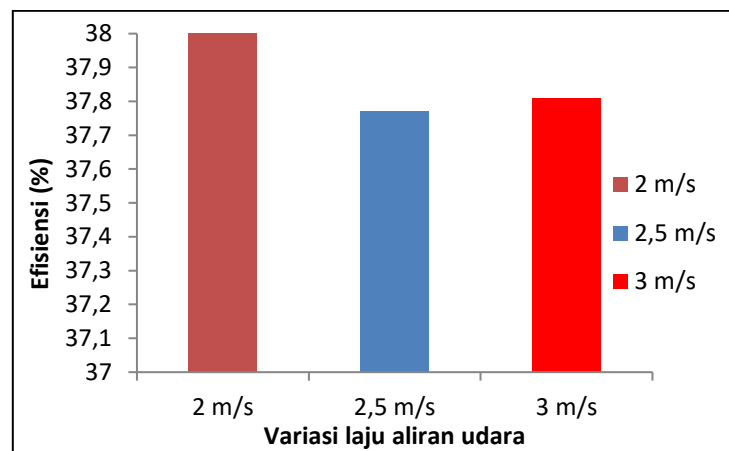
Daya pada burner dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2). Pada Gambar 2 merupakan grafik perbandingan dari tiga variasi laju aliran udara yaitu 2 m/s, 2,5 m/s dan 3 m/s terhadap daya burner. Dimana dari grafik tersebut daya yang didapat dari ketiga variasi tersebut sama besar yaitu 4,47806 kW, hal ini dipengaruhi oleh konsumsi bahan bakar yang sama pada ketiga variasi saat pengujian.



Gambar 2. Grafik daya burner

3.4. Efisiensi pada burner

Setelah dilakukannya perhitungan efisiensi burner terendah pada variasi laju aliran udara 2,5 m/s dengan nilai 37,77 % dan untuk nilai efisiensi tertinggi pada variasi laju aliran udara 2 m/s dengan nilai 38,33 %. Jika ditampilkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik efisiensi burner

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian burner gas mesin Stirling dengan laju aliran udara menghasilkan profil temperatur tertinggi terjadi pada Burner gas mesin Stirling dengan laju aliran udara 3 m/s sebesar 929°C. Untuk konsumsi bahan bakar burner gas mesin Stirling dengan laju aliran udara 2 m/s, 2,5 m/s dan 3 m/s sebesar 343 gr, ini dikarenakan pada pengujian ini laju aliran bahan bakar dan tekanan bahan bakar sama. Kemudian untuk daya burner gas mesin Stirling dengan laju aliran udara 2 m/s, 2,5 m/s dan 3 m/s dengan daya yang sama sebesar 4,48 kW, ini dikarenakan konsumsi bahan bakar dari 3 percobaan sama besarnya. Untuk Efisiensi tertinggi terjadi pada burner gas mesin Stirling dengan laju aliran udara 2 m/s sebesar 38,33%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada mCHPSE *research team*, Bapak Jufrizal, S.T, M.T sebagai koordinator tim yang telah bekerja keras untuk membantu menyelesaikan penelitian ini, khususnya Fandy Ramadhan, Irwan Prasetya Simanullang, Muhammad Novrin Rizky Syahputra, Fajar Noer Rambe, Muhammad Dendy Agusdiandy, Fikri Yanda Pratama, Muhammad Hidayah dan Bengkel Bubut Saragih.

Daftar Pustaka

- Akbar, Fadhilah Muhammad, and Dede Buchori Muslim. n.d. "Perancangan Prototipe Mesin Stirling Tipe Beta," no. 21: 1–10.
- 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>.
- Hari S. Ritonga, Farel H. Napitupulu, Tulus B. Sitorus, and M. Syahril Gultom. 2019. "Rancang Bangun Mesin Stirling Tipe Gama Berkapasitas 157 MI Menggunakan Sistem Pendingin Fluida Cair." *Dinamis* 7 (1): 9. <https://doi.org/10.32734/dinamis.v7i1.7145>.
- 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.
- Mawardi, Jufrizal, Muhammad Hidayah. 2022. "Uji Kinerja Burner LPG Mesin Stirling Dengan Variasi Kosumsi Bahan Bakar LPG Burner." *IRA J.Tek. Mesin Dan Apl* 1 (1): 35–40.
- Setiawan, Yudi, Eka Sariwijianti, and Teguh Pribadi. 2019. "Kinerja Kompor Gas." *Flywheel : Jurnal Teknik Mesin Untirta V* (1): 90–93.
- Siregar, Z H, Jufrizal, Moraida Hasanah, and M D Agusdiandy. 2022. "Pengaruh Variasi Temperatur Sumber Panas Terhadap Temperatur Udara Dalam Heater Mesin Stirling." *IRA J.Tek. Mesin Dan Apl* 1 (1): 11–16.