

## Manufaktur dan Pengujian Burner LPG untuk Pemanasan Heater Mesin Stirling mCHPSE-012021

### *Manufacturing and Testing of LPG Burner for Heating Stirling Engine Heater mCHPSE-012021*

Muhammad Arif Hidayat<sup>1</sup>, Fatur Fadhillah Al Ridho<sup>1</sup>, Jufrizal<sup>1\*</sup>, Supriatno<sup>1</sup>, Nurdiana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Sumatera Utara, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Al-Azhar Medan, Medan, Sumatera Utara, Indonesia

\*Corresponding author: [jufrizal@staff.uma.ac.id](mailto:jufrizal@staff.uma.ac.id)

Diterima: 15-11-2023

Disetujui: 01-12-2023

Dipublikasikan: 26-12-2023

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



#### Abstrak

Penelitian ini memfokuskan pada pengembangan burner LPG khusus untuk mesin Stirling mCHPSE-012021. Dalam pengembangannya, desain burner dibuat dengan menggunakan software CAD dan difabrikasi melalui mesin perkakas serta proses pengelasan. Pengujian dilakukan untuk memverifikasi sejauh mana kinerja burner sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa meskipun burner mampu mencapai suhu tinggi yang diperlukan, efisiensi termal yang tercapai masih rendah, berada pada angka 19,72%. Angka ini jauh di bawah standar efisiensi kompor gas rumah tangga menurut SNI 8660:2018. Temuan ini menyoroti urgensi peningkatan desain dan efisiensi burner agar dapat memenuhi standar yang ditetapkan, memperbaiki kinerja mesin Stirling mCHPSE-012021 secara keseluruhan, serta meningkatkan efisiensi energi secara signifikan. Perbaikan ini diperlukan untuk memastikan kinerja optimal dan efisiensi dalam penggunaan energi pada sistem mCHPSE, menggarisbawahi pentingnya pengembangan teknologi burner yang lebih efisien dan sesuai standar untuk mendukung penggunaan mesin Stirling pada aplikasi energi mikro.

**Kata kunci :** Burner LPG, Manufaktur, Mesin Stirling, mCHPSE-012021, Pengujian

#### Abstract

*This research focuses on developing a special LPG burner for the mCHPSE-012021 Stirling engine. The burner design was developed using CAD software and fabricated using machine tools and a welding process. Tests are carried out to verify how much the burner performance meets the desired specifications. The test results show that although the burner can reach the required high temperature, the thermal efficiency is still low, at 19.72%. This figure is far below the efficiency standard for household gas stoves, according to SNI 8660:2018. These findings highlight the urgency of improving burner design and efficiency to meet established standards, improving the mCHPSE-012021 Stirling engine's overall performance, and significantly increasing energy efficiency. These improvements are necessary to ensure optimal performance and efficiency in energy use in mCHPSE systems, underscoring the importance of developing more efficient and standards-compliant burner technology to support the use of Stirling engines in microenergy applications.*

**Keywords:** LPG Burner, Manufacturing, mCHPSE-012021, Stirling Engine, Testing

### 1. Pendahuluan

Prototipe mesin Stirling dengan desain tipe gamma yang diberi nama mCHPSE (micro combine heat power Stirling engine) telah didesain dan dibuat oleh tim riset mCHPSE yang merupakan kolaborasi dari beberapa mahasiswa dan dosen dari beberapa perguruan tinggi di kota Medan. Mesin ini dikembangkan secara bertahap dimulai pada tahun 2018 yang diberi

nama mCHPSE-012018 (Jufrizal et al. 2020). Diikuti dengan generasi berikutnya pada tahun 2019 dengan nama mCHPSE-012019 (Jufrizal, Napitupulu, et al. 2022b, 2022a) dan pada tahun 2020 dengan nama mCHPSE-012020 (Z H Siregar et al. 2022; Zufri Hasrudy Siregar, Jufrizal, and Putra 2022; Jufrizal et al. 2023). Dan mesin terakhir yang telah dikembangkan sampai saat ini adalah desain pada tahun 2021 dengan nama mCHPSE-012021 (Gambar 1), dimana setiap tahun dilakukan terus modifikasi pada mesin dengan maksud untuk peningkatan kemampuan sehingga layak menjadi penggerak sistem *micro combine heat power* (mCHP).



**Gambar 1.** Mesin Stirling mCHPSE-012021

Mesin Stirling mCHPSE-012021 memiliki komponen-komponen utama diantaranya heater. Heater pada Gambar 1 merupakan komponen kunci yang mendukung kinerja mesin Stirling. Fungsi utama heater dalam mesin Stirling adalah untuk memanaskan gas kerja yang ada di dalam sistem. Proses pemanasan ini terjadi saat fluida kerja berada di bagian panas dari mesin. Saat dipanaskan, fluida kerja tersebut mengembang dan meningkatkan tekanan dalam ruang kerja. Pemanasan fluida kerja adalah tahap awal dari siklus kerja mesin Stirling. Proses ini mengubah energi panas menjadi energi mekanik yang dapat digunakan. Tanpa pemanasan yang efisien pada fluida kerja, mesin Stirling tidak dapat berfungsi secara optimal atau bahkan sama sekali. Kualitas pemanasan, transfer panas yang efisien, dan kontrol suhu yang baik sangat penting dalam menjaga kinerja optimal dari mesin ini. Kegagalan pada heater dapat menyebabkan penurunan efisiensi atau bahkan kegagalan total pada mesin Stirling dan ini tidak terlepas dari peran komponen burner. Hubungan antara burner dan heater pada mesin Stirling adalah bahwa burner bertanggung jawab untuk memberikan panas yang diperlukan oleh heater. Burner menghasilkan panas yang kemudian ditransfer ke bagian dalam mesin, khususnya ke heater. Heater kemudian menggunakan panas ini untuk memanaskan fluida kerja dalam mesin.

Sebuah burner adalah komponen yang digunakan untuk menghasilkan panas. Pembuatan dan pengujian burner LPG khusus untuk sistem mCHPSE ini juga telah penulis mulai pada mesin mCHPSE-012020 (Mawardi, Jufrizal, and Hidayah 2022; Jufrizal, Mawardi, and Ramadhan 2022; Jufrizal, Siregar, et al. 2022). Kemampuan burner dalam mentransfer panas pada saat pembakaran biasanya ditunjukkan dalam besaran daya burner ( $I$ ), laju aliran massa bahan bakar ( $\dot{m}_f$ ), dan efisiensi termal ( $\eta_{\text{burner}}$ ). Secara matematis daya burner dapat ditentukan dengan persamaan (1) (Sudarno and Fadelan 2015).

$$I = \frac{\dot{m}_f \times E}{\Delta t} \quad (1)$$

dimana,  $m_f$  adalah konsumsi bahan bakar (kg),  $E$  adalah LHV (low heating value) bahan bakar gas elpiji (kJ/kg) yaitu 47089,288 kJ/kg (Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi 2007), dan  $\Delta t$  adalah waktu konsumsi bahan bakar (jam).

Untuk menghitung konsumsi bahan bakar dapat ditentukan dengan persamaan (2) (Jufrizal, Siregar, et al. 2022).

$$m_f = m_1 - m_2 \quad (2)$$

dimana,  $m_1$  dan  $m_2$  adalah massa bahan bakar sebelum dan sesudah digunakan (kg)

Sedangkan efisiensi burner adalah rasio antara panas yang berguna dengan panas yang dihasilkan dari bahan bakar yang digunakan selama penggunaan. Secara matematis, efisiensi burner dapat dihitung menggunakan persamaan (3) (Muthukumar and Shyamkumar 2013; Sudarno and Fadelan 2015).

$$\eta_{\text{burner}} = \frac{\{(M_w \cdot C_{pw}) + (M_b \cdot C_{pb})\} \times (T_{\text{max}} - T_{\text{min}}) + M_u \cdot H}{m_f \times E} \times 100\% \quad (3)$$

dimana,  $M_w$  dan  $M_b$  merupakan massa air dan bejana air (kg),  $C_{pw}$  dan  $C_{pb}$  adalah panas spesifik air dan bejana (kJ/kg.K),  $T_{\text{min}}$  dan  $T_{\text{max}}$  adalah temperatur awal dan akhir (K),  $M_u$  adalah massa uap (kg), dan  $H$  adalah panas laten penguapan air (kJ/kg).

Berdasarkan uraian diatas maka dalam penelitian ini penulis akan fokus membuat dan menguji burner LPG yang diperuntukkan untuk mesin Stirling mCHPSE-012021 yang bentuk heater berbeda dengan mesin sebelumnya. Penelitian ini penting dilakukan mengingat tanpa ketersediaan panas yang cukup dari burner, kinerja heater dan akibatnya kinerja mesin Stirling secara keseluruhan bisa terganggu atau bahkan tidak berfungsi sama sekali.

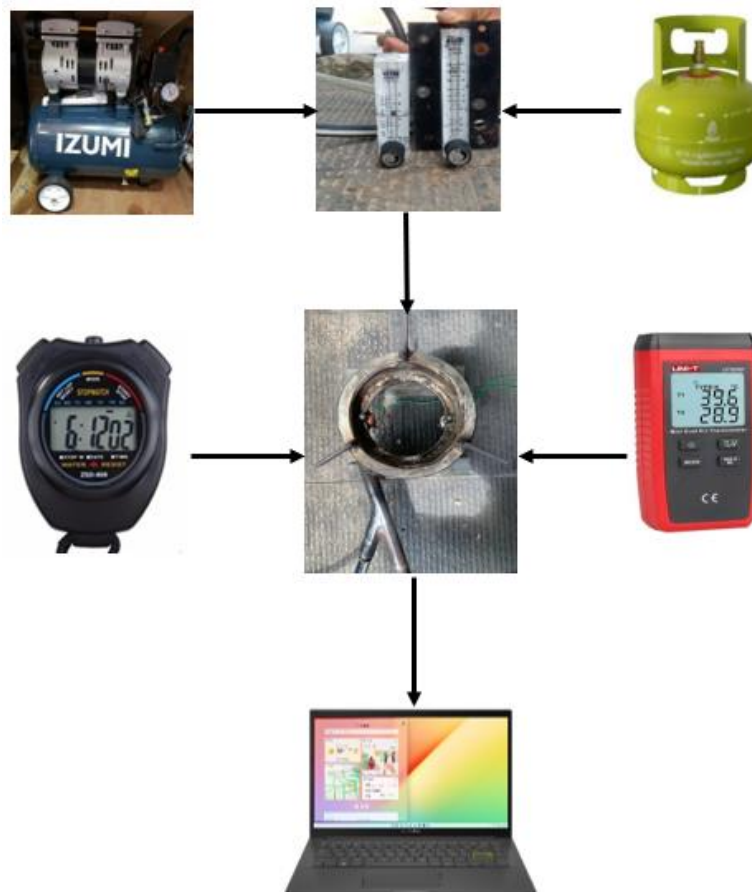
## 2. Metode Penelitian

Aplikasi Computer-Aided Design (CAD) digunakan untuk membuat desain burner dari mesin Stirling mCHPSE-012021. CAD adalah penggunaan komputer untuk membantu dalam pembuatan, modifikasi, analisis, atau optimasi desain. *Software* CAD digunakan untuk meningkatkan produktivitas desainer, meningkatkan kualitas desain, meningkatkan komunikasi melalui dokumentasi, dan untuk membuat database untuk manufaktur. Desain yang dibuat melalui software CAD membantu melindungi produk dan penemuan saat digunakan dalam aplikasi paten. Output CAD sering berupa file elektronik untuk pencetakan, penggilingan, atau operasi manufaktur lainnya. CAD dapat digunakan untuk merancang kurva dan gambar dalam ruang dua dimensi (2D) atau kurva, permukaan, dan benda padat dalam ruang tiga dimensi (3D). CAD adalah seni industri penting yang digunakan secara luas dalam banyak aplikasi, termasuk industri otomotif, pembuatan kapal, dan dirgantara, desain industri dan arsitektur (model informasi bangunan), prostetik, dan banyak lagi ("CAD Software for Designers, Drafters, and Creators" 2023; "CAD Software Solutions" 2023).

Setelah selesai proses desain dilanjutkan dengan tahap pengadaan bahan dan manufaktur menggunakan mesin-mesin perkakas serta pengelasan. Mesin perkakas adalah mesin yang digunakan untuk memotong atau mempabrikasikan suatu material hingga menjadi barang setengah jadi atau barang jadi dalam bentuk yang diinginkan. Mesin perkakas digunakan untuk peralatan atau mesin yang cara mengoperasikannya tidak menggunakan tenaga manusia secara langsung, melainkan digerakan oleh mesin penggerak yang telah dirancang dengan desain khusus. Sedangkan benda kerja yang sering dikerjakan adalah benda jenis logam (Masafkar23 2023). Sementara itu, pengelasan adalah proses penyambungan dua atau lebih

benda dengan cara melelehkan sebagian atau seluruh benda tersebut. Ada dua jenis mesin las, yaitu mesin las karbit dan mesin las listrik. Prinsip kerja mesin las sendiri adalah dengan cara membakar atau memanaskan sebuah kawat khusus untuk pengelasan dengan energi panas yang dihasilkan dari gas asetilena (acetylene) untuk mesin las karbit dan dari aliran listrik untuk mesin las listrik (“Perbedaan Mesin Las Karbit Dan Mesin Las Listrik” 2020).

Tahap terakhir dalam pengujian ini yaitu melakukan pengujian. dalam penelitian ini, peneliti menguji suhu burner dengan mengukur temperatur nyala api. Setelah mendapatkan nilai temperatur nyala api, peneliti melakukan perhitungan konsumsi bahan bakar menggunakan persamaan (2), perhitungan daya burner menggunakan persamaan (1), dan perhitungan efisiensi burner menggunakan persamaan (3). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Gas LPG 3 kg dan udara yang diperoleh dari kompresor. Komponen dan alat ukur yang digunakan seperti heater, timbangan digital, flow meter, regulator, pipa penyalur gas LPG, burner, stopwatch, termometer, thermowell NPT stainless. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



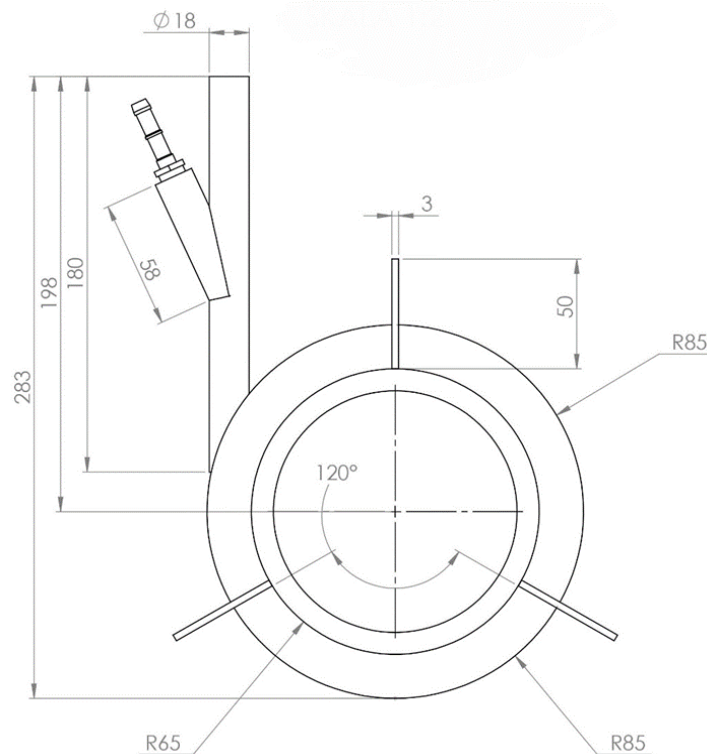
**Gambar 2.** Skema pengujian burner LPG

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Desain burner LPG

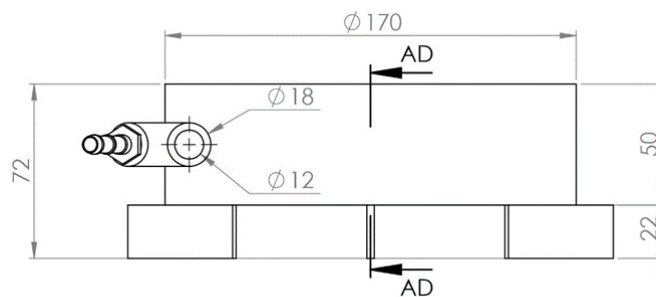
Hasil desain burner pada penelitian ini dibuat menggunakan software CAD dan terlihat pada Gambar 3. Gambar 3 terdiri dari tiga bagian, yaitu (a) Tampak Depan, (b) Tampak Atas, dan (c) Tampak AD-AD. Dalam gambar teknik, terdapat tiga jenis pandangan utama yang digunakan untuk menggambarkan suatu objek, yaitu Tampak Depan, Tampak Atas, dan Tampak Potongan (AD-AD). Tampak Depan adalah gambaran objek yang dilihat dari arah depan,

sedangkan Tampak Atas adalah gambaran objek yang dilihat dari arah atas. Tampak Potongan adalah gambaran objek yang dipotong pada bagian tertentu dan dilihat dari arah potongan tersebut. Ketiga jenis pandangan ini sangat penting dalam menggambarkan objek secara detail dan akurat dalam gambar teknik.



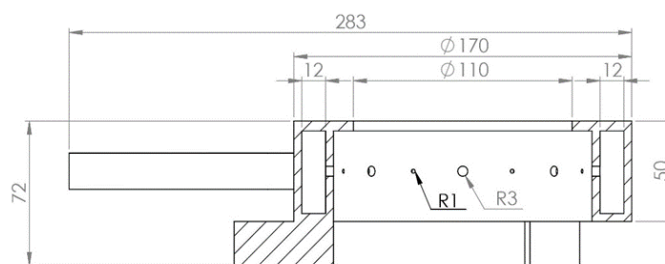
**TAMPAK DEPAN**

(a)



**TAMPAK ATAS**

(b)



**SECTION AD-AD**

(c)

**Gambar 3.** Desain burner LPG pada Mesin Stirling mCHPSE-012021 (a) Tampak Depan, (b) Tampak Atas, Tampak AD-AD

### 3.2. Manufaktur burner LPG

Proses manufaktur burner LPG meliputi beberapa tahapan. Tahap pertama adalah perancangan desain burner menggunakan software CAD. Setelah desain burner selesai, tahap selanjutnya adalah pembuatan burner menggunakan mesin perkakas. Mesin perkakas yang digunakan antara lain mesin bubut, mesin frais, dan mesin drilling. Setelah burner selesai dibuat, tahap selanjutnya adalah pengelasan. Pengelasan dilakukan untuk menyambungkan dua atau lebih benda dengan cara melelehkan sebagian atau seluruh benda tersebut. Ada dua jenis mesin las, yaitu mesin las karbit dan mesin las listrik. Setelah pengelasan selesai, tahap selanjutnya adalah pengujian burner. Hasil manufaktur dari burner LPG dapat dilihat pada Gambar 4. Spesifikasi dari burner dapat dilihat pada Tabel 1.



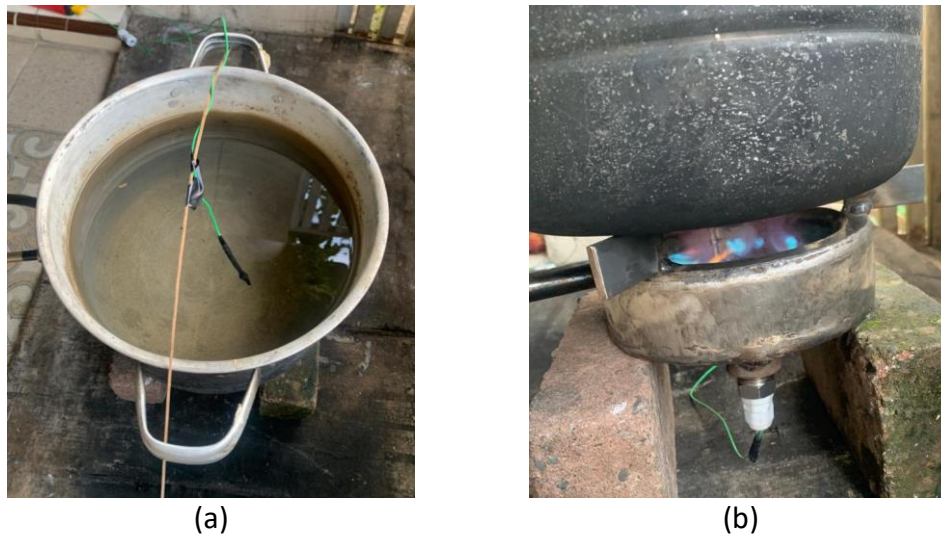
**Gambar 4.** Hasil manufaktur dari burner LPG

**Tabel 1.** Spesifikasi burner mesin Stirling mCHPSE-012021

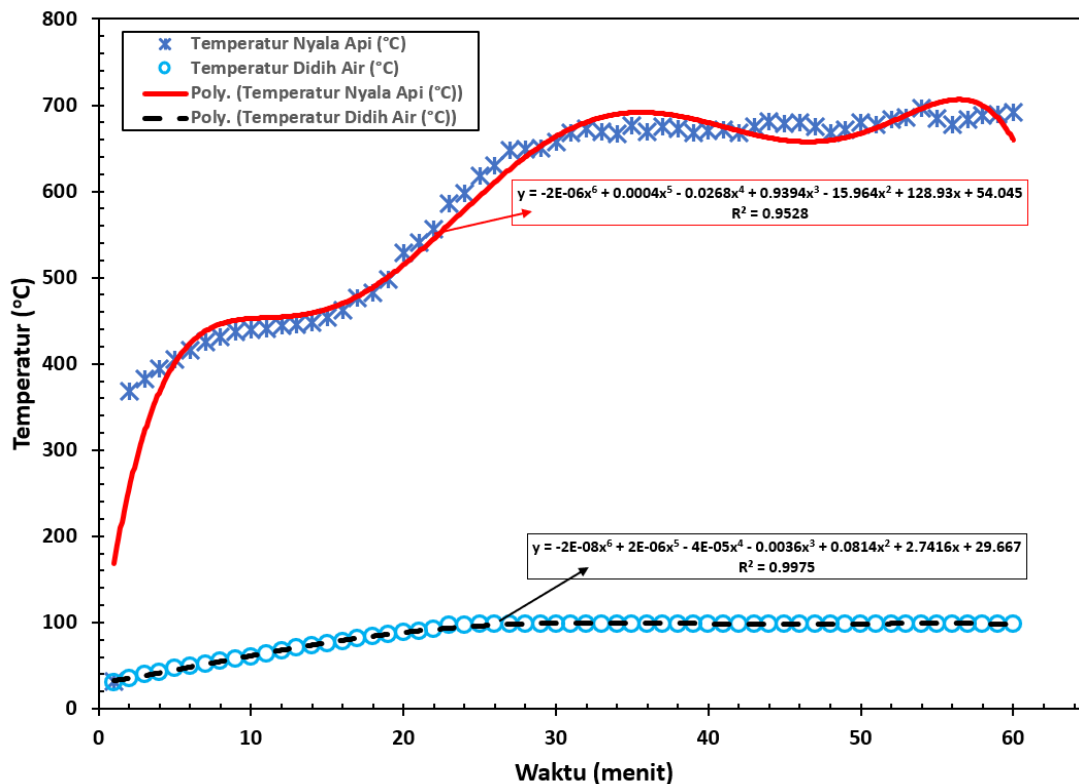
Parameter	Jenis/Dimensi
Bahan	Stainless Steel 304
Diameter dalam	110 mm
Diameter luar	170 mm
Tinggi	50 mm
Panjang pipa input	180mm
Diameter input	18 mm
Diameter output kecil	1 mm x 8
Diameter output besar	3 mm x 8

### 3.3. Pengujian burner LPG

Pengujian dilakukan untuk memastikan burner berfungsi dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Dalam pengujian burner, bejana air dipanaskan menggunakan sumber api Gas LPG melalui burner selama 60 menit untuk mendapatkan temperatur burner dan temperatur didih air. Titik sumber api burner ditandai sebagai  $T_1$ , sedangkan titik temperatur didih air ditandai sebagai  $T_2$  dan diukur menggunakan alat ukur termometer. Gambar pengujian burner dengan metode pendidihan air dapat dilihat pada Gambar 5. Setelah dilakukan pengujian selama 60 menit dengan menggunakan termometer, diperoleh temperatur hasil uji  $T_1$  dan  $T_2$  yang diperlihatkan pada Gambar 6. Berdasarkan Gambar 6, nilai temperatur nyala api minimum (pada awal) sebesar  $31,9^{\circ}\text{C}$  dan temperatur pendidihan air minimum (pada awal proses) sebesar  $30,3^{\circ}\text{C}$ , sedangkan nilai temperatur nyala api maksimum sebesar  $696,7^{\circ}\text{C}$  dan temperatur didih air maksimum sebesar  $98,7^{\circ}\text{C}$ . Selain itu, nilai temperatur nyala api rata-rata sebesar  $580,9^{\circ}\text{C}$  dan Temperatur didih air rata-rata sebesar  $86,0^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 5. Pengujian pendidihan air



Gambar 6. Perbandingan temperatur nyala api dan temperatur didih air

Massa air yang diuji pada awal proses ( $M_w$ ) adalah 4,6 kg dan yang berubah menjadi uap ( $M_u$ ) pada akhir proses sebesar 0,774 kg. Massa bahan bakar sebelum digunakan ( $m_1$ ) didapatkan 7,913 kg dan massa bahan bakar sesudah digunakan ( $m_2$ ) selama 60 menit adalah 7,581 kg, sehingga dengan merujuk pada persamaan (2) dan dilakukan perhitungan didapatkan konsumsi bahan bakar ( $m_f$ ) adalah 0,332 kg. Daya burner (kW) dan efisiensi termal burner (%) dengan merujuk pada persamaan (1) dan (2) setelah dilakukan perhitungan didapat 4,34 kW dan 19,72% yang menunjukkan efisiensi termal masih sangat rendah dibandingkan dengan kompor masak SNI. Jika mengacu pada SNI 8660:2018 tentang kompor gas LPG dan LNG/NG tekanan rendah untuk rumah tangga, syarat mutu berkenaan dengan efisiensi menyatakan bahwa kinerja tungku (kompor) harus memiliki efisiensi minimum 50% untuk kompor atas meja dan minimum 45% untuk kompor tanam dan kompor berdiri (Kusnandar et al. 2020).

#### 4. Kesimpulan

Dalam penelitian ini, desain dan manufaktur burner LPG untuk mesin Stirling mCHPSE-012021 telah berhasil dilakukan menggunakan software CAD dan dimanufaktur menggunakan mesin-mesin perkakas serta pengelasan. Namun, meskipun burner mampu mencapai temperatur tinggi, efisiensi termal yang diperoleh masih rendah yaitu sebesar 19,72%. Hal ini menunjukkan perlunya peningkatan efisiensi burner untuk memenuhi standar efisiensi kompor gas yang ditetapkan dalam SNI 8660:2018. Dengan demikian, peningkatan desain dan perbaikan pada burner diperlukan agar dapat meningkatkan kinerja mesin Stirling mCHPSE-012021 secara keseluruhan.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Yayasan dan Rektor Universitas Medan Area atas bantuan Hibah Penelitian DIYA (Dana Internal Yayasan) tahun 2023 dan semua anggota Tim Riset mCHPSE tahun 2023 yang merupakan mahasiswa teknik mesin Universitas Medan Area khususnya Iskandar Zulkarnain Rokan, Rahmadsyah Lubis, Niko Taufik Adi Nugraha, Siska Indrawanto, dan Bengkel Bubut Heri yang telah berkontribusi dalam penelitian ini.

#### Daftar Pustaka

- “CAD Software for Designers, Drafters, and Creators.” 2023. Autodesk Inc. 2023. <https://www.autodesk.com/solutions/cad-software>.
- “CAD Software Solutions.” 2023. PTC. 2023. <https://www.ptc.com/en/technologies/cad>.
- 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>.
- Jufrizal, Jufrizal, Z. H. Siregar, T. J. Saktisah, Bintang Kelana Putra, and M. N. R. Syahputra. 2022. “Uji Kinerja Burner Gas LPG Mesin Stirling Dengan Variasi Laju Aliran Udara.” *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)* 1 (2): 5–10. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v1i2.19>.
- Jufrizal, F. H. Napitupulu, Ilmi, H. Ambarita, and M. Meliala. 2022a. “Ideal Cycle Thermodynamic Analysis For Gamma-Type Stirling Engine.” *Journal of Mechanical Engineering and Technology (JMET)* 14 (2): 1–15.
- 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*. Vol. 725. Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/725/1/012016>.
- Jufrizal, Farel H. Napitupulu, Ilmi, Himsar Ambarita, and Mahadi Meliala. 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).
- Jufrizal, Farel Hasiholan Napitupulu, Ilmi, Himsar Ambarita, Supriatno, and Muhammad Irwanto. 2023. “Integration of a Gamma-Type Stirling Engine with LPG Cooking Stove for Micro-Scale Combined Heat and Power Generation.” *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences* 108 (2): 1–16. <https://doi.org/10.37934/arfmts.108.2.116>.



- Kusnandar, Nanang, Winda Sari Ramadhani, Intan Paramudita, Qudsiyyatul Lailiyah, and Prayoga Bakti. 2020. "Performance Characteristics of LPG Stoves Using DME Fuel with Variations in Nozzle Diameter and Input Pressure." *Standarisasi* 22 (3): 199–210.
- Masafkar23. 2023. "Macam – Macam Mesin Perkakas Dan Fungsinya." *Tehnik Mesin*. 2023. <https://tehnikmesin.com/2019/12/macam-macam-mesin-perkakas.html>.
- 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>.
- "Perbedaan Mesin Las Karbit Dan Mesin Las Listrik." 2020. *Mega Perkakas*. 2020. <https://megaperkakas.com/perbedaan-mesin-las-karbit-dan-mesin-las-listrik/>.
- Siregar, Z H, Jufrizal, Moraida Hasanah, and M D Agusdiandy. 2022. "Pengaruh Variasi Temperatur Sumber Panas Terhadap Temperatur Udara Dalam Heater Mesin Stirling." *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)* 1 (1): 11–16.
- Siregar, Zufri Hasrudy, Jufrizal Jufrizal, and Bintang Kelana Putra. 2022. "Pengaruh Penambahan Regenerator Terhadap Performansi Mesin Stirling Tipe Gamma." *Jurnal Mekanova : Mekanikal, Inovasi Dan Teknologi* 8 (2): 1–8. <https://doi.org/10.35308/jmkn.v8i2.5957>.
- Sudarno, and Fadelan. 2015. "Peningkatan Efisiensi Kompor LPG Dengan Menggunakan Reflektor Radiasi Panas Bersirip." *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika* 18 (1): 94–105. <https://journal.umy.ac.id/index.php/st/article/view/710>.