

Analisis Efisiensi Thermal dan Konsumsi Bahan Bakar pada Burner Kompor SNI Sebagai Dasar Acuan Perencanaan Burner Mesin Stirling

Analysis of Thermal Efficiency and Fuel Consumption on SNI Stove Burners as a Reference Basis for Stirling Engine Burner Planning

Rahmadsyah Lubis¹, Jufrizal^{1*}, Supriatno¹, Nurdiana²

¹Prodi Teknik Mesin, Universitas Medan Area, Medan Estate, Sumatera Utara, 20223, Indonesia

²Prodi Teknik Mesin, Universitas Al-Azhar Medan, Medan, Sumatera Utara, 20143, Indonesia

*Corresponding author: jufrizal@staff.uma.ac.id

Diterima: 11-03-2024

Disetujui: 08-04-2024

Dipublikasikan: 13-08-2024

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



Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja burner kompor LPG dengan menilai temperatur nyala api, konsumsi bahan bakar, daya burner, dan efisiensi termal. Metode yang diterapkan adalah metode eksperimental dengan teknik pendidihan air. Bahan uji yang digunakan adalah gas LPG 3 kg dan air. Peralatan yang digunakan meliputi kompor masak sesuai SNI, bejana, timbangan digital, rotameter flow meter, regulator dan selang gas, stopwatch, thermometer controller UT320D, thermometer NPT stainless steel, dan kabel sensor thermocouple. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada pengujian pertama dengan setelan kompor pada posisi minimum, rata-rata temperatur api di burner mencapai 559,005 °C dengan nilai maksimum 589,2 °C. Pada pengujian kedua dengan setelan kompor maksimum, rata-rata temperatur api mencapai 714,78 °C dengan nilai maksimum 769,3 °C. Konsumsi bahan bakar tercatat sebesar 0,391 kg pada pengujian pertama dan 0,545 kg pada pengujian kedua. Daya burner yang dihasilkan adalah 1,754 kW pada pengujian pertama dan 2,225 kW pada pengujian kedua. Efisiensi termal burner tercatat sebesar 50,07% pada pengujian pertama, yang meningkat menjadi 52,85% pada pengujian kedua. Pengukuran dan analisis efisiensi termal serta konsumsi bahan bakar dalam penelitian ini dapat menjadi panduan penting dalam merancang dan mengembangkan burner untuk mesin Stirling.

Kata Kunci: Burner kompor masak, Efisiensi thermal, Mesin Stirling, Temperatur nyala api.

Abstract

This study aims to evaluate the performance of an LPG stove burner by assessing the flame temperature, fuel consumption, burner power, and thermal efficiency. The method employed is an experimental approach using a water boiling technique. The test materials used include 3 kg of LPG gas and water. The equipment utilized includes an SNI-compliant cooking stove, a pot, a digital scale, a rotameter flow meter, a gas regulator and hose, a stopwatch, a UT320D thermometer controller, an NPT stainless steel thermometer, and thermocouple sensor cables. The results show that during the first test with the stove set to the minimum setting, the average flame temperature at the burner reached 559.005 °C, with a maximum value of 589.2 °C. In the second test, with the stove set to the maximum setting, the average flame temperature reached 714.78 °C, with a maximum value of 769.3 °C. Fuel consumption was recorded at 0.391 kg in the first test and 0.545 kg in the second test. The burner power output was 1.754 kW in the first test and 2.225 kW in the second test. The thermal efficiency of the burner was recorded at 50.07% in the first test, increasing to 52.85% in the second test. The measurement and analysis of thermal efficiency and fuel consumption in this study can serve as a crucial guide in designing and developing burners for Stirling engines.

Keywords: Cooking stove burner, Thermal efficiency, Stirling engine, Flame temperature.

1. Pendahuluan

Burner merupakan komponen vital dalam peralatan masak yang memainkan peran penting dalam konversi energi bahan bakar menjadi panas yang digunakan untuk memasak. Penggunaannya tersebar luas, baik dalam skala rumah tangga maupun industri, menjadikannya elemen kunci dalam efisiensi energi sehari-hari (Fakinle et al., 2019). Burner yang efisien tidak hanya mengoptimalkan penggunaan bahan bakar, tetapi juga mengurangi emisi gas buang, yang berdampak langsung pada penghematan energi dan kelestarian lingkungan (Herrera et al., 2015). Standarisasi perangkat seperti burner, terutama yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI), diperlukan untuk memastikan kualitas, keamanan, dan efisiensi dalam penggunaannya. SNI menetapkan standar kinerja yang harus dipenuhi oleh produsen, termasuk dalam hal efisiensi termal dan konsumsi bahan bakar (Pantangi et al., 2011). Standarisasi ini bertujuan untuk melindungi konsumen sekaligus mendukung pengembangan teknologi yang lebih baik dalam industri peralatan rumah tangga (Kaushik & Muthukumar, 2018).

Penelitian oleh Jufrizal, Napitupulu, et al. (2022) menunjukkan bahwa temperatur nyala api pada kompor gas sangat dipengaruhi oleh pengaturan setelan kompor, baik pada satu tungku maupun dua tungku. Pada pengujian kompor masak satu tungku, dengan setelan kompor gas pada posisi maksimal, diperoleh temperatur nyala api rata-rata sebesar $515,7426^{\circ}\text{C}$, sedangkan pada posisi minimal, temperatur rata-rata tercatat sebesar $412,9672^{\circ}\text{C}$. Sementara itu, pengujian kompor gas dua tungku menunjukkan bahwa dengan setelan maksimal, temperatur nyala api mencapai rata-rata $666,9459^{\circ}\text{C}$, dan dengan setelan minimal, temperatur rata-rata adalah $596,623^{\circ}\text{C}$. Hasil ini mengindikasikan bahwa penggunaan dua tungku secara bersamaan dapat meningkatkan temperatur nyala api, meskipun setelan kompor gas berada pada posisi minimal (Jufrizal, Napitupulu, et al., 2022). Penelitian oleh Hou dan Ko (2004) menemukan bahwa ketinggian pemanasan pada kompor gas domestik mempengaruhi struktur nyala api, distribusi suhu, dan efisiensi termal. Hasil menunjukkan bahwa efisiensi termal mencapai nilai maksimum pada ketinggian pemanasan optimal dengan distribusi suhu yang luas, dan jenis nyala api tertentu yang lebih divergen. Selain itu, peningkatan tinggi pemanasan menyebabkan peningkatan efisiensi termal hingga batas tertentu, sebelum akhirnya menurun (Hou & Ko, 2004). Dalam studi lain, Mishra et al. (2015) mengevaluasi performa kompor gas dengan burner berpori dua lapis, yang menghasilkan distribusi suhu radial yang hampir seragam dan efisiensi termal maksimum yang 28% lebih tinggi dibandingkan burner konvensional. Penelitian ini juga mencatat bahwa emisi CO dan NOx secara signifikan lebih rendah pada burner berpori, menunjukkan manfaat lingkungan yang lebih besar (Mishra, Mishra, & Muthukumar, 2015). Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Silva et al. (2019) menunjukkan bahwa bentuk geometri burner memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi termal dan suhu nyala api. Penelitian ini menemukan bahwa pengaturan posisi handle burner dapat mempengaruhi suhu nyala api hingga mencapai nilai maksimum sekitar $830,7^{\circ}\text{C}$ pada kondisi tertentu, menunjukkan bahwa pengaturan yang tepat dapat mengoptimalkan efisiensi dan performa burner (Silva et al., 2019). Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa faktor-faktor seperti ketinggian pemanasan, desain burner, dan pengaturan burner dapat secara signifikan mempengaruhi suhu nyala api dan efisiensi termal pada kompor gas.

Dalam konteks teknologi mesin Stirling, burner yang dirancang dengan efisiensi tinggi dapat memberikan kontribusi signifikan (Jufrizal et al., 2023). Mesin Stirling, yang dikenal karena kemampuannya dalam konversi energi dengan efisiensi tinggi, membutuhkan burner yang dapat bekerja optimal dengan berbagai jenis bahan bakar (Gao et al., 2019). Namun, pengembangan burner yang tepat untuk mesin ini masih menghadapi berbagai tantangan, seperti kestabilan nyala api, efisiensi bahan bakar, dan kesesuaian dengan kondisi operasional mesin Stirling (Yusof et al., 2009).

Penelitian ini bertujuan untuk menjawab kebutuhan akan data empiris terkait efisiensi termal dan konsumsi bahan bakar dari burner kompor LPG yang sesuai dengan SNI. Pengukuran dan analisis yang dilakukan diharapkan dapat memberikan gambaran jelas mengenai kinerja burner dalam kondisi operasional yang berbeda, yang nantinya dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan dan pengembangan burner untuk mesin Stirling. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi peningkatan desain dan pengembangan burner yang lebih efisien. Selain itu, temuan ini juga diharapkan dapat membantu dalam penyusunan standar yang lebih ketat dalam industri terkait, yang pada akhirnya akan mendukung penghematan energi secara lebih luas dan pengurangan dampak lingkungan.

2. Metode Penelitian

Pengujian burner kompor SNI dilakukan selama 60 menit dengan kurun waktu pengambilan data 1 menit sekali selama pengujian pendidihan air. Gambaran Burner Kompor SNI yang digunakan dalam penelitian seperti ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Burner Kompor SNI

Bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah Gas LPG 3 kg dan air untuk pengujian pendidihan air. Peralatan dan alat ukur yang dipakai meliputi kompor masak SNI, timbangan digital, rotameter flow meter udara control, regulator dan selang gas SNI, stopwatch, Termometer UT320D, thermowell NPT stainless, kabel termocouple sensor. Untuk menghitung konsumsi bahan bakar, daya burner, dan efisiensi burner selama pengujian menggunakan persamaan yang terdapat dalam penelitian terdahulu (Jufrizal, Siregar, et al. 2022). Adapun diagram alir penelitian ini terlihat pada Gambar 2.

Adapun langkah-langkah dalam pengambilan data adalah sebagai berikut

1. Menyiapkan gas LPG 3 kg sebagai bahan bakar utama yang akan digunakan untuk mengoperasikan kompor gas sesuai standar SNI.
2. Menghubungkan regulator dan selang gas dengan kompor untuk memastikan aliran bahan bakar gas LPG yang stabil dan aman.
3. Memasang alat ukur seperti thermocouple dan thermowell. Thermocouple ditempatkan di dalam air untuk mengukur suhu air (T_1), sedangkan thermocouple lainnya mengukur temperatur nyala api (T_2).
4. Mengatur knob kompor, yang berfungsi untuk mengontrol setelan minimum dan maksimum nyala api, serta sebagai pemantik saat menyalakan kompor.
5. Melakukan pengujian dan pengambilan data selama 60 menit, dengan mencatat data setiap 1 menit untuk memperoleh nilai-nilai yang dihasilkan secara akurat.

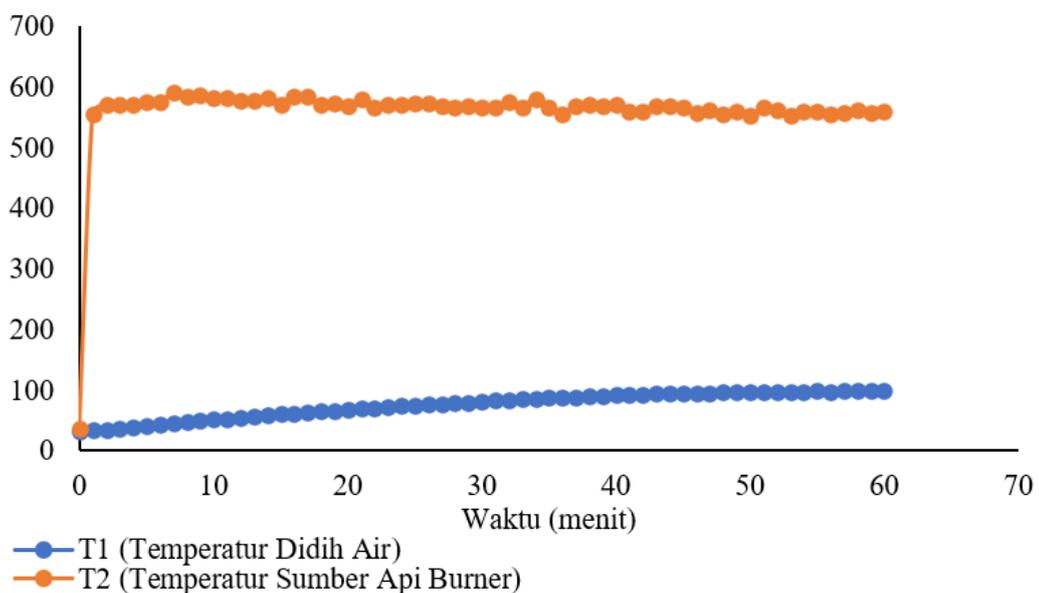
- Mengambil dan mencatat data beberapa parameter, termasuk temperatur air (T1) dan temperatur nyala api (T2), secara bersamaan. Pembacaan data dimulai sejak sumber panas dinyalakan.



Gambar 2. Skema pengujian

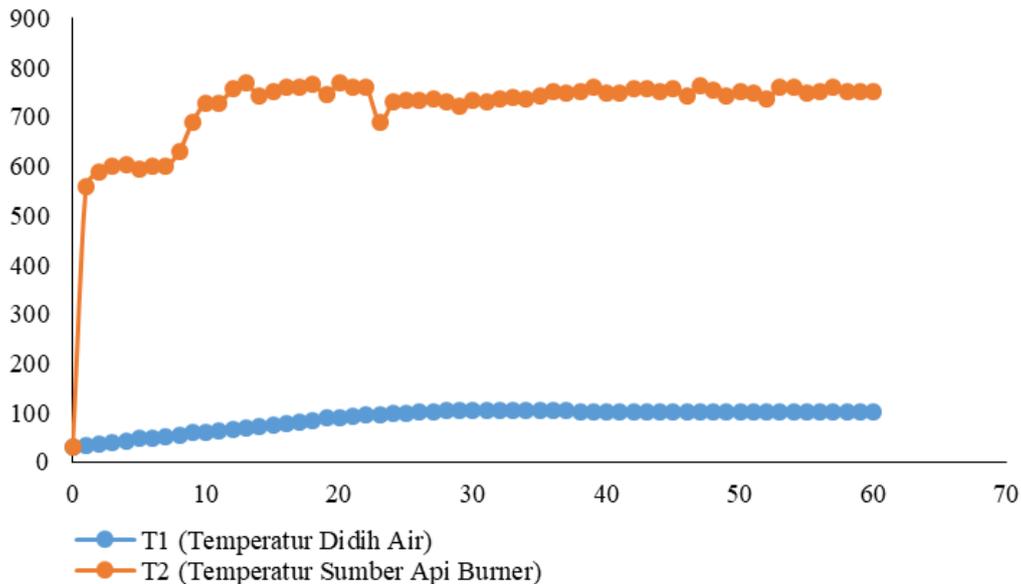
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan adanya variasi signifikan dalam suhu air dan sumber api, konsumsi bahan bakar, daya burner, serta efisiensi termal (η) antara dua pengujian yang dilakukan. Pada pengujian pertama, suhu awal air tercatat sebesar 31,4°C dan suhu awal sumber api adalah 35,9°C, dengan suhu maksimum air mencapai 99,0°C dan suhu maksimum sumber api sebesar 589,2°C. Rata-rata suhu sumber api adalah 559,005°C. Konsumsi bahan bakar tercatat sebesar 0,134 kg/jam, dengan daya burner yang dihasilkan sebesar 1,754 kW dan efisiensi termal sebesar 50,07%. Perbandingan antara suhu didih air dan suhu sumber api ditampilkan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Grafik temperatur air dan temperatur sumber api pada pengujian pertama

Pada pengujian kedua, suhu awal air dan sumber api sedikit lebih rendah dibandingkan dengan pengujian pertama, yaitu masing-masing sebesar $29,1^{\circ}\text{C}$ dan $30,5^{\circ}\text{C}$. Namun, suhu maksimum air dan sumber api menunjukkan peningkatan signifikan, dengan suhu maksimum air mencapai $105,3^{\circ}\text{C}$ dan suhu maksimum sumber api sebesar $769,3^{\circ}\text{C}$. Rata-rata suhu sumber api juga meningkat menjadi $714,78^{\circ}\text{C}$. Konsumsi bahan bakar pada pengujian kedua lebih tinggi, yakni sebesar $0,170\text{ kg/jam}$, dengan daya burner yang lebih besar yaitu $2,225\text{ kW}$, dan efisiensi termal meningkat menjadi $52,85\%$. Perbandingan antara suhu air dan suhu sumber api dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik temperatur air dan temperatur sumber api pada pengujian kedua

Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan daya burner dan efisiensi termal terjadi seiring dengan peningkatan suhu sumber api dan konsumsi bahan bakar. Peningkatan efisiensi termal dari $50,07\%$ pada pengujian pertama menjadi $52,85\%$ pada pengujian kedua menunjukkan adanya korelasi positif antara suhu maksimum sumber api dan efisiensi pembakaran, meskipun ada peningkatan konsumsi bahan bakar. Penelitian ini sejalan dengan temuan sebelumnya oleh Hou dan Ko (2004), yang menunjukkan bahwa peningkatan ketinggian pemanasan pada burner dapat meningkatkan efisiensi termal hingga titik tertentu sebelum akhirnya menurun. Hal ini konsisten dengan peningkatan efisiensi termal yang diamati dalam pengujian kedua, di mana suhu sumber api yang lebih tinggi menghasilkan efisiensi termal yang lebih baik. Begitu juga dengan penelitian oleh Mishra et al. (2015), yang menunjukkan bahwa desain burner yang lebih efisien dapat meningkatkan efisiensi termal secara signifikan. Dalam konteks ini, peningkatan efisiensi pada pengujian kedua bisa jadi disebabkan oleh kondisi operasional yang lebih optimal atau pengaturan burner yang lebih efisien. Namun, perlu dicatat bahwa peningkatan konsumsi bahan bakar dalam pengujian kedua juga harus dipertimbangkan dalam analisis keberlanjutan energi. Sementara efisiensi termal meningkat, penggunaan bahan bakar yang lebih besar dapat berdampak pada biaya operasional dan emisi, sebagaimana dijelaskan dalam penelitian oleh Fakindle et al. (2019), yang menekankan pentingnya keseimbangan antara efisiensi energi dan konsumsi bahan bakar untuk mengurangi dampak lingkungan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa temuan penting. Pertama, suhu maksimum nyala api yang dicapai pada pengujian pertama adalah $589,2^{\circ}\text{C}$, sementara pada pengujian kedua mencapai $769,3^{\circ}\text{C}$. Kedua, konsumsi bahan bakar yang tercatat pada pengujian

pertama sebesar 0,134 kg/jam, sedangkan pada pengujian kedua meningkat menjadi 0,170 kg/jam. Ketiga, daya yang dihasilkan oleh burner selama pengujian pertama adalah 1,754 kW, dan pada pengujian kedua naik menjadi 2,225 kW. Terakhir, efisiensi termal burner pada pengujian pertama tercatat sebesar 50,07%, dan sedikit meningkat pada pengujian kedua menjadi 52,85%. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini mendukung temuan sebelumnya bahwa optimalisasi pengaturan burner dan peningkatan suhu sumber api dapat meningkatkan efisiensi termal. Namun, diperlukan analisis lebih lanjut untuk mengoptimalkan konsumsi bahan bakar tanpa mengorbankan efisiensi termal, terutama dalam konteks aplikasi domestik di mana efisiensi dan keberlanjutan energi sangat penting.

Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Bapak Jufrizal, ST.,MT sebagai dosen pembimbing dan Tim Peneliti mCHPSE tahun 2021 yang telah memperkenankan kami menggunakan mesin Stirling mCHPSE-012021 dan alat ukur untuk penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh kawan- kawan yang telah bekerja keras untuk menyelesaikan proyek ini, khususnya Bintang Kelana Putra, Muhammad Arif Hidayat, Niko Taufik Adi Nugraha, Rahmadsyah Lubis, Siska indrawanto, Fatur Fadhillah Al Ridho, Mahmudin Al Rasyid dan Bapak Eri dari Perbengkelan Bubut Tembung Pasar 8.

Daftar Pustaka

- Basu, D., R. Saha, R. Ganguly, dan A. Datta. 2008. "Performance Improvement of LPG Cook Stoves through Burner and Nozzle Modifications." *Journal of The Energy Institute* 81: 218-225.
- Dahiya, D., R. S. Lather, dan P. Bhatia. 2016. "Improvement of the Domestic LPG Cooking Stoves: A Review." *Indian Journal of Science and Technology* 9.
- Fakinle, B., O. D. Oke, O. Odunlami, J. Sonibare, F. Akeredolu, dan O. S. Oni. 2019. "Emission Characterization and Performance of Conventional Liquefied Petroleum Gas Cookstove Burners." *Cogent Engineering*.
- Gao, G., H. Huang, Y. Yang, dan A. Damu. 2019. "Performance Simulation of a Low-Swirl Burner for a Stirling Engine." *International Journal of Energy Research* 43: 1815-1826.
- Herrera, B., K. Cacua, dan L. Olmos-Villalba. 2015. "Combustion Stability and Thermal Efficiency in a Porous Media Burner for LPG Cooking in the Food Industry Using Al₂O₃ Particles Coming from Grinding Wastes." *Applied Thermal Engineering* 91: 1127-1133.
- Hou, S., dan Y. Ko. 2004. "Effects of Heating Height on Flame Appearance, Temperature Field and Efficiency of an Impinging Laminar Jet Flame Used in Domestic Gas Stoves." *Energy Conversion and Management* 45: 1583-1595.
- Jufrizal, Jufrizal, Farel H. Napitupulu, Ilmi Abdullah, Himsar Ambarita, dan Dicky Adrian Sera Tarigan. 2022. "Uji Potensi Limbah Panas Dari Kompor Gas Satu Dan Dua Tungku Yang Dibuang Ke Lingkungan." *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)* 1 (2): 74-81. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v1i2.20>.
- Jufrizal, Jufrizal, Z. H. Siregar, T. J. Saktisah, Bintang Kelana Putra, dan 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, Farel H. Napitupulu, Ilmi Abdullah, Himsar Ambarita, Supriatno, dan M. 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*.

- Kaushik, L., dan P. Muthukumar. 2018. "Life Cycle Assessment (LCA) and Techno-economic Assessment (TEA) of Medium Scale (5–10 kW) LPG Cooking Stove with Two-Layer Porous Radiant Burner." *Applied Thermal Engineering* 133: 316-326.
- Mishra, N. K., dan P. Muthukumar. 2018. "Development and Testing of Energy Efficient and Environment Friendly Porous Radiant Burner Operating on Liquefied Petroleum Gas." *Applied Thermal Engineering* 129: 482-489.
- Muthukumar, P., dan P. I. Shyamkumar. 2013. "Development of Novel Porous Radiant Burners for LPG Cooking Applications." *Fuel* 112: 562-566.
- Pantangi, V. K., S. Mishra, P. Muthukumar, dan R. Reddy. 2011. "Studies on Porous Radiant Burners for LPG (Liquefied Petroleum Gas) Cooking Applications." *Fuel and Energy Abstracts*.
- Silva, R. L., Lucia Maria Soares de Azevedo, B. V. Sant'Anna, J. R. Patelli, dan M. M. Vieira. 2019. "Thermal Performance and Flame Temperatures on LPG Radial Burners in Domestic Cookers." *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental* 18: 38-46.
- Yusof, I., N. A. Farid, Z. Zainal, G. Horizon, K. Noriman, dan A. Miskam. 2009. "Design, Fabrication and Testing of a Swirl Burner for Alpha V-Shaped Stirling Engine." *Asian Journal of Applied Sciences* 2: 475-485.