

---

## **Pengaruh Variasi Temperatur Sumber Panas Terhadap Temperatur Udara Dalam Heater Mesin Stirling**

### ***Effect of Variation in Heat Source Temperature on Air Temperature in Stirling Engine Heater***

Z. H. Siregar<sup>1</sup>, Jufrizal<sup>2</sup>, Moraida Hasanah<sup>1</sup>, M. D. Agusdiandy<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Prodi Teknik Mesin, Universitas Asahan, Kisaran Timur, Asahan, Sumatera Utara, 21224, Indonesia

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

<sup>3</sup>Prodi Teknik Mesin, Universitas Al-Azhar Medan, Medan, Sumatera Utara, 20143, Indonesia

\*Corresponding author: muhamaddendy292@gmail.com

**Diterima: 22-06-2022**

**Disetujui: 21-07-2022**

**Dipublikasikan: 06-08-2022**

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



#### **Abstrak**

Penelitian ini difokuskan pada pengujian laju perpindahan panas dari sumber panas ke *heater* mesin Stirling. Pengujian dilakukan pada *heater* mesin Stirling yang berbentuk silinder tabung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur sumber panas terhadap temperatur udara didalam *heater*. Pengujian ini dilakukan pada mesin Stirling dengan konfigurasi mekanik tipe gamma. Temperatur sumber panas divariasikan dalam 3 kategori yaitu antara 860-900°C (I), 780-850°C (II), dan 710-779°C (III). Selama pengujian ada 3 posisi temperatur yang diukur yaitu temperatur sumber panas, temperatur dinding luar *heater*, dan temperatur udara dalam *heater*. Bahan bakar yang digunakan untuk sumber panas adalah *liquefied petroleum gas* (LPG). Hasil penelitian untuk temperatur sumber panas pada kategori ke-I, II, dan III menghasilkan temperatur rata-rata di dinding *heater* bagian luar berturut-turut adalah 729,8°C, 659,6°C, dan 591,3°C. Sedangkan temperatur udara rata-rata didalam *heater* untuk kategori ke-I, II, dan III berturut-turut adalah 201,7°C, 130,1°C, dan 114,8°C. Dari ke-3 variasi temperatur sumber panas menunjukkan bahwa nilai temperatur sumber panas yang diberikan sangat berpengaruh dan berbanding lurus terhadap temperatur di dalam *heater*.

**Kata Kunci:** *Heater*, mesin Stirling, temperatur sumber panas, temperatur udara

#### **Abstract**

*This research is focused on testing the heat transfer rate from the heat source to the Stirling engine heater. The test was carried out on the Stirling engine heater as a cylindrical tube. This study aims to determine the effect of variations in the heat source's temperature on the heater's air temperature. This test was carried out on a Stirling engine with a gamma-type mechanical configuration. The heat source temperature varied in 3 categories, namely between 860-900°C (I), 780-850°C (II), and 710-779°C (III). there were 3 temperature positions measured, namely the temperature of the heat source, the temperature of the outer wall of the heater, and the temperature of the air in the heater. The fuel used for the heat source is liquefied petroleum gas (LPG). The research results for the heat source temperature in categories I, II, and III resulted in the average temperature on the outside heater wall being 729.8°C, 659.6°C, and 591.3°C, respectively. While the average air temperature in the heater for categories I, II, and III, respectively, is 201.7°C, 130.1°C, and 114.8°C. The 3 variations of heat source temperature show that the given heat source temperature value is very influential and directly proportional to the temperature inside the heater.*

**Keywords:** *Heater*, Stirling engine, heat source temperature, air temperature

## 1. Pendahuluan

Bahan bakar fosil merupakan sumber energi yang terbesar digunakan di dunia saat ini. Hampir semua aktivitas kehidupan manusia memanfaatkan energi fosil sebagai bahan bakar. Penggunaan bahan bakar fosil secara terus-menerus akan berdampak pada menipisnya persediaannya di alam dan memberikan kontribusi yang besar terhadap pencemaran lingkungan. Metode yang sudah banyak dilakukan oleh peneliti untuk mengurangi penggunaan energi fosil adalah penggunaan teknologi yang bersumber dari energi terbarukan dan penggunaan teknologi yang memiliki efisiensi termal yang lebih tinggi. Penggunaan teknologi yang bersumber dari energi terbarukan yang sudah banyak dipasaran seperti solar water heater, pembangkit listrik tenaga surya, pembangkit listrik tenaga angin, dan pembangkit listrik tenaga air. Sedangkan salah satu alternatif sumber penggerak yang memiliki efisiensi termal tinggi adalah mesin Stirling (Taki, Rhazi, and Mejdoub 2021). Mesin Stirling adalah jenis mesin yang memiliki ciri pembakaran luar yang menggunakan udara atau gas lain sebagai fluida kerjanya dengan prinsip regeneratif siklus tertutup (Finkelstein and Organ 2001). Oleh karena itu, pengembangan mesin Stirling sebagai salah satu penggerak harus terus dilakukan.

Penelitian ini merupakan salah satu dari penelitian yang dilakukan oleh Tim Peneliti mCHPSE (*micro combined heat and power stirling engine*) yang telah mengembangkan beberapa mesin Stirling dari jenis gamma. Tim peneliti mCHPSE ini merupakan kerjasama antara mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi Medan dan Universitas Sumatera Utara. Generasi pertama dikembangkan pada tahun 2018 yang diberi nama mCHPSE-012018 (Jufrizal et al. 2020). Dan diikuti oleh generasi selanjutnya pada tahun 2019 yang bernama mCHPSE-012019 (Jufrizal et al. 2022b; 2022a). Pada tahun 2020 telah dikembangkan sebuah Mesin Stirling tipe Gamma yang merupakan generasi ke-3 yang diberi nama mCHPSE-012020. Mesin mCHPSE-012020 menggunakan bahan bakar gas LPG (*liquid petroleum gas*) dan dilengkapi dengan burner LPG untuk memanaskan heater.

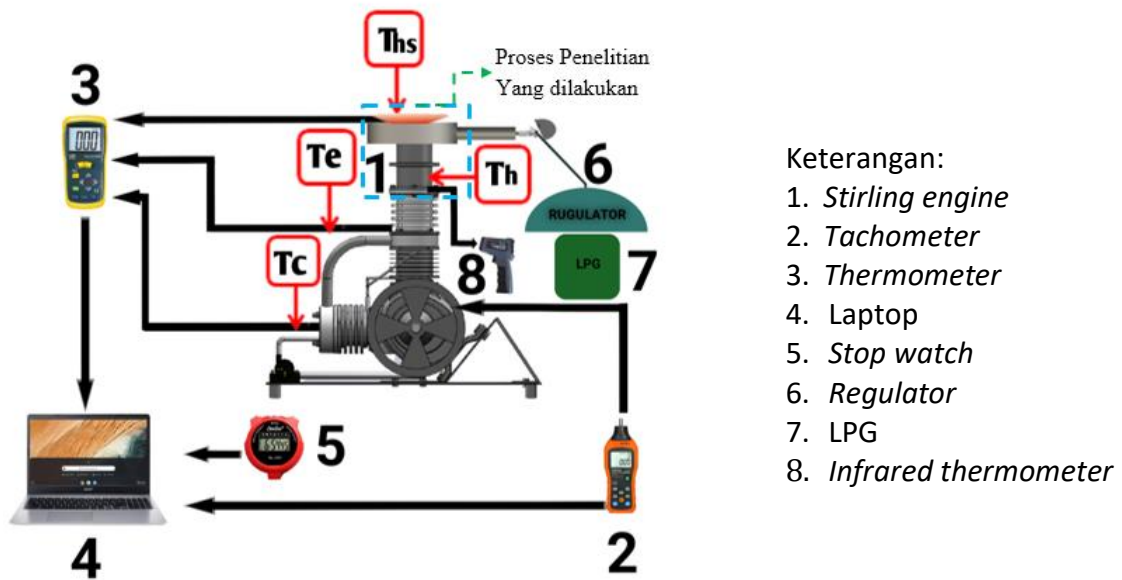
Pada mesin Stirling, heater merupakan komponen utama yang berfungsi sebagai penukar panas dari sumber panas ke fluida kerja. Kemampuan heater pada mesin Stirling sangat dipengaruhi oleh laju perpindahan panas yang meliputi (Thombare and Verma 2008):

1. Laju perpindahan panas konveksi dari media pemanas eksternal ke dinding tabung heater atau sirip.
2. Laju perpindahan panas konduksi melalui permukaan dinding tabung luar ke permukaan dalam.
3. Laju perpindahan panas konveksi dari dinding internal tabung ke fluida kerja.

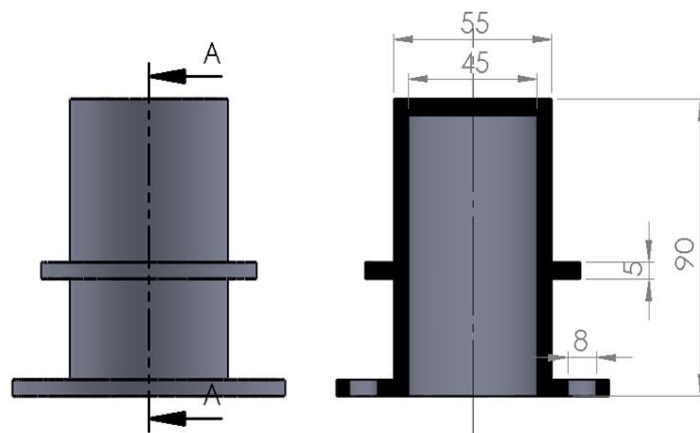
Merujuk dari beberapa penelitian sebelumnya oleh tim mCHPSE dan tinjauan referensi terkait heater yang secara teori merupakan jenis penukar panas (Zainuddin, Jufrizal, and Eswanto 2013a; 2013b) maka penulis tertarik untuk menguji heater pada mesin Stirling dengan melakukan variasi temperatur sumber panas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur sumber panas terhadap temperatur udara di dalam heater mesin Stirling mCHPSE-012020.

## 2. Metode

Penelitian dilakukan bertempat di Perum Graha Garuda Mas No. 39, Desa Sigara-gara, Kecamatan Patumbak, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20361 dalam kurun waktu antara bulan Desember 2021 - Maret 2022. Skema dan alat dalam penelitian ini seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Adapun ukuran dimensi heater yang digunakan pada mesin Stirling mCHPSE-012020 seperti diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Skema dan alat uji yang digunakan



Gambar 2. Dimensi heater mesin Stirling mCHPSE-012020

Heater yang di gunakan untuk pengujian ini menggunakan bahan Stainless Steel 304. Anbai AT4208 Multi-channel Temperature Data Logger dan Infrared Thermometer digital non kontak merk Kaemeasu dengan range 50-1600 °C digunakan untuk mengukur temperatur. Sedangkan variabel atau besaran fisik yang diamati dan diukur beserta satuan dan instrumennya seperti terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel penelitian

Variabel	Deskriptor	Instrumen
- Temperatur Sumber panas ( $T_{hs}$ ) - Temperatur Dinding heater ( $T_h$ ) - Temperatur Udara dalam heater ( $T_{ah}$ )	°C	Termometer
Waktu (t)	menit	Stopwatch

Sedangkan variasi  $T_{hs}$  dibagi dalam tiga (3) kategori yaitu  $T_{hs}$  ke-I,  $T_{hs}$  ke-II, dan  $T_{hs}$  ke-III dengan *range* suhu masing-masing seperti berikut ini:

1.  $T_{hs}$  ke-I dengan *range* suhu (860 – 900) °C
2.  $T_{hs}$  ke-II dengan *range* suhu (780 – 850) °C
3.  $T_{hs}$  ke-III dengan *range* suhu (710 – 779) °C

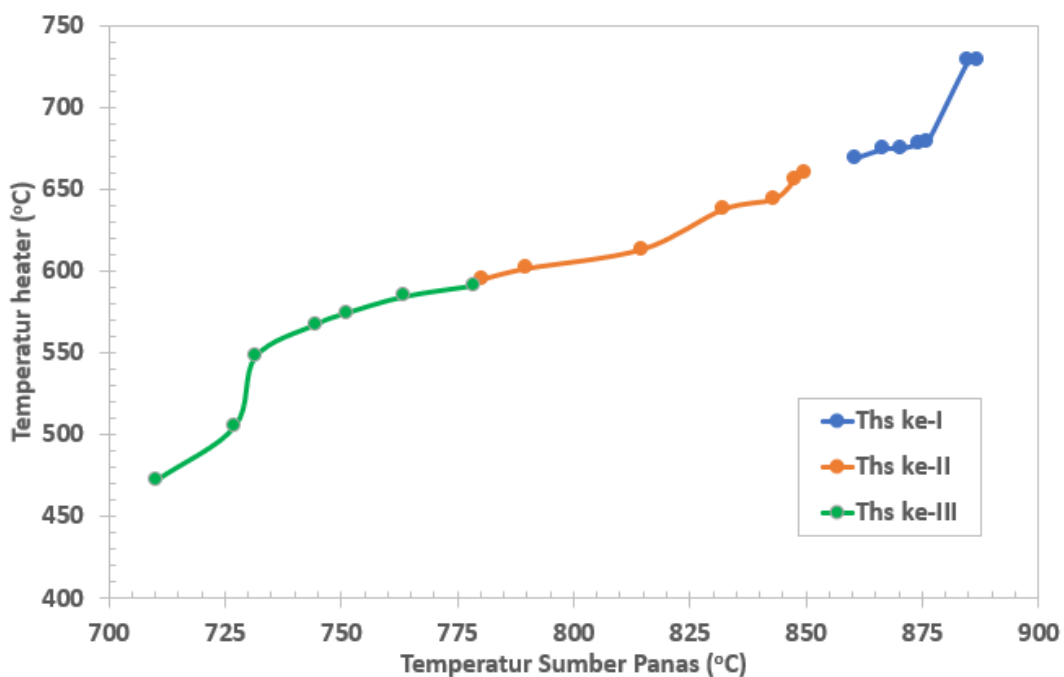
### 3. Hasil dan Pembahasan

Setelah pengamatan dan pengambilan data dilakukan selama 30 menit dengan interval waktu 5 menit sekali maka diperoleh profil temperatur dengan nilai masing-masing  $T_{hs}$ ,  $T_h$ , dan  $T_{ah}$  seperti diperlihatkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil pengujian profil temperatur heater

Waktu Menit	$T_{hs}$ ke-I			$T_{hs}$ ke-II			$T_{hs}$ ke-III		
	$T_{hs}$ °C	$T_h$ °C	$T_{ah}$ °C	$T_{hs}$ °C	$T_h$ °C	$T_{ah}$ °C	$T_{hs}$ °C	$T_h$ °C	$T_{ah}$ °C
1	860,5	669,1	107,3	780,4	595,1	99,7	710,4	471,8	94,3
5	866,7	674,7	129,9	789,8	601,5	105,7	727,2	504,7	96,7
10	870,5	675,1	142,8	814,8	613,3	106,9	731,7	547,7	98,1
15	874,4	677,8	158,4	832,2	637,6	109,9	744,5	567,3	100,1
20	876,1	679,2	180,9	843,1	643,9	119,8	751,2	574,4	101,9
25	884,9	728,4	201,7	847,7	655,7	120,4	763,7	584,6	110,9
30	886,9	729,2	190,1	849,8	659,8	116,9	778,8	591,3	111,8

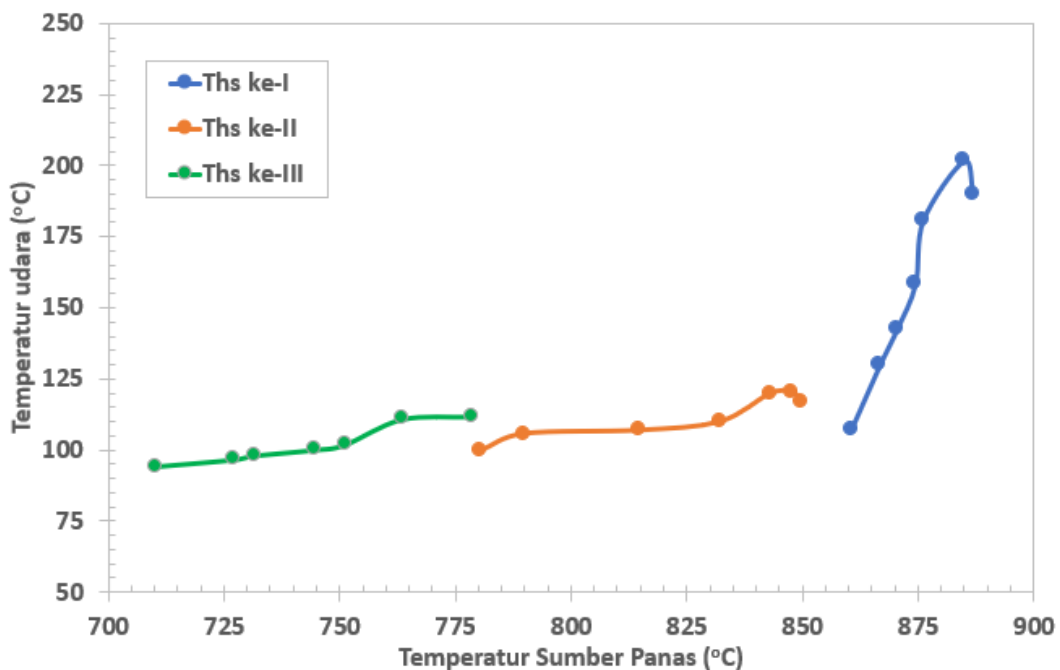
Adapun besar temperatur heater yang diperoleh dengan tiga variasi temperatur sumber panas yang dilakukan jika disajikan dalam bentuk grafik seperti diperlihatkan oleh Gambar 3. Pada variasi ke-I dengan *range* antara 860-900°C temperatur awal heater adalah 669,1°C pada menit pertama dan maksimum sampai 729,2°C pada menit ke-30.



**Gambar 3.** Grafik temperatur sumber panas dengan temperatur heater

Pada variasi ke-II dengan *range* temperatur antara 780-850°C diperoleh temperatur awal *heater* adalah 595,1°C pada menit pertama dan maksimum sampai 659,8°C pada menit ke-30. Pada variasi ke-III dengan *range* antara 710-779°C didapatkan temperatur awal *heater* adalah 471,8°C pada menit pertama dan maksimum sampai 591,3°C pada menit ke-30. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dianalisa dari grafik pada Gambar 3, dimana dilakukan tiga variasi temperatur sumber panas terhadap temperatur *heater*, bahwa hasil pengujian variasi temperatur sumber panas berpengaruh terhadap kenaikan temperatur pada *heater*. Semakin tinggi temperatur sumber panas maka semakin tinggi pula temperatur *heaternya* begitu sebaliknya semakin rendah temperatur sumber panas maka semakin rendah pula temperatur *heaternya*.

Hubungan temperatur sumber panas dengan temperatur udara dalam *heater* dengan tiga variasi seperti ditampilkan pada Gambar 4. Pada variasi pertama dengan *range* 860-900°C, temperatur udara dalam *heater* pada menit awal adalah 107,3°C dan temperatur maksimum sampai dengan 201,7°C pada menit ke-25. Pada variasi kedua dengan *range* 780-850°C, temperatur udara dalam *heater* pada menit awal 99,7°C dan temperatur maksimum sampai 130,1°C pada menit ke-23. Pada variasi ketiga dengan *range* suhu 710-779°C, temperatur udara dalam *heater* pada menit awal 94,3°C dan maksimum sampai 114,8°C pada menit ke-26.



**Gambar 4.** Grafik temperatur sumber panas dengan temperatur udara

Hasil dianalisa dari Gambar 4, dimana perubahan kenaikan temperatur sumber panas dengan tiga variasi berpengaruh juga terhadap perubahan kenaikan temperatur udara dalam *heater*. Semakin tinggi temperatur sumber panas yang divarisikan maka semakin tinggi nilai temperatur udara dalam *heater* begitu sebaliknya semakin rendah temperatur sumber panas yang divarisikan maka semakin rendah pula temperatur udara dalam *heater*. Dan kenaikan yang paling signifikan terdapat pada variasi ke-I dengan *range* suhu 860-900°C.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan bahwa nilai temperatur udara di dalam *heater* sangat dipengaruhi oleh lamanya

pemanasan dan temperatur sumber panas. Ini karena semakin lama pemanasan dilakukan maka akan semakin banyak laju perpindahan panas yang berpindah dari sumber panas ke dinding *heater* dan diteruskan secara konveksi ke udara. Dan semakin tinggi temperatur sumber panas yang diberikan yaitu dalam kasus ini kategori ke-I maka semakin besar laju perpindahan panas yang diterima oleh udara.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Bapak Jufrizal dan Tim Peneliti mCHPSE tahun 2020 yang telah memperkenankan kami menggunakan mesin Stirling mCHPSE-012020 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 Novrin Rizky Syahputra, Irwan Prasetya Simanulang, Fandy Ramadhan, Fikri Yanda Pratama, Muhammad Hidayah, Fajar Noer Rambe dan Bapak Riclon H Sidabutar dari Perbengkelan Timbul Engineering.

### Daftar Pustaka

- 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 (JMETS)* 14 (1): 11–26. <https://journal.utem.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).
- Taki, Oumaima, Kaoutar Senhaji Rhazi, and Youssef Mejdoub. 2021. "A Study of Stirling Engine Efficiency Combined with Solar Energy." *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal* 6 (2): 837–45. <https://doi.org/10.25046/aj060297>.
- Thombare, D. G., and S. K. Verma. 2008. "Technological Development in the Stirling Cycle Engines." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12 (1): 1–38. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2006.07.001>.
- Zainuddin, Jufrizal, and Eswanto. 2013a. "Efektivitas Alat Penukar Kalor Double Pipe Bersirip Helical Sebagai Pemanas Air Dengan Memanfaatkan Gas Buang Mesin Diesel." In *Seminar Nasional Mesin Dan Industri (SNMI VIII) 2013*, 1:255. Jakarta: Jurusan Teknik Mesin - UNTAR.
- . 2013b. "Perpindahan Panas Dan Kerugian Tekanan Pada Alat Penukar Kalor Double Pipe Bersirip Helical Sebagai Pemanas Air Dengan Memanfaatkan Gas Buang Mesin Diesel." *Jurnal Saintek* 27 (3): 10–17.