

PERANCANGAN PROTOTYPE MESIN STIRLING ENGINE SEBAGAI ALTERNATIF PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK UNTUK ALAT PERAGA SISWA JURUSAN TEKNIK MESIN SMKN 3 KUALA KAPUAS

Miswanto

NPM : 17620044 Teknik Mesin S1

ABSTRAK

Perkembangan jumlah penduduk yang semakin meningkat dalam sebuah Negara dari waktu ke waktu adalah suatu hal yang tidak dapat dihindari. Terutama untuk Negara berkembang seperti Indonesia. Dari tahun ketahun, pertumbuhan jumlah penduduk Indonesia terus mengalami peningkatan. Peningkatan tersebut membawa bermacam-macam dampak terhadap berbagai aspek kehidupan manusia. Untuk memenuhi segala kebutuhan terhadap penggunaan energi, diperlukan upaya yang tepat dalam proses pengolahan dan pemanfaatan sumber-sumber energi yang tersedia. Upaya tersebut meliputi inovasi dan modifikasi dalam konversi energy.

Mesin Stirling mempunyai potensi untuk mencapai efisiensi tertinggi dari semua mesin kalor, secara teori sampai efisiensi maksimal mesin Carnot, meskipun dalam prakteknya usaha ini masih dibatasi oleh berbagai sifat-sifat nonideal baik itu dari fluida kerjanya maupun bahan dari mesin itu sendiri, seperti gesekan, konduktivitas termal dan titik lebur. Mesin Stirling adalah salah satu mesin kalor yang memanfaatkan perbedaan temperatur, perubahan tekanan, dan perubahan volume fluida kerja dalam sistem tertutup.

Dari hasil percobaan tersebut perbedaan suhu temperature yang dilakukan yaitu pada suhu terendah dan tertinggi pada tekanan suhu $43,3^{\circ}\text{C}$, tegangan terendah yang dihasilkan adalah 0,665 Volt dengan kecepatan putaran 596 rpm pada suhu tertinggi dan tegangan tertinggi yang dihasilkan adalah 0,928 Volt yaitu pada temperatur $59,2^{\circ}\text{C}$ dengan kecepatan putaran 1013 rpm. Semakin besar suhu temperatur, maka putaran turbin semakin tinggi. Dengan bertambah besarnya kecepatan turbin maka akan semakin besar pula tegangan yang dihasilkan generator.

Kata Kunci : *Stirling Engine, Tekanan Temperatur, Kecepatan Putaran, Daya yang dihasilkan*

ABSTRACT

The increasing population growth in a country from time to time is something that cannot be avoided. Especially for developing countries like Indonesia. From year to year, the growth of Indonesia's population continues to increase. This increase brings various impacts on various aspects of human life. To meet all the needs for energy use, appropriate efforts

are needed in the processing and utilization of available energy sources. These efforts include innovations and modifications in energy conversion.

The Stirling engine has the potential to achieve the highest efficiency of all heat engines, theoretically to the maximum efficiency of the Carnot engine, although in practice this effort is still limited by various non-ideal properties both from the working fluid and the material of the engine itself, such as friction, conductivity, thermal and melting point. Stirling engine is a heat engine that utilizes temperature differences, pressure changes, and changes in the volume of the working fluid in a closed system.

From the results of these experiments, the temperature difference was carried out at the lowest and highest temperatures at 43.30C, the lowest voltage produced was 0.665 Volts with a rotation speed of 596 rpm at the highest temperature and the highest voltage produced was 0.928 Volts at 59, 2 oC with a rotation speed of 1013 rpm. The higher the temperature, the higher the turbine rotation. With the increase in the speed of the turbine, the greater the voltage generated by the generator.

Keywords : *Stirling Engine, Pressure Temperature, Rotational Speed, Power resulting from*

PENDAHULUAN

Perkembangan jumlah penduduk yang semakin meningkat dalam sebuah negara dari waktu ke waktu adalah suatu hal yang tidak bisa dihindari. Khususnya untuk negara berkembang seperti Indonesia. Dari tahun ketahun, pertumbuhan jumlah penduduk Indonesia terus mengalami peningkatan. Peningkatan tersebut membawa bermacam-macam dampak terhadap berbagai aspek kehidupan manusia. Salah satu aspek yang paling terpengaruh dengan adanya penambahan jumlah penduduk adalah penggunaan energi untuk menunjang kebutuhan hidup yang meliputi sector industri, transportasi, rumah tangga, dan lain-lain. Semakin tinggi jumlah penduduk yang berada di sebuah negara, semakin tinggi juga jumlah energi yang dibutuhkan dan digunakan oleh Negara tersebut.

Sebuah Mesin Stirling memiliki potensi untuk mencapai efisiensi tertinggi dari semua mesin kalor, khususnya secara teori sampai efisiensi maksimal mesin Carnot, meskipun dalam prakteknya usaha ini masih dibatasi oleh berbagai sifat-sifat nonideal baik itu dari fluida kerjanya maupun bahan dari mesin itu sendiri, seperti gesekan, konduktivitas termal dan titik lebur. Mesin Stirling adalah salah satu mesin kalor yang memanfaatkan perbedaan temperatur, perubahan tekanan, dan perubahan volume fluida kerja dalam sistem tertutup. Akibatnya fluida kerja tersebut mengalami proses ekspansi dan kompresi pada satu kali siklus yang dapat menggerakkan piston secara bolak-balik (reciprocating). Siklus ini terjadi berulang-ulang secara periodik sehingga terjadi gerakan piston yang dapat dimanfaatkan sebagai penggerak.

Berdasarkan hal tersebut diatas, penulis berkeinginan membuat tugas akhir tentang “PERANCANGAN PROTOTYPE MESIN STIRLING ENGINE SEBAGAI ALTERNATIF PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK UNTUK ALAT PERAGA SISWA JURUSAN TEKNIK MESIN SMKN 3 KUALA KAPUAS” dan melakukan penelitian mengenai, prinsip kerja mesin stirling, pengaruh tekanan yang dimiliki dan juga temperature yang dihasilkan dari pembakaran panas, agar mesin stirling bisa berjalan.

METODE PENELITIAN

Dan adapun metode penelitian yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah yang mana dalam penelitian ini langsung melihat secara langsung pada lokasi dan pengumpulan akan data yang ada pada lokasi yaitu kuala kapuas, kalimantan tengah berikut beberapa teknik yang digunakan dalam pengumpulan data yaitu :

- A. Selama dalam kegiatannya dalam penelitian ini melakukan kegiatannya yaitu secara observasi, observasi yang mana proses metodenya yang kompleks dalam pengamatan dan pencatatan akan data secara sistematis mengenai tanda-tanda gejala yang ada yang melibatkan beberapa faktor pada yang diteliti yang diperoleh dari tempat tersebut.
- B. Studi dokumen yaitu teknik metode pengumpulan data yang tidak ditujukan langsung kepada subjek dalam penelitian. Yang mana dokumen-dokumen tersebut adalah jenis pengumpulan data yang meneliti berbagai macam dokumen yang berguna untuk bahan analisis.
- C. Tabel Pengamatan / Hasil Penelitian

Yaitu hasil yang didapat dari hasil penelitian dicatan dalam bentuk table selama berlangsungnya penelitian

No	Besar Kecil Suhu	Temperatur	Kecepatan Putar (rpm)	Tegangan (MV) Milivolt	Volt	Arus (MA) Milliampere	Amper
1	Terendah 1	43,3°C	596 Rpm	0.665 V	665 V	0,004 A	4 A
	Terendah 2	48°C	769 Rpm	0.844 V	844 V	0,007 A	7 A
	Tertinggi 3	53°C	930 Rpm	0,897 V	897 V	0,009 A	9 A
	Tertinggi 4	59,2°C	1013 Rpm	0,928 V	928 V	0,010 A	10 A
2	Terendah 1	38°C	304 Rpm	0,585 V	585 V	0,004 A	4 A
	Terendah 2	45,5°C	720 Rpm	0,766 V	766 V	0,006 A	6 A
	Tertinggi 3	49.2°C	757 Rpm	0,816 V	816 V	0,007 A	7 A
	Tertinggi 4	52,3°C	842 Rpm	0,853 V	853 V	0,008 A	8 A

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. HASIL PENELITIAN

Dalam bab ini akan dibahas tentang hasil pengamatan secara keseluruhan dari penelitian ini ditampilkan dalam bentuk tabel data dan grafik. Data yang ditampilkan adalah nilai dari 2 yaitu suhu terendah dan suhu tertinggi. Pengujian dilakukan pada besar dan kecilnya api. Dari data tersebut dibuat grafik hubungan yang terdapat pada data pengamatan.

2. PEMBAHASAN

Hasil pengamatan secara keseluruhan dari penelitian ini ditampilkan dalam bentuk tabel data dan grafik. Data yang ditampilkan adalah nilai dari perbedaan Besar kecilnya api, kemudian dari data tersebut dibuat grafik hubungan yang terdapat pada data tersebut, data suhu terendah dan tertinggi. Data-data tersebut terdapat pada Tabel 4.1 s/d 4.3 dan Gambar Grafik 4.1 s/d 4.8 sebagai berikut:

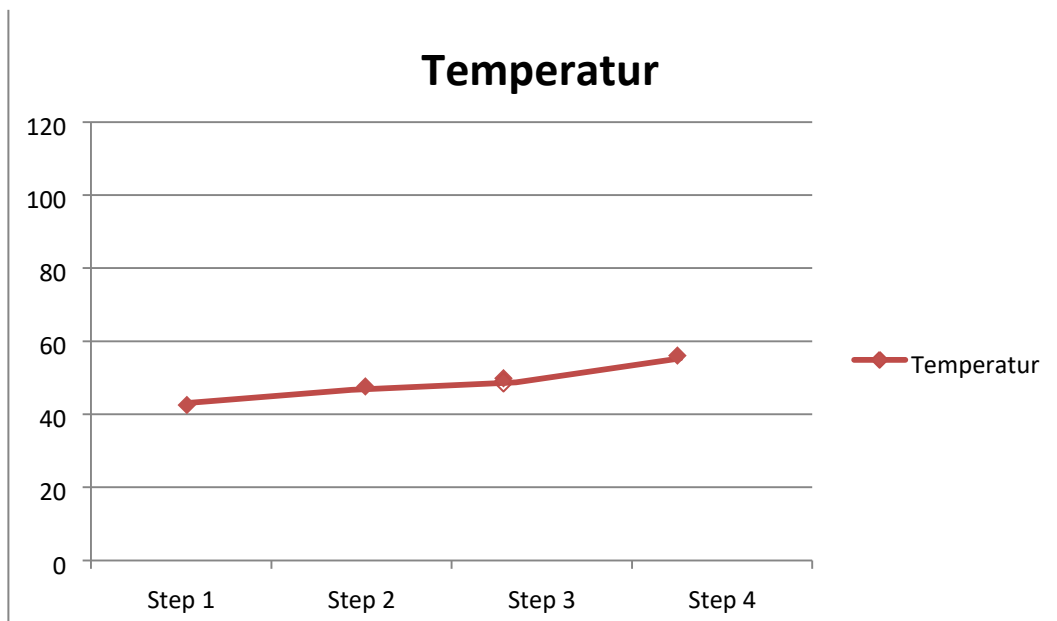
3. HASIL PENGUKURAN PADA SUHU TERENDAH

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui nilai dari temperature, putaran Turbin, tegangan, dan arus yang didapat pada suhu terendah sebesar $43,3^{\circ}\text{C}$ dengan putaran Rpm 596 pada posisi tegangan 0,665 Volt dan arus 0,004 Ampere

Tabel 4.1 Data pengamatan pada suhu terendah

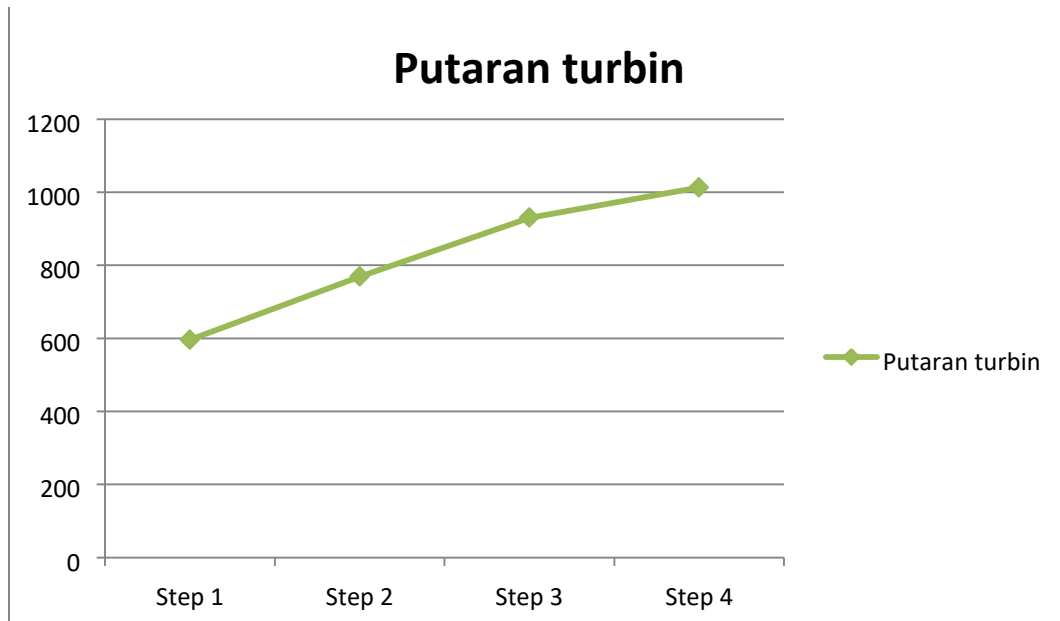
No	Besar Kecil Api	Temperatur	Putaran (Rpm)	Tegangan (V)	Arus (I)
1	Terendah 1	43,3°C	596 Rpm	0.665 V	0,004 A
2	Terendah 2	48°C	769 Rpm	0.844 V	0,007 A
3	Tertinggi 3	53°C	930 Rpm	0,897 V	0,009 A
4	Tertinggi 4	59,2°C	1013 Rpm	0,928 V	0,010 A

Dari data Tabel Nilai temperatur terhadap suhu terendah



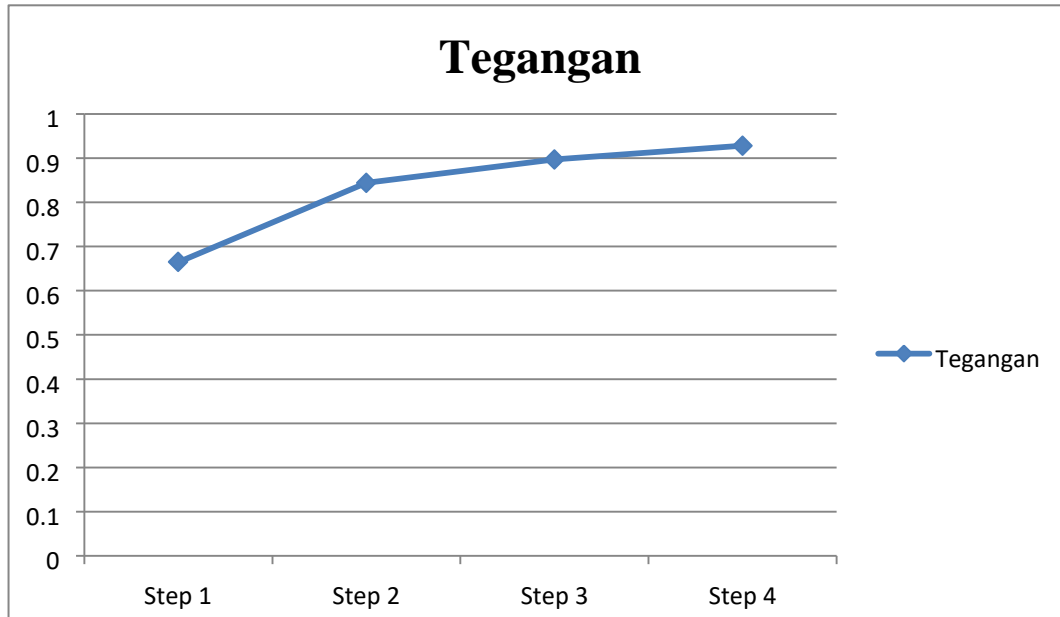
Grafik: Grafik nilai temperature terhadap besar kecil api pada suhu terendah

Dari data Tabel 4.1 Nilai putaran turbin terhadap suhu terendah



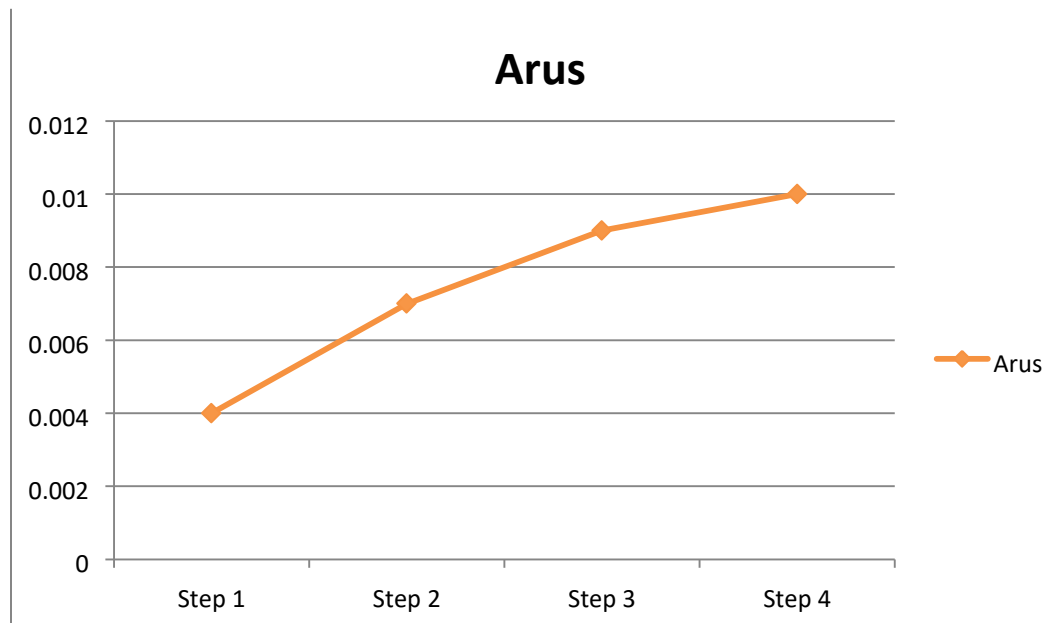
Grafik . Grafik nilai putaran turbin terhadap suhu terendah

Dari data Tabel nilai tegangan terhadap suhu terendah



Gambar 4.3 Grafik nilai tegangan terhadap suhu terendah

Dari data Tabel Nilai arus terhadap suhu terendah



Grafik. Grafik nilai arus terhadap suhu terendah

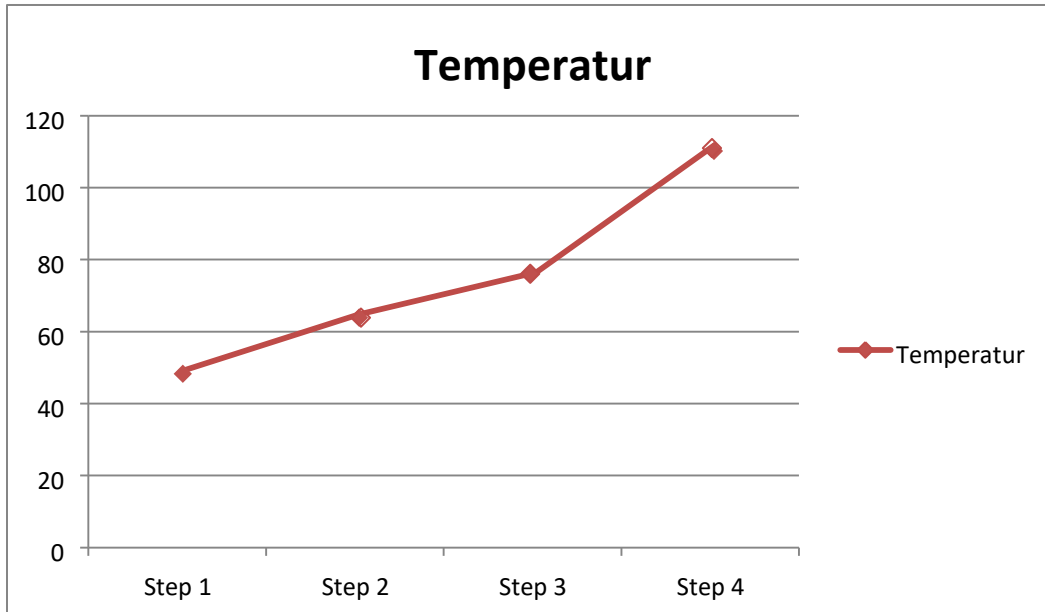
Hasil Pengukuran Pada Suhu Tertinggi

Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui nilai dari temperature, putaran Turbin, tegangan, dan arus yang didapat pada suhu terendah sebesar $59,2^{\circ}\text{C}$ dengan putaran Rpm 1013 pada posisi tegangan 0,928 Volt dan arus 0,010 Ampere hasil di tujukan pada Tabel 4.2 :

Tabel 4.2 Data pengamatan pada suhu tertinggi

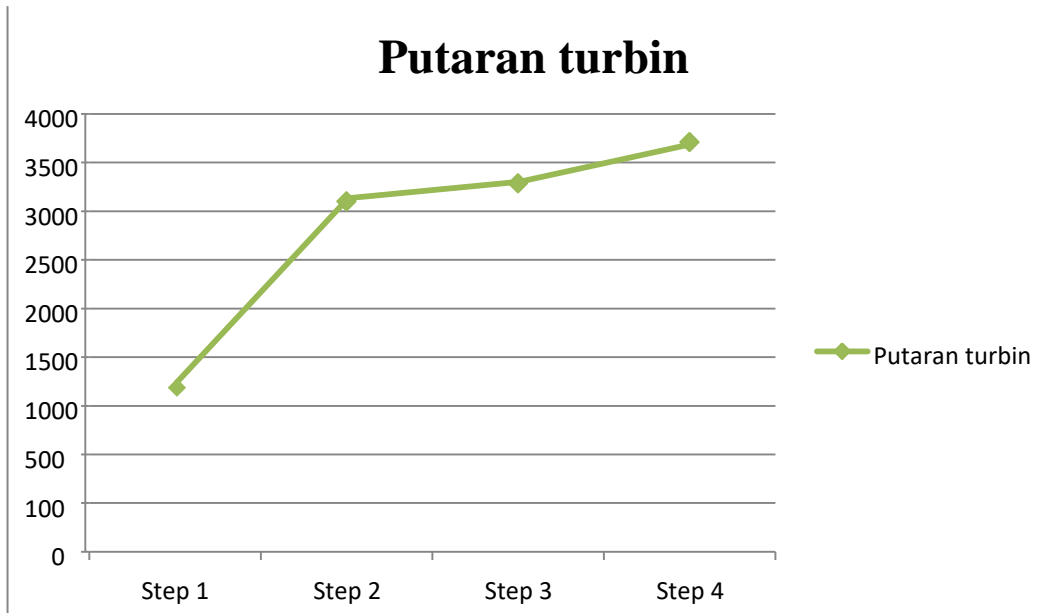
No	Besar Kecil Api	Temperatur	Putaran (Rpm)	Tegangan (V)	Arus (I)
1	Terendah 1	$43,3^{\circ}\text{C}$	596 Rpm	0.665 V	0,004 A
2	Terendah 2	48°C	769 Rpm	0.844 V	0,007 A
3	Tertinggi 3	53°C	930 Rpm	0,897 V	0,009 A
4	Tertinggi 4	$59,2^{\circ}\text{C}$	1013 Rpm	0,928 V	0,010 A

Dari data Tabel Nilai temperatur terhadap suhu tertinggi



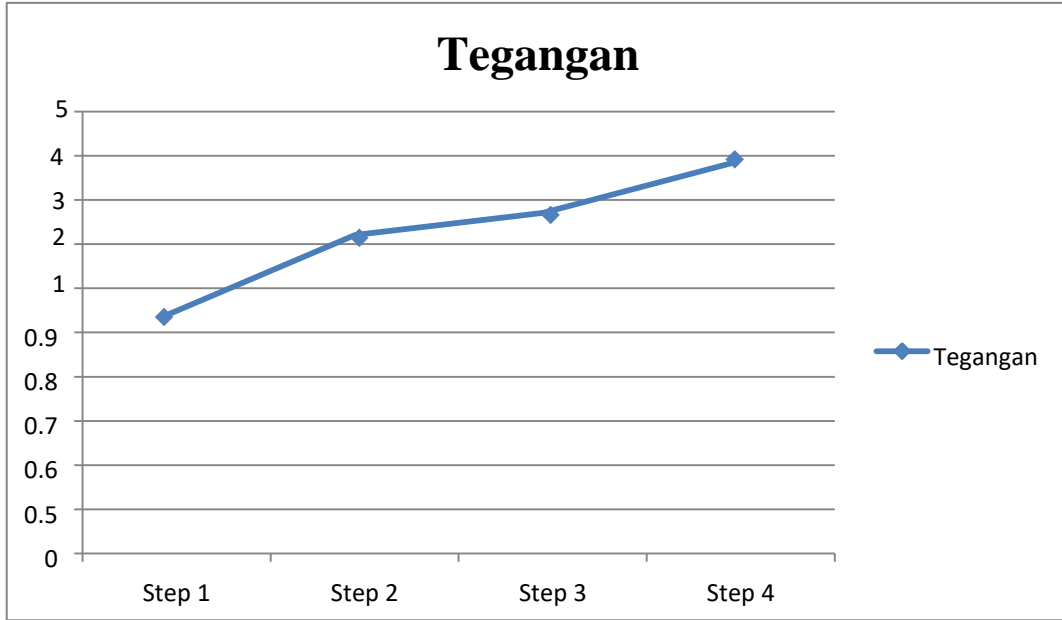
Grafik. Grafik nilai temperature terhadap suhu tertinggi

Dari data Tabel nilai putaran turbin terhadap suhu tertinggi



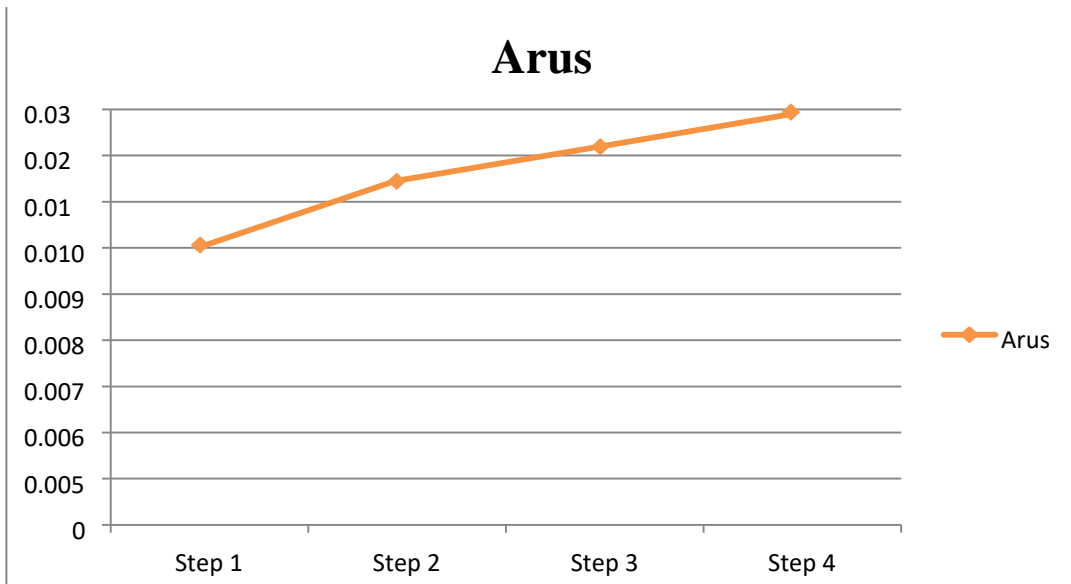
Grafik Grafik nilai putaran turbin terhadap suhu tertinggi

Dari data Tabel Nilai tegangan terhadap suhu tertinggi



Grafik. Grafik nilai tegangan terhadap suhu tertinggi

Dari data Tabel Nilai arus terhadap suhu tertinggi



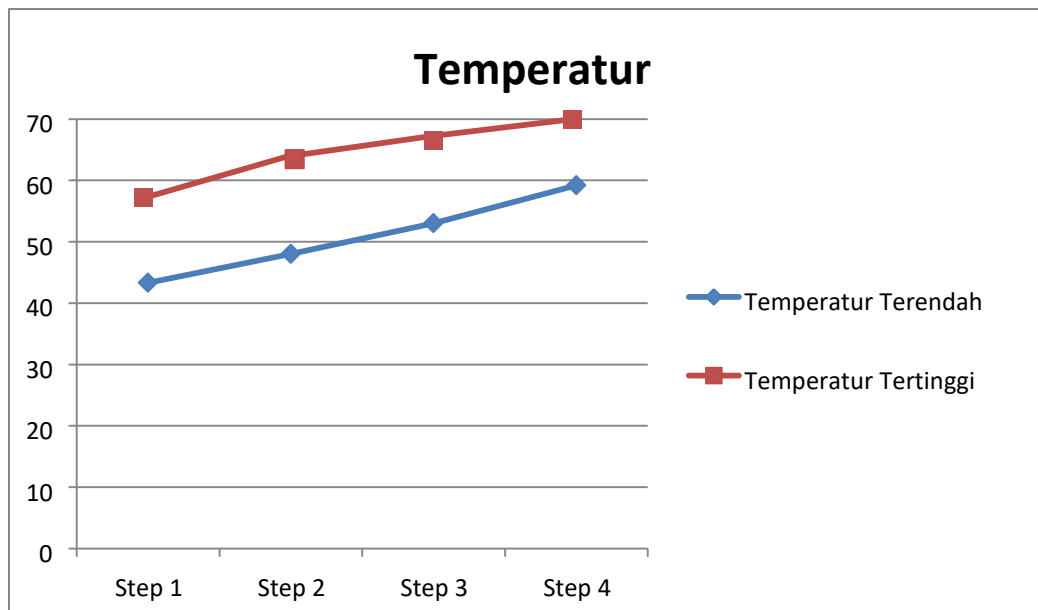
Grafik. Grafik nilai arus terhadap suhu tertinggi

Hasil Perbandingan Antara Suhu Terendah Dan Suhu Tertinggi

Dari data yang telah diteliti, hasil perbandingan dapat ditunjukkan pada Tabel

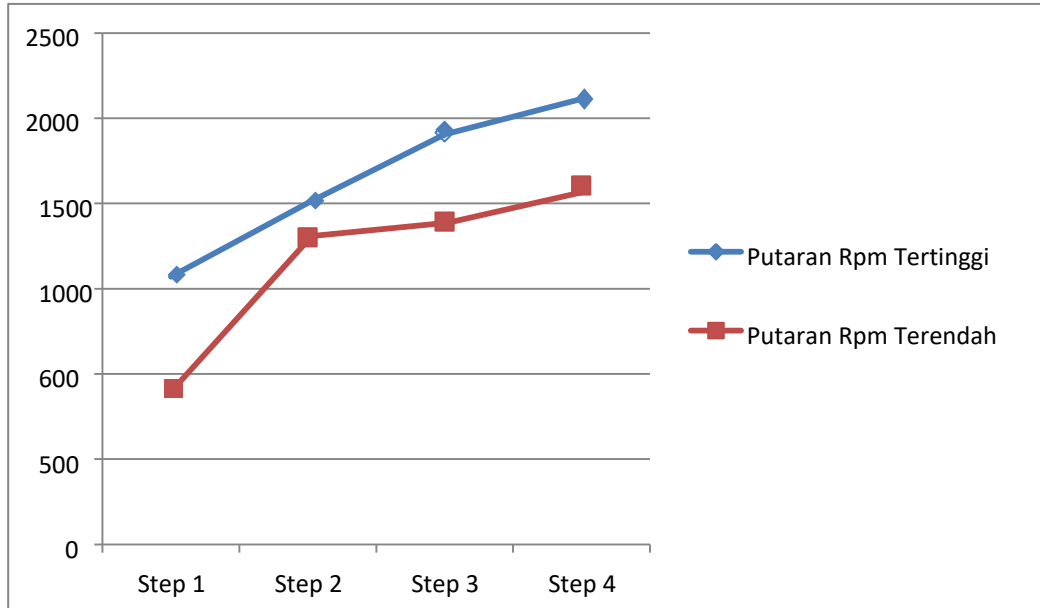
No	Besar Kecil Suhu	Temperatur	Kecepatan Putar (rpm)	Tegangan (MV) Milivolt	Volt	Arus (MA) Miliampere	Amper
1	Terendah 1	43,3°C	596 Rpm	0.665 V	665 V	0,004 A	4 A
	Terendah 2	48°C	769 Rpm	0.844 V	844 V	0,007 A	7 A
	Tertinggi 3	53°C	930 Rpm	0,897 V	897 V	0,009 A	9 A
	Tertinggi 4	59,2°C	1013 Rpm	0,928 V	928 V	0,010 A	10 A
2	Terendah 1	38°C	304 Rpm	0,585 V	585 V	0,004 A	4 A
	Terendah 2	45,5°C	720 Rpm	0,766 V	766 V	0,006 A	6 A
	Tertinggi 3	49.2°C	757 Rpm	0,816 V	816 V	0,007 A	7 A
	Tertinggi 4	52,3°C	842 Rpm	0,853 V	853 V	0,008 A	8 A

Dari data Tabel Nilai perbandingan temperatur terhadap suhu terendah dan suhu tertinggi



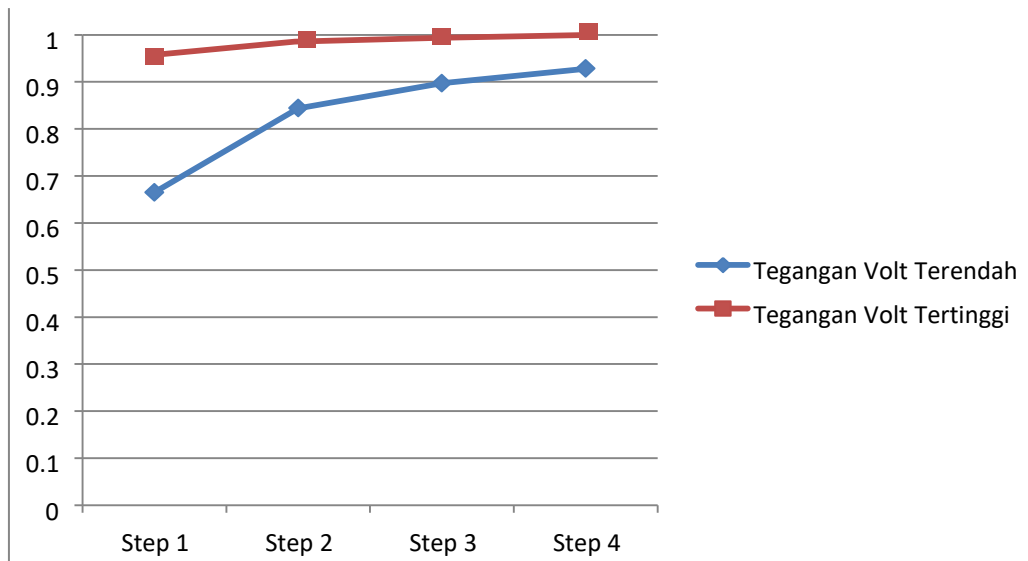
Grafik nilai perbandingan temperatur terhadap suhu terendah dan suhu tertinggi

Dari data Tabel Nilai perbandingan putaran turbin terhadap suhu terendah dan suhu tertinggi



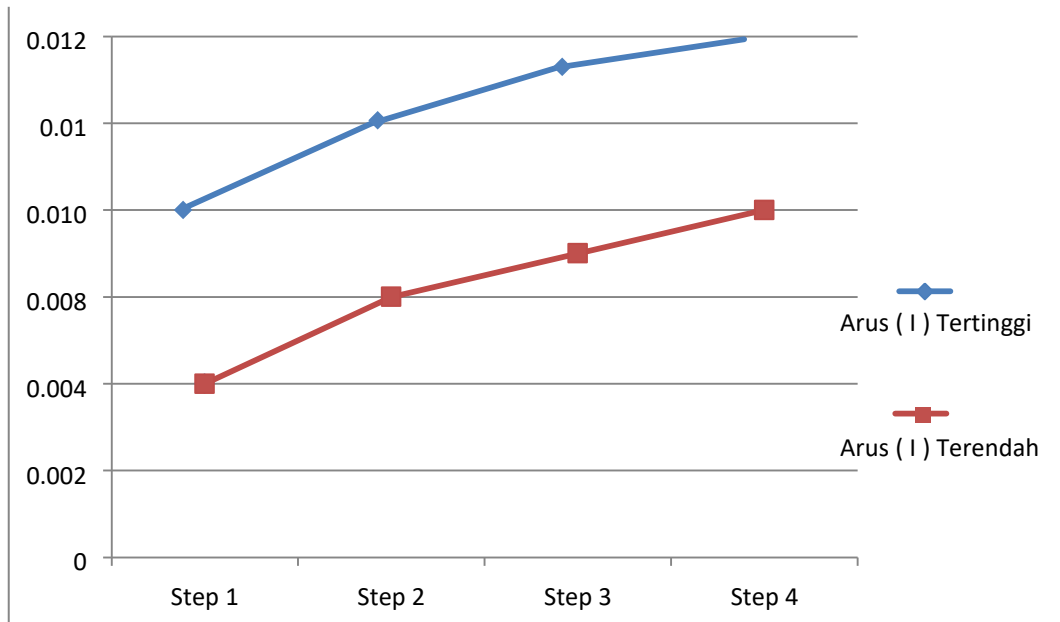
Grafik nilai perbandingan putaran turbin terhadap suhu terendah dan suhu tertinggi

Dari data Tabel nilai perbandingan tegangan terhadap suhu terendah dan suhu tertinggi



Grafik nilai perbandingan tegangan terhadap suhu terendah dan suhu tertinggi

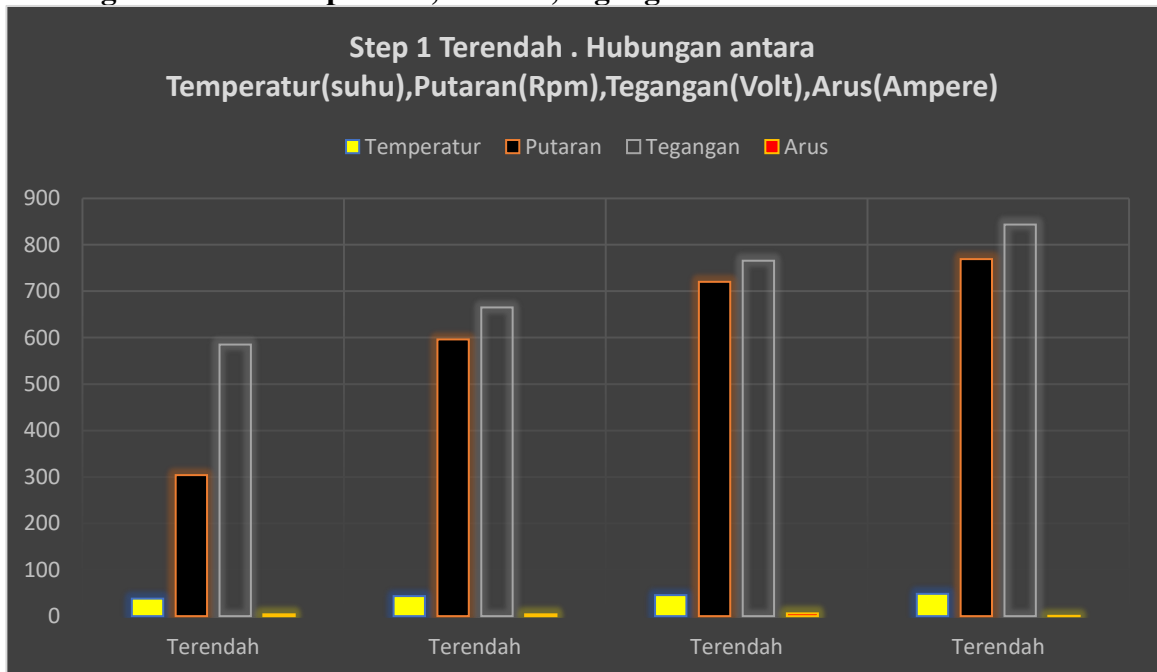
Dari data Tabel Nilai perbandingan arus terhadap suhu terendah dan suhu tertinggi



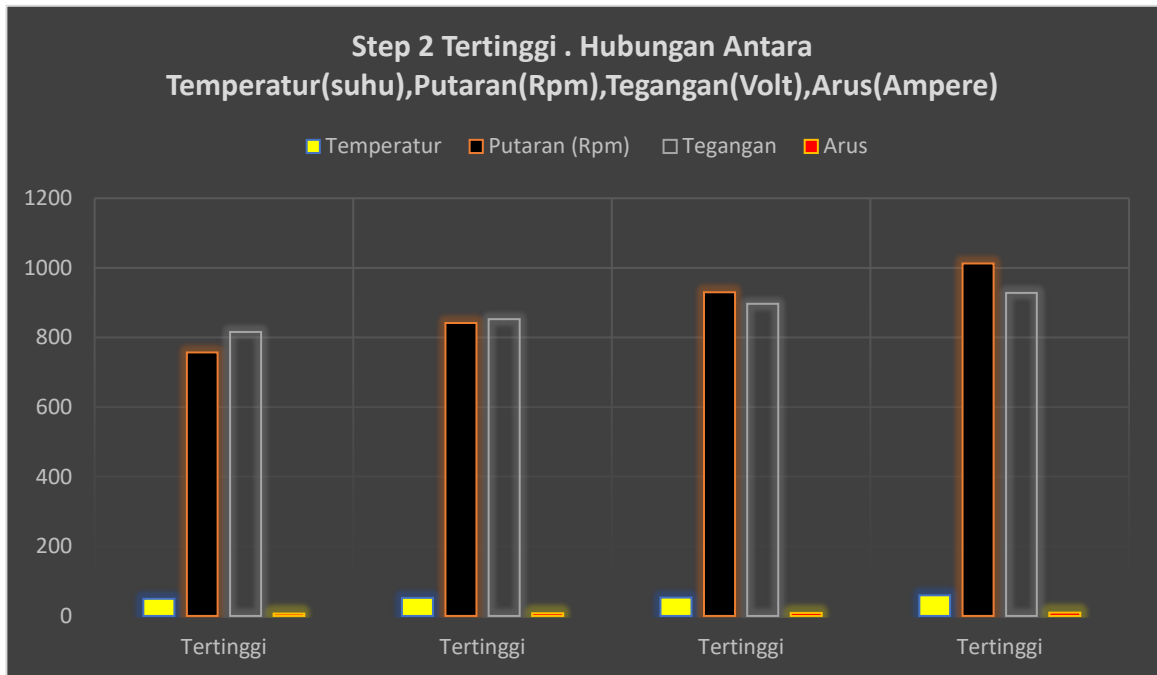
Grafik nilai perbandingan arus terhadap suhu terendah dan suhu tertinggi

Adapun hubungan antara keduanya, baik yang terendah dan tertinggi, dapat dilihat dalam grafik berikut:

Hubungan Antara Temperatur, Putaran, Tegangan Dan Arus



Grafik step suhu terendah hubungan antara temperature, putaran, tegangan dan arus



Grafik 4.13 Grafik step suhu tertinggi hubungan antara temperature,putaran,tegangan dan arus

Perhitungan Torsi

Hal tersebut dilakukan agar mengetahui besar torsi yang dapat ditimbulkan oleh *flywheel* tersebut.

a. Perhitungan momen inersia yang dihasilkan oleh *flywheel* adalah sebagai

berikut :

$$I = \text{Massa } flywheel = 54 \text{ grm} = \underline{0,054} \text{ Kg}$$

$$R = \text{Jari-jari} = 27 \text{ mm} = \underline{0,27} \text{ m}$$

$$I = (1/2) mr^2$$

$$= (1/2) 0,054 \times 0,27$$

$$= 0,000019683 \text{ Kg m}^2$$

b. Perhitungan momen inersia yang dihasilkan oleh poros engkol adalah

sebagai berikut :

$$\begin{aligned} I &= (1/2) mr^2 \\ &= (1/2) 0,000019683 \times 0,27^2 \\ &= 0,00000071744 \text{ Kg m}^2 \end{aligned}$$

c. Perhitungan momen inersia yang dihasilkan oleh piston *displacer* adalah

sebagai berikut :

$$\begin{aligned} I &= mr^2 \\ &= 0,00000071744 \times 0,27^2 \\ &= 0,0000001937 \text{ Kg m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga momen inersia totalnya adalah

$$\begin{aligned} I_{\text{tot}} &= I_{\text{flywheel}} + I_{\text{poros}} + I_{\text{piston}} \\ &= 0,000019683 + 0,00000071744 + 0,0000001937 \\ &= 0,00002059414 \text{ Kg m}^2 \end{aligned}$$

Torsi dapat diketahui melalui perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} T &= I_{\text{tot}} \cdot \alpha \\ &= 0,00002059414 \times 0,526473 \\ &= 0,00001084225 \text{ Nm} \end{aligned}$$

d. Perhitungan daya yang dihasilkan mesin *stirling*

Besar daya tersebut dapat diketahui menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned} P &= \frac{2\pi nT}{60} \\ P &= \frac{2 \times 3,14 \times 1013 \times 0,00001084225}{60} \\ P &= 0,001150 \text{ Watt} \end{aligned}$$

e. Perhitungan efisiensi

Nilai efisiensi mesin *stirling* ini adalah

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} 100\%$$

$$\eta = \frac{0,001150}{2,229} 100\%$$

$$\eta = 0.0051\%$$

PENUTUP

Kesimpulan

1. Perancangan prototype mesin stirling sederhana sebagai alternatif pembangkit tenaga listrik dapat direalisasikan walaupun putaran dari flywheel rendah. Putaran flywheel dapat menghasilkan listrik dengan cara menghubungkan tali belting ke generator.
2. Dari hasil percobaan tersebut perbedaan suhu temperature yang dilakukan yaitu pada suhu terendah dan tertinggi pada tekanan suhu 43,3⁰C, tegangan terendah yang dihasilkan adalah 0,665 Volt dengan kecepatan putaran 596 rpm pada suhu tertinggi dan tegangan tertinggi yang dihasilkan adalah 0,928 Volt yaitu pada temperatur 59,2 °C dengan kecepatan putaran 1013 rpm. Semakin besar suhu temperatur, maka putaran turbin semakin tinggi. Dengan bertambah besarnya kecepatan turbin maka akan semakin besar pula tegangan yang dihasilkan generator.

Saran

Beberapa saran untuk pengembangan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Pengembangan alat ini masih sangat memungkinkan dan dapat disempurnakan dengan adanya peningkatan jenis generator dengan putaran rendah *output* yang tinggi.
2. Mendesain mekanik flywheel seringan mungkin supaya ketika silinder terbakar pada api yang kecil, flywheel langsung dapat berputar.
3. Untuk kedepannya dapat menambahkan metode-metode yang terbaru

REFERENSI

- A. Chmielewski, R. Gumi, S. Radkowski, and P. Szulim, "Experimental research and application possibilities of microcogeneration system with Stirling engine," *J. Power Technol.*, vol. 95, no. 2015, pp. 14-22, 2020.
- P. Bebas, S. Dan, and U. Sanata, "Karakteristik motor stirling," *Tugas Akhir, TEKNIK MESIN FAKTJLTAS SAINS DAN Teknol. UNTYERSITAS SANATA DHARMA*, 2013.
- I. Mulyono, N. Yunarsih, P. Studi, T. Mesin, P. Negeri, and K. Riau, "ANALISA THERMODINAMIKA DAYA OUT PUT PROTOTYPE," *Tugas Akhir*, 2001.
- N. E. Sources, A. I. Obanor, and F. A. Aisien, "Stirling Engine Technology: A Technical Approach to Balance the Use of Stirling Engine Technology: A Technical Approach to Balance the Use of Renewable and Non-Renewable Energy Sources," *Am. J. Renew. Sustain. Energy*, vol. 1, no. 3, pp. 156-165, 2017.
- A. RACHMAN, "PERANCANGAN STIRLING ENGINE TIPE BETA (β) MENGGUNAKAN TEORI SCHMIDT," *Tugas Akhir, TEKNIK MESIN Fak. Tek. Univ. LAMPUNG*, 2017.
- D. Smirnov and A. Golkar, "Stirling Engine Systems Tradespace Exploration Framework," *Procedia - Procedia Comput. Sci.*, vol. 44, pp. 558-567, 2015.
- T. E. Faculty, "Manufacturing and Testing of a V-Type Stirling Engine," *Turk J Engin Env. Sci*, vol. 24, pp. 71-80, 2000.