

PROTOTYPE MESIN STIRLING MENGGUNAKAN PANAS SINAR MATAHARI SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF

Achmad Zayyinun N

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail : achmadniam@mhs.unesa.ac.id

Mahendra Widyartono

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail : mahendrawidyartono@unesa.ac.id

Abstrak

Energi merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan makhluk hidup di bumi. Energi surya adalah energi yang berupa sinar dan panas dari matahari. Mesin stirling merupakan sebuah mesin dengan sistem pembakaran eksternal yang merubah energi panas menjadi energi mekanik yang di kopel dengan generator menjadi energi listrik. Tujuan penelitian ini adalah membuat prototipe mesin stirling menggunakan panas sinar matahari sebagai energi alternatif. Sumber panas yang digunakan pada penelitian ini yaitu sinar matahari yang di pantulkan menggunakan reflektor parabolik. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mendiskripsikan unjuk kerja prototipe mesin stirling menggunakan panas sinar matahari sebagai energi alternatif. Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa unjuk kerja reflektor parabolik mampu meningkatkan intensitas panas cahaya matahari dengan perbesaran rata-rata 1,2 kali pada setiap jam. Unjuk kerja prototipe mesin stirling menggunakan panas sinar matahari sebagai energi alternatif mampu bekerja pada jam 11 dengan suhu 136°C, kecepatan putar 751 rpm, mengeluarkan tegangan 0,89 volt, dan dipatkan suhu paling tinggi pada jam 12 dengan suhu 188°C, kecepatan putar 823 rpm, mengeluarkan tegangan 1,12 volt.

Kata Kunci : Prototipe Mesin Stirling, Reflektor Parabolik, Energi Alternatif

Abstract

Energy is the main requirement for the survival of living things on earth. Solar energy is energy in the form of light and heat from the sun. Stirling engine is an engine with an external combustion system that converts thermal energy into mechanical energy coupled with generators into electrical energy. The purpose of this research is to make a prototype of a stirling engine using the heat of sunlight as an alternative energy. The heat source used in this study is sunlight reflected using a parabolic reflector. This study uses an experimental method to describe the prototype performance of a stirling engine using the heat of sunlight as an alternative energy. The results of the study concluded that the performance of parabolic reflectors can increase the intensity of sunlight heat with an average magnification of 1.2 times per hour. The prototype performance of the stirling engine uses the heat of sunlight as an alternative energy capable of working at 11 hours with a temperature of 136°C, a rotating speed of 751 rpm, issuing a voltage of 0.89 volts, and compressed the highest temperature at 12 with a temperature of 188°C, speed turn 823 rpm, output a voltage of 1.12 volts.

Keywords: Stirling Engine Prototype, Parabolic Reflector, Alternative Energy

PENDAHULUAN

Konsep energi terbarukan mulai dikenal pada tahun 1970-an, sebagai upaya untuk mengimbangi pengembangan energi berbahan bakar nuklir dan fosil. Definisi paling umum adalah sumber energi yang dapat dengan cepat dipulihkan kembali secara alami, dan prosesnya berkelanjutan. Dari definisinya, semua energi terbarukan sudah pasti juga merupakan energi berkelanjutan, karena senantiasa tersedia di alam dalam waktu yang relatif sangat panjang sehingga tidak perlu khawatir atauantisipasi akan kehabisan sumbernya.

Teknologi yang semakin maju dan penggunaannya yang semakin luas diberbagai kalangan masyarakat membuat kebutuhan energi listrik semakin meningkat. Karena sebagian besar teknologi menggunakan energi listrik, salah satu teknologi yang banyak membutuhkan

energi listrik di era modern adalah mesin. Mesin merupakan alat untuk mempermudah pekerjaan manusia. Mesin memerlukan energi untuk menggerakannya yaitu energi listrik untuk dikonversi menjadi sebuah energi mekanis.

Energi merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan makhluk hidup di bumi. Sumber energi berasal dari makhluk hidup atau benda-benda lainnya yang dapat diperbarui dan tidak dapat diperbarui. Energi dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Kenyataan inilah yang mendasari konsep hukum kekekalan energi, dimana energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan, tetapi dapat dikonversikan menjadi energi lain. Seperti energi matahari yang dapat dikonversikan menjadi energi mekanik dan energi listrik.

Energi surya adalah energi yang berupa sinar dan panas dari matahari. Energi ini dapat dimanfaatkan dengan

menggunakan serangkaian teknologi seperti pemanas surya, fotovoltaik surya, listrik panas surya, arsitektur surya, dan fotosintesis buatan. Untuk melanjutkan laju pertumbuhan yang sejauh ini dimungkinkan oleh energi yang berlimpah, sebuah revolusi baru harus dibuat menuju sumber daya yang bersih dan berkelanjutan. semua bentuk energi terbarukan harus dieksplorasi dan dikembangkan. Fotovoltaik tenaga surya dan angin sudah mencapai profil tinggi dan peningkatan luar biasa dalam biaya dan teknologi. Pembangkit listrik tenaga surya memiliki perkembangan yang lebih sedikit dan teknologinya kurang matang, meskipun memiliki seperangkat potensi keuntungan penting, seperti penyimpanan energi, gabungan panas dan tenaga, dan berpotensi berbiaya rendah.

Mesin stirling merupakan sebuah mesin dengan sistem pembakaran eksternal yang merubah energi panas menjadi energi mekanik. Prinsip penggunaan energi panas matahari sebagai sumber energi masukan pada Mesin Stirling dapat dilakukan dengan cara memfokuskan oleh lensa (Concentrator), dan pemantulan cermin cekung (Reflector). Sinar matahari dikumpulkan dan dipantulkan oleh cermin yang berbentuk parabola, titik fokus pantulan sinar yang dihasilkan kemudian dijadikan sebagai sumber panas pada mesin stirling. Fluktuasi tekanan yang dihasilkan dari perbedaan suhu akan menggerakkan piston yang terhubung flywheel (roda gila), sehingga menjadi kerja mekanik yang menghasilkan listrik.

KAJIAN PUSTAKA

Energi Matahari

Energi surya adalah energi yang berupa sinar dan panas dari matahari. Energi ini dapat dimanfaatkan dengan menggunakan serangkaian teknologi seperti pemanas surya, fotovoltaik surya, listrik panas surya, arsitektur surya, dan fotosintesis buatan.

Teknologi energi surya secara umum dikategorikan menjadi dua kelompok, yakni teknologi pemanfaatan pasif dan teknologi pemanfaatan aktif. Pengelompokan ini tergantung pada proses penyerapan, pengubahan, dan penyaluran energi surya. Contoh pemanfaatan energi surya secara aktif adalah penggunaan panel fotovoltaik dan panel penyerap panas. Contoh pemanfaatan energi surya secara pasif meliputi mengarahkan bangunan ke arah matahari, memilih bangunan dengan massa termal atau kemampuan dispersi cahaya yang baik, dan merancang ruangan dengan sirkulasi udara alami.

Pemanfaatan Energi Matahari

Untuk kebutuhan sehari-hari. Energi surya yaitu energi yang berbentuk panas dan juga sinar matahari. Adapun manfaat dari energi matahari ini banyak digunakan untuk fotosintesis buatan. Listrik termal surya, pemanas surya, arsitektur surya dan fotovoltaik surya.

Adapun pemanfaatan teknologi dari energi surya atau matahari ini, digolongkan ke dalam 2 jenis yaitu teknologi pemanfaatan secara aktif dan teknologi pemanfaatan secara pasif. Contoh dimanfaatkannya energi matahari atau surya secara aktif ini yaitu pada panel penyerap panas dan pemanfaatan panel fotovoltaik. (Zulfi Farida A. 2016).

Sementara untuk contoh pemanfaatan energi matahari secara pasifnya adalah lebih mengacu pada bangunan menuju arah matahari, merancang sebuah ruangan memanfaatkan sirkulasi udara secara alami hingga memilih bangunan berdasarkan massa termal. Biasanya, energi matahari sendiri dimanfaatkan untuk kebutuhan yang praktis melalui penggunaan radiasi matahari. Ada beberapa contoh pemanfaatan dari energi matahari yang sering kita jumpai di kehidupan sehari-hari berikut ini:

1) Teknologi Thermal Matahari

Teknologi thermal matahari sendiri bisa dimanfaatkan untuk memanaskan ruangan, memanaskan air, menghasilkan panas dan mendinginkan ruangan.

2) Bidang Perkebunan dan Pertanian

Demi produktivitas tanaman yang semakin meningkat, maka pemanfaatan energi matahari dalam bidang perkebunan dan pertanian sendiri dilakukan dengan cara mengoptimalkan penyerapan dari energi matahari ini. Adapun cara untuk meningkatkan produktivitas dari tanaman bisa melalui teknik pengaturan waktu siklus penanaman, tinggi barisan tanaman yang bervariasi, dan pengaturan orientasi dari barisan tanaman itu sendiri.

3) Sistem Pemanasan Air

Pemanfaatan dari tenaga surya lainnya adalah dimanfaatkan sebagai teknik pemanasan air. Khususnya untuk daerah yang terletak pada garis lintang bujur rendah tepatnya berada di bawah suhu 40 derajat celsius, hampir 70% air panas yang dibutuhkan dalam kebutuhan rumah tangga biasanya dapat diperoleh dengan memanfaatkan sistem tenaga surya hingga temperatur air panas 60 derajat celsius. Adapun sistem pemanas air yang digunakan umumnya kolektor plastik tanpa menggunakan kaca untuk memanaskan air dalam kolam renang dan kolektor plat datar menggunakan kaca yang biasanya dipakai untuk kebutuhan rumah tangga.

4) Pengolahan Air

Pemanfaatan energi matahari juga digunakan dalam sistem pengolahan air melalui destilasi surya untuk pembuatan air payau yang bisa diminum. Adapun pemanfaatan tenaga surya melalui sistem destilasi ini pertama kali dilakukan oleh seorang ahli kimia di Arab sejak abad ke -16. Biasanya rancangan alat untuk destilasi ini sendiri terdiri dari destilasi vertikal, miringan ganda, miringan tunggal, multi efek, dan multi sumbu.

5) Pengeriing Pakaian

Nah, untuk pemanfaatan tenaga matahari yang satu ini pasti sudah menjadi keseharian ibu-ibu rumah tangga. Karena tenaga surya atau matahari secara langsung ini berguna untuk mengeringkan baju tepat dijemur di bawah sinar surya. Sehingga membuat baju Anda menjadi lebih kering dan tetap awet.

Mesin Stirling

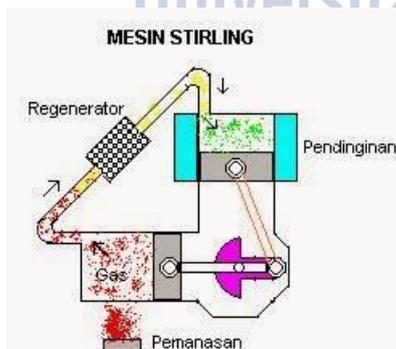
Mesin Stirling adalah mesin pembakaran eksternal yang menggunakan udara atau gas (helium, hydrogen, nitrogen, methanol dsb) sebagai fluida kerjanya, bekerja berdasarkan prinsip peredaran termodinamika (motor udara panas), ditemukan pada tahun 1816 oleh Robert Stirling, Kilmamock-Skotlandia. Jadi pada stirling engine, gas hanya disusutkan dan kemudian dikembangkan dengan pemanasan dari luar.

Sebuah regenerator memungkinkan panas yang dihasilkan disimpan di dalam, sebagian menggantikan energi panas karena sedikitnya alih panas yang dimungkinkan melalui dinding heat-exchanger. Energi panas disimpan di dalam regenerator sementara gas penggerak menyusup ke ruangan yang dingin, dan kemudian dilepaskan sewaktu kembali ke ruangan ekspansi panas. Tenaga terjadi pada temperatur yang tinggi dan konstan, sangat ideal untuk setiap mesin. Kompresi terjadi pada temperatur rendah, dan hampir tidak ada energi panas yang hilang. Tenaga bersih yang dihasilkan adalah akibat perbedaan antara pengembangan gas bertemperatur tinggi dan mengkompresi gas bertemperatur rendah.

Mesin ini dapat membakar setiap bahan bakar padat (solid) atau cairan sebagai sumber pemanasannya. Hal ini menyebabkan Mesin Stirling sangat menarik, khususnya pada situasi dimana bahan bakar konvensional saat ini sangat mahal dan sulit untuk memperolehnya. Beberapa jenis Mesin Stirling, selain demikian efektif juga sangat mudah pembuatannya, sehingga menjadi pilihan yang terbaik untuk sistem pembangkit listrik di beberapa negara berkembang. (Vineeth. 2011).

Prinsip Kerja Mesin Stirling

Mesin Stirling didefinisikan sebagai mesin regenerasi udara panas siklus tertutup. Dalam konteks ini, siklus tertutup berarti bahwa fluida kerjanya secara permanen terkandung di dalam system. Mesin Stirling adalah mesin kalor yang unik karena efisiensi teoretisnya mendekati efisiensi teoretis maksimum, yang lebih dikenal dengan efisiensi mesin carnot. Mesin Stirling ditemukan tahun 1816 oleh Robert Stirling (1790-1878). Saat itu disebut mesin udara dengan model mesin pembakaran luar siklus tertutup.



Gambar 1. Prinsip kerja mesin stirling

Mesin Stirling bekerja karena adanya ekspansi gas ketika dipanaskan dan diikuti kompresi gas ketika

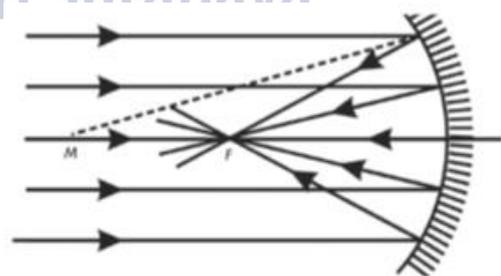
didinginkan. Mesin itu berisi sejumlah gas yang dipindahkan antara sisi dingin dan panas terus-menerus. Perpindahan gas ini dimungkinkan karena adanya piston displacer yang memindahkan gas antara dua sisi dan piston power mengubah volume internal karena ekspansi dan kontraksi gas. Piston yang berpindah disebut sebagai regenerator yang dapat membangkitkan kembali udara.

Prinsip kerja Mesin Stirling adalah memanfaatkan adanya perubahan tekanan dan volume pada gas dalam system tertutup. Gas pada sistem dikontakan pada reservoir panas sehingga system menyerap panas. Panas yang dihasilkan disimpan di dalam sebuah regenerator. Akibat adanya panas ini menyebabkan volume gas bertambah. Karena system dalam keadaan tertutup maka tidak ada gas yang keluar sehingga pertambahan volume gas karena pemanasan menimbulkan perubahan tekanan yang cukup besar. Tekanan yang dihasilkan ini kemudian digunakan untuk menggerakkan piston. Sementara itu gas penggerak menyusup ke ruangan yang dingin, dengan melepas panas pada saat bersamaan. Karena penurunan suhu ini volume gas berkurang dan sistem menerima kerja kompresi yang menyebabkan volume gas kembali ke keadaan awal. Keadaan tersebut terjadi berulang secara periodik sehingga terjadi gerakan piston yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik dengan menghubungkannya ke turbin. (Roy Darlington And Keith Strong, 2005)

Cermin Cekung

Sinar cahaya yang mengenai cemin akan dipantulkan sesuai dengan hukum pemantulan cahaya. Ada tiga macam cermin yaitu cermin datar, cermin cekung dan cermin cembung. Cermin cekung ialah cermin yang berbentuk lengkung seperti bagian tengah bola yang dibelah menjadi dua bagian. Cermin cekung bersifat mengumpulkan cahaya (konvergen), artinya jika berkas cahaya sejajar melalui suatu permukaan cermin cekung, berkas cahaya tersebut akan dipantulkan melalui satu titik yang sama. Cermin cekung juga disebut cermin positif (Supramono, 2005).

Cermin cekung bersifat mengumpulkan sinar pantul atau konvergen. Ketika berkas sinar-sinar sejajar mengenai cermin cekung, sinar pantulnya akan berpotongan pada satu titik. Titik perpotongan tersebut dinamakan titik (wilis, 2014)



Gambar 2. Pemantulan sinar cermin cekung

$$Rumus F = D^2/16d$$

F = Titik Fokus (Meter)

D = Diameter Parabola (Meter)

d = depth / kedalaman Parabola (Meter)

Generator DC

Generator DC merupakan sebuah perangkat mesin listrik dinamis yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Generator DC menghasilkan arus DC / arus searah. Generator DC dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan dari rangkaian belitan magnet atau penguat eksitasinya terhadap jangkar (anker), (Hasbullah,2009) jenis generator DC yaitu:

- a. Generator penguat terpisah
- b. Generator shunt
- c. Generator kompon

a. Generator Penguat Terpisah

Pada generator penguat terpisah, belitan eksitasi (penguat eksitasi) tidak terhubung menjadi satu dengan rotor. Energi listrik yang dihasilkan oleh penguat elektromagnet dapat diatur melalui pengaturan tegangan eksitasi. Pengaturan dapat dilakukan secara elektronik atau magnetik.

b. Generator Shunt

Pada generator shunt, tegangan awal generator diperoleh dari magnet sisa yang terdapat pada medan magnet stator. Rotor berputar dalam medan magnet yang lemah, dihasilkan tegangan yang akan memperkuat medan magnet stator, sampai dicapai tegangan nominalnya. Makin besar arus eksitasi shunt, makin besar medan penguat shunt yang dihasilkan, dan tegangan terminal meningkat sampai mencapai tegangan nominalnya.

c. Generator Kompon

Generator kompon mempunyai dua penguat eksitasi pada inti kutub utama yang sama. Satu penguat eksitasi merupakan penguat shunt, dan lainnya merupakan penguat seri.

METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen. Penelitian eksperimen adalah merupakan metode sistematis guna membangun hubungan yang mengandung fenomena sebab akibat. Penelitian eksperimen merupakan metode inti dari model penelitian yang menggunakan pendekatan kuantitatif. Dalam metode eksperimen, peneliti harus melakukan tiga persyaratan yaitu kegiatan mengontrol, kegiatan memanipulasi, dan observasi. (Latipun, 2002)

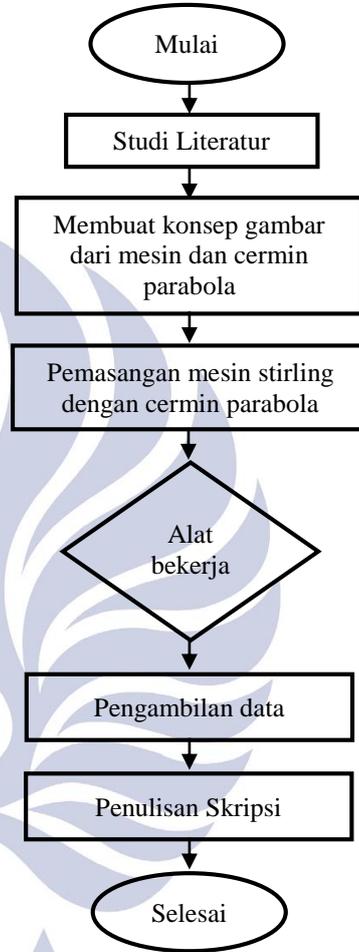
Tahap – Tahap Dalam Perancangan Tugas Akhir

Dalam Penyelesaian tugas akhir ini ada beberapa langkah kerja yang akan dilakukan diantaranya adalah :

1. Studi literature
 - Dalam studi literatur dilakukan pencarian informasi mengenai segala sesuatu yang berkaitan dengan penelitian ini diantaranya adalah :
 - a. Mempelajari karakteristik masing-masing peralatan dan komponen yang akan digunakan beserta prinsip kerjanya.
 - b. Membuat konsep gambar dari mesin stirling dan cermin parabola.
2. Study bimbingan

3. Membuat alat
4. Pengujian alat.
5. Analisis.
6. Penulisan tugas akhir.

Metode penelitian eksperimen dengan pendekatan kuantitatif yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan secara urut seperti pada *flowchart* Gambar 6.



Gambar 6. Flowchart Penelitian

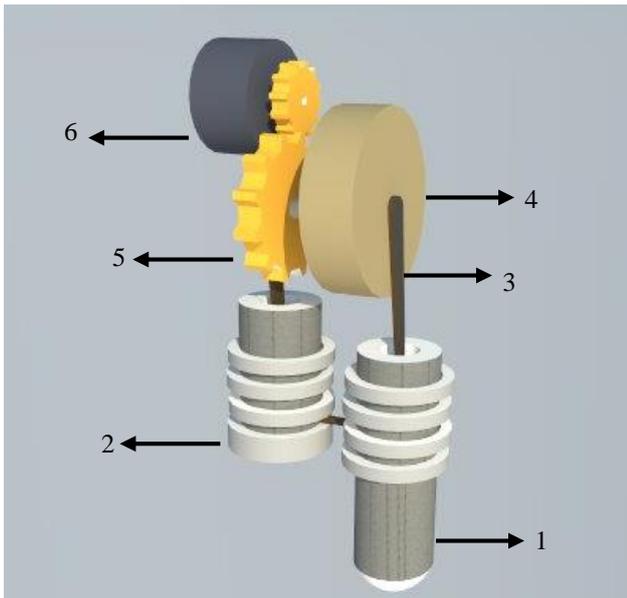
Spesifikasi Mesin Stirling

Tabel 1. Dimensi mesin Stirling

Komponen	Dimensi	Ukuran (cm)
Displacer silinder	Panjang	8,5
	Diameter	3,1
Displacer piston	Panjang	5,4
	Diameter	1,3
Power silinder	Panjang	3,8
	Diameter	2,6
Power piston	Panjang	1,4
	Diameter	1,3

Alur pembuatan mesin stirling dengan cermin parabola, penentuan rancang bangun mesin stirling yang

dapat meningkatkan kinerja dengan bantuan cermin parabola, berawal dari membuat konsep rancangan gambar mesin stirling, dibuat tabung silinder displacer terbuat dari pipa aluminium dengan panjang 8,5 cm berdiameter 3,1 cm, dibuat piston displacer dengan panjang 5,4 cm dan diameter 1,3 cm yang terbuat dari aluminium sebagai pemindah udara panas dari silinder displacer ke silinder power, dibuat silinder power dengan panjang 3,8 cm dan diameter 2,6 cm, dibuat piston power dengan panjang 1,4 cm dan diameter 1,3 cm, yang terbuat dari aluminium, dihubungkan piston power dengan connecting road dengan flywheel (roda gila), dihubungkan flywheel (roda gila) dengan generator dc dengan menggunakan gear rasio 1:3

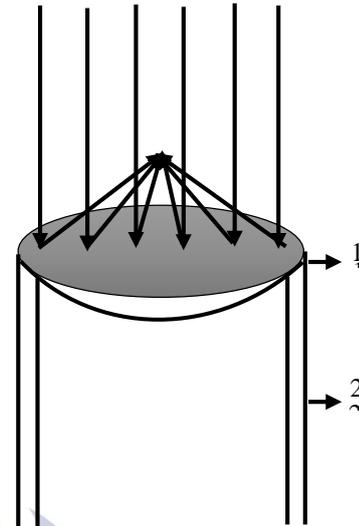


Gambar 7. Gambar desain stirling

Keterangan :

1. Displacer silinder
2. power silinder
3. Connecting road
4. Flywheel
5. Couple Gear
6. Generator

Desain dari cermin parabola terbuat dari aluminium cor yang dilapisi oleh aluminium foil berdiameter 43 cm dengan kedalaman 13 cm, sehingga di dapat titik pengumpulan panas dari matahari 8,8 cm dari kedalaman cermin parabola, diletakkan mesin stirling diantara cermin parabola (silinder displacer berada didalam, silinder power berada dibawah cermin parabola) dengan tiang penyangga, pengujian mesin stirling dilakukan pada hari yang cerah mulai jam 09.00 sampai 15.00, jika mesin stirling bekerja dilakukan pengambilan data dengan parameter suhu, rpm dan tegangan, jika mesin stirling tidak bekerja kembali ke evaluasi dari desain mesin stirling dan cermin parabola.



Gambar 8. Gambar desain cermin parabola

Keterangan :

1. Cermin parabola
2. Penyangga cermin parabola

Untuk menghitung Titik Fokus Parabola nya sebagai berikut :

$$F = D^2/16d$$

$$F = (D \times D) : (16 \times d)$$

$$F = (43 \times 43) : (16 \times 13)$$

$$F = (1.849) : (208)$$

$$F = 8,889 \text{ cm}$$

Berikut adalah hasil desain cermin parabola dengan mesin stirling berada di atas cermin parabola



Gambar 9. Gambar Desain Cermin Parabola dengan Mesin stirling

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian skripsi “Prototipe Mesin Stirling Menggunakan Panas Sinar Matahari Sebagai Energi Alternatif”. Pada bab ini akan dibahas hasil perancangan hardware. Selain itu juga akan dibahas pengujian hasil pengujian dari prototipe mesin stirling menggunakan panas Sinar Matahari Sebagai Energi Alternatif dan menganalisis hasilnya. Pengujian ini juga dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja mesin stirling, penggunaan cermin parabola bertujuan untuk mengkonversi panas sinar yang dihasilkan matahari dan digunakan sebagai sumber panas mesin stirling. pengujian dilakukan di roof top rumah lantai 2 dengan cara meletakkan alat pada tempat yang tidak berganti ganti setiap harinya dan juga tidak terhalang dengan pepohonan, gedung atau apapun yang dapat menghalangi sinar matahari menuju cermin parabola dengan kurun waktu pagi hari jam 09.00 WIB sampai dengan sore hari jam 15.00 WIB selama 5 hari kurang lebih 6 jam tiap harinya, akan diambil data per 60 menitnya

Tabel 2. Pengujian mesin stirling hari pertama

Jam	Suhu (°C)	Rpm	Tegangan (V)
09.00	84	-	-
10.00	112	-	-
11.00	139	752	0,90
12.00	181	804	1,09
13.00	156	779	0,95
14.00	100	-	-
15.00	72	-	-

Tabel 2. menunjukkan data hasil pengukuran hari pertama. Pada pengujian di hari pertama ini tercatat semakin besar perubahan suhu juga akan menyebabkan kecepatan putar (rpm) pada mesin stirling akan semakin meningkat. Pada jam 12.00 menunjukkan kecepatan putar paling tinggi 804 dengan 1,09 Volt pada suhu 181.

Tabel 3. Pengujian mesin stirling hari kedua

Jam	Suhu (°C)	Rpm	Tegangan (V)
09.00	84	-	-
10.00	100	-	-
11.00	136	751	0,89
12.00	172	793	1,07
13.00	156	779	0,95
14.00	101	-	-
15.00	80	-	-

Tabel 3. menunjukkan data pengukuran hari ke dua. Semakin besar perubahan suhu juga akan menyebabkan kecepatan putar (rpm) pada mesin stirling akan semakin meningkat. Pada jam 12.00 menunjukkan kecepatan putar paling tinggi 793 dengan 1,07 Volt pada suhu 172.

Tabel 4. Pengujian mesin stirling hari ketiga

Jam	Suhu (°C)	Rpm	Tegangan (V)
09.00	89	-	-
10.00	114	-	-
11.00	140	754	0,91
12.00	182	806	1,09
13.00	157	780	0,95
14.00	104	-	-
15.00	84	-	-

Tabel 4. menunjukkan data pengukuran hari ketiga. Semakin besar perubahan suhu juga akan menyebabkan kecepatan putar (rpm) pada mesin stirling akan semakin meningkat. Pada jam 12.00 menunjukkan kecepatan putar paling tinggi 806 dengan 1,09 Volt pada suhu 182

Tabel 5. Pengujian mesin stirling hari keempat

Jam	Suhu (°C)	Rpm	Tegangan (V)
09.00	96	-	-
10.00	122	-	-
11.00	146	755	0,92
12.00	188	823	1,12
13.00	168	789	0,97
14.00	112	-	-
15.00	85	-	-

Tabel 5. menunjukkan data pengukuran hari keempat. Semakin besar perubahan suhu juga akan menyebabkan kecepatan putar (rpm) pada mesin stirling akan semakin meningkat. Pada jam 12.00 menunjukkan kecepatan putar paling tinggi 823 dengan 1,12 Volt pada suhu 188

Tabel 6. Pengujian mesin stirling hari kelima

Jam	Suhu (°C)	Rpm	Tegangan (V)
09.00	88	-	-
10.00	111	-	-
11.00	149	756	0,93
12.00	185	814	1,10
13.00	166	784	0,96
14.00	110	-	-
15.00	85	-	-

Tabel 6. menunjukkan data pengukuran hari kelima. Semakin besar perubahan suhu juga akan menyebabkan kecepatan putar (rpm) pada mesin stirling akan semakin meningkat. Pada jam 12.00 menunjukkan kecepatan putar paling tinggi 814 dengan 1,10 Volt pada suhu 185

Tabel 7. Kecepatan putar mesin stirling dan torsi

Hari ke	Suhu	Kecepatan putar (rpm)	Torsi (Nm)
1	139°C	752	0,000021
1	181°C	804	0,00000151
1	156°C	779	0,00000072
2	136°C	751	0,0000218
2	172°C	793	0,00000122
2	156°C	779	0,0000004
3	140°C	754	0,0000219
3	182°C	806	0,00000151
3	157°C	780	0,00000075
4	146°C	755	0,0000219
4	188°C	823	0,00000197
4	168°C	789	0,00000098
5	149°C	756	0,0000219
5	185°C	814	0,00000168
5	166°C	784	0,00000087

Tabel 7. menunjukkan bahwa hari ke 1 pada jam 11 suhu 139°C mendapat rpm sebesar 752 rpm, torsiya sebesar 0,000021. Pada jam 12 suhu meningkat menjadi 181°C mendapat rpm sebesar 804 rpm, torsiya sebesar 0,00000151. Pada jam 13 suhu menurun menjadi 156°C mendapat rpm sebesar 779 rpm, torsiya sebesar 0,00000072. Hari selanjutnya keterangan sama seperti hari ke 1.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa, Unjuk kerja prototipe mesin stirling menggunakan panas sinar matahari sebagai energi alternatif mampu bekerja pada jam 11 dengan suhu 136°C, kecepatan putar 751 rpm, mengeluarkan tegangan 0,89 volt, dan didapatkan suhu paling tinggi pada jam 12 dengan suhu 188°C, kecepatan putar 823 rpm, mengeluarkan tegangan 1,12 volt, dapat dilihat di halaman sebelumnya hasil dan pembahasan, Nilai perubahan suhu mempengaruhi kecepatan putar pada mesin stirling, semakin meningkat perbedaan suhu yang di hasilkan maka kecepatan putar yang akan dihasilkan juga akan semakin meningkat.

Nilai intensitas matahari berbanding lurus dengan nilai perubahan suhu pada mesin stirling. Semakin meningkat nilai intensitas matahari maka perubahan suhu juga akan semakin meningkat. Unjuk kerja reflektor parabolik mampu meningkatkan intensitas panas cahaya matahari dengan perbesaran rata-rata 1,2 kali pada setiap jam. Hal ini disebabkan karena reflektor parabolik dapat mengumpulkan dan memantulkan intensitas cahaya matahari dengan optimal pada titik fokus (hot chamber) sebagai sumber panas mesin stirling.

Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas ada beberapa saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan sistem agar hasil lebih maksimal yaitu, Perlu pengembangan lebih lanjut dalam hal desain mesin stirling. Menggunakan sumber panas dari lampu halogen, sehingga intensitasnya dapat diatur, dan tidak bergantung pada keadaan lingkungan. Memperbesar ukuran parabola untuk mendapatkan pantulan yang lebih dari sumber panas. Membuat pendingin yang lebih optimal, baik pada desainnya maupun bahannya. Pertambahan dan perbaikan variable pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Hasbullah, MT, 2009 Generator DC. Bandung : FPTK UPI
- Latipun. (2002) Psikologi Eksperimen. Malang: UMM Press.
- Roy Darlington And Keith Strong, 2005. Stirling And Hot Air Engine. Marlborough: Crowood Press
- Suparmono, eddy. 2005. Fisika dasar 2. Malang: universitas negeri malang press.
- Vineeth. 2011. Stirling Engines: A Begineers Guide. India: NP.
- Wilis, Galuh Renggani. 2014. Variasi Sudut Kemiringan Kolektor Surya Solar Water Heater. Tegal: Fakultas Teknik Universitas Pancasakti.
- Walker G, Khan MI. 1965. Theorectival performance of Stirling cycle engine, paper no 949A. Proceedings of SAE International Automotive Congress, Detroit.
- Zulfi Farida A. 2016. Desain Dan Pembuatan Mesin Stirling Tenaga Matahari Dengan Memanfaatkan Pemanas Matahari Tipe Box Untuk Pembangkit Listrik. Tesis tidak diterbitkan. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang