

PENGARUH PERUBAHAN TEMPERATUR HOT CYLINDER WALL PADA MESIN STIRLING TERHADAP TEGANGAN KELUARAN GENERATOR DC

Akvian Bagus Prasetyo

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

Mahendra Widyartono

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

Abstrak

Matahari sebagai sumber energi terbarukan dan terbesar yang ada jagad raya ini sangat besar potensinya untuk mengatasi permasalahan energi global maupun permasalahan global warming akibat polusi bahan bakar minyak, Sinar matahari difokuskan kemudian dihasilkan dan dijadikan sebagai sumber panas pada mesin stirling. Fluktuasi tekanan yang dihasilkan dari perbedaan suhu akan menggerakkan piston dan *displacer* yang terhubung dengan roda gila (*flywheel*), sehingga menjadi kerja mekanik yang diharapkan menghasilkan daya yang besar untuk menggerakkan roda gila atau flywheel. Desain dari hardware terdiri dari lensa fresnel dan antena yang digunakan sebagai kaki-kaki atau penyangga lensa. Antena diambil dari radio sedangkan lensa fresnel didapatkan dari bekas proyektor OHP. Lensa fresnel berukuran 30x30cm digunakan sebagai konsentrator yang berfungsi mengumpulkan panas dari sinar matahari. Kemudian panas matahari digunakan sebagai bahan bakar untuk memutar mesin stirling yang kemudian dikopel dengan generator dc dan menghasilkan tegangan. Prototipe mesin stirling dengan konsentrator lensa fresnel ini paling optimal putarannya pada pukul 11.00 hingga pukul 01.00, suhu tertinggi yang dihasilkan yaitu 227C sedangkan tegangan keluarannya paling besar 1.14v, maka dapat disimpulkan jika semakin panas suhu pada hot cylinder wall maka semakin cepat putaran flywheel dan semakin besar pula tegangan yang dihasilkan generator dc.

Kata Kunci : Matahari, Lensa Fresnel, Mesin Stirling, Generator DC, Tegangan.

Abstract

The sun as the largest and most renewable energy source in the universe has enormous potential to overcome global energy problems and global warming problems due to fuel oil pollution. Sunlight is focused then produced and used as a source of heat in the stirling engine. Pressure fluctuations resulting from temperature differences will move the piston and displacer connected to the flywheel, so that it becomes mechanical work which is expected to produce a large amount of power to drive the flywheel. The design of the hardware consists of fresnel lenses and antennas which are used as legs or lens supports. The antenna is taken from the radio while the Fresnel lens is obtained from the former OHP projector. Fresnel lens measuring 30x30cm is used as a concentrator which functions to collect heat from sunlight. Then the sun's heat is used as fuel to turn the stirling engine which is then coupled with a dc generator and produces a voltage. The stirling engine prototype with Fresnel lens concentrator is the most optimal rotation at 11:00 to 01:00, the highest temperature produced is 227C while the output voltage is greatest 1.14v, it can be concluded if the hotter the temperature on the hot cylinder wall, the faster the flywheel rotation and the more also the voltage generated by a dc generator.

Keywords: Sun, Fresnel Lens, Stirling Engine, DC Generator, Voltage.

PENDAHULUAN

Matahari sebagai sumber energi terbarukan dan terbesar yang ada di jagad raya ini sangat besar potensinya untuk mengatasi permasalahan energi global maupun permasalahan global warming akibat polusi bahan bakar minyak (fossil fuel). Energi surya merupakan bentuk radiasi yang dihasilkan dari reaksi fusi nuklir dalam inti matahari. Meskipun energi matahari ini

hanya 30% yang mencapai bumi, energi yang terpancar selama 30 menit saja mampu memenuhi kebutuhan energi di bumi selama setahun (Asrori, 2014).

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 pemfokusan

oleh lensa (*concentrator*). Sinar matahari difokuskan kemudian dihasilkan dan dijadikan sebagai sumber panas pada mesin stirling. Fluktuasi tekanan yang dihasilkan dari perbedaan suhu akan menggerakkan piston dan *displacer* yang terhubung dengan roda gila (*flywheel*), sehingga menjadi kerja mekanik yang menghasilkan listrik diharapkan menghasilkan daya yang besar untuk menggerakkan roda gila atau flywheel.

Dengan ini dilakukan penelitian Pengaruh perubahan temperatur pada hot silinder wall mesin stirling terhadap tegangan keluaran generator DC. Dengan cara Memanfaatkan panas dari matahari yang di fokuskan menggunakan lensa fresnel untuk menggerakkan mesin stirling serta mengetahui perubahan temperatur terhadap kecepatan putaran generator dan tegangan keluaran pada generator.

KAJIAN PUSTAKA

Mesin Stirling

Mesin stirling merupakan suatu mesin kalor yang digerakkan melalui siklus kompresi (menyusut) jika didinginkan dan ekspansi (memuai) jika dipanaskan pada fluida kerja dalam wujud udara atau gas (helium, hidrogen, nitrogen, metanol, dsb) dalam system. (Maula, Evita. 2016). Adapun prinsip kerja mesin stirling yaitu mesin stirling memanfaatkan sifat dasar udara yang akan memuai jika dipanaskan dan akan menyusut jika didinginkan, sehingga sebuah mesin dapat berputar. Mesin stirling akan bekerja atau berputar jika terdapat perbedaan temperatur. Perbedaan temperatur tersebut mengakibatkan adanya perbedaan tekanan yang akhirnya menghasilkan ekspansi dari fluida kerjanya. Ekspansi inilah yang dimanfaatkan untuk dikonversi menjadi kerja oleh piston yang kemudian dihubungkan ke poros engkol (*crankshaft*) agar menjadi kerja mekanik. Poros engkol ini kemudian dihubungkan ke flywheel agar dapat terjadi siklus berikutnya (Prabowo, Riyadi dkk.2016).

Adapun jenis jenis mesin stirling yaitu :

1. Alpha Stirling

Mesin stirling alpha berisi kekuatan dua piston dalam silinder yang terpisah, satu berada di ruang dingin dan satunya berada di ruang panas. Silinder panas terletak di dalam suhu tinggi penghantar panas (silinder yang dibakar) dan silinder dingin terletak di dalam displacer suhu rendah.

2. Beta Stirling

Mesin stirling beta memiliki piston daya tunggal yang diatur dalam silinder yang sama pada poros yang sama sebagai displacer piston. Silinder piston displacer yang cukup longgar hanya berfungsi untuk antar jemput gas panas dari silinder panas ke silinder dingin. Gas mendorong dan memberikan piston kekuatan ketika silinder dipanaskan, kemudian

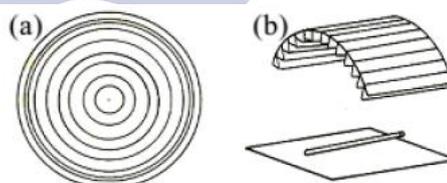
piston terdorong ke ruang dingin (titik bawah), sehingga silinder mendapat momentum dari mesin, dan dihubungkan dengan roda gila, tidak seperti jenis alpha, jenis beta tidak akan menyebabkan isolator (pipa pemisah jika dalam bentuk alpha) menjadi panas.

3. Gamma Stirling

Mesin stirling gamma hanyalah sebuah mesin stirling beta, dimana piston tenaga sudah terpasang di dalam silinder yang terpisah di samping silinder piston displacer, tapi masih terhubung ke roda gila sama. Gas dalam dua silinder dapat mengalir bebas karena mereka berada dalam satu tubuh. Mekanis ini cukup sederhana dan sering digunakan di dalam mesin stirling multi-silinder.

Lensa Fresnel

Fresnel yaitu lensa bias (*reflective lens*) dan cermin pantul (*reflective mirrors*). Lensa *fresnel* bias sebagian besar digunakan dalam aplikasi fotovoltaik sedangkan cermin reflektif banyak diaplikasikan dalam solar thermal power. Desain optikal lensa fresnel lebih fleksibel dan menghasilkan kerapatan fluks yang seragam pada absorber. Fresnel juga diklasifikasi menjadi imaging lens (3D-lens) dan non imaging lens (2D-lens) perbedaan dari kedua tipe ini adalah bentuk bidang fokusnya. Lensa imaging berupa fokus titik (focal point) sedangkan tipe non-imaging berupa garis (line/linear focus) di sepanjang sumbu dari reflektor *cylindrical parabolic*. (Nazila, dkk.2016). Pada gambar 1 menunjukkan ada 2 tipe lensa Fresnel



Gambar 1. (Sumber : Saini, Aini, dkk. 2017)

Generator DC

Generator DC merupakan sebuah perangkat mesin listrik dinamis yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Generator DC menghasilkan arus DC atau arus searah. Generator DC dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan rangkain belitan magnet atau penguat eksitasinya terhadap jangkar, jenis generator DC yaitu :

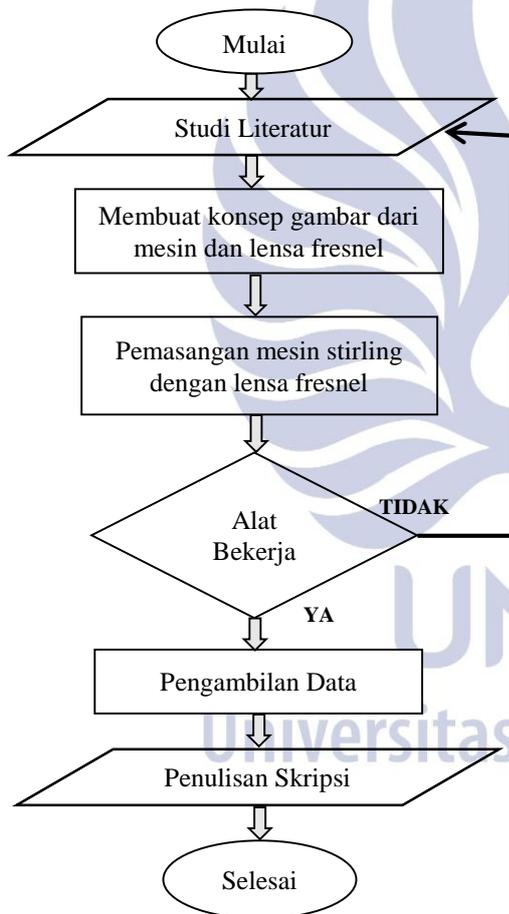
1. Generator DC Sumber Daya Terpisah (*Separately Excited DC Motor*)
2. Motor DC Sumber Daya Sendiri (*Self Excited DC Motor*)

METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

Pendekatan dalam penelitian ini dilakukan dengan metode penelitian eksperimen dengan pendekatan

kuantitatif. Pendekatan kuantitatif adalah suatu proses menemukan pengetahuan yang menggunakan data berupa angka sebagai alat menemukan keterangan mengenai apa yang ingin kita ketahui (Suwanda,2017). Metode penelitian eksperimen dengan pendekatan kuantitatif yang dilakukan dalam penelitian ini dilakukan secara urut seperti pada *flowchart* Gambar 2. Pertama adalah melakukan studi literatur, yaitu mempelajari penelitian- penelitian yang berkaitan, Kemudian setelah melakukan studi dilanjutkan dengan membuat konsep gambar dari mesin stirling dan lensa fresnel dengan menggunakan aplikasi sketch up 3D. Setelah konsep dibuat kemudian pembuatan dan pemasangan mesin stirling dan lensa fresnel, jika alat tidak bekerja, maka dilakukan studi ulang, jika alat bekerja dengan baik, maka selanjutnya melakukan pengambilan data dan penulisan skripsi.



Gambar 2. *Flowchart* Penelitian

Rancangan Alat

Alur pembuatan mesin stirling dengan lensa fresnel, penentuan rancang bangun mesin stirling yang dapat meningkatkan kinerja dengan bantuan lensa fresnel, berawal dari

membuat konsep rancangan gambar mesin stirling, *flywheel* (roda gila) dihubungkan dengan generator dc dengan menggunakan belt karet dengan rasio 1:3

Desain dari lensa fresnel terbuat dari lensa bekas OHP dengan lebar 30x30, sehingga di dapat titik pengumpulan panas dari matahari, tinggi lensa Fresnel ke hot cylinder wall yaitu 21cm, 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 dengan lensa fresnel. Gambar konsentrator lensa fresnel dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Lensa fresnel dan penyangga lensa sebagai konsentrator

Hasil Pengujian pada Stirling Engine

Pada penelitian ini beberapa variabel pengumpulan data meliputi Suhu (C), Tegangan (V), Putaran Flywheel (Rpm). Pengambilan data dilakukan di Rooftop Rumah Saya lantai 2. Pengambilan data pada alat mesin stirling dengan konsentrator lensa fresnel ini dibagi menjadi 2 keadaan dengan lama pengujian 5 hari dengan rentang waktu dimulai pukul 09.00-15.00WIB.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Desain dari hardware terdiri dari lensa fresnel dan antena yang digunakan sebagai kaki-kaki atau penyangga lensa. Antena diambil dari radio sedangkan lensa fresnel didapatkan dari bekas proyektor OHP. Lensa fresnel berukuran 30x30cm digunakan sebagai konsentrator yang berfungsi mengumpulkan panas dari sinar matahari. Sedangkan mesin stirling dipasang menghadap keatas dengan menggunakan kaki-kaki besi. Setelah mesin stirling berputar mesin akan memutar flywheel dan dikopel dengan generator dc, generator dc kemudian menghasilkan tegangan yang kemudian diukur menggunakan avometer. Gambar mesin stirling dengan konsentrator lensa fresnel dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Rancangan Prototipe Mesin Stirling Dengan Konsentrator Lensa Fresnel

Berikut adalah hasil dari pengambilan data selama 5 hari :

1. Pengambilan data hari ke-1 :

Pengujian kinerja mesin stirling dilakukan pada siang hari pada pukul 11.00 hingga pukul 13.30 saat cuaca terik.

Tabel 1. Pengujian Mesin Stirling Hari Pertama

Waktu	Suhu °C	Putaran Rpm	Tegangan V
11.00	198	896	0,93
11.30	204	899	0,94
12.00	224	911	1,1
12.30	219	909	1,05
13.00	227	912	1,14
13.30	192	889	0,9

Tabel 1. menunjukkan hasil dari pengujian hari pertama Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Matahari Menggunakan Mesin Stirling dengan konsentrator lensa fresnel yang sudah dibebani generator dc. Pada pengujian di hari pertama ini tercatat suhu yang didapat dari lensa fresnel yaitu 63 hingga 227°C, kecepatan putar mesin stirling yaitu 896 Rpm pada suhu 198°C yaitu pada pukul 11.00 WIB dengan tegangan keluaran generator dc yaitu 0.93 V, sedangkan pada pukul 13.00 WIB pada suhu 227°C putarannya sebesar 912 Rpm dengan tegangan keluaran generator dc yaitu 1.14 V.

2. Pengambilan data hari ke-2 :

Pengujian kinerja mesin stirling dilakukan pada siang hari pada pukul 11.00 hingga pukul 13.30 saat cuaca terik.

Tabel 2. Pengujian Mesin Stirling Hari Kedua

Waktu	Suhu °C	Putaran Rpm	Tegangan V
11.00	189	884	0,94
11.30	197	896	0,97

Lanjutan Tabel 2. Pengujian Mesin Stirling Hari Ketiga

12.00	210	902	1,02
12.30	217	912	1,05
13.00	216	911	1,10
13.30	172	866	0,88

Pada Tabel 2 merupakan hasil dari pengujian hari pertama Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Matahari Menggunakan Mesin Stirling dengan konsentrator lensa fresnel yang sudah dibebani generator dc. Pada pengujian di hari pertama ini tercatat suhu yang didapat dari lensa fresnel yaitu 63 hingga 227°C, kecepatan putar mesin stirling yaitu 884 Rpm pada suhu 189°C yaitu pada pukul 11.00 WIB dengan tegangan keluaran generator dc yaitu 0.94 V, sedangkan pada pukul 13.00 WIB pada suhu 216°C putarannya sebesar 911 Rpm dengan tegangan keluaran generator dc yaitu 1.10 V. Sedangkan pada pukul 09.00 dan pukul 15.00 pada suhu 77° dan 70°C mesin stirling belum dapat berputar.

3. Pengambilan data hari ke-3 :

Pengujian kinerja mesin stirling dilakukan pada siang hari pada pukul 11.00 hingga pukul 13.30 saat cuaca terik.

Tabel 3. Pengujian Mesin Stirling Hari Ketiga

Waktu	Suhu °C	Putaran Rpm	Tegangan V
11.00	174	867	0,89
11.30	190	884	0,91
12.00	208	881	1,1
12.30	204	876	1,09
13.00	206	877	1,09
13.30	172	866	0,88

Pada Tabel 3 merupakan hasil dari pengujian hari pertama Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Matahari Menggunakan Mesin Stirling dengan konsentrator lensa fresnel yang sudah dibebani generator dc. Pada pengujian di hari pertama ini tercatat suhu yang didapat dari lensa fresnel yaitu 66° hingga 206°C, kecepatan putar mesin stirling yaitu 867 Rpm pada suhu 174°C yaitu pada pukul 11.00 WIB dengan tegangan keluaran generator dc yaitu 0.89 V, sedangkan pada pukul 13.00 WIB pada suhu 206°C putarannya sebesar 877 Rpm dengan tegangan keluaran generator dc yaitu 1.09 V. Sedangkan pada pukul 09.00 dan pukul 15.00 pada suhu 66° dan 76°C mesin stirling belum dapat berputar.

4. Pengambilan data hari ke-4 :

Pengujian kinerja mesin stirling dilakukan pada siang hari pada pukul 11.00 hingga pukul 13.30 saat cuaca terik.

Tabel 4. Pengujian Mesin Stirling Hari Ketiga

Waktu	Suhu °C	Putaran Rpm	Tegangan V
11.00	175	871	0.89
11.30	199	884	0,9
12.00	200	887	0,92
12.30	203	874	0,9
13.00	204	905	1,12
13.30	169	-	-

Pada Tabel 4 merupakan hasil dari pengujian hari pertama Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Matahari Menggunakan Mesin Stirling dengan konsentrator lensa fresnel yang sudah dibebani generator dc. Pada pengujian di hari pertama ini tercatat suhu yang didapat dari lensa fresnel yaitu 72° hingga 203°C, kecepatan putar mesin stirling yaitu 871 Rpm pada suhu 175°C yaitu pada pukul 11.00 WIB dengan tegangan keluaran generator dc yaitu 0.89 V, sedangkan pada pukul 13.00 WIB pada suhu 203°C putarannya sebesar 905 Rpm dengan tegangan keluaran generator dc yaitu 1.07 V. Sedangkan pada pukul 09.00 dan pukul 15.00 pada suhu 72 dan 87°C mesin stirling belum dapat berputar.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan data hasil penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

Cara memanfaatkan panas matahari untuk menggerakkan mesin stirling yaitu dengan menggunakan lensa fresnel, lensa fresnel dapat memfokuskan cahaya matahari sehingga menghasilkan panas yang dapat memutar mesin stirling, putaran mesin stirling kemudian dikopel dengan generator dc agar menghasilkan tegangan.

Prototipe mesin stirling dengan konsentrator lensa fresnel ini paling optimal putarannya pada pukul 11.00 hingga pukul 01.00, suhu tertinggi yang dihasilkan yaitu 227C sedangkan tegangan keluarannya paling besar 1.14v, maka dapat disimpulkan jika semakin panas suhu pada hot cylinder wall maka semakin cepat putaran flywheel dan semakin besar pula tegangan yang dihasilkan generator dc.

Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas ada beberapa saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan sistem agar hasil lebih maksimal yaitu berikut :

Menggunakan lensa fresnel dengan luas yang lebih besar, menggunakan sistem tracking karena arah sinar matahari dapat berubah setiap menit dan menggunakan generator dengan spesifikasi lebih tinggi agar tegangan keluaran yang dihasilkan lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Asrori, dkk. 2014 “Konsentrator Lensa Fresnel : Kajian Pemanfaatan Energi Panas Matahari Untuk Aplikasi Kompor Surya”. Malang : Universitas Brawijaya Malang.

Maula, Evita. 2016. “Efek Tebal Lensa Pemfokus cahaya matahari sebagai sumber panas mesin stirling tipe gama untuk mengkonversi energi panas menjadi energy mekanik ” . Malang : Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

Nazila, Intan. 2016 “ Unjuk Kerjs Mesin Stirling Tipe Gamma Dengan Sumber Panas Reflektor Parabolic dan Sistem Aliran Air Pada Reservoir Rendah “ . Malang : Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

Saini, Aini, dkk. 2017 “Solar Powered Stirling Engine Driven Water Pump” . India : Manipal Institute of Technology, Karnataka India.

Prabowo, Riyadi dkk. (2016). “Pemanfaatan Mesin Stirling Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya“ . Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.