

Rancang Bangun Purwa Rupa Pembangkit Listrik Tenaga Panas Matahari Metode Mesin Stirling

Rieza Azhar, Nurhalim.

Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Pekanbaru 28293
Telepon : (0761) 66595 Laman :<http://ee.ft.unri.ac.id>

Email : rieza.azhar2743@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Solar thermal energy is a renewable energy which is very large in the universe. Indonesia as a tropical country has a huge potential where almost all the islands in Indonesia has solar thermal radiation every year. One of utilization of solar heat is to use solar heat as a source of electrical energy. solar thermal power generation technology, one of which is use a stirling engine as a converter of solar thermal energy into kinetic energy. Then the kinetic energy is connected to a generator that can produce electrical energy. One important part in the generation of solar thermal energy with the stirling engine method is the solar thermal collector which is generally a parabolic shape. In this study, a parabolic collector was designed using TracePro simulation software. TracePro Software is able to simulate solar thermal energy by providing several parameters, then it will display the performance of a paraboilic dish collector against sunlight as well as the parameters needed in research. From the results of the simulation, it was found that the ability of the maximum parabolic collector with 40 Watt/m² solar radiation input was able to focus solar radiation to 500 W. From the results of the manual calculation there was an error between the simulation and the manual calculation is 16,6 %. Thus the performance of the parabolic dish collector by 83,4 % (efficiency).

Keywords: solar thermal, stirling engine, software TracePro, parbolic collector.

PENDAHULUAN

Pada saat ini, kondisi pembangkitan energi listrik masih bergantung pada bahan bakar fosil yang tersedia di alam. Seiring berjalannya waktu dan penggunaan terus-menerus mengakibatkan ketersediaan yang semakin berkurang bahkan terjadi kelangkaan. Kondisi ini berakibat pada berkurangnya ketersediaan pasokan energi listrik meskipun kebutuhannya cenderung meningkat.

Kondisi geografis Indonesia sebagai negara maritim yang berada di daerah tropis memiliki banyak kekayaan alam dan berbagai potensi alam yang dapat di manfaatkan demi terpenuhinya kebutuhan akan energi listrik di indonesia. Potensi itu berupa kekayaan hayati, energi laut dan energi matahari. Kekayaan hayati yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar terbarukan pengganti bahan bakar fosil. energi laut berupa energi gelombang, pasang surut dan panas air laut. Sedangkan energi matahari berupa *photo voltaic* dan energi termal yang ketersediaannya sangat melimpah dan tak terbatas di Indonesia sebagai negara tropis.

Sinar matahari merupakan sumber daya alam yang tidak akan pernah habis untuk dipakai, oleh karena itu energi panas matahari memiliki potensi energi terbarukan. Potensi ini harus dikembangkan untuk mengurangi penggunaan dari energi fosil.

Di Indonesia pemanfaatan Energi baru terbarukan saat ini masih belum maksimal. Berdasarkan catatan kementerian energi dan sumber daya mineral, bauran pemanfaatan energi masih dikuasai oleh energi fosil. Jika dilihat secara nasional, sumber energi minyak bumi masih menjadi tumpuan utama masyarakat indonesia dengan persentasi sebesar 47% disusul kemudian batu bara dan gas bumi masing-masing 24%. Sisanya energi terbarukan sebanyak 5%. [8].

Berdasarkan uraian di atas, diambil topik dengan judul “rancang bangun purwa rupa pembangkit listrik tenaga panas matahari metode mesin stirling” sebagai upaya pengembangan pemanfaatan energi matahari dalam pembangkitan energi listrik.

LANDASAN TEORI

1. Radiasi Matahari

Energi matahari dipancarkan secara radiasi dalam bentuk gelombang elektro magnetik ke permukaan bumi yang dapat dimanfaatkan. Matahari merupakan suatu bola dari awan gas yang amat sangat panas. Bola matahari mempunyai diameter 1.39×10^9 m dengan jarak rata-rata $1,5 \times 10^8$ km dari permukaan bumi, massa dari matahari $1,991 \times 10^{30}$ kg dan mempunyai temperatur efektif permukaan sebesar 5762 K yang temperatur intinya dapat mencapai 8×10^6 K sampai dengan 40×10^6 K. [5].

Adapun persamaan energi yang di pancarkan kolektor parabola ke permukaan mesin stirling adalah sebagai berikut:

$$E_K = A_K \times I \times t \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana E_K adalah energi yang dipantulkan kolektor (J). A_K adalah luas penampang kolektor (m^2). I adalah intensitas radiasi matahari (W/m^2) dan t adalah waktu yang dibutuhkan untuk starting mesin stirling. Sedangkan kalor yang diterima mesin stirling adalah sebagai berikut:

$$Q_f = m_f \cdot C_f (T_2 - T_1) \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana Q_f adalah kalor yang diterima fluida pada silinder mesin (kJ). m_f adalah massa jenis fluida (gr). C_f adalah kalor jenis fluida ($J/gr \text{ } ^\circ C$). T_2 dan T_1 adalah temperatur akhir dan awal fluida ($^\circ C$).

$$Q_s = m_s \cdot C_s (T_2 - T_1) \dots\dots\dots 2.3$$

Dimana Q_s adalah kalor yang diterima silinder mesin (kJ). m_s adalah massa jenis silinder (gr). C_s adalah kalor jenis silinder ($J/gr \text{ } ^\circ C$). T_2 dan T_1 adalah temperatur akhir dan awal silinder ($^\circ C$). Maka kalor yang diterima mesin stirling adalah :

$$Q_{total} = Q_f + Q_s \dots\dots\dots 2.4$$

Dimana Q_{total} adalah energi yang diterima mesin (kJ), Q_f adalah kalor yang diterima fluida dan Q_s kalor yang diterima silinder [6].

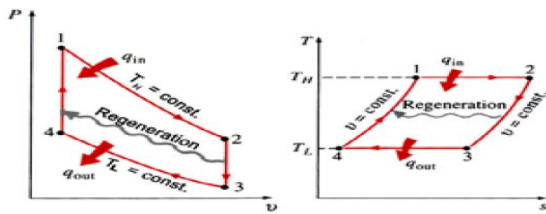
Tabel 1 Konduktifitas Termal Bahan

Bahan	Konduktivitas Termal (k)	
	Kkal/sC	J/smC
Perak	10 x	420
Tembaga	9,2 x	380
Aluminium	5,0 x	202
Baja	1,1 x	40
Es	4 x	2
Gelas	2,0 x	0,84
Batu bata	2,0 x	0,84
Air	1,4 x	0,2
Kayu	0,5 x	0,08 -0,16
Isolator fibreglass	0,2-0,4 x	0,048
Gabus	0,12 x	0,042
Wol	0,1 x	0,040
Udara	0,055 x	0,023

Sumber: Intan Nazila (2016).

2. Pengertian Mesin Stirling

Mesin stirling merupakan mesin yang beroperasi melalui pembakaran eksternal yang terdiri dari silinder panas dan silinder dingin, masing-masing dijaga agar memiliki perbedaan temperatur yang cukup besar. Mesin ini terdiri dari dua siklus isothermal dan dua siklus volume konstan. dua siklus terakhir terjadi karena bantuan eksternal agar siklus menjadi reversibel. Keempat siklus ini ditunjukkan dalam Gambar 2.5.



Gambar 1 diagram P-V dan T-S
Sumber: Anish K (2013)

METODE PENELITIAN

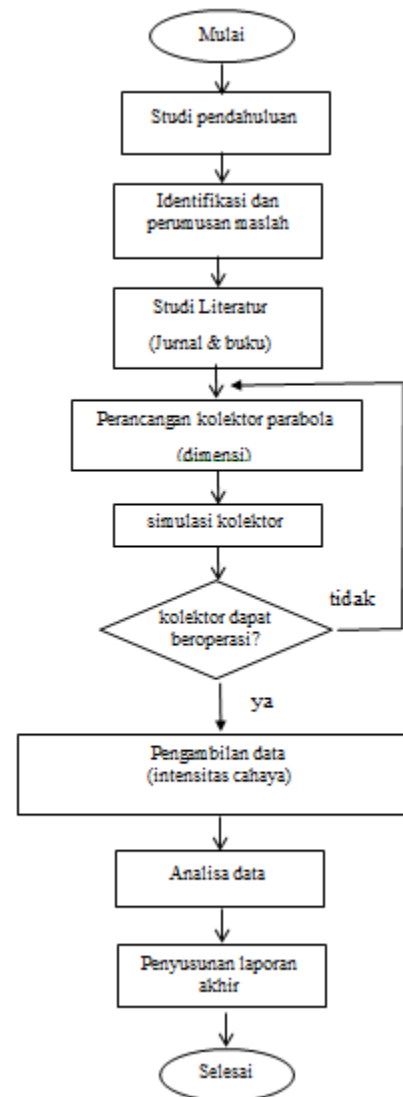
1. Peralatan yang digunakan

Adapun peralatan yang digunakan adalah :

- Komputer Intel®Core™i5, CPU 1,40 GHz, RAM 4 GB. Quad Core.
- Windows 10.1 Professional 64 bit
- Gambar dan desain model diperoleh dari desain model yang telah dilakukan sebelumnya menggunakan *software TracePro*
- Perangkat lunak *software TracePro* didalamnya terdapat pengaturan geometri volume kontrol, simulasi dan analisa dilakukan pada perangkat lunak tersebut.

2. Diagram alir penelitian

Adapun langkah dalam penelitian pada skripsi ini dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

3. Data Intensitas Matahari Dan Suhu Prov. Riau

Berdasarkan data yang diambil dari beberapa literatur, di dapati tren suhu dan intensitas cahaya matahari di wilayah Pekanbaru dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 2. Data Intensitas Cahaya

Bulan	Intensitas Matahari	Suhu rata-rata
	(W/m ²)	(°C)
Januari	51.66	26.9
Februari	55.85	27.3
Maret	40.29	27.8
April	32.33	28.0
Mei	62.15	28.2
Juni	52.68	27.6
Juli	64.97	27.8
Agustus	52.28	28.0
September	47.17	28.2

Sumber: BMKG PROV. Riau (2019)

4. Spesifikasi Mesin Stirling

Spesifikasi mesin stirling berpedoman pada penelitian yang dilakukan oleh Wail Adeileh dan Ali Alahmer dari tafa technical university dengan spesifikasi mesin stirling seperti pada Tabel 3.

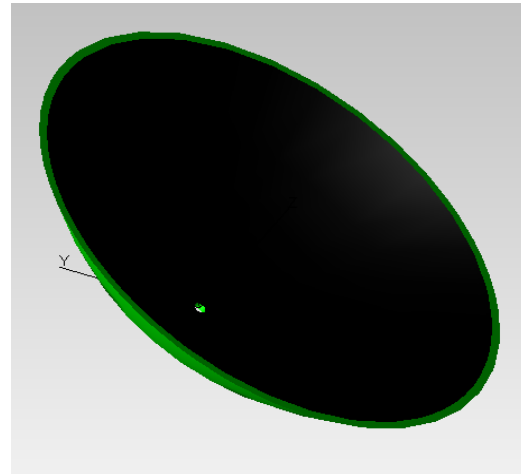
Tabel 3 Spesifikasi Mesin Stirling

Intensitas (W/m ²)	ΔT (°C)	Rpm (Rad/s)
755	84	117
800	89	129
834	113	126
851	116	139
940	148	144

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Desain kolektor parabola

Kolektor parabola didesain menggunakan *software TracePro* dengan luas permukaan 15 m², jarak titik fokus 1 m dan panjang parabola 1 m.



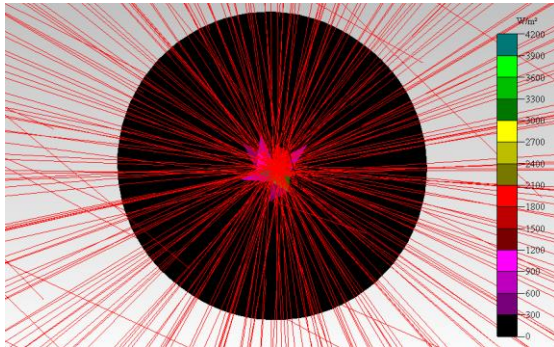
Gambar 3. Penampang kolektor parabola

b. Parameter Settingan simulasi kolektorparabola

Simulasi dilakukan dengan menggunakan metode analisis terhadap pantulan cahaya matahari yang terjadi pada kolektor parabola. Parameter yang digunakan adalah intensitas matahari harian di wilayah provinsi Riau. Radiasi matahari yang terjadi di provinsi Riau adalah sebesar 40,45, 50, 55, 60, 65 Watt/m². Dengan parameter intensitas yang telah ditentukan, selanjutnya menentukan parameter-parameter yang diperlukan dalam data input untuk analisis.

c. hasil simulasi

hasil dari simulasi menunjukkan unjuk kerja kolektor parabola seperti terlihat pada Gambar 4 berikut ini:



Gambar 4. Konsentrasi Intensitas Cahaya permukaan receiver.

Sedangkan besaran intensitas cahaya matahari dari simulasi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Intensitas Matahari Hasil Simulasi

bagian alat	material	Luas area (m ²)	input radiasi matahari watt/m ²					
			40	45	50	55	60	65
			output radiasi matahari watt/m ²					
Reflector 1	Aluminum		500,8	563,5	626	688,6	751	813,8
Surface 0	Mirror	0,0157	0	0	0	0	0	0
Surface 1	-	15,3	500,8	563,4	626	688,6	751	813,8
Surface 2	-	0,9	0	0	0	0	0	0
Surface 3	-	16,4	0	0	0	0	0	0
Silinder	Aluminum		469	520,7	578,6	636,4	694	752
Surface 0	Aluminum	0,000063	0	0	0	0	0	0
Surface 1	Aluminum	0,063	14,1	15,8	17,6	19,3	21	22,87
Surface 2	Aluminum	0,03	1,85	2,0	2,3	2,5	2,7	3,0
Surface 3	Aluminum	0,03	447	502,8	558,6	614,5	670	726,2

Setelah mengetahui besaran intensitas cahaya matahari, selanjutnya melakukan perhitungan manual untuk melakukan perbandingan antara hasil simulasi dan secara teoritis. Berikut hasil perhitungan manual intensitas matahari:

Tabel 5. Perhitungan Secara Manual

simulai	input radiasi (watt/m ²)	luas area m ²	Output (watt)
1	40	15	600
2	45	15	675
3	50	15	750
4	55	15	825
5	60	15	900
6	65	15	975

Untuk mengetahui unjuk kerja kolektor parabola, maka kita akan membandingkan hasil simulasi dengan perhitungan manual. Berikut perbandingan simulasi dan perhitungan manual yang terdapat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Hasil simulasi Dan Perhitungan Manual

Simulai	Input Radiasi (Watt/M2)	Perhitungan Manual	Hasil Simulasi	Error (%)
1	40	600	500.8	16.5
2	45	675	563.5	16.5
3	50	750	626	16.5
4	55	825	688.6	16.5
5	60	900	751	16.6
6	65	975	813	16.6

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dari hasil penelitian yang telah dibahas sebelumnya, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Reflektor berbentuk *compound parabolic trough* dengan panjang parabola 1 m, diameter 4 m, jarak titik fokus 1 m. Berbahan dasar aluminium

- foil tape optical reflektor* yang memiliki tingkat pantulan sebesar 0,95.
2. Tingkat radiasi maksimal yang dipantulkan reflektor sebesar 813 Watt dan terendah sebesar 500 Watt
 3. Terdapat perbedaan hasil perhitungan antara hasil simulasi dengan perhitungan manual, hal ini dikarenakan faktor jenis bahan yang digunakan dan kelengkungan parabola.
 4. Tingkat *error* atau selisih perhitungan simulasi sebesar 16,5%. Hal ini juga menjelaskan bahwa efisiensi kolektor mendekati 83,4%.
 5. Semakin lebar luas area reflektor, maka semakin besar pula tingkat radias tiang dapat difokuskan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. V. Pundhir dan M. Gupta. 2015. *Solar Stirling Plane*. International Journal of Conceptions on Electrical and Electronics Engineering. Vol. 2, Issue. 1, April 2014; ISSN: 2345 – 9603.
- [2]. K. Alok, D. Kumar dan K. Ritesh. 2014. *Design and Testing Of Solar Powered Stirling Engine*. International Journal of Engineering Research and General Science Volume 2, Issue 3, April-May 2014. ISSN 2091-2730.
- [3]. R. Patel dan B. Pandya. 2014. *Solar Powered Stirling Engine*. Global journal for reseach analysis. Volume-3, Issue-10, Oct-2014. ISSN No 2277 – 8160
- [4]. Syafriyudin. A.A.P. Susastriawan, M. Sabdulah dan F. Gulo. 2013. *Pembangkit Listrik Tenaga Panas Matahari Berbasis Mesin Stirling Untuk Skala Rumah Tangga*. Jurnal teknologi Vol.6 No. 2. 187-192.
- [5]. Howell, J.R., Bannerot, R.B., Vliet, G.C. 1982. *Solar-thermalEnergy Systems*. McGraw-Hill Book, New York, 1982.
- [6]. Howell, J.R., Bannerot, R.B., Vliet, G.C. 1982. *Solar-thermalEnergy Systems*. McGraw-Hill Book, New York, 1982.
- [7]. Anish, k. Shivam, Ajesh J. Pillai. 2013. *Solar powered stirling engine driven water pump*. International Journal of Engineering Research and General Science. Volume-2, Issue-11, Nov-2013. ISSN 2321-7308.
- [8]. Kementerian energi dan sumber daya mineral. 2016. *Jurnal energi media komunikasi kementerian energi dan sumber daya mineral*. Edisi 2, 2016.