

Analisis Sistem Reflektor pada Sistem Konsentrator Surya Tipe Parabola

Analysis of the Reflector System in a Parabolic Type Solar Concentrator System

Ropiudin^{1,*}, Furqon¹, Bondan Triatmojo²

¹Program Studi Teknik Pertanian - Fakultas Pertanian - Universitas Jenderal Soedirman

²PT Subang Mulya Sejahtera

*Korespondensi, Email: ropiudin@unsoed.ac.id

ABSTRAK

Energi surya merupakan sumber energi utama terbesar di dunia dan sangat mungkin dimanfaatkan sebagai sumber energi yang tidak terbatas karena ketersediaannya yang bersifat kontinyu. Namun, pemanfaatan energi surya menjadi listrik di Indonesia masih kurang optimal. Jenis reflektor pada konsentrator tipe parabola untuk mengkonversi panas matahari menjadi listrik dapat mengoptimalkan pemanfaatan energi surya di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk: 1) Menganalisa penggunaan reflektor pada sistem konsentrator surya tipe parabola, 2) Mengetahui efisiensi reflektor pada sistem konsentrator surya tipe parabola. Variabel penelitian ini meliputi iradiasi surya, suhu, dimensi potongan reflektor, kemiringan reflektor, iradiasi matahari yang dipantulkan dan efisiensi sistem reflektor. Analisis data menggunakan persamaan matematika yang telah disusun. Penelitian ini menganalisa pemilihan material reflektor, reflektor pada konsentrator dan efisiensi energi. Hasil analisis menunjukkan bahwa material reflektor yang digunakan yaitu stainless steel dengan nilai reflektansi 0,62 dan nilai modulus young 193 GN/m² serta memiliki harga yang murah dibandingkan material lain. Konsentrator menggunakan tipe parabola dish dengan reflektor berbentuk potongan trapesium. Dimensi potongan reflektor untuk panjang sisi sejajar sebesar 53 cm dan 4 cm dengan tinggi 103,13 cm dan kemiringan 20,4°. Pengukuran suhu dilakukan selama 4 jam dengan interval 5 menit. Hasil suhu tertinggi terjadi pada iradiasi 1010 watt/m² dengan suhu permukaan reflektor 68,5°C, suhu belakang reflektor 65°C, suhu receiver 146,2°C dan suhu fluida 103,6°C. Efisiensi tertinggi yang dihasilkan oleh sistem sebesar 23%.

Kata kunci: energi surya, reflektor, konsentrator, tipe parabola, analisis

ABSTRACT

Solar energy is the most enormous and primary source of energy on earth and conceivably could be harnessed as an unlimited energy source because of its continuous availability of energy. Furthermore, the use of solar energy as an electricity in Indonesia is less optimal. A variety of reflector on concentrator parabolic type to convert solar cell to be electricity could increase the use of solar energy to be more optimal in Indonesia. The research aims to : 1) analyze the use of reflector on solar concentrator parabolic type system, 2) recognize the efficiency of reflector on solar concentrator parabolic type system. Variable of research such as solar radiation, temperature, size of cut shaped reflector and elevation of cut shaped reflector. Analysis value make mathematics equation which have shown. The research analyzes the selection of material of a reflector, reflector on concentrator and efficiency of energy. The research presents the material of reflector which is used is stainless steel with reflectancy value 0,62 and young's modulus value 193 GN/m² and also it has lower cost than other materials. Concentrator uses parabolic dish type with trapezoid cut shaped reflector. The dimension of reflector is about 53cm and 4cm for the length of the parallel sides with 103,13cm of height and 20,4o of gradient/elevation. The temperature measurement is conducted during 4 hours with 5 minutes interval. The result presents highest temperature achieves when irradiation is at 1010 watt/m² with outer side reflector's temperature is 68,5oC, the back of reflector's temperature is 65oC, receiver's temperature is 146,2oC and fluid temperature is 103,6oC. Efficiency which is resulted by the highest system is about 23%.

Keywords: solar energy, reflector, concentrator, parabolic type, analysis

PENDAHULUAN

Energi merupakan salah satu kebutuhan yang sangat vital bagi kehidupan manusia. Sebagian besar energi yang digunakan pada saat ini berasal dari bahan bakar fosil yang ketersediaannya semakin hari semakin menipis. Selain itu, penggunaan bahan bakar fosil juga dapat merusak lingkungan karena limbah gas yang dihasilkan dari hasil penggunaan bahan bakar tersebut. Perlu adanya energi alternatif lain yang efisien dan ramah lingkungan yang mampu menggantikan penggunaan energi bahan bakar fosil agar ketersediaannya tetap terjaga.

Energi surya merupakan sumber energi utama terbesar di dunia. Energi surya ini sangat mungkin dimanfaatkan sebagai sumber energi yang tidak terbatas karena ketersediaannya yang bersifat kontinyu. Indonesia yang terletak di garis khatulistiwa mendapatkan intensitas radiasi matahari yang cukup besar yaitu sekitar 4,8 Kwh/m² di setiap bagian Indonesia. Oleh karena itu banyak penelitian yang mengembangkan dan memanfaatkan matahari sebagai energi alternatif baru yang bersifat ramah lingkungan.

Pemanfaatan energi surya salah satunya yaitu sebagai penghasil energi listrik. Energi listrik dari surya dapat dihasilkan melalui 2 cara yaitu menggunakan *Solar Cell* (photovoltaik) dan juga menggunakan panas matahari (*solar power plant*) yang kemudian di proses lebih lanjut pada *rankine cycle*. Penggunaan solar power plant dalam mengubah energi juga perlu diperhatikan efisiensinya. Penggunaan jenis konsentrator dan reflektor yang tepat akan mempengaruhi besar kecilnya energi panas yang dapat dihasilkan. Penggunaan konsentrator tipe parabola sangat cocok di terapkan di Indonesia yang memiliki lama waktu siang dan malam yang sama. Oleh karena itu diperlukan modifikasi terhadap jenis reflektor yang digunakan untuk mengoptimasi keluaran dari konsentrator tipe parabola ini.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu piranometer, multimeter, termokopel, hybrid recorder, jangka sorong, busur derajat dan alat penunjang lainnya. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu stainless steel cermin tipe 201.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan modeling matematika dan experimental. Pengukuran dilakukan di lapang. Pendekatan modeling matematika menggunakan pendekatan persamaan geometri.

Variabel Penelitian.

Variabel pengamatan pada penelitian ini antara lain:

1. Iradiasi surya, merupakan banyaknya radiasi matahari yang diterima di permukaan bumi. Iradiasi surya akan mempengaruhi besar sedikitnya energi yang akan dihasilkan oleh konsentrator tipe parabola. Untuk menentukan iradiasi surya digunakan piranometer dan menggunakan persamaan (2).
2. Suhu , pengukuran suhu dilakukan pada permukaan dan bagian belakang reflektor serta bagian *receiver* pada panci dan lingkungan sistem reflektor.
3. Dimensi potongan stainless steel, ukuran panjang lebar dan tinggi dari tiap potongan stainless steel yang digunakan pada parabola.
4. Kemiringan potongan stainless steel, kemiringan potongan stainless steel sama dengan kemiringan lengkung parabola. Ditentukan dengan persamaan tangensial dimana sumbu y merupakan kedalaman parabola dan x merupakan jari-jari parabola.
5. Iradiasi matahari yang dipantulkan dan diserap reflektor. Menggunakan persamaan

$$I_{\text{reflect}} = I_{\text{matahari}} \cdot A_{\text{parabola}} \cdot r$$

$$I_{\text{absorb}} = I_{\text{matahari}} \cdot A_{\text{parabola}} \cdot a$$

Keterangan :

I_{reflect} = Iradiasi matahari yang dipantulkan (watt)

I_{absorb} = Iradiasi matahari yang diserap (watt)

I_{matahari} = Iradiasi matahari (watt/m²)

A_{parabola} = Luas diameter parabola yang menerima iradiasi (m²)

r = Nilai reflektansi

a = Nilai absorptansi

nilai reflektansi stainless steel yaitu sebesar 0,62 dan absorptivitas 0,38.

6. Efisiensi sistem reflektor, untuk mengetahui nilai efisiensi dari sistem reflektor menggunakan persamaan.

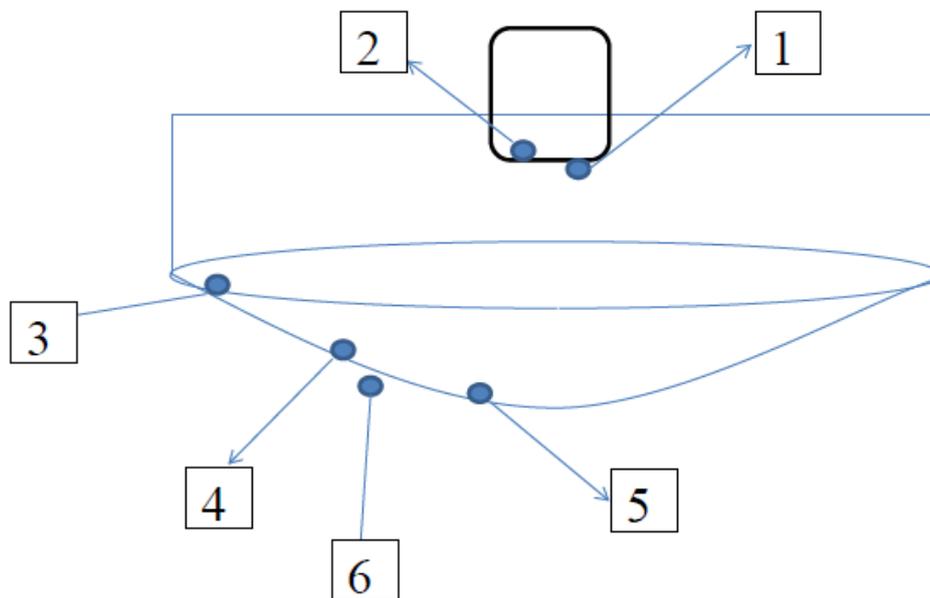
$$\eta_{\text{sistem (umum)}} = \frac{(Q_{\text{materialpemanas}} + Q_{\text{fluida}}) / I_{\text{matahari}} \cdot A_{\text{parabola}}}{m_{\text{materialpemanas}} \cdot C_p_{\text{materialpemanas}} \cdot \Delta T_{\text{materialpemanas}}}$$

$$Q_{\text{materialpemanas}} = \frac{m_{\text{fluida}} \cdot C_p_{\text{fluida}} \cdot \Delta T_{\text{fluida}}}{\Delta T_{\text{materialpemanas}}}$$

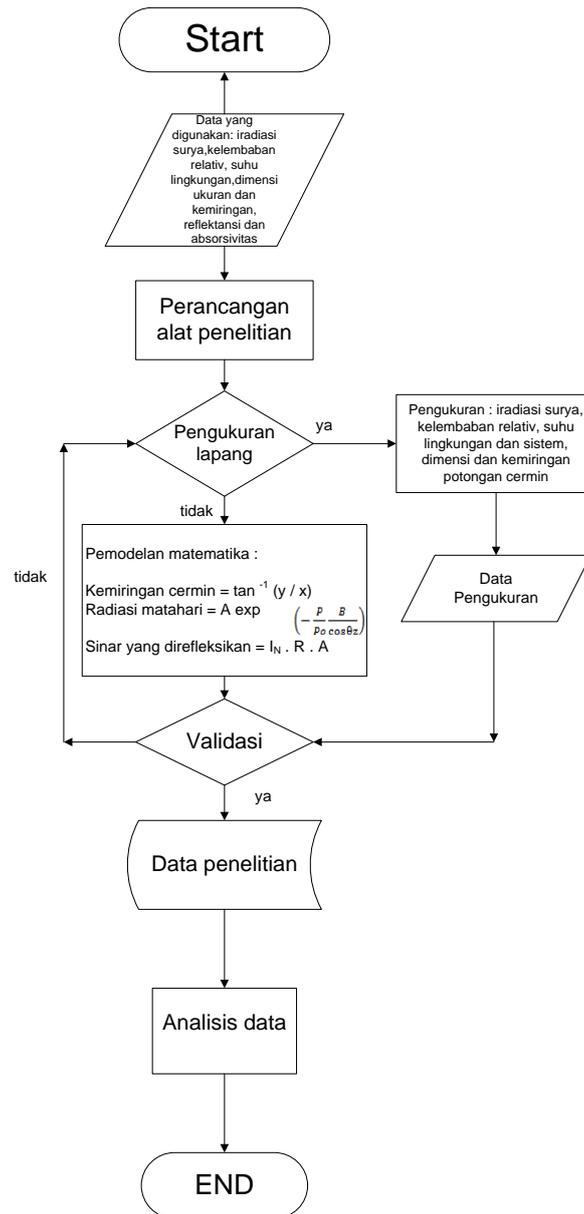
$$Q_{\text{fluida}} = \frac{\Delta T_{\text{fluida}}}{\Delta T_{\text{fluida}}}$$

Tahapan Penelitian.

Tahap persiapan terdiri dari: tahap pembuatan desain dan tahap penyesuaian ukuran dengan perhitungan. Tahap percobaan lapang: Pada tahap ini alat yang telah didesain dan dibuat akan diuji coba langsung pada sampel tempat tertentu. Tahap analisis data: pada tahap ini akan dilakukan analisis data berupa: tahap pengukuran dan variabel yang diukur pada penelitian ini Iradiasi, suhu dan kelembaban relatif. Tahap perhitungan: Data yang dihitung antara lain data iradiasi yang dipantulkan dan diserap, dan ukuran serta kemiringan potongan stainless steel yang optimal. Skema titik-titik pengukuran suhu pada sistem konsentrator tipe parabola disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Skema titik pengukuran suhu pada konsentrator surya tipe parabola



Gambar 2. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Pemilihan Material Reflektor

Reflektor merupakan bagian terpenting dalam konsentrator surya, karena berfungsi memantulkan dan memusatkan cahaya pada konsentrator. Pemilihan material ini memerlukan beberapa pertimbangan seperti sifat fisik, sifat optis dan juga harga. Untuk itu diperlukan perencanaan terhadap pemilihan material tersebut dengan cara optimasi. Ada 3 material yang bisa menjadi pertimbangan sebagai reflektor yaitu: 1. Cermin: Cermin merupakan kaca yang dilapisi dengan lapisan perak atau biasa disebut *back silver*. Memiliki reflektansi terhadap cahaya yang cukup tinggi yaitu sebesar 0,94 pada suhu 373 K dengan panjang gelombang cahaya 0,584 μm. Kekurangan dari cermin yaitu derajat kelenturan dari cermin yang rendah sehingga sulit untuk dibentuk dan mudah retak atau patah. Cermin hanya memiliki modulus young sebesar 72 GN/m² sehingga tidak mudah untuk di lenturkan. 2. *Stainless steel 304*: *Stainless steel* merupakan baja tahan karat yang banyak digunakan oleh banyak industri baik

pangan maupun mesin. *Stainless steel* merupakan besi campuran dari besi, nikel dan chrom. Lapisan chrom ini yang membuat stainless menjadi tidak korosif. Stainless steel mudah dibentuk dan memiliki reflektansi sebesar 0,616 pada suhu 373 K dengan panjang gelombang cahaya 0,584 μm . Dengan nilai modulus young sebesar 193 GN/m² membuat stainless steel mudah untuk dilengkungkan. 3. Nikel: Dalam kondisi standar, nikel adalah logam berwarna putih keperakan yang cukup keras namun mudah dibentuk. Nikel adalah salah satu dari beberapa elemen yang magnetik pada suhu kamar. Nikel memiliki reflektansi sebesar 0,588 pada suhu 373 K dengan panjang gelombang cahaya 0,584 μm . Nilai modulus young dari nikel sebesar 189 GN/m².

Berdasarkan data diatas dapat dicari material yang paling optimal digunakan sistem perangkaian seperti ditampikan pada Tabel 1.

Tabel 1.
Perangkaian material yang optimal

material pembanding	Cermin	Stainless steel	Nikel
Nilai reflektansi	1	2	3
Nilai absortansi	1	2	3
Nilai modulus young	3	1	2
Harga	2	1	3

(sumber: Ernie W. Spizs ,1969)

Penomoran urutan pembanding pada Tabel 1 sesuai dengan urutan hal penting pada standar pemilihan reflektor. Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa masing masing material memiliki sifat fisik dan material yang berbeda serta memiliki harga operasional yang berbeda. Dapat disimpulkan berdasarkan metode perangkaian diatas, stainless steel memiliki nilai sebesar 6, cermin 7 dan nikel 11, itu berarti stainless steel merupakan material yang paling optimal untuk dijadikan sebagai reflektor pada konsentrator surya termal ini.

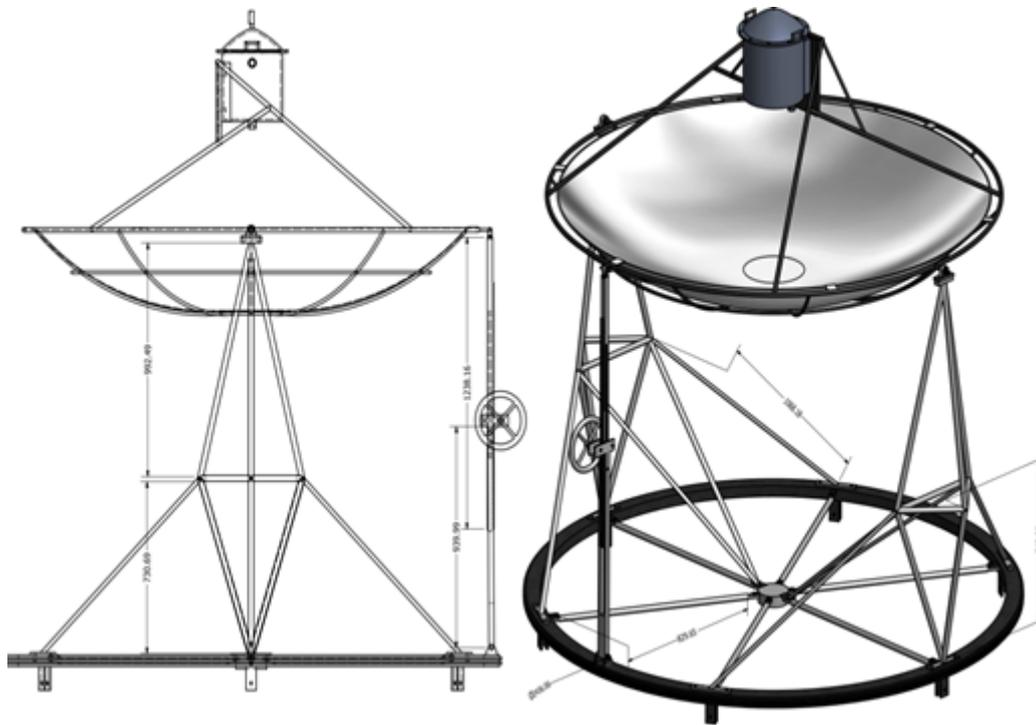
Analisis Reflektor Pada Konsentrator

Solar Konsentrator digunakan untuk meningkatkan suhu yang diterima absorber. Sinar matahari yang jatuh pada permukaan pemantul (reflektif) dipantulkan ke permukaan yang lebih sempit (absorber) sebelum dikonversi menjadi panas. Dengan cara ini, absorber menyerap energi yang terkonsentrasi dari pantulan reflektor dan mendapatkan temperatur yang lebih tinggi. Ada beberapa jenis konsentrator surya yang biasa digunakan yaitu parabolic through, parabolic dish dan Fresnel lense (Zulkarnain, 2011).

Jenis konsentrator yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis konsentrator tipe parabola dish dengan diameter parabola sebesar 7 feet atau sebesar 210 cm. Menurut Johan Nilsson, (2005) penggunaan reflektor tipe parabola sangat efektif digunakan di negara yang mempunyai intensitas matahari yang besar dan cukup lama. Indonesia merupakan negara yang memiliki interval waktu pencahayaan matahari yang relatif lebih lama dengan rata-rata intensitas cahaya matahari yang besar sehingga lebih cocok menggunakan tipe parabola dish. Efisiensi dari konsentrator tipe parabola hampir mencapai 30% (Pitz-Paal, 2010).

Pemasangan reflektor pada parabola dapat dilakukan dengan berbagai cara yaitu dengan menggunakan potongan kecil reflektor, menggunakan potongan pizza yang berbentuk trapesium, menggunakan potongan melintang atau mencetaknya secara langsung sehingga berbentuk parabola. Untuk mencetak tidak mungkin dilakukan karena biaya operasional dan waktu pengerjaan yang mahal dan lama. Sehingga yang memungkinkan yaitu menggunakan potongan kecil atau menggunakan potongan trapesium panjang vertical. Selanjutnya pemilihan metode ini perlu memperhatikan sifat mekanik dari material reflektor. Pemilihan metode pemasangan bertujuan untuk mendapatkan hasil iradiasi matahari yang dipantulkan menjadi lebih besar.

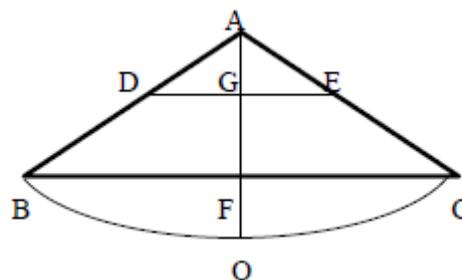
Penelitian ini menggunakan stainless steel mirror yang memiliki sifat mekanis cukup lentur dan mudah dibentuk serta memiliki ketahanan fisik terhadap patahan dan tarikan yang cukup bagus. Berdasarkan sifat mekanis tersebut, stainless steel dibentuk potongan trapesium. Bentuk ini mampu memantulkan sekaligus memusatkan cahaya yang datang dan lebih efektif serta efisien dalam waktu pengerjaan dibandingkan dengan bentuk potongan kecil.



Gambar 3. Disain Kosnentrator surya tipe parabola

Analisis Efisiensi Energi

Bidang fokus pada konsentrator dapat diperhitungkan dengan cara kesebangunan pada segitiga. Dengan mengasumsikan bidang pantulan cahaya parabola seperti bidang segitiga, dapat dihitung bidang fokus pada pusat pemanas seperti ditampilkan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Kesebangunan segitiga ABC dan ADE

Segitiga ABC merupakan pantulan sinar konsentrator dengan titik fokus pada titik A. Garis BC adalah diameter parabola dan jarak fokus dari diameter parabola digambarkan dengan garis AF. DE yaitu diameter bidang fokus yang ingin dicapai dan AG adalah jarak yang diperlukan dari titik fokus agar terbentuk bidang fokus. Untuk mendapatkan nilai AF menggunakan persamaan :

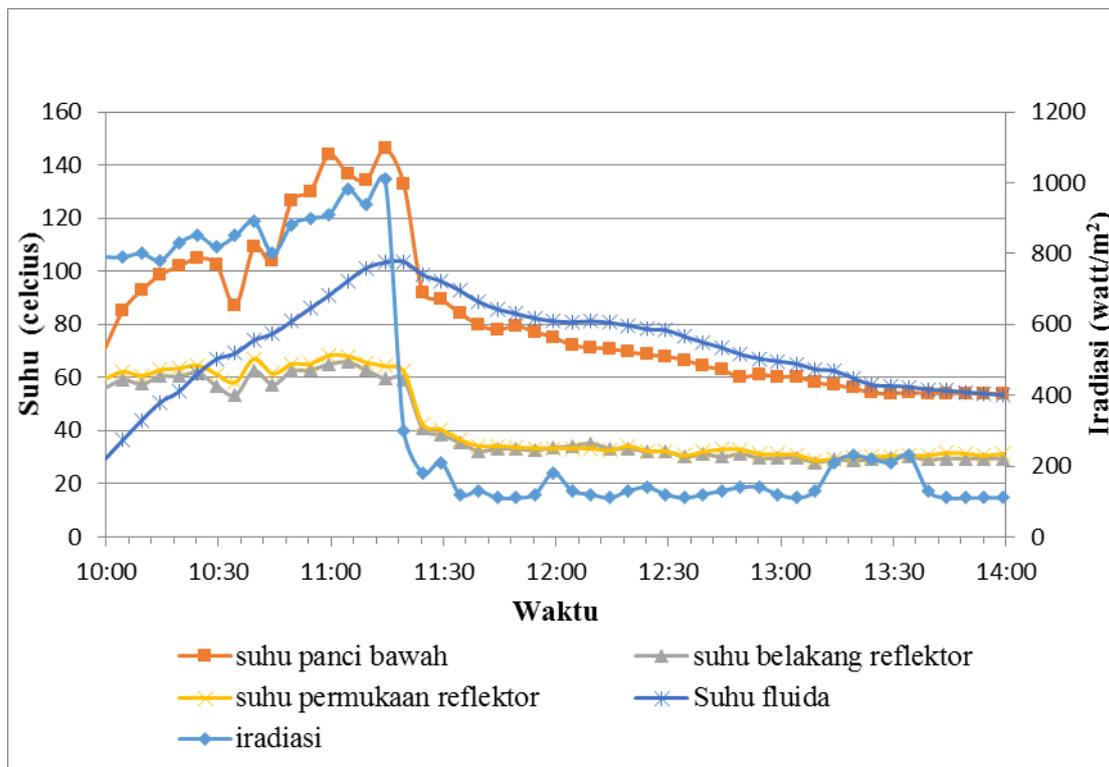
$$AF = AO - FO = ((BC)^2 / 16 FO) - FO$$

AO merupakan jarak fokus dari dasar parabola dan FO kedalaman parabola. Dengan memotong tegak lurus segitiga ABC, terbentuk segitiga ABF dan ADG yang sebangun. Untuk menentukan jarak AG digunakan prinsip kesebangunan pada segitiga dengan persamaan:

$$\text{Sudut B} = \text{Sudut D} \rightarrow \text{AF/BF} = \text{AG/AD} \rightarrow \text{AG} = (\text{AF/BF}) \cdot \text{DG}$$

Jadi persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan jarak yang diperlukan agar terbentuk bidang fokus yaitu : $\text{AG} = (\text{AF/BF}) \cdot \text{DG}$ (Turmudi, 2010).

Pengambilan data dilakukan selama 5 hari dimulai dari tanggal 5 November – 9 November 2015. Diantara data yang telah diambil, diambil data yang terbaik dari ke-5 data yaitu data pada tanggal 8 November. Dari data tersebut dapat disajikan tabel hasil pengukuran yang terlihat padagambar berikut.



Gambar 5. Hubungan iradiasi surya dan suhu reflektor terhadap waktu

Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui bahwa hubungan antara iradiasi dan suhu pada permukaan reflektor, bagian bawah panci dan fluida yaitu tegak lurus/linear. Semakin besar iradiasi maka semakin besar suhunya. Suhu tertinggi terjadi pada pukul 11.15 dengan iradiasi 1010 watt/m² sebesar 146,2°C pada bagian bawah panci dan 103,6°C pada fluida. Suhu tertinggi pada reflektor terjadi pukul 11.00 dengan iradiasi 910 watt/m² sebesar 68,25°C pada permukaan reflektor dan 65°C pada permukaan belakang reflektor. Pada pukul 10.40 sampai dengan jam 11.00 terjadi fluktuatif pada iradiasi sehingga menyebabkan data suhu pada permukaan reflektor dan bagian bawah panci ikut berubah. Pada pukul 11.20 terjadi penurunan iradiasi yang signifikan sehingga semua suhu mulai turun. Namun pada pukul 13.20 sampai dengan 13.35 kenaikan iradiasi tidak mempengaruhi suhu manapun, hal ini karena kenaikan iradiasi yang terjadi hanya saat pengukuran. Suhu yang fluktuatif terjadi karena pengaruh iradiasi dan konduktivitas material.

Menurut susanto (2012) semakin tinggi nilai konduktivitas suatu material maka semakin baik mentransfer panas sehingga semakin cepat melepaskan panas begitu juga sebaliknya.

Penurunan suhu yang terjadi pada bagian reflektor tidak terlalu drastis karena nilai konduktifitas yang rendah dibanding material metal lainnya yaitu sebesar 14 watt/m.K. Sama halnya dengan fluida pemanas, air memiliki nilai konduksifitas termal sebesar 0,67 watt/m.K sehingga penurunan suhu terjadi secara perlahan (Long et,al., 2009). Penurunan suhu yang drastis terjadi pada bagian bawah panci karena material panci bagian bawah merupakan campuran stainless dengan aluminium. Pencampuran stainless steel ini dilakukan agar proses pemanasan lebih cepat namun tidak meninggalkan noda bakar pada bagian bawah panci.

Berdasarkan data diatas dapat kita hitung iradiasi yang diterima oleh reflektor dengan cara .

$$I_{\text{Reflektor}} = I \cdot A_{\text{parabola}}$$

Perhitungan iradiasi pada reflektor yang dipantulkan dan diserap dapat menggunakan persamaan:

$$I_{\text{reflect}} = I \cdot A \cdot \text{reflektansi}$$

$$I_{\text{absorb}} = I \cdot A \cdot \text{absortansi}$$

Perhitungan energi panas yang diterima oleh sistem pemanas,dapat menggunakan persamaan:

$$Q = m \cdot Cp \cdot \Delta T / \text{waktu pemanasan}$$

Nilai energi panas yang dihasilkan akan digunakan untuk menentukan nilai efisiensi sistem. Karena sumber panas yang dihasilkan merupakan iradiasi matahari yang nilainya fluktuatif, maka efisiensi dihitung setiap 5 menit sekali sesuai waktu pengambilan data. Untuk menghitung efisiensi dapat menggunakan persamaan:

$$\eta_{\text{sistem (umum)}} = (Q_{\text{materialpemanas}} + Q_{\text{fluida}}) / \text{iradiasi total yang masuk ke reflektor}$$

Berdasarkan persamaan diatas dapat dibuat tabel hasil perhitungan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2.

Data perhitungan iradiasi yang diterima sistem dan kalor yang bekerja pada sistem

Nilai kalor metal (watt)	Nilai kalor air (watt)	Iradiasi umum (watt)	Effisiensi sistem umum	Iradiasi yang dipantulkan (watt)	Iradiasi yang diserap (watt)
197,33	420,0	2679,05	0,23	1661,01	1018,04
101,33	414,4	2679,05	0,19	1661,01	84,84
77,33	375,2	2712,96	0,17	1682,04	85,91
42,67	235,2	2645,14	0,10	1639,98	83,76
38,67	375,2	2814,70	0,15	1745,11	89,13
-32,00	302,4	2882,52	0,10	1787,16	91,28
-204,00	123,2	2780,78	-0,03	1724,09	88,06
292,00	274,4	2882,52	0,19	1787,16	91,28
-66,67	140	3018,17	0,03	1871,26	95,58
298,67	257,6	2712,96	0,20	1682,04	85,91
46,67	274,4	2984,26	0,11	1850,24	94,50
185,33	274,4	3052,08	0,15	1892,29	96,65
-92,00	302,4	3085,99	0,07	1913,32	97,72
-33,33	274,4	3323,38	0,07	2060,49	105,24
157,33	117,6	3187,73	0,08	1976,39	100,94
-178,67	16,8	3425,11	-0,07	2123,57	108,46
-542,67	-274,4	1017,36	-1,00	630,76	32,22
-37,33	-140	610,42	-0,27	378,46	19,33

Nilai kalor metal (watt)	Nilai kalor air (watt)	Iradiasi umum (watt)	Effisiensi sistem umum	Iradiasi yang dipantulkan (watt)	Iradiasi yang diserap (watt)
-68,00	-196	712,15	-0,47	441,53	22,55
-58,67	-235,2	406,94	-0,69	252,31	12,89
-25,33	-156,8	440,86	-0,45	273,33	13,96
20,00	-95,2	373,03	-0,20	231,28	11,81
-29,33	-95,2	373,03	-0,32	231,28	11,81
-28,00	-61,6	406,94	-0,18	252,31	12,89
-38,67	-22,4	610,42	-0,12	378,46	19,33
-13,33	22,4	440,86	0,02	273,33	13,96
-4,00	-33,6	406,94	-0,10	252,31	12,89
-17,33	-56	373,03	-0,18	231,28	11,81
-13,33	-78,4	440,86	-0,20	273,33	13,96
-9,33	-22,4	474,77	-0,07	294,36	15,03
-17,33	-134,4	406,94	-0,39	252,31	12,89
-30,67	-123,2	373,03	-0,39	231,28	11,81
-18,67	-112	406,94	-0,31	252,31	12,89
-37,33	-140	440,86	-0,39	273,33	13,96
14,67	-89,6	474,77	-0,16	294,36	15,03
-13,33	-56	474,77	-0,16	294,36	15,03
1,33	-56	406,94	-0,14	252,31	12,89
-29,33	-112	373,03	-0,35	231,28	11,81
-13,33	-33,6	440,86	-0,08	273,33	13,96
-13,33	-151,2	712,15	-0,22	441,53	22,55
-25,33	-140	779,98	-0,22	483,59	24,70
-2,67	-28	746,06	-0,04	462,56	23,63
4,00	-16,8	712,15	-0,02	441,53	22,55
-4,00	-56	779,98	-0,10	483,59	24,70
0,67	-22,4	440,86	-0,05	273,33	13,96
-0,40	-31,92	373,03	-0,09	231,28	11,81
-0,40	-31,92	373,03	-0,09	231,28	11,81
-0,40	-31,92	373,03	-0,09	231,28	11,81
-220,53	1365,84	373,03	-	231,28	11,81

Berdasarkan data diatas dapat dilihat bahwa efisiensi sistem dari energi yang dipantulkan terbesar terjadi ketika iradiasi matahari 780 watt/ m² dengan beda suhu sebesar 16⁰C. Besar efisiensi yang diterima sistem dengan iradiasi umum yaitu 23 % sedangkan untuk efisiensi sistem dengan iradiasi yang dipantulkan sebesar 37%. Berdasarkan nilai efisiensi tersebut dapat disimpulkan bahwa, *heat losses* yang terjadi pada sistem sebesar 77% dengan sumber kehilangan dari absorptansi material reflektor sebesar 63 % dan 14 % dari pantulan cahaya yang tidak terpakai oleh sistem serta kurang maksimalnya pemanfaatan panas oleh panci.

Pemanfaatan panas dari iradiasi yang dipantulkan dan penyerapan panas oleh reflektor berhubungan dengan laju aliran panas material yang diterima. Laju aliran panas dapat terjadi dengan 3 cara yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. Persamaan perpindahan panas konduksi, konveksi dan radiasi masing-masing adalah :

$$q_k = -k A \frac{\Delta T}{x}$$

$$q_h = h A_s (T_s - T_\infty)$$

$$q_r = e A \sigma (T_1^4 - T_2^4)$$

Hasil perhitungan laju aliran panas yang terjadi pada sistem reflektor dengan nilai $e=0.075$, $k = 14$ watt/m.K ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3.
Laju aliran panas pada sistem reflector

Waktu pengukuran	Iradiasi (Watt/m ²)	Q1 (Watt)	Q2 (watt)	Q3 (watt)
10:00	790	174.17	290785.35	139587.31
10:05	790	181.86	252379.74	169780.18
10:10	800	177.77	257866.25	175031.11
10:15	780	186.24	200257.83	173718.38
10:20	830	186.02	249636.48	173280.80
10:25	850	190.02	222203.90	150526.76
10:30	820	178.84	367596.57	125584.82
10:35	850	172.91	397772.41	69137.29
10:40	890	191.15	378569.60	125147.24
10:45	800	178.84	337420.73	94954.38
10:50	880	189.13	224947.16	162341.36
10:55	900	189.80	189284.80	153152.22
11:00	910	196.85	268839.28	191221.49
11:05	980	198.69	186541.54	157090.42
11:10	940	194.10	233176.93	141775.20
11:15	1010	181.64	392285.89	187283.29
11:20	300	181.21	255122.99	127772.71
11:25	180	141.10	139906.16	-14002.49
11:30	210	139.13	161852.22	-10939.44
11:35	120	132.51	93270.77	-16627.96
11:40	130	128.28	159108.96	-11377.02
11:45	110	128.28	85041.00	-11377.02
11:50	110	127.78	54865.16	-12252.18
11:55	120	127.11	60351.68	-12689.76
12:00	180	125.46	-21946.06	-17940.69
12:05	130	127.45	-71324.71	-29755.29
12:10	120	127.45	-153622.45	-32380.76
12:15	110	123.50	-54865.16	-27567.40
12:20	130	128.45	74067.97	-28004.98
12:25	140	124.48	19202.81	-27567.40
12:30	120	123.83	-5486.52	-25817.09
12:35	110	120.45	38405.61	-27129.82
12:40	120	124.97	65838.19	-29755.29
12:45	130	124.97	235920.19	-28004.98
12:50	140	124.97	139906.16	-32380.76

12:55	140	121.73	137162.90	-23191.62
13:00	120	123.50	117960.09	-17065.53
13:05	110	123.50	87784.26	-12689.76
13:10	130	117.13	57608.42	-17940.69
13:15	210	121.73	30175.84	-20566.16
13:20	230	121.89	93270.77	-20566.16
13:25	220	122.05	79554.48	-21878.89
13:30	210	123.66	60351.68	-20128.58
13:35	230	124.97	46635.39	-14440.07
13:40	130	124.15	128933.13	-14002.49
13:45	110	125.63	172825.25	-12033.39
13:50	110	124.64	156365.71	-10414.35
13:55	110	124.48	93270.77	-8795.31
14:00	110	125.13	150879.19	-7176.28

Keterangan :

Q1 = laju aliran panas radiasi di permukaan reflektor

Q2 = laju aliran panas konduksi pada permukaan reflektor

Q3 = laju aliran panas pada bagian bawah panci

Tabel 3 menunjukkan laju aliran panas dari radiasi yang diterima dan dipantulkan oleh reflektor. Q2 menunjukkan nilai aliran panas yang terjadi dari permukaan reflektor ke bagian belakang reflektor. Sedangkan untuk Q3 nilai aliran panas yang ditentukan dari bagian bawah panci menuju bagian dalam panci. Nilai yang muncul bernilai positif jika menyerap panas, begitu pula sebaliknya. Untuk nilai negatif yang muncul pada Q3 terjadi karena pelepasan panas pada fluida pemanas di dalam panci.

Berdasarkan penelitian lain dengan bentuk konsentrator parabola dish mendapatkan nilai efisiensi sebesar 11,23 % (Alamsyah, 1995), Nilai ini lebih kecil bila dibandingkan dengan penelitian ini. Material reflektor yang digunakan yaitu aluminium foil yang memiliki nilai reflektansi 0,87 namun karena sifat fisiknya yang terlalu rapuh sehingga membutuhkan penanganan khusus ketika pemasangan agar tidak menimbulkan lekukan yang dapat mengurangi efisiensi reflektor tersebut. Berdasarkan penelitian lain yang dilakukan Wibowo (2009) suhu yang dicapai oleh fluida yaitu dari 27 – 94°C pada waktu 7 menit, berbeda pada penelitian ini, perubahan suhu dari 29 – 96°C butuh waktu 60 menit. Hal ini karena reflektor yang digunakan pada penelitian ini menggunakan stainless steel yang memiliki reflektansi 0,62 sedangkan pada penelitian Wibowo (2009) menggunakan potongan cermin yang memiliki reflektansi 0,94. Hal lain yang menyebabkan kurang efisiensi alat ini yaitu pemasangan yang kurang hati-hati sehingga membuat lekukan pada stainless steel dan berdampak pada kurangnya radiasi matahari yang dipantulkan oleh reflektor. Faktor lain yang mempengaruhi yaitu faktor cuaca. Kondisi cuaca saat dimulai penelitian sudah mulai berawan dikarenakan mulai masuk musim hujan. Cuaca yang berawan berakibat sedikitnya intensitas yang dapat dipantulkan oleh reflektor.

KESIMPULAN

Jenis konsentrator yang digunakan yaitu tipe *parabolic dish*. Material yang digunakan sebagai reflektor pada konsentrator tipe parabola menggunakan *stainless steel* dengan nilai reflektansi sebesar 0,62 dan nilai modulus young 193 GN/m² berbentuk potongan trapesium dengan dimensi panjang sisi 53 cm dan 4 cm serta tinggi 103,13 cm dan kemiringan 20,4°. Penentuan jarak fokus untuk menghitung bidang fokus menggunakan persamaan kesebangunan pada segitiga. Pengukuran suhu dilakukan selama 4 jam dengan interval 5 menit. Hasil suhu tertinggi terjadi pada Iradiasi 1010 watt/m² dengan suhu permukaan reflektor 68,5°C, suhu

belakang reflektor 65°C, suhu receiver 146,2°C dan suhu fluida 103,6°C. Efisiensi yang dihasilkan oleh sistem tertinggi sebesar 23%.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, A.T. (1995). *Solar Konsentrator Tipe Dish Parabolik Salah Satu Alat untuk Menaikan Nilai Efisiensi Solar Cell*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Astawa, K., Wirawan, I.K.G, dan Putra, I.M.B. (2013). Analisis Performansi Kolektor Surya Terkonsentrasi Menggunakan Receiver Berbentuk Silinder. *Prosiding Konferensi Nasional Engineering*. Universitas Bali. Bali.
- Duffie, J.A. dan Beckman, W.A. (1991). *Solar Engineering of Thermal Processes*. John Willey and Sons Inc. Wisconsin.
- Fox, M. (2001). *Optical Properties of Solids*. Oxford University Press. New York.
- IPB. (2011). *Energi dan Listrik Pertanian Topik II. Energi Surya*. http://web.ipb.ac.id/tepfeta/elearning/media/energi_dan_listrik_pertanian/Bab_II_energi_surya/index.htm. Diakses tanggal 18 Maret 2019.
- Long, C., N. Sayma. (2009). *Heat Transfer 1st Edition (On-Line)*. <http://bookboon.com/en/heat-transfer-ebook>. Diakses tanggal 7 Desember 2019.
- Meyen, S. and Lüpfer, E. (2010). *Standardization of Solar Mirror Reflectance Measurements – Round Robin Test : National Renewable Energy laboratory*.
- Mulyono, D. (2003). Pengaruh penambahan reflektor Terhadap karakteristik arus-tegangan dan efisiensi sel surya. *Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Nilsson, J. (2005). *Optical Design and Characterization Of Solar Concentrators for Photovoltaic*. Lund University. Lund.
- Perdana, P.N. (2012). *Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. <http://jendeladenngabei.blogspot.co.id/2012/11/pembangkit-listrik-tenaga-plts.html?m=1>. Diakses tanggal 26 Oktober 2019.
- Pitz-Paal, R. (2010). *Concentrating Solar Power: A Roadmap from Research to Market*, Institute of Technical Thermodynamics, Solar Research. Research Germany Aerospace Centre (DLR). Germany.
- Purcell, J.E., Verberg, D dan Rigdon, S.E. (2011). *Kalkulus Edisi Kesembilan Jilid 2*. Erlangga. Jakarta.
- Rachman, T. (2013). Materi teknik. <http://taufiqurrachman.weblog.esaunggul.ac.id>. Diakses tanggal 19 maret 2019.
- Spitz, E.W., Weigand, A.J., Bowman, R.L. and Jack, J.R. (1969). *Solar Absorptances And Spectral Reflectances of 12 Metal For Temperatures Ranging From 300 to 500K*. *National Aeronautics and Space Administration*. Washington DC.
- Susanto, E.P. (2012). Studi Penggunaan Dinding Foam Concrete (FC) dalam Efisiensi Energi dan Biaya Untuk Pendinginan Udara (Air Conditioner). *Tesis*. Manajemen Rekayasa Konstruksi. Institut Teknologi Bandung.
- Turmudi. (2010). *Kesebangunan dan Kekongruenan Bangun Datar (Segitiga)*. Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Wibowo, H.I. (2009). *Analisis Teknoekonomi Kompor Surya Tipe Konsentrator*. Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto.
- Yani, E., Abdurachim dan Pratoto, A. (2009). Perhitungan Efisiensi Kolektor Surya pada Pengering Surya Tipe Aktif Tidak Langsung pada Laboratorium Surya ITB. *Jurnal Teknik*. 2:21-22.
- Zulkarnain, T.H. (2011). *Pengujian dan Analisis Heat Removal Factor dan Heat Loss Coefficient Pada Kombinasi Flat Plate Solar Collector dan Parabolic Solar Concentrator*. Universitas Indonesia. Jakarta.