

## Studi Ekperimental Penambahan Reflektor Datar Pada Kompor Tenaga Surya Tipe Parabolic

Benedictus Mardwianta<sup>1</sup>, Abdul Haris Subarjo<sup>2</sup>, Rivaldi Dwi Cahyadi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Mesin, Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto

aries2144@yahoo.com<sup>1</sup>, ab.haris.79@gmail.com<sup>2</sup>, subarjo.mm@gmail.com<sup>3</sup>

Received 17 September 2021 | Revised 11 April 2022 | Accepted 11 April 2022

### ABSTRAK

Kebutuhan masyarakat untuk memenuhi energi listrik semakin lama semakin meningkat. Kebutuhan yang meningkat ini tidak diimbangi oleh pasokan energi. Saat ini pasokan utama energi bersal dari fosil yang tidak dapat diperbaharui. Untuk menjaga ketahanan energi perlu dicari sumber energi alternatif, salah satunya bersumber dari energi surya. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan desain kompor surya berbentuk parabola dengan menggunakan autodesk kemudian dilakukan pengujian purwarupa solar cooker tanpa tambahan cermin, dengan penambahan dua cermin. Pada akhir penelitian dilakukan analisa. Hasil efisiensi energi yang didapatkan pada kompor tenaga surya tipe parabolic tanpa tambahan cermin datar adalah 3,19 % dengan daya kompor rata – rata 22,33 watt. Efisiensi energi yang didapatkan pada kompor tenaga surya tipe parabolic dengan tambahan dua cermin datar adalah 4,87 % dengan daya kompor rata – rata 26,01 watt.

*Kata kunci: Ketahanan Energi, Kompor Surya, Efisiensi Energi.*

Community needs to meet electrical energy are increasing. This increasing need has not been matched by the supply of energy. Currently, the main supply of energy comes from non-renewable fossils. To maintain energy reselliance, it is necessary to find alternative energy sources, one of which comes from solar energy. In this research, a parabolic solar cooker was made using autodesk and then tested the prototype solar cooker without additional mirrors, one additional mirror, and two mirrors. At the end of the study an analysis was carried out. The energy efficiency results obtained on a parabolic type solar stove without the addition of a flat mirror is 3.19% with an average stove power of 22.33 watts. The energy efficiency obtained on a parabolic type solar stove with the addition of two flat mirrors is 4.87% with an average stove power of 26.01 watts.

Keywords: Energy Reselliance, Solar Cooker, Energy Efficiency.

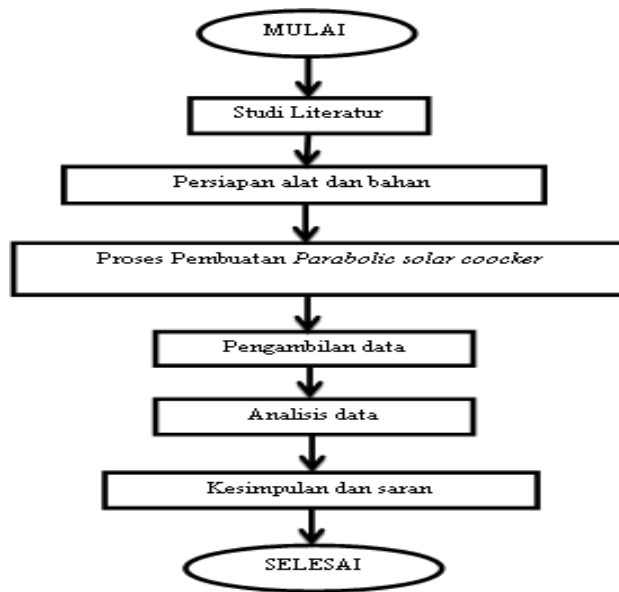
### I. PENDAHULUAN

Ketahanan energi merupakan jaminan terhadap ketersediaan energi dan akses masyarakat untuk memperoleh energi dengan harga yang terjangkau dan jangka panjang serta tidak terpengaruh oleh gejala situasi regional dan internasional [Caraka,R.E, 2016]. Kebutuhan sumber energi saat ini sangatlah mendesak, berbagai macam produk yang berkaitan dengan kinerja manusia menggunakan tenaga listrik. Sumber energi menarik untuk dikembangkan, yang mana sumber matahari merupakan salah satunya, pembangunan modul solar sel dapat menyerap energi matahari serta merubah menjadi sumber listrik. Kebutuhan energi meningkat seiring dengan perkembangan industri. Akan tetapi, peningkatan kebutuhan tidak diimbangi oleh peningkatan pasokan listrik.

Energi surya merupakan energi alternatif yang dapat menghasilkan energi listrik. Dengan sel surya, dapat mengkonversikan radiasi sinar matahari menjadi energi listrik.[Ramadhan,A. L, 2016]. Berbagai cara pemanfaatan energi matahari sebagai energi alternatif, salah satunya adalah dengan desain merancang kompor energi matahari (*solar cooker*). Desain pada alat ini merupakan alat memasak dengan perancangan pemanfaatan panas yang berasal dari surya, desain kompor dengan mempergunakan kolektor surya parabola, panas di titik fokus kolektor ditangkap oleh benda logam berbentuk bola atau tabung silinder yang diisi cairan. Cairan penangkap panas kemudian disirkulasikan melalui pipa ke penukas panas, agar suhu sesuai keinginan. Maka, proses pada sirkulasi cairan penangkap panas dikontrol otomatis [Bahariawan, A, 2014].

Kompor tenaga surya pada penelitian ini menggunakan piringan parabola bekas sebagai objek, dengan metode pengambilan data dilakukan pengujian parameter waktu yang sudah ditentukan, serta kondisi cuaca lingkungan sekitar. Subyek pada penelitian *parabolic solar cooker*, obyek dari pembahasan adalah *heat transfer*.

## II. METODE PENELITIAN



**Gambar 1 Diagram Alir Penelitian**

Pembuatan *parabolic solar cooker* dengan menggunakan desain yang sudah dirancang menggunakan *software Inventor Autodesk*. Setelah *parabolic solar cooker* setelah itu dilanjutkan pengambilan data performa dari kompor tenaga surya dengan langkah kerja yang telah ditentukan. Data yang diambil sebagai berikut:

T1 = temperature pada titik fokus permukaan bagian bawah dinding panci (K)

T2 = temperatur pada permukaan bagian dalam dinding panci (K)

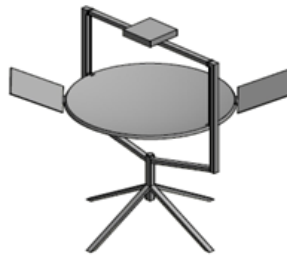
T3 = temperatur air pada panci (K)

T4 = temperatur pada lingkungan uap air dalam panci (K)

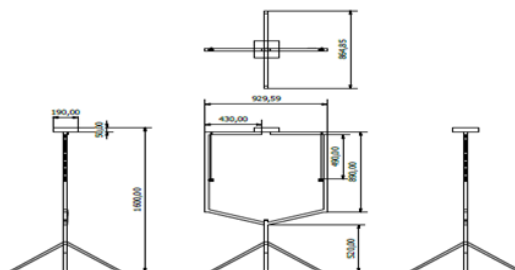
T5 = temperatur pada lingkungan *surrounding* luar panci (K)

T6 = temperature pada permukaan cermin (K)

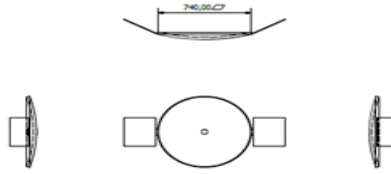
Setelah semua data didapatkan kemudian diolah dan dianalisis menggunakan formula yang sudah ada pada landasan teori.



**Gambar 2 Desain Kompor Tenaga Surya**



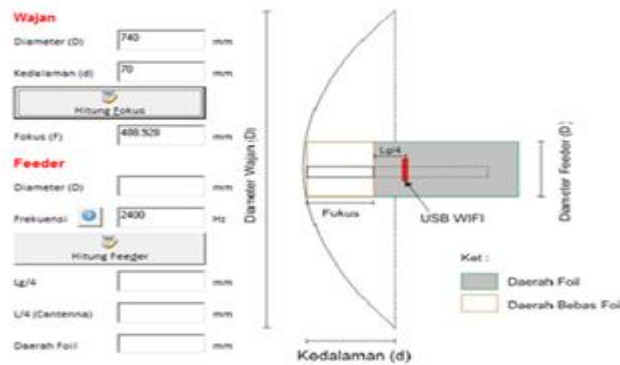
**Gambar 3 Desain Rangka Kompor Tenaga Surya**



**Gambar 4 Desain Parabola Kompor Tenaga Surya**

**Penentuan Titik Fokus**

Penentuan titik fokus menggunakan *software Parabola Calculator 2.0*. Titik fokus diperoleh dengan memasukkan diameter dan kedalaman parabola atau *reflektor*



**Gambar 5. Display Perhitungan titik fokus software Parabola Calculator 2.0**

**Rumus Luas Penampang Parabola**

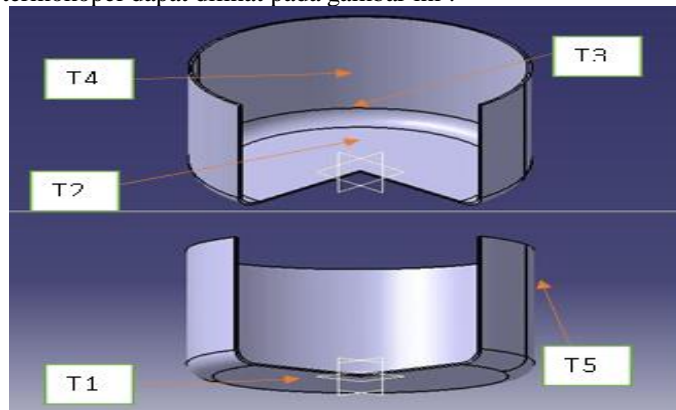
$$S = \pi \frac{(a^2 D^2 + 1)^{3/2}}{6a^2} \dots\dots\dots (1)$$

$$a = \frac{1}{4f}$$

S = Luas Penampang parabola (m<sup>2</sup>)  
 D = diameter parabola (m)  
 a = konstanta

**Letak Posisi Kabel Termokopel**

Letak posisi kabel termokopel dapat dilihat pada gambar ini :



**Gambar 6 Letak Posisi Kabel Termokopel**

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut merupakan tabel hasil penelitian kompor tenaga surya yang dilakukan pada tanggal 26 September 2019.

**Tabel 1 Data Pengujian Tanpa Tambahan Cermin Datar**

No	T1 (K)	T2 (K)	T3 (K)	T4 (K)	T5 (K)	T6 (K)	Intensitas Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )
1	316,9	309	303,9	301,6	316	305	863
2	317	309,1	304	301,6	316	305	870
3	318,4	311,2	307,6	305,6	315	305	780
4	317,5	312,8	309,9	306,2	315	305	756
5	323,5	313,8	311,3	312,3	316	305	744
6	324,5	313,8	311,3	312,4	316	305	797
7	324,5	314,3	311,3	312,4	316	305	836
8	324,6	314,2	311,4	312,5	316	305	854
9	317,6	313,6	312,6	312,5	315	305	897
10	319,4	315,4	312,8	312,9	316	305	899

**Tabel 2 Data Pengujian Dengan Tambahan Dua Cermin Datar**

No	T1 (K)	T2 (K)	T3 (K)	T4 (K)	T5 (K)	T6 (K)	Intensitas Radiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )
1	330,8	310,8	308,4	305,7	323	307	920
2	337,6	313	308,9	306,1	323	307	911
3	333,6	311,4	309	306,9	324	307	892
4	317,3	310,6	309,8	308,6	324	307	902
5	316,6	310,4	309,9	308,8	324	307	894
6	331,9	321,6	318,2	315,6	321	307	882
7	335,2	322,1	320,5	315,2	321	306	878
8	336	322,8	321,9	314,9	321	306	880
9	336,4	324,1	320,8	316,6	321	306	860
10	336,8	324,2	321,9	319,2	322	307	865

Berdasarkan pengujian didapatkan data temperatur titik fokus pada permukaan bawah panci, temperatur bagian dalam permukaan panci, temperatur air pada panci, temperatur uap air, temperatur lingkungan (*surrounding*). Temperatur telah dikonversi dari celcius (°C) menjadi kelvin (K). Dimana dalam pembahasan berdasarkan data akan menghitung perpindahan panas (*konduksi, konveksi, dan radiasi*), efisiensi energi kompor tenaga surya, energi berguna kompor tenaga surya, dan daya kompor surya.

#### Konduksi Keadaan Tunak Satu Dimensi

Proses perpindahan panas dapat terjadi jika panas mengalir dari tempat bersuhu tinggi ketempat bersuhu lebih rendah, dengan media penghantar yang tetap [Holman, J.P].

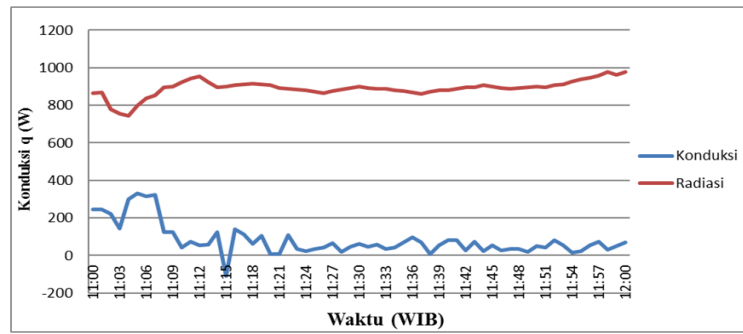
$$q = -k A \left( \frac{T_2 - T_1}{\Delta x} \right) \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

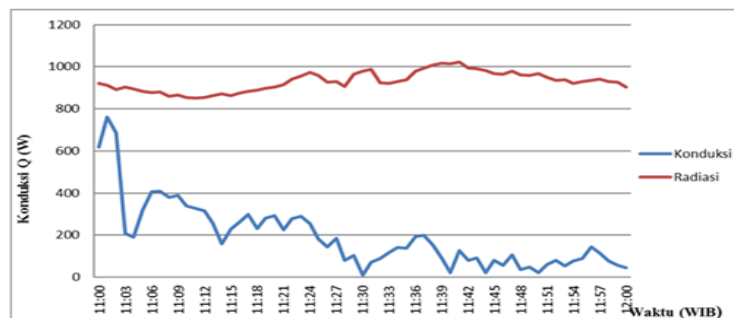
- q = aliran kalor (Watt)
- k = konduktivitas termal (W/m. K)
- A = luas permukaan (m<sup>2</sup>)
- T1 = temperatur titik fokus pada bagian bawah panci (K)
- T2 = temperatur permukaan pada bagian dalam panci (K)
- Δx = tebal dinding (m)

Dari persamaan (2) didapatkan:

$$q = -237 \text{ W/m.K} \cdot 0,000261 \\ = 244,33 \text{ Watt.}$$



Gambar 7 Grafik Konduksi Tunak Satu Dimensi Tanpa Tambahan Cermin



Gambar 8 Grafik Konduksi Dengan Tambahan Dua Cermin

Laju perpindahan kalor konduksi dipengaruhi perbedaan nilai temperatur T1 dan T2, semakin besar perbedaan temperatur maka semakin besar laju perpindahan kalor konduksi. Selain itu terdapat nilai minus yang muncul hal ini sebagai akibat kalor yang berpindah dari tempat bertemperatur tinggi (T1) menuju tempat bertemperatur lebih rendah (T2).

Perpindahan kalor konveksi dapat terjadi diantara permukaan benda padat dengan fluida (cairan atau gas) yang mengalir atau menyentuh permukaan. Jadi perpindahan kalor konveksi hanya terjadi diatas permukaan benda padat [Holman, J.P]

$$q = h A (T_2 - T_3) \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

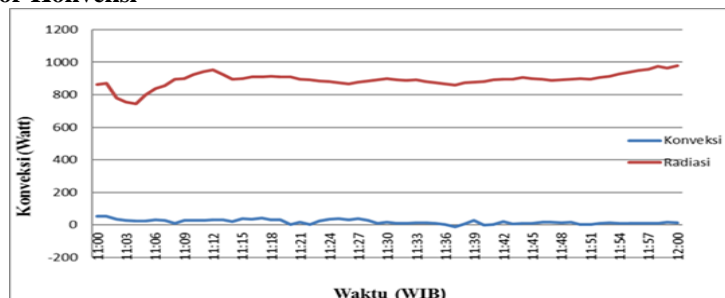
- q = aliran kalor (Watt)
- h = koefisien perpindahan panas konveksi (W/m<sup>2</sup>. K)
- A = luas permukaan (m<sup>2</sup>)
- T<sub>2</sub> = temperatur permukaan pada bagian dalam dinding panci (K)
- T<sub>3</sub> = temperatur fluida air (K)

Koefisien konveksi pada penelitian diambil dari tabel koefisien perpindahan kalor konveksi bebas pada cairan, sehingga dari persamaan (3) didapatkan:

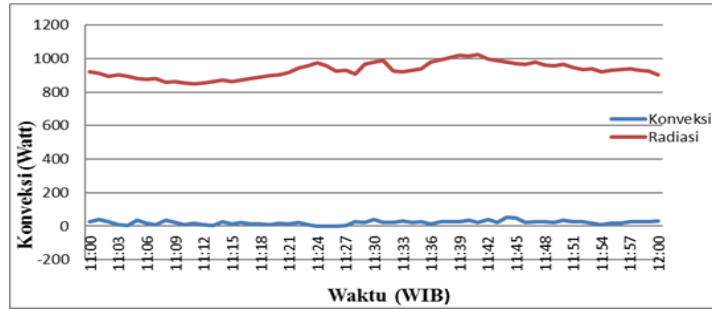
$$q = 323,15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \cdot 0,0314 \text{ m}^2 (309 - 303,9) \text{ K}$$

$$= 51,74 \text{ Watt}$$

**Laju Perpindahan Kalor Konveksi**



Gambar 9 Grafik Konveksi Tanpa Tambahan Cermin Datar



Gambar 10 Grafik Konveksi Dengan Tambahan Dua Cermin Datar

Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa laju perpindahan kalor konveksi berhubungan dengan perbedaan suhu menyuluh antara dinding bagian dalam panci dan fluida ( $T_2$  dan  $T_3$ ), serta luas permukaan. Perbedaan suhu sebagai akibat adanya perubahan intensitas radiasi matahari serta berdampak pada berubahnya perpindahan kalor konveksi setiap menit selama satu jam durasi pengambilan data.

**Konveksi (*Heat Loss*)**

Perpindahan kalor konveksi, dinyatakan bahwa perpindahan kalor terjadi diantara permukaan film benda padat dengan *fluida* (cairan atau gas) yang mengalir atau menyentuh permukaan benda padat tersebut [Holman, J.P].

$$q = h A (T_2 - T_3) \dots\dots\dots(4)$$

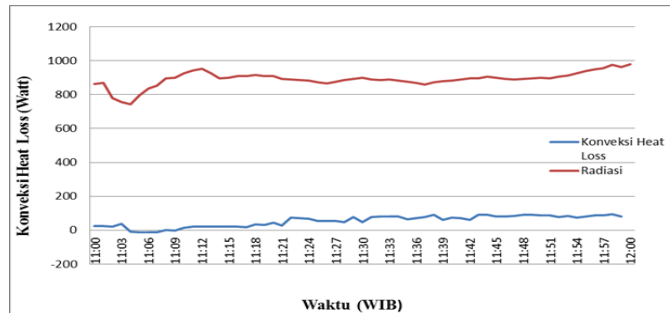
Dimana:

- q = merupakan aliran kalor (Watt)
- h = merupakan koefisien perpindahan panas konveksi ( $W/m^2 \cdot K$ )
- A = merupakan luas permukaan ( $m^2$ )
- $T_3$  = merupakan temperatur fluida air (K)
- $T_4$  = merupakan temperatur lingkungan uap air dalam panci (K)

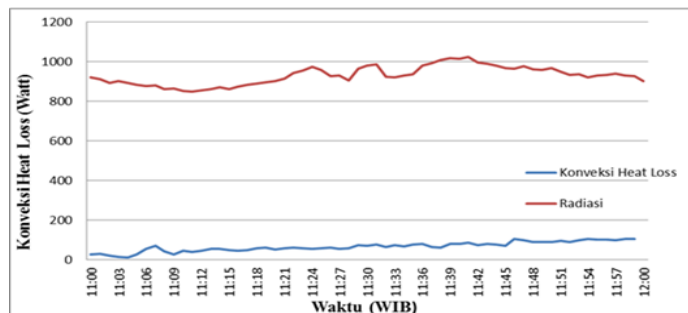
Dari persamaan (4) didapatkan:

$$q = 323,15 W/m^2 \cdot K \cdot 0,0314 m^2 (303,9 - 301,6) K = 23,33 Watt$$

Laju Konveksi (*Heat Loss*)



Gambar 11 Grafik Konveksi (*Heat Loss*) Tanpa Tambahan Cermin Datar



Gambar 12 Grafik Konveksi (*Heat Loss*) Dengan Tambahan Dua Cermin Datar

Berdasarkan grafik konveksi (*heat loss*) diatas terlihat bahwa banyaknya jumlah kalor yang terbuang karena pada saat proses pengambilan data panci tidak tertutup secara sempurna sehingga masuknya pengaruh angin yang berakibat pada banyak kalor terbuang (*heat loss*).

**Radiasi**

Nilai radiasi berdasarkan proses pengujian dengan membaca langsung alat ukur *solar power meter*, sedangkan fungsi *solar power meter* untuk mengukur intensitas radiasi matahari saat pengujian berlangsung.

$q/A = 1 \text{ W} / = 0,317 \text{ Btu/h.}$

dengan:

$q/A = \text{fluks kalor radiasi persatuan luas}$

Karena pada penelitian menggunakan alat *solarimeter* untuk mengukur intensitas radiasi maka didapatkan:

$q = 863 \text{ W} / . 0,431 = 371,95 \text{ Watt}$

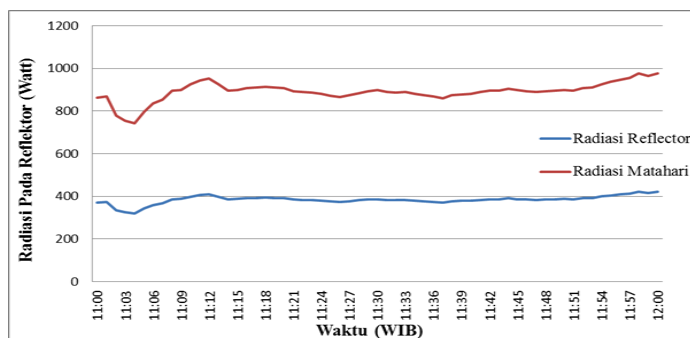
dengan:

Luasan permukaan pada parabola = 0,431

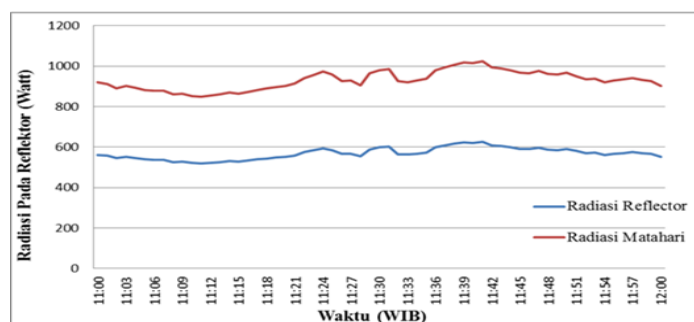
Luasan parabola dengan tambahan satu cermin datar = 0,521

Luasan parabola dengan tambahan dua cermin datar = 0,611

**Laju Radiasi**



**Gambar 13 Grafik Radiasi Pada Reflektor Dengan Tanpa Tambahan Cermin Datar**



**Gambar 14 Grafik Radiasi Pada Reflektor Dengan Tambahan Dua Cermin Datar**

**Aliran Kalor Menyeluruh**

Untuk menentukan nilai koefisien perpindahan-kalor menyeluruh digunakan persamaan Holman.

Dimana:

U = koefisien perpindahan-kalor menyeluruh (W/m<sup>2</sup>. K)

K = nilai konduktivitas termal aluminium (W/m. K)

h1 = nilai koefisien dari perpindahan kalor konveksi gas (W/m<sup>2</sup>. K)

h2 = nilai koefisien dari perpindahan kalor konveksi air (W/m<sup>2</sup>. K)

Δx = tebal dinding (m)

Dari persamaan diperoleh:

$$U = \frac{1}{1/h_1 + \Delta x/k + 1/h_2}$$

Dari persamaan diperoleh:

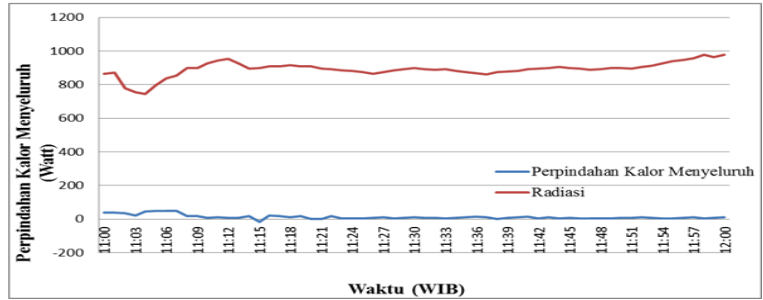
$$U = \frac{1}{1/275,15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} + 0,002 \text{ m} / 237 \text{ W/m} \cdot \text{K} + 1/323,15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$= 148,42 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

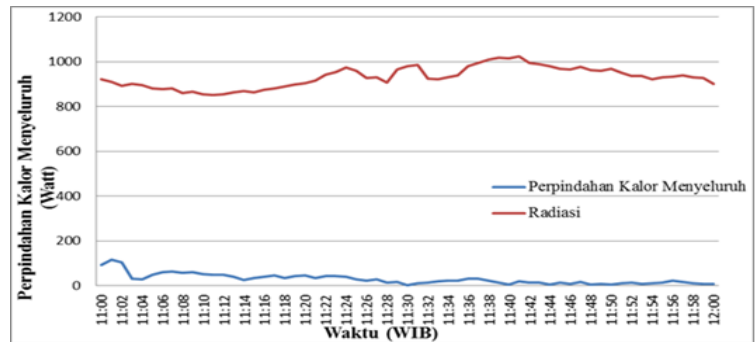
Sehingga persamaan diperoleh:

$$q = 148,42 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \cdot 0,0314 \text{ m}^2 (316,9 - 309)$$

$$= 36,81 \text{ Watt}$$



Gambar 15 Grafik Kalor Menyeluruh Tanpa Tambahan Cermin



Gambar 16 Grafik Kalor Menyeluruh Dengan Tambahan Dua Cermin Datar

Dari grafik diatas terlihat bahwa perpindahan kalor menyeluruh dipengaruhi adanya perbedaan temperatur T1 dan T2 yang disebabkan oleh naik turunnya intensitas radiasi matahari, serta tren dari perpindahan kalor menyeluruh ketiga grafik cenderung menurun karena perbedaan temperature semakin kecil diantara T1 (suhu titik fokus bagian bawah dinding panci) dan T2 (suhu bagian dalam dinding panci).

**Efisiensi Energi**

Efisiensi energi kompor tenaga surya dinyatakan pada persamaan:

$$\eta E = \frac{q_m}{I} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

- ηE = efisiensi energi (%)
- qm = rata-rata kalor berguna (Watt)
- I = rata-rata radiasi langsung matahari pada reflector (Watt)
- Efisiensi Energi Tanpa Tambahan Cermin Datar

Dari persamaan (6) maka diperoleh:

$$\eta E = \frac{12,26981 \text{ Watt}}{384,2188 \text{ Watt}}$$

$$= 3,19 \%$$



**Efisiensi Energi Dengan Tambah Dua Cermin Datar**

Dari persamaan (5) maka diperoleh:

$$\eta E = \frac{29,13888 \text{ Watt}}{597,4431 \text{ Watt}} = 4,87 \%$$

Dari perhitungan efisiensi diatas maka efisiensi tertinggi terdapat pada kompor tenaga surya dengan penambahan dua cermin datar, sehingga bisa disimpulkan bahwa semakin besar luasan *reflector* maka efisiensi kompor tenaga surya juga meningkat, dan akan berpengaruh banyaknya intensitas radiasi matahari pada *reflector*.

**Daya Kompor Tenaga Surya**

Daya kompor tenaga surya dihitung dengan persamaan 6 [Duffie dan Beckman 2006] :

$$P = \frac{T_{3akhir} - T_{3awal}}{t} m.c \dots\dots\dots(6)$$

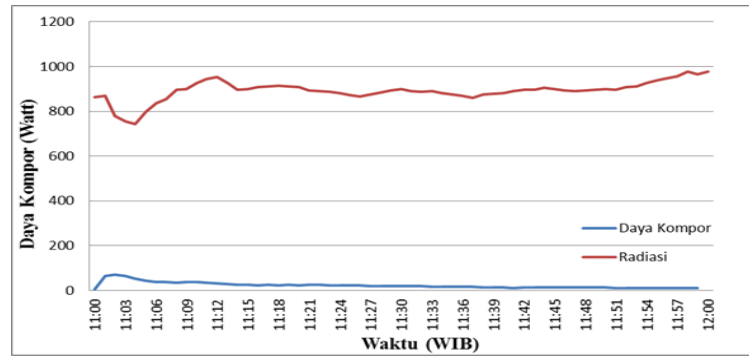
Dimana:

- P = daya kompor dari tenaga surya (Watt)
- T<sub>3akhir</sub> = temperatur akhir air (K)
- T<sub>3awal</sub> = temperatur awal air (K)
- T = waktu (s)
- m = massa air dalam panci (kg)
- c = kalor jenis air : (4,2 kJ/kg.°C) atau (4200 J/kg.K)

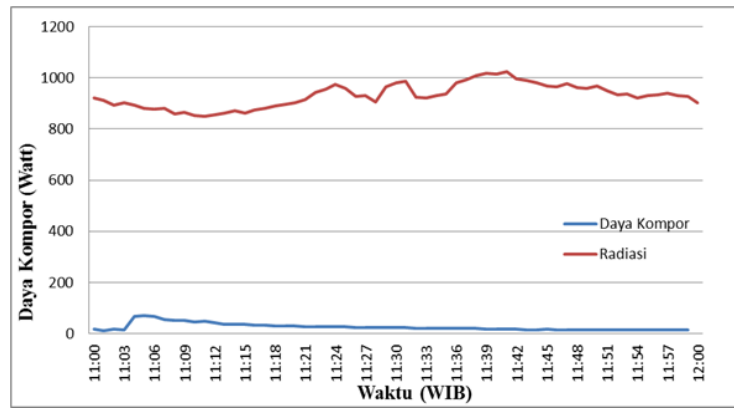
Dari persamaan (6) maka diperoleh:

$$P = \frac{(304-303,9)K}{60 s} \cdot 0,5 \text{ kg} \cdot 4200 \text{ J/kg.K} = 3,5 \text{ Watt}$$

**Daya Kompor**



Gambar 17 Grafik Daya Kompor Tanpa Tambah Cermin Datar



**Gambar 18 Grafik Daya Kompor Dengan Tambahan Dua Cermin Datar**

Berdasarkan grafik diatas terlihat bahwa daya kompor tertinggi tanpa tambahan cermin datar yaitu 64,5 Watt, serta daya kompor tertinggi dengan tambahan dua cermin datar sebesar 70,58 Watt. Daya kompor sangat dipengaruhi oleh banyaknya intensitas radiasi yang dipantulkan *reflector* dan akan menimbulkan perbedaan temperatur T3akhir dengan T3awal.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian terhadap “Studi Experimental Penambahan Reflector Datar Pada Kompor Tenaga Surya Tipe Parabolic”, maka disimpulkan bahwa:

1. Konduksi kompor tenaga surya tanpa tambahan cermin datar adalah 81,42 watt. Sedangkan radiasi pada kompor tenaga surya tanpa tambahan cermin datar adalah 384,21 watt.
2. Kompor tenaga surya dengan tambahan dua cermin datar sebesar 193,37 watt. Sedangkan radiasi kompor tenaga surya dengan tambahan dua cermin datar yaitu 568,31 watt.
3. Konveksi kompor tenaga surya tanpa tambahan cermin datar adalah 19,47 watt.
4. Kompor tenaga surya dengan tambahan dua cermin datar adalah 21,47 watt.
5. Efisiensi energi pada kompor tenaga surya tipe *parabolic* tanpa tambahan cermin datar adalah 3,19 % dengan daya kompor rata – rata 22,33 watt.
6. Efisiensi energi pada kompor tenaga surya tipe *parabolic* dengan tambahan dua cermin datar adalah 4,87 % dengan daya kompor rata – rata 26,01 watt.
7. Waktu yang paling baik untuk pengambilan data pada pukul 09.00 – 16.00, karena pada waktu tersebut intensitas radiasi matahari paling maksimal untuk dimanfaatkan.
8. Pada saat proses produksi pembuatan *reflector* pemotongan pada cermin dipotong dan disusun dengan rapi pada parabola agar titik fokusnya tidak terpecah.
9. Saat proses pengambilan data kompor tenaga surya diharapkan menutup panci dengan rapat agar mengurangi panas yang terbuang (*heat loss*).
10. Waktu pengambilan data dilakukan selama tiga bulan berturut – turut.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bahariawan, A. (2014). Rancang Bangun Pemanas Air Tenaga Surya Tipe Kolektor Parabola Terkontrol. *ZJurnal Ilmiah Inovasi*, 14(2).
- Caraka, R. E. (2016). Simulasi Kalkulator Energi Baru Terbarukan (EBT) Guna Memenuhi Ketahanan Energi di Indonesia. *Statistika: Journal of Theoretical Statistics and Its Applications*, 16(2), 77-88.
- Duffie, J.P., and Beckmann, W.A., (2006). *Solar Engineering Thermal Processes Second Edition*. John Willey & Sons, Inc. New York.
- Holman, J.P., Alih Bahasa Jasjfi, E., (1997). *Perpindahan Kalor Edisi Keenam*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Ramadhan, A..I., Diniardi, E., Mukti, S.H., (2016). Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP,, *Jurnal Teknik*, 37(2), pp. 59-63, p-ISSN 0852-1697, e-ISSN: 2460-9919doi:10.14710/teknik.v37n2.9011