

Rancang Bangun Kolektor Surya Tipe *Parabolic Trough* untuk Menguapkan Air Laut berbahan Stainless dan Tembaga dengan Luas Tangkapan Cahaya 1 M²

Kusaeri¹, Tachli Supriyad¹, Setya Permana Sutisna¹,
¹Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor
Corresponding author: kusaerierik1@gmail.com

Abstrak: Kolektor surya merupakan sebuah alat yang dirancang untuk mengumpulkan panas dengan menyerap sinar matahari. Penelitian dilakukan pada kolektor surya tipe parabolic trough yang diintegrasikan dengan alat desalinasi. Perancangan dilakukan dengan mengubah bahan reflektor dan absorber dan juga mengubah tipe reflector. Bahan yang digunakan dalam perancangan adalah belahan pipa stainless berukuran 4” sebagai reflector dan belahan pipa tembaga berukuran 5/8” sebagai absorber. Cover terbuat dari plat esker dengan luas 1m² dan penutup atas terbuat dari kaca transparan setebal 5 mm. Reflector ditempatkan berjajar mengikuti luas cover sehingga terdapat 10 buah reflector, begitu juga absorber yang berada di atasnya sebanyak 10 buah dengan jarak 18.88 mm dari dasar reflector.. Pengujian dilakukan dengan mengalirkan air pada belahan pipa tembaga dengan kemiringan ±10° yang kemudian akan dipanaskan oleh radiasi matahari yang masuk menembus kaca penutup. Kolektor surya dengan tipe ini menghasilkan laju penguapan 71 ml/jam, dengan energi berguna kolektor sebesar 4.353 W, dan Efisiensi solar kolektor adalah 10.27 %.

Kata kunci : kolektor surya tipe parabolic trough, pipa stainless, pipa tembaga.

1. PENDAHULUAN

Energi merupakan sesuatu yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup khususnya manusia. Saat ini sumber energi utama bagi manusia di dunia berasal dari fosil, seperti minyak bumi, batu bara dan gas alam. Namun, sumber energi tersebut jumlahnya terbatas. Maka diperlukan sumber energi lain, salah satunya adalah dengan tenaga matahari [1]. Hal ini didasari bahwa tenaga matahari merupakan *renewable energy* (energi terbarukan), aman, gratis, dan bebas polusi (tanpa emisi CO₂).

Salah satu cara memanfaatkan energi matahari saat ini adalah dengan menggunakan kolektor surya. Prinsipnya, cahaya matahari difokuskan pada sebuah absorber yang kemudian akan digunakan untuk memanaskan air yang ada dalam absorber. Lebih jauh lagi air tersebut akan terus dipanaskan sampai menghasilkan uap. Selanjutnya uap yang dihasilkan akan digunakan proses desalinasi sehingga menghasilkan air tawar. Terdapat berbagai jenis kolektor surya yang berkembang saat ini, diantaranya kolektor menggunakan plat datar, silinder, dan parabola.

Tahun 2015 Lintang Ratri Prastika, dan Muhammad Miftahul Munir merancang *Mini Parabolic Trough Collector* (PTC) sederhana dengan dimensi bingkai plat reflektor berukuran panjang 105 cm dan lebar 54.5 cm. Plat reflektor menggunakan plat seng dengan ukuran panjang 105 cm, lebar 60 cm. Plat seng tersebut dilapisi dengan polet crom mengkilat untuk meningkatkan kemampuan pantul plat. Pipa absorber menggunakan bahan aluminium berukuran diameter luar 1.25 cm, diameter dalam 1 cm, panjang 115 cm. Pipa tersebut kemudian dicat hitam untuk meningkatkan kemampuan menyerap energi radiasi matahari. Pipa tersebut kemudian dicat hitam untuk meningkatkan kemampuan menyerap energi radiasi matahari. Kolektor surya tersebut hanya mampu memanaskan air hingga temperatur 54°C dengan efisiensi 14.2 % [12].

Tujuan dari perancangan ini adalah menghasilkan rancangan kolektor surya tipe parabolic trough berbahan stainless dan tembaga untuk menguapkan air laut. Manfaat dari perancangan ini

antara lain untuk Memanfaatkan sumber energi matahari sebagai energi alternatif dan referensi untuk pembuatan kolektor surya pada perancangan selanjutnya.

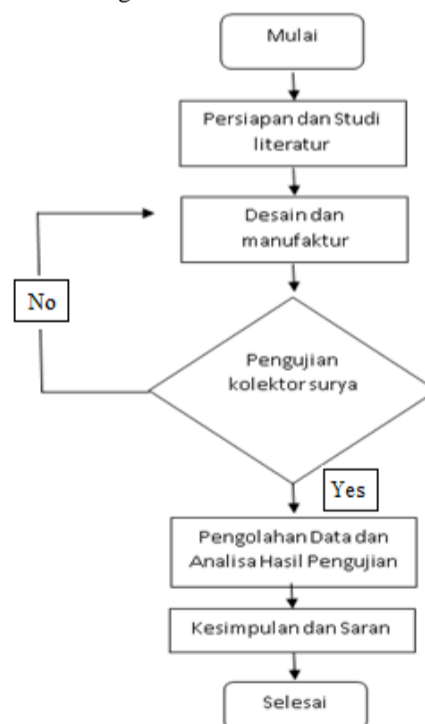
2. METODOLOGI

Waktu dan Tempat Perancangan

Rancang bangun dilaksanakan dari bulan Mei - Agustus 2016, bertempat di Lab Teknik Mesin Universitas Ibn Khaldun Bogor, dan di bengkel las Sukmana Jaya, kp Kaum, Ciparigi, Bogor. Sedangkan pengujian dilakukan pada 08 Oktober 2016 pada pukul 10.00 WIB sampai dengan pukul 14.00 WIB, bertempat di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor pada keadaan cuaca berawan dengan intensitas radiasi matahari 400-500 W/m².

Tahapan Penelitian

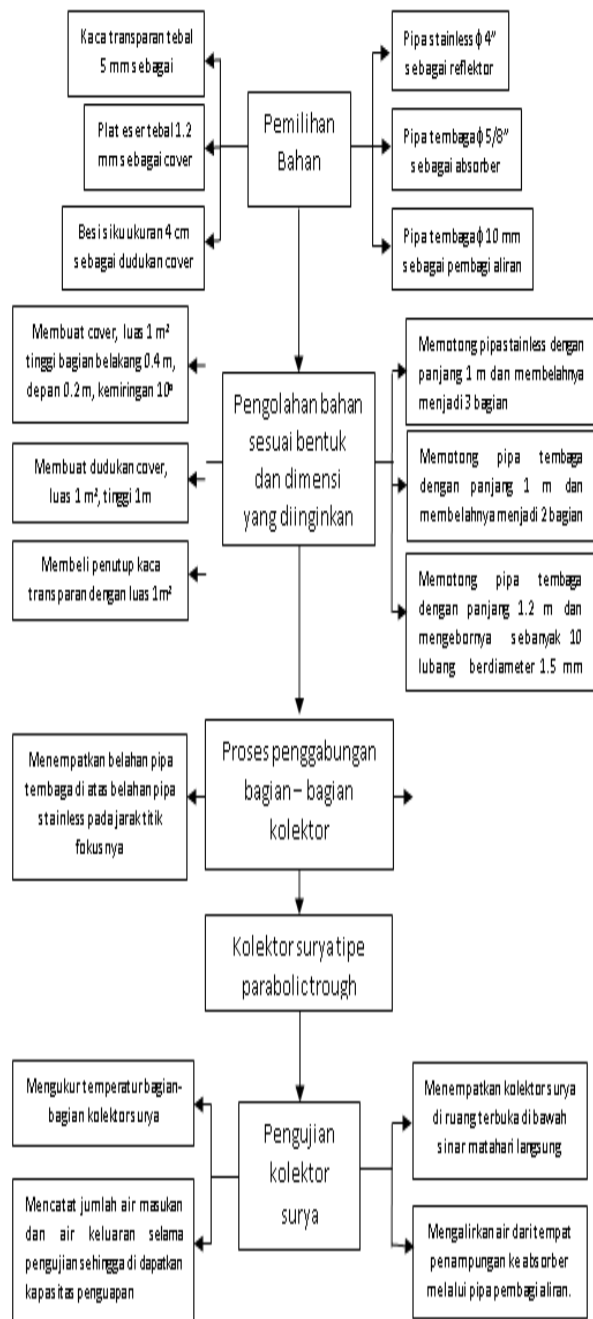
Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat di gambar 1



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Metode perancangan

Proses perancangan kolektor surya dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Diagram alir perancangan

Dimensi Alat

Ukuran reflektor parabolic dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2 Ukuran reflektor parabolic.

Besaran	Nilai
Panjang parabolic	1000 mm x 10 pcs
Lebar aperture parabolic	87.6 mm x 10 pcs
Jarak fokus	18.8 mm
Perbandingan konsentrasi	4.60
Kedalaman reflektor	25.4 mm

Kolektor surya dibagi menjadi beberapa bagian utama, yaitu cover, dudukan/kaki penyangga, reflektor, absorber, dan penutup cover. Cover terbuat dari plat eser setebal 1.2 mm berbentuk persegi dengan luas 1m^2 dan tinggi 0.4 m. Dudukan/kaki penyangga terbuat dari besi siku berukuran 4 cm dengan panjang 1 m, lebar 1m, dan tinggi 1m. Reflektor dibuat dari pipa stainless diameter 4"

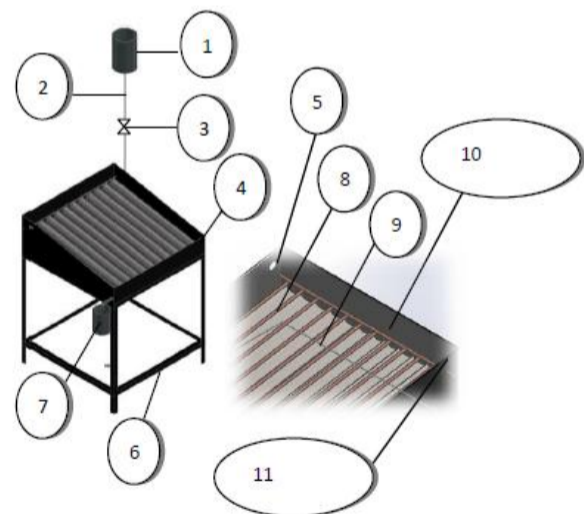
dengan panjang 1 m yang dibelah menjadi 3 sehingga berbentuk parabolic sebanyak 10 buah. Pemilihan ukuran 4" untuk menyesuaikan dengan luas cover. Absorber terbuat dari pipa tembaga diameter 5/8" dengan panjang 1 m yang dibelah jadi 2 bagian sebanyak 10 buah. Ukuran tersebut dipilih lebih besar dari ukuran pembanding karena penulis ingin mengetahui pengaruh diameter absorber terhadap efektifitas. Dan penutup cover terbuat dari kaca transparan setebal 5 mm dengan luas 1m^2 . Fungsi kaca penutup adalah untuk memerangkap panas yang dihasilkan oleh radiasi matahari yang masuk kedalam kolektor, sehingga temperature di dalam kolektor menjadi lebih tinggi.

Untuk data geometris dapat dilihat pada tabel 3

Tabel 3 Data geometris kolektor surya

Bagian kolektor	Besaran	Ukuran
Kaki penyangga	Panjang	1 m
	Lebar	1 m
	Tinggi	1 m
Cover kolektor	Panjang	1 m
	Lebar	1 m
	Tinggi	0.4 m
Kaca penutup	Panjang	1 m
	Lebar	1 m
	Tebal	0.005 m
reflektor	Luas	1.06 m^2
Absorber	Luas	0.23 m^2

Dengan jumlah reflektor parabolic dan absorber yang lebih banyak diharapkan akan meningkatkan efektifitas dan efisiensi kolektor surya. Dan dengan penutup berupa kaca transparan akan lebih mengoptimalkan radiasi matahari yang diserap, hal ini dikarenakan radiasi matahari yang masuk dan kemudian dikonversi menjadi energi panas akan terisolasi didalam kolektor sehingga tidak akan kembali keluar kolektor.



Gambar 3 Bagian – bagian solar kolektor
Keterangan gambar :

1. Penampungan air laut masuk
2. Selang aliran masuk
3. Kran pengatur debit
4. Cover kolektor
5. Lubang keluar uap
6. Kaki penyangga
7. Penampungan sisa air laut
8. Pipa tembaga dibelah dua
9. Pipa stainless dibelah tiga
10. Pipa tembaga pembagi aliran
11. Kaca penutup

Proses manufaktur

Proses manufaktur alat ini dilakukan di dua tempat, yaitu di Lab Teknik Mesin UIKA Bogor, dan di bengkel las Sukmana Jaya, Ciparigi, Bogor.

Adapun rangkaian prosesnya adalah sebagai berikut:

1. Membelah pipa stainless berdiameter 4 inci menjadi tiga bagian.
2. Memoles permukaan dalam pipa menggunakan alat poles.
3. Membelah pipa tembaga berdiameter 5/8 inci menjadi dua bagian.
4. Memberi warna hitam dove pada bagian belakang belahan pipa tembaga menggunakan cat semprot.
5. Membuat cover dan dudukan penyangga dari bahan plat esker dan besi siku 4 cm.
6. Memasangkan belahan pipa stainless dan tembaga ke dalam cover dengan menggunakan dudukan yang telah disiapkan.
7. Membuat lubang pada cover untuk pipa saluran air masuk, saluran air keluar, dan lubang keluar uap.
8. Membuat lubang pada pipa tembaga berdiameter 10 mm sebagai pembagi aliran air dengan diameter lubang 1.5 mm sebanyak 10 buah dengan jarak tertentu sesuai jumlah dan letak tembaga penyerap.
9. Memasang pipa tembaga pada lubang saluran masuk dan pipa pvc pada saluran keluar, kemudian memasang kaca penutup di bagian atas cover.
10. Menyiapkan alat untuk proses pengujian, dengan memasang selang, kran dan gelas ukur pada aliran air masuk dan penampungan sisa air.

Metode Pengujian

Pengujian solar kolektor dilakukan dengan menyimpan alat di ruang terbuka dibawah sinar matahari langsung. Adapun proses pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Memasang *thermocouple* pada bagian-bagian yang akan diukur temperturnya, antara lain pada air masukan, plat penyerap tembaga, pipa stainless, dinding cover, permukaan kaca penutup, pada lingkungan luar alat dan pada bagian dalam alat. Lalu menyambungkannya dengan alat pengukur berupa *digital thermometer*
2. Menyiapkan air pada gelas ukur yang akan dialirkan ke dalam kolektor surya. Volume awal air harus diketahui
3. Menyiapkan gelas ukur tempat penampungan sisa air yang tidak menguap. Kondisi awalnya harus dalam keadaan kosong
4. Mengalirkan air melalui slang dan debitnya diatur agar air yang masuk berupa tetesan
5. Melakukan pengukuran temperatur menggunakan *digital thermometer*

Mengecek dan mencatat temperatur bagian bagian yang diukur setiap jamnya, dan juga volume air masuk dan volume air keluar pada penampungan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Menghitung jarak fokus

Sebelum menghitung jarak fokus reflector, dicari terlebih dahulu kelengkungan reflector.

Diketahui :

$$\begin{aligned}x &= 43.8 \text{ mm} \\y &= 25.4 \text{ mm}\end{aligned}$$

maka :

$$\begin{aligned}x^2 &= 2Ry \\43.8^2 &= 2 \cdot R \cdot 25.4 \\1918.44 &= 50.8 R \\R &= 1918.44 : 50.8 \\&= 37.764 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka jarak fokus reflector adalah

$$\begin{aligned}f &= \frac{R}{2} \\&= \frac{37.764}{2} \\&= 18.88 \text{ mm}\end{aligned}$$

Jadi jarak fokus reflector adalah 18.88 mm

Perhitungan luas bagian penting kolektor surya

-luas permukaan kaca penutup

Diketahui :

panjang = 1 m dan Lebar = 1 m

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \\&= 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} = \mathbf{1 \text{ m}^2}\end{aligned}$$

luas permukaan pipa tembaga

Diketahui : diameter pipa = 5/8 inci = 0.015 m

Panjang / tinggi = 1 m

Perhitungan luasnya menggunakan rumus luas selimut tabung, namun, karena pipanya di belah dua, maka luas nya hanya setengah.

Luas selimut

$$\begin{aligned}&= 1/2 \times \pi \times D \times t \\&= 1/2 \times 3.14 \times 0.015 \times 1 \\&= 0.023 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Jumlah pipa di dalam kolektor adalah 10, maka luas keseluruhannya adalah $0.023 \text{ m}^2 \times 10 = \mathbf{0.23 \text{ m}^2}$

-luas permukaan stainless

menggunakan perhitungan yang sama dengan luas permukaan tembaga.

Diketahui :

$$\begin{aligned}\text{Diameter} &= 4 \text{ " } \times 25.4 = 101.6 \text{ mm} \\&= 0.1016 \text{ m}\end{aligned}$$

panjang/tinggi = 1 m

karena pipanya di belah tiga, maka luas nya hanya sepertiga

$$\begin{aligned}\text{luas selimut} &= 1/3 \times \pi \times D \times t \\&= 1/3 \times 3.14 \times 0.1016 \text{ m} \times 1 \text{ m} \\&= 0.106 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Jumlah pipa stainless dalam kolektor adalah 10, maka luas seluruh permukaan stainless adalah $0.106 \text{ m}^2 \times 10 = \mathbf{1.06 \text{ m}^2}$

Asumsi perhitungan

Dengan asumsi data sebagai berikut :

Luas solar kolektor (A_{kolektor}) = 1 m^2

Massa air (m) = 1 kg

Massa jenis air laut (ρ) = 1030 kg/m^3

Kalor jenis air laut (cp) = $3900 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$

Kalor uap laten (Lu) = 2260000 J/kg

ΔT yang diharapkan = $75 \text{ }^\circ\text{C}$

Efisiensi = 50%

Intensitas radiasi matahari (IT) rata - rata = 480.241 W/m^2 ,

- Kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu air dengan massa 1 kg dari suhu 25°C hingga mencapai suhu 100°C adalah

$$Q_1 = m \times c_p \times \Delta T$$

$$= 1 \text{ kg} \times 3900 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \times 75^\circ\text{C}$$

$$= 292500 \text{ J}$$

- Kalor yang diperlukan untuk menguapkan air tersebut adalah

$$Q_2 = m \times h_{fg}$$

$$= 1 \text{ kg} \times 2260000 \text{ J/kg}$$

$$= 2260000 \text{ J}$$

Total kalor yang dibutuhkan adalah

$$Q_1 + Q_2 = 2552500 \text{ J/kg}$$

- Energi radiasi matahari

$$Q_{\text{radiasi}} = IT \times A$$

$$= 480.241 \text{ W/m}^2 \times 1 \text{ m}^2$$

$$= 480.241 \text{ W}$$

Karena efisiensinya 50% maka Q_{radiasi} nya hanya 240.1205 W (J/s)

- Laju penguapan

Dengan energi dan kalor tersebut maka dapat diperoleh laju penguapan

$$M_k = \frac{Q_{\text{radiasi}}}{Q_{\text{total}}}$$

$$= \frac{240.1205 \text{ J/s}}{2552500 \text{ J/kg}}$$

$$= 0.000096 \text{ kg/s}$$

$$= 0.096 \text{ ml/s}$$

$$= 345.6 \text{ ml/jam}$$

Apabila efisiensinya 100%, maka laju penguapannya adalah 691.2 ml/jam.

Hasil pengambilan data

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian

Jam	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	Rata-rata
T kaca (T1) (°C)	48.9	50.3	56.9	56.5	52.2	52.96
T tembaga (T5) (°C)	68.2	71	93.7	88.7	74.5	79.2
T stainless (T4) (°C)	79.2	93.7	95	92.3	90.5	90.14
T dalam (T6) (°C)	63.3	88.1	90.4	90.1	88.7	84.14
T lingkungan (T7) (°C)	33.5	33.9	34.2	32.9	32.7	33.4
T dinding (T3) (°C)	47.7	53.5	55.8	54	53.2	52.84
T air (T2) (°C)	25	27	27	25	25	25.8
Intensitas matahari (IT) (W/m ²)	436.87	474.79	529.93	481.9	477.95	480.241
Jumlah air masukan (ml)	500	400	300	200	100	
Jumlah air keluaran (ml)	15	25	30	35	45	

Dari tabel hasil pengujian didapat debit air adalah 80 ml/jam (0.000022 kg/s), intensitas radiasi matahari rata-rata sebesar 480.241 W/m², jumlah air yang berhasil diuapkan adalah 355 ml/5 jam atau 71 ml/jam. Temperatur rata-rata di dalam kolektor adalah 84.14 °C. Meskipun temperatur tidak mencapai angka titik didih air laut, namun air yang dipanaskan di dalam kolektor tetap bisa menguap karena penguapan tidak harus dengan mendidih, karena pada dasarnya penguapan itu terjadi pada permukaan zat cair.

Dari hasil pengujian di dapat perhitungan sebagai berikut

- Energi berguna kolektor

$$Q_u = \dot{m} \times c_p \times (T_{\text{dalam}} - T_{\text{lingkungan}})$$

$$= 0.000022 \text{ kg/s} \times 3900 \text{ J/kg}^\circ\text{C} \times 50.74^\circ\text{C}$$

$$= 4.353 \text{ W}$$

Dari hasil pengujian didapat laju penguapan adalah 71 ml/jam, sedangkan dari perhitungan didapat laju penguapan 691.2 ml/jam, maka efisiensi kolektor adalah

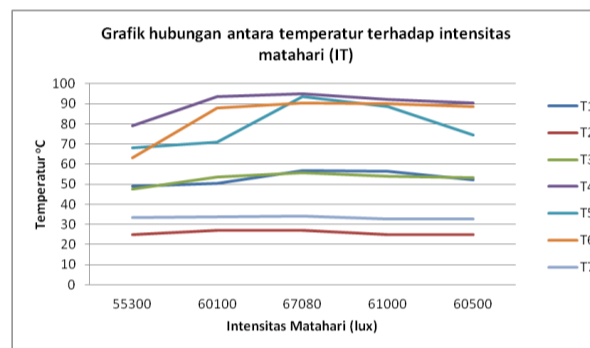
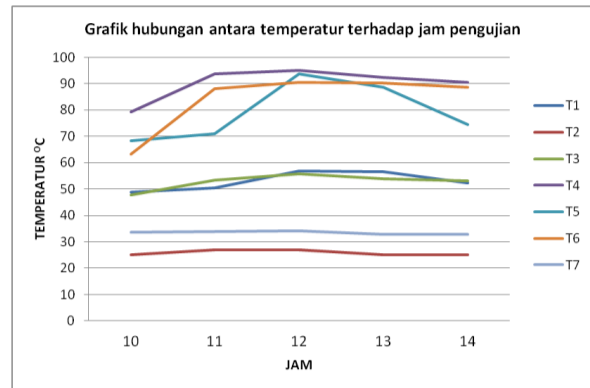
$$\eta = \frac{M_{\text{kuji}}}{M_{\text{hitung}}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{71 \text{ ml/jam}}{691.2 \text{ ml/jam}} \times 100\%$$

$$\eta = 10.27 \%$$

Apabila dibandingkan dengan rancangan sebelumnya, jumlah energi berguna kolektor masih sangat jauh dari harapan. Begitupun dengan efisiensi kolektor yang masih lebih rendah. Oleh karena itu masih harus dilakukan pengembangan lebih lanjut.

Tinjauan dalam Grafik



4. PENUTUP

Kesimpulan

Dihasilkan rancangan kolektor surya tipe parabolic trough, memiliki luas cover 1m², luas permukaan absorber 0.23 m² terbuat dari belahan pipa tembaga, dan luas permukaan reflector parabolic 1.06 m² terbuat dari belahan pipa stainless, penutup kolektor dengan luas 1 m² terbuat dari kaca transparan setebal 1 mm. Jarak fokus konsentrator terhadap absorber 18.8 mm. Energi berguna kolektor yang dihasilkan sebesar 4.353 W dengan efisiensi 10.27 %.

Saran

1. Proses poles permukaan pipa stainless sebagai bidang untuk memfokuskan pantulan sinar matahari harus lebih rapi dan mengkilap agar hasil pantulan sinar dan panas lebih terfokus dan optimal.
2. Pengatur aliran air yang masuk ke plat penyerap tembaga dibuat menggunakan kran satu persatu setiap lubang agar debit lebih stabil dan mudah diatur.
3. Pengaturan debit yang bertujuan untuk menghasilkan laju penguapan yang maksimal.

4. DAFTAR PUSTAKA

1. N. A. Handayani and D. Ariyanti, *Int. Journal of Renewable Energy Development* 1 (2), 33-38 (2012).
2. K.K.V. Pradeep, T. Srinath, V. Reddy, *Int. Journal of Research in Aeronautical And Mechanical Engineering* 1 (4), 37-55 (2013).
3. A.M. Eltahir, "Design And Testing of a Solar Parabolic Concentrating Collector", in

International Conference on Renewable Energies and Power Quality 2013 (ICREPO'13), pp. 1-5.

4. Darwin, Irwandi ZA, 2015 , Pengaruh Bentuk Kolektor Konsentrator Terhadap Efisiensi Pemanas Air Surya. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala
5. Holman, J.P., 1993, Perpindahan Kalor, Terjemahan Jasjfi E, Erlangga Jakarta.
6. Homig, H. E. 1978. *Seawater and Seawater Distillation*, Vulkan-Verlag. Universitas of California. 202 h.
7. **Captzero, 2010. Konversi lux ke W/m².**
8. Hadi S. 2000. Perhitungan perancangan system konversi energi matahari. Jurnal Bisnis dan Teknologi.
9. Duffie, J A., Beckman, William A., *Solar Engineering Of Thermal Proseses*, New York : John Willey And Sons, Inc
10. Irawan, B. 2001. Penyerapan Energi Matahari Dengan Kolektor Plat Datar. Jurnal Bisnis dan Teknologi.
11. Manarul, Ahmad, 2016. Cermin cekung : pengertian dan sifat.
12. Prastika, Lintang Ratri, 2015, Desain, Perakitan dan Uji Coba Mini Parabolic Trough Collector (PTC) Sederhana. Kelompok Keilmuan Fisika Teoretik Energi Tinggi dan Instrumentasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung.