

STUDI EFISIENSI KOLEKTOR TERMAL SURYA JENIS PELAT DATAR DENGAN MENGGUNAKAN EVAPORATOR

EFFICIENCY STUDY OF FLAT PLATE TYPE SOLAR THERMAL COLLECTOR USING AN EVAPORATOR

Anbar Trisyawati Nur Zahra¹, Tri Ayodha Ajiwiguna, M.Eng²,
M. Ramdhan Kirom, S.Si., M.Si.³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

¹anbartnz@student.telkomuniversity.ac.id, ²tri.ayodha@telkomuniversity.co.id,

³mramdhan@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Indonesia yang berada di garis khatulistiwa dimana mendapatkan energi matahari sepanjang tahun sehingga sangat cocok untuk memanfaatkan energi matahari. Energi matahari dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi dengan menggunakan kolektor termal surya tipe pelat datar sebagai pemanas air. Pada penelitian ini digunakan evaporator tipe pelat sebagai pelat absorber dan kanal fluida. Kolektor termal evaporator diuji diberbagai variasi untuk mendapatkan nilai efisiensi. Pengujian dilakukan diberbagai variasi intensitas dan kondisi penggunaan kaca dan tanpa kaca. Pengujian dilakukan didalam ruangan dengan menggunakan simulator radiasi sebagai pengganti matahari dengan temperatur awal air rentang 25,3°C sampai 26,3°C. Dari penelitian ini didapatkan dengan menggunakan evaporator nilai efisiensi maupun temperatur akhir air yang dihasilkan kolektor termal lebih tinggi dibandingkan dengan kolektor termal yang menggunakan pipa tembaga. Nilai efisiensi tertinggi terdapat pada perlakuan menggunakan kaca, untuk kolektor termal evaporator nilainya sekitar 70,08% dengan nilai temperatur air akhir yang dihasilkan 37,63°C, sedangkan nilai efisiensi kolektor pipa tembaga sekitar 59,98% dengan nilai temperatur akhir yang dihasilkan 36,23°C.

Kata Kunci : Kolektor Termal Surya, efisiensi, evaporator, simulator radiasi

Abstract

Indonesia which is on the equator where it gets solar energy throughout the year is very suitable for utilizing solar energy. Solar energy can be used as an energy source using flat plate type solar thermal collector as a water heater. In this study evaporator flat type is used as fluid canal and absorber plate. Tests are carried out at various intensity, use of glass, and without glass. Tests are carried out indoors using a radiation simulator instead of the sun with temperature water starts from 25,3°C to 26,3°C. From this study obtained that using an evaporator the efficiency and the final temperature produced by the thermal collector is higher than thermal collector that using copper pipe. The highest efficiency value at uses glass, for the evaporator thermal collector the value is around 70,08% with the final water temperature value is 37.63°C, while the copper pipe collector efficiency value is around 59,98% with the final water temperature value is 36,23°C.

Keywords: Solar Thermal Collector, efficiency, evaporator, radiation simulator

1. Pendahuluan

Indonesia yang berada di garis khatulistiwa mendapatkan energi matahari sepanjang tahun sehingga sangat cocok untuk memanfaatkan energi matahari. Energi matahari dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi yang salah satu pemanfaatannya menggunakan kolektor termal surya [1]. Pada penelitian ini akan dibangun kolektor termal surya jenis pelat datar yang dikembangkan menggunakan evaporator tipe pelat. Penelitian sebelumnya mengenai studi kolektor termal pelat datar juga pernah dilakukan. Made Wirawan dan Rudy Susanto pernah menggunakan pasir sebagai pengganti pelat absorber yang terbuat dari alumunium, dimana hasilnya pelat kolektor yang menggunakan alumunium efisiensinya lebih tinggi dibandingkan dengan yang menggunakan pasir [2], kemudian Amrizal yang menggunakan pelat absorber berbahan stainless steel dimana hasilnya lebih optimal menggunakan pelat absorber berbahan alumunium dibandingkan dengan stainless steel [3]. Pengujian dilakukan pada beberapa variasi intensitas, penggunaan kaca dan tanpa kaca. Pada penelitian ini sumber panas yang digunakan berasal dari simulator radiasi. Hasil dari data yang diambil kemudian akan dianalisis.

2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

2.1 Dasar Teori

2.1.1 Kolektor Termal Surya

Prinsip kerja pada kolektor termal surya pelat datar yaitu air yang masuk kedalam kolektor melalui pipa distribusi akan mendapatkan panas yang baik melalui radiasi langsung maupun konveksi [4]. Ada dua macam sistem pengaliran fluida pada instalasi kolektor termal surya yaitu menggunakan pompa dan memanfaatkan efek termosifon[5]. Kolektor termal surya memiliki beberapa jenis yaitu *non-concentrating solar thermal collector* dan *concentrating solar thermal collector*. Perbedaannya untuk *concentrating solar thermal collector* sinar matahari di fokuskan ke suatu titik sedangkan *non-concentrating solar thermal collector* tidak di fokuskan [6]. *Flat plate solar thermal collector* merupakan kolektor surya jenis *non-concentrating solar thermal collector* [7].

2.1.2 Perpindahan Panas

Perpindahan panas merupakan energi dalam bentuk panas yang berpindah atau mengalir jika terdapat perbedaan temperatur. Terdapat tiga proses dalam perpindahan panas yaitu konduksi, radiasi, dan konveksi. Konduksi adalah proses perpindahan panas yang mengalir dari benda yang bertemperatur lebih tinggi ke benda yang bertemperatur lebih rendah melalui benda penghubung yang diam (tidak dalam mengalir). Konveksi merupakan perpindahan panas disertai pergerakan dari fluida. Konveksi dibagi menjadi *natural convection* dan *forced convection*. *Natural convection* yaitu pada saat pergerakan fluida terjadi secara alami dimana fluida yang memiliki temperatur lebih tinggi massa jenisnya lebih kecil sehingga mengalami gaya apung (*bouyancy*). Sedangkan untuk *forced convection* pergerakan fluida bukan karena faktor alami melainkan ada bantuan lain seperti dibantu pompa atau kipas. Radiasi merupakan proses perpindahan panas tanpa memerlukan perantara. Panas terpancar dengan cara radiasi gelombang elektromagnetik.[8]

2.1.3 Persamaan Untuk Mengolah Data

Untuk mendapatkan nilai efisiensi kolektor dalam memanaskan fluida dengan jumlah massa tertentu yaitu dengan cara membandingkan nilai energi kalor yang ditransfer pada fluida dengan intensitas cahaya matahari yang diterima kolektor tiap satuan luas. [9]

$$\eta = \frac{Q_u}{A_c I_T} \quad (2.2)$$

$$\eta = \frac{\dot{m} C_p (T_{fo} - T_{fi})}{A_c I_T} \quad (2.3)$$

Dimana

η : Efisiensi Kolektor

Q_u : Laju kalor yang diberikan (W)

A_c : Luas penampang absorber (m^2)

I_T : Radiasi total radiasi matahari ($watt/m^2$)

\dot{m} : Laju aliran massa fluida (kg/det)

C_p : Panas jenis fluida $J/(kg^\circ C)$

T_{fo} : Temperatur fluida keluar ($^\circ C$)

T_{fi} : Temperatur fluida masuk ($^\circ C$)

2.2 Metodologi Penelitian

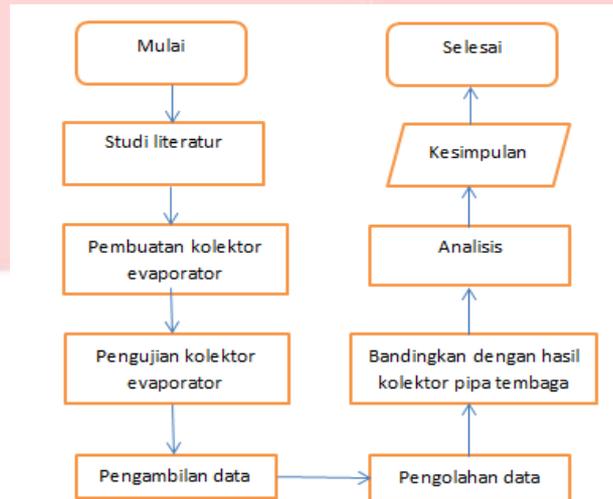
2.2.1 Detail Eksperimen

Pada penelitian ini dilakukan pengujian pada kolektor termal surya yang dikembangkan menggunakan evaporator agar bisa diketahui apakah evaporator bisa dimanfaatkan sebagai kolektor termal surya atau tidak, kolektor termal surya sendiri dikatakan berfungsi apabila ada kenaikan temperatur pada fluida yang mengalir didalamnya. Apabila kolektor termal surya menggunakan evaporator ini berfungsi maka langkah selanjutnya akan dilakukan pengambilan data sehingga didapat nilai temperatur akhir fluida yang dihasilkan oleh kolektor dan dilakukan pengolahan data sehingga didapat nilai efisiensi kolektor. Nilai efisiensi kolektor evaporator, kemudian akan dibandingkan dengan nilai efisiensi kolektor pipa tembaga. Pengujian kolektor surya dilakukan pada beberapa variasi yaitu keadaan menggunakan kaca dan tanpa kaca, serta perubahan intensitas radiasi. Parameter yang diukur pada penelitian ini yaitu temperatur *inlet*, temperatur *outlet*, intensitas cahaya, dan laju aliran massa air.

Untuk mendapat parameter yang diinginkan digunakan *solar power meter* agar didapat nilai intensitas cahaya dari sumber radiasi, *termocouple* yang ditempatkan di mulut *inlet* dan *outlet* untuk mendapatkan nilai temperatur fluida di *inlet* dan *outlet*, sedangkan untuk mengukur laju aliran massa air pada sistem pompa menggunakan gelas ukur dan *stopwatch*, sedangkan untuk sistem termosifon menggunakan persamaan (2.1).

2.2.2 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini memiliki diagram alir penelitian yang harus dilakukan sebagai berikut:



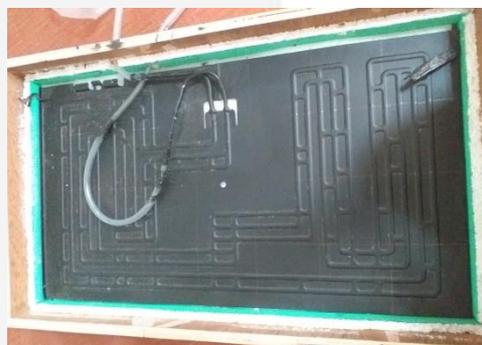
Gambar 2. 1 diagram alir penelitian

Berdasarkan gambar 2.1 dapat dilihat bahwa penelitian dimulai dengan mencari studi literatur untuk mengumpulkan informasi tentang kolektor termal surya yang sudah pernah dibuat. Selanjutnya melakukan pembuatan alat dan pengolahan data. Terakhir melakukan analisis dan penarikan kesimpulan dari data yang sudah diambil dan diolah.

2.2.3 Alat

Berikut alat yang digunakan pada penelitian ini :

Kolektor evaporator (42 x 72 cm)	Kaca
Tangki air yang telah diberi insulator	Dua termokopel tipe K
Simulator radiasi	<i>Data logger</i> HT9815
Kolektor pipa tembaga (52 x 62 cm)	<i>Solar Power Meter</i> TM100
Pompa air	Gelas ukur dan <i>stopwatch</i>



(a)



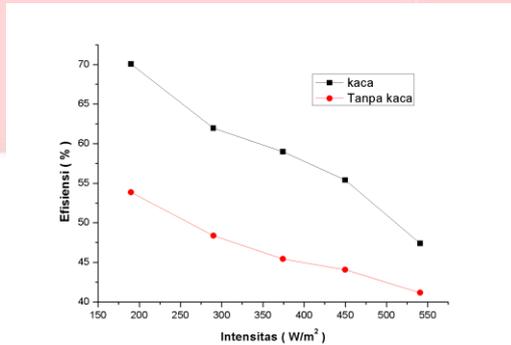
(b)

Gambar 2.2 (a) Kolektor evaporator, (b) Kolektor pipa tembaga

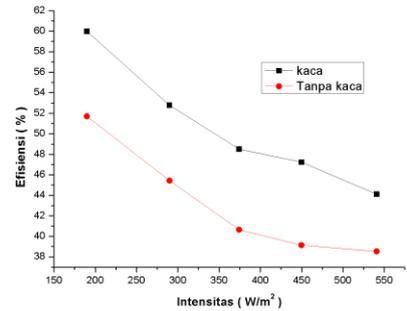
3. Pembahasan

Berikut hasil dari penelitian ini :

a. Pengaruh penggunaan kaca



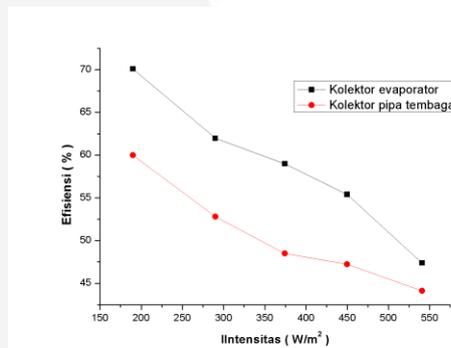
(a)



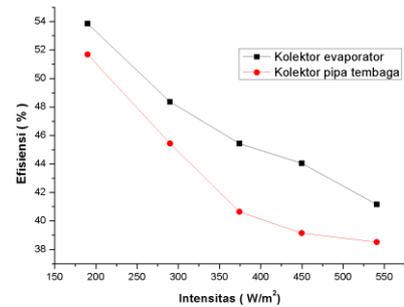
(b)

Gambar 3. 2 Grafik (a)Efisiensi kolektor termal evaporator (b)Efisiensi kolektor termal pipa tembaga

b. Perbandingan kolektor termal evaporator dan kolektor termal pipa tembaga



(a)



(b)

Gambar 3. 3 Grafik (a)Efisiensi kolektor termal menggunakan kaca (b)Efisiensi kolektor termal tanpa kaca

Tabel 3.1 Data Laju Kalor dan Efisiensi Kolektor

			Intensitas				
			540.93 (W/m ²)	449.68 (W/m ²)	374.43 (W/m ²)	289.96 (W/m ²)	189.96 (W/m ²)
Kolektor Evaporator	Kaca	η (%)	47.390	55.040	58.990	61.960	70.080
		\dot{Q} (J/s)	75.739	69.295	61.843	50.306	37.278
	Tanpa kaca	η (%)	41.160	44.050	45.430	48.370	53.850
		\dot{Q} (J/s)	66.155	57.068	47.631	41.22	29.938
Kolektor Pipa tembaga	Kaca	η (%)	44.100	47.22	48.5	52.79	59.98
		\dot{Q} (J/s)	71.872	62.781	55.274	45.682	34.184
	Tanpa kaca	η (%)	38.52	39.14	40.63	45.44	51.69
		\dot{Q} (J/s)	62.77	52.039	46.303	39.317	29.455

Berdasarkan Gambar 3.2 terlihat bahwa nilai efisiensi kolektor termal yang menggunakan kaca lebih tinggi nilainya dibandingkan dengan tanpa menggunakan kaca. Hal ini dikarenakan dengan menggunakan kaca mengakibatkan adanya efek rumah kaca. Dengan adanya efek rumah kaca maka kalor dari simulator radiasi terperangkap didalam kolektor termal sehingga kalor yang diserap oleh air akan lebih besar dibandingkan tanpa menggunakan kaca. Terlihat dari Tabel 3.1 kalor yang diserap air pada saat kolektor termal menggunakan kaca nilainya lebih tinggi dibandingkan pada saat kolektor termal tanpa menggunakan kaca. Semakin tinggi intensitas maka nilai efisiensi kolektor termal semakin kecil, hal ini dikarenakan semakin tinggi intensitas yang diberikan maka semakin banyak juga energi yang terbuang. Walaupun semakin tinggi intensitas kalor yang diserap juga semakin banyak tetapi jumlahnya tidak sebanding dengan kalor yang terbuang. Efisiensi tertinggi didapat pada intensitas $189,96 \text{ W/m}^2$. Untuk kolektor termal evaporator menggunakan kaca nilai efisiensinya sekitar 70,08% dan pada saat tanpa menggunakan kaca nilai efisiensi yang dihasilkan lebih rendah yaitu sekitar 53,85%. Sedangkan pada kolektor termal pipa tembaga saat menggunakan kaca efisiensi yang dihasilkan sekitar 59,98% dan pada saat tanpa menggunakan kaca nilai efisiensi yang dihasilkan lebih rendah yaitu sekitar 51,69%.

Berdasarkan Gambar 3.3 terlihat dengan menggunakan evaporator nilai efisiensi kolektor termal lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan pipa tembaga. Dari segi dimensi dan nilai konduktivitas termal bahan kanal fluida, kolektor termal pipa tembaga lebih unggul dibandingkan dengan kolektor termal evaporator. Kolektor termal pipa tembaga memiliki ukuran $52 \times 62 \text{ cm}$ sedangkan kolektor termal evaporator ukurannya lebih kecil yaitu $42 \times 72 \text{ cm}$, karena ukuran luas kolektor termal evaporator lebih kecil dari kolektor termal pipa tembaga maka energi yang diterima kolektor termal evaporator lebih kecil dibandingkan dengan kolektor termal pipa tembaga. Disamping itu nilai konduktivitas termal bahan kanal fluida kolektor termal pipa tembaga juga lebih tinggi dibandingkan dengan nilai konduktivitas termal kanal fluida kolektor termal evaporator yang berbahan aluminium. Bahan tembaga memiliki nilai konduktivitas termal $380 \text{ J/m.s.}^\circ\text{C}$ sedangkan aluminium memiliki nilai konduktivitas termal $200 \text{ J/m.s.}^\circ\text{C}$, karena bahan aluminium memiliki nilai konduktivitas termal lebih kecil dibandingkan tembaga maka kemampuan menyerap panas aluminium lebih kecil dibandingkan tembaga.

Dari segi bentuk dan panjang lintasan kanal fluida, kanal fluida kolektor termal pipa tembaga berbentuk silinder $1/4 \text{ inch}$ dengan panjang sekitar $4,6 \text{ m}$ sedangkan kanal fluida kolektor termal evaporator berbentuk silinder $1/4 \text{ inch}$ dibagian *inlet* dan *outlet* saja kemudian mengecil sehingga berbentuk pipih dengan panjang sekitar 8 m . Perbedaan bentuk dan panjang lintasan kanal fluida pada kolektor termal pipa tembaga dan kolektor termal evaporator diakibatkan karena pembuatan kanal fluida kolektor termal pipa tembaga dilakukan secara manual sehingga sulit untuk memaksimalkan agar kanal fluida menutupi bagian pelat absorber, berbeda dengan evaporator tipe pelat yang merupakan produksi pabrik sehingga kanal fluida mampu menutupi hampir seluruh bagian pelat absorber. Kanal fluida yang lebih menutupi bagian pelat absorber artinya lintasan kanal fluidanya lebih panjang. Bentuk dan panjang lintasan kanal fluida berpengaruh pada proses perpindahan panas dari kolektor termal ke air. Bentuk kanal fluida yang pipih membuat proses perpindahan panas dari kolektor ke air lebih maksimal, karena dengan bentuk kanal yang pipih membuat air lebih banyak menempel pada permukaan kanal. Selain itu kolektor termal dengan lintasan kanal fluida yang lebih panjang membuat kalor yang diserap air lebih banyak, hal ini dikarenakan semakin panjang lintasan kanal maka semakin lama air mengalami proses perpindahan panas.

Walaupun energi yang diterima kolektor termal pipa tembaga lebih banyak dibandingkan kolektor termal evaporator karena dari segi dimensi dan bahan kanal fluida yang digunakan lebih unggul kolektor termal pipa tembaga, tetapi karena kanal fluida kolektor termal evaporator berbentuk pipih dan lebih panjang maka energi yang dipindahkan kolektor termal evaporator ke air lebih banyak dibandingkan kolektor termal pipa tembaga. Terlihat dari Tabel 3.1 jumlah kalor yang diserap air oleh kolektor termal evaporator lebih banyak dibandingkan dengan kolektor termal pipa tembaga. Karena jumlah kalor yang diserap air oleh kolektor termal evaporator lebih banyak dibandingkan dengan pipa tembaga

maka efisiensi kolektor termal evaporator juga lebih tinggi dibandingkan dengan kolektor termal pipa tembaga. Nilai efisiensi tertinggi terdapat pada intensitas $189,96 \text{ W/m}^2$ dengan perlakuan menggunakan kaca dengan nilai efisiensi yang dihasilkan oleh kolektor termal evaporator yaitu sekitar 70,08%, sedangkan efisiensi yang dihasilkan kolektor pipa tembaga nilainya lebih rendah yaitu sekitar 59,98%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Sebagai pemanas air kolektor termal menggunakan evaporator lebih baik dibandingkan dengan kolektor termal menggunakan pipa tembaga, karena dengan menggunakan evaporator nilai temperatur air dan efisiensi yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan menggunakan pipa tembaga. Pada intensitas $540,93 \text{ W/m}^2$ dengan perlakuan menggunakan kaca didapat nilai efisiensi untuk kolektor termal yaitu sekitar 47,39% dengan kemampuan dapat memanaskan air sampai temperatur $65,43^\circ\text{C}$, sedangkan untuk kolektor termal pipa tembaga didapat nilai efisiensi sekitar 44,1% dengan kemampuan dapat memanaskan air sampai temperatur $62,33^\circ\text{C}$.
2. Semakin tinggi intensitas maka nilai efisiensi yang dihasilkan kolektor termal evaporator semakin turun. Dengan perlakuan menggunakan kaca pada intensitas $540,93 \text{ W/m}^2$ nilai efisiensinya sekitar 47,39% sedangkan pada saat intensitas $189,96 \text{ W/m}^2$ mengalami kenaikan efisiensi yaitu sekitar 70,08%.
3. Pengaruh kaca membuat adanya pengaruh efek rumah kaca sehingga nilai efisiensi kolektor termal evaporator lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa kaca. Pada intensitas $449,68 \text{ W/m}^2$ dengan menggunakan kaca nilai efisiensinya sekitar 55,04% sedangkan pada saat tanpa kaca efisiensinya lebih rendah yaitu sekitar 44,05%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Matondang, Gihon, et al. *Unjuk Kerja Kolektor Pemanas Air Tenaga Surya Sistem Termosifon Dengan Pemanfaatan Kaleng Minuman Bekas Sebagai Absorber*. Pekanbaru : Fakultas Teknik, Universitas Riau
- [2] Wirawan, Made dan Rudy Sutanto. 2011. *Analisa Laju Perpindahan panas pada Kolektor Surya Tipe Pelat Datar dengan Absorber Pasir*. NTB : Teknik Mesin, Universitas Mataram Vol.1 No 2
- [3] Amrizal. *Karakteristik Material Absorber Kolektor Surya Pelat Datar*. Bandar Lampung : Fakultas Teknik, Universitas Lampung
- [4] Kalogirou, Soteris A. 2004. *Solar Thermal Collectors And Applications*. Cyprus : Higher Technical Institute
- [5] Oktava, Raden. *Pengaruh Cahah Kaca Penutup Terhadap Kenaikan Suhu Maksimum Air Tandon pada Kolektor Surya Plat Datar*. Yogyakarta : Magister Pendidikan Fisika, Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta Vol.4 No 1 dan 2
- [6] Taylor, Roger. 2006. *Solar Thermal Technology And Applications*. Naemi Solar Electric And Thermal Training Workshop
- [7] Taylor, Roger. 2006. *Solar Thermal Technology And Applications*. Naemi Solar Electric And Thermal Training Workshop
- [8] Arunchala. 2011. *Performance Deterioration of Thermosiphon Solar Flat Plate Water Heater Due To Scaling*. India : Mechanical engineering, Manipal Institute of Technology
- [9] Cengel, Yunus A. 2003. *Heat Transfer : a practical approach*. Boston : McGraw-Hill

