

ANALISIS PERFORMANSI PEMANAS AIR SURYA RANGKAIAN SERI DAN PARALEL MENGGUNAKAN PIPA TEMBAGA DENGAN GLASS TUBE COLLECTOR

Marwani^{1*}, M.Zahri Kadir¹ dan Ellyanie¹

^{1,2,3} Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya, Palembang
Corresponding author: marwani@unsri.ac.id

ABSTRAK: Energi surya merupakan salah satu sumber energi baru terbarukan. Salah satunya dapat diaplikasi untuk kebutuhan air panas. Alat konversi energi surya untuk pemanas air atau lebih dikenal *solar water heater*, memanfaatkan kolektor yang berfungsi untuk menyerap panas dari radiasi sinar matahari. Pemanfaatan energi surya terus dikembangkan dengan beberapa teknologi diantaranya yaitu teknologi *Evacuated tube collector*. Teknologi ini dirancang untuk menghasilkan energi panas yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis kolektor lainnya. Pada penelitian ini dibuat kolektor pemanas air selubung kaca atau *tube glass* yang terdapat pipa *receiver* di dalamnya. Penelitian dibuat dengan dua variasi yaitu pemanas air surya rangkaian seri dan rangkaian paralel dengan jumlah receiver masing –masing sebanyak 12 buah. Tujuannya adalah untuk mengetahui besar nilai temperatur dan efisiensi kolektor yang dihasilkan dari kedua variasi rangkaian tersebut. Besarnya kalor yang diserap kolektor di pengaruhi oleh tinggi rendahnya intensitas matahari. Efisiensi yang dihasilkan pada kedua variasi tersebut dipengaruhi oleh banyaknya kalor yang diserap oleh air. Metoda yang digunakan adalah metoda eksperimental dengan membuat perangkat uji dimana pengambilan data dengan interval waktu 10 menit pada jam 10.00-15.00 WIB dengan intensitas matahari rata-rata $>700 \text{ W/m}^2$. Prinsip kerjanya yaitu sinar matahari diserap oleh pipa *receiver* selubung kaca yang didalamnya berisi air, akibat panas matahari temperatur air akan naik. Air yang panas mengalir ke tangki pada rangkaian seri atau paralel dengan prinsip *thermosyphon*. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan menunjukkan efisiensi rata-rata dan kenaikan temperatur air dalam tangki untuk rangkaian seri lebih besar yaitu masing-masing sebesar 58,45 % dan 12,5 °C. Sedangkan untuk rangkaian paralel efisiensi rata-rata dan kenaikan temperatur air dalam tangki masing-masing 57,30 % dan 11,9 °C. Hal ini terlihat bahwa susunan rangkaian kolektor berpengaruh pada efisiensi pemanas air, walaupun hasilnya tidak terlalu signifikan.

Kata Kunci: Rangkaian seri, Rangkaian paralel, *glass tube*, performansi, kolektor.

ABSTRACT: Solar energy is one of the new renewable energy sources. One of them can be applied to the needs of hot water. Solar energy conversion equipment for water heating or better known as solar water heater, utilizing a collector that serves to absorb heat from sunlight radiation. Utilization of solar energy continues to be developed with several technologies including Evacuated tube collector technology. This technology is designed to produce higher thermal energy compared to other types of collectors. In this research collector water heater glass sheath or tube glass made which has a receiver pipe in it. The study was made with two variations, namely solar water heater series and parallel series with a total of 12 receivers each. The aim is to find out the temperature and collector efficiency resulting from the two variations of the circuit. The amount of heat absorbed by the collector is influenced by the high or low intensity of the sun. The efficiency produced in both variations is influenced by the amount of heat absorbed by water. The method used is an experimental method by making a test device where data collection with a time interval of 10 minutes at 10:00 to 15:00 WIB with an average solar intensity $> 700 \text{ W / m}^2$. The principle works that the sun's rays are absorbed by the glass-enclosed receiver pipes which contain water, due to the sun's heat the water temperature will rise. Hot water flows into the tank in series or parallel series with the thermosyphon principle. Based on the analysis that has been done shows the average efficiency and increase in water temperature in the tank for a series of series is greater, respectively by 58.45% and 12.5 °C. Whereas for parallel circuits the average efficiency and increase in water temperature in the tanks were 57.30% and 11.9 °C, respectively. It is seen that the arrangement of the collector circuit has an effect on the efficiency of the water heater, although the results are not very significant.

Keywords: series circuit, parallel circuit, glass tube, performance, collector.

PENDAHULUAN

Energi terbarukan merupakan sumber energi non fosil yang dapat diperbarui dan apabila dikelola dengan baik maka sumber energinya tidak akan habis. Salah satu sumber energi yang mudah didapat dan tak ada habisnya adalah energi matahari. Pemanfaatan energi matahari telah berkembang dengan pesat sebagai sumber energi terbarukan. Salah satu aplikasi paling sederhana yang langsung dapat di konversikan dari energi ini adalah radiasi matahari menjadi panas. Pemanfaatan energi surya merupakan cara yang sangat praktis untuk menghasilkan energi terbarukan dengan jumlah yang sangat besar sehingga dapat dimanfaatkan pada berbagai macam aplikasi seperti kebutuhan listrik, pemanas air, dsb. Salah satu pemanfaatan energi matahari dengan menggunakan alat bantu adalah alat pemanas air tenaga surya. Ada banyak manfaat air panas dalam kehidupan mulai dari untuk dikonsumsi, keperluan mandi, mencuci peralatan lainnya dan untuk kebutuhan skala besar seperti pabrik, rumah makan dan penginapan.

Penggunaan kolektor energi surya di Indonesia untuk pemanas air masih belum banyak penggunaannya, khususnya kalangan masyarakat menengah kebawah. Hal ini disebabkan karena kurang dikenalnya alat pemanas air tenaga matahari dan juga faktor alat pemanas yang di tawarkan masih cukup mahal. Alat pengkonversi energi surya pemanas air atau lebih sering dikenal *solar water heater*. memanfaatkan kolektor energi surya yang berfungsi untuk menangkap sinar surya dan juga menyerap panas dari sinar surya. Pengembangan pemanfaatan energi surya terus dikembangkan dengan beberapa teknologi diantaranya yaitu pengumpulan energi surya melalui kolektor surya yang dapat didesain berbentuk plat datar atau menggunakan kaca selubung serta kolektor berbentuk parabola. *Solar water heater tipe tube collector* adalah kolektor pemanas air yang memiliki bentuk kolektor selubung kaca atau yang di kenal dengan *tube glass* yang terdapat pipa *receiver* di dalamnya. Kolektor tipe ini mampu menyerap panas dengan baik dan menghasilkan efisiensi alat yang lebih tinggi dari tipe kolektor lainnya. Tujuan dari penggunaan *tube glass* ini adalah untuk mengurangi terjadinya pelepasan atau perpindahan panas dari pipa *receiver* ke lingkungan. Kolektor pemanas air ini merupakan kolektor yang dirancang untuk menghasilkan panas yang lebih tinggi dan faktor kehilangan panasnya yang relatif rendah. Hal ini dikarenakan menggunakan *tube glass* yang mampu menyerap energi panas dan meminimalisasi kehilangan panas dari *receiver* yang terjadi secara konveksi keluar menuju lingkungan.

Dalam penelitian ini penulis akan merancang kolektor penyerap panas dengan membandingkan variasi penggabungan dua kolektor secara seri dan paralel dengan tujuan untuk mengetahui mana yang mampu menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi. Dengan demikian penulis akan melakukan penelitian dengan judul Analisis Performansi Pemanas Air Surya

Rangkaian Seri dan Paralel yang Menggunakan Pipa Tembaga dengan Glass Tube Collector.

Solar Water Heater

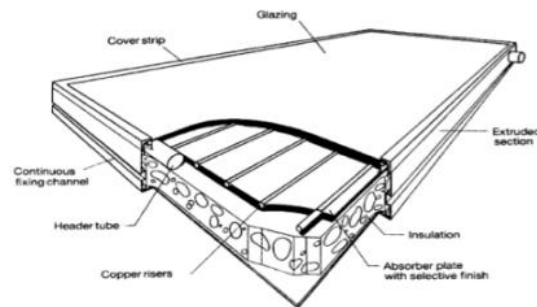
Solar water heater (pemanas air tenaga surya) adalah sebuah alat dengan prinsip kerja menangkap dan menahan panas matahari kemudian energi panas tadi digunakan untuk menaikkan temperatur fluida kerjanya yaitu air. Berdasarkan sirkulasi aliran fluidanya *water heater* memiliki dua sirkulasi yaitu *natural circulation (thermosyphon)* dan *forced circulation system*. Pada sistem *thermosyphon* tangki diletakkan di atas kolektor lalu air bersirkulasi karena konveksi alami yang diberikan energi surya ke air melalui kolektor dan menimbulkan perbedaan densitas, sedangkan *forced circulation system* memerlukan pompa dengan termostat untuk mengontrol suhu air (Duffie and Beckman, 2013).

Tipe Kolektor

Menurut (Goswami, 2015) ada beberapa tipe kolektor *solar water heater*, diantaranya yaitu:

Flat-Plate Collector

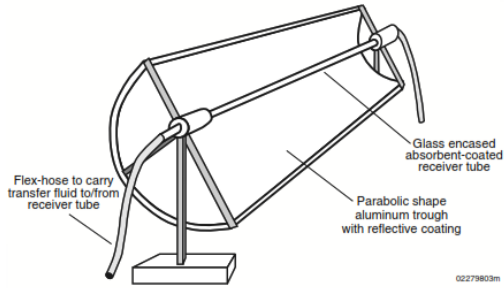
Kolektor surya plat datar adalah alat yang digunakan untuk mengkonversikan energi radiasi matahari menjadi energi panas yang kemudian diserap oleh fluida kerja. Fluida yang dipanaskan dapat berupa cairan yakni air, minyak, oli, dan juga dapat berupa gas atau udara. Kolektor surya plat datar dapat memanaskan fluida mencapai temperatur keluaran 95°C dalam aplikasinya kolektor plat datar digunakan untuk memanaskan air dan udara.



Gambar 1 Flat Plate Collector, Sumber: (Kalogirou, 2004)

Parabolic Trough Collector

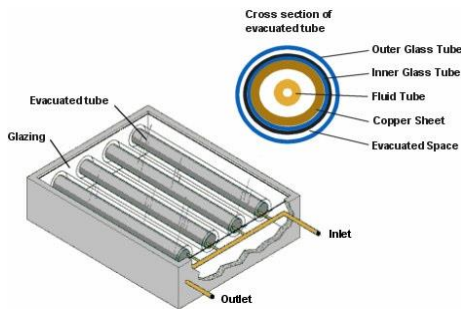
Kolektor tipe ini dirancang pada penggunaan yang membutuhkan energi panas dengan temperatur 100°C – 400°C. Pemanas air tenaga surya tipe parabolic trough collector memiliki tingkat efisiensi yang lebih baik dibandingkan dengan tipe *flat-plate collectors*, hal ini karena prinsip kerjanya yang memusatkan pemantulan sinar atau energi panas ke satu titik atau daerah fokus pada bagian *receiver*.



Gambar 2 Parabolic Trough Collector (Sumber: National Renewable Energy Laboratory, 2000)

Evacuated Tube Collector

Kolektor tipe ini dirancang untuk mendapatkan energi panas yang tinggi dibandingkan dengan kolektor pemanas air lainnya. Kelebihannya terdapat pada faktor heat loss yang relatif rendah dan efisiensi penyerap panasnya yang tinggi, karena udara yang terjebak diantara *receiver* dan *tube*-nya dikondisikan dalam keadaan vakum sehingga dapat mengurangi heat loss yang terjadi secara konveksi dari permukaan luar *receiver* keluar menuju udara luar.

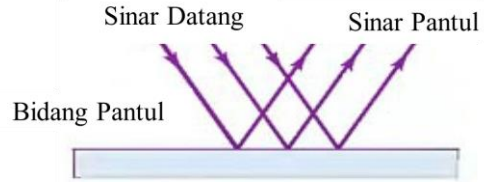


Gambar 3 Evacuated tube collectors, (Maulana and Za, 2015)

Pemantulan Cahaya

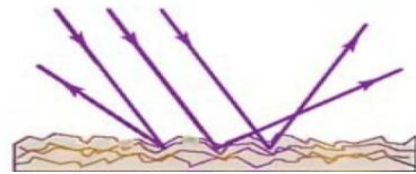
Berdasarkan Hukum *Snellius* yaitu: Sinar datang pada garis normal, dan sinar pantul terletak pada satu bidang dan berpotongan di satu titik pada bidang itu. Sudut antara sinar pantul dan garis normal (sudut pantul / r) sama dengan sudut antara sinar datang dan garis normal (sudut datang / i) ($i = r$).

Pemantulan cahaya terbagi menjadi dua, yaitu pemantulan biasa, dan pemantulan baur. Pemantulan biasa terjadi pada permukaan benda yang rata seperti cermin datar, cahaya dipantulkan membentuk suatu pola yang teratur.



Gambar 4 Pemantulan Biasa (Sumber : Young and Freedman, 2012)

Pemantulan baur terjadi saat sinar sejajar yang datang mengenai suatu permukaan yang tidak rata, maka sinar akan dipantulkan tidak sebagai sinar sejajar atau baur.



Gambar 5 Pemantulan Baur (Sumber : Young and Freedman, 2012)

Receiver

Receiver merupakan komponen dari alat pemanas air surya dan memiliki fungsi sebagai penyerap sinar radiasi matahari dan energi panas yang dihasilkan kolektor. Fluida atau air akan mengalir di dalam *receiver* yang berupa pipa. Permukaan *receiver* dapat dicat warna hitam, karena permukaan benda hitam tidak memantulkan radiasi, yang bertujuan agar penyerapan panas lebih baik. Panjang *receiver* harus disesuaikan dengan panjang *tube glass*-nya, ukuran panjang keduanya harus sama, hal ini bertujuan agar seluruh permukaan *receiver* mendapat sinar dan energi panas yang rata.

Panas yang diserap oleh pipa *receiver* dipengaruhi oleh bahan pipa *receiver*. Hal ini tergantung dari nilai konduktivitas termal material yang digunakan, semakin tinggi nilai konduktivitas bahan yang digunakan maka semakin baik juga panas yang dapat diserap oleh *receiver* tersebut. Perlu diperhatikan juga saat pemilihan material yaitu tahan terhadap korosi, harga material yang ekonomis, material yang mudah di dapat. Pada penelitian ini material dari *receiver* adalah tembaga dengan nilai konduktivitas termal yang baik dan mudah didapat serta tahan terhadap korosi.

Tabel 1 Konduktivitas Termal material logam (Sumber: Young, 2012)

Material Logam	Konduktivitas Termal (W/mK)
Perak	406
Tembaga	385
Aluminium	205

Kuningan	109
Baja	50,2

Glass Tube

Glass tube adalah selubung yang digunakan sebagai cover dari pipa receiver bertujuan untuk mengurangi heat loss ke udara luar secara langsung. Pipa receiver akan mengalami penurunan temperatur sampai pada titik kesetimbangan panas dengan temperatur lingkungan luar.

Kalor yang diterima kolektor

$$q_{kol} = A_a I \tag{1}$$

dimana,

- A_a = Luas aperture (m²)
- I = Intensitas radiasi matahari (W/m²)

Kalor yang diterima Air

Persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan kalor yang diterima oleh air adalah sebagai berikut: (Cengel, Y.A ,2003)

$$q_{air} = \dot{m} C_p (T_2 - T_1) \tag{2}$$

dimana:

- q_{air} = Kalor yang diterima air (W)
- \dot{m} = Massa air (kg/s)
- C_p = Panas jenis air (J/kg°C)
- T_1 = Temperatur awal air (°C)
- T_2 = Temperatur akhir air (°C)

Efisiensi Pemanas Air Surya

Efisiensi kolektor pemanas air tenaga surya dapat ditentukan nilainya dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\eta = \left(\frac{q_{air}}{q_{kol}} \right) 100\% \tag{3}$$

dimana,

- η = Efisiensi kolektor pemanas air (%)
- q_{air} = Kalor yang diterima air (W)
- q_{kol} = Kalor yang diberikan ke kolektor

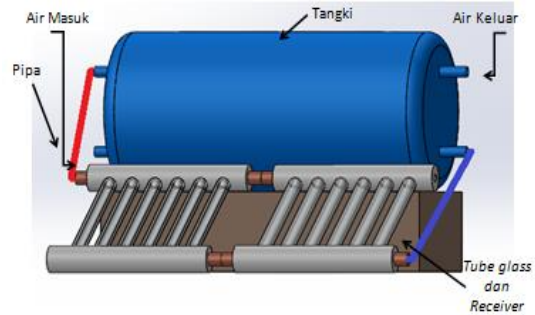
(W)

METODE PENELITIAN

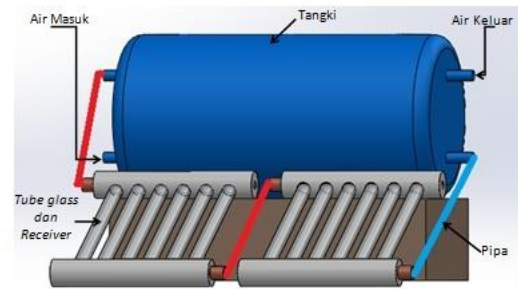
Penelitian secara eksperimental yaitu dengan membuat perangkat uji seperti pada gambar berikut ini. Ada 2 perangkat uji yang dibuat yaitu perangkat uji rangkaian seri dan perangkat uji rangkaian paralel.

Air pada tangki mengalir melalui pipa menuju receiver karena perbedaan ketinggian dan kemiringan.

Air lalu menerima panas dari sinar matahari yang ditangkap kolektor yang difokuskan ke pipa receiver tempat air mengalir. Hal ini mengakibatkan temperatur air naik, sehingga air mengalir masuk ke reservoir (tangki) menggunakan prinsip *thermosyphon*. Seterusnya air yang bertemperatur lebih rendah mengalir kembali ke pipa receiver dan terus bersirkulasi dengan menggunakan prinsip *thermosyphon*.



Gambar 6 Perangkat Uji Rangkaian Paralel



Gambar 7 Perangkat Uji Rangkaian Seri

Komponen dan Dimensi Perangkat Uji

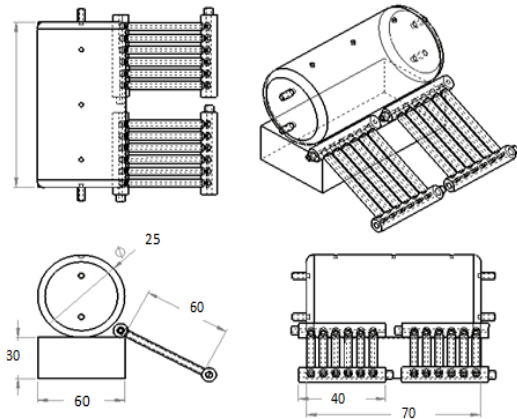
Tabel 2 Komponen Perangkat Uji

No	Komponen Perangkat Uji	Besaran	Ukuran
1	Recervoir Tank	Volume	0.01 m ³
2	Pipa Receiver	Diameter dalam	5/8 inch
		Panjang	60 cm
3	Tube Glass	Diameter	1¼ inch
		Panjang	60 cm
4	Pipa Inlet (Air masuk kolektor)	Diameter	5/8 inch
5	Pipa Outlet (Air keluar kolektor)	Diameter	5/8 inch
6	Pipa Variasi	Diameter	5/8 inch

Tabel 3 Dimensi Kolektor Surya

No	Besaran	Nilai
1	Luas Kolektor	0,107671m ²
2	Jumlah Kolektor	2 bh
3	Sudut Kemiringan Kolektor	15°

4	Jumlah Receiver dan Tube glass	12 bh
---	-----------------------------------	-------



Gambar 8 Dimensi Perangkat Uji

Alat dan bahan

Alat ukur pada penelitian ini terdiri dari termometer untuk mengukur temperatur air di dalam tangki. *Automatic Weather Station* (AWS) untuk mencatat intensitas cahaya matahari dan kecepatan angin. Bahan yang digunakan adalah Pipa tembaga 5/8 inch sebagai receiver, kaca transparan sebagai glass tube pipa receiver, selang air untuk media penyalur air dari receiver ke tangki, besi sebagai penyangga kolektor, busa berbahan polyurethane sebagai isolator pipa menuju receiver dan pipa keluar receiver.

Prosedur Pengujian

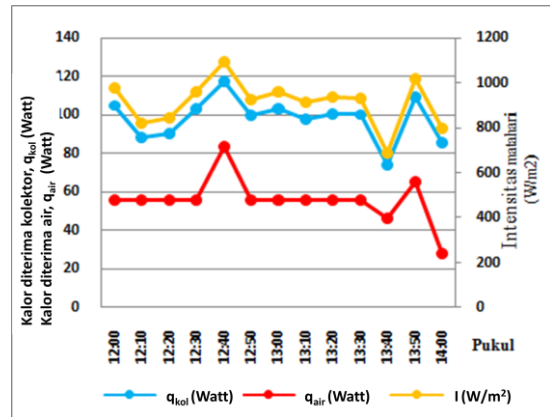
Siapkan seluruh perangkat uji serta alat-alat ukur yang akan digunakan. Dalam pengujian ini terdapat 2 alat uji dengan variasi rangkaian seri dan rangkaian paralel. Letakkan perangkat uji di lokasi yang terbuka dan bebas dari penghalang sinar matahari serta arahkan kolektor menghadap tegak lurus ke arah matahari. Atur beda ketinggian pipa receiver dengan tangki agar air bisa mengalir saat dipanaskan. Lalu tuangkan air hingga air di dalam pipa dan selang terisi penuh, lalu tuangkan air ke dalam tangki menggunakan gelas ukur sampai tangki terisi 8 liter air. Letakkan termometer pada tiga titik di tangki untuk diambil sebagai data pengujian.

Proses pemanasan solar waterheater tipe tube collector ini adalah dengan menggunakan prinsip *thermosyphon*, Air pada tangki mengalir melalui pipa menuju receiver karena perbedaan ketinggian dan kemiringan. Air lalu menerima panas dari sinar matahari yang ditangkap kolektor yang difokuskan ke pipa receiver tempat air mengalir. Hal ini mengakibatkan temperatur air naik, sehingga air mengalir masuk ke reservoir (tangki) menggunakan prinsip *thermosyphon*. Seterusnya air yang bertemperatur lebih rendah mengalir kembali ke pipa receiver dan terus bersirkulasi. Tangki penyimpanan air panas dapat digunakan apabila telah mencapai suhu panas tertentu dan siap digunakan. Catat

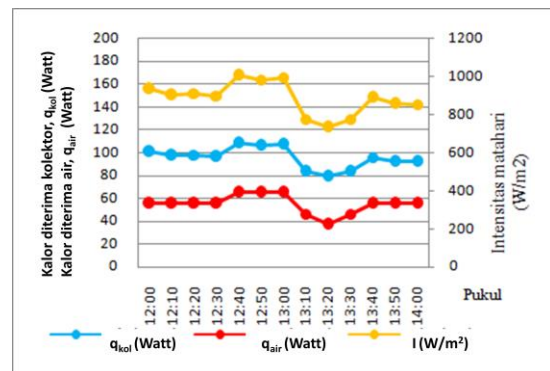
semua data yang diperlukan untuk Pemanas air surya rangkaian paralel dan seri yang meliputi Intensitas radiasi matahari, temperatur awal fluida (air) dan temperatur air (T_1, T_2 dan T_3) didalam tangki. Catat perubahannya dalam interval waktu setiap 10 menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

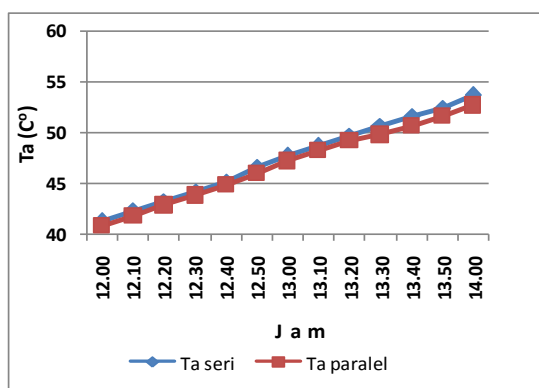
Dari gambar 9 dan gambar 10 terlihat bahwa besarnya Intensitas matahari berpengaruh terhadap kalor yang diterima oleh kolektor dan kalor yang diterima oleh air. Jika Intensitas matahari naik maka kalor yang diterima kolektor akan semakin besar, sebaliknya apabila intensitas matahari turun maka kalor yang diterima kolektor turun; dimana luas kolektor yang menerima panas adalah sama/ tetap. Intensitas matahari tertinggi pukul 12.40 sebesar 1093,00 W/m² dengan besar kalor kolektor 117,68 W untuk rangkaian seri. Untuk rangkaian paralel intensitas matahari tertinggi sebesar 1004 W/m² dengan kalor kolektor sebesar 108,10 W.



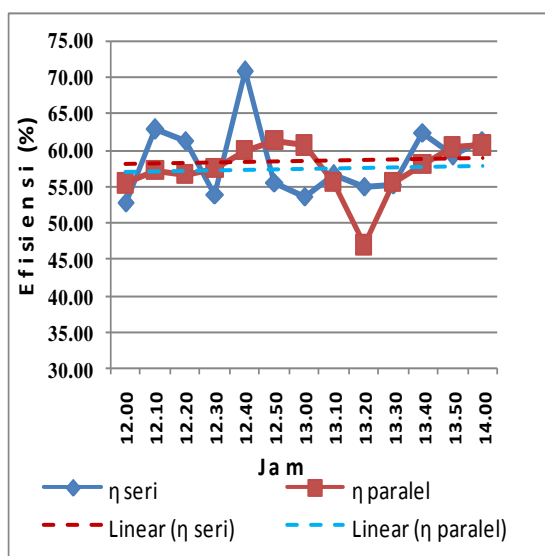
Gambar 9 Grafik Intensitas matahari (I), Kalor kolektor (q_{kol}), dan Kalor air (q_{air}) terhadap waktu untuk rangkaian Seri.



Gambar 10 Grafik Intensitas matahari (I), Kalor kolektor (q_{kol}), dan Kalor air (q_{air}) terhadap waktu untuk rangkaian paralel.



Gambar 11 Grafik kenaikan temperatur terhadap waktu untuk rangkaian Seri dan paralel.



Gambar 12 Grafik Efisiensi terhadap waktu untuk rangkaian Seri dan paralel.

Dari gambar 11 terlihat bahwa kenaikan temperatur air dari jam 12.00 sampai dengan jam 14.00 untuk rangkaian seri lebih tinggi yaitu sebesar 12,5 °C. Sedangkan untuk rangkaian paralel kenaikan temperaturnya sebesar 11,9 °C. Hal ini disebabkan temperatur air pada rangkaian seri setelah melewati kolektor 1 dipanaskan kembali pada kolektor 2, sehingga temperatur air menjadi lebih besar. Hasil penelitian ini juga didapat bahwa efisiensi rata-rata untuk rangkaian seri lebih besar dari pada efisiensi rata-rata untuk rangkaian paralel yaitu masing-masing 58,45 % dan 57,30 %, walaupun tidak terlalu signifikan dapat dilihat pada gambar 12. Hal ini disebabkan oleh nilai Intensitas matahari mempengaruhi terhadap nilai efisiensi yang dihasilkan oleh kolektor pada rangkaian seri dan rangkaian paralel, berpengaruh untuk besarnya energi panas yang diterima kolektor dan energi panas yang diterima oleh air.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan bahasan diatas dapat disimpulkan bahwa:

1. Kenaikan temperatur air selama 2 jam untuk rangkaian seri lebih besar yaitu 12,5 °C dibandingkan untuk rangkaian paralel sebesar 11,9 °C
2. Efisiensi rata-rata untuk rangkaian seri lebih besar dari pada efisiensi rata-rata untuk rangkaian paralel yaitu masing-masing 58,45 % dan 57,30 %

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat dan Kerjasama Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, sebagai lembaga yang membantu dalam menyalurkan dana untuk penelitian ini. Ucapan terima kasih juga kepada Staff Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi Palembang yang telah membantu dalam pengambilan data penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Cengel, Y.A (2003) Heat Tranfer: A Practical Approach, Mc.Graw-Hill
- Duffie, J. A. and Beckman, W. A. (2013).Solar Engineering of Thermal Processes Solar Engineering. 4th edn. John Wiley & Sons, Inc.
- Goswami, D. Y. (2015).Principles of Solar Engineering, Third Edition, Taylor and Francis Group, LLC.
- Kalogirou, S. A. (2004) Solar thermal collectors and applications.
- National Renewable Energy Laboratory (2000). Parabolic-trough solar water heating.
- Maulana, M. I. and Za, I. (2015) ‘Pengaruh Bentuk Kolektor Konsentrator Terhadap Efisiensi Pemanas Air Surya’.
- Young, H. and Freedman, R. (2012). University Physics with modern physics, Pearson education.