

## PENGARUH SUSUNAN PIPA LALUAN TERHADAP PEMANFAATAN KALOR PADA KOLEKTOR SURYA PELAT DATAR ABSORBER GRANITE

### The Influence of Tube arrangements inlet tube to heat utilization on Plate Solar Collector Using a Granite Absorber

Made Wirawan\*, Mirmanto, I Gede Bawa Susana, Rudy Sutanto  
Teknik Mesin, FT., Universitas Mataram, Jl. Majapahit no. 62, Mataram, NTB, 83125,  
Indonesia, Telp. (0370)636087  
\*E-mail: [wwiralo@yahoo.co.id](mailto:wwiralo@yahoo.co.id)

#### ABSTRAK

Kolektor merupakan alat pengumpul energi surya yang dapat digunakan untuk memanaskan fluida baik cair maupun gas. Untuk mengoptimalkan penyerapan energi matahari sangat tergantung pada komponen dari kolektor tersebut seperti luas, badan kolektor, laluan, penutup dan sistem isolasi. Pada penelitian ini menggunakan absorber batu granit dengan variasi susunan pipa laluan dan laju aliran air. Tujuan penelitian untuk mendapatkan susunan pipa yang optimal sehingga dapat menyerap energi matahari dengan maksimal.

Untuk memenuhi tujuan ini dengan melaksanakan penelitian menggunakan tiga buah kolektor dengan absorber batu granit ukuran 80 Cm X 100 Cm, dan tiga jenis susunan laluan yang berbeda. Untuk mengetahui jumlah pemanfaatan kalor maksimal maka laju aliran air yang mengalir dalam kolektor akan di variasikan yaitu 200 cc/ mnt, 250 cc/ mnt dan 300 cc/mnt.

Dari hasil penelitian didapatkan nilai pemanfaatan kalor pada kolektor surya dipengaruhi oleh: susunan pipa saluran air, laju aliran air dan waktu. Nilai pemanfaatan kalor maksimal terjadi pada saluran paralel 7 tiap-tiap laju aliran. Laju aliran yang menghasilkan pemanfaatan kalor maksimal maksimal pada laju 300 cc/mnt.

Kata Kunci: **Absorber, granit, panas, susunan laluan**

#### ABSTRACT

*The collector of solar energy can be used for heating fluid such as liquid or gas. The optimize absorption of solar energy depends on the collector dimension and component, e.g. the width, body of collector, tube formation, cover and isolation system. This research uses a granite absorber with a variation of tube formations and water flow rates. The aim of the research is to find out the optimal tube formation.*

*To achieve the aim of the research, the experiments of water heating using three collectors with a granite absorber 80 Cm x 100 Cm and three way tube formations have been done. The variation of water flow rates had been performed to investigate the maximal performance. The water flow rates used were 200, 250 and 300 cc/minute.*

*The result of research achieved value of heat utilization of solar collector influenced by: arrangement inlet tube, flow rates of water and time. The maximal heat utilization occur at parallel 7 for each flow rate. The flow rate 300 cc/minute show maximal heat utilization.*

Key words : **absorber, granite, heat, pipe formation**

#### PENDAHULUAN

Bentuk energi yang sering digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi pada saat ini adalah energi fosil yang meliputi bahan bakar minyak, batu bara maupun gas bumi. Energi fosil ini termasuk sebagai sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui serta memiliki kapasitas yang terbatas untuk

memenuhi tingkat kebutuhan yang semakin hari semakin bertambah. Surya merupakan salah satu sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable energy*) yang memiliki potensi tinggi untuk dikelola dan dikembangkan mengingat Indonesia merupakan suatu wilayah yang berada pada jalur katulistiwa. Energi surya di Indonesia

memiliki potensi yang sangat besar untuk dimanfaatkan mengingat matahari dapat bersinar sepanjang tahun dan merata di seluruh wilayah Indonesia.

Untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi dalam pemanfaatan energi surya secara langsung, dapat dikembangkan dengan menggunakan pengumpul-pengumpul panas yang biasa disebut kolektor surya (*solar collector*). Pada penelitian ini menggunakan media pasir dan batu sebagai media absorbernya. Selain itu absorber pasir dan batu diharapkan dapat menggantikan penggunaan absorber logam pada kolektor surya.

Berdasarkan hal tersebut mendasari penulis untuk meneliti pengaruh penggunaan absorber yang berbeda dalam hal ini menggunakan media pasir dan batu sebagai pembanding guna mengetahui peningkatan temperatur keluar air sehingga didapatkan laju perpindahan panas yang optimal pada air. Secara khusus tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

mengetahui unjuk kerja kolektor surya dengan memvariasikan jenis material yang digunakan sebagai absorber terhadap kenaikan temperatur air sehingga didapatkan laju perpindahan panas pada air, mengetahui pengaruh waktu penelitian terhadap laju perpindahan panas pada air, dapat menyediakan pemanas air untuk keperluan rumah tangga.

## TINJAUAN PUSTAKA

Kolektor surya merupakan suatu alat pengumpul panas yaitu dengan memanfaatkan panas yang dihasilkan sinar matahari menjadi sumber energi panas untuk memanaskan absorber yang terdapat dalam kolektor dan kemudian memanskan fluida yang terdapat pada kolektor baik udara maupun air. Pada saat cahaya matahari menimpa absorber pada kolektor surya, sebagian cahaya akan dipantulkan kembali ke lingkungan, sedangkan sebagian besarnya akan diserap dan dikonversi menjadi energi panas, lalu panas tersebut dipindahkan kepada fluida yang bersirkulasi di dalam kolektor surya untuk kemudian dimanfaatkan untuk berbagai tujuan.

Peralatan untuk mengumpulkan sinar matahari yang terbuang begitu saja di sebut kolektor surya. Dalam mendisain suatu kolektor harus mempertimbangkan berbagai aspek. Untuk mengkonversi radiasi matahari menjadi panas harus memenuhi 3E yaitu (*Ecological, Efficient, and Economical*) ekologis, efisien dan ekonomis dalam pembuatan dan pengembangan kolektor [1].

Besar radiasi matahari yang dapat terkumpul pada kolektor sangat tergantung pada komponen dan desain dari peralatan kolektor. Pada komponen kolektor sangat tergantung pada material kolektor seperti absorber, pipa, bahan dinding, penutup dan isolasinya. Penelitian penggunaan absorber selain pelat dari logam sudah pernah dilakukan penulis. Pada penelitian terdahulu menggunakan absorber pasir laut. Dari penelitian tersebut didapatkan bahwa kolektor dengan absorber pasir dapat menyerap radiasi matahari menjadi energi panas walaupun lebih kecil dari absorber pelat aluminium. Tetapi setelah jam 13.00 dimana intensitas matahari mulai turun, pada kolektor absorber pelat kalor yang diserap oleh air mengalami penurunan sedangkan pada absorber pasir masih stabil karena sifat pasir yang bisa menyimpan panas. Dan dari penelitian tersebut dilakukan pengujian dengan memvariasikan debit air, dimana dihasilkan bahwa semakin besar debit air maka kalor yang diserap air semakin besar [2].

## KOLEKTOR SURYA.

Secara umum, kolektor surya bila ditinjau dari panas yang diinginkan, dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu kolektor konsentrasi dan nonkonsentrasi.

Kolektor Non-konsentrasi (*Stationary Collector*) adalah kolektor surya yang mempunyai posisi permanen / tidak dapat bergerak dan tidak bisa melacak arah sinar matahari. Ada tiga macam stationary collector yaitu : *Flat-plate collector* (kolektor plat datar), *Compound Parabolic Collector* (CPCs) dan *Evacuated Tube Collector* (ETCs).

Kolektor Surya Terkonsentrasi dengan Pelacak Matahari (*Sun-tracking Cocentrating Collector*). Kolektor jenis ini biasanya memiliki

permukaan refleksi cekung untuk menahan dan memfokuskan radiasi matahari ke luasan penerima yang lebih kecil, sehingga meningkatkan fluks radiasi. Kolektor terkonsentrasi cocok untuk aplikasi suhu tinggi. Adapun tipe Sun-tracking concentrating collector diantaranya adalah *Parabolic Trough Collector (PTCs)*, *Linear Fresnel Reflector (LFRs)*, *Parabolic Dish Reflector (PDRs)* dan *Heliostat Field Collectors (HFCs)* [3].

Kolektor Surya Pelat Datar (*Flat-Plate Collector*) Radiasi matahari masuk melalui penutup transparan dan mengenai permukaan hitam *absorber* dengan absorpsifitas tinggi, sebagian besar energi ini diserap oleh pelat dan dipindahkan ke medium pengangkut didalam pipa cairan, dialirkan ke penyimpanan atau langsung digunakan. Bagian bawah pelat penyerap dan dua sisi dindingnya terisolasi dengan baik untuk mengurangi kerugian panas konduksi. Komponen utama sebuah kolektor pelat datar adalah sebagai berikut :

1. Cover adalah kaca atau material transmisi radiasi lain.
2. Saluran cairan panas. Pipa , sirip, atau saluran yang langsung mentransfer panas fluida dari inlet ke outlet.
3. Absorber pelat. Datar, bergelombang, atau pelat beralur, dimana pipa, sirip, atau bagian-bagian lain terpasang.
4. Header atau Manifold adalah pipa dan saluran untuk menyalurkan dan pengisian fluida.
5. Isolasi yaitu untuk mengurangi kehilangan panas di bagian bawah dan samping kolektor.
6. Casing yang mengelilingi komponen dan melindungi dari debu, kelembaban, dan material lain [3].

## ANALISIS PERPINDAHAN PANAS KOLEKTOR

Kalor yang masuk ke kolektor menyatakan besarnya energy radiasi matahari yang dapat ditangkap oleh kolektor. Dimana besarnya energi matahari yang masuk merupakan perkalian antara intensitas matahari dengan luas kolektor:

$$Q_{in} = IT * A \quad (1)$$

Panas yang diserap oleh air didalam kolektor ( $Q_u$ ) adalah sama dengan perkalian dari kapasitas air pada tekanan konstan ( $C_p$ ), laju aliran massa air ( $\dot{m}$ ) dan beda temperatur masuk dan temperatur keluar kolektor ( $T_o - T_i$ ). Sehingga panas yang diserap oleh air ( $Q_u$ ) adalah :

$$Q_u = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_o - T_i) \quad (2)$$

Dimana :

$Q_u$  = Energi yang berguna yang dilepaskan oleh kolektor (Watt).

$\dot{m}$  = Laju aliran massa air (kg/s).

$C_p$  = Kapasitas panas air pada temperatur konstan.

$A_c$  = Luasan area kolektor ( $m^2$ ).

$T_o$  = Temperatur outlet air rata-rata (K).

$T_i$  = Temperatur inlet air rata-rata (K).

Radiasi matahari yang masuk ke kolektor, sebagian akan diserap dan dihantarkan ke fluida dan merupakan energi yang digunakan. Dalam sistem tidak semua energi yang masuk tidak dapat digunakan semuanya sebagian akan yang merupakan kerugian. Kerugian kalor dari kolektor merupakan selisih antara kalor yang masuk ke kolektor dengan kalor yang dapat diserap oleh air

$$Q_{loss} = Q_{in} - Q_u \quad (3)$$

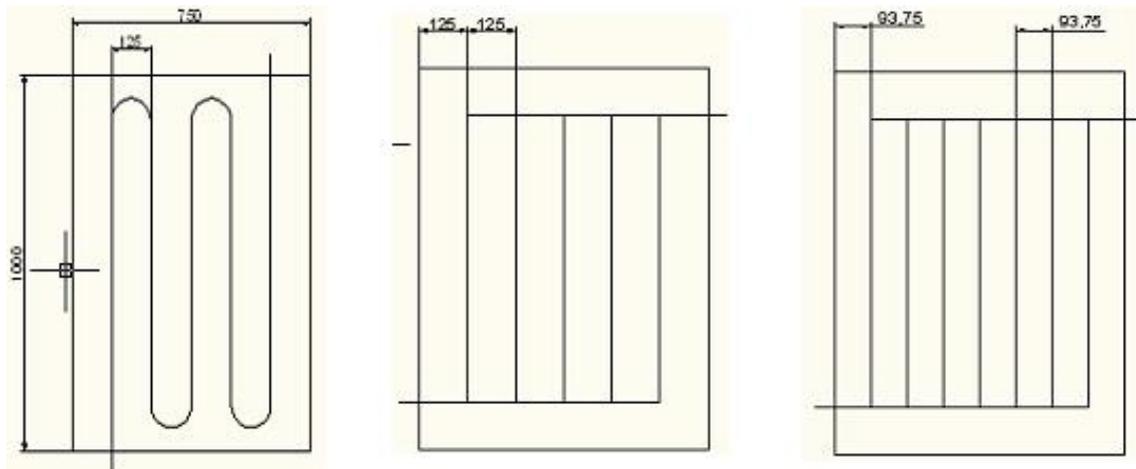
Ratio antara energi berguna dengan kalor masuk menyatakan ukuran efisiensi dari kolektor,

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_{in}} \times 100\% \quad (4)$$

## METODE PENELITIAN

Pengujian dilakukan mulai pukul 10.00 WITA sampai dengan pukul 16.00 WITA dalam kondisi cuaca cerah dengan prosedur sebagai berikut :

1. Meletakkan 3 buah kolektor surya dibawah sinar matahari langsung dan memposisikan kolektor surya sesuai dengan arah matahari.



Gambar 1. Tiga macam saluran

2. Mengatur sudut kemiringan kolektor surya.
3. Mengatur laju aliran air dengan debit 200 cc/menit, pada masing-masing kolektor.
4. Melakukan pengukuran temperatur lingkungan, permukaan kaca dan temperatur absorber pada masing-masing kolektor.
5. Pencatatan suhu lingkungan, permukaan kaca, suhu absorber, temperatur air masuk dan keluar yang dilakukan selama 6 jam yang dimulai dari jam 10.00 hingga 16.00 WITA. Dan dilakukan pengambilan data setiap 15 menit.
6. Mengulang langkah pengujian untuk debit 250 cc/menit dan 300cc/menit pada hari berikutnya pada jam yang sama dengan menggunakan kolektor yang sama.
7. Untuk mendapat hasil pengamatan yang lebih baik maka setiap laju dilakukan pengulangan

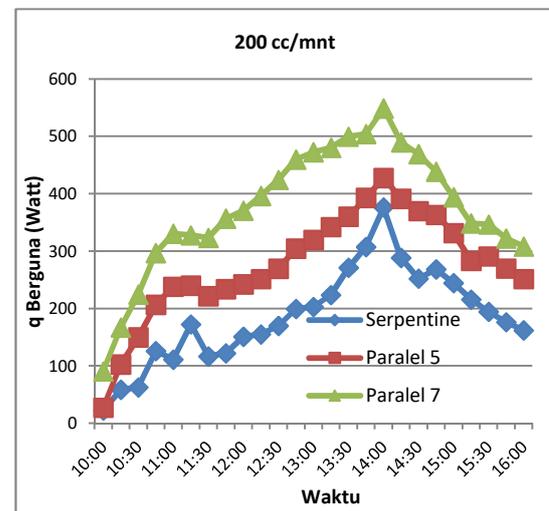
### ANALISIS DATA

Pemanfaatan kalor menyatakan besarnya energi panas yang dapat digunakan atau dimanfaatkan untuk memanaskan air ketika air mengalir melalui kolektor. Untuk mengetahui jumlah kalor yang dapat diserap oleh air dalam penelitian ini dengan mengukur temperatur air masuk

dan keluar kolektor. Dimana pemanfaatan kalor dapat di hitung dengan persamaan:

$$Q_u = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_o - T_i)$$

Dari persamaan dapat diprediksi bahwa dengan temperatur air masuk sama untuk ketiga kolektor, maka kolektor yang menghasilkan temperatur air keluar kolektor lebih besar berarti akan dapat memanfaatkan kalor lebih banyak dari sumber kalor.

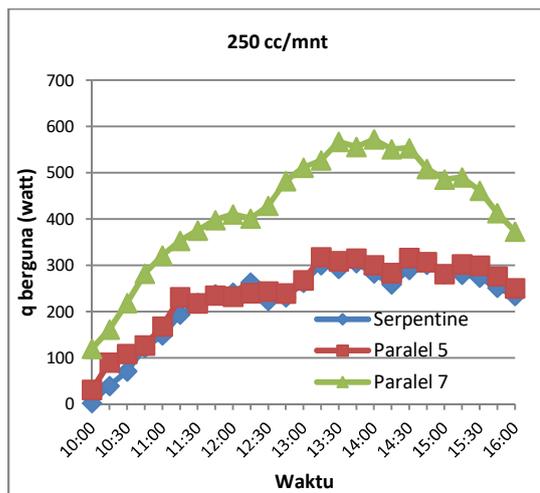


Grafik 1. Hubungan pemanfaatan kalor terhadap waktu untuk laju 200 cc/menit

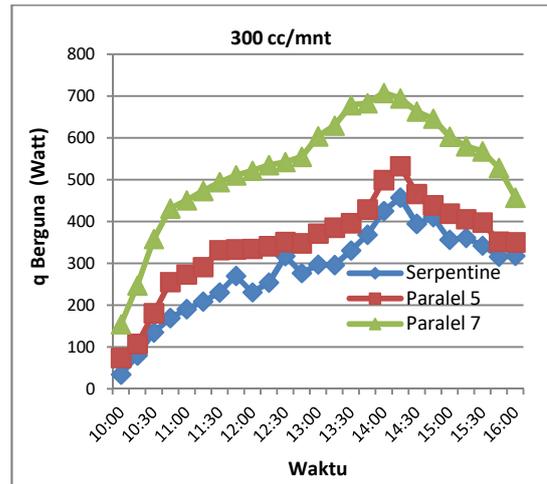
Dari grafik 1, 2 dan 3 ditunjukkan pemanfaatan kalor untuk memanaskan air dari jam 10.00 wita terus mengalami kenaikan, hal ini disebabkan karena jumlah kalor yang masuk ke kolektor juga mengalami

kenaikan. Dari grafik juga ditunjukkan jumlah kalor yang bisa dimanfaatkan sebanding dengan jumlah kalor yang masuk. Ketika jumlah kalor yang masuk turun maka kalor yang bisa dimanfaatkan juga mengalami penurunan.

Grafik 1 menunjukkan besar kalor yang dapat digunakan untuk memanaskan air pada laju aliran 200 cc/mnt. Pemanfaatan maksimal terjadi pada saluran dengan susunan parallel 7 diikuti dengan susunan saluran parallel 5 dan yang terkecil terjadi pada saluran serpentine. Fenomena ini juga terjadi pada laju 250 cc/mnt dan 300 cc/mnt. Hal ini disebabkan karena pada paralel 7 luas permukaan saluran air lebih besar bila dibandingkan dengan saluran lain. Karena dalam perpindahan panas baik secara konduksi, konveksi maupun radiasi luas permukaan sangat berpengaruh selain perbedaan temperatur maupun sifat fisik material.



Grafik 2. Hubungan pemanfaatan kalor terhadap waktu untuk laju 250 cc/menit



Grafik 2. Hubungan pemanfaatan kalor terhadap waktu untuk laju 250 cc/menit

Nilai pemanfaatan kalor antara dari ketiga susunan pipa terlihat dari grafik bahwa susunan pipa paralel 7 dapat memanfaatkan kalor yang terserap kolektor lebih besar dari pada susunan.

pipa yang lain untuk semua laju aliran yaitu 200,250 maupun 300 cc/mnt. Hal ini sangat dipengaruhi oleh temperatur air keluar kolektor dengan temperatur tertinggi terjadi pada susunan pipa paralel 7. Semakin tinggi temperatur air keluar maka kenaikan temperatur air atau perbedaan antara temperatur air yang keluar dan masuk kolektor akan semakin besar. Perbedaan temperatur yang besar akan menaikkan pemanfaatan kalor yang akan menjadi kalor berguna.

Untuk ketiga variasi laju aliran pada kolektor absorber batu granit didapatkan bahwa pemanfaatan kalor berguna maksimal terjadi pada susunan pipa paralel 7 dengan laju aliran 300 cc/menit sebesar 707,3861 Watt, kemudian laju aliran 250 cc/ menit sebesar 572,4056 watt dan pada laju 200 cc/menit sebesar 548,6402 watt. Terlihat secara jelas walupun susunan pipa sama, akan terjadi pemanfaatan kalor maksimal yang berbeda pada laju berbeda. Jadi selain temperatur air keluar kolektor laju aliran juga sangat berpengaruh pada pemanfaatan kalor. Hal ini disebabkan semakin besar laju dengan ukuran luas penampang yang sama maka kecepatan aliran akan semakin besar yang berakibat pada kecepatan air dalam menyerap kalor dari kolektor.

Berdasar waktu pengamatan jumlah pemanfatan kalor dari pagi sampai siang terus mengalami peningkatan dan puncaknya terjadi pada 14.00 wita untuk ketiga jenis variasi laluan dan setelah puncak pemanfaatan kalor mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena pada sore hari intensitas matahari sudah turun.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, analisa dan pembahasan diatas maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Bentuk susunan saluran berpengaruh pada besar nilai pemanfaatan kalor dari kolektor surya.
2. Laju aliran air yang memintas pada saluran kolektor akan berpengaruh pada nilai pemanfaatan kalor pada kolektor surya.
3. Pemanfaatan kalor berguna maksimal terjadi pada susunan pipa paralel tujuh dengan laju aliran 300 cc/menit untuk sebesar 707,3861 Watt, kemudian laju aliran 250 cc/ menit sebesar 572,4056 watt dan laju 200 cc/menit sebesar 548,6402 watt
4. Nilai kalor yang dapat dimanfaatkan untuk memanaskan air dari pagi hingga siang mengalami peningkatan

### SARAN

Berdasarkan hasil yang didapat dari penelitian ada beberapa saran:

1. Perlu dilakukan peneltian untuk susunan pipa yang lain atau perlu memperpanjang saluran air .
2. Perlu memperbesar kolektor sehingga energi panas yang dapat dikumpulkan dalam kolektor lebih besar
3. Perlu memperbaiki system isolasi kolektor sehingga pemanfaatan kalor lebih optimal
4. Perlu dilakukan penelitian dengan jenis absorber lain.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Stefanovic Velimir P. And Bojic Milorad Lj, 2006, Development And Investigation Of Solar Collectors For Conversion Of Solar Radiation Into Heat And/Or Electricity. *Thermal Science*: Vol. 10 (2006), Suppl., No. 4, Pp. 177-187
- [2] Wirawan Made dan Rudy Sutanto, 2011, Analisa Laju Perpindahan Panas Pada Kolektor Surya Tipe Pelat Datar Dengan Absorber Pasir. *Jurnal Dinamika Teknik Mesin*, Volume 1. Nomor 2 Edisi Juli 2011, hal. 65-72.
- [3] Kalogirou. Soteris., 2009 ; *Solar Energy Engineering: Processes and Systems 1<sup>st</sup> Edition*, British Library, USA.