

Kolektor surya jenis sirkular dengan memanfaatkan neon bekas sebagai kaca penutup

I Ketut Gede Wirawan

Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Untuk mengurangi ketergantungan pada energi konvensional diperlukan pemikiran pengembangan energi alternatif, salah satunya adalah energi surya. Kolektor termal surya merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menyerap energi surya menjadi energi termal dan mentransfer energi tersebut ke fluida. Pada proses pemanasan air, kolektor surya yang terdiri dari bekas tabung neon sebagai kaca penutup dan pipa absorber yang diberi sirip akan dirancang dan dipelajari untuk mendapatkan unjuk kerja terbaik. Permasalahannya adalah rancang bangun kolektor surya, laju aliran massa dan temperatur fluida masuk untuk mendapatkan efisiensi yang terbaik. Eksperimen untuk mengetahui unjuk kerja dilakukan mulai pukul 10.00 sampai 14.00. Unjuk kerja dinyatakan sebagai efisiensi sesaat dari kolektor terhadap perubahan laju aliran massa dan temperatur fluida masuk. Hasil percobaan menunjukkan bahwa operasi terbaik dari sistem kolektor surya adalah pada laju aliran massa 250 cc/min dengan efisiensi 58.5%.

Kata kunci: Kolektor surya, non concentrating, pipa absorber bersirip.

Abstract

To reduce the dependence to conventional energy resource, an effort to develop alternative energy application should be considered. One of them is the solar energy. Tubular solar thermal collector is a device to absorb the solar energy in form of thermal energy and transfer it into fluid. In water heating process, the solar collector which consists of some ex tubular lamp as cover glass, and finned absorber pipes, is designed and will be studied to obtain its performance. The mass flow rate and inlet temperature of working fluid must be adjusted to achieve the highest efficiency for a certain tubular solar collector. The experiment to examine the performance of the device done from 10.00 AM to 2.00 PM. The performance is represented by the rate changes of mass flow and inlet fluid temperature. The experiment shows that the best performance of this tubular solar collector is at mass flow rate of 250 cc/min with the maximum efficiency of 58.5 %

Keywords: tubular solar collector, non concentrating, finned absorber pipe.

1. Pendahuluan

Banyak jenis alat konversi energi yang telah dikembangkan, baik termal maupun listrik. Kolektor termal surya merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menyerap energi surya, sekaligus mengubah energi surya menjadi energi termal dan mentransfer energi tersebut ke fluida untuk kemudian digunakan secara langsung atau disimpan terlebih dahulu pada suatu unit penyimpanan panas.

Kolektor termal yang dipakai dalam penelitian ini merupakan kolektor jenis sirkular dengan memanfaatkan lampu neon bekas 40 watt sebagai kaca penutup (*cover glass*). Kaca lampu ini memiliki karakteristik yang sesuai dengan kaca penutup kolektor pada umumnya. Disamping itu lampu neon bekas sangat mudah didapat di berbagai tempat, seperti di rumah sakit, kampus dan lain-lain.

Untuk memperbesar luas permukaan penyerap energi panas pada sistem kolektor surya jenis sirkular ini, pipa absorber diberi sirip. Dengan penambahan sirip energi yang diserap akan lebih banyak sehingga efisiensi "seesaat" dari kolektor surya menjadi naik. Pada penelitian ini akan dikaji pengaruh laju aliran masa fluida \dot{m} dan temperatur fluida masuk T_1 , terhadap efisiensi sesaat kolektor surya. Disamping itu bagaimana cara mengurangi *heat loss* dari kaca

penutup agar panas yang diserap oleh pipa absorber lebih efektif untuk memanaskan air.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan rancang bangun yang mempunyai prestasi kerja sebaik mungkin tentang pemanfaatan lampu neon bekas sebagai kaca penutup kolektor dan juga untuk dapat menentukan kondisi operasi optimal sistem kolektor surya.

Manfaat dari penelitian ini adalah : pertama, untuk memasyarakatkan energi surya sebagai energi alternatif. Kedua, memberikan nilai tambah pada lampu neon bekas sebagai kaca penutup kolektor sirkular. Ketiga, menambah wawasan keilmuan bidang energi surya pada umumnya, dan kolektor sirkular *non – concentrating* khususnya. Dan yang terakhir, dapat menyediakan air panas dengan biaya murah untuk kebutuhan rumah tangga, instansi dan puskesmas pada khususnya yang terletak di daerah terpencil.

1. Tinjauan Pustaka

Menurut Bhowmik dan Mullick (1985), untuk merancang suatu sistem kolektor surya terpusat atau mempelajari unjuk kerja (*performance thermal*) suatu sistem dengan kondisi operasi yang berbeda, pengetahuan tentang rugi-kalor (*heat loss factor*) sangat penting peranannya. Faktor rugi-kalor dari

sebuah kolektor dapat dihitung dengan menyelesaikan persamaan perpindahan panas atau dari persamaan empiris. Persamaan empiris yang digunakan tidak begitu cukup untuk memprediksi faktor rugi-kalor pada absorber sirkular sebagai target dalam konsentrator surya linier. Dalam konsentrator surya linier, rugi-kalor pada absorber yang berbentuk silinder dengan kaca penutup yang konsentris telah banyak dilakukan penelitian secara eksperimen maupun analitis. Namun tidak banyak persamaan empiris untuk rugi-kalor yang tampak dalam literatur.

Harding dan kawan-kawan (1985) melakukan penelitian terhadap penurunan efisiensi panas kolektor kosong (*evacuated collector*) dengan kaca turbular konsentris. Hasil pengukuran dan perhitungan tersebut digunakan untuk mengembangkan penurunan efisiensi panas sesaat dari sebuah panel kolektor. Efisiensi panas sesaat tersebut tergantung pada temperatur sekeliling, temperatur rata-rata zat cair dalam kolektor, fluks matahari dan rancangan *manifold*. Rancangan manifold menentukan perbedaan temperatur rata-rata antara permukaan tabung penyerap dan temperatur rata-rata zat cair pada kondisi pelaksanaan, dan berpengaruh nyata terhadap efisiensi sesaat dari panel kolektor. Rumus untuk efisiensi sesaat memberikan analisis yang terperinci akan pentingnya tentang kaitan mekanisme kerugian daya yang berbeda-beda dalam sebuah kolektor.

Zhiqiang dan kawan-kawan (1985) melakukan studi perbandingan tentang perpindahan panas antara tabung kaca penyerap panas dari kolektor turbular dan manifold zat cair dalam logam (*fluid-in-metal*) yang dirancang untuk mengekstraksi dari tabung kaca penyerap. Pengukuran temperatur di berbagai titik pada tabung kaca dan manifold memberikan efisiensi perpindahan panas untuk tiap manifold dalam berbagai kondisi operasi dan membiarkan adanya efisiensi optik dari kolektor. Pengaruh temperatur zat cair, inklinasi kolektor, dan *flow rate* (kapasitas aliran) diselidiki untuk empat tipe manifold. Hasil percobaan kemudian dibandingkan dengan perhitungan perpindahan panas.

Suwoto (1990) menganalisa unjuk kerja termal kolektor surya pelat datar di kota Surabaya. Efisiensi maksimal didapat berkisar antara 0.55, tergantung dari besarnya laju aliran, intensitas radiasi matahari, temperatur fluida masuk dan temperatur lingkungan.

Efisiensi Kolektor

Efisiensi kolektor merupakan perbandingan panas yang diserap oleh fluida dan intensitas matahari yang mengenai kolektor. Performansi dari kolektor dapat dinyatakan dengan efisiensinya. Ada dua cara atau prosedur yang dipakai untuk mengidentifikasi efisiensi kolektor yaitu :

- a. *Instantaneous procedure* yakni : pengukuran *mass flow rate*, perbedaan temperatur fluida masuk dan keluar dan isolasi. *Instantaneous*

efficiency (efisiensi sesaat) dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\eta = \frac{q_u / A}{I} = \frac{\dot{m}.c_p.(T_2 - T_1)}{I}$$

q_u = panas yang berguna

A = luas permukaan

I = total energy surya yang datang pada permukaan kolektor per satuan waktu per satuan luas

\dot{m} = mass flow rate

c_p = kapasitas panas jenis fluida

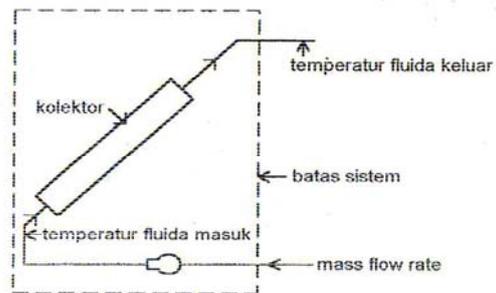
T_2 = temperatur fluida keluar kolektor

T_1 = temperatur fluida masuk kolektor

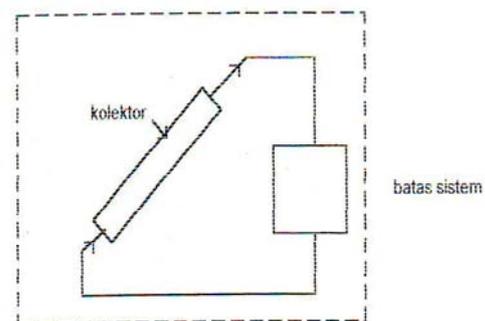
- b. *Calorimetric procedure* yakni : pengukuran efisiensi pada sistem tertutup dimana perubahan temperatur merupakan fungsi waktu dan berhubungan dengan sudut datang sinar matahari. Perhitungan efisiensinya adalah :

$$\eta = \frac{q_u / A}{I} = \frac{\dot{m}.c_p .dT / dt}{I} \tag{1}$$

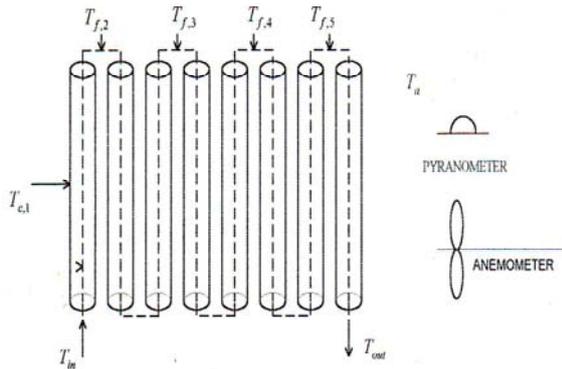
Dalam penelitian ini prosedur pengujian efisiensi kolektor dilakukan dengan "*instantaneous procedure*". Oleh karena pipa penyerap yang bersirip mempunyai distribusi temperatur yang tidak merata, maka persamaan efisiensi biasanya dinyatakan sebagai fungsi dari temperatur fluida masuk yang relatif mudah untuk dikontrol dan diukur selama pengujian. Gambar 1 dan 2 di bawah memperlihatkan prosedur pengujian pada sistem tertutup dan sistem terbuka.



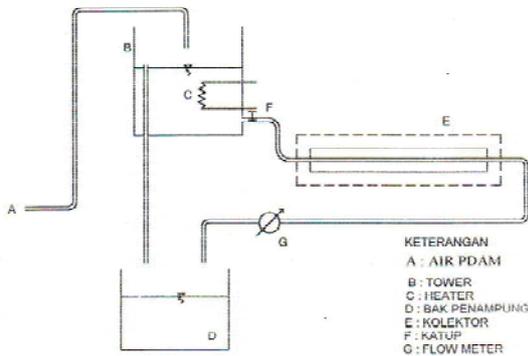
Gambar 1. *Instantaneous procedure*



Gambar 2. *Calorimeter procedure*



Gambar 3. Susunan kolektor sirkular



Gambar 4. Skema peralatan

2. Metode Penelitian

Neon bekas sebagai penutup kolektor dipasang seri sebanyak 8 buah dengan panjang masing-masing tabung 1,2 m. Posisi susunan pipa absorber beserta elbow yang menghubungkan antar pipa dan penempatan alat ukur ditunjukkan seperti gambar 3.

Pada ujung pipa keluaran dipasang flow meter untuk mendapatkan *mass flow rate* (\dot{m}), seperti ditunjukkan pada gambar 4.

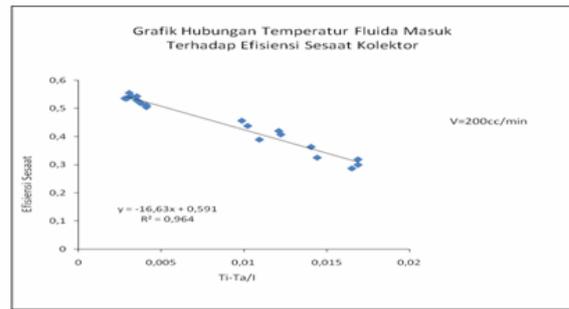
3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian terhadap laju aliran fluida $V = 200$ cc/min ($\dot{m} = 0,00333$ kg/s), $V = 250$ cc/min ($\dot{m} = 0,004167$ kg/s), $V = 300$ cc/min ($\dot{m} = 0,005$ kg/s) dengan memvariasikan temperatur fluida masuk T_1 yang mempunyai range antara 35°C sampai 50°C . Hasilnya ditunjukkan pada grafik di gambar 5, 6, 7.

Dengan meningkatnya temperatur fluida masuk maka akan terjadi penurunan koefisien perpindahan panas menyeluruh u_L dan penurunan faktor pelepas panas F_R . dengan demikian akan terjadi penurunan efisiensi sesaat kolektor.

Kecepatan angin akan mempengaruhi perpindahan panas secara konveksi dari kaca penutup ke lingkungan. Semakin besar kecepatan anginnya akan menyebabkan koefisien perpindahan panas menyeluruhnya menjadi semakin besar, sehingga panas yang berguna menjadi menurun.

Dengan demikian efisiensi sesaat kolektor menjadi menurun.



Gambar 5. Grafik efisiensi sesaat versus temperatur fluida masuk pada $V = 200$ cc/min

Dengan meningkatnya temperatur lingkungan (ambient) menyebabkan panas yang berguna Q_u menjadi bertambah, sehingga akan terjadi kenaikan efisiensi sesaat kolektor.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisa hasil perhitungan maka dapat ditarik kesimpulan :

- Operasi terbaik kolektor surya adalah pada laju aliran masa $\dot{m} = 0,004167$ kg/s dengan efisiensi tertinggi 0,585093
- Kenaikan laju aliran masa mengakibatkan efisiensi sesaat pada temperatur fluida masuk, temperatur sekeliling dan intensitas radiasi matahari $\{(T_i - T_a) / I = \text{kons tan}\}$
- Pada intensitas radiasi matahari dan temperatur sekeliling konstan, kenaikan fluida masuk akan menyebabkan penurunan efisiensi sesaat.

Daftar Pustaka

- Arismunandar W, (1995), *Teknologi Rekayasa Surya*, PT Pradnya Paramitha, Jakarta
- Bhowmik N.C and Mullick S.C, (1985), "Calculation Of Tubular Absorber Heat Loss Factor", *Journal of Solar Energy*, Vol. 35, pp. 219-225
- Carslaw H.S and Jaeger J.C, (1990), *Conduction Of Heat In Solid*, Clarendon Press, Oxford
- Duffie J.A and Beckman W.A, (1980), *Solar Engineering Of Thermal Process*, John Wiley & Son Inc, New York.
- Fisk M.J and Anderson H.C.W, (1982), *Introduction To Solar Technology*, Addison-Wesley Publishing Company, America
- Harding G.L , Zhiqiang Y. and Mackey D.W, (1985), "Heat Extraction Efficiency of a Concentric Glass Tubular Evacuated

Collector”, *Journal Of Solar Energy*, Vol. 35, pp. 71-79.

- [7] Incropera F.P and Dewit D, (1981), *Fundamentals Of The Heat Transfer*, John Wiley & Son Inc, New York.
- [8] Jordan R.C and Liu B.Y.H, *Applications Of Solar Energy For Heating And Cooling Of Buildings*, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc.
- [9] Kreider, Jan F (1982), *Solar Heating And Cooling*, Hemisphere Publishing Corporation, USA
- [10] Ozisik M.N, (1993), *Heat Conduction*, John Wiley & Son Inc, Canada.
- [11] Suwoto (1990), *Pengujian Kolektor Termal*, Tugas Akhir, ITS-Surabaya.
- [12] Zhiqiang Y, et al, (1985), “*Comparative Study Of Fluid-In-Metal Manifolds For Heat Extraction From Single Ended Evacuated Glass Tubular Collectors*”, *Journal of Solar Energy*, Vol. 35, pp. 81-9