

serpentine dilakukan secara bersamaan selama 7 hari untuk satu kaca penutup dan 7 hari berikutnya untuk dua kaca penutup.

Hasil pengujian menunjukkan konfigurasi 'paralel' lebih baik jika air yang disimpan dalam tanki hendak dipergunakan pada sore hari.

Kata kunci : kolektor surya, pipa sirkulasi.

Abstract

The pipes used to circulate water in a solar collector usually has 'parallel' configuration. The water would absorb more solar energy if it flows slower in the pipes. It could be accomplished by using 'serpentine' configuration. A research on a 'parallel' collector and a 'serpentine' collector was carried on the same time, which were 7 days for one cover glass and the next 7 days for two cover glasses.

From the research, it is found that if the water stored in a reservoir tank is to be used in the evening, 'parallel' configuration is more suitable than 'serpentine' configuration.

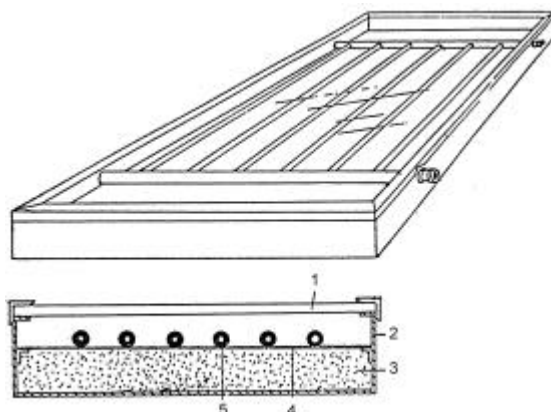
Keywords : solar collectors, circulation pipes

1. Pendahuluan

Sebagai negara yang terletak di daerah tropis, Indonesia mendapat sinar matahari dengan intensitas yang dapat dikatakan konstan dan cukup tinggi. Sinar matahari yang sampai di bumi dapat dimanfaatkan untuk mengeringkan pakaian, kayu, biji-bijian, pala-wija, dan lain-lain. Disamping itu, sinar matahari juga dapat digunakan sebagai sumber penerangan di siang hari dan untuk memanaskan air. Pemanasan air secara tradisional biasanya dilakukan dengan membiarkan air di dalam timba terkena sinar matahari selama siang hari. Berdasarkan ini muncullah ide pembuatan kolektor surya plat datar untuk memanaskan air.

Kolektor surya plat datar yang digunakan terdiri dari suatu plat yang dicat hitam, pipa

yang dipasang di atas plat, kaca penutup dan suatu *reservoir* (tanki) air. Air mengalir dari tanki menuju ke pipa-pipa dan kembali ke tanki

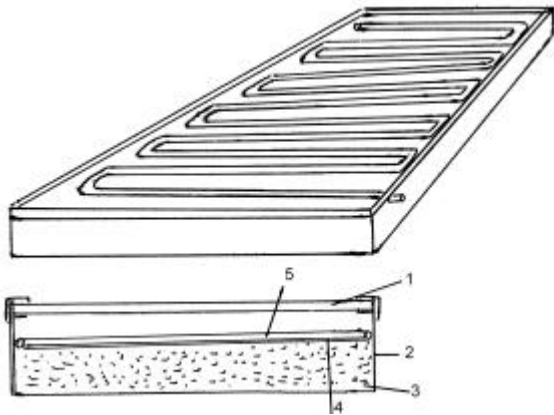


Keterangan:

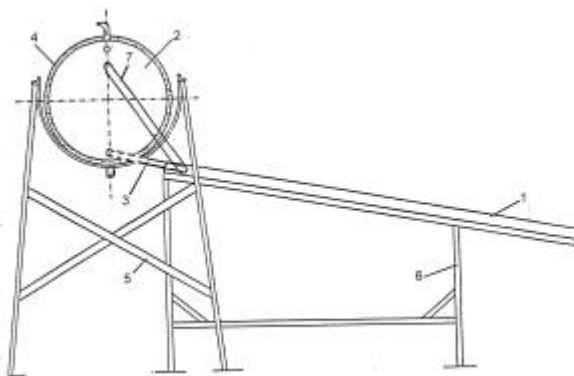
1. Kaca penutup
2. Kotak kayu
3. Glass wool
4. Plat tembaga
5. Pipa-pipa tembaga

Gambar 1a. Konstruksi Dasar Kolektor Surya Plat Datar Pipa Paralel

Catatan : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Juli 2000. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 2 Nomor 2 Oktober 2000.



Gambar 1b. Konfigurasi *Serpentine*



Keterangan:

1. Kolektor surya plat datar
2. Reservoir air panas
3. Pipa sirkulasi masuk ke kolektor
4. Isolasi glass wool
5. Penyangga reservoir
6. Penyangga kolektor
7. Pipa sirkulasi keluar kolektor

Gambar 2. Skema Sistem Pemanas Tenaga Surya

secara alami karena adanya efek *thermosiphon*. Air yang temperaturnya lebih tinggi (memiliki berat jenis lebih kecil) akan mengalir ke atas, sedang air yang temperaturnya lebih rendah (memiliki berat jenis lebih besar) akan mengalir ke bawah. Karena hal inilah kolektor surya diletakkan dengan kemiringan tertentu dari bidang horisontal.

Pipa yang tersusun di atas plat dalam kolektor surya biasanya membentuk konfigurasi 'paralel' seperti pada gambar 1a. Aliran air dapat dibuat lebih lambat saat mengalir di dalam pipa dengan membuat konfigurasi 'serpentine' seperti pada gambar 1b. Semakin lambat air mengalir dalam kolektor, semakin banyak panas yang diserap air. Dengan dasar pemikiran ini, sdr. Budi Santoso, ST merancang dan membuat suatu kolektor surya plat datar dengan susunan pipa 'serpentine' dalam TA no. 99.54.370.

Untuk membandingkan konfigurasi pipa 'paralel' dengan 'serpentine' dilakukan pengujian pada 2 kolektor surya yang telah dirancang dan dibuat oleh 2 mahasiswa Teknik Mesin yaitu: sdr. Deddy Kurniawan Djunaedi, ST dan sdr. Budi Santoso, ST.

2. Alat-Alat Percobaan

Kolektor surya plat datar pipa 'paralel'

Luas plat kolektor (tembaga) 1,2 m²; dengan panjang 1,5 m dan lebar 0,8 m. Kaca penutup yang digunakan jenis Indofigur tipe mislite FM 5 (kaca es) tebal 5 mm. Diletakkan dengan kemiringan 10° dari bidang horisontal. Pipa sirkulasi yang digunakan pipa tembaga, dengan diameter nominal 1 inch, panjang total pipa (dari tanki ke pipa sirkulasi di atas plat dan kembali ke tanki) 12,16m.

Kolektor surya plat datar pipa 'serpentine'

Luas plat kolektor (tembaga) 1,2 m²; dengan panjang 1,32 m dan lebar 0,91 m. Kaca penutup yang digunakan jenis Indofigur tipe mislite FM 5 (kaca es) tebal 5 mm. Diletakkan dengan kemiringan 10° dari tanah.

Pipa sirkulasi yang digunakan pipa tembaga, dengan diameter nominal 1 inch, panjang total pipa (dari tanki ke pipa sirkulasi di atas plat dan kembali ke tanki) 14,52m.

Termometer Air Raksa

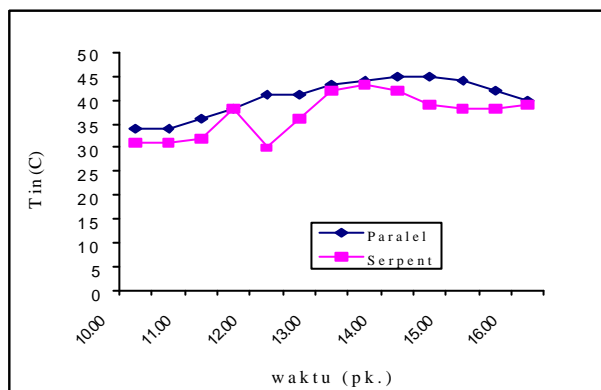
Untuk mengukur suhu udara di sekitar tempat pengujian. *Thermocouple* dilengkapi dengan *thermocontrol* untuk mengukur temperatur air yang mengalir masuk kolektor (dari tanki) dan yang mengalir keluar kolektor (kembali ke tanki). Jenis *thermocouple* yang digunakan tipe CA/K yang mampu mengukur untuk range 0 – 400°C.

Head Loss

Pada aliran dalam pipa selalu terjadi *loss* atau kerugian tekanan yang disebabkan oleh gesekan antara fluida dengan dinding pipa atau yang terjadi karena aliran fluida melalui komponen sistem perpipaan. Kerugian ini disebut dengan *head loss*. Ada 2 macam kerugian yaitu:

1. Rugi mayor: kerugian tekanan yang disebabkan gesekan antara aliran fluida dengan dinding pipa dimana penampang tidak berubah.

serpentine seperti pada pengujian tanggal 12 Juni 1999 pada gambar 3 di bawah.

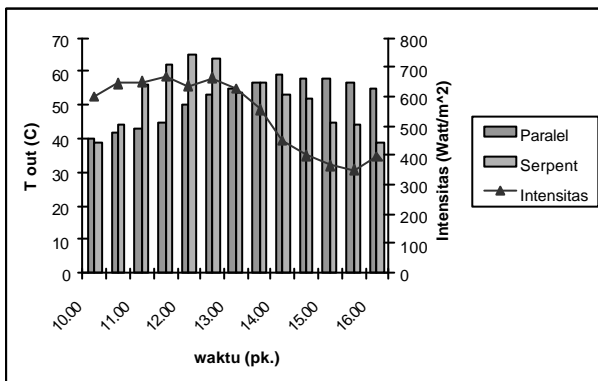


Gambar 3. Grafik Temperatur Air Masuk Kolektor pada 12 Juni 1999

Kenyataan ini menunjukkan bahwa temperatur air dalam tanki (*reservoir*) pada kolektor 'paralel' dari waktu ke waktu lebih tinggi dibanding pada kolektor '*serpentine*'. Kemungkinan besar hal ini disebabkan karena laju aliran massa air yang mengalir dalam pipa-pipa sirkulasi dalam kolektor '*serpentine*' lebih kecil dibanding 'paralel'. Banyak sedikitnya laju aliran massa air yang mengalir dalam sistem ini dipengaruhi oleh besar *head loss* (rugi tekanan) dan *thermosiphon head* yang

tersedia. Karena instalasi tanki dan kolektor untuk kedua jenis kolektor ini mendekati sama, maka *thermosiphon head* yang tersedia boleh dikatakan sama. Kenyataan bahwa *head loss* kolektor 'serpentine' lebih besar dibanding 'paralel' menyebabkan laju aliran massa air yang lebih kecil. Pada saat pengujian, laju aliran air dicoba diukur dengan tabung pitot tetapi tidak terukur karena sangat kecil.

Sedang temperatur air keluar kolektor (kembali ke tanki) pada kolektor 'serpentine' selalu lebih tinggi pada pagi hingga tengah hari (saat intensitas matahari cukup tinggi) dibanding kolektor 'paralel'. Namun, temperatur air keluar kolektor sejak tengah hari pada kolektor 'serpentine' lebih rendah dibanding pada kolektor 'paralel'. Kenyataan ini dapat dilihat dari gambar 4 sebagai salah satu contoh hasil pengujian selama 7 hari.



Gambar 4. Grafik Temperatur Air Keluar Kolektor pada 12 Juni 1999

Hal tersebut di atas menunjukkan bahwa pada saat intensitas matahari menurun ada perpindahan panas dari air saat mengalir dalam pipa sirkulasi di kolektor 'serpentine' ke lingkungan (temperatur lingkungan berkisar antara: 29°C – 37°C). Perpindahan panas dari air yang mengalir di kolektor 'serpentine' lebih besar daripada yang di kolektor 'paralel' karena air dalam kolektor 'serpentine' mengalir lebih lama dibanding dalam 'paralel'.

Unjuk kerja suatu kolektor surya biasanya dinyatakan dalam efisiensi yang didefinisikan sebagai:

$$\eta = \frac{\dot{m} C_p (T_{f,o} - T_{f,i})}{A_c I} \text{ atau } \frac{\eta}{\dot{m}} = \frac{C_p (T_{f,o} - T_{f,i})}{A_c I} \quad (4)$$

Selama pengujian didapat bahwa jika efisiensi per laju aliran massa air kolektor 'paralel' meningkat, maka kolektor 'serpentine' juga meningkat. Sebaliknya jika efisiensi per

laju aliran massa kolektor 'paralel' menurun maka hal serupa juga terjadi pada kolektor 'serpentine' seperti pada tabel 1. Karena laju aliran massa air dalam kedua kolektor tidak dapat diketahui, maka timbul kesulitan dalam menentukan kolektor mana yang lebih efisien.

Tabel 1. Efisiensi per laju aliran massa air kolektor 'serpentine' dan 'paralel' dan intensitas matahari pada 15 Juni 1999.

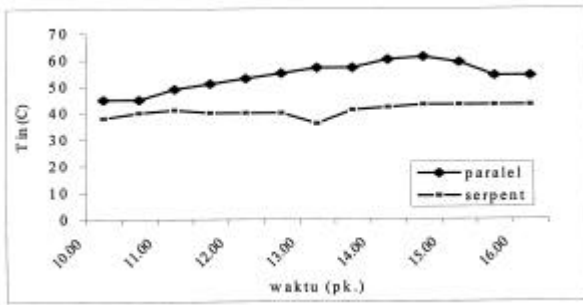
Jam	η/m 'ser' [% / (kg.s)]	η/m 'par' [% / (kg.s)]	I (Watt/m²)
10.00	12621	12268	596
10.30	11523	11198	684
11.00	11610	11284	679
11.30	11559	11235	682
12.00	12014	11677	686
12.30	12286	11940	671
13.00	11951	11350	660
13.30	12911	12548	611
14.00	11747	11116	580
14.30	9296.3	8712.5	540
15.00	7058.5	6860.2	508
15.30	6780.1	6561.7	476
16.00	6912.3	6718	415

Dari tabel di atas terlihat bahwa meskipun intensitas matahari mencapai maksimum (pada pk. 12.00) tetapi efisiensi kedua kolektor tidak maksimum. Intensitas berbanding terbalik dengan efisiensi tetapi intensitas mempengaruhi temperatur keluar dan masuk fluida, dalam hal ini air. Karena ini maka saat intensitas maksimum, efisiensi tidak minimum tetapi juga tidaklah maksimum.

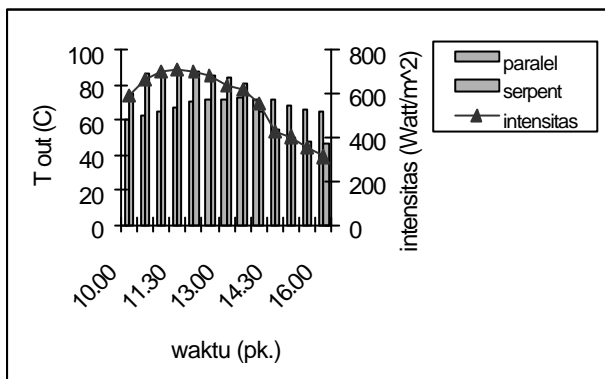
Kolektor surya dengan 2 kaca penutup

Dari pengujian selama 7 hari berikutnya, didapat hasil yang sama seperti pada kolektor dengan 1 kaca penutup:

- Temperatur air masuk kolektor 'serpentine' selalu lebih rendah dibanding masuk kolektor 'paralel' seperti contohnya pada tanggal 21 Juni 1999 yang dapat dilihat pada gambar 5.
- Temperatur air keluar kolektor 'serpentine' lebih tinggi dari kolektor 'paralel' pada pagi hingga siang hari dan kemudian lebih rendah sejak siang hingga sore hari. Hal ini dapat dilihat pada salah satu hasil pengujian misal tanggal 21 Juni 1999 pada gambar 6.
- Efisiensi per laju aliran massa air kedua kolektor menunjukkan kecenderungan yang sama seperti pada tabel 2.



Gambar 5. Grafik Temperatur Air Masuk Kolektor pada 21 Juni 1999



Gambar 6. Grafik Temperatur Air Keluar Kolektor pada 21 Juni 1999

Tabel 2. Efisiensi per laju aliran massa air kolektor 'serpentine' dan 'paralel' dan intensitas matahari pada 21 Juni 1999.

Jam	■/m 'ser' [% / (kg.s)]	■/m 'par' [% / (kg.s)]	I (Watt/m²)
10.00	22456	8845.18	591
10.30	24978	8962.93	661
11.00	23174	7501.79	697
11.30	23794	7868.36	709
12.00	24204	8504.07	697
12.30	23821	8232.06	678
13.00	26953	8190.53	639
13.30	23226	9033.44	618
14.00	14163	7517.06	557
14.30	9211.7	8152.26	428
15.00	6240.1	7809.70	402
15.30	4060.4	11855.52	353
16.00	3456.5	11211.15	311

6. Kesimpulan

- Dalam kolektor surya dengan satu maupun dua kaca penutup dengan konfigurasi pipa 'paralel', temperatur air masuk kolektor lebih tinggi dibanding dalam kolektor dengan konfigurasi 'serpentine'.

- Konfigurasi pipa 'paralel' lebih menguntungkan dibanding konfigurasi pipa 'serpentine' untuk penggunaan sore hari.

Daftar Pustaka

1. Duffie, J.A., Beckmen, W.A., *Solar Engineering of Thermal Processes*. New York: John Willey and Sons, Inc. 1991.
2. Fox, R.W., McDonald, A.T., *Introduction to Fluid Mechanics*. New York: John Willey and Sons. 1985.
3. Djunaedi, D.K., *Pengaruh Jumlah Kaca Penutup Terhadap Efisiensi Kolektor Surya Plat Datar Sistem Pipa Paralel*. Tugas Akhir no 99.54.365. Jurusan Teknik Mesin UK Petra. 1999.
4. Santoso, B., *Perancangan Kolektor Surya Plat Datar Sistem Pipa 'Serpentine' Dengan Satu Dan Dua Kaca*. Tugas Akhir no 99.54.370. Jurusan Teknik Mesin UK. Petra. 1999.