

KAJI EKSPERIMENTAL PENGGUNAAN PIPA KALOR DALAM KOLEKTOR SURYA SEBAGAI PENYERAP ENERGI TERMAL SURYA UNTUK PENYUPLAI POMPA KALOR TEMPERATUR TINGGI

Nugroho Gama Yoga ^{1),2)}, Aryadi Suwono ¹⁾, Abdurrachim ¹⁾, Toto Hardianto ¹⁾

¹⁾ Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung

²⁾ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta

ABSTRAK

Sinar matahari merupakan energi kekal, melimpah, dan mudah didapat, ketersediaannya merupakan potensial untuk dikembangkan terutama di daerah khatulistiwa. Kelebihan lain dari pemanfaatan sumber energi matahari adalah ramah lingkungan. Salah satu alat yang dapat mengkonversi radiasi matahari menjadi bentuk energi termal adalah kolektor surya. Intensitas radiasi matahari yang diterima kolektor surya tidak kontinyu tetapi fluktuasi karena adanya hambatan yaitu awan. Untuk mengatasi fluktuatif intensitas radiasi maka pengambil panas haruslah responsif, agar panas yang datang dalam waktu singkat pun dapat diambil dari kolektor. Untuk itu digunakan pipa kalor yang dapat merespon dengan cepat adanya panas yang datang dalam waktu singkat. Panas yang didapat dari kolektor akan dimanfaatkan untuk keperluan yang lebih luas, yaitu menghasilkan uap panas bertemperatur 120° C sehingga diperlukan suatu alat tambahan yang dapat menghasilkan uap temperatur tinggi, yaitu pompa kalor. Dalam penelitian ini akan dikaji pengaruh fluktuasi sinar matahari terhadap keluaran sistem kolektor surya dan pompa kalor.

Kata kunci : pipa kalor, kolektor surya, pompa kalor.

1. Pendahuluan

Ketersediaan energi matahari yang melimpah dan kekal sangat potensial untuk dikembangkan. Kelebihan lain yaitu ramah lingkungan karena tidak menimbulkan polusi. Untuk memanfaatkan energi ini diperlukan suatu alat, salah satu alat yang dapat mengkonversi radiasi matahari menjadi bentuk energi termal adalah kolektor surya. Intensitas radiasi matahari yang diterima kolektor surya tidak kontinyu tetapi fluktuasi karena adanya hambatan yaitu awan.

Untuk mengatasi fluktuasi intensitas radiasi maka pengambil panas haruslah responsif, agar panas yang datang dalam waktu singkat pun dapat diambil dari kolektor. Untuk itu digunakan pipa kalor yang dapat merespon dengan cepat adanya panas yang datang dalam waktu singkat. Penggunaan pipa kalor yang tepat dapat meningkatkan efektivitas kolektor, karena fluida pemindah panas dari pelat penyerap ke aliran pengambil panas bermassa kecil.

Dalam penelitian ini akan memanfaatkan panas yang didapat dari kolektor untuk keperluan yang lebih luas, yaitu menghasilkan uap panas bertemperatur 120°C.

Untuk itu diperlukan bantuan pompa kalor merupakan suatu alat yang menyerap panas dengan media fluida kerja pada temperatur rendah dan memindahkannya pada temperatur yang tinggi. Keluaran kolektor surya berupa fluida yang bertemperatur antara 50°C sampai 80°C dapat menjadi masukan pompa kalor, sehingga dapat menghasilkan uap temperatur tinggi sekitar 120°C. Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh sistem kolektor surya tipe pelat datar yang mampu menyerap panas matahari menggunakan pipa kalor untuk dapat menyuplai pompa kalor sehingga dapat menghasilkan energi 4 kW berwujud uap air dengan temperatur 120°C.

2. Teori

Kolektor surya (*solar collector*)

Alat ini berfungsi untuk menangkap energi panas dari radiasi matahari menggunakan pipa kalor dan memindahkannya ke fluida pembawa. Secara prinsip ada tiga tipe penyerap panas surya yang sering digunakan, yaitu : pelat datar (*flat plate*), *evacuated-tube*, dan *concentrating*.

Secara prinsip ada tiga tipe penyerap panas surya yang sering digunakan, yaitu : pelat datar (*flat plate*), *evacuated-tube*, dan *concentrating*.



Kolektor surya tipe pelat datar

Alat ini terdiri dari kotak tahan cuaca (*wheaterproof*) yang berisi pelat absorber berwarna gelap dibawah penutup transparan dari kaca atau plastik, disebut juga *glazing*. Sinar matahari menembus penutup transparan dan mengenai pelat yang berwarna gelap, sehingga temperatur pelat naik dan panas ini diserap oleh fluida yang berada di dalam pipa / pipa kalor. Tipe ini pada umumnya bekerja pada temperatur di bawah 90°C.

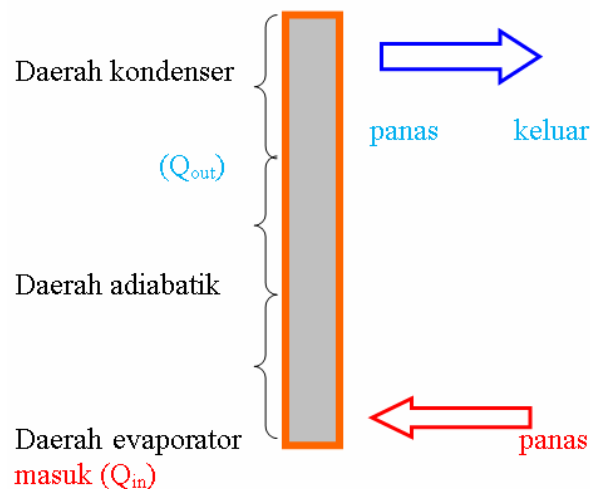
Panas yang terserap oleh pelat diharapkan akan berpindah ke pipa, tetapi karena temperatur pelat yang lebih tinggi dari udara dalam kotak maka panas juga berpindah ke udara dengan cara konveksi. Secara umum temperatur sistem tinggi hingga mencapai 90°C dan udara disekitar kotak yang lebih rendah akan menerima panas dari kotak.

Pipa kalor

Pipa kalor yang ditempatkan pada dua daerah yaitu daerah panas dan daerah dingin, merupakan penghubung kedua daerah tersebut dengan konduktivitas termal yang sangat tinggi, mendekati material superkonduktor. Hal ini dapat terjadi karena perpindahan panas pada pipa kalor disertai dengan proses penguapan dan pengembunan fluida di dalamnya.

Struktur Pipa Kalor

Secara fisik pipa kalor terdiri dari pipa berongga yang tertutup pada kedua ujungnya, yang di dalamnya berisi sumbu dan fluida kerja, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Daerah atau region pipa kalor secara aksial umumnya terbagi tiga, yaitu bagian evaporator, bagian adiabatik, dan bagian kondenser.



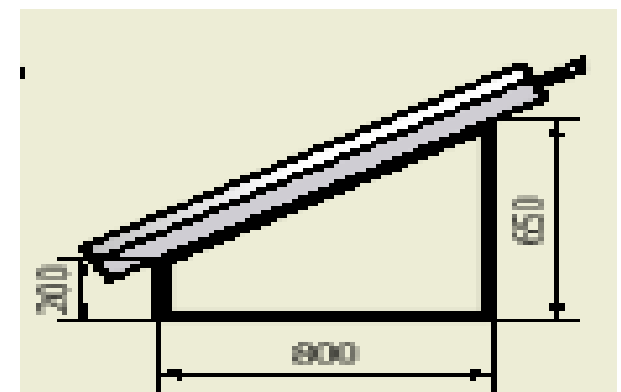
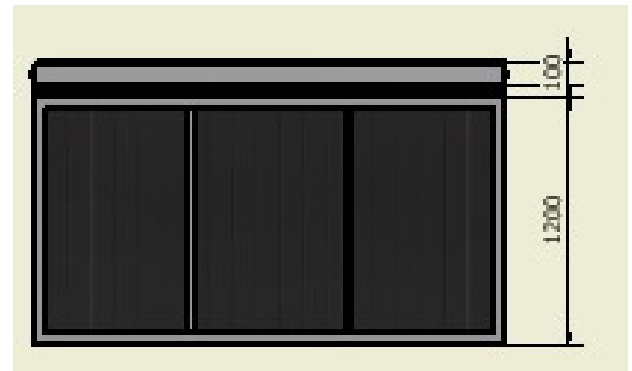
Gambar 1. Sketsa pipa kalor.

3. Peralatan

Kolektor surya

kolektor surya yang digunakan tipe pelat datar dengan menggunakan pipa kalor, didesain mampu menyuplai panas ke pompa kalor sebesar 4 kW dengan rentang waktu pukul 8.00 sampai 16.00. Rentang temperatur keluaran dari kolektor antara 50°C hingga 70°C. Untuk dapat memenuhi kapasitas yang seperti diharapkan, maka dibutuhkan luas permukaan kolektor sebesar 14 m².

Agar mudah dalam proses pembuatannya, maka luasan tersebut dibagi menjadi enam unit yang masing-masing mempunyai permukaan 120 cm x 200 cm. Tiap unit terdiri dari 20 pipa berjajar, dengan jarak antar pipa 10 cm. Boks terbuat dari bahan alumunium dengan tebal 1 mm, bagian atas ditutup dengan kaca transparan setebal 5 mm dan bagian bawah diberi isolator termal berupa glasswool setebal 5 cm.



Gambar 3a. Skema kolektor surya.

Kolektor dipasang miring 30° menghadap ke arah utara, karena posisi geografis lokasi pengujian yang berada di 11° LS.





Gambar 3b. Foto kolektor surya

Pipa kalor

Pipa kalor digunakan sebagai pegambil panas yang cepat dari absorber dan memindahkannya ke aliran fluida dalam kolektor surya ini. Pipa yang digunakan dari bahan tembaga diameter 12,7 mm, tebal 0,61 mm. Panjang pipa 128 cm, panjang evaporator 115 cm dan panjang kondenser 10 cm. Pipa kalor direkatkan pada pelat alumunium absorber dan disusun berjajar dengan jarak antar pipa adalah 10 cm.



Gambar 4. Foto pipa kalor.

Fluida kerja di dalam pipa yang digunakan adalah air (H_2O), dengan rasio pengisian 0,15. Air dipilih karena memenuhi rentang temperatur operasi antara $30^{\circ}C$ – $200^{\circ}C$ serta mudah dan murah diperoleh.

Absorber / penyerap

Penyerap ini merupakan komponen awal dari sistem karena berfungsi sebagai media penerima sinar matahari yang terekspos langsung. Pelat alumunium warna hitam pekat setebal 1 mm digunakan sebagai penyerap panas matahari. Panas yang berhasil tertangkap oleh pelat ini berpindah ke pipa kalor yang direkatkan pada pelat sehingga berfungsi sebagai sirip bagi pipa kalor. Pelat yang digunakan berdimensi lebar 5 cm dan panjang sama dengan panjang daerah evaporator pipa kalor 118 cm.

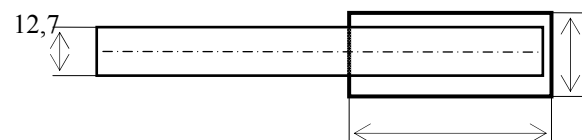
Bagian bawah pelat tidak diberi warna dan pelat diletakkan di atas isolator termal. Pewarnaan hitam pada pelat absorber bagian atas bermaksud untuk menangkap sebesar mungkin ($\alpha > 0,8$) untuk panjang gelombang matahari (6000 K) yang menembus kaca transparan ($0,3 - 1,8 \mu m$).

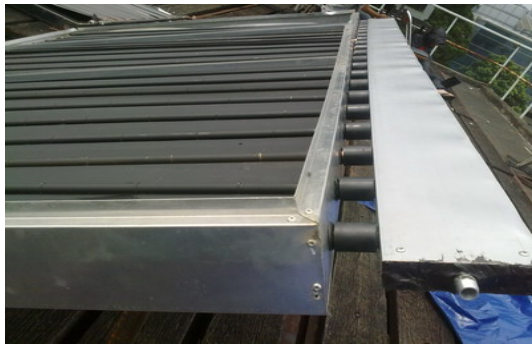


Gambar 5. Pipa kalor dan sirip.

Penukar panas

Panas yang berhasil diserap absorber dipindahkan oleh pipa kalor ke fluida pengambil panas di dalam saluran penukar panas. Saluran penukar panas mengambil panas dari pipa kalor yang berjajar, sehingga dimensi saluran dibuat sedekat mungkin dengan pipa agar panas efektif terambil. Saluran terbuat dari bahan alumunium berbentuk kotak dengan penampang melintang berukuran 25×100 mm dan panjang 2000mm. Permukaan luar saluran diberi isolasi, untuk mengurangi kerugian panas ke lingkungan dari saluran.



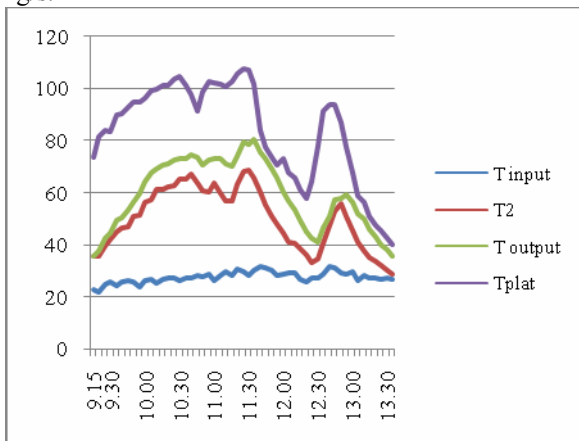


Gambar 6. Penukar panas

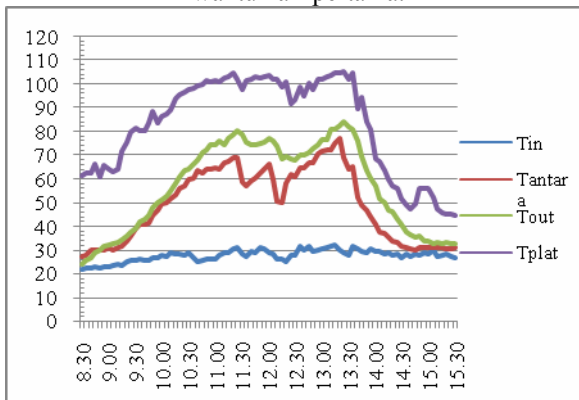
4. Hasil Percobaan

Pengujian awal kolektor dilakukan untuk mengetahui kinerja kolektor. Kolektor yang digunakan 2 unit dengan susunan awal seri, sehingga keluaran unit pertama menjadi masukan unit kedua. Input unit pertama bertemperatur rendah yaitu sekitar 25°C. Hal ini dilakukan untuk mengetahui panas yang berhasil diambil oleh kolektor untuk masukan temperatur yang berbeda.

Pengujian kolektor dilakukan dengan cara pengukuran temperatur pelat absorber, air masuk, air keluar unit pertama (antara), dan air keluar, laju aliran air 0,004 kg/s.

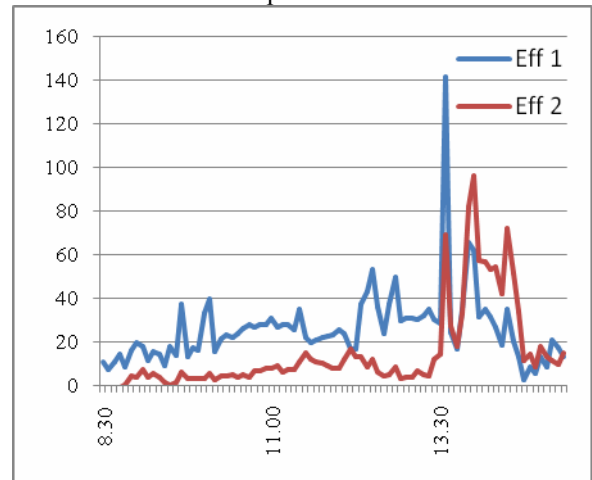


Gambar 7. Hasil pengukuran temperatur terhadap waktu hari pertama.



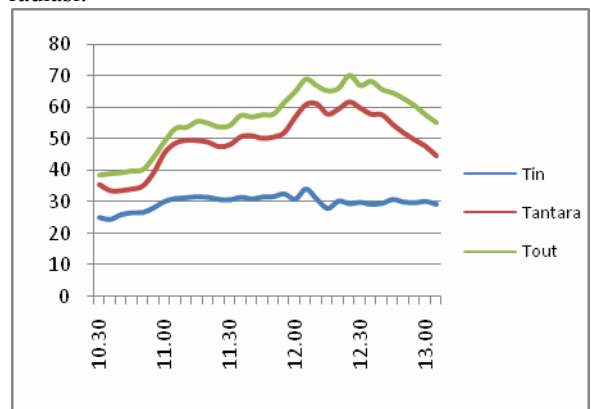
Gambar 8. Hasil pengukuran temperatur terhadap waktu hari kedua.

waktu hari kedua. Sinar matahari mulai terhalang awan mulai pukul 13.30.



Gambar 9. Efisiensi kolektor.

Hasil pengujian kolektor seperti ditunjukkan pada gambar 7, 8, dan 10. Dari gambar efisiensi terlihat hasil yang masih sangat kecil, terutama pada kolektor unit kedua. Hal ini karena masukan temperatur air yang relatif tinggi, sehingga beda temperatur dengan pelat absorber kecil. Dari grafik juga terlihat ada yang melebihi 100%, hal ini karena radiasi yang terhalang awan pada saat pengukuran, sedangkan temperatur pelat relatif lambat responnya terhadap perubahan radiasi.



Gambar 10. Hasil pengukuran temperatur terhadap waktu hari ketiga.

5. Kesimpulan

Kesimpulan sementara dari pengujian awal penelitian ini adalah pipa kalor yang dipasang sebagai absorber radiasi matahari dapat bekerja dengan baik. Temperatur target minimal tercapai mulai pukul 10.00. Efisiensi kolektor yang diperoleh kecil untuk masukan dengan temperatur tinggi. Susunan kolektor lebih baik pada paralel daripada seri.

Percobaan akan terus dilanjutkan untuk laju aliran air yang berbeda, sehingga akan diperoleh hasil yang optimal untuk laju aliran air.



Diperlukan modifikasi agar kebocoran panas dapat dikurangi sehingga efisiensi kolektor akan naik.

DAFTAR PUSTAKA

1. Chi, S.W., (1976), Heat Pipe Theory and Practice, Hemisphere Publishing Corporation, Washington.
2. Collier, John Gordon. (1981), Convective Boiling and Condensation, Second Edition, McGraw-Hill Book Company, London.
3. Dunn, P., and Reay, D A, (1982), Heat Pipes, Third Edition, Pergamon Press, Oxford United Kingdom.
4. Engineering Science Data Unit, 80013, (1980), Heat Pipe General Information, London United Kingdom.
5. Facao, Jorge., Olivera, Armando C. (2004), Analysis of a Plate Heat Pipe Solar Collector, International Conference on Suitable Energy Technologies, Nottingham, UK June 2004.
6. Facao, Jorge., Olivera, Armando C. (2002), Simulation of Thermal Behaviour of a Hybrid Heat Pipe Solar Collector, 1st International Conference on Suitable Energy Technologies, Portugal
7. Hagens, H., Ganzevles, F.L.A., Van der Geld, C.W.M., Grooten, M.H.M. (2007) Air Heat Exchanger with Long Heat Pipe : Experiment and Prediction, Applied Thermal Engineering 27, 2426-2434.
8. Hewitt, G.F., Shires, Bott, (2000), Process Heat Transfer, Begell House Inc, New York USA.
9. Huang, B.J., Lee, J.P., Chyng, J.P. (2005), Heat Pipe Enhance Solar Assisted Heat Pump Water Heater, Solar Energy 78 375 – 381.
10. Incropera, Frank P, and De Witt, David P., (1990), Introduction to Heat Transfer, Second Edition, John Wiley & Sons, New York.
11. Legierski, Jarosław., Wiecek, Bogusław., de Mey, Gilbert. (2006), Measurements and simulations of transient characteristics of heat pipes, Microelectronics Reliability 46 109–115.
12. Mathioulakis, Emmanouil., Bellessiotis, Vassilis, (2002), A New Heat Pipe Type Solar Domestic Hot Water System, Solar Energy 72 13-20.
13. Rittidech, S., Wannapakne, S. (2007), Experiment Study of the Performance of a Solar Collector by Closed-end Oscillating Heat Pipe, Applied Thermal Engineering 27 1978-1985.
14. Vasiliev, Leonard L. (2005), Heat pipes in modern heat exchangers, Applied Thermal Engineering 25 1–19



