

## Efek Thermosyphon pada Pemanas Air Surya terhadap Beda Ketinggian Permukaan Air Penampung dan Outlet Pemanas

Caturwati NK\*, Ipick S, Islamy Z

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Jend. Sudirman km3 Cilegon, Indonesia. 42435  
email : [n4wati@untirta.ac.id](mailto:n4wati@untirta.ac.id)

### Abstrak

Efek thermosyphon dalam suatu pemanas air surya sangat diperlukan dalam memastikan terjadinya sirkulasi air yang melalui pelat pemanas surya dapat berlangsung secara kontinyu tanpa memerlukan alat lain seperti pompa.

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian untuk mendapatkan nilai konstanta thermosyphon pada pemanas air surya yang diletakkan membentuk sudut  $15^\circ$  terhadap bidang horizontal. Beda ketinggian antara saluran keluar pemanas air terhadap permukaan air pada tangki penampung  $\Delta h$  dibuat bervariasi : 0, 3, 7 dan 10 mm. Hasil pengujian menunjukkan nilai konstanta thermosyphon cukup baik pada  $\Delta h = 0$  sampai 7 mm, namun pada  $\Delta h = 10$  mm konstanta thermosyphon menurun drastis sehingga dalam desain rangkaian pemanas surya  $\Delta h$  yang diperbolehkan adalah 0-7 mm.

Kata Kunci : Efek Thermosyphon, Pemanas air surya, Beda ketinggian

### Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak di sekitar garis khatulistiwa. Letak geografis ini mengakibatkan negara Indonesia mendapatkan radiasi matahari yang berlimpah sepanjang tahun. Hal ini memberikan keleluasaan bagi negara Indonesia dalam mengembangkan serta memanfaatkan energi radiasi matahari secara optimal.

Selain factor geografis tersebut diatas, krisis energi semakin memacu kita untuk menerapkan serta mengembangkan teknologi yang memanfaatkan energi radiasi matahari. Salah satu teknologi pemanfaatan radiasi matahari yang akan ditampilkan dalam makalah ini adalah penelitian mengenai mengenai efek thermosyphon yang timbul dalam fluida yang melalui pelat pemanas surya tersebut.

Efek Thermosyphon ditimbulkan karena perbedaan massa jenis fluida yang diakibatkan oleh peningkatan temperatur fluida setelah menyerap energi radiasi matahari yang mengenai pelat pemanas surya tersebut.

Pengaruh beda ketinggian antara permukaan air pada tangki penampung atas dan saluran keluar air dari pelat pemanas surya ( $\Delta h$ ) diamati guna mendapatkan nilai konstanta thermosyphon yang timbul pada pemanas surya .

Pemasangan pelat pemanas air surya di daerah Cilegon mencapai nilai optimal pada sudut pasang kolektor sebesar  $15^\circ$  [1] .Besaran sudut ini digunakan sebagai dasar pengujian efek

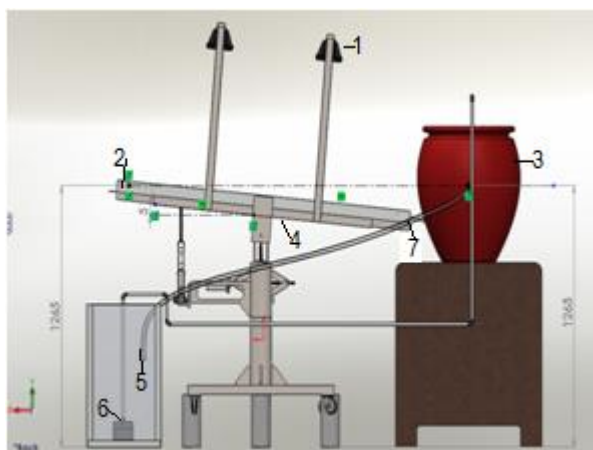
thermosyphon dalam pemanas air surya dengan variasi beda ketinggian permukaan sisi keluaran air terhadap tinggi permukaan air dalam tangki penampung.

Secara teoritis efek thermosyphon yang timbul dalam fluida harus sama dengan rugi-rugi gesek aliran air yang melalui saluran pada pelat pemanas. Hal ini dipersyaratkan agar sirkulasi air dapat terjadi dengan sendirinya.

Penelitian mengenai efek thermosyphon ini sangat berguna dalam mengembangkan teknik pasang pelat pemanas surya yang optimal agar memberikan kepastian terhadap kontinuitas sirkulasi air dalam sistem pemanas surya.

### Metodologi

Penelitian dilakukan secara eksperimen dengan memvariasikan  $\Delta h$ , beda ketinggian permukaan air dalam tangki penampung atas terhadap ketinggian saluran keluar pelat pemanas. Gambar 1. Memperlihatkan skema pengujian yang dilakukan.



Keterangan gambar

- 1 : Lampu halogen 500 W
- 2 : Saluran keluar SWH
- 3 : bak penampung atas
- 4 : meja penyangga panel SWH
- 5 : saluran limbah air bak penampung
- 6 : Pompa air suplai
- 7 : Saluran air masuk SWH

Gambar 1. Skema Pengujian Efek Thermosyphon [2]

Sumber panas radiasi menggunakan 4 buah lampu halogen 500 W yang dipasang tegak lurus terhadap pelat kolektor.

Setelah lampu dinyalakan dan saluran air masuk kolektor dibuka, laju massa air keluar kolektor, titik 2, diukur setiap 5 menit hingga diperoleh kondisi yang cukup stabil.

Dalam penelitian ini permukaan air dalam bak penampung dibuat lebih rendah 0 mm, 3 mm, 7 mm dan 10 mm terhadap tinggi saluran keluar SWH.

## Pengujian dan Hasil Analisa

### 1. Dalam kondisi $\Delta h = 0$

Berlaku persamaan head thermosyphon  $h_T$  sama dengan rugi-rugi gesek aliran air saat melalui pelat  $h_f$ . Sehingga persamaan umum yang berlaku untuk kondisi ini ditunjukkan seperti pada persamaan (1).

$$h_T = h_f \quad (1)$$

Dimana  $h_f$  merupakan head rugi-rugi gesekan fluida dalam saluran sirkulasi yang dapat ditentukan berdasarkan persamaan (2) :

$$h_f = \frac{v^2}{2} \left( f \frac{l}{d} + k \right) \quad (2)$$

Dimana :

- v = kecepatan aliran air dalam saluran
- f = koefisien gesek

- l = panjang saluran
- d = diameter penampang saluran.
- k = konstanta minor sistem

Suku pertama pada Persamaan (2) merupakan faktor gesekan Darcy-Weisbach sedangkan suku kedua merupakan rugi-rugi minor yang terdapat pada elemen-elemen pipa serta saluran masuk dan keluar kolektor.

Head thermosyphon terjadi akibat perubahan perbedaan masa jenis fluida keluar dan masuk colector. Peningkatan temperatur yang dialami fluida menyebabkan masa jenis fluida semakin kecil sehingga menimbulkan gaya apung yang menjadi pemicu terjadinya dorongan air dari bawah ke atas. Sehingga sirkulasi air dapat terjadi dengan baik. Besarnya head thermosyphon dinyatakan dalam persamaan (3) [3].

$$h_T = \frac{g}{2} (\rho_1 - \rho_2) B \quad (3)$$

Dimana :

- g = konstanta gravitasi
- $\rho_1$  = massa jenis fluida masuk kolektor
- $\rho_2$  = massa jenis fluida keluar kolektor
- B = konstanta thermosyphon yang berhubungan erat dengan instalasi sistem pemanas air surya.

Sehingga persamaan (1) dapat ditulis kembali sebagai Persamaan (4) berikut :

$$\frac{g}{2} (\rho_1 - \rho_2) B = \frac{v^2}{2} \left( f \frac{l}{d} + k \right) \quad (4)$$

Dengan demikian maka laju aliran massa air tersirkulasi dapat dinyatakan sebagai :

$$\dot{m} = \rho_1 A_d \left[ \frac{g(\rho_1 - \rho_2) B}{f \cdot \frac{l}{d} + k} \right]^{1/2} \quad (5)$$

Dimana :

- $A_d$  = merupakan luas penampang pipa masuk kolektor.

Dengan mendefinisikan konstanta  $k_T$  sebagai :

$$k_T = \frac{\left( f \frac{l}{d} + k \right)}{A_d^2 \cdot g} \quad (6)$$

Maka Persamaan (5) dapat ditulis sebagai :

$$\rho_1^2 (\rho_1 - \rho_2) B = \dot{m}^2 k_T \quad (7)$$

Atau

$$\frac{B}{k_T} = \frac{\dot{m}^2}{(\rho_1 - \rho_2) \rho_1^2} \quad (8)$$

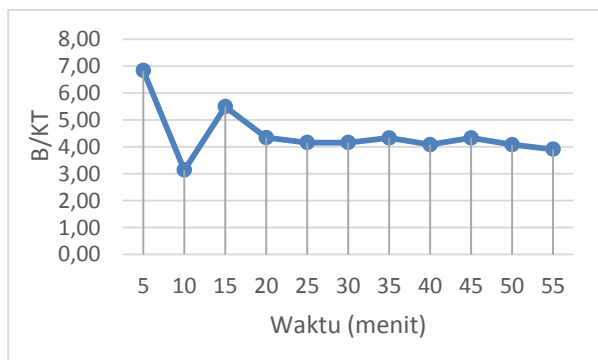
Dimana :

- $\dot{m}$  = laju aliran air (kg/s)

Hasil pengujian dengan ketinggian saluran keluar air dari pelat kolektor sama dengan tinggi permukaan air dalam tangki penampung  $\Delta h = 0$  dinyatakan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian untuk  $\Delta h = 0$  mm.

t (Menit)	T in (°C)	T out (°C)	Q (ml/30s)	B/k <sub>T</sub>
5	27.8	35.1	34	6.83E-13
10	28.1	44.3	40	3.14E-13
15	28.3	49.9	64	5.49E-13
20	28.3	56.3	66	4.34E-13
25	28.3	56.9	66	4.15E-13
30	28.4	57.1	66	4.15E-13
35	28.5	57.5	68	4.33E-13
40	28.5	57.7	66	4.08E-13
45	28.5	58	68	4.33E-13
50	28.6	58.1	66	4.08E-13
55	29	58.5	66	3.91E-13



Gambar 2. Nilai B/k<sub>T</sub> untuk  $\Delta h = 0$

Hasil pengujian menunjukkan hasil yang stabil mulai ke 20 dengan rata-rata nilai B/k<sub>T</sub> untuk kondisi  $\Delta h = 0$ .

$$B/k_T = 4.17 \times 10^{-13} \quad (9)$$

## 2. Kondisi $\Delta h \neq 0$

Jika saluran keluar kolektor dibuat lebih tinggi dari tinggi permukaan air penampung maka head thermosyphon tidak hanya harus dapat mengimbangi head gesek namun harus pula mampu mengatasi head potensial sistem. Sehingga persamaan yang berlaku untuk kondisi ini dinyatakan sebagai Persamaan (9) berikut :

$$h_T = h_f + \Delta H \quad (10)$$

$$\frac{g}{2}(\rho_1 - \rho_2)B = \frac{\left(\frac{\dot{m}}{A \cdot \rho_2}\right)^2}{2} \left(f \frac{l}{d} + k\right) + \Delta H \quad (11)$$

$$(\rho_1 - \rho_2)B = \frac{\left(\frac{\dot{m}}{A \cdot \rho_2}\right)^2 \left(f \frac{l}{d} + k\right) + 2\Delta H}{g} \quad (12)$$

$$B = \frac{\dot{m}^2 k_T}{(\rho_1 - \rho_2) \rho_2^2} + \frac{2\Delta H}{g(\rho_1 - \rho_2)} \quad (13)$$

Dimana

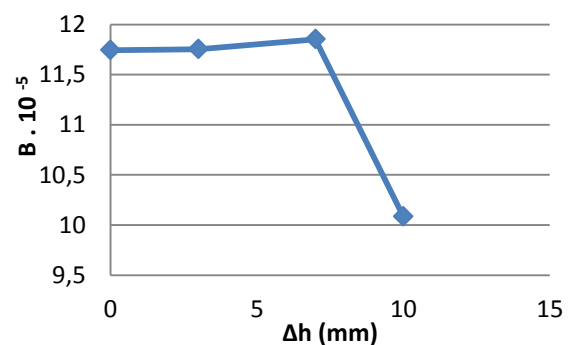
$\Delta h$  = beda ketinggian air keluar panel SWH terhadap permukaan air pada bak penampungan

Dengan memanfaatkan nilai B/k<sub>T</sub> pada persamaan (9) dan memasukkannya pada Persamaan (13) maka nilai B dapat ditentukan

Dengan melakukan pengujian untuk nilai  $\Delta h$  : 0, 3, 7 dan 10 mm serta memasukkannya ke Persamaan (9) dan Persamaan (13) diperoleh nilai Konstanta Thermosyphon sbb :

Tabel 1. Konstanta Thermosyphon

No	$\Delta h$ (mm)	B (10 <sup>-5</sup> )
1	0	11.744
2	3	11.753
3	7	11.853
4	10	10.083



Gambar 3. Konstanta Thermosyphon terhadap  $\Delta h$ .

## Kesimpulan

Peletakan pemanas air surya dengan kemiringan 15° memperlihatkan beda ketinggian efektif 0 – 7 mm menghasilkan nilai koefisien thermosyphon yang cukup baik. Sedangkan beda ketinggian diatas itu menyebabkan penurunan nilai koefisien thermosyphon yang cukup berarti yang menunjukkan peningkatan kesulitan sirkulasi air dalam pelat pemanas secara alamiah.

### Daftar referensi

- [1] Caturwati NK, Agung S, Chandra Dwi, “Sudut Pasang Solar Water Heater dalam Optimalisasi Penyerapan Radiasi Matahari di Daerah Cilegon”, Proceedings Seminar nasional Teknik Mesin Universitas Trisakti, Teknik Mesin FTI Usakti, 20 Februari 2014.
- [2] Caturwati NK, Ipick S, Alief, “Alat Uji Sirkulasi Air Akibat Efek Thermosyphon pada Sistem pemanas Air Surya”, Seminar Nasional Thermofluid VI, Yogyakarta 29 April 2014.
- [3] Edward E. Anderson, “ Fundamentals of Solar Energy Conversion”, Addison-Wesley Publishing Company, Inc,Canada 1983.
- [4] Monem H. Beitelmal, Chandrakant D. Patel, “**Two-Phase Loop: Compact Thermosyphon**”, Internet Systems and Storage Laboratory , HP Laboratories Palo Alto HPL-2002-6 ,2002.
- [5] Soni Prashant C., **Jigisha Parikh and Deepak Jain** ,“ Design of A vertical Thermosyphon Reboiler”, Dept. of Chemical Engg. And Tech., Institute of Technology, Banaras Hindu University, Varanasi-221005.