

Performance of Solar Water Heater Collector With Addition Wavy Fins on Pipe And Variation Tilt Angle Collector

Masykur¹, Bambang Arip Dwiyantoro² dan Herri Darsan¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

E-Mail: masykur@utu.ac.id

Abstract. Solar energy is energy alternative can be utilized to life. Utilize the potential of solar energy there are two kinds technology already applied, there are solar thermal technology and solar photovoltaic. Solar water heater collector is one of the utilized solar energy. Solar collection widely used now general have flat-plate collection design. However, this type collector have low efficiency, to increase efficiency solar water heater collector with addition external fins on pipe. On this study used fins wavy fins type. The Experimental was carries with tilt angle collector variation, that is 10° , 20° and 30° with flow rate 75 l/h. Data is collected every one hour from 09.00 am - 15.00 pm each variation. The measuring parameter is upside glass temperature and underside glass temperature, water input, water output, pipe, absorber plate, surrounding, solar radiation and wind acceleration. The results obtained from this study are the highest efficiency of collector at tilt angle 30° is 63,87% at IT 3,553MJ/m³ and the highest outlet temperature is 47,1°C. The additional of wavy fins on copper pipe can be increase efficiency of collector.

Abstrak. Energy surya merupakan salah satu energy alternative yang dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Untuk pemanfaatkan energy matahari, ada dua teknologi yang bisa diterapkan, yaitu energy surya termal dan energy surya fotovoltaik. Kolektor surya pemanas air merupakan salah satu teknologi dari pemanfaatan energy surya. Kolektor surya yang banyak digunakan sekarang pada umumnya memiliki tipe desain *flat-plate collector*. Namun pemanas air jenis ini memiliki tingkat efisiensi yang kecil. Salah satu cara meningkatkan efisiensi dari kolektor surya pemanas air adalah dengan menambahkan *external fins* pada pipa. Pada penelitian ini *fins* yang digunakan berbentuk *wavy fins*. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan sudut kemiringan kolektor yaitu 10° , 20° dan 30° dengan laju aliran pada kolektor 75 liter/jam. Pengambilan data dilakukan setiap satu jam sekali dari pukul 09.00-15.00 WIB untuk setiap variasi. Parameter yang diukur adalah temperatur kaca sisi atas, kaca sisi bawah, air masuk, air keluar, pipa, pelat *absorber*, lingkungan, intensitas radiasi matahari dan kecepatan angin. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah efisiensi kolektor tertinggi terjadi pada sudut kemiringan 30° yaitu sebesar 62,98% pada IT 4,476 MJ/m³, dan temperatur air keluar tertinggi adalah 47,1°C. Penambahan *wavy fins* pada pipa tembaga dapat meningkatkan efisiensi kolektor.

Keywords: solar water heater, collector, wavy fins, flow rate, tilt angel and collector efficiency.

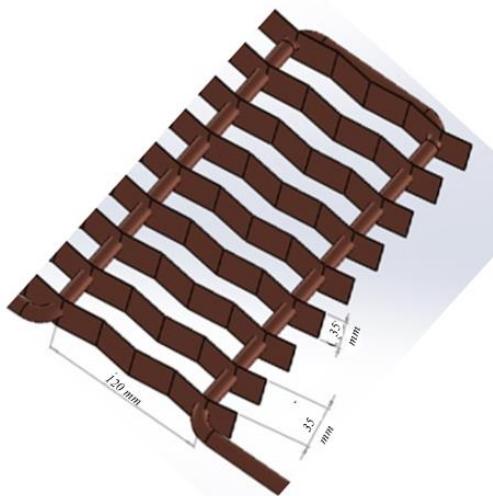
PENDAHULUAN

Energi matahari merupakan salah satu energi alternatif yang dapat dirasakan manfaatnya dalam kehidupan sehari-hari sampai saat ini [1]. Upaya penggunaan energi matahari sebagai energi alternatif patut didukung. Terkait dengan energi matahari, sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi matahari yang cukup besar.

Untuk memanfaatkan potensi energi matahari tersebut, ada 2 (dua) macam teknologi yang sudah diterapkan, yaitu teknologi energi surya termal dan

energi surya fotovoltaik. Kolektor surya pemanas air merupakan salah satu teknologi pemanfaatan energi matahari [2]. Kolektor surya pemanas air banyak dimanfaatkan oleh manusia untuk menghangatkan air yang digunakan untuk mandi. Kolektor surya yang banyak digunakan sekarang pada umumnya memiliki tipe desain *flat-plate collector*. Namun pemanas air jenis ini memiliki tingkat efisiensi yang kecil. Untuk mensiasati agar mendapatkan pemanas air dengan efisiensi lebih tinggi maka dibuat pemanas air tenaga surya dengan penambahan *external fins* pada pipa [3,4]. Pada

penelitian ini *fins* yang digunakan berbentuk *wavy fins* yang terpasang pada pipa tembaga, yang mana dengan penambahan *wavy fins* dapat memperluas bidang penyerapan panas dan diharapkan dapat meningkatkan efisiensi kolektor surya pemanas air. *Wavy fin* adalah bentuk *fins* yang sangat popular untuk meningkatkan perpindahan panas [5].

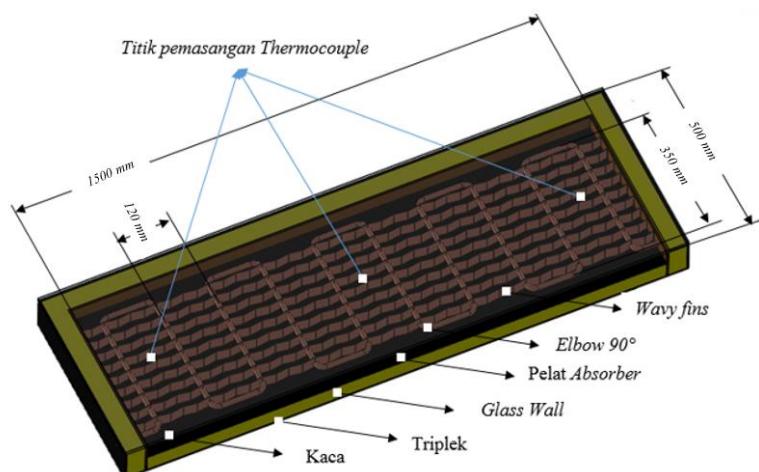


Gambar-1 Pemasang Wavy Fins Pada Pipa

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di lingkungan Teknik Mesin ITS yang terletak pada -7.27° LS dan -112.79° BT. Kolektor surya menggunakan penutup kaca bening dengan variasi sudut kemiringan kolektor surya sebesar 10° , 20° dan 30° dengan variasi laju aliran sebesar 75 liter/jam. Pengambilan data dilakukan setiap satu jam dari pukul 09.00-15.00 WIB untuk setiap variasi. Parameter yang diukur adalah temperatur kaca sisi atas, kaca sisi bawah, air masuk, air keluar, pipa, pelat *absorber*, lingkungan, intensitas radiasi matahari dan kecepatan angin.

Kolektor surya terdiri dari plat absorber yang terbuat dari seng dengan ketebalan 1mm dan luas permukaan 1500 mm x 500 mm dan dicat warna hitam, kaca penutup yang digunakan adalah kaca bening yang berukuran 1500 mm x 500 mm dengan ketebalan 5 mm, untuk menghindari *heat loss* dibawah dan disisi kolektor diisolasi dengan *glass wool* yang tebalnya 50 mm. Pipa tembaga didalam kolektor di pasang secara *septine* yang bertujuan untuk mendapatkan laluan yang lebih panjang untuk aliran fluida kerja, sehingga panas yang didapat fluida semakin lama. Diameter pipa tembaga adalah 15,9 mm dan tebal pipa 0,5 mm. Dimensi dari kolektor surya pemanas air dengan penambahan *wavy fins* dapat dilihat pada gambar-2 dan instalasinya pada gambar-3.



Gambar-2 Dimensi Kolektor Surya Pemanas Air [6]



Gambar-3 Instalasi kolektor surya pemanas

Keterangan

- | | |
|---------------------|---|
| 1. Valve | 5. Saluran <i>Inlet</i> |
| 2. Pompa | 6. Kolektor surya |
| 3. <i>By Pass</i> | 7. Pipa yang tersusun <i>Serpentine</i> |
| 4. Tangki Penyimpan | 8. Saluran <i>Outlet</i> |

Effisiensi kolektor dan besarnya panas yang diserap oleh absorber dapat ditentukan dengan besarnya intensitas radiasi matahari (IT) pada kolektor surya. Intensitas radiasi matahari bias ditentukan dengan persamaan berikut [7]:

$$I_T = I_b R_b + I_d \left(\frac{1+\cos\beta}{2} \right) + I \rho_g \left(\frac{1+\cos\beta}{2} \right) \quad (1)$$

Perpindahan panas pada kolektor surya pemanas air dengan penambahan external wavy fins pada pipa adalah secara konveksi, konduksi dan radiasi. Radiasi matahari yang diserap oleh absorber (S) akan mempengaruhi energy panas yang diterima kolektor surya (Q_u) dan koefisien kerugian panas pada kolektor surya (UL).

Besarnya panas yang diserap oleh kolektor surya bias dihitung dengan persamaan berikut [7]:

$$S = 1,01 \tau_k \alpha_p I_T \quad (2)$$

Dimana τ_k adalah transmisivitas kaca penutup, α_p absorbtivitas absorber dan IT adalah radiasi matahari yang mengenai kolektor. Koefisien kerugian panas total pada kolektor surya pemanas air dapat dirumuskan dengan persamaan berikut [7]:

$$U_L = U_T + U_B \quad (3)$$

Dimana (U_T) merupakan koefisien kerugian panas di bagian atas dan (U_B) Koefisien kerugian panas di bagian bawah.

Adapun persamaan yang dgunakan untuk menghitung energi panas yang diterima oleh kolektor surya pemanas air secara teoritis dapat dituliskan sebagai berikut [7] :

$$Q_u \text{ Solar Kolektor} = A_c F_R [S - UL(T_{fi} - T_u)] \quad (4)$$

Sedangkan energi panas dari kolektor surya yang dimanfaatkan untuk pemanas air secara actual menurut hukum termodinamika adalah sebagai berikut :

$$Q_u \text{ Water Heater} = \dot{m} c_p (T_{fo} - T_{fi}) \quad (5)$$

Energi panas yang diterima oleh kolektor surya tidak semuanya termanfaatkan pemanas air, karena dalam kolektor tedapat kerugian panas. Kerugian panas pada kolektor surya (energi losses) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q_{loss} = Q_u \text{ Solar Collector} - Q_u \text{ Water Heater} \quad (6)$$

Efisiensi kolektor surya pemanas air secara desain dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [6,7]:

$$\eta_{Solar Kolektor} = \frac{Q_u \text{ Solar Kolektor}}{A_c I_T} \quad (7)$$

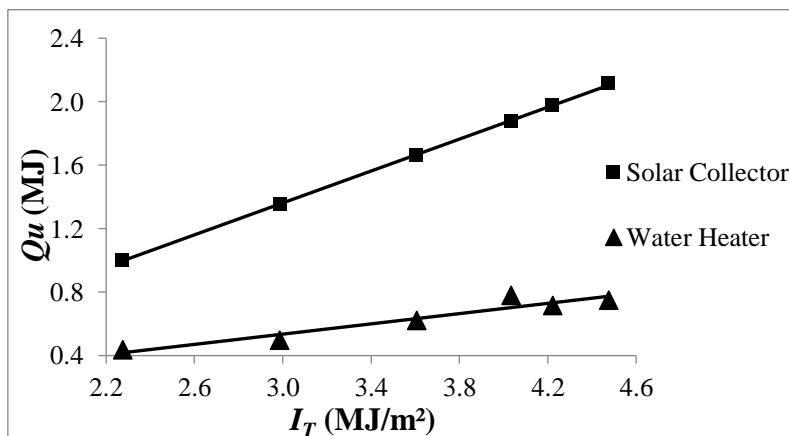
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar-4 menunjukkan besarnya panas yang terjadi pada kolektor surya pemanas air dengan penambahan *wavy fins*. Dari gambar tersebut dapat kita lihat bahwa peningkatan panas pada kolektor berbanding lurus dengan intensitas radiasi matahari, dimana semakin besar (I_T) yang mengenai permukaan kolektor surya maka akan semakin besar (Qu) yang diterima kolektor. Hal ini disebabkan karena besarnya (I_T) yang diserap oleh pelat absorber lebih besar dari pada kehilangan panas yang terjadi pada kolektor surya pemanas air. Besarnya panas yang diterima oleh kolektor surya dan panas yang dimanfaatkan oleh pipa pemanas untuk memanaskan air juga di pengaruhi oleh sudut kemiringan kolektor. Qu Solar Collector dan Qu Water Heater tertinggi pada sudut kemiringan kolektor 30° dengan laju aliran 75 liter/jam masing-masing adalah 2,144 MJ dan 0,748 MJ.

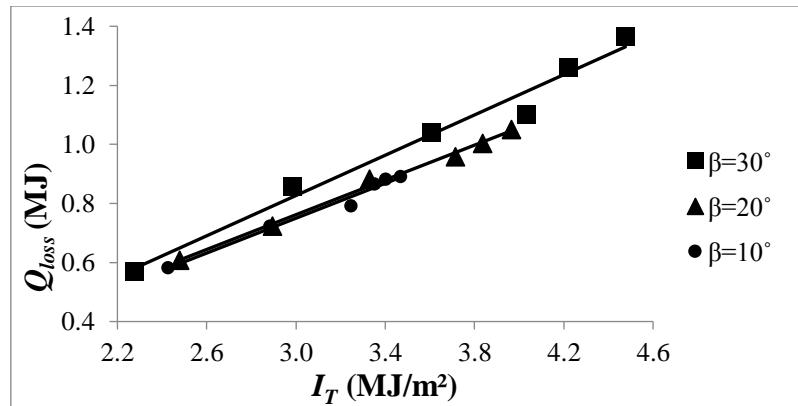
Gambar-5 menunjukkan energi *losses* yang terjadi pada kolektor surya. Energi *losses* adalah selisih antara panas yang diterima kolektor surya dengan panas yang dimanfaatkan oleh *water heater*, dimana semakin besar Qu Solar Collector dan Qu Water Heater maka Q_{loss} semakin kecil. Q_{loss} tertinggi terjadi pada sudut kemiringan kolektor 30° yaitu sebesar

1,366 MJ. Besarnya Q_{loss} pada sudut kemiringan kolektor 10° dan 20° masing-masing adalah 0,890MJ dan 1,050 MJ. Dari gambar-5 dapat disimpulkan bahwa sudut kemiringan 30° merupakan sudut yang menerima intensitas radiasi matahari terbesar dalam penelitian ini, dimana besarnya intensitas radiasi sangat berpengaruh terhadap energi *losses*, semakin besar intensitas radiasi matahari yang mengenai pada permukaan sistem maka akan semakin besar energi *losses* yang terjadi.

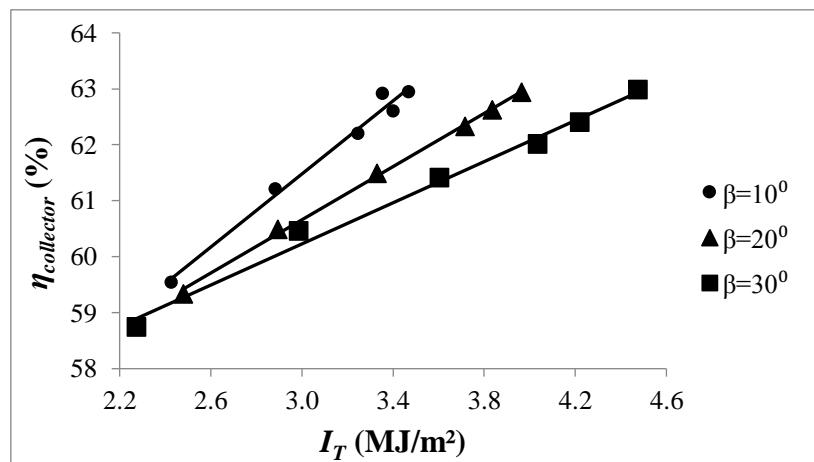
Gambar-6 menunjukkan grafik effisiensi (η) kolektor surya pemanas air dengan penambahan *wavy fins*. Effisiensi tertinggi terjadi pada sudut kemiringan kolektor 30° yaitu sebesar 62,98%, lebih tinggi 0,06 % dari pada effisiensi pada sudut kemiringan kolektor 20° dan lebih tinggi 0,09 % dari pada effisiensi pada laju aliran 10° . Besarnya effisiensi pada laju aliran 20° dan 10° masing-masing adalah 62,94% dan 62,92%. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar laju aliran maka akan semakin besar effisiensi kolektor surya pemanas air. Hal ini disebabkan karena Qu Solar Collector pada laju aliran 225 lebih besar dibandingkan dengan Qu Solar Collector pada laju aliran 150 l/h dan 75 l/h.



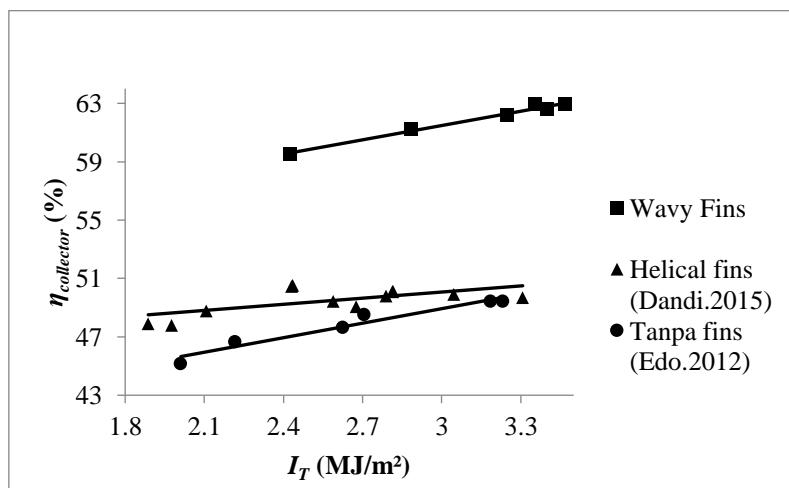
Gambar-4 Grafik Qu Solar Collector dan Qu Water Heater Fungsi I_T Pada $\beta = 30^\circ$ $Q = 75$ liter/jam



Gambar-5 Grafik Energi *losses* (Q_{loss}) Fungsi Intensitas Radiasi Matahari (I_T)



Gambar-6 Grafik Effisiensi Kolektor ($\eta_{collector}$) Fungsi Intensitas Radiasi Matahari (I_T) Pada $Q = 75$ liter/jam



Gambar-7 Grafik Effisiensi Kolektor Fungsi Intensitas Radiasi Matahari Dengan Penambahan *Fins* dan Tanpa *Fins* Pada Sudut Kemiringan Kolektor 10°

Gambar-7 menunjukkan effisiensi kolektor pemanas air tenaga surya dengan menggunakan *fins* (*wavy fins* dan *helical fins*) dan tanpa *fins* fungsi intensitas radiasi matahari. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa kolektor surya pemanas air

yang menggunakan *fins* mempunyai effisiensi yang lebih baik dibandingkan dengan kolektor surya tanpa *fins*. Effisiensi yang paling bagus pada kolektor surya pemanas air adalah yang menggunakan *wavy fins* yaitu sebesar 62,94 %,

dengan menggunakan *helical fins* sebesar 50,46% dan tanpa *fins* sebesar 49,46%. Effisiensi kolektor surya dengan penambahan *wavy fins* lebih tinggi 19,83% dibandingkan dengan menggunakan *helical fins* dan lebih tinggi 21,41% dibandingkan dengan

KESIMPULAN

Dengan penambahan *wavy fins* pada kolektor surya pemanas air dapat meningkatkan effisiensi kolektor surya pemanas air. Dimana effisiensi kolektor surya lebih besar 19,83% dibandingkan dengan kolektor surya pemanas air yang menggunakan *helical fins* dan lebih besar 21,41% dibandingkan dengan kolektor surya pemanas air tanpa *fins*. Selain itu, penambahan *wavy fins* dapat

tanpa *fins*. Hal ini disebabkan karena perbedaan luasan penyerapan panas pada pipa. Semakin besar bidang penyerapan maka akan semakin besar effisiensi kolektor surya pemanas air.

meningkatkan tempertur air keluar pada kolektor surya. Penambahan Sudut kemiringan kolektor surya pemanas air dengan penambahan *wavy fins* dapat meningkatkan effisiensi sebesar 0,04% sampai 0,06% untuk setiap peningkatan sudut kemiringan. Efisiensi tertinggi pada kolektor surya pemanas air dengan penambahan *wavy fins* terjadi pada sudut kemiringan yaitu sebesar 62,98%.

DAFTAR PUSAKA

- [1] F. Struckmann. 2008. Analysis of a Flat-plate Solar Collector. Project Report.
- [2] AEE - Institute for Sustainable Technologies. (2009). *Thermal Use Of Solar Energy*. Austria: Austrian Development Compartation.
- [3] E. Wirapraja. 2012. Analisa kinerja pemanas air menggunakan kolektor surya pelat datar dengan satu kaca penutup. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [4] D. Nugraha dan B. A. Dwiyantoro. 2015. Performansi Kolektor Surya Pemanas Air Dengan Penambahan External Helical Fins Pada Pipa Dengan Variasi Sudut Kemiringan Kolektor. Jurnal Teknik Pomits 1-6.
- [5] Prabowo, I.W Temaja, and Renatho. (2011). "Pengaruh Fin Pitch terhadap Karakteristik Aliran dan Perpindahan Panas pada Wavy fin dan Tube Heat Exchanger." *Jurnal Teknik Mesin* 1-6.
- [6] Masykur and B. A. Dwiyantoro. 2016 Experimental Study Of Heat Transfer Characteristics Of Solar Water Heater Collector With Addition Wavyfins On Pipe. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences 11: 957-961
- [7] J. A. Duffie and W. A. Beckman. 2013. Solar Engineering of Thermal Processes. John Wiley & Sons. Canada