

Effect of Air Flow Velocity on Solar Water Heater Efficiency of Flat Plate Type with Fin and Baffle

Sophian Rumboko Aditama^{1,*}, Arrad Ghani Safitra² dan Lohdy Diana²

¹Prodi Sistem Pembangkit Energi, Departemen Teknik Mekanika dan Energi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya - Surabaya

²Departemen Teknik Mekanika dan Energi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya - Surabaya

*Korespondensi: sophianrumboko@gmail.com

Abstract. The application of solar energy as an air heater device is one of the efforts to overcome the deficiencies of the heating system in direct sunlight as done in the conventional food industry. The use of fin and baffles in solar air heater with flat plate type absorber is intended to improve the efficiency of the generated heat transfer. The material used as an absorber plate and fin at the same time is aluminum with a thickness of 1 mm, while the baffle was made of white acrylic with a thickness of 1 mm. The experimental test is carried out for 6 hours in 1 day by measuring the incoming and outgoing temperature, temperature and air velocity of the environment, the intensity of solar radiation, and the regulation of air flowing in the system. The analysis was done by thermodynamic method so that it can be known the heating performance that happened every hour during the testing time. With the distance between the baffle 15 cm and the air velocity of 0.28 m/s obtained the highest efficiency at 34.91% with useful calorie (Q_{useful}) of 82.79 W. At the air speed 0.57 m/s obtained efficiency 33.02% with Q_{useful} generated at 77.53 W / m². In the highest input air variation 1.04 m/s obtained the highest efficiency at 75.52% with useful heatflux (Q_{useful}) of 388.06 W.

Abstrak. Pemanfaatan energi surya sebagai alat bantu pemanas udara seperti *solar air heater* merupakan salah satu upaya mengatasi kekurangan-kekurangan sistem pemanasan di bawah sinar matahari secara langsung seperti yang dilakukan pada industri pangan konvensional. Penggunaan *fin* dan *baffle* pada *solar air heater* dengan pelat penyerap tipe pelat datar dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi perpindahan panas yang dibangkitkan. Material yang digunakan sebagai pelat penyerap sekaligus *fin* adalah aluminium dengan ketebalan 1 mm, sedangkan *baffle* terbuat dari akrilik putih dengan ketebalan 1 mm. Pengujian alat dilakukan secara eksperimen selama 6 jam dalam 1 hari dengan mengukur temperatur masuk dan keluar, temperatur dan kecepatan udara lingkungan, Intensitas radiasi matahari, serta dilakukan pengaturan udara yang mengalir pada sistem. Analisis dilakukan dengan metode termodinamik sehingga dapat diketahui kinerja pemanasan yang terjadi setiap jamnya selama waktu pengujian. Dengan jarak antar *baffle* 15 cm dan kecepatan udara masuk 0.28 m/s diperoleh efisiensi tertinggi pada 34,91% dengan kalor berguna (Q_{useful}) sebesar 82,79 W. Pada kecepatan udara 0,57 m/s didapatkan efisiensi 33,02% dengan $Q_{usefull}$ yang dihasilkan sebesar 77,53 W/m². Pada variasi udara masukan terringgi 1.04 m/s diperoleh efisiensi tertinggi pada 75,52% dengan kalor berguna (Q_{useful}) sebesar 388,06 W.

Kata kunci: *solar air heater, fin, baffle, kecepatan udara, Q_{useful} , efisiensi*

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Kebutuhan energi di dunia semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk di setiap negara. Di Indonesia sendiri konsumsi energi paling banyak adalah bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbarui. Dari data outlook energi Indonesia oleh BPPT dari tahun 2000 hingga 2014 konsumsi energi nasional didominasi oleh bahan bakar fosil berupa BBM sebesar 32%, batu bara sebesar 23% dan gas sebesar 13%. Seiring pertumbuhan penduduk dan kebutuhan energi semakin meningkat dan ketersediaan energi fosil akan semakin menipis. Oleh karena itu diperlukan energi alternatif yang

menggantikan peran energi fosil di beberapa sektor kehidupan masyarakat [1].

Solar Air Heater merupakan sebuah alat yang menggunakan prinsip kolektor Surya (*solar collector*) yang dapat menyerap energi surya yang berasal dari radiasi matahari berupa panas menggunakan pelat penyerap (*absorber plate*) yang kemudian panas yang terserap tersebut didistribusikan menggunakan fluida kerja berupa udara yang dialirkan keluar melalui absorber plate. Untuk mendapatkan performa yang lebih baik, beberapa peneliti melakukan modifikasi pada *solar air heater* dengan

berbagai bentuk dan salah satu yang digunakan untuk meningkatkan panas yang adalah dengan menambahkan *fin* atau sirip pada kolektor surya bentuk pelat datar. Dengan menggunakan *fin* maka luas permukaan benda yang menyerap panas akan bertambah sehingga kemampuan kolektor surya untuk menyerap panas akan lebih baik.

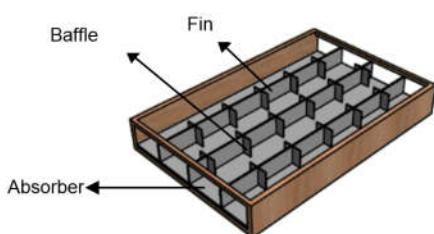
Penelitian *solar air heater* menggunakan *fin* telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya diantaranya yang telah dilakukan oleh Mahmood, Aldabbagh dan Egelioglu yang melakukan eksperimen dengan menambahkan empat buah *fin* yang diletakkan membujur pada *solar air heater* dengan tambahan *wire mesh* diantara *fin-fin* tersebut sebagai absorber alternatif [2]. Pada penelitian ini penulis akan membahas pengaruh kecepatan aliran udara pada *finned-plate-plate collector solar air heater* dengan *baffle obstacle* terhadap efisiensi pemanasan udara yang dihasilkan.

Studi eksperimen ini dilakukan untuk mengamati beberapa fenomena antara lain:

1. Mengetahui pengaruh Intensitas radiasi matahari terhadap panas berguna (Q_{useful}).
2. Mengetahui pengaruh Intensitas radiasi matahari terhadap efisiensi *solar air heater*.
3. Mengetahui pengaruh kecepatan udara terhadap panas berguna (Q_{useful}).
4. Mengetahui pengaruh kecepatan udara terhadap efisiensi *solar air heater*.

Metode Penelitian

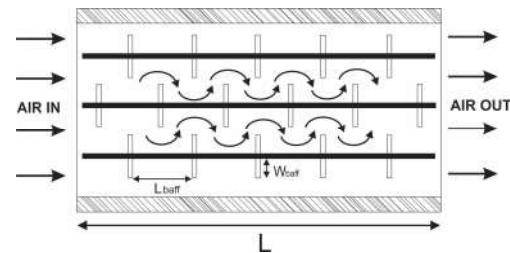
Kolektor surya secara umum terdiri dari kerangka kolektor, pelat penyerap panas, kaca penutup dan isolator [3]. Solar air heater bertujuan untuk menyerap radiasi panas yang dipancarkan oleh matahari kemudian digunakan untuk memanaskan fluida kerja berupa udara, selanjutnya udara hasil pemanasan dapat digunakan untuk proses pengeringan yang pada umumnya digunakan oleh industri pangan dan pertanian.



Gambar 1. Susunan Kolektor Surya

Untuk meningkatkan performansi kolektor surya dilakukan modifikasi pelat absorber dari bentuk konvensional yakni flat-plate yang selanjutnya ditambahkan *fin* dan *baffle*. Penambahan *fin* ditujukan untuk memperluas area penyerapan panas pelat

penyerap. Sedangkan penambahan *baffle* adalah sebagai obstacle agar fluida yang melalui sistem menjadi berolak sehingga panas yang terserap oleh pelat penyerap dapat terdistribusi dengan lebih baik. Kemudian untuk menjaga agar panas di dalam sistem tetap terjaga, maka dilakukan isolasi pada bagian bawah pelat penyerap dan pada sisi-sisi kolektor.



Gambar 2. Skematik kolektor surya

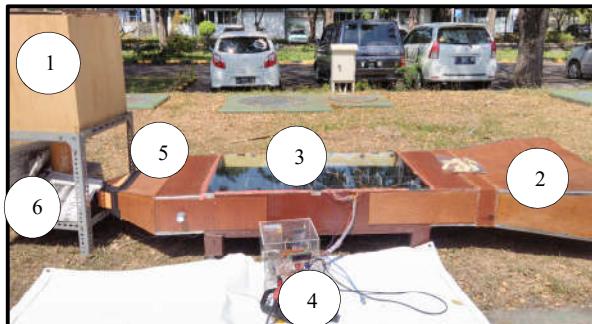
Studi eksperimen yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan kolektor surya dengan bahan kayu *plywood* dengan tebal 1 cm, dengan panjang 90 cm, lebar kolektor 60 cm dan tinggi kolektor 15 cm. *baffle spacing* sepanjang 15 cm. Material *fin* dan pelat absorber terbuat dari aluminium dengan tebal 1 mm. Sementara *baffle obstacle* dibuat dari material akrilik putih dengan tebal 1 mm dan lebar 5 cm. Untuk melindungi pelat absorber dari kotoran dan debu, digunakan kaca penutup berjenis kaca bening dengan tebal 3 mm. Pengaturan kecepatan aliran udara juga dilakukan untuk mengetahui performa pemanasan paling baik, dengan mengatur udara *inlet* pada $v = 0.28 \text{ m/s}$; 0.57 m/s ; 1.04 m/s . Pengukuran temperatur yang dilakukan menggunakan termistor, dan direkam menggunakan data logger dengan parameter pengukuran sebagai berikut.

Tabel 1. Parameter Pengukuran

| Parameter | Alat Ukur |
|--|--------------|
| Intensitas radiasi matahari | Phyranometer |
| Kecepatan udara | Anemometer |
| Temperatur udara <i>ambient</i> (T_{amb}) | Termistor |
| Temperatur fluida masuk (T_i) | Termistor |
| Temperatur fluida keluar (T_o) | Termistor |
| Temperatur absorber (T_{abs}) | Termistor |
| Temperatur kaca penutup (T_{cg}) | Termistor |
| Temperatur <i>fin</i> (T_{fin}) | Termistor |
| Temperatur udara di dalam Lemari Pengering (T_{box}) | Termistor |

Pengujian sistem dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh data aktual dari alat yang dirancang. Data pengujian tersebut kemudian dianalisa menggunakan persamaan-persamaan dan diambil kesimpulan dari analisa tersebut mengenai hasil yang

didapatkan dari studi eksperimen yang telah dilakukan. Pada penelitian ini pengujian dilakukan di kampus PENS (-7,277 LS; 112,794 BT) pada pukul 09.00 WIB hingga 15.00 WIB dengan pengambilan data secara manual dilakukan setiap satu jam sekali. Instalasi sistem saat pengujian dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Instalasi pengujian Sistem

Keterangan:

1. Box/lemari pengering
2. Inlet channel
3. Solar collector
4. Data acquisition system
5. Outlet channel
6. Induced fan

Untuk melakukan analisis dari data yang didapatkan dari proses pengujian sistem yang telah dilakukan. Maka digunakan persamaan-persamaan berikut untuk mempermudah pembahasan hasil studi eksperimen.

Sejumlah radiasi yang diterima oleh permukaan bumi diteruskan secara langsung, sedangkan yang lain terhambur lebih dahulu di atmosfer. Sehingga untuk menghitung intensitas matahari total yang diterima permukaan kolektor surya tiap jam dapat digunakan persamaan berikut [4]:

$$I_T = I_b \cdot R_b + \frac{I_d(1+\cos \beta)}{2} + \frac{\rho[I_b+I_d(1-\cos \beta)]}{2} \quad (1)$$

Koefisien perpindahan panas konveksi oleh kaca penutup terhadap udara luar (h_w), didasarkan pada hembusan angin di atas kaca penutup, dapat dihitung dengan persamaan [5]:

$$h_w = \frac{Nu_L \cdot k}{L} \quad (2)$$

Untuk *forced convection* ($Gr/Re^2 \ll 1$), persamaan bilangan *Nusselt* yaitu:

Aliran laminer pada *flat plate* ($Re \leq 5 \times 10^5$)

$$Nu_L = 0,453 Re_L^{1/2} Pr^{1/3}$$

Aliran turbulen pada *flat plate* ($Re \geq 5 \times 10^5$)

$$Nu_L = 0,453 Re_L^{4/5} Pr^{1/3} \quad (3)$$

Perpindahan panas konveksi yang terjadi antara pelat *absorber* dengan penutup kaca adalah konveksi alami sebagai berikut:

$$h_{c,cg-abs} = \frac{Nu \cdot k}{L} \quad (4)$$

Untuk memperoleh koefisien perpindahan panas radiasi yang dipancarkan ke permukaan kaca penutup, yakni menggunakan persamaan berikut:

$$h_{r,cg-abs} = \frac{\sigma(T_{abs}^2 + T_{cg}^2)(T_{abs} + T_{cg})}{\left(\frac{1}{\epsilon_{abs}} + \left(\frac{1}{\epsilon_{cg}}\right) - 1\right)} \quad (5)$$

Koefisien perpindahan panas radiasi antara kaca penutup dengan udara dapat dihitung dengan persamaan:

$$h_{r,cg-amb} = \epsilon_{cg} \sigma \frac{(T_{cg} + T_{sky})(T_{cg}^2 + T_{sky}^2)(T_{cg} - T_{sky})}{(T_{cg} - T_{amb})} \quad (6)$$

Untuk memperoleh koefisien perpindahan panas radiasi yang dipancarkan ke permukaan kaca penutup, yakni menggunakan persamaan berikut:

$$h_{r,cg-abs} = \frac{\sigma(T_{abs}^2 + T_{cg}^2)(T_{abs} + T_{cg})}{\left(\frac{1}{\epsilon_{abs}} + \left(\frac{1}{\epsilon_{cg}}\right) - 1\right)} \quad (7)$$

Koefisien bentuk kolektor merupakan bilangan non dimensional yang mewakili bentuk kolektor ketika variasi *fins* dan *baffle* terpasang pada pelat penyerap yang dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\varphi = 1 \frac{A_{fin}}{A_p - A_{fin} b} \eta_{fin} + \frac{A_{baff}}{A_p - A_{fin} b} \eta_{baff} \quad (8)$$

Untuk menghitung efisiensi yang dihasilkan oleh *fin* yang terpasang digunakan persamaan berikut:

$$\eta_{fin} = \frac{\tanh(mhfin)}{mhfin} \quad (9)$$

dimana: h_{fin} = ketinggian *fin*
 m = $\left(\frac{2hc.abs - f(L + t_{fin})}{kL t_{fin}} \right)^{0.5}$

Untuk menghitung efisiensi yang dihasilkan oleh *fin* yang terpasang digunakan persamaan berikut:

$$\eta_{baff} = 15.583 \left(\frac{W_{baff}}{D_h} \right)^{0.0518} \left(\frac{L}{L_{baff}} \right)^{0.0518} \quad (10)$$

Koefisien perpindahan panas bagian atas (U_t) dihitung dari pelat *absorber* hingga udara luar di bagian atas kolektor, yakni menggunakan persamaan:

$$U_T = \frac{1}{R_1 + R_2 + \frac{1}{h_1}} \quad (11)$$

Perpindahan panas yang terjadi pada isolator adalah perpindahan panas konduksi, yang dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$U_B = \frac{1}{\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} + \frac{1}{h_2}} \quad (12)$$

Faktor efisiensi kolektor (F') untuk kolektor surya tipe pemanas udara dengan tipe aliran di atas pelat penyerap, dijabarkan pada persamaan di bawah ini:

$$F' = \frac{h_r h_1 + U_t h_2 + h_2 h_r + h_1 h_2}{(U_t + h_r + h_1)(U_B + h_2 + h_r) - h_r^2} \quad (13)$$

Koefisien perpindahan panas total (*overall heat transfer coefficient*) atau (U_L) pada kolektor surya pemanas udara dirumuskan sebagai berikut:

$$U_L = U_T + U_B \quad (14)$$

Faktor pelepasan panas (F_R) untuk kolektor surya pemanas udara dijabarkan dalam persamaan berikut [7]:

$$\psi = \frac{\dot{m} \cdot Cp}{A_c \cdot U_L \cdot F'} \quad (15)$$

$$F'' = \psi \left[1 - e^{-\frac{1}{\psi}} \right] \quad (16)$$

$$F_R = F'' \cdot F' \quad (17)$$

Energi berupa panas yang berguna dari kolektor surya pemanas udara tipe pelat datar dijabarkan pada persamaan berikut ini:

$$\dot{Q}_u = A_c \cdot F_R [S - U_L (T_{f,i} - T_{amb})] \quad (18)$$

dan

$$\dot{Q}_u = \dot{m} \cdot Cp [T_{f,o} - T_{f,i}] \quad (19)$$

Energi yang berguna secara teoritis pada kolektor surya telah dijelaskan, sedangkan untuk menghitung efisiensi kolektor surya dapat menggunakan persamaan di bawah ini:

$$\eta = \frac{\dot{Q}_u}{A_c \cdot I_T} \quad (20)$$

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan proses pengujian alat yang telah dilakukan didapatkan hasil data pengujian dengan parameter yang telah ditunjukkan pada sub-bab sebelumnya. Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut.

Setelah didapatkan hasil pengujian dan data yang diperlukan, selanjutnya dilakukan proses perhitungan dengan menggunakan persamaan-persamaan yang telah ditunjukkan pada sub-bab sebelumnya. Dalam proses perhitungan dicari nilai Q_{useful} (Qu) yang merupakan nilai energi berguna atau jumlah panas yang dapat dimanfaatkan. Nilai

Qu yang digunakan pada penelitian ini ada dua yaitu Qu desain dan Qu aktual. Qu desain merupakan nilai yang menunjukkan panas yang dihasilkan dari kolektor surya, dimana faktor-faktor yang mempengaruhi nilai Qu desain bergantung pada dimensi dan bentuk kolektor surya yang digunakan. Persamaan-persamaan yang digunakan untuk mencari Qu desain diperoleh dari tinjauan perpindahan panas.

Tabel 2. Data Pengujian

| V (m/s) | Local Time | T _{in} (°K) | T _{abs} (°K) | T _{fin} (°K) | T _{cg} (°K) | T _{amb} (°K) | T _{out} (°K) | V _{amb} (m/s) | Pyrano (W/m ²) |
|------------|---------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 0.28 | 9.00 | 301.8 | 324.9 | 327.07 | 309.7 | 306 | 314.8 | 1.8 | 610 |
| | 10.00 | 303.8 | 337.5 | 337.47 | 308.8 | 307 | 326.9 | 1.06 | 758 |
| | 11.00 | 304.6 | 346.5 | 341.27 | 309.6 | 307.5 | 330.7 | 1.35 | 841 |
| | 12.00 | 305.3 | 347.8 | 341.30 | 311 | 309.8 | 330.5 | 0.6 | 835 |
| | 13.00 | 304.4 | 345.5 | 339.67 | 310.1 | 308.2 | 332.3 | 1.3 | 796 |
| | 14.00 | 306.2 | 329.3 | 330.43 | 309.1 | 305.9 | 324.9 | 0.76 | 600 |
| 0.57 | 15.00 | 304.6 | 319.4 | 324.03 | 311.8 | 304.1 | 319.2 | 1.15 | 445 |
| | 9.00 | 303.9 | 316.3 | 316.23 | 304.8 | 301.9 | 308.6 | 2.25 | 551 |
| | 10.00 | 309.9 | 335.1 | 330.60 | 316.8 | 305.6 | 320.8 | 1.08 | 770 |
| | 11.00 | 307.2 | 341.8 | 334.63 | 318.3 | 305.2 | 323.2 | 1.24 | 829 |
| | 12.00 | 307.4 | 331.2 | 325.83 | 315.1 | 304 | 319.5 | 1.61 | 803 |
| | 13.00 | 311.1 | 338.7 | 335.63 | 318.3 | 305.8 | 324.9 | 2 | 729 |
| 1.04 | 14.00 | 310.7 | 327.8 | 328.37 | 314.8 | 304.6 | 319.8 | 0.93 | 605 |
| | 15.00 | 307.7 | 320.5 | 322.67 | 310.3 | 304.1 | 314.4 | 2.5 | 480 |
| | 9.00 | 306.9 | 325.5 | 307.63 | 311.8 | 302.6 | 313 | 0.88 | 638 |
| | 10.00 | 314.1 | 341.8 | 357.40 | 340.5 | 312.7 | 331.3 | 0.9 | 730 |
| | 11.00 | 312 | 328.1 | 334.20 | 327.8 | 311.9 | 323 | 1.28 | 704 |
| | 12.00 | 318 | 347.5 | 365.80 | 344.5 | 318 | 338.5 | 0.9 | 831 |
| | 13.00 | 316.1 | 348.5 | 356.67 | 326.3 | 307.5 | 335.3 | 0.34 | 764 |
| | 14.00 | 308.7 | 314.6 | 314.90 | 310.7 | 306.3 | 311.2 | 0.63 | 633 |
| | 15.00 | 310.6 | 324.8 | 326.57 | 310.4 | 304 | 316.2 | 1.5 | 465 |

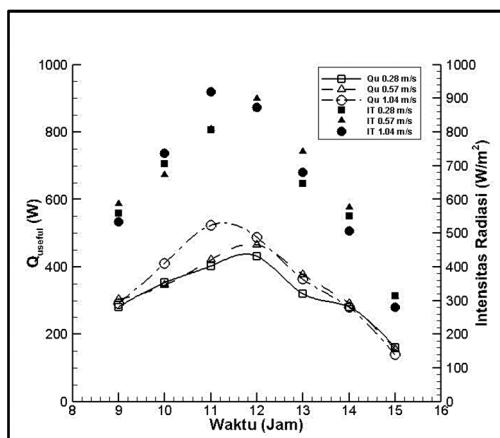
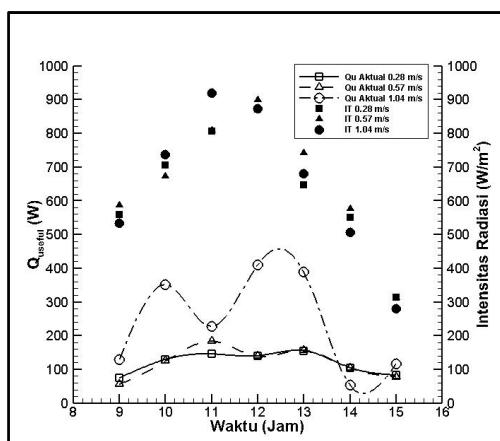
Sedangkan Qu aktual merupakan nilai yang menunjukkan nilai panas yang terbawa atau terdistribusi oleh fluida kerja (udara) yang ditinjau dari selisih temperatur antara udara masuk dan keluar, massa alir dan intensitas radiasi matahari. Dengan kata lain proses perhitungan Qu aktual dilakukan dengan menggunakan persamaan-persamaan dengan tinjauan termodinamika. Dari hasil perhitungan yang didapatkan, selanjutnya untuk mengetahui pengaruh perubahan kecepatan udara pada *solar air heater* dengan *fin* dan *baffle* secara lebih jelas, dapat diamati pada tabel berikut.

Berdasarkan gambar 3 dapat diketahui bahwa dari ketiga grafik yang mewakili setiap variasi kecepatan fluida kerja, memiliki tren nilai Qu yang cenderung mengikuti tren grafik intensitas radiasi, dimana intensitas radiasi sendiri mengalami perubahan nilai yang bergantung terhadap waktu. Dengan demikian, maka dapat diketahui pula bahwa perubahan intensitas radiasi matahari dapat mempengaruhi penyerapan energi oleh fluida kerja dalam bentuk Qu .

Pada gambar 3 dapat diketahui pula bahwa, nilai Qu tertinggi diperoleh pada kecepatan udara $v = 1.04$ m/s yang nilainya lebih tinggi dibandingkan nilai Qu pada saat berada pada variasi kecepatan udara yang lebih rendah.

Tabel 3. Hasil Perhitungan

| V (m/s) | Local Time | I_T (W/m ²) | Qu Desain (W) | Qu Aktual (W) | η Desain (%) | η Aktual (%) |
|---------|------------|---------------------------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|
| 0.28 | 9.00 | 559.12 | 280.91 | 74.49 | 66.45 | 17.62 |
| | 10.00 | 706.47 | 353.19 | 129.67 | 66.12 | 24.28 |
| | 11.00 | 807.17 | 402.66 | 145.51 | 65.98 | 23.85 |
| | 12.00 | 870.28 | 430.87 | 140.39 | 65.49 | 21.34 |
| | 13.00 | 645.97 | 320.07 | 155.22 | 65.54 | 31.79 |
| | 14.00 | 550.04 | 280.63 | 104.91 | 67.48 | 25.23 |
| | 15.00 | 313.73 | 161.24 | 82.79 | 67.98 | 34.91 |
| 0.57 | 9.00 | 586.24 | 302.51 | 55.15 | 68.25 | 24.55 |
| | 10.00 | 671.10 | 344.69 | 124.56 | 67.93 | 29.97 |
| | 11.00 | 807.34 | 420.86 | 182.92 | 68.95 | 20.49 |
| | 12.00 | 897.43 | 464.73 | 139.05 | 68.49 | 27.95 |
| | 13.00 | 740.58 | 376.93 | 156.46 | 67.32 | 23.91 |
| | 14.00 | 575.51 | 291.15 | 104.02 | 66.91 | 33.02 |
| | 15.00 | 310.65 | 155.18 | 77.53 | 66.07 | 24.55 |
| 1.04 | 9.00 | 533.08 | 290.98 | 129.21 | 72.20 | 32.06 |
| | 10.00 | 737.02 | 410.66 | 350.82 | 73.70 | 62.96 |
| | 11.00 | 920.05 | 522.88 | 227.89 | 75.17 | 32.76 |
| | 12.00 | 873.69 | 487.87 | 411.11 | 73.86 | 62.24 |
| | 13.00 | 679.74 | 363.23 | 388.06 | 70.68 | 75.52 |
| | 14.00 | 507.33 | 280.16 | 52.958 | 73.04 | 13.81 |
| | 15.00 | 279.09 | 138.66 | 117.43 | 65.71 | 55.66 |

Gambar 3. Qu desain, $I_T = f$ (local time)Gambar 4. Qu aktual, $I_T = f$ (local time)

Jika ditinjau dari variasi kecepatan aliran fluida kerja $v = 1.04$ m/s, nilai Qu tertinggi sebesar 411.11 Watt dengan intensitas radiasi $I_T = 873.7$ W/m² (I_T tertinggi). Sedangkan pada kecepatan aliran fluida kerja yang sama Qu terendah adalah pada $Qu = 62.4$ Watt dengan Intensitas radiasi matahari $I_T = 899.18$ W/m² (I_T tertinggi *flat plate*).

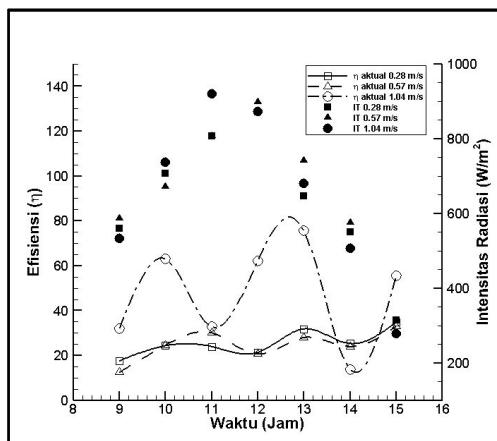
Pada grafik Qu desain ini nilai Qu tertinggi berada pada grafik dengan $v = 1.04$ m/s dimana setiap variasi pelat absorber memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan pada variasi kecepatan udara yang lain. Jika ditinjau dari variasi udara yang sama. Nilai Qu yang tinggi yaitu $Qu = 522.88$ W dengan nilai $I_T = 920.05$ W/m².

Nilai Qu desain memiliki nilai yang lebih besar dari nilai Qu aktual, hal ini disebabkan panas yang ada pada kolektor surya tidak terdistribusi sepenuhnya oleh fluida kerja (udara). Selain itu konduktivitas temal (k) atau kemampuan suatu material dalam menyerap panas dari aluminium sebagai material penyusun kolektor lebih tinggi dari konduktivitas termal udara sebagai fluida kerja.

Berdasarkan gambar 5 dapat dilihat bahwa pada ketiga grafik yang mewakili tiap variasi kecepatan fluida kerja menunjukkan nilai efisiensi yang cenderung meningkat seiring berjalannya waktu pengujian mulai dari pukul 09.00 s/d 15.00.

Pengaruh intensitas radiasi terhadap nilai efisiensi cenderung berbanding terbalik, terlebih pada

jam-jam akhir pengujian. Hal ini dapat dijabarkan dengan persamaan efisiensi $\eta_{aktual} = \frac{Q_u}{A_c I_T}$ dimana apabila nilai I_T semakin besar, sementara nilai Q_u tidak mengalami peningkatan yang signifikan, maka nilai efisiensi yang dihasilkan akan semakin kecil, begitu pula sebaliknya, sementara nilai A_c atau luasan efektif kolektor adalah konstan.



Gambar 5. η aktual, $I_T = f$ (local time)

Seiring berjalannya waktu kolektor surya terus mengalami pemanasan, sehingga pada saat sore hari penurunan kalor berguna (Q_u) tidak terlalu signifikan. Sementara nilai Q_u pada sore hari tidak mengalami perubahan yang signifikan, iradiasi matahari (I_T) mengalami penurunan yang signifikan ketika hari semakin sore. Hal ini yang dapat menyebabkan meningkatnya efisiensi pada saat sore hari.

Disisi lain pada gambar 5 dapat diketahui bahwa efisiensi akan meningkat ketika kecepatan fluida kerja meningkat, dimana pada grafik dengan kecepatan fluida kerja $v = 1.04$ m/s memiliki rata-rata efisiensi yang lebih tinggi dari variasi yang menggunakan kecepatan fluida kerja lebih rendah. Perubahan kecepatan fluida kerja ini mempengaruhi peningkatan laju alir massa (\dot{m}) yang memiliki pengaruh besar terhadap perubahan nilai Q_u .

Kesimpulan

Dari studi eksperimen serta pembahasan hasil yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Intensitas radiasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perubahan nilai Q_u . Semakin tinggi nilai Intensitas radiasi nilai Q_u cenderung meningkat.
2. Pengaruh intensitas radiasi matahari pada besarnya nilai efisiensi cenderung berbanding terbalik. Semakin rendah nilai intensitas radiasi semakin tinggi nilai efisiensi dengan syarat perubahan nilai Q_u tidak signifikan atau mendekati konstan.

3. Semakin tinggi kecepatan udara yang melaui *solar air heater*, maka semakin besar nilai Q_u yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya massa alir (\dot{m}) udara seiring bertambahnya kecepatan fluida kerja. Nilai Q_u aktual tertinggi diperoleh sebesar 411.1 Watt. Sedangkan Q_u desain tertinggi diperoleh sebesar 531.94 Watt.
4. Semakin tinggi kecepatan udara yang melalui *solar air heater* semakin tinggi pula efisiensi yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh koefisien konveksi yang semakin baik di dalam kolektor surya, sehingga jumlah panas yang terdistribusi juga semakin besar. Nilai efisiensi *solar air heater* tertinggi diperoleh pada variasi $L_{baff} = 15$ cm dan pada kecepatan udara di dalam kolektor $v = 1.04$ m/s dengan nilai efisiensi sebesar 75.52% pada pukul 13.00 WIB.

Referensi

- [1] Sugiyono, Agus dkk. 2016. *Indonesia Outlook Energy*, BPPT ESDM. Jakarta.Indonesia.
- [2] Mahmood A.J., Aldabbagh L.B.Y. , Egelioglu F.,2015, *Investigation of Single Pass Solar Air Heater With Transverse Fins and a Package Wire Mesh Layer*.
- [3] Ardiansyah, Reza, 2011, Studi Eksperimental Kolektor Surya Jenis V-Groove, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- [4] Mohammadi K., Sabzpooshani M., 2013, *Comprehensive Performance Evaluation and Parametric Studies of Single Pass Solar Air Heater With Fins And Baffles Attached Over The Absorber Plate*.
- [5] Khalid, Anhar, 2013, Optimasi Desain Alat Pengering Ikan Air Tawar dengan Kapasitas 20 kg Memanfaatkan Energi Surya, Jurnal INTEKNA, 2013: 165-171.
- [6] M.A. Karim, M.N.A. Hawlader, 2004, Development of Solar Air Collectors for Drying Applications, Energy and Conversion Management 45: 329-344.
- [7] Ho C.D., Chang Hsuan, Wang Rei-Chi, Lin Chun-Sheng, 2012, *Performance Improvement of a Double-Pass Solar Air Heater With Fins and Baffles Under Recycling Operation*.
- [8] Chabane Foued, Et al., 2013, *Collector Efficiency by Single Pass of Air Heaters with and without Using Fins*.
- [9] Duffie, J.A., and Beckman, W.A.,1991, Solar Engineering of Thermal Processes Second Edition. John Willey and Sons Inc. New York.

- [10] Ali, Sulaiman, 2017, Studi Simulasi Numerik dan Esperimental Pengaruh Penambahan *Fins* Berbentuk Setengah Silinder Disusun Secara Staggered Tehadap Kinerja Kolektor Surya Pemanas Udara dengan Plat Penyerap V-corrugated Absorber. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- [11] I.P. frank and D.P. Dewitt, 2002, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 7th edition. John Wiley and Sons., New York, USA.