

Kajian dan Simulasi Perpindahan Panas Pada Kolektor Surya Pelat Datar

Taufiq

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Malikussaleh

Corresponding Author: taufiqunimal@gmail.com

Abstrak – Kolektor surya adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengumpulkan energi panas yang bersumber dari radiasi matahari. Kolektor surya yang baik adalah kolektor surya yang memiliki efisiensi tinggi, ini berarti, sebagian besar panas yang menimpa kolektor dapat dimanfaatkan untuk memanaskan fluida yang mengalir didalamnya dan sebagian kecil panas yang hilang ke lingkungan. Pada penelitian ini, suatu model kolektor surya telah dimodelkan dan proses perpindahan panas pada kolektor tersebut diselesaikan dengan menggunakan software Engineering Equation Solver (EES). Metode iterasi digunakan untuk menentukan temperatur pada permukaan sehingga didapat energi panas berguna pada kolektor. Kolektor surya yang disimulasikan berukuran $1\text{ m} \times 2\text{ m} \times 0,06\text{ m}$, pelat absorber yang diasumsikan adalah pelat aluminium dan seng berukuran $0,4\text{ mm}$ dan $0,6\text{ mm}$. Hasil simulasi didapat temperatur fluida keluar dengan menggunakan aluminium sebagai absorber jauh lebih tinggi dari pada menggunakan pelat seng sebagai pelat absorber. Temperatur keluar fluida dengan menggunakan pelat aluminium berukuran $0,4\text{ mm}$ sebagai absorber lebih tinggi dari pada pelat berukuran $0,6\text{ mm}$. Temperatur fluida keluar dengan menggunakan pipa tembaga lebih besar dari pada menggunakan pipa besi untuk kolektor pelat datar karena pipa tembaga memiliki konduktivitas termal lebih tinggi dari pipa besi. Hasil simulasi kemudian dibandingkan dengan hasil pengujian dan didapat temperatur fluida keluar hasil pengujian lebih kecil dari pada hasil simulasi dengan menggunakan pipa kolektor dan pelat absorber yang sama. Copyright © 2015 Department of Mechanical Engineering. All rights reserved.

Keywords: Kolektor surya pelat datar, Pemodelan dan simulasi, Perpindahan panas, Temperatur fluida keluar

1. Pendahuluan

Kolektor surya yang baik adalah kolektor surya yang memiliki efisiensi tinggi, ini berarti sebagian besar panas yang menimpa kolektor surya dapat dimanfaatkan untuk memanaskan fluida yang mengalir didalamnya dan hanya sebagian kecil saja panas yang hilang ke lingkungan sekelilingnya. Panas yang hilang ke lingkungan karena dipantulkan kembali oleh penutup dan plat penyerap dan sebagian lagi hilang ke lingkungan melalui bagian dasar dan bagian sisi dari pengumpul surya tersebut. Karena bagian sisi relatif kecil dibandingkan dengan bagian dasar dan atas maka kehilangan panas melalui bagian sisi ini diabaikan. Kolektor surya yang baik ditentukan oleh geometri model dan bahan yang digunakan untuk membuat kolektor surya tersebut. Secara garis besar kolektor surya terdiri dari bagian penutup, celah udara, absorber, fluida kerja, dan elemen isolasi. Salah satu bagian terpenting dari kolektor surya ialah bagian absorber.

Dewasa ini, seiring berkembangnya penggunaan komputer dalam menganalisa berbagai masalah secara luas,

termasuk dalam ilmu termal, salah satunya dengan cara pemodelan dan simulasi.

Pemodelan adalah penggunaan sejumlah persamaan matematis yang bertujuan untuk menjelaskan fenomena fisis dari model yang dikaji. Pada pemanas air kolektor surya, pemodelan bisa diartikan sebagai penggunaan persamaan matematis yang bertujuan mendapatkan fenomena perpindahan panas yang terjadi pada kolektor. Dalam penelitian ini, akan dilakukan pemodelan dan simulasi perpindahan panas secara numerik, yaitu dengan menyusun sejumlah persamaan. Persamaan-persamaan tersebut kemudian disimulasi dengan menggunakan software Engineering Equation Solver (EES), kelebihan software ini adalah memiliki sifat-sifat fisik fluida yang lengkap.

Dalam penelitian ini, akan dikembangkan sebuah pemodelan dengan menyusun sejumlah persamaan-persamaan kemudian disimulasi. Banyak pemodelan-pemodelan yang telah diusulkan tetapi sangat tergantung pada lokasi dimana pemodelan dan pengujian dilakukan.

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat model untuk perhitungan perpindahan panas dan mensimulasi secara

matematis pada kolektor surya pelat datar, kemudian dibandingkan dengan hasil eksperimen. Perencanaan ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang perhitungan perpindahan panas untuk pemanas air pada kolektor surya pelat datar serta dapat mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi sesuai dengan perkembangan jaman.

2. Kajian Pustaka

2.1. Pemodelan dan Simulasi

Pemodelan adalah penggunaan sejumlah persamaan matematis yang bertujuan untuk menjelaskan fenomena fisis dari model yang dikaji. Pada pemanas air kolektor surya, pemodelan bisa diartikan sebagai penggunaan persamaan matematis yang bertujuan mendapatkan fenomena perpindahan panas yang terjadi pada kolektor tersebut.

Menurut Dorota Wójcicka (2000), membuat pemodelan pemanas air tenaga surya untuk proses pembuatan makanan dan membandingkan dengan pengukuran pada kondisi nyata dari objek. Pengembangan model matematika didasarkan pada metode numerik yang disebut *Elementary Balance Method* pada setiap elemen kolektor yang diwakili oleh node dan persamaan balans energi yang relevan untuk setiap elemen kolektor.

2.2. Energi panas yang berguna dari kolektor surya

Energi panas yang berguna dari kolektor surya dapat ditentukan dengan tiga cara yang berbeda. Berdasarkan kesetimbangan luar absorber, energi panas yang berguna dari kolektor dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\dot{Q}_u = A_a [(\tau\alpha)_{ef} G - U(t_{abs} - t_a)] \quad (1)$$

Energi panas yang keluar berdasarkan temperatur absorber t_{abs} tidak mudah diketahui karena dengan pengukuran eksperimen kesulitan untuk mengidentifikasi t_{abs} .

Energi panas yang keluar berdasarkan temperatur fluida rata-rata t_m lebih mudah diketahui, karena sesuai dengan hasil pengujian eksperimen pada kolektor surya. Temperatur fluida rata-rata dapat diperoleh dengan mudah dari pengukuran temperatur masuk dan temperatur keluar.

Energi panas yang keluar berdasarkan temperatur absorber t_{abs} tidak mudah diketahui karena dengan pengukuran eksperimen kesulitan untuk mengidentifikasi t_{abs} .

Energi panas yang keluar berdasarkan temperatur fluida rata-rata t_m lebih mudah diketahui, karena sesuai dengan hasil pengujian eksperimen pada kolektor surya. Temperatur fluida rata-rata dapat diperoleh dengan mudah dari pengukuran temperatur masuk dan temperatur keluar.

$$t_m = \frac{t_{in} + t_{out}}{2} \quad (2)$$

Energi panas yang keluar dari kolektor berdasarkan temperatur fluida rata-rata ditentukan oleh faktor efisiensi F' .

$$\dot{Q}_u = A_a F' [(\tau\alpha)_{ef} G - U(t_m - t_a)] \quad (3)$$

Dalam model matematika pada sistem energi surya, untuk menghitung energi panas dan temperatur yang keluar dari kolektor dihitung berdasarkan temperatur masuk. Panas yang berguna berdasarkan temperatur masuk dapat diberikan seperti dalam persamaan 3.

Dalam model matematika pada sistem energi surya, untuk menghitung energi panas dan temperatur yang keluar dari kolektor dihitung berdasarkan temperatur masuk. Panas yang berguna berdasarkan temperatur masuk dapat diberikan seperti dalam persamaan 4.

$$\dot{Q}_u = A_a F_R [(\tau\alpha)_{ef} G - U(t_{in} - t_a)] \quad (4)$$

Untuk mendapatkan temperatur fluida keluar pada kolektor surya pelat datar dengan cara kesetimbangan energi dalam dan luar seperti ditunjukkan dalam persamaan 5.

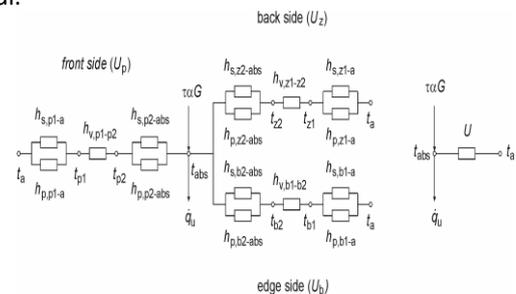
$$Q = m \cdot cp \cdot \Delta T = \dot{m} \cdot cp \cdot \Delta T \quad (5)$$

Kemudian temperatur fluida keluar persamaannya akan menjadi:

$$T_{out} = t_{in} + \frac{Q_u}{\dot{m} cp} \quad (6)$$

3. Metode Penelitian

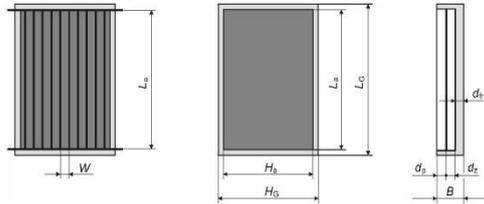
Proses untuk menyelesaikan pemodelan persamaan perpindahan panas yang terjadi pada kolektor surya plat datar, dengan cara tahanan termal seperti ditunjukkan dalam gambar 1. Oleh karena itu untuk penyelesaiannya diperlukan program komputer karena ada beberapa variabel dan beberapa buah persamaan yang tidak diketahui.



Gambar 1. Tahanan termal kesetimbangan energi pada kolektor surya

Goemetri kolektor surya plat datar seperti ditunjukkan pada gambar 2. Tinggi celah L_a dianggap

sama dengan panjang pipa. Lebar celah H_a dibagi dengan jumlah pipa n_r lebar sirip absorber diberikan W (jarak antara dua sumbu). Ketebalan dari bingkai d_{fr} , ketebalan lapisan udara sisi depan d_p , ketebala lapisan udara sisi belakang d_z dan ketebalan dari kaca d_{gl} total kedalaman kolektor diberikan B .



Gambar 2. Dimensi kolektor surya

Spesifikasi dari masing-masing komponen yang disimulasikan adalah:

1. Bingkai kolektor : terbuat dari material aluminium dengan ketebalan 0.03 meter.
2. Panjang kolektor 1 m, lebar kolektor 2 m dan luas kolektor 2 m².
3. Pelat absorber yang digunakan ada dua variasi :
 - Pelat absorber yang digunakan adalah material aluminium dengan ketebalan 0.4 dan 0,6 mm.
 - Pelat absorber seng dengan ketebalan 0,4 dan 0,6 mm.
4. Kaca penutup: kaca bening dengan ketebalan 4 mm.
5. Pipa absorber kolektor : pipa tembaga dengan diameter luar 10 mm, diameter dalam 8 mm.

4. Hasil dan Pembahasan

Berikut ini akan ditampilkan beberapa hasil dari simulasi yang telah dijalankan berdasarkan program yang telah dibuat dengan data masukan yang berbeda dan debit aliran yang digunakan yaitu 200 cc/menit, kemudian hasil simulasi akan dibandingkan dengan hasil pengujian.

1. Kasus I

Data masukan:

1. Intensitas surya diasumsikan pada kondisi langit cerah, temperatur ambien, temperatur fluida masuk.
2. Material absorber yang digunakan adalah Aluminium dengan ketebalan 0,4 dan 0,6 mm.
3. Material pipa yang digunakan adalah tembaga.
4. Waktu pengambilan data dari pukul 8.00 WIB sampai dengan pukul 18.00 WIB.

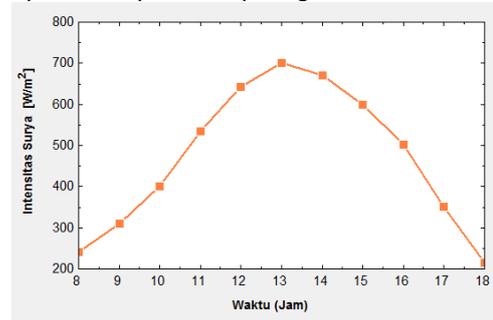
2. Kasus II

Data masukan:

1. Intensitas surya diasumsikan pada kondisi langit cerah, temperatur ambien, temperatur fluida masuk.
2. Material absorber yang digunakan adalah seng dengan ketebalan 0,4 dan 0,6 mm.
3. Material pipa yang digunakan adalah besi.
4. Waktu pengambilan data dari pukul 8.00 sampai dengan pukul 18.00 wib.

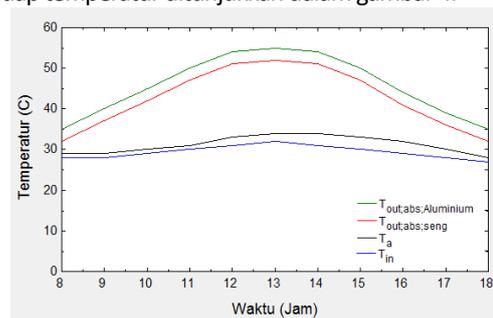
Data-data yang diperoleh dari hasil simulasi dan pengujian

pemanas air surya pelat datar, hasil pengujian dan simulasi dibahas dalam bentuk grafik. Grafik intensitas radiasi matahari terhadap waktu dapat dilihat pada gambar 3.

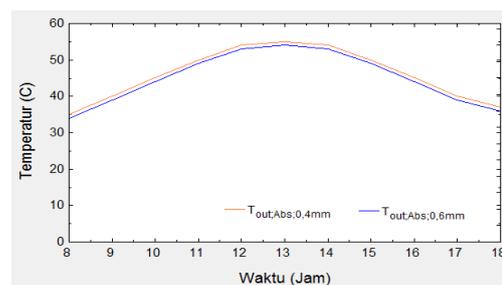


Gambar 3. Grafik Intensitas matahari terhadap waktu

Pada awal simulasi pelat absorber yang digunakan adalah aluminium kemudian diganti dengan seng dengan ketebalan yang sama (0,4 mm), dimana temperatur fluida masuk (Tin), temperatur ambien (Ta), temperatur fluida keluar hasil simulasi dengan menggunakan pelat aluminium sebagai absorber (Tout;Abs;Aluminium) dan temperatur fluida keluar dari hasil simulasi dengan menggunakan seng sebagai pelat absorber (Tout;Abs;Seng). Hasil simulasi pengaruh media terhadap temperatur ditunjukkan dalam gambar 4.



Gambar 4. Temperatur fluida keluar berdasarkan pelat absorber

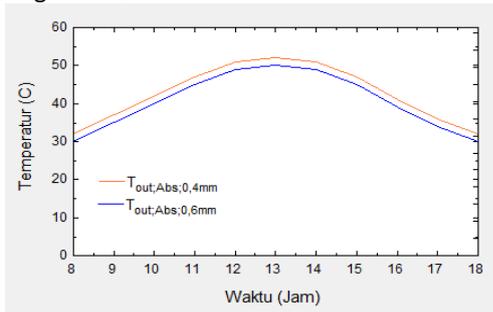


Gambar 5. Grafik temperatur fluida keluar berdasarkan ketebalan pelat absorber

Simulasi selanjutnya dengan memvariasi ketebalan pelat absorber menggunakan aluminium dengan ketebalan yaitu 0,4 dan 0,6 mm. Pipa kolektor yang digunakan adalah pipa tembaga. Pengaruh ketebalan terhadap temperatur keluar fluida dapat dijelaskan dalam gambar 5.

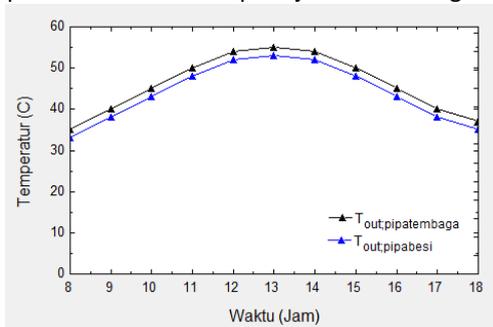
Simulasi selanjutnya memvariasikan ketebalan pelat absorber menggunakan seng dengan ketebalan yaitu 0,4 mm (Tout;Abs;0,4) dan ketebalan 0,6 mm (Tout;Abs;0,6). Pengaruh ketebalan terhadap temperatur keluar fluida dapat dijelaskan

dalam gambar 6.



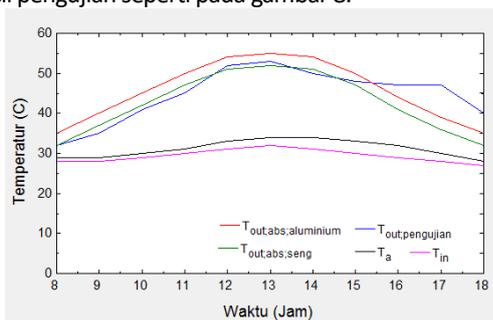
Gambar 6. Grafik temperatur fluida keluar berdasarkan ketebalan pelat absorber

Simulasi selanjutnya dilakukan dengan memvariasikan pipa kolektor menggunakan pipa tembaga dan pipa besi dengan intensitas surya, temperatur masuk dan temperatur ambien sama. Pengaruh material pipa kolektor terhadap temperatur keluar fluida dapat dijelaskan dalam gambar 7.



Gambar 7: Grafik temperatur fluida keluar berdasarkan material pipa kolektor

Simulasi selanjutnya dengan menggunakan aluminium dan seng dengan ketebalan 0,4 mm sebagai absorber, kemudian membandingkan dengan hasil pengujian pada tanggal 17 juli 2012 dengan menggunakan aluminium sebagai absorber. Perbandingan temperatur keluar hasil simulasi dan hasil pengujian seperti pada gambar 8.



Gambar 8: Grafik temperatur fluida hasil simulasi dan pengujian

5. Kesimpulan dan saran

5.1. Kesimpulan

Pemodelan dan simulasi ini dilakukan dengan tujuan utama adalah mendapatkan referensi untuk perhitungan perpindahan panas dan material absorber yang digunakan pada kolektor surya plat datar. Hasil simulasi kemudian dibandingkan dengan hasil pengujian yang dilakukan di kalangan Fakultas Teknik Universitas Syiah

Kuala. Untuk mencapai tujuan tersebut dilakukan pemodelan dengan memasukkan persamaan-persamaan kemudian simulasi dengan software. Dari hasil simulasi ini dapat disimpulkan :

1. Nilai intensitas surya paling tinggi pada pukul 13.00 WIB, energi panas yang dihasilkan sebesar 700 W/m^2 , dan paling rendah pada pukul 18.00 WIB sebesar 215 W/m^2 .
2. Temperatur fluida keluar dengan menggunakan aluminium sebagai absorber jauh lebih tinggi dari pada menggunakan pelat seng sebagai pelat absorber dengan ketebalan pelat yang sama.
3. Temperatur keluar fluida dengan menggunakan pelat aluminium dan seng sebagai absorber, dengan ketebalan 0,4 lebih tinggi temperatur keluarannya dari pada pelat dengan ketebalan 0,6.
4. Temperatur fluida keluar dengan menggunakan pipa tembaga lebih besar dari pada menggunakan pipa besi untuk kolektor pelat datar.
5. Temperatur fluida keluar hasil pengujian lebih kecil dari pada hasil simulasi dengan ketebalan pelat absorber yang sama.

5.2. Saran

Untuk penelitian lanjutan yang harus dilakukan adalah membuat sebuah pengujian dengan menggunakan seng dengan memvariasikan ketebalan sebagai pelat absorber kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi, dan buat pemodelan simulasi dengan menggunakan software lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Duffie, J. A., Beckman, W. A., 2006, Solar Engineering of Thermal Processes. 3rd edition, Wiley & Sons.
- [2] Migasiuk- Wójcicka Dorota, Chochowski Andrzej., 2000, Simulation Model for Solar Water Heating for Food Processing. Journal of Scientific Research and Development. Vol. II. Warsaw, Poland.
- [3] Ropiudin., 2007, Pemodelan Sistem Termal dan Simulasi pada Oven Surya, IPB, Bogor.
- [4] Zima W, Dziewa P., 2011, Modelling of liquid flat-plate solar collector operation in transient states, Sage, Poland.
- [5] Hottel, H. C., Woertz, B. B., 1942, The performance of flat plate solar heat collectors. Transactions of ASME, 64, 91-104.
- [6] Matuska, T., 2003, Transparent thermal insulations and their use in solar energy applications, Ph.D. thesis, CTU in Prague.