

PENGARUH SUDUT PENYINARAN DAN LAJU ALIRAN TERHADAP EFISIENSI TERMAL PADA SOLAR KOLEKTOR TIPE PLAT DATAR

Tulus B. Sitorus, Himsar Ambarita, Mulfi Hazwi, Tekad Sitepu

Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik USU
JI Almamater, Kampus USU Padang Bulan, Medan

Abstrak

Penelitian tentang teknologi pemanfaatan energi terbarukan, khususnya energi surya (*solar energy*) sedang mengalami peningkatan akhir-akhir ini. Penelitian ini menggunakan *Solar Energy Demonstrator* tipe LS-17055-2 untuk menganalisa pengaruh sudut penyinaran dan laju aliran terhadap efisiensi termal suatu solar kolektor plat datar. Peralatan ini menggunakan dua bola lampu hologram (*spot light*) dengan daya masing-masing 500W untuk mensimulasikan energi sinar matahari. Solar kolektor tipe plat datar dengan luas 0,095 m² digunakan untuk menangkap energi radiasi dan energi ini akan memanaskan air yang mengalir di dalam pipa. Parameter-parameter yang divariasikan pada penelitian ini adalah, intensitas penyinaran dengan menghidupkan satu dan dua lampu, sudut penyinaran pada 45^o, 60^o, 75^o, dan 90^o, dan laju aliran air pendingin 3,4,5,6,7 liter permenit. Total pengujian adalah 40 kali pengujian. Pada setiap pengujian dilakukan pengambilan data tiap menit selama 25 menit. Temperatur air masuk, air keluar, dan temperatur solar kolektor akan diukur. Dengan menggunakan data-data yang diukur, dilakukan perhitungan efisiensi termal solar kolektor ini. Analisa dilakukan untuk mengetahui efek dari sudut penyinaran dan laju aliran terhadap efisiensi solar kolektor.

Keywords: Solar Kolektor, Intensitas, Laju aliran

I. PENDAHULUAN

Kolektor surya termal adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengumpulkan energi matahari dan mengubahnya menjadi energi termal. Umumnya energi terkumpul diteruskan ke aliran fluida. Kolektor surya memiliki beberapa komponen yaitu : transmisi, refleksi, dan absorpsi. Komponen transmisi dapat diperoleh dengan menggunakan kaca, refleksi dari elemen cermin dan absorber dari bahan aluminium atau kuningan yang dilapisi dengan permukaan benda hitam. Komponen utama kolektor surya adalah cover yang berfungsi sebagai penutup kolektor yang transparan, absorber untuk menyerap energi dan mengkonversikan energi matahari menjadi energi termal, insulation untuk menahan panas dalam kolektor, saluran atau kanal untuk mengalirkan fluida pembawa energi

matahari. Jadi dapat disimpulkan secara prinsip bahwa metode kerja dari kolektor surya adalah sama yaitu menyerap sinar matahari.

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh laju aliran air dan besar sudut penyinaran terhadap efisiensi termal solar kolektor. Untuk mendapatkan tujuan tersebut, maka dilakukan pengujian di laboratorium solar energy Departemen Teknik Mesin FT.USU, dengan menggunakan Solar Collector Demonstrator Type LS 17055-2.

Penelitian ini dilakukan dengan membuat variasi sudut penyinaran yaitu 45^o, 60^o, 75^o, 90^o dan variasi laju aliran : 3, 4, 5, 6, 7 LPM (liter per menit). Untuk bervariasi intensitas sinar yang digunakan, maka jumlah lampu yang dihidupkan divariasikan yaitu satu lampu dan dua lampu. Setelah diperoleh data sheet hasil uji laboratorium maka dihitung

efisiensi termal untuk setiap laju aliran dan sudut penyinaran. Hasil-hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang dibutuhkan untuk pengembangan solar kolektor di Indonesia.

II. DASAR TEORI

Prinsip kerja dari sebuah solar kolektor termal adalah sebagai berikut. Energi radiasi akan dikumpulkan pada sebuah kolektor yang luas penampangnya A_c . Secara teoritis jumlah energi persatuan waktu yang diterima oleh kolektor adalah selisih antara energi radiasi yang diterima dengan energi yang dipancarkan kembali ke lingkungan. Dari definisi ini, jumlah energi yang diserap kolektor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_{ab} = A_c \times G_T \tag{1}$$

Dimana G_T adalah intensitas lux normal diatas permukaan kolektor (lux). Energi yang sampai di permukaan kolektor ini akan diteruskan ke aliran air pendingin dan sisanya akan hilang ke lingkungan. Besarnya aliran kalor yang masuk ke air dihitung dengan persamaan:

$$q_w = \dot{m}c_p(T_0 - T_i) \tag{2}$$

Dimana, c_p adalah kalor spesifik air, \dot{m} adalah laju aliran air / *flow rate* (Kg/s), T_0 adalah temperatur air keluar pipa kolektor dan T_i adalah temperatur air masuk pipa kolektor. Pada kasus ini ada beberapa kemungkinan yang dapat digunakan untuk menghitung besarnya efisiensi solar kolektor ini.

Pertama adalah besarnya perbedaan suhu pada air pendingin sebelum pengujian dan sesudah pengujian. Sebagai catatan lama pengujian ini adalah 25 menit. Jika definisi ini yang digunakan untuk menghitung efisiensi, maka besarnya panas yang diserap oleh instalasi termasuk panas yang diserap pompa air pendingin harus diperhitungkan. Cara ini akan sangat rumit jika harus menghitung semua panas yang diserap oleh instalasi dan komponennya.

Kedua adalah menggunakan perbedaan temperatur air pendingin sebelum dan sesudah solar kolektor. Cara ini dirasakan lebih efektif karena tidak

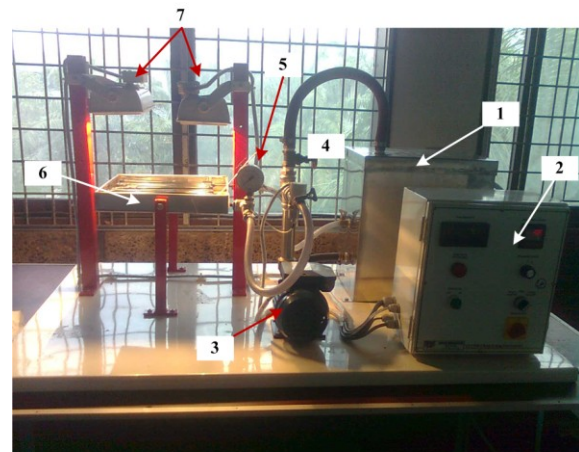
banyak rugi-rugi kalor yang harus dihitung lagi. Untuk lebih mendekati nilai efisiensi dengan efisiensi yang sebenarnya, maka perhitungan akan dilakukan setiap menit pengamatan dan akan dilakukan rata-rata.

Berdasarkan pembahasan ini maka efisiensi termal dari solar kolektor ini akan dirumuskan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{\dot{m}c_p(T_0 - T_i)}{G_T \times A_c} \tag{3}$$

III. ALAT-ALAT PENELITIAN

Peralatan-peralatan yang digunakan pada penelitian ini ditampilkan pada gambar 1. Nama alat ukur ini adalah LS-17055-2. Spesifikasi sebagai berikut Input power 230 VAV, 50 Hz. Gross weight 60 kg dan dimensi total 1200 x 800 x 700 mm (L x W x H). Lampu yang digunakan adalah jenis hologram dengan daya masing-masing 500W.



- | | |
|------------------------|-------------------|
| 1. Storage tank | 5. Pressure gauge |
| 2. Control panel | 6. Solar kolektor |
| 3. Pompa air pendingin | 7. Lampu radiasi |
| 4. Katup air | |

Gambar 1 Peralatan penelitian



Gambar 2 Lux meter yang digunakan

Alat ukur tambahan yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang sampai ke permukaan kolektor adalah lux meter. Alat ini ditampilkan pada gambar 2. Spesifikasi alat ini adalah sebagai berikut. Tampilan LCD dengan indikasi LUX, fc, lobat, MAX, HOLD. Polaritas : otomatis. Indikasi pengukuran di luar rentang : akan muncul "1". Tingkat pengukuran: 1,5 kali per detik. Rentang pengukuran : 200, 2000, 20000, 50000 lux/fc (1 fc = 10,76 lux). Temperatur penyimpanan : -10°C - 60°C. Akurasi : ± 5% rdg ± 10 digit (< 10000 lux/fc) ± 10% rdg ± 10 digit (> 10000 lux/fc).

Metodologi pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Mengisi air ke dalam *storage tank*, jumlah air pendingin yang digunakan pada penelitian ini adalah sekitar 7 liter atau setara dengan 12 cm ketinggian di dalam tangki.
- Hidupkan semua komponen melalui kontrol panel, termasuk lampu dan pompa.
- Catat temperatur awal T_1 , T_2 , dan T_3
- Atur laju aliran air yang diinginkan.
- Atur sudut penyinaran yang diinginkan.
- Ukur intensitas cahaya yang sampai pada permukaan absorber dengan menggunakan lux meter.
- Catat temperatur T_1 , T_2 , dan T_3 tiap menit selama 25 menit.
- Ulangi pengujian untuk variasi jumlah lampu, sudut penyinaran, dan laju aliran.

IV. HASIL DAN DISKUSI

Hasil pengujian untuk 1 lampu yang dinyalakan, dengan sudut 45°, dan laju aliran air pendingin 3 LPM ditampilkan pada tabel 1. Parameter yang ditampilkan pada tabel tersebut adalah temperatur masuk, keluar, dan perbedaan temperatur air pendingin, temperatur plat absorber (T_{base}), dan efisiensi. Hasil ini menunjukkan hal-hal berikut ini. Temperatur air masuk, temperatur air keluar, dan temperatur base akan meningkat dengan bertambahnya waktu. Ini terjadi karena air pendingin yang digunakan adalah sama atau tidak diganti dengan air yang baru. Dengan kata lain setelah beberapa lama air pendingin yang digunakan akan semakin panas karena menerima panas yang terakumulasi. Temperatur absorber juga akan mengalami kenaikan dengan bertambahnya waktu. Fakta ini menunjukkan bahwa panas yang diterima absorber tidak hanya memanaskan air pendingin, tetapi juga digunakan untuk memanaskan plat absorber.

Parameter yang akan digunakan dari tabel ini untuk menyatakan performansi solar kolektor adalah efisiensi termal. Persamaan (3) digunakan untuk menghitung efisiensi ini. Pada tabel dapat dilihat terjadi sedikit peningkatan pada efisiensi pada menit-menit akhir jika dibandingkan dengan menit-menit pertama. Tetapi secara umum dapat disebutkan bahwa efisiensi untuk kasus ini adalah tetap dan diwakili oleh nilai rata-ratanya sebesar 16.8%.

Tabel 1 Hasil pengukuran pada 3LPM dengan 1 Lampu dan sudut 45°

Time	T_i	T_{base}	T_o	ΔT	η (%)
0	32	34.2	33.3	1.3	14.9
1	32.2	38	33.5	1.3	14.9
2	32.4	38.3	33.7	1.3	14.9
3	32.6	41.7	33.9	1.3	14.9
4	32.7	42.5	34.2	1.5	17.2
5	33	43.6	34.5	1.5	17.2
6	33.4	45.3	34.7	1.3	14.9
7	33.6	46.2	34.9	1.3	14.9
8	33.8	46.7	35.2	1.4	16.0
9	34.1	47.3	35.5	1.4	16.0
10	34.3	47.7	35.9	1.6	18.3

11	34.7	48.3	36.1	1.4	16.0
12	34.9	48.1	36.2	1.3	14.9
13	35.1	48.4	36.5	1.4	16.0
14	35.4	48.3	36.7	1.3	14.9
15	35.6	48.9	37	1.4	16.0
16	35.7	49	37.2	1.5	17.2
17	35.9	48.9	37.5	1.6	18.3
18	36.1	49.3	37.8	1.7	19.5
19	36.3	49.2	38	1.7	19.5
20	36.7	49.4	38.4	1.7	19.5
21	36.9	49	38.6	1.7	19.5
22	37	49.4	38.7	1.7	19.5
23	37.4	50.2	38.9	1.5	17.2
24	37.6	50.5	39.1	1.5	17.2
25	37.9	50.2	39.4	1.5	17.2
Efisiensi Rata-rata					16.8

Tabel yang sama dengan tabel 1 untuk semua sudut penyinaran dan semua laju aliran dengan 1 lampu dan 2 lampu yang dinyalakan telah dibuat, tetapi tidak ditampilkan di sini. Hasil efisiensi rata-rata dengan menggunakan 1 lampu ditampilkan pada tabel 2. Sebagai catatan energi radiasi yang dipancarkan oleh lampu ini adalah sebesar 500 Joule/detik.

Tabel 2 Efisiensi termal rata-rata hasil pengujian dengan 1 Lampu

Laju (LPM)	Sudut Penyinaran			
	45°	60°	75°	90°
3	16.8	11.4	8.7	10.6
4	19.8	13.8	10.7	13.4
5	23.9	16.2	12.4	16.3
6	24.2	19.7	15.1	16.6
7	31.9	22.3	17.0	20.4

Efisiensi termal rata-rata hasil pengujian dengan menggunakan 2 lampu ditampilkan pada tabel 3. Sebagai catatan energi radiasi yang dipancarkan kedua lampu ini adalah 1000 Joule /detik.

Tabel 3 Efisiensi termal rata-rata hasil pengujian dengan 2 Lampu

Laju (LPM)	Sudut Penyinaran			
	45°	60°	75°	90°
3	12.9	7.9	9.1	8.4
4	15.1	11.2	12.8	12.0
5	17.3	12.4	14.3	14.3
6	19.2	14.9	16.3	16.1
7	21.9	17.0	18.8	17.9

Pengaruh sudut penyinaran

Data efisiensi hasil pengujian yang dilakukan pada *Solar Energy Demonstrator* tipe LS-17055-2 ini tidak dapat memberikan kesimpulan. Hal ini dapat dilihat dengan membandingkan efisiensi yang ada. Misalnya dengan menggunakan 1 lampu pada laju aliran 3 LPM. Efisiensi yang terbesar terjadi saat sudut penyinaran 45°, sebesar 16,8%, setelah itu efisiensi akan menurun hingga yang terkecil pada 75°, sebesar 8,7%, dan akan naik lagi pada sudut 90°, sebesar 10,6%. Hal yang sama juga terjadi pada laju aliran 4 LPM, 5 LPM, 6 LPM, dan 7 LPM.

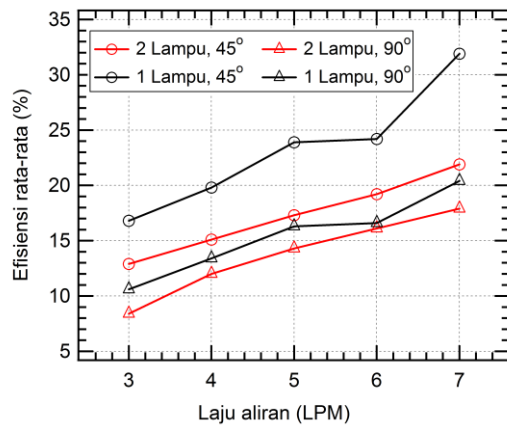
Fenomena yang agak berbeda ditunjukkan oleh solar kolektor saat lampu yang digunakan sebanyak 2 buah. Efisiensi terbesar pada sudut 45°, kemudian akan turun pada 60°, kemudian naik lagi pada sudut 75° dan turun lagi pada sudut 90°. Misalnya pada laju aliran 6 LPM, efisiensi terbesar saat 45° adalah 19,2%, pada sudut 60° turun menjadi 14,9%, pada sudut 75° naik lagi menjadi 16,3%, dan akhirnya pada sudut 90° turun lagi menjadi 16,1%.

Seharusnya efisiensi terbesar didapat saat sudut penyinaran 90°, sesuai dengan fakta bahwa sinar matahari akan memberikan intensitas terbesar saat posisi semu matahari tepat berada di atas permukaan. Dan efektifitas kolektor akan berkurang seiring dengan pergeseran semu matahari. Hal yang menjadi penyebab penyimpangan ini, diperkirakan, adalah posisi bola lampu hologram yang tidak tepat. Dengan memperhatikan posisi lampu pada gambar 1 yang tidak tepat berada di tengah, misalnya pada sudut lampu 90° sebagian sinar akan lari keluar dari kolektor dan hal ini akan mengurangi efisiensi. Hal yang makin rancu akan terjadi pada saat menggunakan 2 bola lampu. Oleh karena itu solar demonstrator ini tidak dapat digunakan untuk mensimulasikan efek dari sudut penyinaran pada sebuah solar kolektor plat datar. Sebaiknya dilakukan penyempurnaan posisi lampu.

Pengaruh laju aliran air pendingin

Data yang ditampilkan pada tabel 2 dan tabel 3 menunjukkan bahwa semakin besar laju aliran air pendingin maka semakin besar efisiensi solar kolektor. Fakta ini berlaku untuk semua sudut penyinaran dan

jumlah lampu yang dihidupkan. Sebagai satu analisis data pada tabel 2 untuk 1 lampu dengan sudut penyinaran 45°. Efisiensi terendah saat aliran air pendingin 3 LPM sebesar 16,8%, kemudian naik menjadi 19,8% pada 4 LPM, dan naik lagi menjadi 23,9% dan 24,2% pada 5 LPM dan 6 LPM. Dan akhirnya tertinggi pada 7 LPM. Fenomena yang sama juga terjadi pada semua sudut penyinaran.



Gambar 3 Hubungan efisiensi dengan laju aliran

Sementara dengan 2 lampu pada sudut 45°, efisiensi akan naik mulai dari 12,9%, 15,1%, 17,3%, 19,2%, dan 21,9% masing-masing pada 3 LPM, 4 LPM, 5 LPM, 6 LPM, dan 7 LPM. Kesimpulan yang ditunjukkan data ini adalah semakin tinggi laju aliran semakin tinggi efisiensi. Hal ini terjadi karena semakin tinggi aliran air di dalam pipa, maka semakin besar koefisien perpindahan panas konveksi di dalam pipa. Semakin besar koefisien perpindahan panas konveksi, maka semakin efisien penyerapan panas dari kolektor ke air pendingin.

Untuk lebih memperjelas pengaruh laju aliran air pendingin terhadap efisiensi termal, grafik hubungan laju aliran dan efisiensi termal ditampilkan pada gambar 3. Pada gambar hanya data pada sudut penyinaran 45° dan 90° yang ditampilkan.

Pada grafik jelas terlihat semakin besar laju aliran semakin besar efisiensi. Sementara pada laju aliran air pendingin yang sama efisiensi dengan 1 lampu lebih besar daripada dengan 2 lampu. Hal ini dikarenakan dengan menggunakan 2

lampu, jumlah energi radiasi yang terbuang ke lingkungan akan semakin besar.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini telah dilakukan pengujian dengan menggunakan *Solar Energy Demonstrator* tipe LS-17055-2 untuk mengetahui pengaruh dari sudut penyinaran dan laju aliran terhadap efisiensi termal solar kolektor plat datar. Parameter-parameter yang divariasikan pada penelitian ini adalah, Intensitas penyinaran dengan menghidupkan satu dan dua lampu, Sudut penyinaran pada 45°, 60°, 75°, dan 90°, dan laju aliran air pendingin 3,4,5,6,7 liter permenit. Total pengujian adalah 40 kali pengujian.

Kesimpulan yang didapatkan adalah sebagai berikut:

- Pengujian dengan *Solar Energy Demonstrator* tipe LS-17055-2 ini tidak dapat memberikan kesimpulan yang baik pengaruh sudut penyinaran terhadap efisiensi termal. Hal yang menjadi penyebab penyimpangan ini diperkirakan adalah posisi bola lampu hologram yang tidak tepat.
- Sementara efek dari laju aliran air pendingin adalah semakin besar laju aliran air pendingin maka semakin besar efisiensi solar kolektor.

Saran yang perlu dipertimbangkan untuk perbaikan alat ini:

- Seharusnya dilakukan penyempurnaan posisi bola lampu.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arismunandar, Wiranto. *Teknologi Rekayasa Surya* : Penerbit ITB Bandung, 1988.
2. Holman, JP. *Heat Transfer*, McGraw Hill Book Company, 1985.
3. Duffie, Jhon dan William Beckman. *Solar Engineering of Termal Process*, Jhon Wiley & Sons. Inc, 1980.
4. Neville, Richard C. *Solar Energy Conversion*, Elsevier, 1995.
5. Shah, Rames K dan Dusan P. Sekolo. *Fundamental of Heat Exchanger Design*, Jhon Wiley & Sons. Inc, 2003.
6. Lee , Alvine, *Operational & Experiment Manual*, Lotus Scientific, 2007.