

OPTIMASI KERJA KOLEKTOR TIPE SENG GELOMBANG MENGGUNAKAN *HEAT STORAGE* PADA ALAT PENGERING ENERGI MATAHARI

Gatot Soebiyakto¹⁾

ABSTRAK

Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi yang bersifat renewable telah lama diinginkan manusia, yang salah satunya dengan memanfaatkan kolektor surya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui optimasi kerja (unjuk kerja) kolektor surya tipe seng gelombang yang menggunakan heat storage beserta efisiensi thermal kolektor tersebut. Peralatan tersebut akan digunakan untuk memproduksi panas yang optimum.

Penelitian ini dilakukan dalam lima hari penelitian dengan mengukur radiasi total matahari yang diterima kolektor, temperatur masuk kolektor, temperatur plat absorber, temperatur heat storage dan temperatur udara panas keluar kolektor yang akan digunakan untuk pengeringan. Dari data-data yang telah diambil dilakukan analisa teoritis guna mendapatkan efisiensi thermal kolektor tersebut dan analisa grafik guna mendapatkan optimasi kerja kolektor tersebut yaitu nilai temperatur tertinggi dari temperatur udara panas keluar kolektor yang akan digunakan untuk pengeringan.

Hasil penelitian didapati hasil optimum dari kerja kolektor beserta efisiensi thermalnya. Kesimpulan akhir penelitian ini didapati nilai temperatur tertinggi dari temperatur udara panas keluar kolektor sebesar 73,15°C dengan efisiensi thermal tertinggi sebesar 82,58°C.

Kata kunci : Energi Matahari, Kolektor, Temperatur udara panas keluar kolektor, Efisiensi thermal kolektor

PENDAHULUAN

Radiasi matahari (solar radiation) memegang peranan penting dalam banyak proses lingkungan hidup. Semua sumber yang dipergunakan oleh manusia memperoleh energi yang berasal dari matahari, dan tumbuh-tumbuhan bergantung pada energi matahari untuk fotosintesa serta pertumbuhannya. Walaupun energi matahari pada dewasa ini tidak dipakai untuk kegunaan industri, namun tercurah perhatian yang cukup mengenai penggunaan energi matahari. Karena energi ini merupakan energi elektromagnetik yang sangat atraktif dan tidak bersifat polutif, disamping itu energi matahari juga berjumlah besar dan kontinyu.

Posisi Indonesia yang berada didaerah ekuator menerima intensitas radiasi matahari cukup besar sepanjang tahun, ini merupakan faktor penunjang besarnya potensi energi matahari untuk dimanfaatkan sebagai energi alternatif.

Selain itu energi matahari dapat dikonversi langsung menjadi bentuk energi lain dengan tiga proses yang terpisah yaitu : proses heliochemical, proses helioelektrikal, dan proses heliothermal. Reaksi heliochemical yang utama adalah fotosintesis, proses helioelektrikal yang utama adalah proses produksi listrik oleh sel surya, sedangkan proses heliothermal yang utama adalah proses penyerapan radiasi matahari dan pengkonversian energi ini menjadi energi thermal.

Beberapa penggunaan energi matahari yang sudah banyak ditemukan di Indonesia salah satunya adalah untuk pemanas air di rumah-rumah, hotel, rumah sakit, kantor, dan lain-lain. Sedangkan dibidang agroindustri akhir-akhir ini mulai banyak pengembangan kegunaan energi surya untuk pengeringan hasil panen para petani. Sebab masih

banyak para petani yang menggunakan bahan bakar atau energi listrik untuk mengeringkan hasil panen mereka tetapi tidak hanya para petani, para peternak pun menggunakan cara yang sama guna memanasi telur-telur yang baru menetas, padahal hal tersebut perlu biaya yang tidak sedikit dan tidak ramah lingkungan.

Matahari

Matahari merupakan sebuah bola yang tersusun oleh kumpulan gas panas dengan diameter $1,39 \times 10^9$ m, dimana jarak rata-rata terhadap bumi adalah $1,5 \times 10^{11}$ m. Lintasan revolusi bumi terhadap matahari berbentuk elips, sehingga besar radiasi yang sampai di dekat atmosfer luar bumi berubah-ubah. Besar energi dan matahari tiap satuan waktu yang diterima tiap satuan luasan yang tegak lurus lintasan perambatan radiasi pada jarak rata-rata matahari bumi di luar atmosfer disebut *Solar Constan* (G_{SC}). Besar G_{SC} dalam penelitian ini digunakan nilai, 1353 W/m^2 (Duffle & Beckman, 1980).

Kolektor Seng Gelombang.

Kolektor panas matahari bekerja dengan prinsip dasar, bahwa energi gelombang pendek yang dipancarkan oleh sinar matahari ($0,29 - 2,5 \mu\text{m}$) jika diterima oleh suatu benda berwarna hitam, maka sebagian besar energi radiasi diserap dan diubah menjadi energi panas (Kreider, 1975). Panas yang diserap oleh kolektor tersebut dipindahkan ke media yang dipanaskan, dalam hal ini udara yang dialirkan melalui pipa-pipa pemanas. Untuk memaksimalkan pengumpulan panas, kolektor panas matahari bekerja dengan memanfaatkan efek rumah kaca, dimana radiasi matahari yang diterima dapat diteruskan masuk melalui penutup kaca, namun akan dipantulkan lagi ke dalam sehingga mencegah adanya pantulan radiasi yang keluar melalui penutup kaca

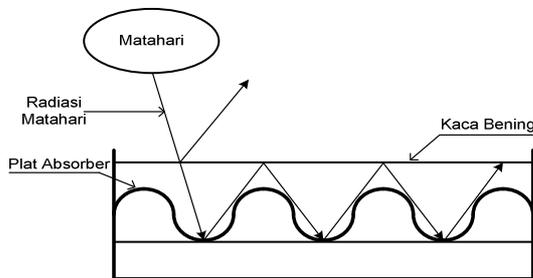
dalam jumlah yang cukup besar, sehingga radiasi matahari yang sudah masuk tersebut akan terus dipantulkan antara plat absorber dengan bagian dalam kaca penutup.

Struktur Kolektor Seng Gelombang.

Seperti yang telah disinggung di bagian sebelumnya, secara umum bagian-bagian dan kolektor panas matahari adalah sebagai berikut:

1. Penutup transparan.

Berfungsi sebagai pelindung dan bagian dalam kolektor panas matahari terhadap kotoran dan gangguan luar, mencegah radiasi panas dan dalam kolektor keluar ke lingkungan (disebabkan oleh angin), meneruskan radiasi matahari yang diterima permukaan juga mengurangi pantulan radiasi oleh plat absorber keluar kolektor, sehingga membentuk efek rumah kaca di dalam kolektor. Bahan yang digunakan adalah kaca dengan permukaan bawahnya kasar.



Gambar 1. Efek rumah kaca pada kolektor panas matahari .

Sumber: www.cancee.org

2. Plat penyerap.

Berfungsi untuk menyerap radiasi matahari yang diteruskan oleh penutup transparan dan diubah menjadi panas. Plat penyerap memiliki emisivitas yang rendah dan penghantar panas yang baik. Plat penyerap dapat diberi cat warna hitam untuk mengoptimalkan penyerapan radiasi, namun hal ini tergantung dan kualitas pengecatan dan bahan cat.

3. Isolator.

Berfungsi untuk mencegah radiasi panas di dalam kolektor keluar ke lingkungan. Oleh karena itu, bahan isolator yang digunakan adalah styrofoam yang memiliki konduktivitas panas yang rendah dan tahan terhadap kelembaban.

4. Rangka.

Berfungsi sebagai penguat susunan kolektor dan memberikan bentuk pada kolektor. Selain itu, rangka juga dapat memudahkan dalam penginstalasian kolektor sesuai dengan kondisi geografis tempat pemakaian. Bahan rangka yang digunakan besi yang memiliki ketahanan terhadap panas dan lembab, tahan korosi, dan kuat.

Konveksi

Udara yang mengalir di atas suatu permukaan logam panas, misalnya dalam saluran baja sebuah alat pemanas udara surya dipanasi secara konveksi. Apabila aliran udara disebabkan oleh sebuah blower, kita menyebutnya sebagai *konveksi paksa*; dan apabila disebabkan oleh gradient massa jenis, maka disebut *konveksi alamiah*.

Pada umumnya, perpindahan panas konveksi dapat dinyatakan dengan hukum pendinginan Newton, sebagai berikut :

$$q = hA (T_w - T) \quad \text{W (watt)}$$

Sumber: Ted & Wiranto, 219:1995

Dimana h adalah koefisien konveksi, $W/(m^2 \cdot K)$; A adalah luas permukaan, m^2 ; T_w adalah temperatur dinding dan T adalah temperatur fluida, K . Umumnya koefisien konveksi h dinyatakan dengan parameter tanpa dimensi yang disebut bilangan Nusselt, (menurut nama dari Wilhelm Nusselt), $N_u = hd / k$, dimana k adalah konduktivitas panas.

Radiasi

Penurunan panas netto secara radiasi termal antara dua badan ideal (“hitam”) adalah :

$$q = \sigma A (T_1^4 - T_2^4) \quad \text{W (watt)}$$

Sumber: Ted & Wiranto, 219:1995

Dimana σ adalah konstanta Stefan – Boltzmann, $5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/(m^2 \cdot K^4)$; A adalah luas bidang, m^2 ; dan temperatur adalah derajat Kelvin pangkat empat, K^4 . Dalam praktek, permukaan bukan merupakan pemancar ataupun penyerap yang sempurna dari radiasi termal. Permukaan “kelabu” semacam itu ditandai oleh fraksi – fraksi dari jumlah ideal yang dipancarkan (ϵ , emisivitas) dan diserap (α , absorpsivitas) misalnya, perpindahan panas yang terjadi dalam sebuah kolektor surya adalah perpindahan panas radiasi dari plat penyerap ke plat penutup kaca. Untuk plat-plat paralel semacam itu, hubungan

$$q = \frac{\sigma A (T_1^4 - T_2^4)}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1} \quad (2-5)$$

Sumber: Ted & Wiranto, 219:1995

ternyata bermanfaat, dimana ϵ_1 dan ϵ_2 adalah emisivitas dari plat – plat penyerap dan kaca.

Radiasi surya adalah radiasi gelombang pendek yang diserap oleh plat penyerap sebuah kolektor surya dan diubah menjadi panas. Oleh sebab itu plat penyerap harus memiliki harga α yang setinggi – tingginya dalam batas yang masih praktis. Plat penyerap, yang menjadi panas memancarkan

radiasi thermal dalam daerah panjang gelombang yang panjang (infra merah). Kerugian radiasi ini dapat dikurangi sehingga sangat kecil dengan cara menggunakan permukaan khusus yang memiliki harga absorpsivitas yang tinggi (α tinggi) dalam daerah panjang gelombang pendek (radiasi surya) dan harga emisivitas yang rendah (ϵ rendah) dalam daerah infra merah. Permukaan semacam itu disebut permukaan selektif. Salah satu diantaranya adalah krom hitam (black chrome) yang mempunyai harga $\alpha = 0.90$ dan $\epsilon = 0.12$.

Material Penyimpanan Panas

Masukan energi energi dari matahari berubah dengan waktu dan pada umumnya tidak seirama dengan kebutuhan sehingga dibutuhkan semacam penyimpanan panas. Dalam penerapan yang pasif, penyimpanan panas dapat juga bertemperatur sangat tinggi.

Material dari batu kali atau beton dapat menjadi penyimpan panas dengan statifikasi temperatur yang sangat baik. Dalam pemuatan, udara meninggalkan lapisan batuan (pada umumnya dibagian dasar) pada temperatur yang relatif rendah, menghasilkan efisiensi kolektor yang lebih baik. Selama pemuatan dan pelepasan terjadi gelombang temperatur yang bergerak dari atas menuju kebawah lapisan, yang merupakan petunjuk adanya panas yang disimpan pada setiap saat jumlah panas yang disimpan pada setiap saat harus diketahui untuk simulasi komputer, supaya dapat mengetahui prestasi sistem.

Tabel 1. Kapasitas Penyimpanan Panas Dari Beberapa Material

Zat penyimpanan	Massa jenis	Panas spesifik C_p , kJ/(kg. K)	Titik lebur $^{\circ}C$	Panasi fusi kJ/kg	Kapasitas penyimpanan panas, $\Delta T = 60 C^{\circ}$		
					Basis massa kJ/kg	Basis volume MJ/m ³	Perbandingan basis volume
Air	1000	4.19			25	251.	2.1
Batuan $CaCl_2$.	2400	0.84	27 ⁰	193	1.4	4	1.0
6H ₂ O Padat	1713	1.38			50.	121.	3.0
Cair	1523	2.18			4	0	
Na ₂ SO ₄ .	1460	1.92	32 ⁰	251	31	363.	3.6
10H ₂ O Padat	1330	3.26			8.2	5	
cair					43	429.	
					0.5	4	

Dengan anggapan 25% volume diperlukan untuk penukar panas

Sumber : Ted % Wiranto, 76:1995

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini, adalah eksperimental nyata terhadap alat pengering tenaga matahari dengan dua kolektor seng gelombang

yang menggunakan heat storage dan tanpa heat storage.

Variabel

Variabel yang diukur adalah temperatur.

Alat Dan Alat Ukur.

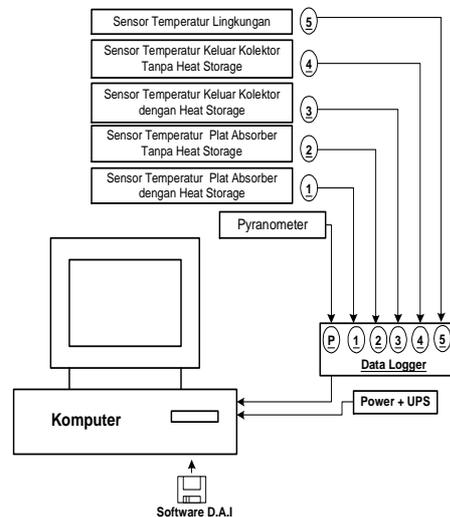
Alat

- Kolektor
Ukuran : 103 x 63 cm
Penutup : Kaca tebal 2 mm
- Plat absorber : Plat seng gelombang dengan ketebalan 0,2 mm
- Heat storage : Batu kali dengan diameter rata-rata 30 mm
- Isolator : Styorofom tebal 2 cm
Fungsi :Membubah

mengumpulkan dan menyimpan radiasi gelombang pendek matahari menjadi panas, kemudian memindahkan panas tersebut ke media pembawa (udara pengering). Secara skematis disajikan dalam Gambar 3.2.

Alat Ukur

1. Precision Pyranometer
Jenis : Twin hemisphere
Produsen : Eppley Laboratory Inc. USA
Fungsi : Mengukur radiasi total matahari yang diterima kolektor
2. LM 35
Fungsi : Sebagai sensor untuk mengirim data temperatur panas ke data logger
Jumlah : 5 buah
3. DAI (Data Acquisition Instrumentation)



Gambar 2. Skema Instalasi DAI

Sumber : [http:// mesin Brawijaya.ac.id](http://mesin Brawijaya.ac.id)

Fungsi : Untuk pengukuran data-data acquisition seperti data fisis seperti temperatur, sinyal listrik, sinyal getaran, regangan – tegangan, cahaya dan lain sebagainya.

4. Komputer yang sudah terprogram Software DAI

Fungsi : Untuk pengukuran data-data acquisition seperti data fisis seperti temperatur, sinyal

listrik, sinyal getaran, regangan – tegangan, cahaya dan lain sebagainya.

5. Komputer yang sudah terprogram Software DAI

6. Precision Pyranometer

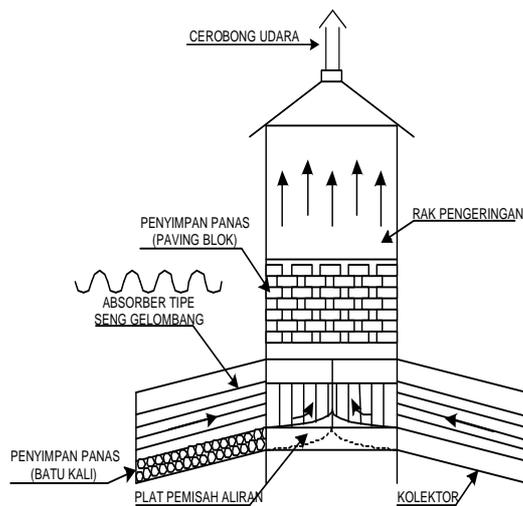
Jenis : Twin hemisphere
 Produsen : Eppley Laboratory Inc. USA
 Fungsi : Mengukur radiasi total matahari yang diterima kolektor

Prosedur Penelitian

Penelitian yang dilakukan berdasarkan prosedur sebagai berikut:

1. Meletakkan Batu-batuan di bawah kolektor.
2. LM 35 diletakan pada titik-titik pengukuran temperatur.
3. Pyranometer diletakan didekat kolektor dan diatur sedemikian rupa hingga bisa rata dengan tanah.
4. Data logger dihidupkan, program komputer dinyalakan untuk merekam data.
5. Software di set sesuai kebutuhan data yang diambil.
6. Komputer menampilkan data.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :

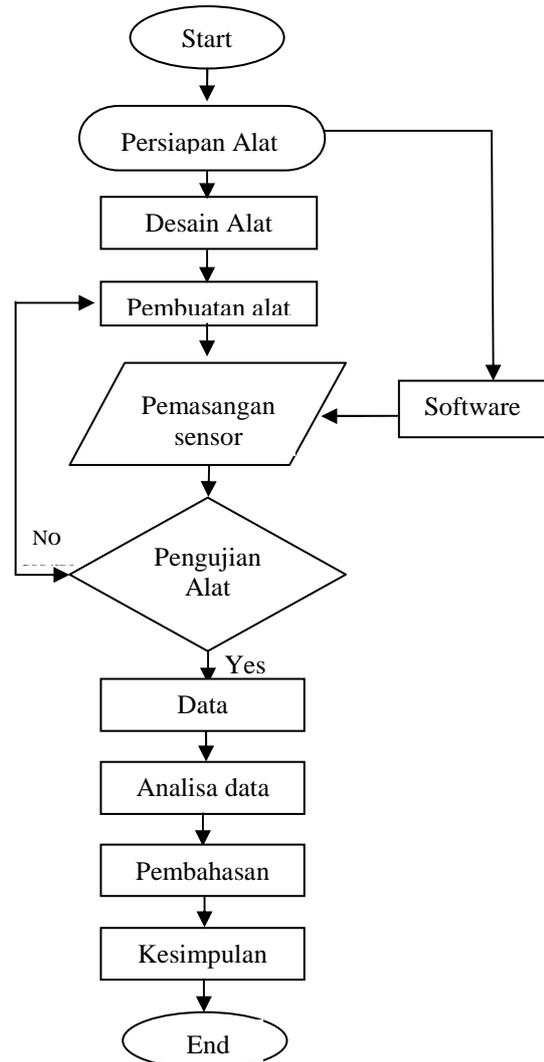


Gambar 3. Gambar Alat Pengering Energi Matahari

Sumber Alat Penelitian

Diagram Alir Penelitian.

Proses penelitian dapat dilihat dalam diagram alir yang disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Data Yang Diambil

Untuk terpenuhinya tujuan dari penelitian ini, diperlukan beberapa data pendukung yang diambil selama masa pengamatan. Data-data tersebut adalah:

1. Radiasi matahari total (G_T).
2. Temperatur udara masuk kolektor (T_{in})
3. Temperatur plat absorber (T_p).
4. Temperatur udara yang disimpan heat storage (T_{hs})
5. Temperatur udara keluar kolektor (T_{out}).

Tabel 2. Tabel contoh pengambilan data penelitian

Waktu	Gt (W/m ²)	Tin (°C)	Tp (°C)	Ths (°C)	Tout (°C)
00:00-00:59
1:00-1:59
...
...
...
...
...
...
...
...
...
22:00-22:59
23:00-23:59

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Teoritis

Untuk mengetahui optimasi dari alat pengering energi matahari dengan kolektor yang menggunakan Heat Storage tipe seng gelombang, dilakukan perhitungan teoritis. Data yang diperlihatkan dibawah ini pada tgl 29 Agustus 2005 pkl 07.00 WIB. Data selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

1. Perhitungan Koefisien Kerugian Panas Total, U_L.

➤ Koefisien kerugian atas, U_t :

Diketahui : N = 1
f = 0,8

C = -20160,9
h_o = 5,7 + 3,8(0) [W/(m².C)]
ε_g = 0,88
T_p = 44,02
T_a = 22,74
ε_p = 0,23

$$U_t = \left\{ \frac{1}{\left[\frac{-201609 \left[\frac{(44,02-22,74)}{(2+0,8)} \right]}{0,33} + \frac{1}{5,7} \right]} + \frac{5,6697 \times 10^{-8} (44,02-22,74)(44,02^2-22,74^2)}{[0,23+0,05(1)(1-0,23)]^{-1} \left[\frac{2(1)+0,8-1}{0,88} \right]^{-1}} \right\}^{-1}$$

= 4,88 [W/m².°C]

➤ Koefisien kerugian bawah, U_b :

Dimana : k = 0,245 dengan Δx = 0,05 m

$$U_b = \frac{0,0245}{0,05} = 0,49 \quad [Wm^{-2} C^{-1}]$$

sehingga,

$$U_L = U_t + U_b = 4,88 + 0,49 = 5,379 [W/m^2.°C]$$

2. Perhitungan transmitansi-absorptansi (τα).

Diketahui data sebagai berikut :

$$n_2/n_1 = 241/212 = 1,1$$

$$\delta = 23,45 \sin \left(360 \frac{284 + 241}{365} \right)$$

$$\phi = -9^0$$

$$\omega = -15^0 \text{ (07.00 WIB)}$$

$$\beta = 9^0$$

$$\gamma = -180^0$$

didapat :

$$\cos \theta_1 = \sin(2,2)\sin(-9)\cos(9) - \sin(2,2)\cos(-9)\sin(9)\cos(-180) + \cos(2,2)\cos(-9)\cos(9)\cos(-15) + \cos(2,2)\sin(-9)\sin(9)\cos(-180)\cos(-15) + \cos(2,2)\sin(9)\sin(-180)\sin(-15)$$

$$\cos \theta_1 = 0,95 \rightarrow \theta_1 = 17,48^0$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left(\frac{\sin 17,48}{1,1} \right) = 15,32^0$$

$$\tau_a = e^{\frac{0,0370}{\cos 15,32}} = 1,039$$

$$r_{\perp} = \frac{\sin^2(17,48 - 15,32)}{\sin^2(17,48 + 15,32)} = 0,001419 \quad ; \text{ dan}$$

$$r_{\parallel} = \frac{\tan^2(17,48 - 15,32)}{\tan^2(17,48 + 15,32)} = 0,001421$$

$$\tau_{nv} = \frac{1}{2} \left[\frac{1 - 0,001419}{1 + (2,2 - 1)0,001419} + \frac{1 - 0,001421}{1 + (2,2 - 1)0,001421} \right] = 0,99$$

$$\tau = 1,039 \times 0,99 = 1,039108$$

$$\rho_d = 1,039 \times 1,039108 = 1,079$$

α = 0,64 diperoleh:

$$(\tau\alpha) = \frac{1,039108 \times 0,64}{1 - (1 - 0,64) 1,079} = 1,08$$

3. Effisiensi Thermal η_a.

Perolehan panas atau keluaran berguna dari sebuah kolektor dapat dituliskan dalam persamaan berikut :

Diketahui data sebagai berikut :

$$U_L = 5.379 \text{ W/m}^2.\text{°C} \quad \tau\alpha = 1,08$$

$$T_a = 22,74 \text{ °C}$$

$$G_t = 193.87 \text{ W/m}^2$$

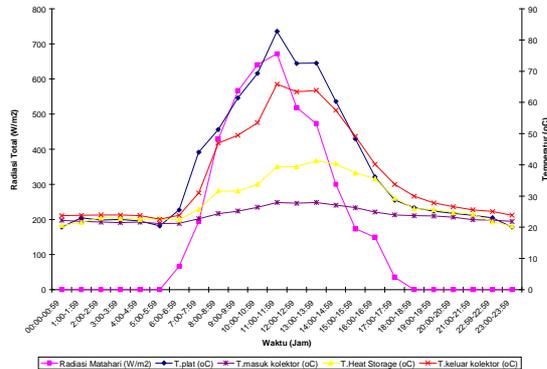
$$\eta_a = 1,08 - \frac{5,379 (22,74)}{193,87} = 0,4569 \rightarrow 45,69 \%$$

Untuk hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.

Waktu	Hari ke 1	Hari ke 2	Hari ke 3	Hari ke 4	Hari ke 5
6:00	0	0	0	0	0
7:00	45.69	45.68	43.79	46.04	45.78
8:00	55.9	56.12	53.06	52.53	58.66
9:00	68.95	64.01	69.49	63.12	64.68
10:00	69.48	72.06	70.02	76.37	70.37
11:00	70.38	77.24	71.45	76.95	78.65
12:00	80.92	82.58	78.83	80.48	80.65
13:00	73.84	75.72	74.33	70.49	70.57
14:00	58.93	71.69	57.38	73.02	73.39
15:00	29.17	53.60	48.60	46.31	53.21
16:00	25.03	26.08	26.04	25.06	26.01
17:00	0	0	0	0	0
18:00	0	0	0	0	0

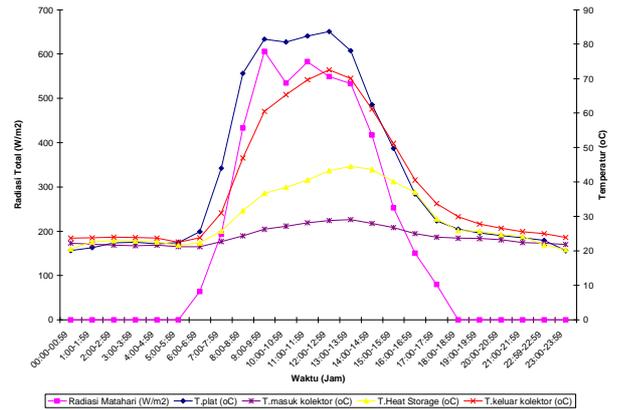
Tabel 3. Tabel Efisiensi Thermal

Analisa Grafik



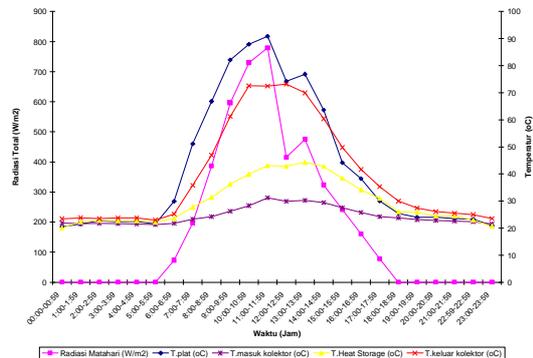
Grafik 1. Grafik hasil penelitian hari ke 1

Dari grafik hari pertama terlihat besar intensitas radiasi matahari yang diterima permukaan bumi akan mengalami peningkatan dari pagi hingga mencapai puncaknya pada saat solar noon untuk saat kemudian mengalami penurunan pada saat menjelang sore hari. Perubahan intensitas radiasi tersebut dapat menimbulkan adanya perubahan temperatur udara lingkungan panas yang diserap oleh plat dan panas yang disimpan heat storage, sehingga temperatur udara keluar kolektor juga mengalami kenaikan hingga siang hari untuk kemudian mengalami penurunan menjelang sore hari. Dari grafik hari pertama terlihat nilai temperatur udara panas keluar kolektor tertinggi mencapai 65,84°C.



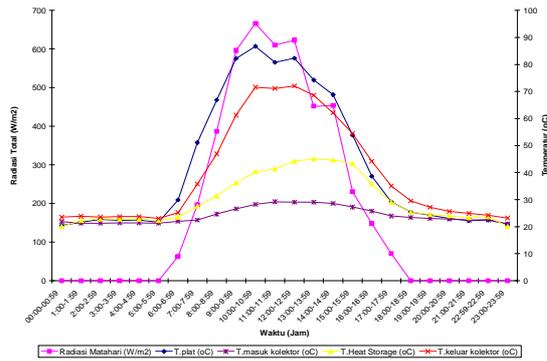
Grafik 2. Grafik hasil penelitian hari ke 2

Temperatur udara lingkungan, temperatur plat absorber dan temperatur heat storage dipengaruhi waktu intensitas matahari. Perubahan waktu dapat menimbulkan adanya perubahan pada ketiga temperatur tersebut, dimana jika siang hari temperatur ketiganya akan mengalami kenaikan dan pada saat menjelang sore ketiga temperatur tersebut mengalami penurunan sehingga temperatur udara panas keluar kolektor juga mengalami pola yang sama. Dari grafik hasil penelitian hari kedua ini terlihat nilai temperatur udara panas keluar kolektor tertinggi mencapai 72,60°C.

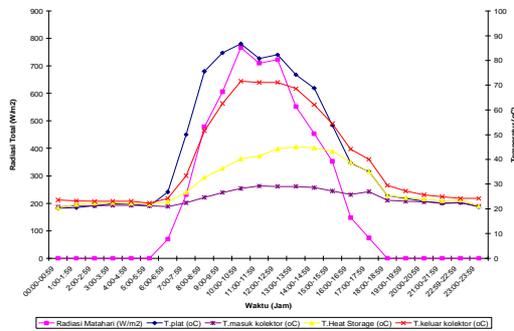


Grafik 3. Grafik hasil penelitian hari ke 3

Dari grafik hari ketiga terlihat pola yang sama seperti hari pertama dan hari kedua, hanya saja pada grafik hasil penelitian hari ketiga ini terlihat pada pukul 12:00-12:59 adanya penurunan tingkat intensitas matahari ini dapat disebabkan adanya masalah pada cuaca pada saat itu, hanya saja hal ini tidak terlalu berdampak buruk pada temperatur udara panas keluar kolektor dikarenakan panas yang disimpan heat storage masih bisa mengalirkan panas. Dari grafik hari ketiga ini didapati nilai temperatur udara panas tertinggi mencapai 73,15°C.



Grafik 4. Grafik hasil penelitian hari keempat
 Grafik hasil penelitian hari keempat terlihat pola yang sama pada hari-hari sebelumnya. Dari grafik diatas terlihat nilai temperatur udara panas tertinggi yang mampu dicapai oleh kolektor sebesar 72,10°C.



Grafik 5. Grafik hasil penelitian hari kelima
 Pada grafik hasil penelitian hari kelima ternyata terlihat pola yang sama seperti hari-hari sebelumnya. Pada hari kelima ini kolektor ini mampu mengeluarkan temperatur udara panas tertinggi sebesar 71,63°C.

Pembahasan

Dari hasil analisa grafik dan analisa teoritis maka didapati hasil optimasi (unjuk kerja) kolektor tipe seng gelombang yang menggunakan heat storage meliputi nilai temperatur tertinggi dari temperatur udara panas keluar kolektor yang dipakai untuk pengeringan dan efesiensi thermalnya.

Untuk temperatur udara panas keluar kolektor nilai temperatur tertinggi dari lima hari penelitian yaitu sebesar 73,15°C, nilai temperatur ini bisa dikatakan cukup tinggi karena dari hasil penelitian sebelumnya yaitu temperatur keluar kolektor tipe seng gelombang tanpa adanya penambahan heat storage nilai temperatur tertinggi dari lima hari penelitian didapati sebesar 65,09°C (Sumber:Muhammad Syaiful Badri, 2005:48). Sedangkan untuk rata-rata total dari lima hari penelitian pada jam-jam optimum untuk kolektor tipe seng gelombang yang menggunakan heat storage yaitu sebesar 52,63 °C.

Sedangkan untuk efesiensi thermal dari pada kolektor tipe seng gelombang menggunakan heat storage perlu dilakukan analisa teoritis. Dari hasil perhitungan teoritis pada table 4.1 didapati nilai

persentase tertinggi dari lima hari penelitian yaitu sebesar 82,58%, hasil inipun bisa dikatakan cukup tinggi karena dari penelitian sebelumnya pada kolektor tipe seng gelombang yang tidak menggunakan heat storage nilai presentase dari lima hari penelitian mencapai 15,46% (Sumber:Muhammad Syaiful Badri,2005:50). Sedangkan untuk rata-rata total efesiensi thermal dari pada kolektor tipe seng gelombang yang menggunakan heat storage dalam lima hari penelitian didapat nilai rata-rata sebesar 46.59%.

KESIMPULAN

Dari pembahasan dapat diambil kesimpulan terhadap hasil penelitian adalah sebagai berikut :

1. Temperatur udara panas keluar kolektor tertinggi yang dapat digunakan untuk pengeringan mencapai 73,15°C.
2. Efesiensi thermal tertinggi dari kolektor mencapai 82,58%.

DAFTAR PUSTAKA

Bhattacharya, GK; Johnson, RA; 1977; Statistical Concepts and Methods; John Wiley & Sons; Canada

Fujii T, Agawa K.; 1986; Analisi of Water Hammering in Bubbly Flow, Buletin of JSME Vol. 29 No. 252

Frank & White; 1988; Mekanika fluida jilid I & II Edisi II ; penerbit Erlangga

Grolman, E, Fortine, HMJ ; Transient Gas Liquid Flow in Up Word Slaping Pipes; Approaching The Wavy-To-Slug Flow Transient; Journal of Fluid Engineering Vol. 27 No. 288.

Koto., uita M, Kawatama M, Yuda M; 1984; Water Hammer In The Circulating Pipe Line With Pressure Vessels; Buletin of JSME Vol. 27 No. 228.

Prawiri Sentono S; 1991; Petunjuk Laboratorium Mekanika Fluida; PAU; Ilmu Teknik; UGM; Yogyakarta.

Sularso, Kiyokatsu Suga ; 2004. Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin; penerbit Pradnya Paramita.

Yamato K; Optimum Valve Operation Water Hammer, Buletin Of JSME Vol. 27 No. 228.

Zemansky S; 1994; Fisika Untuk Universitas 1 Mekanika, Panas, Bunyi; penerbit Binacipta; Bandung.

<http://www.familycar.com/Bios/CharlesOfria.htm>