

## PENGARUH BENTUK PLAT ABSORBER TIPE SENG GELOMBANG PADA KOLEKTOR TERHADAP TEMPERATUR PENGERING ALAT TENAGA SURYA

Gatot Subiyakto<sup>1)</sup>

### ABSTRAK

Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi yang bersifat renewable telah lama diinginkan manusia yang salah satunya dilakukan dengan memanfaatkan kolektor surya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui otomasi (unjuk kerja) pengaruh bentuk plat absorber tipe seng gelombang pada kolektor terhadap temperatur pengering alat tenaga surya. Peralatan tersebut akan digunakan untuk memproduksi panas yang optimum. Penelitian dilakukan dengan 4 variasi tinggi gelombang plat absorber, yaitu tinggi gelombang 10 mm, 20 mm (standar), 30 mm, dan 40 mm, dicat dengan *Phylax* hitam dop secara merata. Tujuan pelapisan cat ini adalah untuk memberikan efek penyerapan optimum. Pengukuran panas yang dihasilkan absorber dilakukan selama masing-masing 4 hari untuk setiap variasi dan dilakukan mulai pukul 09.00 sampai pukul 16.00. Pengukuran suhu dilakukan pada tiga posisi suhu yaitu suhu plat, suhu keluar kolektor dan suhu masuk pengering. Data hasil penelitian diuji statistik dengan uji Anova (uji F) untuk pengambilan data pada jam optimum yaitu pada saat tengah hari (pukul 12.00). Selain itu juga dilakukan analisa efisiensi masing masing variasi kolektor. Hasil penelitian menunjukkan kesesuaian antara data hasil penelitian dengan fenomena fisika yang terjadi. Kesimpulan akhir penelitian ini adalah terdapat pengaruh tinggi gelombang seng absorber terhadap panas yang dihasilkan oleh kolektor, tetapi setiap variasi memiliki pengaruh yang berbeda.

**Kata kunci :** Energi matahari, Radiasi matahari, Plat absorber, Kolektor.

### PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi yang bersifat renewable telah lama diinginkan manusia. Sebenarnya pemanfaatan energi surya ini sudah berusia setua kehidupan itu sendiri, bahkan dimasa lalu dan masa sekarang banyak yang memanfaatkan panasnya sinar matahari, misalnya : untuk mengeringkan hasil pertanian, menguapkan air laut untuk mendapatkan garam, pangan, pembangkit tenaga listrik dan lain-lain.

Sesuai dengan letak geografis kepulauan Indonesia yang berada didaerah sekitar garis khatulistiwa, dengan ini kondisi lingkungan Indonesia sangat potensial dan ideal untuk pemanfaatan energi surya. Karena intensitas matahari sangatlah berlimpah, sehingga dapat dimanfaatkan untuk proses penyimpanan energi pada alat tenaga surya.

Sumber energi berjumlah besar dan bersifat kontinu terbesar yang tersedia bagi umat manusia adalah energi surya-khususnya, dan merupakan energi *elektromagnetik* yang dipancarkan oleh matahari. Dimana energi surya adalah energi yang sangat atraktif karena tidak bersifat polutif, tidak dapat habis, dapat dipercaya dan gratis. Energi surya dapat dikonversikan secara langsung menjadi bentuk energi lain dengan tiga proses terpisah, yaitu ; proses *heliocemical*, proses *helioclectrical* dan proses *heliothermal*. Reaksi *heliocemical* yang utama adalah proses *fotosintesis* (sumber dari semua bahan bakar fosil), proses *helioclectrical* yang utama adalah produksi listrik oleh sel-sel surya, proses *heliothermal* adalah penyerapan (absorpsi) radiasi matahari dan pengkonversian energi ini menjadi energi thermal. Kelemahan dari energi surya ini ialah energi ini sangat halus (*dilute*) dan tidak konstan. Arus energi surya yang rendah mengakibatkan diperlukannya system dan kolektor yang luas permukaannya besar untuk mengumpulkan dan mengonsentrasikan energi

tersebut, dan diperlukan pula semacam system penyimpanan energi atau system konversi lain yang diperlukan untuk menyimpan energi pada malam hari serta pada waktu cuaca mendung.

#### Definisi Kolektor

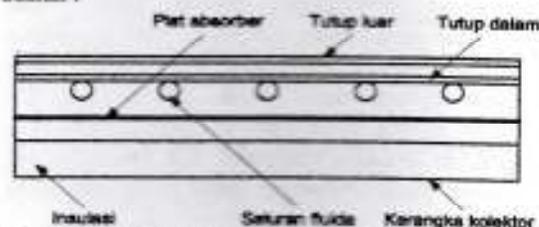
Berdasarkan bentuknya, kolektor surya dibagi menjadi 2 macam yaitu :

- a. Kolektor plat datar (*flat-plate collector*)
- b. Kolektor konsentrasi (*concentrating collector*)

#### Kolektor plat datar.

Kolektor plat datar didesain untuk aplikasi pada temperatur menengah ( $> 100^{\circ}\text{C}$  dari temperatur ambien). Jenis kolektor ini sangat sederhana, tidak membutuhkan pelacakan posisi matahari dan tidak membutuhkan perawatan yang rumit. Pada umumnya kolektor ini digunakan untuk pemanasan air dan gedung serta pemanfaatan untuk proses pemanasan lainnya. Kolektor pelat datar pada umumnya dipasang dengan kemiringan tertentu untuk mendapatkan sinar matahari yang paling optimal. Plat yang digunakan pada kolektor jenis ini dapat berbentuk lembaran maupun bentuk-bentuk geometri yang lain misalnya plat gelombang, plat berpenampang V dan lain-lain.

Bentuk umum kolektor plat datar dengan mengambil contoh kolektor untuk pemanasan air adalah :



Gambar 1 : Penampang melintang kolektor plat datar  
Sumber : Duffie, JA; Beckman, WA; 1980; hal. 198

1) Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Widyagama Malang

Persamaan keseimbangan energi kolektor pelat datar didapat dengan menentukan unjuk kerja kolektor pada kondisi tunak (*steady state*). Unjuk kerja ini diindikasikan dengan distribusi potensi energi surya yang ada menjadi energi yang dapat dimanfaatkan, kerugian panas dan kerugian optik. Kerugian energi panas dari kolektor ke lingkungan dengan proses konduksi, konveksi dan radiasi infra merah ditunjukkan oleh koefisien perpindahan panas  $U_L$ , dikalikan beda temperatur rata-rata absorber  $T_{p,m}$  dan temperatur ambien  $T_a$ . Pada kondisi tunak energi yang dihasilkan kolektor adalah beda antara radiasi matahari yang diserap dan kerugian panas yaitu [Duffie, JA; Beckman, WA; 1980; hal. 198] :

$$Q_u = A_c [S - U_L (T_{p,m} - T_a)]$$

Metode dasar untuk mengukur unjuk kerja kolektor adalah pengukuran penggunaan kolektor terhadap radiasi matahari serta pengukuran temperatur fluida dan laju aliran panasnya [Duffie, JA; Beckman, WA; 1980; hal. 251] :

$$Q_u = m C_p (T_o - T_i)$$

Pada umumnya hal ini dilakukan dengan eksperimen. Data yang dihasilkan menunjukkan karakteristik kolektor dengan parameter yang menunjukkan bagaimana kolektor tersebut menyerap energi dan bagaimana kolektor mengalami kerugian energi ke lingkungannya.

#### Kolektor konsentrasi.

Kolektor jenis ini didesain untuk mendapatkan panas yang lebih optimum dibanding panas yang dapat diserap kolektor pelat datar. Energi panas yang diserap ditingkatkan dengan cara mengurangi luasan yang menyebabkan kerugian panas. Hal ini dilakukan dengan menambah perangkat optik antara sumber panas dan kolektornya.

Kolektor konsentrasi pada umumnya lebih rumit, membutuhkan pelacakan arah sinar matahari dan relatif sulit perawatannya. Bentuk-bentuk kolektor konsentrasi bermacam-macam yaitu bentuk parabolik, silinder, trapesium dan lain-lain. Bentuk-bentuk ini dilengkapi dengan perangkat yang dapat mengkonsentrasikan panas matahari sehingga dapat meningkatkan potensi energi panasnya, hal ini disebut dengan rasio konsentrasi. Konsentrator ini bervariasi dari yang memiliki nilai rasio rendah 1,5 - 2 dan rasio yang sangat tinggi mencapai 10.000.

#### Kolektor Seng Gelombang

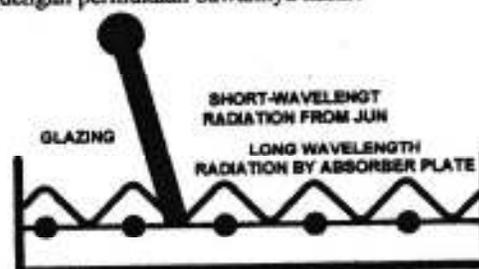
Kolektor panas matahari bekerja dengan prinsip dasar, bahwa energi gelombang pendek yang dipancarkan oleh sinar matahari ( $0,29 - 2,5 \mu\text{m}$ ) jika diterima oleh suatu benda berwarna hitam, maka sebagian besar energi radiasi diserap dan diubah menjadi energi panas (Kreider, 1975). Panas yang diserap oleh kolektor dipindahkan ke media yang dipanaskan. Untuk memaksimalkan pengumpulan panas, kolektor panas matahari bekerja dengan memanfaatkan efek rumah kaca. 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. Prinsip efek rumah kaca dapat dilihat pada gambar 2.

#### Struktur kolektor seng gelombang.

Secara umum bagian-bagian 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 2 : Efek rumah kaca pada kolektor panas matahari.

Sumber: [www.cancee.org](http://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 (*Black Flat*) untuk mengoptimalkan penyerapan radiasi, namun hal ini tergantung dari 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 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 hanya memiliki ketahanan terhadap panas dan lembab, dan kuat.

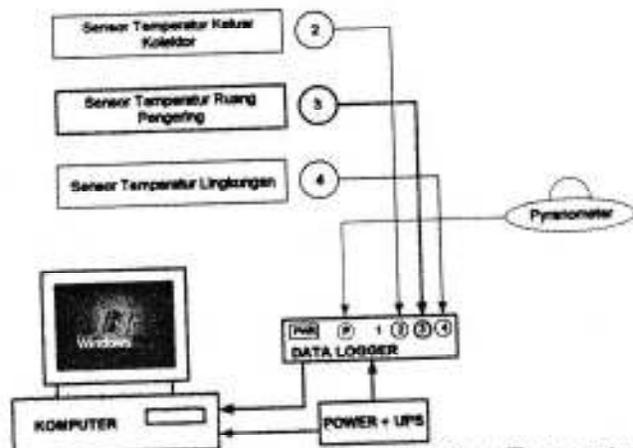
#### METODE PENELITIAN

##### Alat dan Bahan

1. Kolektor panas matahari.  
Ukuran : 80 x 80 cm dengan ketebalan *absorber* 0,2 mm  
Penutup : Kaca tebal 5 mm  
Sudut Kemiringan :  $9^\circ$   
Plat absorber : Tipe seng gelombang dengan empat variasi.

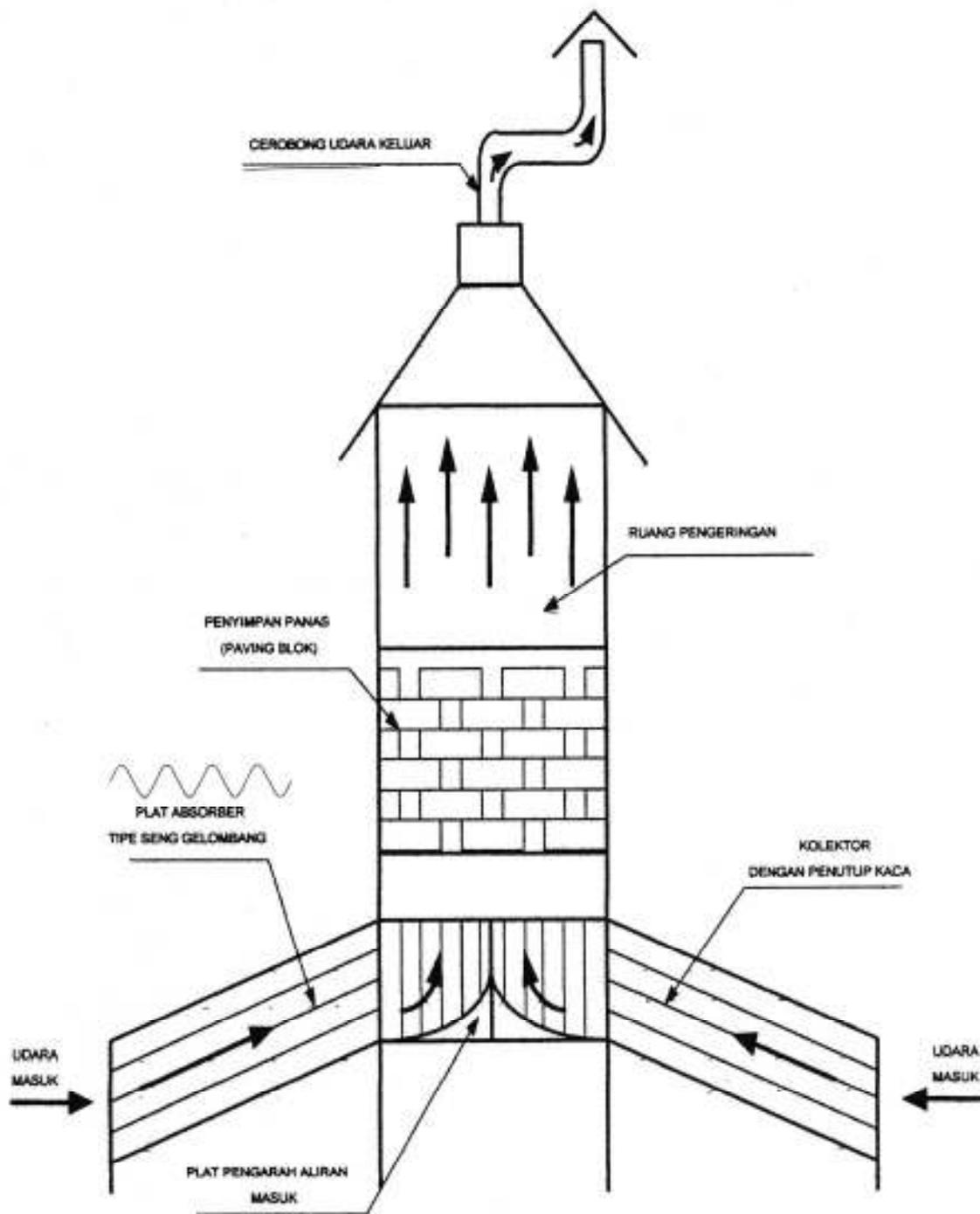
2. Precision Pyranometer.  
Jenis : Twin hemisphere.  
Produsen : Eppley Laboratory Inc. USA.  
Fungsi : Mengukur radiasi total matahari yang diterima kolektor.
3. Sensor Temperatur.  
Jenis ; IC LM 35.  
Range : Celcius (Skala 100/Centigrade).
4. Anemometer.  
Jenis : 3 Cup.  
Range : Low 0–60  $KH^{-1}$ , High 0–120  $KH^{-1}$ .  
Fungsi : Mengukur kecepatan angin.
5. DAI (Data Acquisition Instrumentation).  
Jenis : Computer dengan *Softwer Data Acquisition Instrument*.  
Fungsi : Mencatat dan merekam data yang dikirim data *Logger*.

Sensor Temperatur Plat Absorber 1



Gambar 3 : Skema Alur Pengambilan Data Temperatur dan Radiasi Matahari

1. Penyusunan *Data Acquisition Instrumentation* yang dihubungkan terhadap thermometer dan pyranometer, dimana pembacaannya diteruskan oleh sensor ke pesawat data logger sehingga data analog dari alat ukur diubah menjadi data digital dan bisa ditampilkan secara akurat di dalam komputer.
2. Untuk mengambil data suhu lingkungan diambil secara manual dengan menggunakan alat ukurnya.
3. Pengujian kolektor panas matahari dilakukan selama empat hari dalam waktu dua puluh empat jam dengan interval waktu 30 menit dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4 : Susunan Alat Pengujian Tenaga Matahari.

### Metode Pengambilan Data

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

1. Plat absorber dengan empat variasi tinggi gelombang, yaitu : 10 mm, 20 mm, 30 mm dan 40 mm.
2. Radiasi matahari total ( $G_T$ ).
3. Temperatur plat absorber ( $T_p$ )
4. Temperatur udara keluar kolektor ( $T_{out}$ )
5. Temperatur ruang pengering ( $T_{in \text{ ruang pengering}}$ )
6. Temperatur lingkungan ( $T_L$ ).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Data Hasil Penelitian

Data penelitian diambil dari tanggal 29 Agustus 2005 sampai dengan 17 September 2005. Berikut ini disajikan contoh data yang diambil pada :

Tabel 4-1 : Contoh data hasil penelitian

| Bentuk | Jam pengukuran | HARI I |    |    |    |    |
|--------|----------------|--------|----|----|----|----|
|        |                | 1      | 2  | 3  | 4  | 5  |
| 1 cm   | 09.00          | 31     | 40 | 55 | 32 | 28 |
|        | -              | 2.     | .4 | .3 | .7 | .3 |
|        | 09.59          | 2      | 2  |    | 4  | 9  |
|        | 10.00          | 45     | 54 | 72 | 43 | 29 |
|        | -              | 2.     | .5 | .7 | .0 | .3 |
|        | 10.59          | 6      | 8  | 6  | 5  | 0  |
|        | 11.00          | 42     | 51 | 65 | 42 | 30 |
|        | -              | 8.     | .2 | .5 | .4 | .0 |
|        | 11.59          | 5      | 9  | 6  | 4  | 6  |
|        | 12.00          | 53     | 52 | 67 | 43 | 30 |
|        | -              | 9.     | .1 | .2 | .5 | .1 |
|        | 12.59          | 3      | 4  | 4  | 5  | 4  |
|        | 13.00          | 43     | 49 | 61 | 43 | 29 |
|        | -              | 7.     | .7 | .4 | .1 | .6 |
|        | 13.59          | 6      | 8  | 8  | 9  | 2  |
|        | 14.00          | 31     | 46 | 55 | 41 | 29 |
|        | -              | 1.     | .0 | .4 | .0 | .2 |
|        | 14.59          | 0      | 8  | 5  | 6  | 4  |
| 15.00  | 68             | 37     | 41 | 35 | 27 |    |
| -      | .7             | .6     | .7 | .1 | .8 |    |
| 15.59  |                | 9      |    | 2  | 9  |    |
| 16.00  | 6.             | 31     | 32 | 31 | 26 |    |
| -      | 5              | .0     | .4 | .0 | .0 |    |
| 16.59  |                | 6      | 2  | 2  | 5  |    |

| Bentuk | Jam pengukuran | HARI II |     |     |     |     |
|--------|----------------|---------|-----|-----|-----|-----|
|        |                | 1       | 2   | 3   | 4   | 5   |
| 2 cm   | 09.00-         | 21      | 50. | 70. | 40. | 26. |
|        | 09.59          | 8.8     | 95  | 47  | 63  | 96  |
|        | 10.00-         | 44      | 53. | 64. | 39. | 27. |
|        | 10.59          | 0.6     | 37  | 41  | 46  | 57  |
|        | 11.00-         | 61      | 58. | 76. | 46. | 29. |
|        | 11.59          | 4.6     | 25  | 57  | 58  | 21  |

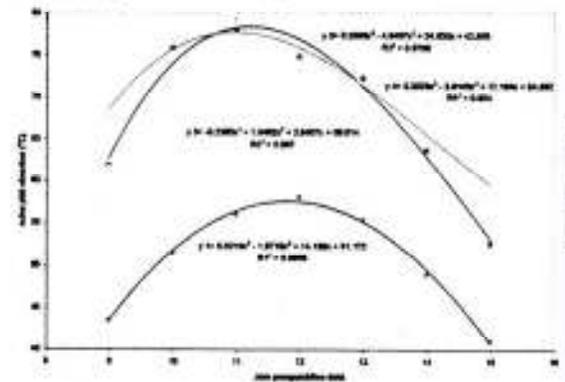
|        |     |     |     |     |     |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 12.00- | 64  | 62  | 80. | 49. | 29. |
| 12.59  | 0.0 |     | 45  | 73  | 05  |
| 13.00- | 51  | 59. | 76. | 50. | 29. |
| 13.59  | 6.5 | 47  | 95  | 03  | 03  |
| 14.00- | 39  | 50. | 63. | 45. | 28. |
| 14.59  | 8.3 | 53  | 3   | 06  | 49  |
| 15.00- | 23  | 43. | 51. | 40. | 27. |
| 15.59  | 0.3 | 48  | 24  | 5   | 08  |
| 16.00- | 84. | 35. | 37. | 35. | 25. |
| 16.59  | 3   | 79  | 59  | 49  | 97  |

#### Catatan :

Nomor data :

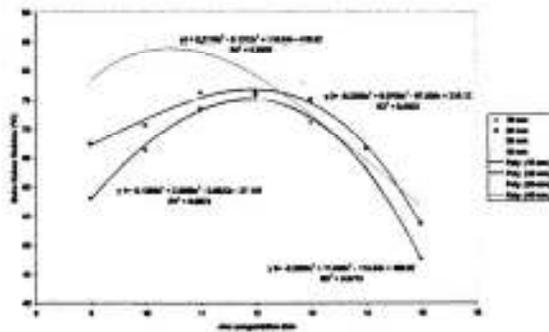
- 1 : radiasi matahari;
- 2 : suhu plat absorber;
- 3 : suhu keluar kolektor;
- 4 : suhu ruang pengering
- 5 : suhu lingkungan

Analisa jam pengambilan data optimum dimaksudkan untuk melihat pengaruh perbedaan pengambilan data tiap jam. Analisa ini juga merupakan satu bentuk validasi data dimana suhu optimum panas matahari terjadi pada saat tengah hari (pukul 12.00). Analisa ini dilakukan melalui uji ANOVA perbedaan banyak rata-rata.



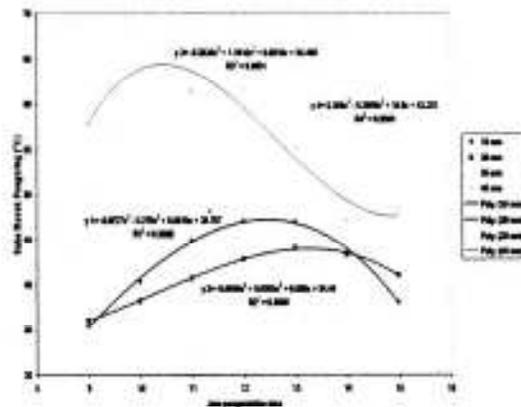
Grafik 1. Jam pengambilan data optimum untuk suhu plat

Analisa regresi dengan pendekatan polinomial derajat tiga dilakukan terhadap garis data. Garis grafik menunjukkan bahwa suhu optimum terjadi pada jam pengambilan data pukul 12.00. Hal ini sesuai dengan kejadian fisika alamiah dimana panas maksimum terjadi pada tengah hari.



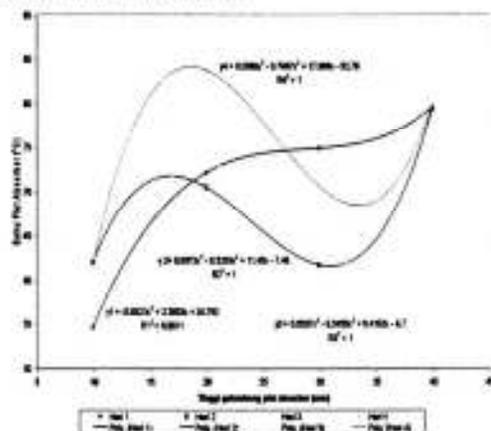
Grafik 2. Jam pengambilan data optimum untuk suhu keluar kolektor

Grafik suhu keluar kolektor juga menunjukkan fenomena alamiah yang sama dengan suhu plat.



Grafik 3. Jam pengambilan data optimum untuk suhu keluar kolektor

Grafik untuk plat dengan tinggi gelombang 10 mm, 20 mm dan 30 mm menunjukkan fenomena alamiah yang sama. Tetapi untuk tinggi gelombang 40 mm terjadi perbedaan garis grafik. Hal ini mungkin disebabkan karena ketidakseragaman tinggi gelombang karena faktor pembuatan peralatan yang dilakukan secara manual.



Grafik 4. Pengaruh bentuk plat absorber terhadap suhu plat.

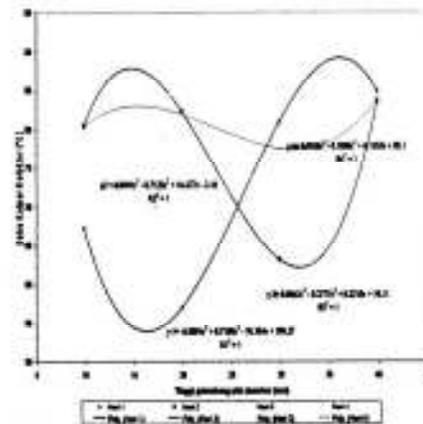
Dari grafik di atas terlihat bahwa suhu rata-rata tertinggi dihasilkan pada hari keempat

pengambilan data. Hal ini mungkin disebabkan karena setelah beberapa hari pemakaian, absorber mulai dalam kondisi yang tetap. Tetapi hal ini tidak ditunjukkan pada data hari ke 3. Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh faktor cuaca.

Terlihat pula bahwa suhu rata-rata tertinggi dihasilkan oleh absorber dengan tinggi gelombang 20 mm (standar) dan juga cenderung naik pada tinggi gelombang 40 mm.

#### Analisa pengaruh bentuk plat absorber terhadap suhu keluar kolektor.

Dengan cara yang sama didapat grafik sebagai berikut :

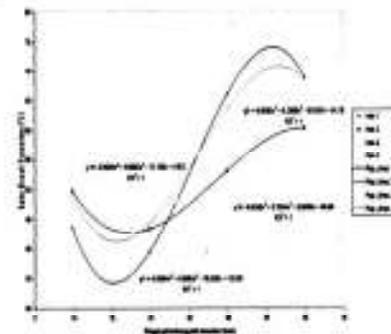


Grafik 5. Pengaruh bentuk plat absorber terhadap suhu keluar kolektor

Grafik di atas menunjukkan fenomena yang sama dengan grafik suhu rata-rata tertinggi.

#### Analisa pengaruh bentuk plat absorber terhadap suhu masuk pengering.

Dengan cara yang sama didapat grafik :



Grafik 6. Pengaruh bentuk plat absorber terhadap suhu masuk pengering

Dari grafik di atas terlihat bahwa suhu masuk pengering tertinggi dihasilkan pada absorber dengan tinggi gelombang 40 mm.

Dari hasil perhitungan dan grafik-grafik di atas, terlihat bahwa terdapat pengaruh bentuk

(tinggi gelombang) plat *absorber* terhadap panas yang dihasilkan. Tetapi hal ini tidak dapat diambil kesimpulan secara umum terhadap pengaruh-pengaruh tersebut, yang meliputi pengaruh terhadap suhu rata-rata tertinggi, suhu masuk pengering, suhu keluar kolektor dan efisiensi kolektor.

Misalnya pengaruh suhu rata-rata tertinggi dicapai secara optimum pada plat *absorber* dengan tinggi gelombang 20 mm, tetapi untuk suhu masuk pengering dan suhu keluar kolektor dihasilkan oleh absorber dengan tinggi gelombang 40 mm. Sedangkan secara umum (jika diambil rata-rata) efisiensi maksimum dihasilkan oleh absorber 30 mm.

Dari uraian di atas maka hasil penelitian ini hanya bisa dijadikan sebagai satu bentuk acuan bagi desain kolektor surya plat datar. Acuan ini dipakai dan disesuaikan dengan kondisi operasi dan aplikasi yang akan digunakan. Misalnya jika menginginkan *absorber* dengan keperluan suhu masuk pengering yang relatif tinggi maka dapat digunakan absorber 40 mm.

### KESIMPULAN

Dari data hasil penelitian, analisa perhitungan dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Terdapat pengaruh bentuk absorber (dalam hal ini tinggi gelombang absorber) terhadap temperatur dan panas yang dihasilkan.

Tidak dapat diambil kesimpulan secara umum karena pengaruh bentuk plat *absorber* terhadap variabel-variabel yang ada bersifat parsial.

### DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, W; 1995; **Teknologi Rekayasa Surya**, PT. Pradnya Paramita
- Duffie, J. A & Beckman, W. A;1980; **Solar Engineering Of Thermal Processes**, New York; John W & Sons
- Homan, J. P;1985; **Perpindahan Kalor**, Jakarta; Penerbit Erlangga
- Wahyudi, I; 2003; **Pengaruh Laju Aliran Massa Fluid Terhadap Pemanas Air Tenaga Surya Tipe Kolektor Plat Datar (Plate Solar Heater)**, Univ. widyagama Malang
- Badri, M. S; 2005; **Optimasi Kinerja Alat Pengering Gabah Tenaga Matahari Dengan kolektor Seng Gelombang**, Univ. Widyagama Malang