

## Analisa Performa Kolektor Surya Pelat Datar Bersirip dengan Aliran di Atas Pelat Penyerap

I Gst.Ketut Sukadana, Made Sucipta & I Made Dhanu Wijaya  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana  
e\_mail: awatsa@yahoo.com

---

### Abstraksi

Energi matahari merupakan salah satu sumber energi alternatif yang sangat mudah di peroleh di Indonesia bahkan dianggap gratis, karena Indonesia merupakan Negara yang terletak di daerah khatulistiwa. Pemanfaatan energi surya sudah lama di lakukan oleh masyarakat Indonesia baik untuk pengering pakaian, kayu, dan hasil pertanian. Namun pemanfaatan dari energi matahari ini tidak dilakukan secara optimal. Oleh karena itu perlu dilakukan sebuah penelitian agar energi matahari yang ada ini dapat dimanfaatkan dengan semaksimal mungkin. Kolektor surya adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengumpulkan radiasi matahari dan mengubahnya menjadi energi kalor yang berguna. Penulis telah melakukan modifikasi yang diharapkan dapat meningkatkan performa dari kolektor surya ini yaitu dengan merubah bentuk pelat penyerapnya. Modifikasi yang dimaksudkan adalah pada bagian siripnya, dimana pada pelat penyerapnya ditambahkan sirip yang diletakan diantara pelat penyerap dan penutup transparan atau mengarah ke atas.

Penelitian ini telah dimulai dengan pembuatan dua buah kolektor yaitu kolektor surya pelat datar dengan pelat penyerap berbentuk sirip yang mengarah keatas dan kolektor surya pelat datar tanpa sirip, yang kemudian selanjutnya dipasang alat pengukur di titik-titik tertentu pada kolektor. Luas kolektor yang dipilih adalah  $1 \text{ m}^2$ , yaitu lebar kolektor,  $W = 0,5 \text{ m}$  dan panjang kolektor,  $L_c = 2 \text{ m}$ . Pelat penyerap, sirip, dan pelat bawah menggunakan pelat besi dengan ketebalan  $1,2 \text{ mm}$  ( $\alpha = 0,98$  dan  $\varepsilon = 0,98$ ) yang dicat hitam kusam (doff). Untuk penutup transparannya menggunakan kaca bening dengan ketebalan sebesar  $5 \text{ mm}$  ( $\tau = 0,88$  dan  $\varepsilon = 0,9$ ). Bagian bawah dan samping kolektor diberi isolasi yang terdiri dari gabus (styrofoam) dengan ketebalan  $10 \text{ mm}$  ( $k = 0,045 \text{ W/m.K}$ ) dan triplek dengan ketebalan  $4 \text{ mm}$  ( $k = 0,012 \text{ W/m.K}$ ). Saluran udara dengan kedalaman  $8 \text{ cm}$ . Jumlah sirip yang digunakan adalah 4 buah, dengan jarak peletakan sirip sama, baik antar sirip maupun dengan isolasi samping.

Energi berguna pada kolektor pelat bersirip ke atas memiliki nilai lebih besar dibandingkan dengan energi berguna pada kolektor pelat datar tanpa sirip dan untuk laju aliran massa  $0,018 \text{ kg/s}$  memiliki energi berguna paling besar, sedangkan energi berguna paling rendah diperoleh pada laju aliran massa  $0,012 \text{ kg/s}$ .

**Kata kunci:** Kolektor Surya, Penambahan Sirip, Aliran di atas Pelat Penyerap, Variasi Laju Aliran Massa, Energi Berguna

### Abstrack

Energi matahari merupakan salah satu sumber energi alternatif yang sangat mudah di peroleh di Indonesia bahkan dianggap gratis, karena Indonesia merupakan Negara yang terletak di daerah khatulistiwa. Pemanfaatan energi surya sudah lama di lakukan oleh masyarakat Indonesia baik untuk pengering pakaian, kayu, dan hasil pertanian. Namun pemanfaatan dari energi matahari ini tidak dilakukan secara optimal. Oleh karena itu perlu dilakukan sebuah penelitian agar energi matahari yang ada ini dapat dimanfaatkan dengan semaksimal mungkin. Kolektor surya adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengumpulkan radiasi matahari dan mengubahnya menjadi energi kalor yang berguna. Penulis telah melakukan modifikasi yang diharapkan dapat meningkatkan performa dari kolektor surya ini yaitu dengan merubah bentuk pelat penyerapnya. Modifikasi yang dimaksudkan adalah pada bagian siripnya, dimana pada pelat penyerapnya ditambahkan sirip yang diletakan diantara pelat penyerap dan penutup transparan atau mengarah ke atas.

Penelitian ini telah dimulai dengan pembuatan dua buah kolektor yaitu kolektor surya pelat datar dengan pelat penyerap berbentuk sirip yang mengarah keatas dan kolektor surya pelat datar tanpa sirip, yang kemudian selanjutnya dipasang alat pengukur di titik-titik tertentu pada kolektor. Luas kolektor yang dipilih adalah  $1 \text{ m}^2$ , yaitu lebar kolektor,  $W = 0,5 \text{ m}$  dan panjang kolektor,  $L_c = 2 \text{ m}$ . Pelat penyerap, sirip, dan pelat bawah menggunakan pelat besi dengan ketebalan  $1,2 \text{ mm}$  ( $\alpha = 0,98$  dan  $\varepsilon = 0,98$ ) yang dicat hitam kusam (doff). Untuk penutup transparannya menggunakan kaca bening dengan ketebalan sebesar  $5 \text{ mm}$  ( $\tau = 0,88$  dan  $\varepsilon = 0,9$ ). Bagian bawah dan samping kolektor diberi isolasi yang terdiri dari gabus (styrofoam) dengan ketebalan  $10 \text{ mm}$  ( $k = 0,045 \text{ W/m.K}$ ) dan triplek dengan ketebalan  $4 \text{ mm}$  ( $k = 0,012 \text{ W/m.K}$ ). Saluran udara dengan kedalaman  $8 \text{ cm}$ . Jumlah sirip yang digunakan adalah 4 buah, dengan jarak peletakan sirip sama, baik antar sirip maupun dengan isolasi samping.

Energi berguna pada kolektor pelat bersirip ke atas memiliki nilai lebih besar dibandingkan dengan energi berguna pada kolektor pelat datar tanpa sirip dan untuk laju aliran massa  $0,018 \text{ kg/s}$  memiliki energi berguna paling besar, sedangkan energi berguna paling rendah diperoleh pada laju aliran massa  $0,012 \text{ kg/s}$ .

**Kata kunci:** Kolektor Surya, Penambahan Sirip, Aliran di atas Pelat Penyerap, Variasi Laju Aliran Massa, Energi Berguna

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Minyak bumi adalah sumber energi yang tidak dapat diperbaharui, dimana jika terus menerus di pergunakan akan berkurang bahkan sumber energi ini dapat habis. Dengan semakin berkurangnya energi tak terbaharui ini maka banyak penelitian yang dilakukan untuk memanfaatkan dan mengoptimalkan penggunaan dari energi yang dapat diperbaharui. Energi terbaharui ini merupakan energi yang jika kita manfaatkan tidak akan pernah habis, salah satunya adalah energi matahari.

Energi matahari merupakan salah satu sumber energi alternatif yang sangat mudah di peroleh di Indonesia bahkan dianggap gratis, karena Indonesia merupakan Negara yang terletak di daerah khatulistiwa. Pemanfaatan energi surya sudah lama di lakukan oleh masyarakat Indonesia baik untuk pengering pakaian, kayu, dan hasil pertanian. Namun pemanfaatan dari energi matahari ini tidak dilakukan secara optimal. Sebagai contoh adalah pengeringan gabah yang mana hanya diletakkan pada sebuah areal yang luas dan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mengeringkannya. Oleh karena itu perlu dilakukan sebuah penelitian agar energi matahari yang ada ini dapat dimanfaatkan dengan semaksimal mungkin.

Kolektor surya adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengumpulkan radiasi matahari dan mengubahnya menjadi energi kalor yang berguna. Ada beberapa tipe kolektor surya, salah satu diantaranya yang sudah banyak dikenal adalah kolektor surya pelat datar. Jenis kolektor ini menggunakan pelat berupa lembaran, dimana untuk mendapatkan hasil yang optimal permukaan kolektor dicat dengan warna hitam doff yang berfungsi untuk menyerap radiasi matahari yang datang dan mentransfer kalor yang diterima tersebut ke fluida kerja. Untuk menjaga agar tidak terjadi kerugian panas kelingkungan, maka digunakan penutup transparan sehingga terjadi efek rumah kaca sedangkan pada bagian bawah plat kolektor diberikan isolasi.

Namun kolektor surya dengan menggunakan pelat datar ini belumlah sempurna sehingga untuk lebih mengoptimalkannya perlu dilakukan modifikasi untuk meningkatkan efisiensi dari kolektor surya ini. Penelitian lainnya juga telah pernah dilakukan untuk memodifikasi kolektor surya pelat datar ini. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Made Sucipta dengan judul Analisa Pengaruh Variasi Tinggi dan Jumlah Sirip Dengan Luasan Permukaan Sirip Tetap Terhadap Unjuk Kerja Alat Pemanas Udara Tenaga Matahari, yang menambahkan sirip pada

bagian bawah pelat penyerapnya. Berbekal dari penelitian sebelumnya maka penulis telah melakukan modifikasi yang diharapkan dapat meningkatkan performa dari kolektor surya ini yaitu dengan merubah bentuk pelat penyerapnya.

Modifikasi yang dimaksudkan adalah pada bagian siripnya, dimana pada pelat penyerapnya ditambahkan sirip yang diletakan diantara pelat penyerap dan penutup transparan atau mengarah ke atas. Dengan penambahan sirip ini di harapkan performa dari kolektor surya ini dapat meningkat. Karena penambahan sirip dapat memperluas daerah penyerapan panas dan secara langsung memperluas permukaan perpindahan panas dari pelat penyerap ke fluida kerja, sehingga udara yang mengalir dengan laju aliran massa tertentu di atas pelat penyerap keluar kolektor lebih cepat panas dibandingkan pelat datar tanpa sirip. Namun akibat adanya aliran di atas permukaan pelat penyerap maka kehilangan kalor yang diakibatkan juga besar terutama kehilangan kalor yang terjadi melalui penutup transparan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pengukuran performansi kolektor adalah efisiensi pengumpulannya (*collection efficiency*), yang didefinisikan sebagai rasio penambahan energi berguna ( $Q_u$ ) selama periode waktu tertentu terhadap energi matahari yang menimpanya selama periode waktu yang sama. Untuk efisiensi aktual,  $\eta_a$ , dapat dihitung dengan persamaan:

$$\eta_a = \frac{Q_{u,a}}{A_c \cdot I_T} \dots\dots\dots (2.1)$$

Untuk perhitungan efisiensi aktual didasarkan pada energi berguna aktualnya, dapat dihitung dengan pendekatan persamaan:

$$Q_{u,a} = \dot{m} \cdot C_p (T_o - T_i) \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

$Q_{u,a}$  = energi berguna kolektor sebenarnya tiap satuan luas ( $W/m^2$ )

$\dot{m}$  = laju aliran massa fluida (Kg/s)

$C_p$  = panas jenis fluida (J/Kg.K), nilai  $C_p$  didapat dari properties fluida berdasarkan temperatur

$$(T_{film} = \frac{T_o + T_i}{2})$$

- $I_T$  = Intensitas radiasi matahari yang menimpa kolektor ( $W/m^2$ )
- $T_i$  = temperatur fluida masuk (K).
- $T_o$  = temperatur fluida keluar (K).

Sedangkan untuk efisiensi teoritis kolektor,  $\eta_t$ , persamaan yang digunakan adalah persamaan energi berguna seperti yang diturunkan dari kesetimbangan energi untuk masing-masing komponen kolektor, yaitu:

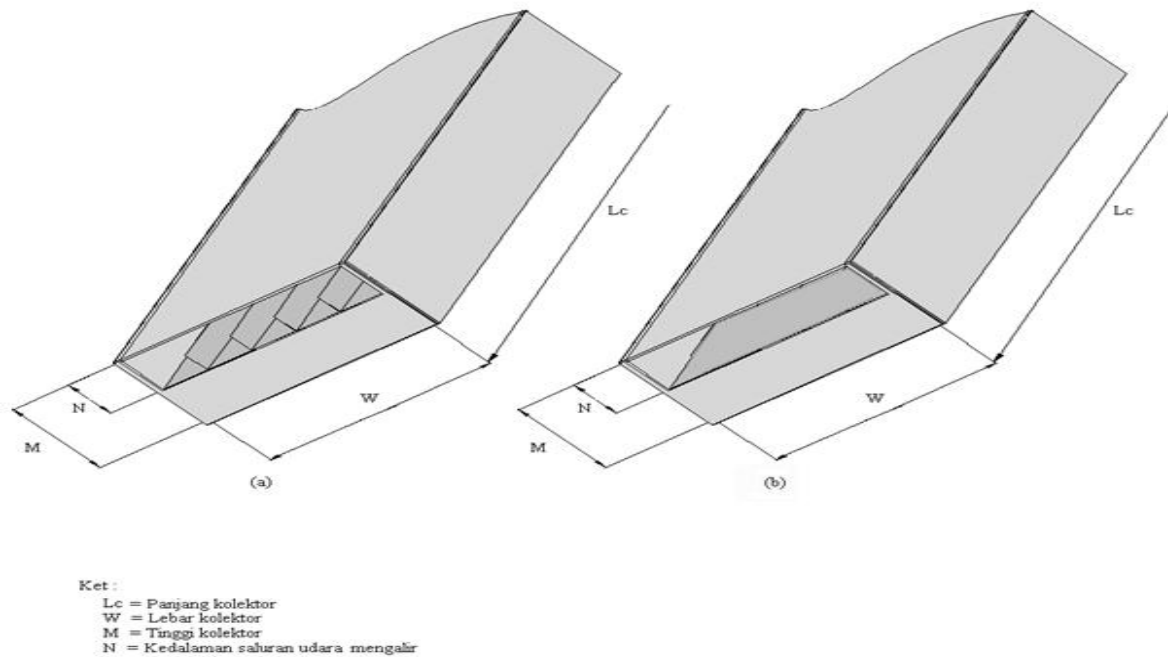
$$\eta_t = \frac{Q_{u,t}}{A_c \cdot I_T} = \frac{F' [S - U_L (T_f - T_a)]}{I_T} \quad (2.3)$$

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini telah dimulai dengan pembuatan dua buah kolektor yaitu kolektor surya pelat datar dengan pelat penyerap berbentuk sirip yang mengarah keatas dan kolektor surya pelat datar tanpa sirip, yang kemudian selanjutnya dipasang alat pengukur di titik-titik tertentu pada kolektor.

Luas kolektor yang dipilih adalah  $1 \text{ m}^2$ , yaitu lebar kolektor,  $W = 0,5 \text{ m}$  dan panjang kolektor,  $L_c = 2 \text{ m}$ . Pelat penyerap, sirip, dan pelat bawah menggunakan pelat besi dengan ketebalan  $1,2 \text{ mm}$  ( $\alpha = 0,98$  dan  $\epsilon = 0,98$ ) yang dicat hitam kusam (*doff*). Untuk penutup transparannya menggunakan kaca bening dengan ketebalan sebesar  $5 \text{ mm}$  ( $\tau = 0,88$  dan  $\epsilon = 0,9$ ). Bagian bawah dan samping kolektor diberi isolasi yang terdiri dari gabus (*styrofoam*) dengan ketebalan  $10 \text{ mm}$  ( $k = 0,045 \text{ W/m.K}$ ) dan triplek dengan ketebalan  $4 \text{ mm}$  ( $k = 0,012 \text{ W/m.K}$ ). Saluran udara dengan kedalaman  $8 \text{ cm}$ . Jumlah sirip yang digunakan adalah 4 buah, dengan jarak peletakan sirip sama, baik antar sirip maupun dengan isolasi samping. Sifat-sifat fisik material penyusun kolektor ini diperoleh dari Ref. [2]



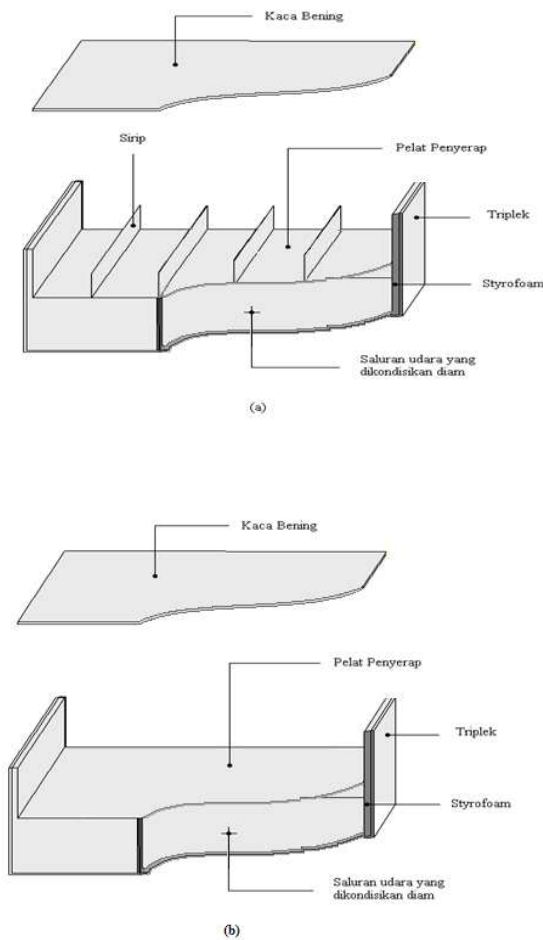
Gambar 3.1 Dimensi kolektor surya (a) bersirip ke atas, (b) pelat datar

#### 3.2 Kontruksi Kolektor Pelat Datar dan Pelat Bersirip

Kondisi udara mengalir berada di atas pelat penyerap, yaitu diantara pelat penyerap dan cover

transparan, sedangkan untuk kondisi udara diam berada di bawah udara mengalir, yaitu di antara pelat penyerap dengan permukaan pelat bawah. Setelah ditentukan dimensi dari kedua kolektor, maka selanjutnya dibuat sebuah rancangan kolektor, yaitu kolektor dengan

peletakan sirip yang berada diatas pelat penyerap yang dapat dilihat pada gambar 3.2 di bawah ini.

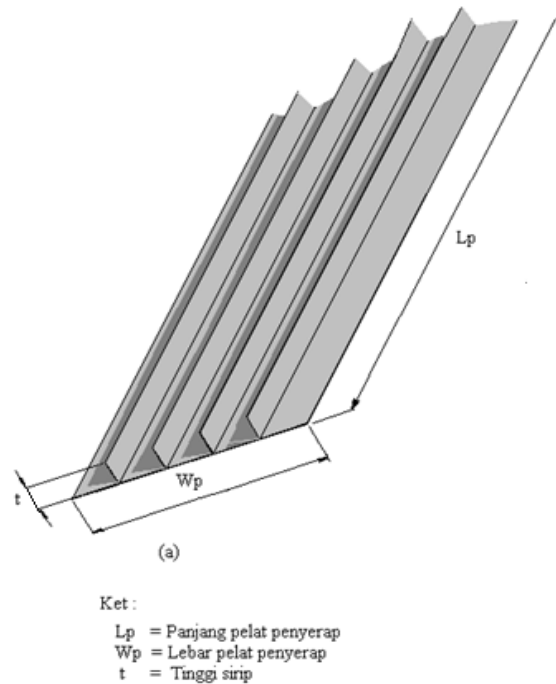


**Gambar 3.2 Kontruksi kolektor surya, (a) bersirip ke atas, (b) pelat datar**

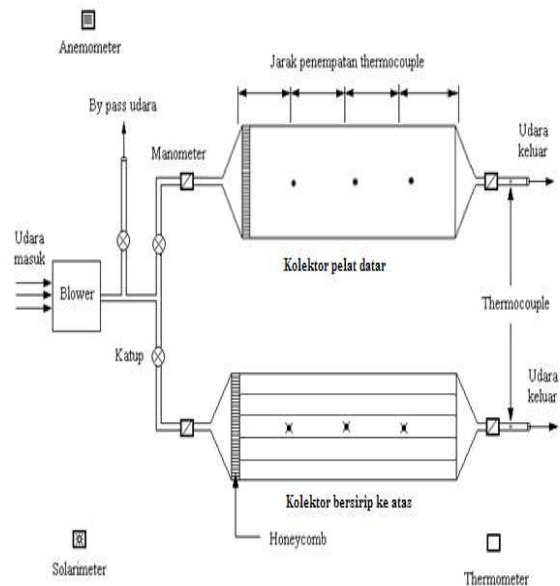
Pada penelitian ini menggunakan pelat penyerap bersirip, dengan panjang pelat,  $L = 2$  m, lebar  $W = 0.5$  m, dan tinggi sirip  $t = 0.05$  m. Pelat dan sirip ini terbuat dari bahan yang sama sehingga memiliki sifat fisik yang sama.

Untuk pemasangan sirip pada pelat penyerap dapat dilihat pada gambar 3.3. Untuk memperoleh validasi perbandingan ke dua kolektor tersebut, pengujian dilakukan secara bersama-sama pada kondisi lingkungan yang sama untuk setiap laju aliran massa pada masing-masing kolektor. Untuk rancangan ke dua

kolektor tersebut ditunjukkan pada gambar 3.4 dibawah ini.



**Gambar 3.3 Pemasangan sirip pada pelat penyerap**



**Gambar 3.4 Rancangan pengujian kolektor**

### 3.3 Prosedur Pengujian

Prosedur yang dilakukan selama pengujian adalah:

1. Pengujian dilakukan pada jam 11.00 – 14.00
2. Selang waktu pengambilan data selama 10 menit sekali
3. Blower dijalankan untuk mengalirkan udara sebagai fluida kerja ke dalam kolektor
4. Atur katup untuk memperoleh laju aliran massa yang di inginkan, dengan cara mengukur tekanan udara untuk masing-masing kolektor. Dimana besarnya tekanan akan ditunjukkan oleh kenaikan fluida pada manometer.
5. Selanjutnya dilakukan pengukuran terhadap parameter-parameter terukur yaitu:
  - Temperatur udara luar,  $T_a$
  - Temperature kaca,  $T_c$
  - Temperatur pelat penyerap,  $T_p$
  - Temperatur pelat bawah,  $T_{pb}$
  - Temperatur sirip,  $T_s$
  - Temperatur udara masuk kolektor,  $T_i$
  - Temperatur udara dalam kolektor,  $T_f$
  - Temperatur udara keluar kolektor,  $T_o$

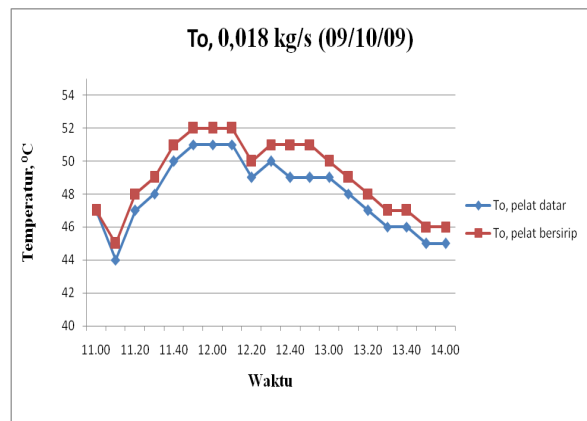
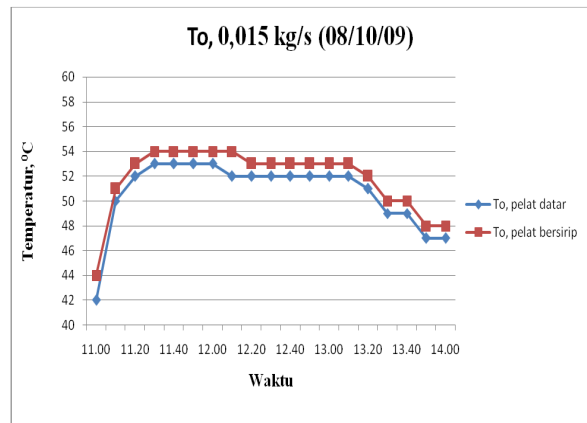
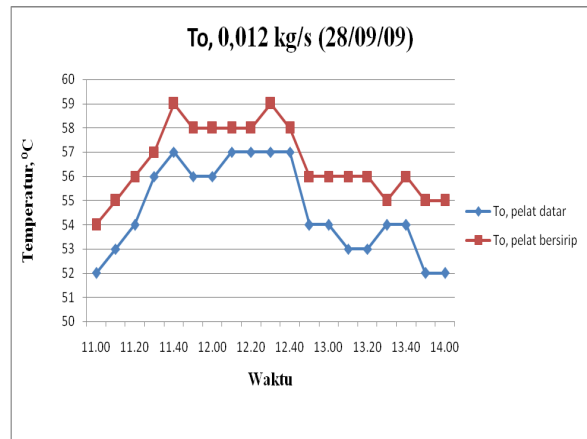
## 4. ANALISA DAN HASIL PERHITUNGAN

### 4.1 Analisa Data

Perbandingan antara pelat datar dengan pelat bersirip keatas dengan laju aliran massa ( $\dot{m}$ ) 0,012 kg/s, 0,015 kg/s, dan 0,018 kg/s dapat ditunjukkan pada Grafik 4.1. Pada grafik tersebut dapat dijelaskan bahwa temperatur keluar ( $T_o$ ) pelat datar bersirip keatas lebih tinggi dibandingkan pelat datar tanpa sirip untuk semua laju aliran massanya. Hal ini dikarenakan pelat datar dengan sirip ke atas memiliki luasan pelat penyerap yang lebih luas (dengan adanya sirip) dibandingkan dengan pelat datar tanpa sirip sehingga panas yang diserap dan yang ditransferkan ke udara menjadi lebih besar pula.

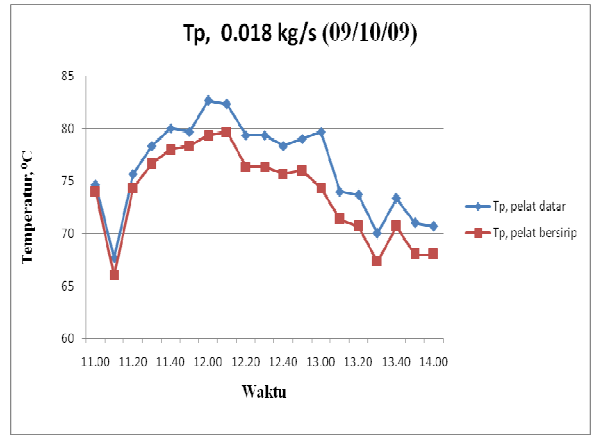
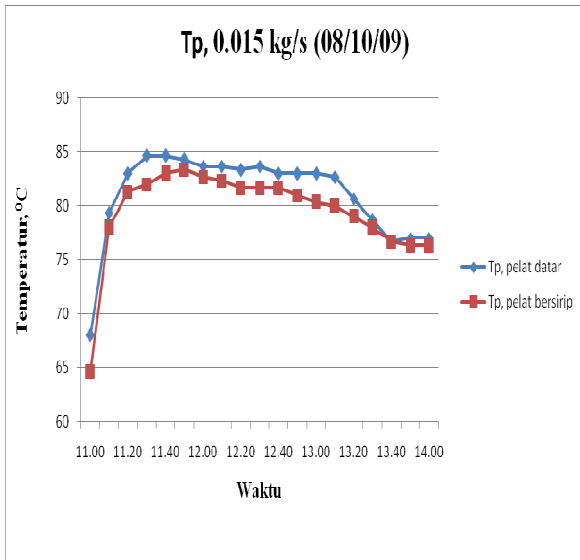
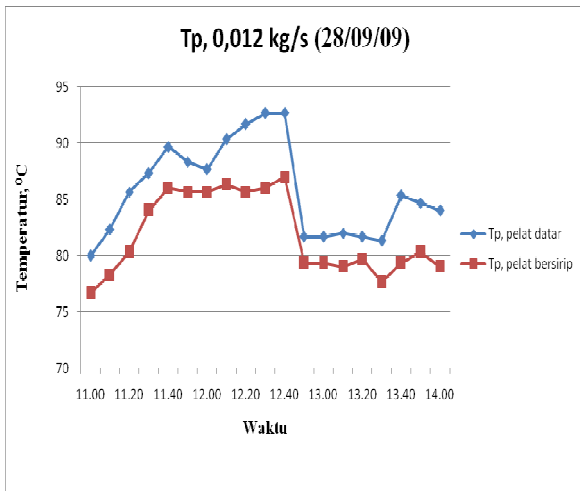
Untuk temperatur pelat penyerapnya juga dipengaruhi oleh luasan perpindahan panasnya, dimana untuk pelat penyerap pada kolektor pelat datar bersirip ke atas memiliki luasan perpindahan panas yang lebih luas dibandingkan dengan pelat penyerap pada kolektor pelat datar tanpa sirip. Sehingga temperatur dari pelat penyerap pada kolektor pelat datar bersirip ke atas lebih rendah dibandingkan dengan temperatur pelat penyerap pada kolektor pelat datar tanpa sirip dengan laju aliran massa yang sama. Hal ini dapat dilihat pada Grafik 4.2.

Dari pengujian yang telah dilaksanakan, diperoleh data-data pada kolektor pelat datar dan pelat datar bersirip keatas aktual dengan laju aliran massa ( $\dot{m}$ ) 0,012 kg/s, 0,015 kg/s, dan 0,018 kg/s.

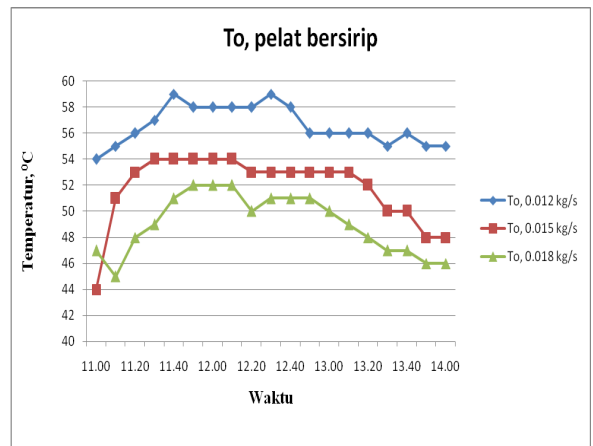
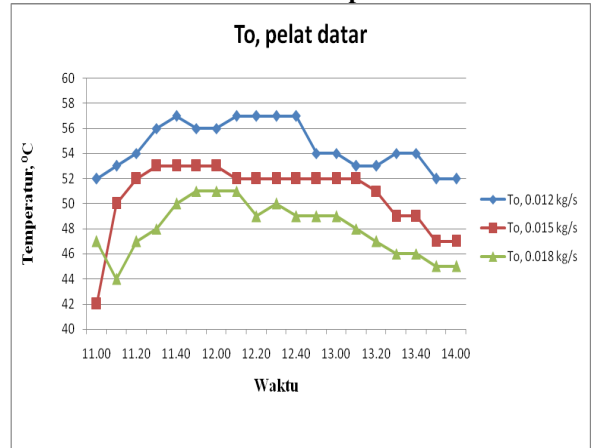


Grafik 4.1 Perbandingan temperatur udara keluar aktual untuk kedua bentuk pelat

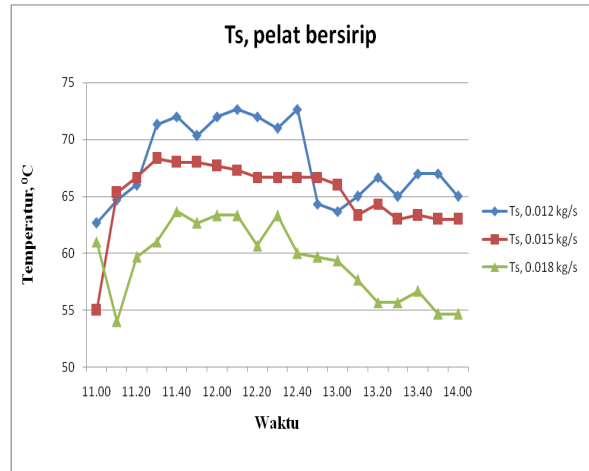
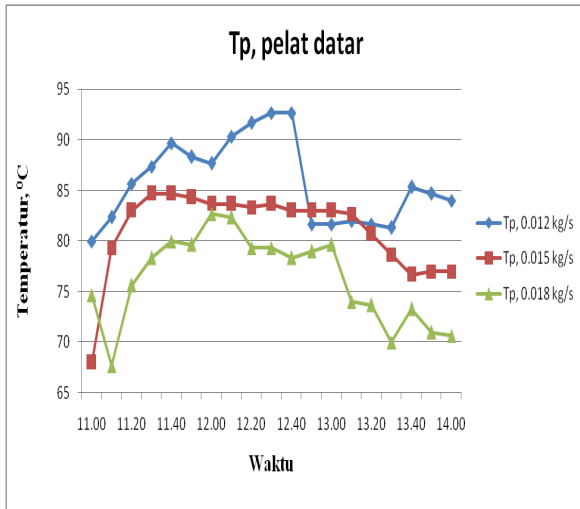
Pada Grafik 4.3 merupakan grafik temperatur udara keluar ( $T_o$ ), yang mana dapat dijelaskan bahwa temperatur keluaran ( $T_o$ ) dari kolektor pelat datar dan pelat bersirip keatas dengan laju aliran massa ( $\dot{m}$ ) 0,012 kg/s memiliki temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan udara keluaran dengan laju aliran massa 0,015 kg/s, dan 0,018 kg/s. Hal ini terjadi karena massa udara yang dipanaskan menjadi lebih sedikit (beban pemanasan) sehingga panas akan lebih banyak tersimpan pada bagian pelat yang dapat dilihat pada Grafik 4.4



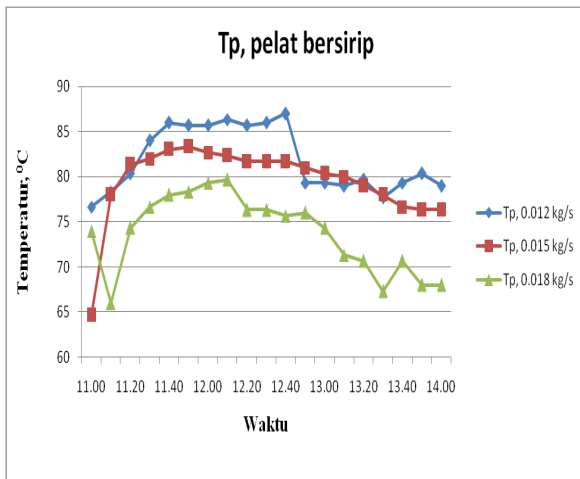
**Grafik 4.2 Perbandingan temperatur pelat untuk kedua bentuk pelat**



**Grafik 4.3 Perbandingan temperatur udara keluar aktual untuk ketiga laju aliran massa**



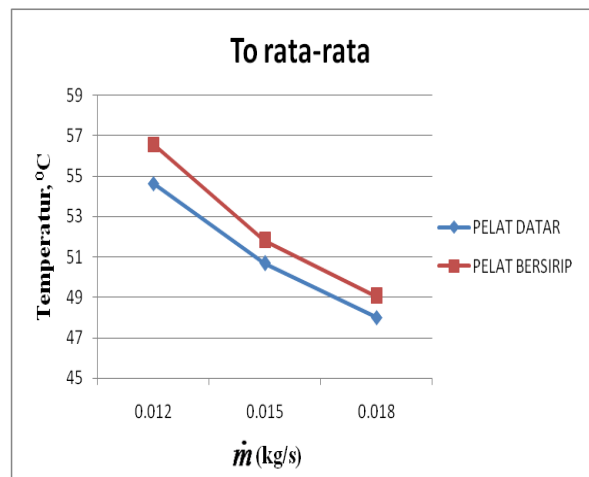
**Grafik 4.5 Perbandingan temperatur sirip untuk ketiga laju aliran massa**



**Grafik 4.4 Perbandingan temperatur pelat untuk untuk ketiga laju aliran massa**

Sedangkan untuk sirip yang hanya terdapat pada kolektor pelat bersirip keatas juga terjadi hal yang sama yaitu sirip pada kolektor dengan laju aliran massa ( $\dot{m}$ ) 0,012 kg/s memiliki temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur sirip pada kolektor dengan laju aliran massa ( $\dot{m}$ ) 0,015 kg/s, dan 0,018 kg/s, ini terjadi karena sirip pada kolektor dengan laju aliran massa ( $\dot{m}$ ) 0,012 kg/s juga mempunyai beban pemanasan yang lebih kecil dibandingkan dengan sirip pada kolektor dengan laju aliran massa ( $\dot{m}$ ) 0,015 kg/s, dan 0,018 kg/s. Hal ini dapat dilihat pada Grafik 4.5.

Pada Grafik 4.6 dapat dijelaskan bahwa temperatur keluar ( $T_o$ ) rata-rata pelat datar bersirip keatas lebih tinggi dibandingkan pelat datar baik pada perubahan laju aliran massa ( $\dot{m}$ ) 0,012 kg/s, 0,015 kg/s, dan 0,018 kg/s. Hal ini sesuai dengan perbandingan temperatur keluaran ( $T_o$ ) dari masing masing kolektor, yang mana dapat dijelaskan bahwa temperatur yang paling tinggi adalah pada pelat datar bersirip keatas dengan laju aliran massa ( $\dot{m}$ ) 0,012 kg/s dan yang paling rendah adalah pada pelat datar tanpa sirip dengan laju aliran massa 0,018 kg/s.



**Grafik 4.6 Perbandingan temperatur rata-rata pelat datar dan bersirip keatas**

#### 4.2 Energi berguna

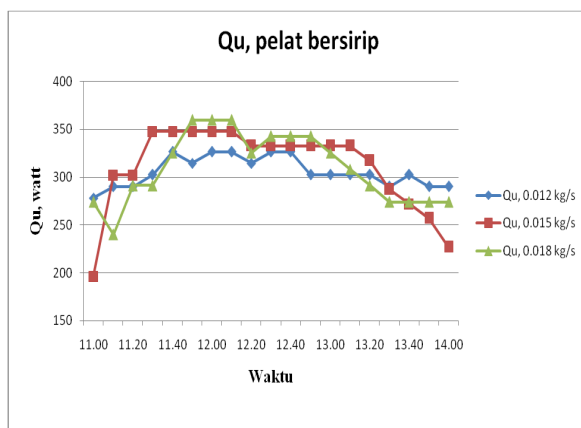
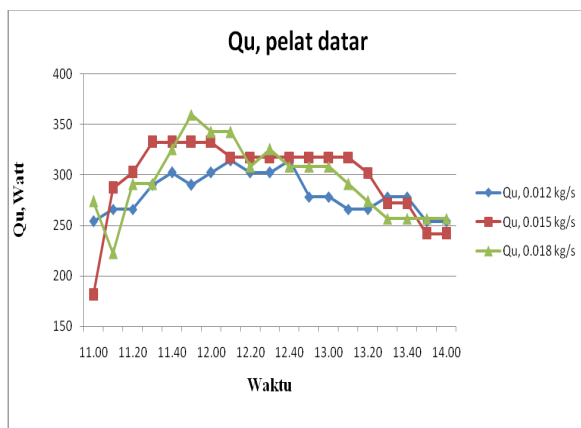
Menentukan energi berguna aktual bersirip ke atas, menggunakan persamaan :

$$Q_{u,a} = \dot{m} \cdot C_p (T_o - T_i)$$

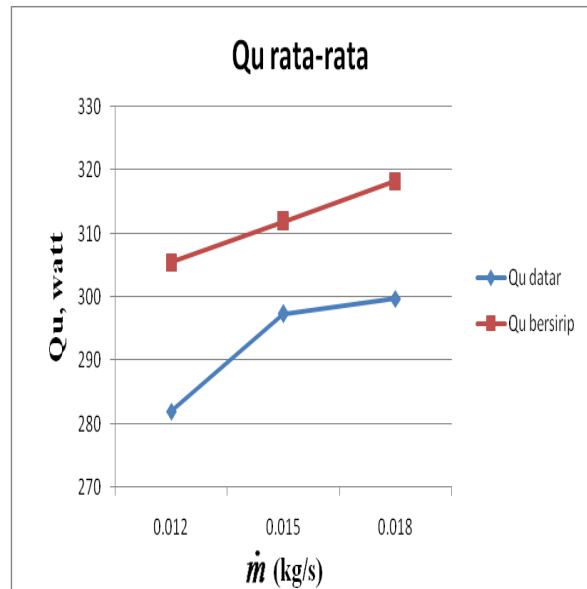
Dimana :

- $\dot{m}$  = laju aliran massa fluida (Kg/s)
- $C_p$  = panas jenis fluida (J/Kg.K)
- $T_i$  = temperatur fluida masuk (K).
- $T_o$  = temperatur fluida keluar (K).

Hasil perhitungan energi berguna dari masing-masing pelat dapat ditunjukkan pada Grafik 4.7



**Grafik 4.7 Perbandingan energi berguna aktual untuk ketiga laju aliran massa**



**Grafik 4.8 Perbandingan energi berguna rata-rata pelat datar dan bersirip ke atas**

Pada Grafik 4.7 di atas dapat dijelaskan bahwa energi berguna ( $Q_u$ ) sesaat pelat datar maupun pelat bersirip ke atas dengan laju aliran massa ( $\dot{m}$ ) 0,018 kg/s secara umum lebih tinggi dibandingkan dengan laju aliran massa ( $\dot{m}$ ) 0,012 kg/s dan 0,015 kg/s. Hal ini diakibatkan oleh faktor pengalinya yang sesuai dengan rumus energi berguna ( $Q_{u,a} = \dot{m} c_p (T_o - T_i)$ ) yaitu semakin besar laju aliran massanya ( $\dot{m}$ ) maka faktor pengalinya semakin besar pula. Untuk mengetahui grafik yang lebih jelas maka perlu dilihat energi berguna rata-ratanya yang dapat dilihat pada Grafik 4.8

Pada Grafik 4.8 di atas dapat dijelaskan bahwa energi berguna ( $Q_u$ ) rata-rata pelat datar bersirip ke atas lebih tinggi dibandingkan pelat datar baik pada laju aliran massa ( $\dot{m}$ ) 0,012 kg/s, 0,015 kg/s, dan 0,018 kg/s. Hal ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan energi berguna rata-rata pada pelat bersirip ke atas lebih tinggi dibandingkan dengan pelat datar tanpa sirip. Pada grafik juga dijelaskan bahwa energi berguna rata-rata yang paling tinggi adalah pada pelat datar bersirip ke atas dengan laju aliran massa ( $\dot{m}$ ) 0,018 kg/s dan untuk yang paling rendah adalah pada pelat datar dengan laju aliran massa ( $\dot{m}$ ) 0,012 kg/s



## 5. KESIMPULAN

Untuk ketiga variasi laju aliran massa yang diuji, diperoleh temperatur udara keluar kolektor untuk kolektor pelat datar bersirip keatas lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur udara keluar kolektor pelat datar tanpa sirip dan untuk laju aliran massa 0,012 kg/s memiliki temperatur udara keluar kolektor paling besar, sedangkan temperatur keluar kolektor paling rendah diperoleh pada laju aliran massa 0,018 kg/s dan Energi berguna pada kolektor pelat bersirip ke atas memiliki nilai lebih besar dibandingkan dengan energi berguna pada kolektor pelat datar tanpa sirip dan untuk laju aliran massa 0,018 kg/s memiliki energi berguna paling besar, sedangkan energi berguna paling rendah diperoleh pada laju aliran massa 0,012 kg/s.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Duffie, J. A., and Backman, W. A., (1991), *Solar Engginering of Thermal Processes*, 2<sup>nd</sup> ed. John Wiley & Sons, Inc, New York
- [2] Incropera, F. P., and De Witt, D. P., (1994), *Fundamental of Heat and Mass Transfer*, John Wiley & Sons, Inc, Singapore
- [3] Murti, M. R., (2006), Diktat Perpindahan Panas I , Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bali
- [4] Sucipta, M., (2001), Analisa Pengaruh VariasiTinggi dan Jumlah Sirip dengan Luasan Permukaan Sirip Tetap Terhadap Unjuk Kerja Alat Pemanas Udara Tenaga Matahari, Thesis, Program Paska Sarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya