

Performansi Kolektor Surya Tubular Terkonsentrasi Dengan Pipa Penyerap Dibentuk Anulus Dengan Variasi Posisi Pipa Penyerap

Made Sucipta, Ketut Astawa, A.A. Kade Argha Dharmawan

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Udayana
email:awatsa@yahoo.com

Abstraksi

Berdasarkan geometrinya salah satu jenis kolektor surya adalah kolektor tubular. Kolektor tubular adalah sebuah kolektor surya konsentris, dimana antara kaca penutup (*cover*) dan pipa penyerap (*absorber*) membentuk anulus. Pipa penyerap berada disebelah dalam sedangkan kaca penutup dengan diameter yang lebih besar berada di sebelah luar. Saat ini kaca penutup pada kolektor tubular hanya difungsikan untuk menghalangi panas terbuang ke lingkungan. Selain itu kolektor tubular umumnya menggunakan tipe aliran fluida kerja satu arah. Pada penelitian yang telah dilakukan, dibuat rancang bangun sebuah kolektor tubular, dimana dipilih tabung kaca sebagai kaca penutup yang separuh bagiannya dimodifikasi dengan membentuk reflektor pada bagian bawah dan pipa penyerap yang dibuat membentuk anulus dengan arah aliran mengikuti anulus.

Metode yang umum digunakan untuk mengevaluasi performansi kolektor adalah *instantaneous efficiency*. Efisiensi kolektor merupakan perbandingan panas yang diserap oleh fluida dan intensitas matahari yang mengenai kolektor. Performansi dari kolektor dapat dinyatakan dengan efisiensi termalnya.

Efisiensi (η_a) aktual kolektor surya tubular terkonsentrasi dengan pipa penyerap dibentuk anulus dan kolektor surya tubular terkonsentrasi dengan pipa penyerap yang dibentuk lurus dengan variasi posisi pipa penyerap pada posisi 5 ($L_5 = -5,32$ cm) lebih tinggi dibandingkan dengan energi berguna aktual ($Q_{u,a}$) pada posisi $L_1 = 5,32$ cm, $L_2 = 2,66$ cm, $L_3 = 0$ cm, dan $L_4 = -2,66$ cm

Kata kunci : Kolektor Surya Tubular Terkonsentrasi, Pipa Penyerap Anulus, Efisiensi aktual kolektor

1. PENDAHULUAN

Energi surya adalah energi yang didapat dengan mengubah energi panas surya (matahari) melalui peralatan tertentu menjadi sumber daya dalam bentuk lain. Energi surya menjadi salah satu sumber pembangkit daya selain air, uap, angin, biogas, batu bara, dan minyak bumi. Energi surya sangat luar biasa karena tidak bersifat polutif, bersifat kontinyu, dan tak dapat habis.

Energi surya yang sampai ke permukaan bumi, dapat dikumpulkan dan diubah menjadi energi panas yang berguna melalui bantuan suatu alat yang disebut kolektor surya. Kolektor termal surya merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk menyerap energi surya, yang kemudian mengubah energi surya menjadi energi termal, dan mentransfer energi tersebut ke fluida kerja untuk kemudian digunakan secara langsung atau disimpan terlebih dahulu pada suatu unit penyimpanan panas. Dalam aplikasinya kolektor termal surya banyak digunakan sebagai alat pemanas air pada rumah-rumah.

Secara umum, bila ditinjau dari jumlah panas yang diperoleh, kolektor surya dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu kolektor

konsentrasi dan non-konsentrasi. Kolektor non-konsentrasi merupakan kolektor dimana luas bidang penyerapan sama dengan bidang penyinaran seperti misalnya kolektor pelat datar. Diantara kedua jenis kolektor surya tersebut, kolektor surya pelat terkonsentrasi akan menghasilkan suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan kolektor surya pelat datar. Hal ini disebabkan karena pada pelat penyerap selain mendapatkan radiasi langsung dari matahari, kolektor surya konsentrasi juga mendapatkan hasil refleksi radiasi.

Berdasarkan geometrinya salah satu jenis kolektor surya adalah kolektor tubular. Kolektor tubular adalah sebuah kolektor surya konsentris, dimana antara kaca penutup (*cover*) dan pipa penyerap (*absorber*) membentuk anulus. Pipa penyerap berada disebelah dalam sedangkan kaca penutup dengan diameter yang lebih besar berada di sebelah luar. Saat ini kaca penutup pada kolektor tubular hanya difungsikan untuk menghalangi panas terbuang ke lingkungan. Selain itu kolektor tubular umumnya menggunakan tipe aliran fluida kerja satu arah (Alit, Ida Bagus, 2000)

2. DASAR TEORI

2.1 Energi Berguna Kolektor Alat Pemanas Air Tenaga Surya

Untuk perhitungan energi yang diserap atau energi yang berguna untuk kolektor alat pemanas air tenaga surya dapat digunakan persamaan :

$$Q_{u,a} = \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_o - T_i) \quad (2.1)$$

Dimana :

$Q_{u,a}$ = panas berguna aktual (W)

\dot{m} = laju aliran fluida (kg/s)

c_p = kapasitas panas jenis fluida (J/(kg.°C))

T_o = temperatur fluida keluar (°C)

T_i = temperatur fluida masuk (°C)

2.2 Analisa Performansi

Effisiensi kolektor merupakan perbandingan panas yang diserap oleh fluida dan intensitas matahari yang mengenai kolektor. Performansi dari kolektor dapat dinyatakan dengan effisiensi temalnya. Akan tetapi intensitas radiasi matahari berubah terhadap waktu, oleh karena itu effisiensi termal kolektor dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu:

1. *Instantaneous efficiency* / efisiensi sesaat adalah : efisiensi keadaan steady untuk selang waktu tertentu.
2. *Long term / all-day efficiency* adalah : efisiensi yang dihitung dalam jangka waktu yang relatif lama (biasanya per ari atau per bulan).

Performansi secara keseluruhan sangat ipengaruhi oleh performansi dari kolektor. Oleh sebab itu ada dua cara pengujian sistem pemanas air surya yaitu:

1. Pengujian untuk menentukan performansi kolektor.
2. Pengujian untuk menentukan performansi sistem secara keseluruhan.

Dalam penelitian ini pengujian ini dilakukan untuk menentukan performansi dari kolektor. Distribusi temperatur pada arah melintang pipa penyerap tidak merata, maka persamaan efisiensi biasanya dinyatakan sebagai fungsi dari temperatur dan laju aliran massa fluida masuk yang relatif mudah dikontrol dan diukur selama pengujian atau pengoperasiannya.

Metode yang umum digunakan untuk mengevaluasi performansi kolektor adalah *instantaneous efficiency*.

Effisiensi aktual ini ditentukan oleh persamaan berikut

$$\eta_a = \frac{Q_{u,a}}{A_c I_T} = \frac{\dot{m} c_p (T_o - T_i)}{n_{modul} \times D_{cover} \times P_{cover} \times I_T}$$

dimana:

η_a = efisiensi aktual

$Q_{u,a}$ = panas berguna aktual (W)

A_c = luas bidang penyerapan kolektor (m²)

n_{modul} = Jumlah Modul

D_{cover} = Diameter cover (m)

P_{cover} = Panjang cover (m)

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

I_T = radiasi surya yang jatuh pada bidang kolektor (W/m²)

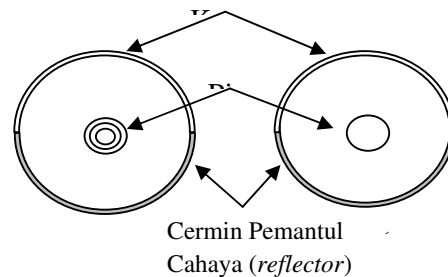
c_p = panas jenis fluida (j/kg⁰C)

T_o = Temperatur fluida masuk (°C)

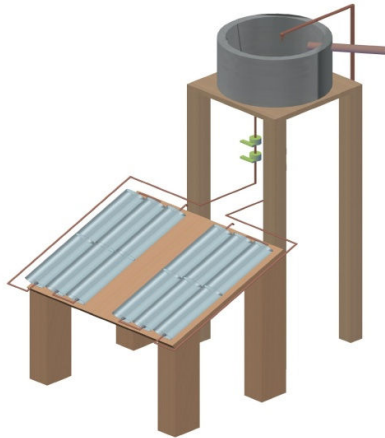
T_i = Temperatur fluida keluar (°C)

3.METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian kolektor surya tubular terkonsentrasi dengan pipa penyerap yang disusun membentuk anulus dengan arah aliran mengikuti anulus adalah metode eksperimental termasuk persiapan dan studi literturnya. Penelitian ini telah dimulai dengan pembuatan kolektor surya tubular terkonsentrasi dengan pipa penyerap berbentuk anulus dan sebagai pembanding dibuat pula kolektor surya tubular terkonsentrasi dengan pipa penyerap yang dibentuk lurus.



Gambar 3.1 (a). Modul Surya Tubular dengan Pipa Penyerap yang Dibentuk Anulus. (b). Modul Surya Tubular dengan Pipa Penyerap dengan Satu Arah Aliran



Gambar 3.2 Skematik Alat Uji

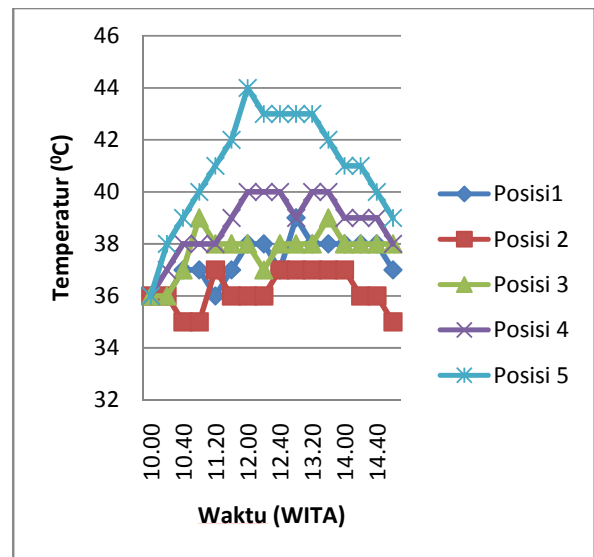
Gambar 3.5 Diagram Alir

4. ANALISA DAN HASIL PERHITUNGAN

4.1 Distribusi Temperatur Keluar Kolektor

Gambar 3.3 Aliran Air Pada Pipa Penyerap Berbentuk Anulus

Gambar 3.4 Aliran Air Pada Pipa Penyerap Berbentuk lurus



Gambar 4.1. Grafik Hubungan Tout, Terhadap Waktu Pada Kolektor Pipa Anulus

START

Persiapan alat pengujian

Pelaksanaan pengujian

$$L_1 = 5,32 \text{ cm}$$

$$L_2 = 2,66 \text{ cm}$$

$$L_3 = 0 \text{ cm}$$

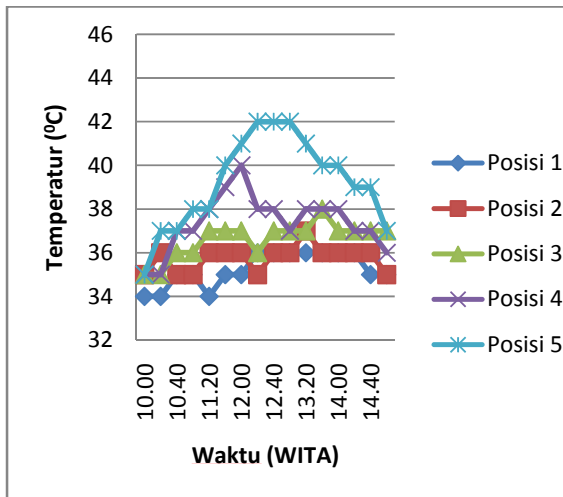
$$L_4 = -2,66 \text{ cm}$$

DATA

$$\text{Energi berguna} = Q_{u,a} = \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_o - T_i)$$

Efisiensi kolektor,

$$\eta_a = \frac{Q_{u,a}}{A \cdot I} = \frac{\dot{m} c_p (T_o - T_i)}{A \cdot I}$$

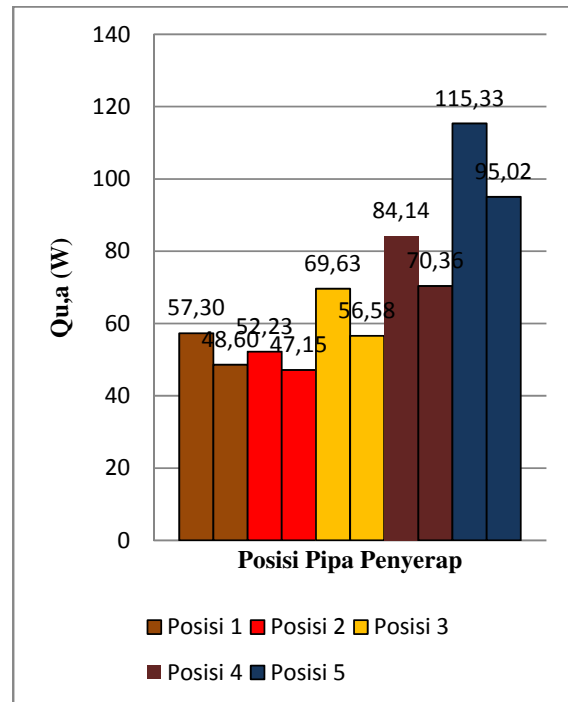


Gambar 4.2. Grafik Hubungan Tout, Terhadap Waktu Pada Kolektor Pipa Lurus

Dari pengujian yang dilakukan pada kolektor surya tubular terkonsentrasi ini didapatkan bahwa temperatur air keluar kolektor pada kolektor pipa anulus lebih tinggi dibandingkan dengan kolektor pipa lurus. Hal ini dapat dilihat pada grafik 4.1 dan 4.2. Sedangkan Dari pengujian yang dilakukan pada kolektor surya tubular terkonsentrasi dengan variasi posisi pipa penyerap masing-masing pada $L_1 = 5,32$ cm, $L_2 = 2,66$ cm, $L_3 = 0$ cm, $L_4 = - 2,66$ cm, $L_5 = - 5,32$ cm yang dihitung dari sumbu simetris cover, didapatkan bahwa temperatur air keluar pada kolektor pada posisi 5 ($L_5 = - 5,32$ cm) lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur kolektor pada posisi $L_1 = 5,32$ cm, $L_2 = 2,66$ cm, $L_3 = 0$ cm, dan $L_4 = - 2,66$ cm yang dihitung dari sumbu simetris cover. Hal ini disebabkan karena banyaknya sinar radiasi matahari yang mengenai pipa pada posisi 5 ($L_5 = - 5,32$ cm).

4.2 Energi Berguna Aktual Kolektor ($Q_{u,a}$)

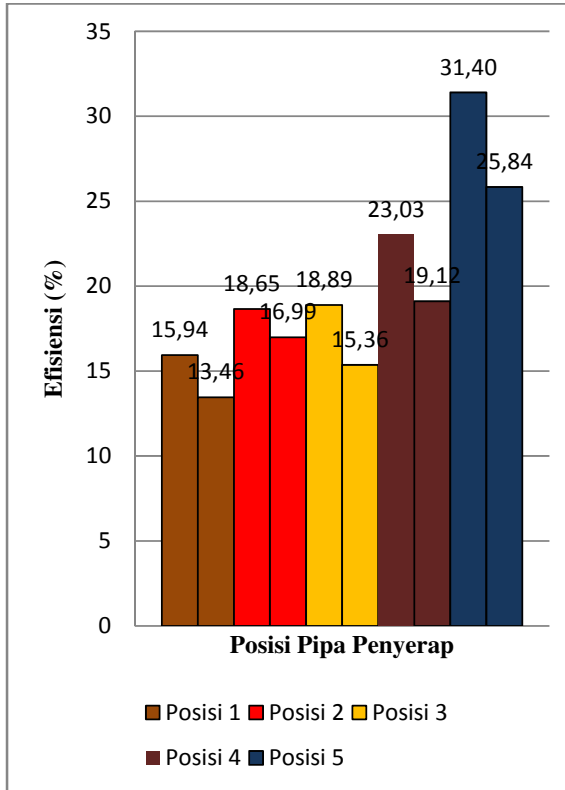
Dari perhitungan didapat bahwa energi berguna ($Q_{u,a}$) aktual kolektor surya tubular terkonsentrasi dengan pipa penyerap dibentuk anulus dan kolektor surya tubular terkonsentrasi dengan pipa penyerap yang dibentuk lurus dengan variasi posisi pipa penyerap pada posisi 5 ($L_5 = - 5,32$ cm) lebih tinggi dibandingkan dengan energi berguna pada posisi $L_1 = 5,32$ cm, $L_2 = 2,66$ cm, $L_3 = 0$ cm, dan $L_4 = - 2,66$ cm. 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 Temperatur keluar (T_o) maka faktor pengalinya semakin besar pula.



Gambar 4.1 Grafik Q_u Aktual Rata-Rata Kolektor Surya dengan Variasi Posisi Pipa Penyerap

Pada grafik 4.1 di atas dapat dijelaskan bahwa energi berguna aktual ($Q_{u,a}$) rata-rata kolektor surya tubular terkonsentrasi dengan pipa penyerap dibentuk anulus dan kolektor surya tubular terkonsentrasi dengan pipa penyerap yang dibentuk lurus dengan variasi posisi pipa penyerap pada posisi 5 ($L_5 = - 5,32$ cm) lebih tinggi dibandingkan dengan energi berguna aktual ($Q_{u,a}$) pada posisi $L_1 = 5,32$ cm, $L_2 = 2,66$ cm, $L_3 = 0$ cm, dan $L_4 = - 2,66$ cm.

4.3 Efisiensi Aktual Kolektor (η_a)

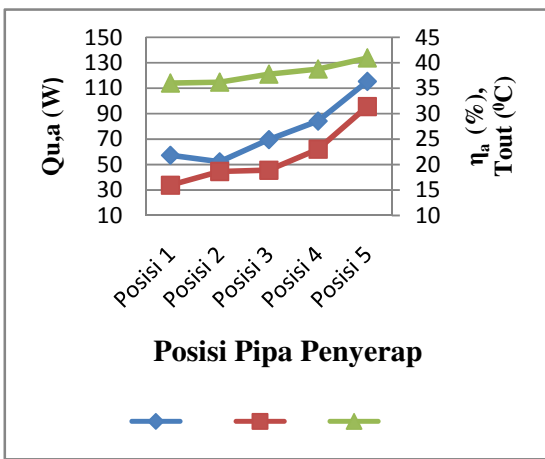


Gambar 4.2 Grafik Efisiensi Aktual (η_a) Rata-Rata Kolektor Surya Dengan Variasi Posisi Pipa Penyerap

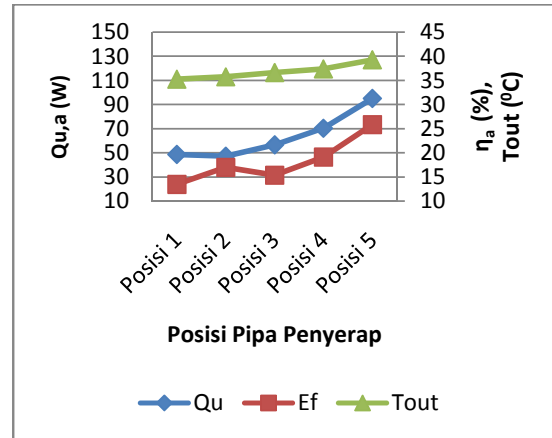
Pada grafik 4.2 di atas dapat dijelaskan bahwa Efisiensi actual (η_a) rata-rata kolektor surya tubular terkonsentrasi dengan pipa penyerap dibentuk anulus dan pipa penyerap yang dibentuk lurus dengan variasi posisi pipa penyerap pada posisi 5 ($L_5 = -5,32$ cm) lebih tinggi dibandingkan dengan energi berguna aktual ($Q_{u,a}$) pada posisi $L_1 = 5,32$ cm, $L_2 = 2,66$ cm, $L_3 = 0$ cm, dan $L_4 = -2,66$ cm.

4.4 Perbandingan Antara Temperatur Air Keluar (T_{out}) Rata-Rata, Energi Berguna Aktual (Q_{u,a}) Rata-Rata, dan Efisiensi Aktual (η_a) Rata-Rata Kolektor

Sesuai dengan perhitungan di atas maka untuk perbandingan antara temperatur air keluar rata-rata kolektor, energi berguna aktual rata-rata dan efisiensi aktual rata-rata dapat dilihat pada grafik 4.32 dan 4.33 di bawah ini:



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan antara T_{out} Rata-Rata, Q_{u,a} Rata-Rata, dan η_a Rata-Rata Pada Kolektor Pipa Anulus



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan antara T_{out} Rata-Rata, Q_{u,a} Rata-Rata, dan η_a Rata-Rata Pada Kolektor Pipa Lurus

Pada grafik di atas dapat dijelaskan posisi pipa penyerap semakin mendekati reflektor maka temperatur keluar (T_{out}), energi berguna aktual (Q_{u,a}), dan efisiensi aktual (η_a) semakin besar, namun efisiensi aktual (η_a) pada posisi 2 ($L_2 = 2,66$ cm) lebih besar daripada posisi 3 ($L_3 = 0$ cm) hal ini disebabkan pada saat pengujian di posisi 2 ($L_2 = 2,66$ cm) intensitas matahari rendah disebabkan karena cuaca pada saat itu tidak menentu kadang cerah kadang berawan.

5. KESIMPULAN

Dari pengujian, perhitungan dan analisis data yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

Temperatur air keluar pada kolektor pipa anulus lebih besar daripada kolektor pipa lurus yaitu sebesar 44°C dimana temperatur terbesar ini didapatkan pada posisi 5 ($L_5 = -5,32$ cm), sedangkan pada kolektor pipa lurus didapatkan temperatur air keluar sebesar 42°C yang juga didapatkan pada posisi 5 ($L_5 = -5,32$ cm). Temperatur air keluar pada kolektor pipa anulus lebih besar daripada kolektor pipa lurus karena pemanasan pada kolektor pipa anulus lebih lama sehingga memungkinkan menyerap panas lebih banyak.

Efisiensi aktual tertinggi dari kolektor surya tubular terkonsentrasi dengan pipa penyerap dibentuk anulus pada posisi 5 ($L = -5,32$ cm) yaitu sebesar 36% dan Efisiensi aktual kolektor paling

rendah diperoleh pada posisi 1 ($L = 5,32\text{cm}$) yaitu sebesar 12%.

Pada Posisi 5 ($L_5 = -5,32\text{cm}$) memiliki temperatur air keluar, energi berguna aktual dan efisiensi aktual tertinggi karena pada posisi 5 ($L_5 = -5,32\text{cm}$) merupakan titik fokus pada reflektor sehingga energi dari matahari terpusat dan mendapatkan panas yang paling tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alit, I. B. (2000), *Studi Eksperimental Kolektor Tubular dengan Memanfaatkan Lampu Neon Bekas Sebagai Kaca Penutup Kolektor*, Program Studi Teknologi Energi Institut Teknologo Sepuluh November, Surabaya.
2. Duffie and all, (1991), *Solar Engineering of Thermal Processes*, John Wiley & Sons, Inc, United State of America
3. Fath, H. E. S. and Khodheer, M. (1993), *Natural Convection Heat Transfer in Horizontal Annulus With an Open Trough*, Journal Heat and Mass Transfer, Vol.20, pp.729-736
4. Green, M. A. (1982), *Solar Cells. Operating Principles, Technology, and System Applications*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs
5. Holman, J. P. alih bahasa oleh Ir. E. Jasjfi M. Sc, (1997), *Perpindahan Kalor*, Erlangga, Jakarta
6. Incropera and Dewit (1996), *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, John Wiley & Sons, Inc, New York
7. Jansen, T. J. alih bahasa oleh Prof. Wiranto Arismunandar, (1995), *Teknologi Rekayasa Surya*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta
8. Ortabasit, U. and Buehl, W. M. (1980), *An Internal Cups Reflector For an Evacuated Tubular Heat Pipe Solar Thermal Collector*, Journal of Solar Energy, Vol.25, pp.135-137
9. Saltiel, C. J. and Sokolov, M. (1982), *Thermal And Optical Analysis of An Evacuated Circular Cylindrical Concentrating Collector*, Journal of Solar Energy, Vol.29, pp.391-396