

# PENGHITUNGAN EFISIENSI KOLEKTOR SURYA PADA PENGERING SURYA TIPE AKTIF TIDAK LANGSUNG PADA LABORATORIUM SURYA ITB

**Endri Yani**

Jurusan Teknik Mesin Universitas Andalas

Email: [endriyani@ft.unand.ac.id](mailto:endriyani@ft.unand.ac.id)

**Abdurrachim**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara,  
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10, Bandung 40116

E-mail: [halim@labsurya.ms.itb.ac.id](mailto:halim@labsurya.ms.itb.ac.id)

**Adjar Pratoto**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

Kampus Limau Manis, Padang 25163

E-mail: [adjar\\_pratoto@yahoo.com](mailto:adjar_pratoto@yahoo.com)

## ABSTRAK

*Sebuah pengering surya memerlukan kolektor untuk menyerap radiasi matahari. Radiasi yang diserap ini berguna untuk memanaskan udara pengering yang digunakan untuk mengeringkan produk di dalam ruang pengering surya. Untuk mendapatkan temperatur udara pengering yang diinginkan, maka kolektor harus memenuhi kriteria tertentu. Pada penelitian ini, dilakukan penghitungan efisiensi kolektor surya pada pengering surya tipe aktif tidak langsung yang terdapat pada pelataran atap Laboratorium Surya, Institut Teknologi Bandung. Efisiensi kolektor yang didapat bervariasi antara 25,56% sampai dengan 79,14%.*

*Kata kunci: kolektor, efisiensi kolektor, radiasi, pengering surya, udara pengering.*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Krisis energi dan masalah lingkungan yang terjadi membuat manusia berusaha mencari sumber energi alternatif yang bersifat terbarukan dan memberi dampak minimal terhadap lingkungan. Energi matahari merupakan salah satu sumber energi yang memenuhi kriteria tersebut. Selain itu, energi matahari juga mempunyai jumlah yang tidak terbatas sehingga merupakan sumber cadangan energi yang terbesar di bumi. Oleh sebab itu, energi matahari selalu mendapat perhatian untuk diteliti dan dikembangkan untuk berbagai tujuan.

Kolektor surya adalah salah satu bentuk penggunaan energi matahari. Kolektor ini digunakan untuk berbagai tujuan, diantaranya untuk pengeringan, pembangkit tenaga dan lain sebagainya.

Pada penelitian ini dilakukan penghitungan efisiensi dari kolektor surya yang digunakan untuk tujuan pengeringan.

### 1.2 Tujuan

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui efisiensi kolektor surya pada pengering surya tipe aktif tidak langsung yang terdapat pada pelataran atap Laboratorium Surya, Institut Teknologi Bandung. Pengujian dilakukan dari bulan Maret – Juni 2008.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pengeringan merupakan proses sederhana mengurangi kandungan air dari dalam suatu produk sampai pada tingkat tertentu, sehingga dapat mencegah pembusukan dan aman disimpan dalam jangka waktu yang lama [1]. Kadar air produk harus dikurangi sampai hanya tersisa sekitar 5 sampai 10% untuk menonaktifkan mikroorganisme yang ada di dalam produk [3].

Beberapa keuntungan yang didapat dari proses pengeringan antara lain [3]:

1. Mengurangi kerusakan dan pembusukan produk
2. Mengurangi biaya pengemasan dan kebutuhan akan pendinginan
3. Biaya transportasi dan penyimpanan lebih murah
4. Menjamin ketersediaan produk yang bersifat musiman

Disamping keuntungan di atas, proses pengeringan juga mempunyai beberapa kelemahan yaitu:

1. Warna berubah
2. Kandungan vitamin lebih rendah, karena vitamin rentan terhadap panas
3. Terjadi *case hardening*, yaitu suatu keadaan dimana permukaan bahan mengeras (kering) sedangkan bagian dalam masih basah (belum kering)
4. Mutu lebih rendah daripada bahan pangan segar

Metode pengeringan secara umum terbagi atas dua, yaitu pengeringan sinar matahari (*direct sun*

*drying*), dimana produk yang akan dikeringkan langsung dijemur di bawah sinar matahari [1,2]. Dan metode pengeringan surya (*solar drying*), dimana produk yang akan dikeringkan diletakkan di dalam suatu alat pengering [3]. Klasifikasi pengering surya secara umum adalah:

**2.1 Pengering Surya Pasif dan Aktif Tipe Langsung**

Pada pengering tipe langsung ini, panas dihasilkan karena adanya penyerapan energi matahari oleh bagian dalam ruang pengering. Selain memanaskan udara, radiasi matahari juga memanaskan produk yang dikeringkan. Sirkulasi udara pada pengering surya pasif tipe langsung mengalir secara konveksi bebas, sedangkan pada pengering surya aktif tipe langsung udara mengalir karena adanya *fan* atau *blower* (konveksi paksa).

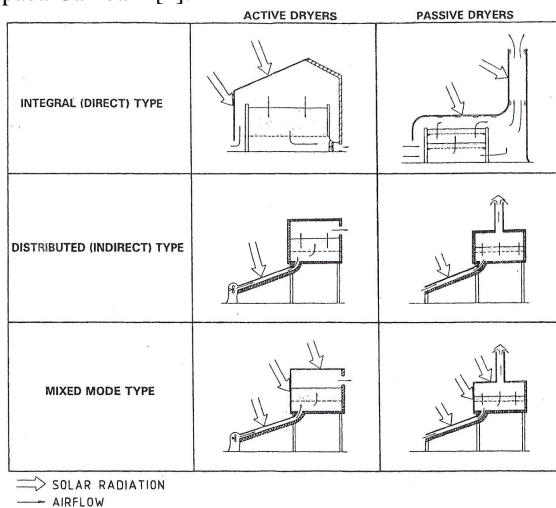
**2.2 Pengering Surya Pasif dan Aktif Tipe Tidak Langsung**

Sistem pengering tipe ini terdiri dari kolektor dan ruang pengering yang terpisah. Udara dari luar masuk diantara kaca dan *absorber*. Udara menjadi panas karena terjadi perpindahan panas antara *absorber* ke udara. Udara panas ini kemudian dialirkan ke dalam ruang pengering tempat produk berada dan dikeluarkan melalui cerobong. Udara panas yang dihasilkan di kolektor dapat dialirkan dengan dua cara yaitu konveksi bebas (pasif) dan konveksi paksa (aktif) dengan menggunakan *blower*.

**2.3 Pengering Surya Pasif dan Aktif Tipe Gabungan**

Sistem pengering tipe ini merupakan kombinasi dari tipe langsung dan tidak langsung. Prinsip kerjanya hampir sama, radiasi matahari selain digunakan untuk memanaskan udara yang berada di kolektor juga digunakan untuk memanaskan produk yang berada di ruang pengering.

Masing-masing tipe dan bentuk pengering surya yang telah disebutkan di atas dapat dilihat pada Gambar 1[2].

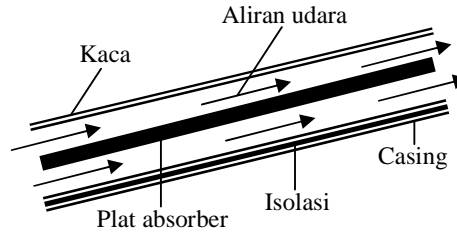


Gambar 1 Tipe-tipe pengering surya

Secara umum sebuah pengering surya terdiri atas kolektor surya yang berfungsi menyerap sinar

matahari dan ruang pengering yang merupakan tempat untuk produk yang akan dikeringkan.

Untuk mengetahui prinsip kerja dari sebuah kolektor, maka perlu diketahui terlebih dahulu bagian-bagiannya. Sebuah kolektor terdiri atas casing, kaca, absorber dan isolasi, seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2 Bagian-bagian kolektor

Besarnya radiasi yang diserap oleh kolektor surya tergantung kepada beberapa hal, yaitu [4]:

**a. Tingkat isolasi dan arah kolektor surya**

Isolasi yang baik akan menyebabkan energi surya yang diserap akan semakin besar. Panas yang keluar dari kolektor surya bervariasi sesuai dengan tingkat isolasi. Dan arah kolektor idealnya menghadap ke Utara atau ke Selatan, tergantung pada periode waktu (arah matahari).

**b. Tingkat penyerapan permukaan absorber**

Absorber merupakan bagian kolektor yang berfungsi untuk menyerap radiasi matahari. Material absorber yang baik harus memenuhi kriteria berikut, yaitu mempunyai tingkat penyerapan radiasi yang baik, emisi yang rendah, konduktifitas termal yang baik dan harus stabil pada temperatur operasi kolektor. Selain itu, absorber juga harus tahan lama, mempunyai berat yang ringan dan yang paling penting berharga murah.

**c. Tingkat transmisi material penutup**

Tingkat transmisi material penutup merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi jumlah energi surya yang dapat diserap oleh kolektor. Material penutup yang baik harus mempunyai tingkat transmisi yang tinggi untuk sinar tampak dan tingkat transmisi yang rendah untuk radiasi infra merah. Selain itu, penutup yang baik juga harus mempunyai absorptivitas panas yang rendah, stabil pada temperatur operasi, daya tahan terhadap kerusakan tinggi dan mempunyai harga yang murah.

Kaca merupakan material penutup yang sering digunakan pada kolektor surya, karena kaca memenuhi kriteria seperti yang tersebut di atas.

Ukuran tingkat *performance* kolektor disebut juga efisiensi kolektor. Efisiensi kolektor didefinisikan sebagai perbandingan antara energi panas yang digunakan untuk menaikkan temperatur udara terhadap energi radiasi yang diterima oleh kolektor dalam waktu tertentu.

Energi panas yang digunakan untuk menaikkan temperatur dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_u = \dot{m} \times C_p \times \Delta T$$

$\dot{m}$  adalah laju aliran massa yang masuk ke kolektor  
 $C_p$  merupakan panas jenis udara  
 $\Delta T$  adalah selisih antara temperatur udara masuk kolektor dengan temperatur udara keluar kolektor.

Energi radiasi yang diterima kolektor dihitung dengan persamaan:

$$Q_{radiasi} = I \times A_{kolektor}$$

$I$  adalah intensitas radiasi matahari  
 $A_{kolektor}$  merupakan luas permukaan kolektor  
 Sehingga efisiensi kolektor dapat dihitung dengan persamaan:

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_{radiasi}}$$

**3. METODOLOGI**

Pada penelitian ini, kolektor yang digunakan adalah kolektor pada pengering surya aktif tipe tidak langsung. Pengering surya ini terletak di pelataran atap Laboratorium Surya, Institut Teknologi Bandung. Pengujian dilakukan dari bulan Maret – Juni 2008.

Absorber yang digunakan pada kolektor terbuat dari plat aluminium yang dicat dengan warna hitam buram dengan daya absorsi sebesar 0,95–0,97 dan nilai emisivitas antara 0,95–0,97[4]. Dan sebagai material penutup digunakan kaca. Kolektor dibuat dengan kemiringan 15° menghadap ke arah Utara dengan luas 4 m<sup>2</sup>. Kolektor surya yang digunakan pada pengujian dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Foto kolektor surya

Instrumentasi yang digunakan untuk mengukur parameter-parameter yang diperlukan seperti temperatur, radiasi matahari dan laju aliran udara adalah termokopel, pyranometer dan anemometer. Berikut ini akan diuraikan mengenai masing-masing instrumentasi yang digunakan selama pengujian.

**a. Termokopel**

Untuk mengetahui temperatur lingkungan dan temperatur kolektor, maka digunakan termokopel sebagai alat ukur. Temperatur keluar kolektor diukur pada dua titik yang berbeda.

Termokopel adalah sensor temperatur yang dapat mengubah panas pada benda yang diukur temperaturnya menjadi perubahan tegangan listrik. Jenis termokopel yang digunakan adalah termokopel tipe T (tembaga dan konstantan). Kutub positif terbuat dari tembaga dan kutub negatif terbuat dari

konstantan. Termokopel jenis ini cocok untuk pengukuran temperatur antara –200 sampai 350 °C.

Untuk mendapatkan hasil pengukuran temperatur yang akurat, maka termokopel yang digunakan dikalibrasi terlebih dahulu. Kalibrasi dilakukan dengan cara mencelupkan termokopel ke dalam air panas. Temperatur air panas ini diukur dengan menggunakan termokopel dan termometer secara bersamaan. Jika temperatur yang ditunjukkan oleh termometer sama dengan temperatur termokopel yang terbaca di komputer, berarti termokopel berada dalam kondisi baik. Kalibrasi termokopel ini dilakukan untuk semua titik pengukuran dan diulang masing-masingnya tiga kali.

**b. Data akuisisi**

Sinyal analog dari termokopel diubah menjadi sinyal digital dengan menggunakan perangkat lunak, sehingga temperatur yang diukur dapat dibaca pada komputer. Data akuisisi yang digunakan yaitu jenis PCL-818HG yang terdiri atas 16 channel analog input.

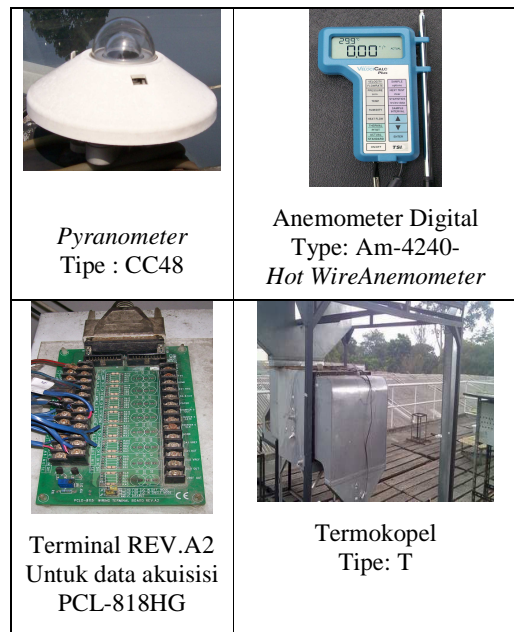
**c. Pyranometer**

Radiasi matahari diukur dengan menggunakan *pyranometer*. *Pyranometer* ini diletakkan dibagian atas kolektor surya dengan tujuan agar intensitas radiasi matahari yang diterima oleh *pyranometer* sama dengan intensitas radiasi matahari yang diterima oleh kolektor. *Pyranometer* ini mempunyai sebuah memori penyimpanan data jenis CC48 yang dihubungkan ke komputer.

**d. Anemometer digital**

Untuk mengetahui laju aliran udara pada kolektor, maka digunakan anemometer digital dengan kecermatan 0,01 m/s sebagai alat ukur.

Bentuk dan tipe alat ukur yang digunakan selama pengujian dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Bentuk dan tipe alat ukur

4. HASIL

Sebagai ilustrasi perhitungan efisiensi kolektor harian, dipilih pengujian pada tanggal 15 Mei 2008.

Intensitas radiasi matahari yang terukur oleh pyranometer adalah:

$$\begin{aligned}
 I_{total} &= \int_{09.00}^{15.00} I(t) dt \\
 &= 78681.5 \frac{W}{m^2} \\
 &= 9441780 \frac{J}{m^2} \\
 &= 9.4 MJ
 \end{aligned}$$

Energi radiasi matahari yang diterima oleh kolektor adalah:

$$\begin{aligned}
 Q_{radiasi} &= I_{total} \times A_{kolektor} \\
 &= 9441780 \frac{J}{m^2} \times 4m^2 \\
 &= 37767120 J \\
 &= 37.8 MJ
 \end{aligned}$$

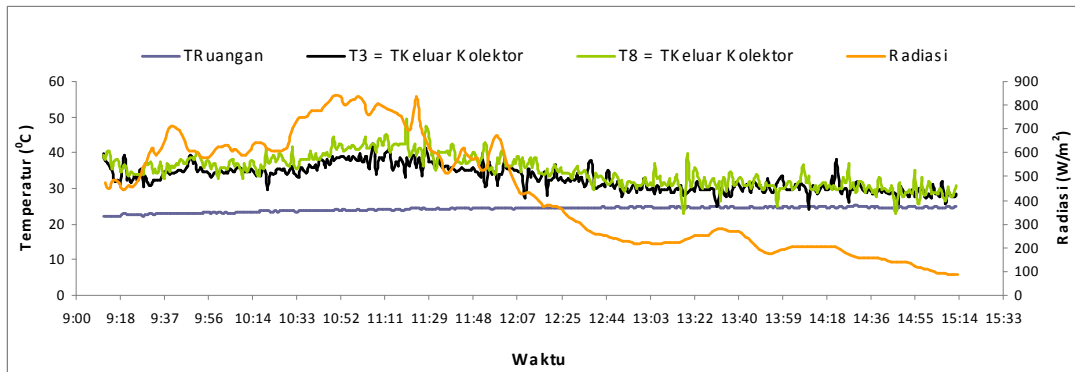
Energi yang diserap oleh udara adalah:

$$\begin{aligned}
 Q_u &= \dot{m} \times c_p \times (\bar{T}_{kk} - \bar{T}_{km}) \times t \\
 &= 0.117 \frac{kg}{s} \times 1005 \frac{J}{kg.K} \times (306.9 - 300.4)K \times 23160s \\
 &= 16649433.56 J \\
 &= 16.6 MJ
 \end{aligned}$$

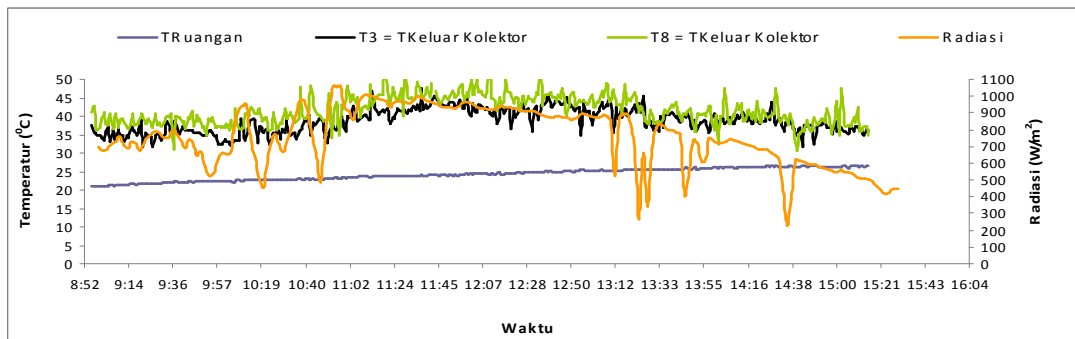
Efisiensi kolektor harian untuk pengujian tanggal 15 Mei 2008 adalah:

$$\begin{aligned}
 \eta_{kolektor} &= \frac{Q_u}{Q_{rad}} \times 100\% \\
 &= \frac{16.6 MJ}{37.8 MJ} \times 100\% \\
 &= 44,1\%
 \end{aligned}$$

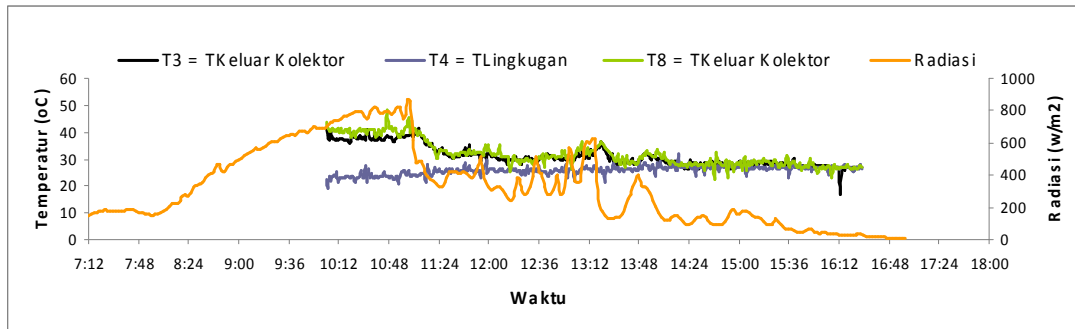
Intensitas radiasi matahari selama pengujian sangat berfluktuasi. Grafik radiasi matahari dan temperatur kolektor pada beberapa hari pengujian dapat dilihat pada gambar 5-8 dan hasil penghitungan efisiensi kolektor harian dapat dilihat pada tabel 1.



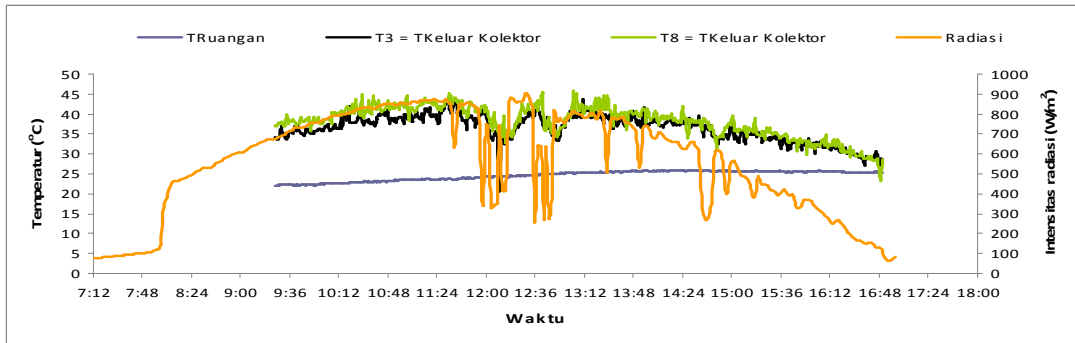
Gambar 5. Radiasi dan temperatur kolektor pada tanggal 15 Mei 2008



Gambar 6. Radiasi dan temperatur kolektor pada tanggal 16 Mei 2008



Gambar 7. Radiasi dan temperatur kolektor pada tanggal 6 Juni 2008



Gambar 8. Radiasi dan temperatur kolektor pada tanggal 7 Juni 2008

Tabel 1 Efisiensi kolektor harian

	Hari ke	$\dot{m}$ (kg/s)	Cp (J/kg.K)	T <sub>kk</sub> (°C)	T <sub>mk</sub> (°C)	t (s)	Q <sub>u</sub> (J)	Q <sub>radiasi</sub> (J)	$\eta$ kolektor (%)
Pengujian 1	1	0.136	1005	32.6	23.4	12360	15502777.5	32659200	47.47
	2	0.143	1005	27.7	21.9	22140	18524069.1	40549440	45.68
	3	0.138	1005	26.8	22	13440	8972168.3	19333920	46.41
	4	0.137	1005	30.4	20.6	16500	22276994.8	33582240	66.34
Pengujian 2	1	0.137	1005	29.3	21.8	6300	6522394.8	13131840	49.67
	2	0.137	1005	30.1	20.7	13920	17899670.4	29850720	59.96
	3	0.137	1005	30.5	21	20460	26720157.8	46179120	57.86
	4	0.136	1005	31.7	23	17640	21087848.8	36287760	58.11
	5	0.147	1005	28	22.4	12540	10220484.8	21969120	46.52
Pengujian 3	1	0.111	1005	31.1	23.1	20760	18648562.3	48538080	38.42
	2	0.111	1005	34.9	22.9	30540	40554392.5	107981400	37.56
	3	0.117	1005	31.1	20.2	7200	9208888.1	36030600	25.56
Pengujian 4	1	0.136	1005	32.9	24.8	12480	13882012.4	22341600	62.14
	2	0.136	1005	33.5	23.4	15480	21275459.7	37283040	57.06
	3	0.137	1005	32.3	23	3240	4167193.4	5962800	69.89
	4	0.137	1005	31.8	21	8820	13023016.6	20969520	62.1
Pengujian 5	1	0.134	1005	39.6	26.5	20280	35790700.4	45221760	79.14
	2	0.135	1005	36.5	27.4	22200	27298558.3	54284160	50.29
	3	0.134	1005	39	26.7	17580	29274869.7	52171680	56.11
Pengujian 6	1	0.117	1005	33.9	27.4	21720	16649433.6	37767120	44.08
	2	0.118	1005	38.1	27.8	29040	35417721	54217440	65.33
Pengujian 7	1	0.107	1005	43.7	29.2	12000	18637791.5	35069280	53.15
	2	0.106	1005	45	28.9	18120	31165509.6	48535440	64.21

	3	0.107	1005	43.9	27.7	14400	24205754.2	42952080	56.36
Penguujian 8	1	0.123	1005	31.9	25.8	23160	17478236.6	30276240	57.73
	2	0.121	1005	37.2	25.2	26880	39240423.7	67501680	58.13
	3	0.123	1005	32.7	25	16560	15719950.4	27876720	56.39

## 5 KESIMPULAN

Dari hasil pengujian diperoleh harga efisiensi harian kolektor antara 25,56% sampai dengan 79,14%. Nilai efisiensi ini sangat tergantung pada intensitas radiasi matahari yang diterima oleh kolektor.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Ekechukwu, O.V., Norton, B. (1999), Review of Solar-Energy Drying Systems I: an Overview of Drying Principle and Theory, *International Journal of Energy Conversion & Management*, **40**, 593-613.
2. Ekechukwu, O.V., Norton, B. (1999), Review of Solar-Energy Drying Systems II: an Overview of Solar Drying Technology, *International Journal of Energy Conversion & Management*, **40(1)**, 615-655.
3. Arora, C.P. (2001), *Refrigeration and Air Conditioning*, Second Edition, McGraw Hill, Singapore.
4. Ekechukwu, O.V., Norton, B. (1999), Review of Solar-Energy Drying Systems III: Low Temperature Air-Heating Solar Collectors for Crop Drying Applications, *International Journal of Energy Conversion & Management*, **40**, 657-667.