



## RANCANG BANGUN DAN KAJI EKSPERIMENTAL UNJUK KERJA PENGERING SURYA TERINTEGRASI DENGAN TUNGKU BIOMASSA UNTUK MENGERINGKAN HASIL-HASIL PERTANIAN

**Muhammad Yahya**

Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Padang

Email: [yahya\\_err@yahoo.com](mailto:yahya_err@yahoo.com)

Submitted: 23-07-2015, Reviewed: 23 -07- 2015, Accepted 23-07-2015

<http://dx.doi.org/10.22216/jit.2015.v9i1.24>

### **Abstract**

*A solar dryer integrated biomass burner has been designed, fabricated and evaluated. The main components of the system are double-pass solar collector with finned absorber, biomass burner, drying chamber and blower. The objective of this study is to evaluate the performance of drying system for drying of *Curcuma xanthorrhiza*. The performance is indicated by specific moisture removal rate (SMER), thermal efficiency, solar fraction and biomass fraction. The results found that the averages of specific moisture removal rate ( SMER), thermal efficiency, solar fraction and biomass fraction for drying *Curcuma xanthorrhiza* from initial moisture content of 80% (wet basis) to final moisture content of 7,5% (wet basis) over drying time of about 9.5 hours at an air mass flow rate is 0.0737 kg/s, average solar radiation of about 871.4Watt/m<sup>2</sup> and average air temperature of 60.8oC was found 0.40 kg/kWh, 26.14%, 0.47 and 0.19, respectively. The dryer is suitable for preservation of *Curcuma* and other agricultural products because of high performance.*

**Keywords:** Drying, *curcuma xanthorrhiza* , solar collector, biomass burner, performance

### **Abstrak**

*Sebuah alat pengering surya terintegrasi dengan tungku biomassa telah dirancang, dibangun dan dievaluasi. Komponen utama dari sistem adalah kolektor surya dua laluan dengan plat penyerap bersirip, tungku biomassa, ruang pengering dan blower. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi unjuk kerja sistem pengering untuk mengeringkan temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*). Untuk kerja dinyatakan dengan laju penguapan air spesifik (SMER), efisiensi termal, fraksi surya dan fraksi biomassa. Hasil penelitian mendapatkan bahwa rata-rata laju penguapan air spesifik (SMER), efisiensi termal, fraksi surya dan fraksi biomassa untuk pengeringan temulawak dari kadar air awal 80% (basis basah) kepada kadar air akhir 7,5% (basis basah) atas waktu pengeringan selama 9,5 jam pada laju aliran massa 0.0737 kg/s, sinaran matahari rata-rata 871.4Watt/m<sup>2</sup> dan temperatur udara rata-rata sebesar 60.8oC didapatkan masing-masing 0.40 kg/kWh, 26.14%, 0.47 and 0.19. Pengering sesuai untuk mengeringkan temulawak dan hasil pertanian lainnya karena unjuk kerja tinggi.*

**Kata kunci:** Pengeringan, temulawak, kolektor surya, tungku biomassa, unjuk kerja.



## PENDAHULUAN

Di Indonesia, beberapa tahun terakhir ini bahan bakar minyak (BBM) merupakan persoalan yang krusial. Peningkatan permintaan bahan bakar minyak disebabkan oleh meningkatnya jumlah penduduk, teknologi dan menipisnya sumber cadangan minyak bumi serta permasalahan lingkungan dari pembakaran bahan bakar fosil. Di samping itu harga bahan bakar minyak juga meningkat hal ini disebabkan meningkatnya harga minyak mentah dunia dan rendah nilai tukar rupiah terhadap dolar Amerika. Meningkatnya harga bahan bakar minyak memberi dampak kepada ekonomi masyarakat karena harga barang-barang juga meningkat. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan sumber energi alternatif. Sumber energi alternatif yang banyak tersedia diantaranya energi matahari dan energi biomassa.

Energi matahari sangat memungkinkan sebagai sumber energi alternatif karena ketersediaan yang melimpah, gratis, ramah lingkungan, dan dapat diperbarui. Energi matahari dapat digunakan sebagai sumber energi pada proses pengeringan (pengering surya) dengan menggunakan kolektor surya sebagai penangkap energi, namun proses pengeringan tidak dapat berlangsung secara terus menerus karena sinaran matahari berfluktuasi atau cuaca mendung, hujan dan malam hari.

Proses pengeringan dengan menggunakan energi matahari (pengering surya) dapat dilakukan secara terus menerus jika dikombinasikan dengan sumber energi yang lain. Namun masih banyak peneliti mengkombinasikan pengering surya dengan sumber energi fosil seperti LPG dan pemanas listrik (PLN).

Othman et al. [1] telah mendesain, membuat dan menguji alat pengering surya yang dikombinasikan dengan pemanas listrik (heater) sebagai pemanas udara pengeringan untuk mengeringkan hasil pertanian (teh hijau). Dari hasil penelitian beliau mendapati proses pengeringan berlangsung cepat dan dapat dilakukan terus menerus, teh hijau dikeringkan sebanyak 10,03kg dengan kadar air awal 87% (basis basah) hingga berat bahan 2,86 kg dengan kadar air 54% pada temperatur 50oC dan kapasitas aliran udara 15,1 m<sup>3</sup>/min diperlukan waktu 9 jam. Total energi yang dibutuhkan sebanyak 60,2 kWh, kontribusi energi surya dan energi listrik untuk memanaskan udara (heater), masing-masing adalah: 42,6kWh dan 17,6kWh.

Sarsavadia [2] mengembangkan alat pengering surya dengan bantuan pemanas listrik untuk mengeringkan irisan bawah putih. Energi yang diperlukan untuk menurunkan kadar air awal 86% (basis basah) hingga 7% (basis basah) sebanyak 23,548 MJ/kg air. Persentase kontribusi energi surya dan pemanas udara masing-masing adalah: 24% dan 40,2%.

Kombinasi pengering surya dengan energi biomassa juga sudah dibuat dan diuji oleh peneliti tetapi informasinya masih sedikit. Surachman et al. [3] mengembangkan pengering lorong hibrid energi surya-biomassa terpadu. Beliau mendapati kombinasi energi surya dan tungku biomassa (energi biomassa) pada intensitas matahari rendah mampu meningkatkan temperatur udara pengering 8oC diatas temperatur lingkungan.

Temulawak adalah salah satu hasil pertanian di Indonesia dan merupakan tanaman berkhasiat obat. Rimpang temulawak mengandung zat-zat yang dapat



digunakan untuk mengobati penyakit lever yaitu memperbaiki fungsi hati dan menurunkan kadar SGPT dan SGOT [4], meningkatkan sistem imunitas tubuh, anti bakteri, anti diabetik, dan anti oksidan [5]. Temu lawak (rimpang) setelah dipanen memiliki sifat mudah rusak (perishable). Sifat mudah rusak ini dipengaruhi oleh kadar air dalam rimpang temu lawak cukup tinggi sekitar 80% basis basah [6], dan agar dapat disimpan dalam jangka waktu lama sebelum dipasarkan atau sebelum diolah temulawak harus dikeringkan.

Tujuan penelitian ini adalah merancang, membuat dan menguji unjuk kerja alat pengering surya terintegrasi dengan tungku biomassa untuk mengeringkan temulawak.

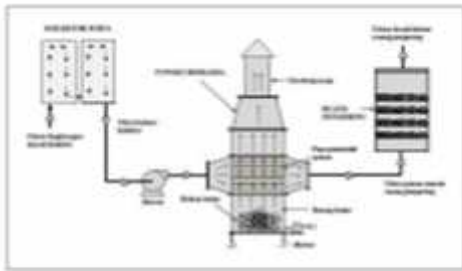
#### METODE PENELITIAN

a. Deskripsi alat pengering surya terintegrasi dengan tungku biomassa  
Pengering surya terintegrasi dengan tungku biomassa terdiri dari beberapa komponen utama yaitu: kolektor surya, tungku biomassa, ruang pengering dan blower, seperti yang ditunjukkan pada Gambar (1-2). Kolektor surya terdiri dari beberapa bagian utama yaitu: penutup transparan menggunakan bahan kaca, plat penyerap bersirip menggunakan bahan aluminium dan dicat hitam buram, kerangka menggunakan bahan besi siku, bagian dalam dan luar kolektor dilapisi dengan aluminium tebal 1mm, dan isolasi menggunakan bahan serabut kaca. Dua kolektor surya dihubungkan secara seri dengan luas masing-masing 1,8 m<sup>2</sup>. Jenis aliran fluida pada kolektor surya adalah dua pass. Dimensi kolektor surya dapat dilihat pada Gambar (3). Tungku biomassa terdiri dari beberapa komponen utama yaitu: ruang

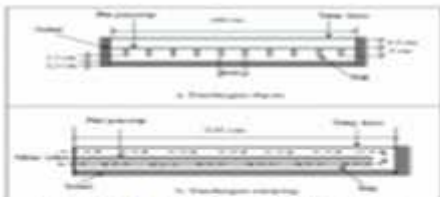
pembakaran, penukar panas (pipa-pipa pemindah panas), cerobong asap dan blower. Ruang pembakaran dibuat dari susunan batu bata dan diplaster (semen) pada bagian dalamnya, sedangkan pada bagian luarnya ditutupi/dilapisi dengan plat besi tebal 3mm. Dimesi ruang pembakaran adalah 70cm x75 cm x 75cm (panjang, lebar, tinggi). Penukar panas dibuat dari susunan pipa-pipa pemindah panas, dan bahan pipa pemindah panas adalah besi ST 37 dengan diameter 2 inchi. Jumlah pipa pemindah panas adalah 18 buah dengan panjang 70 cm. Blower yang digunakan mempunyai daya 250 watt, dimensi tungku biomassa dapat dilihat pada Gambar (4). Ruang pengering (drying chamber) terdiri dari ruang pengering, rak pengering bahan dan sistem ventilasi. Ruang pengering dibuat dari bahan stainless steel sebagai rangkanya dan plat alumunium sebagai dindingnya. Semua dinding chamber diisolasi dengan serabut kaca sehingga panas yang hilang dapat diminimalisir. Pada bagian luar isolator ditutup dengan plat alumunium sehingga bentuk dan tampilan chamber menjadi bersih dan rapi. Dimensi ruang pengering dapat dilihat pada Gambar 5.



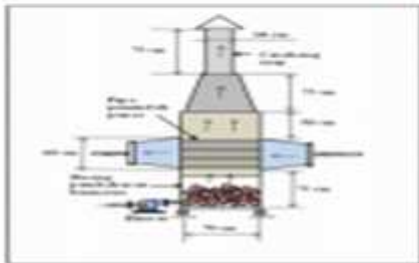
Gambar 1. Photo Pengering surya terintegrasi dengan tungku biomassa.



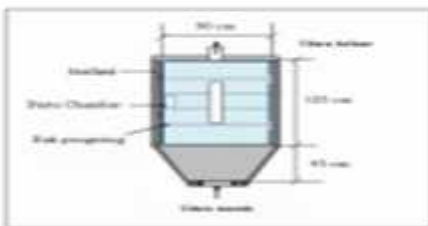
Gambar 2. Skematik diagram Pengering surya terintegrasi dengan tungku biomassa.



Gambar 3. Dimensi kolektor surya.



Gambar 4. Dimensi Tungku biomassa.



Gambar 5. Dimensi ruang pengering.

- b. Tempat dan prosedur pengujian Penelitian dilakukan di Institut Teknologi Padang, Sumatera Barat. Temulawak dibeli di Pasar Raya Padang, dibersihkan dan dipotong tipis kemudian sebanyak 30,7 kg dimasukkan ke dalam ruang pengering untuk proses pengeringan. Penelitian

dimulai dari jam 9:00 sampai jam 16:00. Bahan bakar digunakan arang tempurung kelapa. Temperatur udara masuk dan keluar kolektor surya, tungku biomassa dan ruang pengering diukur menggunakan termokopel, intensitas matahari diukur menggunakan pyranometer, kecepatan aliran udara diukur menggunakan flowmeter. Perubahan berat bahan diukur menggunakan timbangan. Bahan ditimbang dan temperatur diukur setiap 30 menit.

- c. Analisa kadar air Kadar air menunjukkan banyaknya kandungan air persatuan bobot bahan [3]. Kadar air temulawak dianalisa menggunakan metode gravimetri. Sampel dikeringkan dengan oven pada temperatur 105oC sampai tidak terjadi perubahan berat. Kadar air ditentukan dengan menggunakan kadar air basis basah yaitu merupakan perbandingan massa air di dalam bahan dengan massa bahan basah seperti berikut:

$$M_c = \frac{W_w}{W_w + W_s} \quad (1)$$

dengan:

$$M_c = \text{Kadar air basis basah (\%)} \\ W_s = \text{Massa padatan (kg)} \\ W_w = \text{Massa air (kg)}$$

- d. Analisa energi berguna kolektor surya Energi berguna merupakan energi panas yang dapat digunakan dari kolektor surya untuk proses pengeringan, dan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan seperti berikut [7]:



dengan,

$$Q_s = m_s C_{ps} (T_{sa} - T_{sb}) \quad \dots (9)$$

$$Q_{sa} = m_{sa} C_{psa} (T_{sa} - T_{sa}) \quad \dots (10)$$

$$Q_{sa} = m_{sa} H_g \quad \dots (11)$$

di mana,

$C_{ps}$  : Panas jenis air dalam temulawak (kJ/kgK)

$C_{ps}$  : Panas spesifik padatan temulawak (kJ/kgK)

$H_g$  : Panas laten penguapan (kJ/kg)

$m_s$  : Massa padatan/temulawak kering (tanpa kandungan air) (kg)

$T_{sa}$  : Temperatur awal air dalam temulawak (°C)

$T_{sb}$  : Temperatur akhir air dalam temulawak (°C)

$T_s$  : Temperatur awal temulawak (°C)

$T_{sb}$  : Temperatur akhir temulawak (°C)

#### b. Analisa fraksi energi surya dan energi biomassa pada sistem pengering

Fraksi energi surya merupakan perbandingan antara energi yang dapat digunakan dari kolektor surya terhadap terhadap beban, sedangkan fraksi energi biomassa merupakan perbandingan antara energi yang dapat digunakan pada tungku biomassa dengan beban, masing-masing fraksi dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut [7]:

$$Fr_s = \frac{Q_{s_{kol}}}{Q_{s_{kol}} + Q_{s_{tb}} + W_s} \quad \dots (12)$$

$$Fr_{sb} = \frac{Q_{s_{tb}}}{Q_{s_{kol}} + Q_{s_{tb}} + W_s} \quad \dots (13)$$

dengan,

$$\dot{Q}_{s_{tb}} = \dot{m}_s C_p (T_{sa} - T_{sb}) \quad \dots (14)$$

dimana  $\dot{Q}_{s_{tb}}$ ,  $T_{sa}$  dan  $T_{sb}$ , masing-masing adalah energi berguna tungku biomassa, temperatur masuk tungku

biomassa dan temperatur udara keluar tungku biomassa.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian terhadap unjuk kerja sebuah pengering surya terintegrasi dengan tungku biomassa untuk mengeringkan temulawak telah dilakukan dengan kapasitas pengeringan 30,7 kg dan laju aliran massa udara 0,064 kg/s. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 6 sampai 17.

Gambar 6 merupakan hubungan temperatur dan kelembapan relatif lingkungan terhadap waktu, pada Gambar 6 tersebut terlihat cuaca cukup baik dimana temperatur udara lingkungan dicatat dalam rentang 31,6°C-35,1°C, dan Kelembapan relatif udara dalam rentang 54,6%-60,1%. Kelembapan relatif udara dipengaruhi oleh temperatur udara, makin tinggi temperatur makin rendah kelembapan relatif udara dan begitu juga sebaliknya.

Hubungan intensitas matahari, temperatur udara masuk dan keluar kolektor terhadap waktu ditunjukkan pada Gambar 7. Intensitas matahari terlihat pada Gambar tersebut bervariasi, intensitas matahari tertinggi terjadi pada pukul 12:00 pada hari ke dua sekitar 993,8 W/m<sup>2</sup>, dan terendah terjadi pada pukul 10:00 pada hari pertama sekitar 610,8 W/m<sup>2</sup>, dan intensitas matahari rata-rata diperoleh sekitar 795 W/m<sup>2</sup>. Temperatur udara maksimum, minimum, dan rata-rata masuk kolektor, masing-masing diperoleh: 38,9°C, 34,8°C, dan 37,2°C. Temperatur udara maksimum, minimum, dan rata-rata keluar kolektor, masing-masing diperoleh: 57,9°C, 46,0°C, dan 52,5°C. Temperatur udara keluar kolektor sangat bergantung kepada intensitas matahari, makin tinggi intensitas matahari makin tinggi temperatur udara keluar kolektor, hal ini disebabkan energi matahari lebih banyak diserap oleh plat penyerap kolektor surya



$$\dot{Q}_{t, \text{ kolektor}} = \dot{m}_u C_p (T_{\text{mas}} - T_{\text{kel}}) \quad \dots(2)$$

dimana:

- $C_p$  : panas jenis udara (kJ/kgK)
- $\dot{m}_u$  : laju aliran massa udara pada kolektor (kg/s)
- $\dot{Q}_{t, \text{ kolektor}}$ : Energi berguna kolektor surya (W)
- $T_{\text{mas}}$  : suhu udara masuk kolektor ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $T_{\text{kel}}$  : suhu udara keluar kolektor ( $^{\circ}\text{C}$ )

**e. Analisa efisiensi kolektor surya**

Efisiensi kolektor surya merupakan perbandingan antara energi yang dapat digunakan dengan energi yang diterima dan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [7]:

$$\eta_c = \frac{Q_{\text{berguna}}}{A_c I_T} \quad \dots(3)$$

di mana:

- $A_c$  : Luas Kolektor ( $\text{m}^2$ )
- $I_T$  : Intensitas Radiasi Matahari ( $\text{W}/\text{m}^2$ )
- $Q_{\text{berguna}}$  : Energi berguna kolektor (W)
- $\eta_c$  : Efisiensi Kolektor (%)

**f. Analisa laju penguapan air spesifik (SMER)**

Laju penguapan air spesifik (Specific Moisture Removal Rate, SMER) didefinisikan sebagai perbandingan air yang disingkirkan dari bahan dalam kg/jam dengan input energi dalam kW dan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan seperti berikut [8]:

$$\text{SMER} = \frac{\dot{m}_{\text{air}}}{E_{\text{input}}} \quad \dots(4)$$

dengan,

$$E_{\text{input}} = I_T A_c + W_{\text{el}} + E_{\text{bakar}} \quad \dots(5)$$

$$W_{\text{el}} = IV \cos \phi \quad \dots(6)$$

dan,

$$E_{\text{bakar}} = m_{\text{bakar}} N_{\text{bakar}} \quad \dots(7)$$

di mana:

- $A_c$  : Luas kolektor surya ( $\text{m}^2$ )
- $E_{\text{bakar}}$  : Energi bahan bakar (kW)
- $E_{\text{input}}$  : Total energi yang diperlukan sistem untuk proses pengeringan (kW)
- $I$  : Arus listrik (Amp)
- $I_T$  : Intensitas matahari ( $\text{W}/\text{m}^2$ )
- $m_{\text{air}}$  : Massa air bahan (kg)
- $m_{\text{bakar}}$  : Massa bahan bakar (kg)
- $N_{\text{bakar}}$  : Nilai bakar bahan bakar (kJ/kg)
- $V$  : Tegangan (Volt)
- SMER : Laju penguapan air spesifik ( $\text{kg}/\text{kWh}$ )
- $W_{\text{el}}$  : Daya listrik yang dikonsumsi oleh motor blower (kW)
- $\cos \phi$  : Faktor daya

**g. Analisa efisiensi termal pengering**

Efisiensi termal alat pengering merupakan perbandingan antara energi yang digunakan untuk proses pengeringan terhadap energi yang masuk ke dalam sistem pengering. Untuk menghitung efisiensi termal alat pengering tersebut digunakan persamaan sebagai berikut [9]:

$$\eta_{\text{termal}} = \frac{Q_{\text{air}} + Q_{\text{uap}} + Q_{\text{padatan}}}{E_{\text{input}}} \quad \dots(8)$$

di mana,

- $\eta_{\text{termal}}$  : Efisiensi alat pengering (%)
- $Q_{\text{air}}$  : Energi pemanasan air yang dikandung temulawak (kJ)
- $Q_{\text{uap}}$  : Energi penguapan air yang dikandung temulawak (kJ)
- $Q_{\text{p}}$  : Energi pemanasan padatan temulawak (kJ)



dan kemudian dibawa oleh udara yang melewati plat penyerap.

Gambar 8 merupakan hubungan intensitas matahari dan energi berguna yang dihasilkan kolektor terhadap waktu. Energi berguna yang dihasilkan kolektor surya juga bergantung kepada intensitas matahari, makin tinggi intensitas matahari, makin tinggi energi berguna yang dihasilkan kolektor surya. Total energi berguna yang dihasilkan kolektor selama 9,5 jam sebanyak 34098,9 watt.

Variasi intensitas matahari dan efisiensi kolektor terhadap waktu ditunjukkan pada Gambar 9. Efisiensi maksimum, minimum dan rata-rata yang dapat dicapai kolektor surya, masing-masing 64,73%, 47,41%, dan 54,41%.

Gambar 10 merupakan hubungan antara temperatur udara masuk dan keluar tungku biomassa terhadap waktu. Temperatur udara masuk tungku biomassa dalam reng 47,0oC-58,1oC. Temperatur udara keluar dapat dicapai masing-masing temperatur maksimum sekitar 67,6oC, minimum sekitar 60,8oC, dan temperatur rata-rata sekitar 63,4oC

Gambar 11 merupakan hubungan antara energi berguna yang dihasilkan tungku biomassa terhadap waktu. Total energi biomassa yang dapat digunakan dalam proses pengeringan sebanyak 16544,3 watt.

Hubungan temperatur dan kelembapan relatif udara masuk ruang pengering terhadap waktu ditampilkan pada Gambar 12. Temperatur dan kelembapan relatif udara sangat menentukan laju pengeringan. Makin tinggi temperatur udara makin rendah kelembapan relatif udara makin besar laju perpindahan panas dan perpindahan massa sehingga makin banyak air yang diuapkan dari permukaan bahan. Temperatur udara pengering maksimum, minimum dan rata-

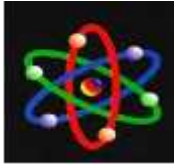
rata diperoleh masing-masing: 64,7oC, 57,3oC, dan 60,8oC. Kelembapan relatif udara maksimum, minimum dan rata-rata cukup rendah, masing-masing diperoleh: 19,1%, 13,1%, dan 16,4%.

Gambar 13 dan 14 merupakan hubungan penurunan berat dan kadar air bahan dengan waktu. Dari Gambar tersebut terlihat bahwa garis penurunan berat dan kadar air bahan semakin lama semakin landai, hal ini disebabkan karena jumlah air di dalam bahan semakin sedikit dan juga pada bahan sudah terjadi pengecilan volume atau perubahan bentuk sehingga mengakibatkan rintangan air ke luar dari dalam bahan ke permukaan semakin meningkat. Waktu yang diperlukan untuk menurunkan berat temulawak dari 30,7kg kepada berat akhir 8,4 kg atau penurunan kadar air awal temulawak dari 80% kepada kadar air akhir bahan 7,5% cukup dibutuhkan waktu 9,5 jam.

Hubungan antara SMER terhadap waktu ditunjukkan pada Gambar 15. Dari Gambar 15 tersebut dapat dilihat bahwa SMER cenderung merosot terhadap waktu, hal ini disebabkan laju penguapan air bahan selalu menurun. SMER maksimum dan rata-rata yang dapat dicapai, masing-masing sebanyak 0,80 kg/kWh dan 0,4 kg/kWh.

Gambar 16 merupakan hubungan antara efisiensi termal terhadap waktu. Dari Gambar tersebut juga terlihat bahwa efisiensi termal alat pengering selalu menurun, hal ini disebabkan karena jumlah air yang dikeluarkan dari dalam bahan juga menurun sedangkan energi yang masuk ke dalam sistem bisa dikatakan tidak menurun atau tetap. Efisiensi termal maksimum dan rata-rata alat pengering diperoleh masing-masing sebanyak 52,6% dan 26,3%.

Variasi Intensitas matahari, fraksi energi matahari dan energi biomassa terhadap

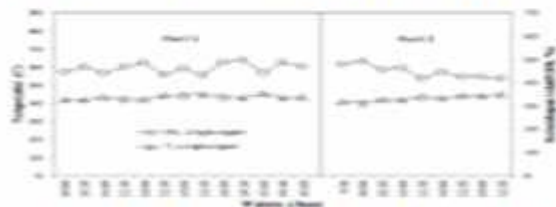


waktu ditunjukkan pada Gambar 17. Dari Gambar tersebut dapat dilihat bahwa fraksi surya sangat bergantung kepada intensitas matahari, makin tinggi intensitas matahari makin tinggi fraksi surya begitu juga sebaliknya. Dan juga dapat dilihat bahwa fraksi surya lebih

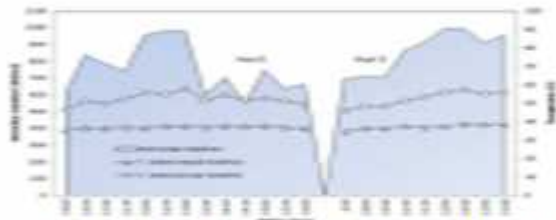
besar dari fraksi energi biomassa, hal ini disebabkan karena temperatur udara yang

keluar dari kolektor cukup tinggi dan tidak memerlukan energi terlalu banyak untuk meningkatkan temperatur pada tungku biomassa. Fraksi energi surya maksimum dan rata-rata yang dapat dicapai masing-masing: 0,60 dan 0,47. Sedangkan fraksi energi biomassa maksimum dan rata-rata yang dapat dicapai masing-masing: 0,39 dan 0,19.

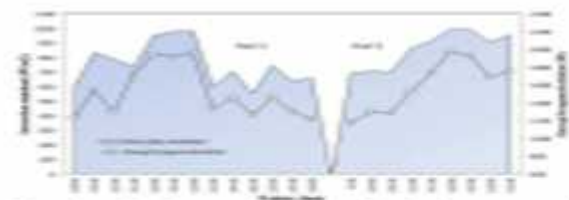
besar dari fraksi energi biomassa, hal ini disebabkan karena temperatur udara yang keluar dari kolektor cukup tinggi dan tidak memerlukan energi terlalu banyak untuk meningkatkan temperatur pada tungku biomassa. Fraksi energi surya maksimum dan rata-rata yang dapat dicapai masing-masing: 0,60 dan 0,47. Sedangkan fraksi energi biomassa maksimum dan rata-rata yang dapat dicapai masing-masing: 0,39 dan 0,19.



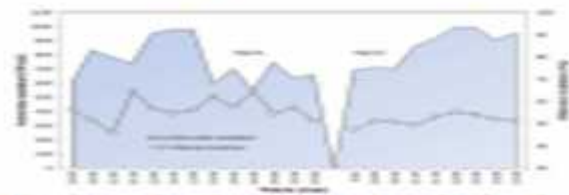
Gambar 6. Temperatur dan kelembapan relatif lingkungan terhadap waktu.



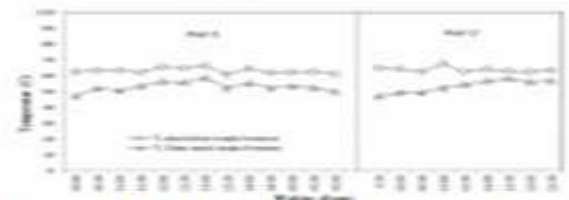
Gambar 7. Intensitas matahari dan Temperatur udara masuk dan keluar kolektor terhadap waktu.



Gambar 8. Intensitas matahari dan energi berguna kolektor terhadap waktu.

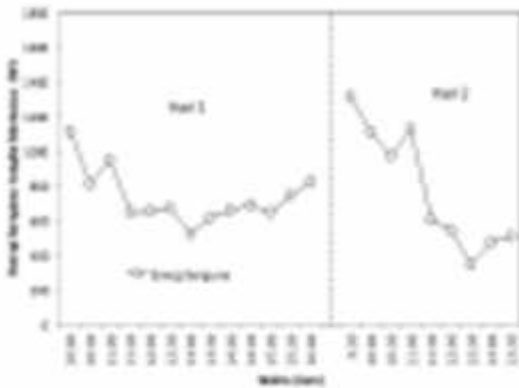
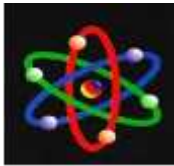


Gambar 9. Intensitas matahari dan efisiensi kolektor terhadap waktu.

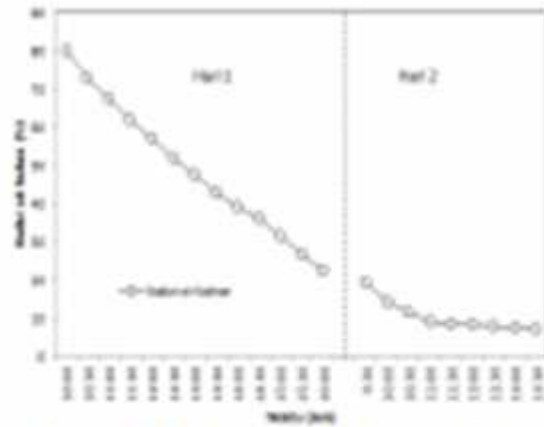


Gambar 10. Temperatur udara masuk dan keluar tungku biomassa terhadap waktu.

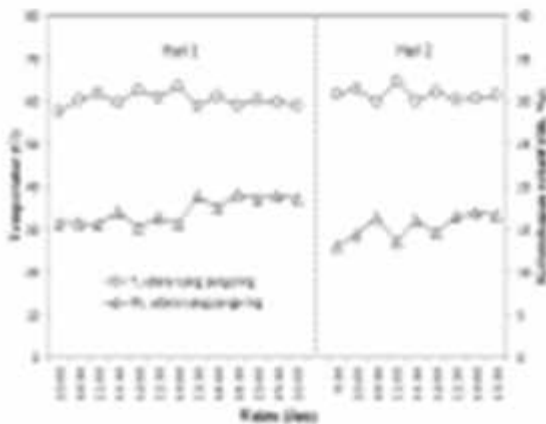




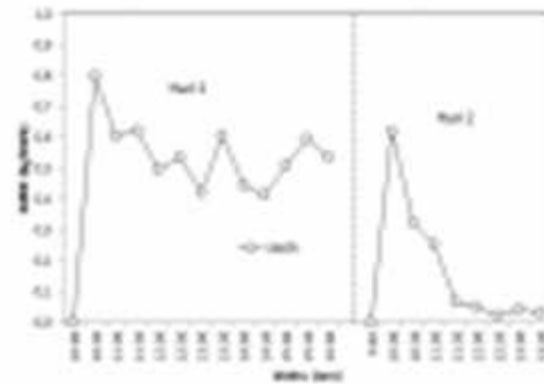
Gambar 11. Energi berguna tungku biomassa terhadap waktu.



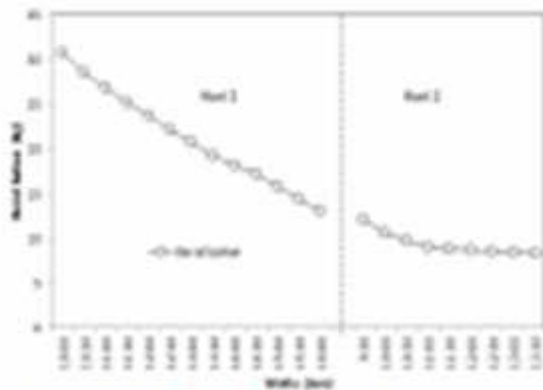
Gambar 14. Kadar air bahan terhadap waktu



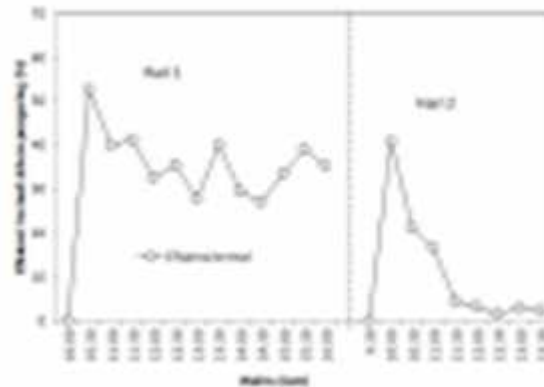
Gambar 12. Temperatur dan kelembapan relatif udara masing ruang pengering terhadap waktu.



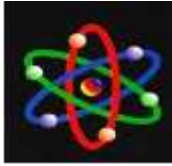
Gambar 15. SMER terhadap waktu



Gambar 13. Berat bahan terhadap waktu.



Gambar 16. Efisiensi termal alat pengering terhadap waktu



Gambar 17. Intensitas matahari, fraksi energi matahari dan energi biomassa terhadap waktu

#### SIMPULAN

Alat pengering surya terintegrasi dengan tungku biomassa dapat mengeringkan bahan dengan cepat, mempunyai nilai SMER dan efisiensi termal cukup tinggi, dan juga proses pengeringan dapat dilakukan secara terus menerus dengan bantuan energi biomassa. Dapat diaplikasikan dan diterapkan oleh petani untuk mengeringkan hasil-hasil pertanian.

#### REFERENSI

- [1] Othman, M.Y.A., Sopian, K., Yatim, B and Daud, W.R.W. 2006. Development of advanced solar assisted drying system. *Jurnal of Renewable Energy*, Vol 31:703-709.
- [2] Saraswadia, P.N. 2007. Development of a solar-assisted dryer and evaluation of energy requirement for the drying of onion. *Jurnal of Renewable Energy*, Vol 32:2529-2547.

- [3] Surachman, H., Fachrudin, D., Satopo, dan Sumarsono, M. 2008. Pengembangan dan pengujian kinerja termal pengering lorong hibrid energi surya-biomassa terpadu. *J. Sains dan Teknologi Indonesia* 10:3(2008) 157-164.
- [4] Endang Hadipoentyanti dan Siti Fatimah Syahid. 2007. Respon temulawak (*Carcuma xanthorrhiza* Roxb) hasil rimpang kultur jaringan generasi kedua terhadap pemupukan. *Jurnal Limri*. 13:3,106.
- [5] Purnomowati, S dan Yoganingrum, A.1997. Temulawak (*Carcuma xanthorrhiza* Roxb). Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, LIPI, Jakarta. 44p.
- [6] Yusnira. 2005. Pemilihan metoda pemisahan untuk menentukan kadar kurkuminoid pada rimpang temulawak dan korelasinya dengan pola spektrum Ftin. *Thesis master*, Institut PertanianBogor (IPB).
- [7] Duffie, J.A. & Beckman, W.A. 1991. *Solar Engineering of Thermal Process*. New York: John Willey & Sons, Inc.
- [8] Chegini, G., Khayaei, J., Rostami, H.A, & Sanjari. 2007. Designing of a heat pump dryer for drying of plum. *Jurnal of Research and Application in Agricultural Engineering*, vol. 52 (2):63-65.
- [9] Yahya, M. 2013 Uji kinerja alat pengering lorong berbantuan pompa kalor untuk mengeringkan biji kakao. *Jurnal Teknik Mesin Institut Teknologi Padang*. 3:1 (2013) 14-19.