

## MODIFIKASI DAN UJI PERFORMANSI ALAT PENGERING *HYBRID* (SURYA-BIOMASSA) TIPE RAK

*Modification and Test Performance of Rack Type Hybrid (Solar-Biomass) Dryer*

Erni Martiani<sup>1</sup>, Murad<sup>2,\*</sup>, Guyup Mahardhian Dwi Putra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri,  
Universitas Mataram  
Email\*): muradfatepa@gmail.com

Diterima: 12 Januari 2017

Disetujui: 20 Februari 2017

### ABSTRACT

*This study aimed to modify biomass furnaces source of heat energy from the combustion of biomass, study thermal energy generated from combination of solar and biomass energy, and determine efficiency of furnaces and efficiency of total system of a rack type hybrid (solar-biomass) dryer. Method used in this research was experimental method. Used fuel was coconut shell charcoal and used tools include iron plate, blower, pipe, grinding and welding tools, thermometer, anemometer, lux meter, data logger and analytical balance. Observed parameters were temperature, air humidity, sun radiation, velocity and flow rate of hot air towards the drying chamber, drying period, energy loss and energy produced inside the furnace. Modification made by adding drawer shaped biomass furnace with 0.65 m length, 0.65 m wide and 0.25 m height. The furnace was equipped with a chimney and blower. Results from the test performance showed that this tool yield total heat loss of 18,173.15 KJ at the upright furnace wall. Whereas heat loss at furnace floor was 4380.899 KJ. Energy consumption was 151,602.064 for solar energy and 48,399.4 KJ for biomass energy, with total drying energy generated by solar energy and biomass i.e. 200,001 KJ. Efficiency value of the drying system was 19% with 30% furnace efficiency.*

**Keywords:** Hybrid dryer, heat loss, biomass furnaces

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi tungku biomassa sebagai tempat sumber energi panas dari pembakaran biomassa, mempelajari energi panas yang dihasilkan oleh kombinasi energi surya dan energi biomassa, dan mengetahui efisiensi tungku dan efisiensi total sistem pada alat pengering *hybrid* (surya-biomassa) tipe rak. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimental. Bahan bakar yang digunakan yaitu arang tempurung kelapa dan alat yang digunakan antara lain plat besi, *blower*, pipa, gerinda, las, *thermometer*, anemometer, lux meter, *data logger*, dan timbangan analitik. Parameter yang diamati terdiri dari suhu, kelembaban udara, radiasi matahari, kecepatan aliran udara panas menuju ruang pengering, debit aliran udara menuju ruang pengering, lama waktu pengeringan, kehilangan energi pada tungku dan energi yang dihasilkan. Modifikasi yang dilakukan adalah menambahkan tungku biomassa yang berbentuk seperti laci dengan ukuran panjang 0,65 m, lebar 0,65 m dan tinggi 0,25 m. Tungku ini dilengkapi dengan cerobong asap dan *blower*. Hasil pengujian alat ini diperoleh total kehilangan panas pada dinding tegak tungku 18.173,15 KJ, sedangkan kehilangan panas pada lantai tungku 4.380,899 KJ. Konsumsi penggunaan energi, yaitu energi surya 151.602,064 KJ dan energi biomassa 48.399,4 KJ dengan total energi pengeringan yang dihasilkan oleh energi surya dan biomassa sebesar 200.001 KJ. Nilai efisiensi sistem pengeringan yang dihasilkan yaitu 19% dengan efisiensi tungku 30%.

**Kata kunci:** alat pengering *Hybrid*, kehilangan panas, tungku biomassa

## PENDAHULUAN

Pengeringan merupakan proses penurunan kadar air bahan dengan menggunakan energi panas. Proses pengeringan yang umumnya dilakukan oleh masyarakat untuk mengeringkan bahan hasil pertanian adalah menggunakan sinar matahari langsung (penjemuran). Proses penjemuran ini memiliki banyak kekurangan seperti proses pengeringan bergantung pada cuaca, bahan yang dikeringkan mudah terkontaminasi debu dan kotoran, membutuhkan tempat pengeringan yang luas, dan banyak hasil pengeringan yang tercecer. Untuk itu perlu dilakukan pengeringan buatan yang merupakan pengeringan menggunakan teknologi berupa alat mekanis. Pengeringan buatan ini tidak hanya menggunakan sinar matahari sebagai sumber panas untuk mengeringkan bahan tetapi dapat juga dikombinasikan dengan energi listrik, Bahan Bakar Minyak (BBM), biomassa dan gas.

Dalam penelitian ini alat yang digunakan yaitu alat pengering *hybrid* tipe rak, alat ini menggunakan sumber panas dari kolektor surya dan penambahan sumber panas dari *heater* listrik. Namun penggunaan *heater* listrik memiliki kelemahan seperti saat ini sering terjadi pemadaman listrik bergilir dan penggunaan listrik terbilang mahal. Menurut Basunia dan Abe (2001), penggunaan energi terbarukan saat ini lebih diutamakan karena kebanyakan sumber energi tak terbarukan berpengaruh buruk pada lingkungan. Pada beberapa kasus, penggunaan energi tak terbarukan lebih mahal, oleh karena itu perlu dikembangkan pengering *hybrid* dengan input kombinasi energi matahari dan biomassa. Menurut Prasad, *et al.* (2006), energi matahari merupakan salah satu energi alternatif dengan pemanfaatan yang tinggi disebabkan ketersediaannya di daerah tropis tak terbatas. Mukaminega (2008) mengatakan penggunaan energi biomassa (kayu, briket, dan lain-lain) merupakan sumber energi yang cocok untuk pengeringan karena mudah didapatkan dan relatif lebih murah.

Berdasarkan uraian di atas, maka pada alat pengering *hybrid* (surya-listrik) tipe rak ini dilakukan pengembangan modifikasi tungku biomassa sebagai pengganti listrik, modifikasi untuk alat pengering *hybrid* (surya-biomassa) tipe rak yaitu modifikasi tungku biomassa sebagai tempat sumber energi panas dari pembakaran biomassa untuk mengeringkan bahan hasil pertanian. Alat pengering *hybrid* (surya-biomassa) tipe rak yang dimodifikasi tersebut perlu diuji kinerjanya sehingga pada siang hari proses pengeringan dapat memanfaatkan sumber energi surya, sedangkan pada malam hari atau pada kondisi hujan proses pengeringan dapat memanfaatkan sumber energi panas dari hasil pembakaran biomassa.

Dengan memperhatikan uraian di atas, telah dilakukan penelitian berjudul “Modifikasi dan Uji Performansi Alat Pengering *Hybrid* (Surya-Biomassa) Tipe Rak”.

## METODE PENELITIAN

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: arang batok kelapa. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: alat pengering *Hybrid* tenaga surya tipe rak rancangan Rahmat Sabani, dkk (2002), program *Skechup8*, besi siku (2 cm), plat besi, las listrik, gerinda potong listrik, gerinda tangan, penggaris siku, gunting besi, *blower*, pipa, peralatan bengkel lainnya, termometer bola basah dan termometer bola kering, termometer tembak, anemometer, *stopwatch*, luxmeter, *data logger* dan timbangan analitik.

Parameter pengamatan dalam penelitian ini antara lain: temperatur alat pengering dan sebarannya, kelembaban udara, radiasi matahari, lama waktu pengeringan, kecepatan aliran udara panas menuju ruang pengering, debit aliran udara menuju ruang pengering. Debit aliran udara sangat dipengaruhi oleh kecepatan udara dan luas penampang. Kecepatan udara dapat diukur dengan menggunakan sebuah anemometer. Sedangkan cara menghitung aliran udara adalah sebagai berikut:

$$Q = V \times A \dots \dots \dots (1)$$

Untuk menghitung nilai kehilangan panas pada dinding tegak tungku didekati dengan persamaan (Holman, 1981):

$$QL_1 = (hA(T_d - T_1)) + (\sigma A \epsilon (T_d^4 - T_1^4)) \dots\dots\dots (2)$$

$$T_f = \frac{T_d + T_1}{2} \dots\dots\dots (3)$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} \dots\dots\dots (4)$$

$$Gr = \frac{g \beta L^3 \Delta T}{\nu^2} \dots\dots\dots (5)$$

$$Ra = Gr Pr \dots\dots\dots (6)$$

$$Nu_d = C \cdot Ra^m \cdot Pr^n \dots\dots\dots (7)$$

$$h = \frac{Nu \times Ku}{l} \dots\dots\dots (8)$$

Kehilangan panas pada dinding dasar tungku ( $QL_2$ ) dapat didekati dengan persamaan:

$$QL_2 = (hA(T_{lt} - T_1)) + (\sigma A \epsilon (T_{lt}^4 - T_1^4)) \dots\dots\dots (9)$$

Untuk menghitung efisiensi tungku dapat menggunakan persamaan, sebagai berikut:

$$\eta_T = \frac{QG - (Qu_1 + QL_1 + QL_2)}{QG} 100\% \dots\dots\dots (10)$$

$$Qu_1 = U (T_g - T_r) \dots\dots\dots (11)$$

$$Q_G = Q_{mt} \times L_p \dots\dots\dots (12)$$

$$U = \frac{1}{R} \dots\dots\dots (13)$$

$$R = \frac{1}{hA} + \frac{\Delta x}{KbA} + \frac{1}{hA} \dots\dots\dots (14)$$

Sedangkan untuk menghitung nilai energi yang dihasilkan oleh biomassa dan energi dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_B = mb \cdot Nkb \dots\dots\dots (15)$$

Energi matahari dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Q \text{ kolektor} = I \times \tau \times A \times t \dots\dots\dots (16)$$

Energi yang dibutuhkan untuk proses pengeringan ( $Q_T$ ) dapat dihitung dengan persamaan, sebagai berikut:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 \dots\dots\dots (17)$$

$$Q_1 = W_o C_{pb} (T_r - T_1) \dots\dots\dots (18)$$

$$Q_2 = m_u \times H_{fg} \dots\dots\dots (19)$$

Nilai  $C_{pb}$  dapat ditentukan dengan persamaan Siebel (Heldman dan Singh, 1981) sebagai berikut:

$$C_{pb} = 0,837 + 0,034 M_o \dots\dots\dots (20)$$

$$m_u = W_o \frac{(M_o - M_f)}{(100 - M_f)} \dots\dots\dots (21)$$

$$H_{fg} = (2502 - 2,3775 T) \dots\dots\dots (22)$$

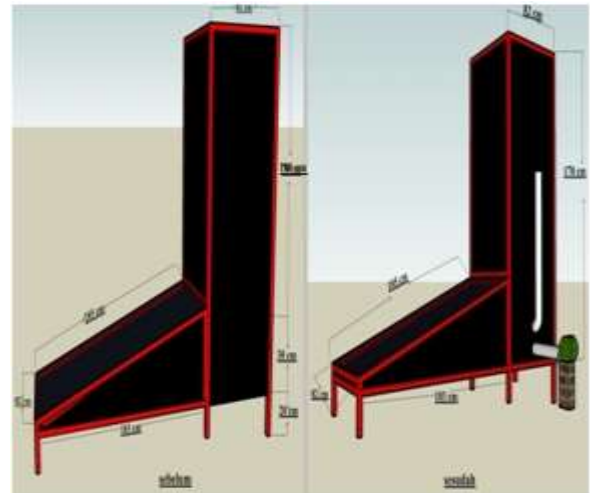
Efisiensi total sistem pengeringan merupakan persentase dari energi yang masuk ke sistem yang digunakan untuk mengeringkan produk dibagi dengan total energi surya, energi listrik dan biomassa. Efisiensi tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Abdullah, 1996):

$$\eta_{sp} = \frac{Q_T}{Q_{biomassa} + Q_{kolektor}} 100\% \dots\dots\dots (23)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Modifikasi Alat Pengering Hybrid (Surya-Biomassa) Tipe Rak

Modifikasi dari alat pengering ini dapat dilihat pada Gambar 1. Alat pengering hybrid (surya-biomassa) tipe rak memanfaatkan energi panas yang bersumber dari sinar matahari dengan menggunakan material penyerap panas yang berupa kolektor surya dengan backup energi panas dari tungku biomassa sebagai sumber panas untuk meningkatkan temperatur ruang pengering.



Gambar 1. Desain modifikasi tungku pada alat pengering hybrid (surya-biomassa) tipe rak

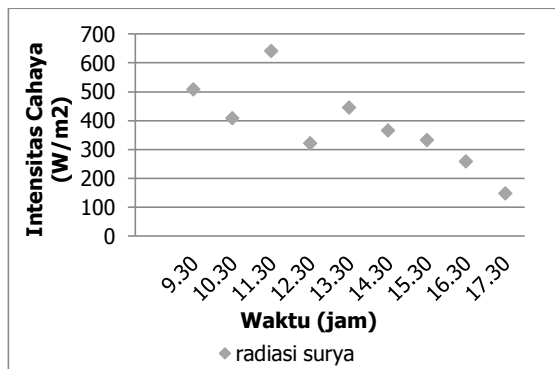
Tungku biomassa dengan bahan bakar arang tempurung kelapa ini digunakan sebagai cadangan energi panas apabila panas dari sinar matahari kurang didapatkan. Tungku biomassa yang digunakan berbentuk seperti laci dengan ukuran panjang 65 cm, lebar 65 cm, dan tinggi 25 cm. Tungku tersebut menggunakan material besi dengan ketebalan 0,2 cm. Tungku ini dilengkapi dengan cerobong sebagai pengeluaran asap dan *blower* dengan kecepatan 1,2 m/det dan kecepatan putaran 330 rpm yang berfungsi untuk menghembuskan udara supaya arang di dalam tungku tetap membara dengan stabil.

### Pengujian Alat Pengering *Hybrid* (Surya-Biomassa) Tipe Rak Tanpa Bahan

Pengujian alat pengering *hybrid* (surya-biomassa) tipe rak tanpa bahan ini dilakukan untuk mengetahui suhu yang masuk ke ruang pengering. Data yang diambil yaitu radiasi matahari, suhu lingkungan, suhu kolektor, suhu ruang pengering dan suhu ruang plenum.

### Intensitas Cahaya Matahari

Intensitas cahaya matahari pada proses pengeringan bahan hasil pertanian merupakan faktor utama yang sangat berpengaruh terhadap hasil dari pengeringan bahan hasil pertanian tersebut. Intensitas cahaya matahari yang diserap oleh kolektor dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan antara intensitas cahaya matahari dengan waktu pengeringan

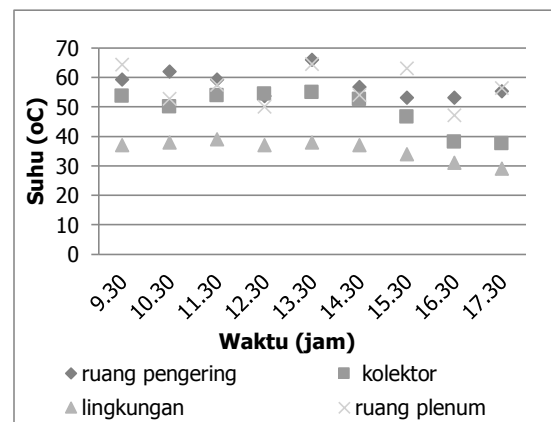
Pada Gambar 2. dapat dijelaskan bahwa intensitas cahaya untuk pengujian alat pengering *hybrid* (surya-biomassa) tanpa bahan yang dilakukan mulai pukul 09.30 WITA. Pengamatan terhadap intensitas cahaya dengan interval pengambilan data setiap satu jam menghasilkan

nilai intensitas cahaya yang berfluktuasi, hal ini disebabkan karena kondisi cuaca yang berawan dan mendung. Intensitas cahaya matahari sangat berperan penting dalam proses pengeringan. Intensitas cahaya yang terserap tertinggi yaitu pada pukul 11.30 dengan nilai 640,69 W/m<sup>2</sup>. Tinggi dan rendahnya intensitas cahaya matahari berpengaruh terhadap kenaikan suhu di dalam ruang pengering dan penurunan kadar air bahan yang di keringkan. Waktu yang dibutuhkan untuk proses pengeringan bahan hasil pertanian tergantung dari intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam kolektor.

Intensitas radiasi matahari yang mencapai permukaan bumi memiliki nilai yang berbeda-beda. Hal ini dikarenakan pergerakan bumi pada sebuah orbit elips dan dari arah miring (dalam hubungannya dengan orbit elips) atau sumbu putarnya. Orbit elips adalah suatu posisi/koordinat dari benda-benda di luar angkasa baik planet maupun satelit atau benda angkasa lainnya yang berbentuk elips. Selain itu juga disebabkan perubahan sudut timpa (deklinasi) sinar matahari sepanjang tahun. Secara alami, nilai radiasi matahari dipengaruhi oleh sudut dan arah jatuh matahari pada permukaan bumi (Ferenc, *et al.*, 2002).

### Suhu

Data suhu yang diambil untuk pengujian alat tanpa bahan ini yaitu suhu lingkungan, suhu kolektor, suhu ruang pengering dan suhu ruang plenum dengan interval pengambilan data 1 jam sekali, dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik hubungan antara suhu dengan waktu

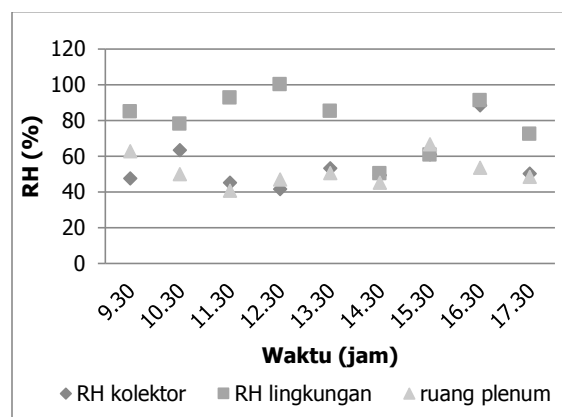
Dari Gambar 3, suhu terhadap waktu pada pengujian alat pengering *hybrid* (surya-biomassa) tipe rak tanpa bahan ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh terhadap suhu pada alat pengering, faktor-faktor yang dapat mempengaruhi suhu pada alat pengering *hybrid* yaitu suhu lingkungan dan intensitas cahaya yang diterima oleh kolektor. Pada pengujian alat tanpa bahan ini data yang diambil yaitu suhu kolektor, suhu lingkungan, ruang pengering dan ruang plenum. Dapat dilihat bahwa suhu ruang plenum paling tinggi dibandingkan dengan suhu kolektor dan lingkungan, hal ini terjadi karena adanya penambahan panas dari tungku biomassa. Suhu tertinggi yang diserap oleh kolektor yaitu  $54,85^{\circ}\text{C}$ , suhu lingkungan tertinggi yaitu  $39^{\circ}\text{C}$ , sedangkan suhu tertinggi yang diterima oleh ruang plenum yaitu  $64,6^{\circ}\text{C}$  dan suhu ruang pengering tertinggi yaitu  $66,0^{\circ}\text{C}$ . Dapat dilihat pada grafik dan nilai yang dihasilkan oleh ruang plenum mempengaruhi suhu yang akan masuk ke ruang pengering.

Menurut Fekawati (2010) yang menyatakan bahwa perbedaan suhu antara ruang pengering dan lingkungan dimana suhu alat pengering selalu lebih tinggi dibandingkan dengan suhu lingkungan, ini disebabkan oleh pantulan dalam bentuk gelombang panjang terperangkap dalam ruangan pengering yang tidak dapat menembus dinding transparan, sehingga terjadi peningkatan suhu di dalam ruang pengering. Menurut Putra, dkk., (2014) suhu pada siang hari berfluktuasi dari waktu ke waktu mengikuti pola suhu lingkungan dan intensitas radiasi surya. Suhu rata-rata malam hari lebih rendah daripada siang hari karena pada malam hari sumber panas hanya didapat dari tungku saja, namun suhu pada malam hari lebih konstan daripada siang hari karena tidak adanya fluktuasi radiasi surya yang mempengaruhi suhu dalam ruang pengering.

#### Hubungan Kelembaban Relatif (RH) Terhadap Waktu

Menurut Jaelani (2015) besarnya nilai RH sangat dipengaruhi oleh suhu. Hubungan suhu dengan RH adalah berbanding terbalik, yaitu peningkatan suhu akan mengakibatkan penurunan RH. Kelembaban udara berpengaruh terhadap proses penguapan dari dalam bahan ke

permukaan, serta menentukan tingkat kemampuan udara menampung uap air. Semakin kecil RH, maka akan semakin baik untuk pengeringan karena kemampuan udara menampung uap air dari bahan semakin banyak. Sedangkan semakin besar nilai RH kurang baik untuk proses pengeringan karena kemampuan udara pengering untuk menarik uap air dari bahan yang dikeringkan menjadi lebih kecil. Berdasarkan hasil analisa didapatkan grafik hubungan antara kelembaban relatif kolektor, lingkungan, dan ruang plenum dengan lama waktu pengeringan sebagai berikut:

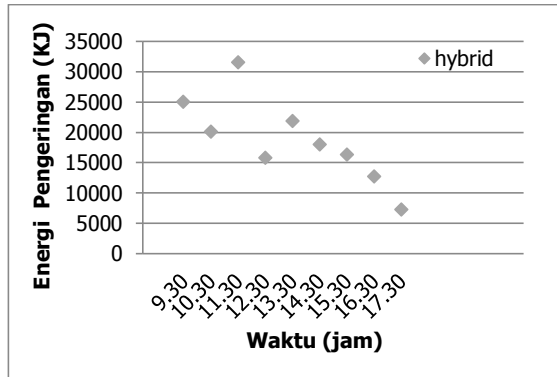


**Gambar 4.** Grafik hubungan antara RH dengan waktu pengeringan

Gambar 4. menunjukkan perbedaan kelembaban relatif antara kolektor, lingkungan, dan ruang pengering. Selama proses pengambilan data pada pengujian alat pengering *hybrid* (surya-biomassa) tipe rak tanpa bahan ini didapat hasil kelembaban relatif yang berfluktuasi. RH lingkungan dan RH kolektor lebih tinggi dibandingkan dengan RH ruang plenum. Hal ini terjadi karena suhu di dalam ruang pengering lebih tinggi dibandingkan dengan suhu di dalam kolektor sehingga RH ruang plenum lebih rendah. Dapat dilihat pada grafik di atas, nilai RH pada ruang plenum yang terserap rata-rata 40%-51%, sehingga dapat dinyatakan bahwa alat pengering *hybrid* (surya-biomassa) tipe rak dapat mengeringkan jahe karena alat pengering ini menghasilkan RH yang rendah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Tanggasari (2014) bahwa semakin tinggi suhu udara maka RH akan semakin rendah sehingga kemampuan udara menampung uap air yang teruapkan dari bahan semakin tinggi.

Nilai intensitas cahaya matahari yang berfluktuasi mempengaruhi penurunan suhu dan kenaikan nilai kelembaban relatif di dalam ruang pengering. Jadi, semakin tinggi nilai intensitas matahari maka semakin tinggi nilai suhu dan semakin rendah nilai kelembaban relatif (RH) di dalam ruang pengering sehingga dapat mempercepat proses pengeringan.

**Energi Pengeringan yang Dihasilkan Kolektor**



**Gambar 5.** Hubungan energi pengeringan terhadap waktu

Gambar 5 menunjukkan hasil perhitungan energi pengeringan yang dihasilkan oleh kolektor terhadap waktu pada pangujian alat pengering *hybrid* (surya-biomassa) tipe rak. Pada pengeringan menggunakan alat *hybrid* menghasilkan perbedaan energi pengeringan yang signifikan, energi pengeringan yang dihasilkan tertinggi yaitu 31.541,63 KJ pada pukul 13.15 wita pada saat cuaca masih cerah dan nilai energi pengeringan terendah yaitu 7311,75 KJ yaitu pada pukul 17.30 wita. Energi pengeringan yang dihasilkan dipengaruhi oleh nilai intensitas cahaya matahari yang diterima oleh kolektor, semakin tinggi nilai intensitas matahari yang diterima oleh kolektor maka semakin tinggi pula energi pengeringan yang dihasilkan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi energi pengeringan yang dihasilkan, yaitu: kolektor, kecepatan angin, dan kehilangan energi panas dari jarak kaca kolektor terhadap pelat. Hal ini sesuai dengan pendapat Fazlul (2015), yang menyatakan bahwa besar kecilnya rugi energi yang terjadi pada kolektor surya dipengaruhi oleh jarak kaca terhadap pelat. Semakin besar jarak antara kaca dengan pelat maka akan semakin tinggi kehilangan energi. Sebaliknya semakin kecil jarak

kaca dengan pelat maka akan semakin kecil pula energi yang hilang. Semakin besar jarak kaca dan plat kolektor maka luas kolektor untuk menyerap energi radiasi matahari akan semakin besar.

**Energi Hilang pada Tungku  
Energi Hilang Pada Dinding Tegak Tungku**

Adapun data-data yang dibutuhkan untuk menganalisis energi panas yang hilang melalui dinding tegak tungku dapat dilihat pada Tabel 1, sebagai berikut:

**Tabel 1.** Data hasil pengukuran dinding tegak tungku

Dimensi	Ukuran
Panjang tungku	0,65 m
Lebar tungku	0,65 m
Tinggi tungku	0,25 m
Luas dinding tegak sisi kanan tungku	0,155 m <sup>2</sup>
Luas dinding tegak sisi kiri tungku	0,150 m <sup>2</sup>
Luas dinding tegak sisi depan dan belakang tungku	0,155 m <sup>2</sup>
Dimensi karakteristik	0,403 m
Nilai emitivitas bahan	0,61
Bilangan Prandtle	0,784
Bilangan grasshorf	368.954.480
Bilangan Rayleigh	290.091.883
Bilangan Nusselt	76,67

Hasil perhitungan nilai kehilangan panas pada dinding tegak tungku, yaitu: nilai rata-rata kehilangan panas pada dinding sisi depan dan belakang tungku yaitu 511,74 KJ, pada sisi kanan tungku energi panas yang hilang yaitu 451,60 KJ, dan pada sisi kiri tungku sebesar 544,16 KJ. Tingginya nilai kehilangan panas yang dihasilkan oleh tungku disebabkan karena luas penampang tungku dan nilai konduktivitas yang tinggi dari tungku tersebut. Sehingga semakin tinggi suhu yang dihasilkan oleh tungku, maka semakin tinggi nilai kehilangan panasnya.

Menurut Putra, dkk., (2015), tingginya kehilangan panas dari dinding tungku ini disebabkan karena dinding tegak tungku merupakan bagian yang paling dekat dengan ruang pembakaran dan terbuat dari plat baja yang mempunyai nilai konduktivitas tinggi serta bahan tersebut tidak dilapisi oleh bahan yang mampu menahan laju panas keluar dari dinding tegak tungku.

**Energi Hilang pada Lantai Tungku**

Adapun data-data yang dibutuhkan untuk menganalisis energi panas yang hilang melalui lantai tungku dapat dilihat pada Tabel 2, sebagai berikut:

**Tabel 2.** Data hasil pengukuran pada lantai tungku

Dimensi	Ukuran
Panjang lantai tungku	0,65 m
Lebar lantai tungku	0,65 m
Luas lantai tungku	0,384 m <sup>2</sup>
Dimensi karakteristik	1 m
Nilai emitivitas bahan	0,61
Bilangan Prandtle	0.758
Bilangan grasshorf	3434171545.058
Bilangan Rayleigh	2616236858.286
Bilangan Nusselt	132,13

Dari Tabel 2 didapatkan hasil perhitungan kehilangan panas rata-rata pada lantai tungku sebesar 486,77 KJ, dapat dilihat bahwa tingginya nilai kehilangan panas pada lantai tungku disebabkan karena letak dari pembakaran biomassa paling dekat dengan lantai tungku.

**Efisiensi Tungku**

Nilai efisiensi tungku yang dihasilkan pada alat pengering *hybrid* (surya-biomasa) tipe rak ini yaitu 30%. Nilai yang dihasilkan ini terbilang rendah karena hasil persentase efisiensinya di bawah 50%. Rendahnya nilai efisiensi tungku ini dipengaruhi oleh tingginya nilai kehilangan panas pada dinding tegak dan pada lantai tungku, sehingga energi panas yang dihasilkan tidak seluruhnya dimanfaatkan dan naik ke ruang pengering.

**Konsumsi Energi**

Penggunaan energi surya dan biomassa (arang tempurung kelapa) sebagai input sub-sistem pada sistem alat pengering *hybrid* (surya-biomassa) tipe rak pada proses pengeringan jahe menghasilkan perbandingan masing-masing 75,8% dan 24,2% sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Jenis, nilai dan persentase konsumsi energi

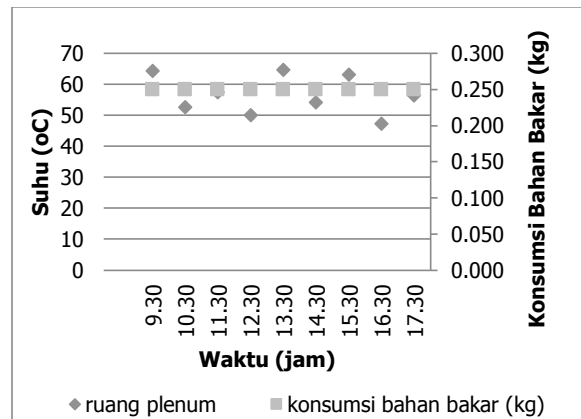
Jenis energi	Nilai konsumsi (KJ)	Persentase (%)
Surya	151602,064	75,8
Biomassa	48399,4	24,2

Total	200001	100
-------	--------	-----

Hasil perhitungan konsumsi penggunaan energi pada pengujian alat ini, yaitu energi surya 151.602,064 KJ dan energi biomassa 48.399,4 KJ yang memiliki perbandingan masing-masing 75,8% dan 24,2% dengan laju pembakaran arang tempurung kelapa 0,25 kg/jam dan nilai energi total pengeringan 200.001 KJ. Nilai efisiensi total sistem pengeringan yang dihasilkan yaitu 19%, hal ini sesuai dengan penelitian Tahir, dkk., (2014), yang menyatakan efisiensi termal sistem pengering sebagai perbandingan energi panas yang masuk ke dalam sistem untuk memanaskan udara pengering sebesar 22%.

**Konsumsi Bahan Bakar Terhadap Suplai Panas yang Dihasilkan**

Jumlah bahan bakar yang digunakan pada pengeringan jahe selama 8 jam proses pengeringan yaitu 2,250 kg arang tempurung kelapa dengan pengambilan data setiap 1 jam. Berikut adalah grafik hubungan konsumsi bahan bakar dan suplai panas yang dihasilkan terhadap waktu:



**Gambar 6.** Grafik Hubungan Konsumsi Bahan Bakar dan Suplai Panas yang Dihasilkan terhadap Waktu

Pada Gambar 6 diperlihatkan hubungan konsumsi bahan bakar dan suplai panas yang dihasilkan terhadap waktu. Penggunaan bahan bakar ini dilakukan selama 8 jam dengan penggantian bahan bakar arang tempurung kelapa 2 jam sekali sebanyak 500 gr. Dapat dilihat pada grafik, suhu yang dihasilkan setiap waktu tidak stabil walaupun jumlah arang tempurung kelapa

yang digunakan sama. Suhu yang diserap oleh ruang plenum terendah sebesar 47,2 °C. Hal ini terjadi karena arang tempurung kelapa tidak terbakar sempurna. Penurunan suhu tungku juga disebabkan saat melakukan penambahan bahan bakar arang tempurung kelapa yang dilakukan dalam setiap dua jam sekali. Namun, pada pukul 16.15 wita suhu di dalam ruang plenum mencapai 64,6 °C, hal ini terjadi karena arang tempurung kelapa terbakar sempurna dan membara dengan stabil.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Alat pengering *hybrid* (surya-biomassa) tipe rak ini cocok untuk pengeringan jahe karena suhu rata-rata yang masuk ke ruang pengering pada saat pengujian tanpa bahan 59°C.
2. Konsumsi penggunaan energi yaitu energi surya 151.602,064 KJ dan energi biomassa 48.399,4 KJ yang memiliki perbandingan masing-masing 75,8% dan 24,2%.
3. Nilai efisiensi sistem pengeringan yang dihasilkan yaitu 19% dengan efisiensi tungku 30%.

### Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya diharapkan modifikasi dari alat ini disesuaikan dengan nilai ergonomika dan menggunakan otomatisasi dalam mengontrol penambahan bahan bakar biomassa supaya dapat meminimalisasi kehilangan panas pada tungku.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, K. 1996. Pengembangan Sistem Pengering dengan Energi Surya. Rapat Anggota dan Dialog Profesi Nasional BK Mesin PII. Jakarta, 26-27 April 1996.
- Basunia, MA and Abe, T. 2001. Thin layer solar drying characteristics of rough rice under natural convection. *Journal of Food Sciences* 47(4): 295-301.
- Fazlul, Arief R. 2015. Evaluasi Pengeringan Pisang Sale (*Musa paradisiaca L.*) Pada Alat Pengering Hybrid (Surya-listrik) Tipe Rak. Skripsi Fatepa: Universitas Mataram.
- Fekawati, R. 2010. Uji Performansi Pengering Efek Rumah Kaca Hybrid Tipe Rak Berputar Pada Pengeringan Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*). Skripsi. Jurusan Teknologi Pertanian. IPB
- Ferenc K, Jozsef B, and Marianna V. 2002. Change in Solar Radiation Energy and Its Relation to Monthly Average Temperature. University of Miscole Hungary.
- Heldman, D.R. dan R. P Singh. 1981. Food Process Engineering 2<sup>nd</sup> ed. The AVI Publishing Co. Inc., Westport, Connecticut.
- Holman, J.P. 1981. Heat Transfer 6<sup>th</sup> ed. Diterjemahkan Jasjfi, E. 1997. Erlangga. Jakarta.
- Mukaminega D, 2008. Hybrid Dryer (Solar and Biomass Furnace) to Address the *Problem of Post Harvest Losses of Tomatoes in Rwanda*. Van Hall Larenstein. Wageningen. Netherland.
- Nursanti, L., S. 2010. Kinerja Alat Pengering Hybrid Tipe Rak Untuk Pengeringan Biji Kakao. Skripsi. Universitas Lampung. Lampung.
- Prasad, J, Vijay, VK, Tiwari, GN, Sorayan, VPS. 2006. Study on performance evaluation of hybrid drier for tumeric (*Curcuma longa L.*) drying at village scale. *Journal of Food Engineering*. 75(4): 497-502.
- Putra G M D., Sutoyo E, Hartini S. 2014. Uji Kinerja Alat Pengering Efek Rumah Kaca (ERK) Hybrid dengan Tungku Biomassa sebagai Sistem Pemanas Tambahan untuk Pengeringan Biji Pala (*Myristica Sp.*). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung Vol.3, No. 2: 183-194.*
- Putra G M.D., Setiawati DA., Hartini Sri. 2015. Kajian Pindah Panas Tungku Biomassa



- dan *Heat Exchanger* pada Alat Pengerih Hybrid Berbahan Bakar Limbah *Biomass*. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, Vol.3, No. 2, September 2015.
- Tahir, Muh., dkk. 2014. Desain Dan Uji Sistem Pengerihan Serta Karakterisasi Pengerihan Komoditas Unggulan Daerah Gorontalo. Hibah Pekerti – UNG. Gorontalo.
- Tangasari, Devi. 2014. Sifat Teknik dan Karakteristik Pengerihan Biji Jagung (*Zea Mays L.*) pada Alat Pengerih *Fluidized Beds*. Skripsi Fatepa: Universitas Mataram.