

Kinerja Pengeringan Gabah Menggunakan Alat Pengering Tipe Rak dengan Energi Surya, Biomassa, dan Kombinasi

Drying Performance for Paddy Using Tray Dryer with Solar, Biomass, and Combination Energy

Tamaria Panggabean, Arjuna Neni Triana, Ari Hayati

Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang- Prabumulih Km. 32 Indralaya Ogan Ilir 30662, Indonesia
Email: tamaria_p@yahoo.co.id

Submisi: 20 November 2015; Penerimaan: 14 September 2016

ABSTRAK

Pengeringan gabah dapat dilakukan menggunakan alat pengering energi surya, energi biomassa dan energi kombinasi surya dan biomassa. Penelitian ini bertujuan untuk menguji kinerja alat pengering gabah hybrid energi surya dan biomassa jerami padi dan sabut kelapa. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dan deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengeringan gabah dengan energi surya menghasilkan suhu ruang pengering rata-rata 40,42 °C, kelembaban relatif ruang pengering rata-rata 41,45%, waktu pengeringan 7 jam, kadar air akhir rata-rata 14,88% bb, laju pengeringan rata-rata 0,64% bk/jam, dan energi pengering 32.595,32 kJ. Pengeringan gabah dengan energi biomassa menghasilkan suhu ruang pengering rata-rata 33,8 °C, kelembaban relatif ruang pengering rata-rata 57%, waktu pengeringan 7 jam, kadar air akhir rata-rata 15,57% bb, laju pengeringan rata-rata 0,50% bk/jam, dan energi pengering 160.662,15 kJ. Pengeringan gabah dengan energi kombinasi surya dan biomassa menghasilkan suhu ruang pengering rata-rata 39,98 °C, kelembaban relatif ruang pengering rata-rata 45,85%, waktu pengeringan 7 jam, kadar air akhir rata-rata 15,33%, laju pengeringan rata-rata 0,55% bk/jam, dan energi pengering 136.457,76 kJ. Kinerja yang diperoleh alat pengering terbaik menggunakan energi surya dengan kadar air akhir sebesar 14,88% bb, laju pengeringan 0,64% bk/jam dan kebutuhan energi pengeringan 32.595,32 kJ.

Kata Kunci: Energi biomassa; pengering hybrid; gabah; energi kombinasi; energi surya

ABSTRACT

Paddy drying was performed using a hybrid drier utilizing solar energy, biomass and combined solar-biomass energy as energy sources. This research objective was to evaluate performance of the hybrid paddy drier using solar energy and paddy straw and coconut coir biomass. The experimental and descriptive method was used. The result showed that the drier with solar system was capable to generate temperature of drying chamber to 40.42 °C in average, while the average relative humidity was 41.45%. The paddy's final moisture was 14.88% w.b after 7 hours of drying with drying rate of 0.64 %d.b/h and energy consumption of 32,595.32 kJ. Paddy drying with biomass energy system was capable to obtain drying chambers temperature of 33.8 °C in average, the average relative humidity of 57%, the final moisture of 15.57%, the drying rate of 0.50% d.b/h and energy consumption of 160,662.15 kJ with the same drying times. The solar-biomass drying system was capable to achieve temperature of 39.98 °C, the average relative humidity of 45.85%, the final moisture of 15.33% w.b with drying rate of 0.55% d.b/h and energy consumption of 136,457.76 kJ. Therefore, the best performance for drying paddy was with the solar drying system.

Keywords: Biomass; hybrid drier; paddy; solar-biomass energy; solar energy

PENDAHULUAN

Perlakuan pasca panen padi meliputi panen, perontokan, pengeringan, penyimpanan, pengilingan dan penyosohan. Hasbi (2012), mengemukakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mendapatkan gabah dengan kadar air yang baik yaitu perbaikan dan pengenalan teknologi pascapanen padi di lahan sub optimal dengan pengeringan. Prinsip yang digunakan adalah *Good Handling Practises* (GHP) serta penyebarluasan informasi teknologi panen dan pascapanen.

Salah satu proses penting dalam pasca panen padi adalah pengeringan. Menurut Gunasekaran dkk. (2012), pengeringan merupakan cara pengawetan makanan dengan biaya rendah. Tujuan pengeringan adalah menghilangkan air, mencegah fermentasi atau pertumbuhan jamur dan memperlambat perubahan kimia pada makanan. Selama pengeringan dua proses terjadi secara simultan yaitu perpindahan panas ke produk dari sumber pemanas dan perpindahan massa uap air dari bagian dalam produk ke permukaan dan dari permukaan ke udara sekitar. Esensi dasar dari pengeringan adalah mengurangi kadar air dari produk agar aman dari kerusakan dalam jangka waktu tertentu, yang biasa diistilahkan dengan periode penyimpanan aman (Rajkumar dan Kulanthaisami, 2006).

Pengeringan terbagi menjadi dua yaitu pengering alami (menggunakan sinar matahari) dan pengering buatan (menggunakan bantuan alat). Pada pengeringan sinar matahari (*direct sundrying*), produk yang akan dikeringkan langsung dijemur di bawah sinar matahari (Tausin dan Hasan, 1986; Heruwati, 2002), sedangkan pada pengeringan surya (*solar drying*), produk yang akan dikeringkan diletakkan di dalam suatu alat pengering (Ekechukwu dan Norton, 1999).

Pengeringan gabah oleh petani biasanya dengan cara konvensional yaitu menjemur dengan menggunakan cahaya matahari di lapangan terbuka. Pengeringan dengan cara ini memiliki banyak kerugian diantaranya tergantung pada cuaca sehingga pengeringan memerlukan waktu yang cukup lama dan gabah kurang dijamin kebersihannya. Proses pengeringan gabah menggunakan alat pengering memerlukan energi yang sangat besar karena menggunakan energi listrik dan bahan bakar. Cara yang dapat dilakukan untuk proses pengeringan dengan biaya murah adalah dengan menggunakan energi surya (matahari) dan biomassa sebagai sumber energi pengering. Berbagai macam alat pengering telah banyak dibuat dan diteliti, mulai dari yang sederhana sampai *modern*, namun masih banyak kekurangan baik dari segi harga, kegunaan dan efisiensi.

Melihat keadaan yang ada saat ini sudah dirancang alat pengering gabah dengan memanfaatkan energi surya yang dilengkapi dengan kolektor dan biomassa sebagai energi pengering. Penelitian ini memanfaatkan biomassa yang

merupakan limbah yang banyak terdapat di daerah pedesaan dan langsung bisa dimanfaatkan seperti jerami dan sabut kelapa. Biomassa diperlukan sebagai sumber energi dimana tidak ada sinar matahari atau matahari tidak terik seperti pada malam hari atau musim penghujan. Alat pengering *hybrid* energi surya dan biomassa yang telah dirancang ini belum dilakukan pengujian kinerja berdasarkan sumber energi yang digunakan.

Beberapa penelitian tentang kinerja alat pengering hibrid antara lain pada pengeringan *chip mocaif* (Susilo dan Okaryanti, 2012), pengeringan *cashew* (Saravanan dkk., 2014), dan pengeringan biji Pala (Putra dkk., 2014). Ketiga penelitian ini melakukan uji kinerja alat pengering yang berkaitan dengan sebaran suhu dan kelembaban selama pengeringan baik dengan atau tanpa penggunaan kipas. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan uji kinerja alat pengering hibrid pada pengeringan gabah. Selain sebaran suhu selama pengeringan, penelitian ini juga membandingkan efisiensi pengeringan menggunakan tiga jenis energi yang berbeda yaitu: sinar matahari, biomassa, dan kombinasi keduanya. Pemanfaatan biomassa merupakan kekhasan, yaitu berupa limbah pertanian (jerami dan sabut kelapa) yang banyak terdapat di pedesaan sehingga akan dapat diterapkan petani.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dari bulan Mei-September 2015 di lingkungan jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya. Bahan yang digunakan pada penelitian adalah gabah dengan kadar air awal 18% sebanyak 20 kg/perlakuan. Sedangkan alat yang digunakan pada penelitian ini adalah satu unit alat pengering gabah *hybrid* energi surya dan biomassa jerami padi dan sabut kelapa, data *logger*, neraca analog, neraca digital, anemometer, pyranometer, solari meter, alat ukur waktu, alat ukur panjang dan alat tulis. Metode penelitian yang digunakan adalah metode ekperimental dan deskriptif, hasil disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Parameter yang diukur untuk menentukan kinerja alat adalah suhu dan sebarannya, kelembaban relatif dan sebarannya, waktu pengeringan, kadar air, laju pengeringan, kebutuhan energi untuk pengeringan. Pengukuran suhu dan RH dilakukan menggunakan sensor suhu yang ditempatkan pada 4 titik: titik 1 di ruang plenum, titik 2 di ruang pengering rak 1, titik 3 di ruang pengering rak 3, titik 4 di ruang pengering rak 5. Analisis meliputi:

a. Kadar air gabah

Menurut Wilhelm dkk. (2005), kadar air dapat dihitung dengan dua cara yaitu menentukan kadar air basis basah

(M_w) dan kadar air basis kering (M). Dalam penelitian ini digunakan basis basah. Perhitungan kadar air gabah dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$M_w = \frac{m_w - m_d}{m_w} \quad (1)$$

Keterangan

- M_w : kadar air basis basah (% bb)
- m_w : massa basah (kg)
- m_d : massa kering (kg)

b. Laju pengeringan

Laju pengeringan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.

$$LP = \frac{M_{w.o} - M_{w.i}}{\Delta t} \quad (2)$$

Keterangan :

- LP : laju pengeringan (% bk/jam)
- $M_{w.o}$: kadar air awal bahan (% bk)
- $M_{w.i}$: kadar air akhir bahan (% bk)
- Δt : lama waktu pengeringan (jam)

c. Energi surya yang dibutuhkan untuk pengeringan

Menurut Burlian (2011), energi surya yang dibutuhkan untuk pengeringan dapat dihitung dengan Persamaan 3.

$$qrs = A \cdot I_r \cdot t \quad (3)$$

Keterangan

- qrs : energi surya yang dibutuhkan untuk pengeringan (J)
- A : luas permukaan yang terkena radiasi (m^2)
- I_r : iradiasi surya (W/m^2)
(iradiasi surya diperoleh dari data stasiun klimatologi Universitas Sriwijaya pada hari dan jam percobaan dilakukan)
- t : waktu yang dibutuhkan untuk pengeringan (detik)

d. Energi listrik

Energi listrik untuk menggerakkan blower dapat dihitung dengan Persamaan 4.

$$Q_6 = 3,6 P_k t \quad (4)$$

- Q_6 : energi listrik untuk menggerakkan blower (Watt.jam)
- P_k : daya listrik (Watt)
- t : waktu pengeringan (jam)

e. Energi biomassa

Energi biomassa untuk energi pengeringan dapat dihitung dengan persamaan 5.

$$Q_7 = m_b \times Q_{kb} \quad (5)$$

- Q_7 : energi biomassa (kJ)
- m_b : massa biomassa (kg)
- Q_{kb} : nilai kalor jerami padi dan sabut kelapa (kJ/kg)

f. Kebutuhan energi pengeringan

Kebutuhan energi pengeringan untuk masing-masing sumber energi dihitung berdasarkan Persamaan 6, 7, dan 8.

$$Q_{total} \text{ energi surya} = qrs + Q_6 \quad (6)$$

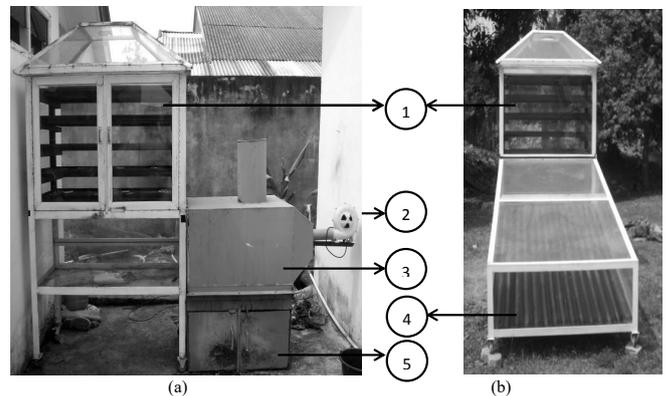
$$Q_{total} \text{ energi biomassa} = Q_7 + Q_6 \quad (7)$$

$$Q_{total} \text{ energi kombinasi} = qrs + Q_7 + Q_6 \quad (8)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat Pengering Gabah Tipe Rak Hibrid Energi Surya dan Biomassa Campuran Jerami dan Sabut Kelapa Hasil Rancangan

Alat pengering gabah tipe rak hibrid energi surya dan biomassa campuran jerami dan sabut kelapa dirancang dengan sistem bongkar pasang. Pada saat matahari terik, digunakan energi surya dengan cara tungku pembakaran dilepas, lalu kolektor surya dipasang seperti tampak pada Gambar 1b. Pada saat kondisi matahari tidak terik atau musim penghujan



Gambar 1. Alat pengering gabah sistem bongkar pasang, saat memanfaatkan energi biomassa (a) dan saat memanfaatkan energi surya (b)

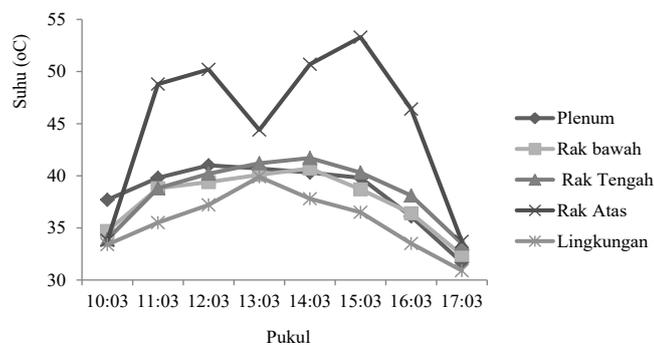
Keterangan:

1. Ruang Pengering: berbentuk balok dengan ukuran 120 x 60 x 80 cm, dinding terbuat dari akrilik transparan, tebal 6 mm. Rak pengering berbentuk persegi panjang, terbuat dari bahan anyaman kawat besi yang rapat 5 rak dengan ukuran 120 x 60 cm, dan jarak antara 10 cm
2. Blower: berukuran 2,5 inci; 220 V; 1,6 A; 3000/3600 rpm; 260 Watt. Posisi blower diletakkan disebelah kanan ruang penukar panas, arah aliran blower dari ruang penukar panas ke ruang plenum, dari ruang plenum ke ruang pengering dan keluar dari cerobong ruang pengering.
3. Penukar panas: berbentuk balok yang didalamnya terdapat pipa-pipa. Jumlah pipa 10 buah terbuat dari silinder besi dengan tebal 4 mm, diameter 3 cm dan panjang 80 cm
4. Plat kolektor: terbuat dari seng bergelombang yang dicat hitam, berukuran 200 x 120 cm, kemiringan 45 °C, penutup kolektor terbuat dari akrilik.
5. Tungku Biomassa: berbentuk balok, ukuran 80 x 60 x 50 cm, terbuat dari plat besi ketebalan 4 mm

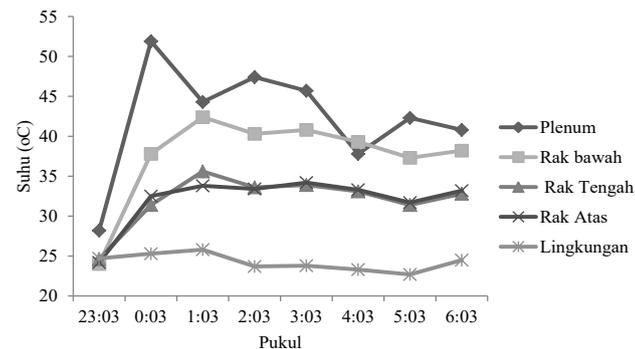
digunakan energi biomassa dengan cara tungku pembakaran dipasang kolektor surya dilepas seperti tampak pada Gambar 1a. Pada bagian atas tungku pembakaran terdapat *heat exchanger* tipe *shell and tube* dengan jumlah pipa sebanyak 10 buah dengan diameter 3 cm dan panjang 80 cm.

Pengeringan gabah dengan pengering tipe rak pada penelitian membutuhkan waktu yang lebih lama dimana kadar air awal gabah 18% bb dikeringkan hingga 14,88-15,57% bb memerlukan waktu 7 jam, hal ini lebih lama dibandingkan dengan penggunaan tipe batch, gabah dengan kadar 24-26% bb dikeringkan hingga 13,8% bb memerlukan pengeringan 11 jam 7 menit (Nainggolan dkk., 2013).

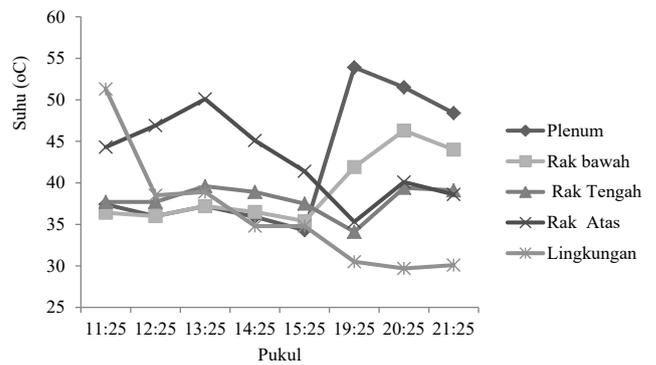
Pengujian kinerja alat pengering gabah *hybrid* energi surya dan biomassa jerami padi dan sabut kelapa dilakukan dengan tiga perlakuan yaitu menggunakan energi surya, energi biomassa dan energi kombinasi. Pengujian dengan energi surya dilakukan pada siang hari dengan suhu dan kelembaban rata-rata adalah 35,6 °C dan 28,4% . Pengujian dengan energi biomassa dilakukan pada malam hari dengan suhu dan kelembaban rata-rata saat adalah 25,1 °C dan 86,0%, sedangkan pengujian dengan energi kombinasi yang dilakukan pada siang hari, suhu dan kelembaban rata-rata adalah 36,1 °C dan 51,1%. Distribusi suhu selama pengeringan pada setiap jenis sumber energi ditampilkan pada Gambar 2, 3, dan 4.



Gambar 2. Distribusi suhu pengering gabah dengan energi surya



Gambar 3. Distribusi suhu pengering gabah dengan energi biomassa

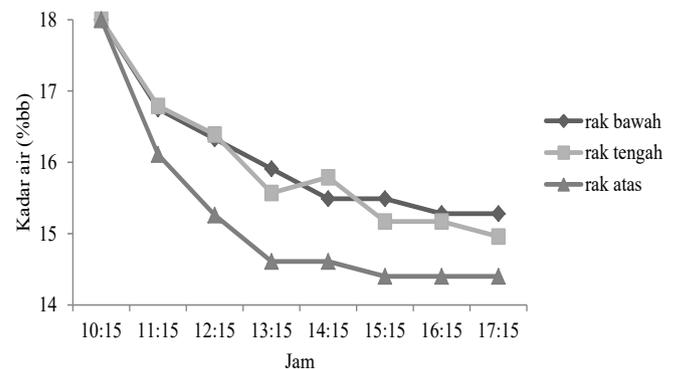


Gambar 4. Distribusi suhu pengering gabah dengan energi kombinasi

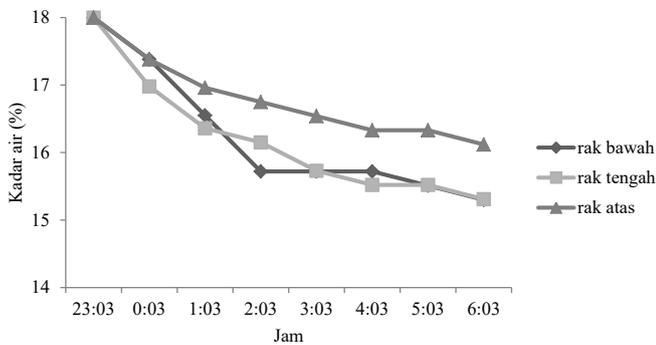
Pengeringan gabah dilakukan dengan meletakkan gabah pada setiap rak dengan ketebalan rata-rata 1 cm. Karakteristik pengering gabah dengan energi surya, energi biomassa dan energi kombinasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik pengering gabah dengan energi surya, energi biomassa dan energi kombinasi

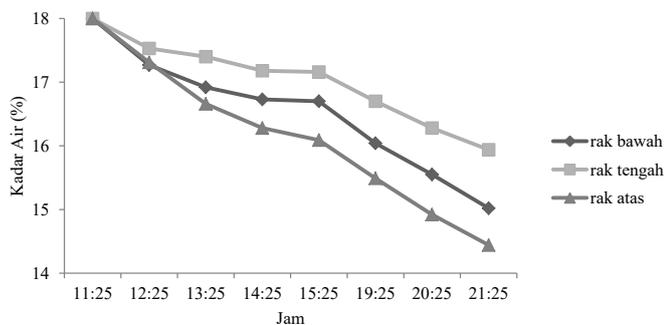
Parameter	Perlakuan		
	Energi surya	Energi biomassa	Energi kombinasi
Suhu pengering rata-rata (°C)	40,42	33,80	39,98
Kelembaban relatif	41,45	57,00	45,85
Pengering rata-rata (%)			
Waktu pengering (jam)	7,00	7,00	7,00
Kadar air awal (% bb)	18,00	18,00	18,00
Kadar air akhir (% bb)	14,88	15,57	15,33
Kebutuhan energi pengeringan (kJ)	32.595,32	160.662,15	136.457,76



Gambar 5. Grafik penurunan kadar air pengering energi surya



Gambar 6. Grafik penurunan kadar air pengering energi biomassa



Gambar 7. Grafik penurunan kadar air pengering energi kombinasi

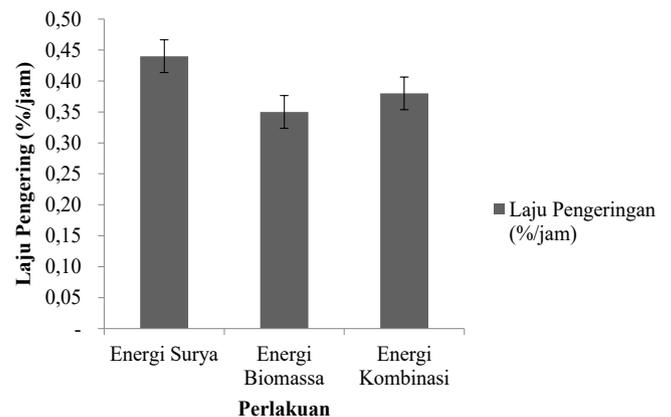
Penurunan Kadar Air terhadap Waktu

Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa penurunan kadar air ketiga perlakuan menunjukkan penurunan yang berbeda (Gambar 5, 6, dan 7). Penurunan kadar air terbesar pada energi surya diperoleh pada rak atas, hal ini dikarenakan rak atas paling banyak mendapat panas dari energi surya sehingga suhu rata-rata pada rak atas lebih tinggi daripada rak lainnya, yaitu mencapai 45,16 °C. Pada Gambar 6 terlihat bahwa penurunan kadar air terbesar pada pada pengering energi biomassa terjadi pada rak paling bawah, hal ini dikarenakan rak paling bawah paling banyak mendapat panas dari tungku pembakaran biomassa. Suhu rata-rata pada rak bawah lebih tinggi daripada rak lainnya, yaitu mencapai 39,07 °C, sedangkan suhu rata-rata pada rak tengah dan atas berturut-turut adalah 33,99 °C dan 34,74 °C (Gambar 7). Pengeringan energi surya, energi biomassa dan energi kombinasi dengan kadar air awal gabah 18% bb berlangsung selama 7 jam menghasilkan kadar air akhir gabah 14,88% bb, 15,57% bb, dan 15,33% bb berturut-turut (Tabel 1). Kadar air akhir tertinggi diperoleh perlakuan energi biomassa sebesar 15,57% bb dan terendah diperoleh perlakuan energi surya sebesar 14,88% bb. Hal ini dikarenakan suhu rata-rata ruang pengering energi surya lebih tinggi dari perlakuan lain dan kelembaban relatif rata-rata ruang pengering lebih rendah dari perlakuan lain. Semakin tinggi suhu dan semakin rendah

kelembaban relatif ruang pengering akan menghasilkan kadar air akhir yang rendah.

Laju Pengeringan

Laju pengeringan pengering energi surya, energi biomassa dan energi kombinasi adalah 0,64, 0,50, dan 0,55% bk/jam secara berturut-turut (Tabel 1). Laju pengeringan tertinggi diperoleh pengering energi surya sebesar 0,64% bk/jam dan terendah diperoleh pengering energi biomassa sebesar 0,50% bk/jam. Laju pengeringan energi surya tinggi dikarenakan kadar air akhir gabah setelah 7 jam lebih rendah dibanding perlakuan lain yaitu 14,88% bb. Hal ini menunjukkan bahwa massa air gabah yang diuapkan lebih tinggi pada pengeringan menggunakan energi surya. Laju pengering berbanding terbalik dengan kadar air akhir, semakin rendah kadar air akhir maka semakin tinggi laju pengeringan yang dihasilkan (Tabel 1). Laju pengeringan energi surya, energi biomassa dan energi kombinasi dapat dilihat pada Gambar 8.

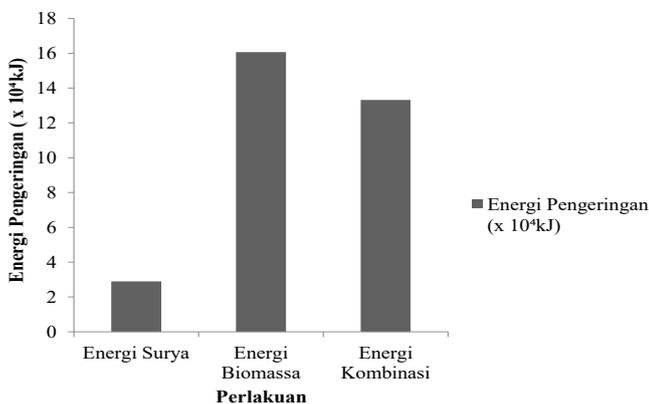


Gambar 8. Laju pengeringan energi surya, energi biomassa dan energi kombinasi

Kebutuhan Energi untuk Pengering Gabah

Kebutuhan energi pengeringan adalah energi yang dibutuhkan untuk berlangsungnya pengeringan. Kebutuhan energi untuk pengeringan gabah untuk masing-masing energi berbeda-beda. Kebutuhan energi pengeringan untuk energi surya, energi biomassa dan energi kombinasi adalah 32.595,32 kJ, 160.662,15 kJ dan 136.457,76 kJ secara berturut-turut, dengan kebutuhan energi spesifiknya adalah 44.463,36 kJ/kg, 279.109,16 kJ/kg dan 216.364,77 kJ/kg. Porsi komponen pada pengeringan menggunakan energi kombinasi berturut-turut adalah 8% energi surya, 90% biomassa dan 2% energi listrik.

Energi pengeringan tertinggi diperoleh energi biomassa sebesar 160.662,15 kJ dan terendah diperoleh energi surya 32.595,32 kJ. Kebutuhan energi biomassa lebih tinggi



Gambar 9. Kebutuhan energi pengering untuk energi surya, energi biomassa dan energi kombinasi

dikarenakan biomassa yang digunakan memiliki nilai kalor yang tinggi, nilai kalor jerami padi sebesar 16,1 MJ/kg dan nilai kalor sabut kelapa 1,379 MJ/kg dengan banyaknya biomassa yang digunakan masing-masing 10 kg. Kebutuhan energi pengering untuk energi surya, energi biomassa dan energi kombinasi dapat dilihat pada Gambar 9.

Efisiensi pengeringan masing-masing energi berbeda dikarenakan suhu lingkungan pada saat percobaan masing-masing energi berbeda. Efisiensi pengeringan menggunakan energi biomassa lebih tinggi dikarenakan suhu lingkungan lebih rendah yaitu 24,23 °C dibandingkan dengan suhu lingkungan pada saat pengeringan dengan energi surya dan energi kombinasi, yaitu 35,59 °C, dan 36,08 °C (Tabel 1). Besarnya perbedaan suhu lingkungan dengan suhu pengering akan menyebabkan energi yang diperlukan untuk mengeringkan bahan semakin besar. Pada penelitian ini salah satu kehilangan panas di tungku terjadi melalui dinding. Hal ini dikarenakan tungku yang digunakan tidak dilapisi isolator. Hal ini sesuai dengan pernyataan Wigyanto dan Lestari (2015), untuk menekan kehilangan panas maka pada sekeliling tungku diberi isolasi seperti *glass woll*.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa suhu dan kelembaban relatif rata-rata ruang pengering untuk energi surya, energi biomassa, dan energi kombinasi adalah 40,42 °C dan 41,45%, 33,8 °C dan 57%, 39,98 °C dan 45,85% berturut-turut. Kadar air akhir tertinggi diperoleh perlakuan energi biomassa sebesar 15,57% bb dan terendah diperoleh perlakuan energi surya sebesar 14,88% bb. Laju pengering tertinggi diperoleh perlakuan energi surya sebesar 0,64% bk/jam dan terendah diperoleh perlakuan energi biomassa sebesar 0,5% bk/jam. Energi pengeringan tertinggi diperoleh

perlakuan energi biomassa sebesar 160.662,15 kJ dan terendah diperoleh perlakuan energi surya 32.595,32 kJ. Perlakuan pengering dengan energi surya merupakan perlakuan terbaik dengan kadar air akhir 14,88% bb, laju pengering 0,64% bk/jam dan energi pengeringan 32.595,32 kJ.

DAFTAR PUSTAKA

- Burlian, F. (2011). Kajian experimental alat pengering kerupuk tenaga surya tipe box menggunakan kosentrator cermin datar. *Prosiding Seminar Nasional. Universitas Sriwijaya, Indralaya*.
- Ekechukwu, O.V. dan Norton, B. (1999). Review of solar-energy drying systems II: An overview of solar drying technology. *International Journal of Energy Conversion and Management* **40**(1): 615-655.
- Gunasekaran, K., Shanmugam, V. dan Suresh, P. (2012). Modeling and analytical experimental study of hybrid solar dryer integrated with biomass dryer for drying coleus forskohlii stems 2012. *IACSIT Coimbatore Conferences IPCSIT* **28**: 28-32.
- Hasbi (2012). Perbaikan teknologi pasca panen padi di lahan sub optimal. *Jurnal Lahan Suboptimal* **1**(2): 186-196.
- Heruwati, E.S. (2002). Pengolahan ikan secara tradisional: prospek dan peluang pengembangan, pusat riset pengolahan produk dan sosial ekonomi kelautan dan perikanan. *Jurnal Litbang Pertanian* **21**(3): 92-99.
- Nainggolan, S.R.M., Tamrin, Warji dan Lanya, B. (2013). Uji kinerja pengering tipe batch skala laboratorium untuk pengering gabah dengan menggunakan bahan bakar sekam padi. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* **2**(3): 161-172.
- Putra, G.M.D., Sutoyo, E. dan 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 Teknologi Pertanian Lampung* **3**(2): 183-194.
- Rajkumar, P. dan Kulanthaisami, S. (2006). Vacuum assisted solar drying of tomatoes slices. *ASABE Annual International Meeting, Portland, Oregon*.
- Saravanan, D., Wilson, V.H. dan Kamarasamy, S. (2014). Design and thermal performance of solar biomass hybrid dryer for cashew drying. *Jurnal Mechanical Engineering* **12**(3): 277-288.
- Susilo, B. dan Okaryanti, R.W. (2012). Studi sebaran suhu dan RH mesin pengering hibrid chip mocaf. *Jurnal Teknologi Pertanian* **13**(2): 88-96.

Tausin, S. dan Hasan, G. (1986). Traditional fish processing in Indonesia. *Proceeding of The First ASEAN Workshop on Fish and Fish Waste Processing and Utilization, Jakarta, 115-128.*

Wigyanto dan Lestari, E. (2015). Penerapan mesin pengering mekanis untuk penguatan kapasitas produksi pada industri "kerupuk kentang" sebagai upaya pemenuhan permintaan pasar. *Journal of Innvotation And Applied Technology* **1**(1): 75-81.

Wilhelm, L.R., Suter, D.A. dan Brusewitz, G.H. (2005). *Food and Process Engineering Technology*. American Society of Agricultural.