

KAJIAN KARAKTERISTIK PENGERING FLUIDISASI TERINTEGRASI DENGAN TUNGKU BIOMASSA UNTUK PENGERINGAN PADI

Oleh :

M. Yahya

Dosen Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Padang
Email: yahya_err@yahoo.com

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji karakteristik sebuah alat pengering fluidisasi terintegrasi dengan tungku biomassa untuk mengeringkan padi. Pengering ini terdiri dari beberapa komponen utama yaitu tungku biomassa, kolom pengering (fluidized bed), siklon dan blower. Karakteristik pengering diindikasikan dengan laju pengeringan, konsumsi energi termal spesifik (STEC), konsumsi energi listrik spesifik (SEEC), konsumsi energi spesifik (SEC) dan efisiensi termal pengering. Padi dikeringkan sebanyak 12 kg dengan kadar air awal 23% pada temperatur dan kelembapan relatif udara 70°C dan 13,6%, dan laju aliran massa udara 0,01256 kg/s hingga kadar air akhir 14% (SNI) memerlukan waktu 1007 detik dan bahan bakar 1.12 kg. Laju pengeringan rata-rata dicapai sebesar 0.335 kg setiap 300 detik, konsumsi energi termal spesifik rata-rata 1,61 kWh/kg, konsumsi energi listrik spesifik rata-rata 1,25 kWh/kg, dan konsumsi energi spesifik rata-rata 2,85 kWh/kg. Efisiensi termal pengering dicapai sebesar 24.93%.

Kata kunci: Padi, pengering fluidisasi, laju pengeringan, STEC, SEEC, SEC, efisiensi termal

PENDAHULUAN

Padi setelah dipanen secara umum mempunyai kadar air cukup tinggi sekitar 20-23% basis basah pada musim kering dan pada musim hujan sekitar 24-27% basis basah (Purwadaria, 1995). Pada tingkat kadar air tersebut padi tidak aman disimpan karena sangat mudah terserang jamur atau mudah rusak. Sehingga agar aman disimpan dalam jangka waktu lama atau sebelum dipasarkan, padi perlu dikeringkan hingga kadar air sekitar 14% basis basah (Badan Standarisasi Nasional, 2008).

Beberapa peneliti telah melaporkan bahwa keterlambatan pengeringan dapat merusak atau menurunkan kualitas gabah. Nugraha et al, (1990) dan Rachmat et al, (2002) keterlambatan pengeringan sampai 3 hari masing-masing menimbulkan kerusakan gabah sebanyak 2,6% dan 1,66-3,11%; Iswari (2011) keterlambatan pengeringan hingga 7 hari meningkatkan beras patah dari 18% menjadi 32,4% dan menurunkan persentase beras kepala dari 72,27% menjadi 66,8%, serta meningkatkan butir kuning dari 0,5% menjadi 10,2%.

Padi dikeringkan pada umumnya dijemur secara langsung dibawah sinaran matahari, cara ini

sederhana dan mudah namun bergantung pada cuaca, memerlukan tempat yang luas, kehilangan hasil padi cukup tinggi, waktu pengeringan cukup lama, mudah terkontaminasi dengan benda asing dan kadar air akhir tidak seragam sehingga mutu beras rendah saat digiling.

Iswari (2011) melaporkan bahwa dengan menjemur padi secara langsung di bawah sinaran matahari didapati rata-rata kadar beras patah cukup tinggi sekitar 21,12%.

Wongpornchai et al, (2003) untuk mencapai kadar air 14,12% gabah diperlukan waktu penjemuran 54 jam dan Tabassum dan Jindal (1992) memerlukan waktu 3-4 hari.

Disamping itu padi juga dikeringkan dengan alat pengering buatan yaitu jenis tumpukan datar (flat bed dryer), cara ini tidak memerlukan tempat yang luas dan tidak terkontaminasi dengan benda asing. Namun energi panas dari udara pengering tidak sama diterima oleh lapisan atas dan bawah tumpukan padi, ada yang terlalu panas dan ada yang kurang panas sehingga kadar air akhir padi tidak seragam ada yang terlalu kering dan ada yang belum kering. Kadar air akhir padi tidak seragam pada saat digiling banyak beras patah sehingga kualitas beras rendah. Sementara itu bahan bakar

minyak masih digunakan sebagai sumber energi panas dan energi listrik untuk menggerakkan blower. Persediaan bahan bakar minyak sudah terbatas dan harganya selalu meningkat, serta gas hasil pembakaran bahan bakar dapat meningkatkan gas rumah kaca.

Tahrir (2000) melaporkan bahwa pengeringan padi dengan alat pengering jenis tumpukan datar dengan ketebalan tumpukan/lapisan padi 50cm, didapati kadar beras pecah pada lapisan atas sebanyak 7,35% sedangkan pada lapisan bawah 13,80%.

Pengering fluidisasi dapat digunakan untuk mengatasi kelemahan dari cara dan alat pengering yang ada. Pengering fluidisasi mempunyai beberapa kelebihan yaitu laju perpindahan panas dan massa cukup tinggi karena kontak antara udara panas pengering dengan bahan yang dikeringkan cukup baik, temperatur dan kadar air seragam, konstruksi sederhana, kapasitas pengeringan tinggi.

Tujuan penelitian ini menganalisa karakteristik pengering fluidisasi terintegrasi dengan tungku biomassa untuk mengeringkan padi.

METODE PENELITIAN

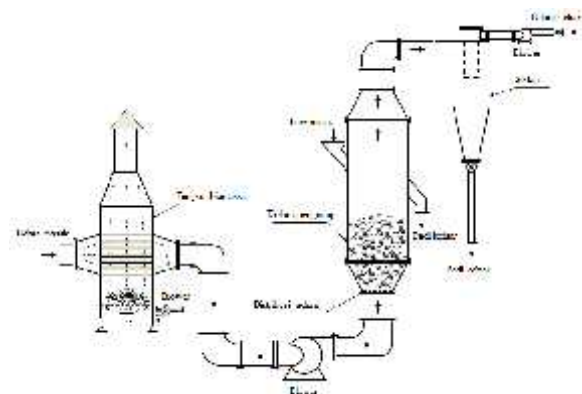
Photo dan skema alat pengering fluidisasi terintegrasi dengan tungku biomassa ditunjukkan pada Gambar (1-2). Alat pengering ini terdiri dari beberapa komponen utama yaitu tungku biomassa, kolom pengering (fluidized bed), siklon, dan blower. Tungku biomassa terdiri dari ruang bakar, pipa pemindah panas dan cerobong asap. Dimensi ruang bakar 70x70x75cm, dinding ruang bakar terdiri dari tiga lapis, lapisan bagian dalam dan luar digunakan semen dan lapisan bagian tengah digunakan batu bata. Pipa pemindah panas digunakan mild steel dengan diameter 2in sebanyak 16 unit. Kolom pengering (fluidized bed) terdiri dari ruang pengering, distribusi aliran udara, saluran masuk dan keluar padi, kolom pengering bagian depan ditutupi dengan kaca bening dengan tebal 5 mm, bagian samping dan belakang ditutupi dengan plat aluminium tebal 3mm, sedangkan distributor udara digunakan kawat kasa aluminium. Siklon ditutupi dengan plat aluminium dengan tebal 3mm. Blower digunakan jenis sentrifugal sebanyak 3 unit, satu unit dengan daya 3,7kW dan dua unit dengan daya 0,15kW.

Prinsip kerja dari pengering padi jenis fluidisasi

terintegrasi dengan tungku biomassa surya adalah udara dari lingkungan dialirkan ke tungku biomassa menggunakan blower. Pada tungku biomassa udara dipanaskan dengan memanfaatkan energi bahan bakar, kemudian udara panas dialirkan ke kolom pengering untuk proses pengeringan. Pada kolom pengering padi diapungkan atau diterambangkan oleh udara panas dengan tujuan agar padi menerima energi panas yang seragam dan sehingga menghasilkan kadar air akhir padi seragam.



Gambar 1. Photo Pengering fluidisasi terintegrasi dengan tungku biomassa.



Gambar 2. Skema pengering fluidisasi terintegrasi dengan tungku biomassa.

Penelitian dilakukan di Institut Teknologi Padang, Sumatera Barat. Padi dibeli kepada petani yang baru dipanen di Padang, kemudian sebanyak 12 kg dimasukkan ke dalam kolom pengering untuk proses pengeringan. Temperatur udara masuk dan keluar tungku biomassa dan kolom pengering diukur menggunakan termokopel tipe T dengan akurasi $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$, kecepatan aliran udara diukur menggunakan anemometer (HT-383) dengan range $0-30 \text{ ms}^{-1}$, akurasi 0.2 ms^{-1} . Perubahan berat padi diukur menggunakan timbangan (TKB-0.15) dengan kemampuan $0-15\text{kg}$, akurasi $\pm 0,05 \text{ kg}$. Bahan ditimbang dan temperatur diukur setiap 5 menit. Temperatur udara dicatat menggunakan data logger (AH4000) dengan akurasi pembacaan \pm

0.1°C. Kadar air padi dianalisa menggunakan metoda gravimetri. Selama proses pengeringan, pengukuran parameter-parameter pengeringan, ketidakpastian yang terjadi ditunjukkan pada Tabel 1. Estimasi ketidakpastian ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut (Sevik, 2014):

$$W_R = \left[\left(\frac{\partial R}{\partial x_1} w_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial x_2} w_2 \right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial R}{\partial x_n} w_n \right)^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

Karakteristik alat pengering ditentukan menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut. Kadar air padi basis basah ditentukan dengan persamaan berikut:

$$M_C = \frac{m_w}{m_w + m_d} \quad (2)$$

di mana M_C adalah kadar air basis basah (%), m_w adalah massa air (kg) dan m_d adalah massa padatan (kg).

Laju ekstraksi panas dari tungku biomassa atau energi panas (termal) yang digunakan untuk proses pengeringan ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$E_{Ubb} = \dot{m}_{udara} C_{Pudara} (T_o - T_i) \quad (3)$$

di mana \dot{m}_{udara} adalah laju aliran massa udara (kg/s), C_{Pudara} adalah panas spesifik udara ($J \text{ kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$), dan T_i dan T_o adalah masing-masing temperatur masuk dan keluar tungku biomassa ($^\circ\text{C}$).

Laju pengeringan adalah massa air yang diuapkan dari bahan per waktu ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$\dot{m}_{air} = \frac{m_{air}}{t} \quad (4)$$

di mana m_{air} adalah massa air yang diuapkan (kg) dan t adalah waktu pengeringan (detik). Massa air yang diuapkan dari bahan dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$m_{air} = \frac{m_p (M_i - M_f)}{(100 - M_f)} \quad (5)$$

di mana m_p adalah massa awal bahan (kg), M_i adalah kadar air awal bahan basis basah (%) dan M_f adalah kadar air akhir bahan basis basah (%).

Konsumsi energi termal spesifik (STEC) didefinisikan sebagai perbandingan antara input energi bahan bakar (kW) dengan air yang diuapkan dari dalam bahan (kg/jam), dan ditentukan menggunakan persamaan berikut (Ibrahim et al. 2014):

$$STEC = \frac{E_{bb}}{\dot{m}_{air}} \quad (6)$$

Energi termal bahan bakar dapat ditentukan seperti berikut:

$$E_{bb} = \dot{m}_{bb} CV_{bb} \quad (7)$$

di mana \dot{m}_{bb} adalah laju konsumsi bahan bakar (arang tempurung kelapa) (kg/s) dan CV_{bb} adalah nilai kalor bahan bakar (kcal/kg). Nilai kalor arang tempurung kelapa 7600 kcal/kg (Triono, 2006).

Konsumsi energi listrik spesifik (SEEC) didefinisikan sebagai perbandingan antara input energi listrik (kW) untuk menggerakkan blower dengan air yang diuapkan dari dalam bahan (kg/jam), dan ditentukan menggunakan persamaan berikut (Ibrahim et al. 2014):

$$SEEC = \frac{E_{bfb} + E_{btb} + E_{bs}}{\dot{m}_{air}} \quad (8)$$

di mana E_{bfb} , E_{btb} dan E_{bs} adalah konsumsi energi listrik oleh blower adalah masing-masing pada kolom pengering, tungku biomassa dan siklon.

Konsumsi energi listrik oleh blower dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$E_{bfb} = \sqrt{3} V I \text{Cos} \quad (3 \text{ phase}) \quad (9)$$

$$E_{btb} \text{ dan } E_{bs} = V I \text{Cos} \quad (1 \text{ phase}) \quad (10)$$

di mana V adalah tegangan (Volt), I adalah arus listrik (Amp) dan Cos adalah faktor daya.

Konsumsi energi spesifik (SEC) didefinisikan sebagai perbandingan antara total input energi pada sistem pengering (kW) dengan air yang diuapkan dari dalam bahan (kg/jam), dan ditentukan menggunakan persamaan berikut (Fatouh et al. 2006):

$$SEC = \frac{E_{bfb} + E_{bfb} + E_{bfb} + E_{bs}}{\dot{m}_{air}} \quad (11)$$

Efisiensi termal sistem pengering merupakan nisbah energi yang digunakan untuk menguapkan air dalam bahan (kW) dengan total input energi pada sistem pengering (kW), dan ditentukan menggunakan persamaan berikut:

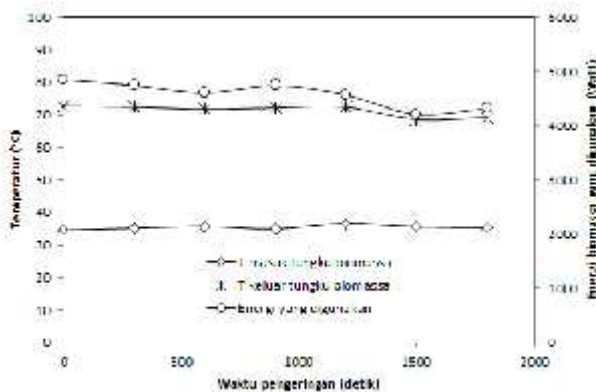
$$\eta_{th} = \frac{\dot{m}_{air} H_{fg}}{E_{bfb} + E_{bfb} + E_{bfb} + E_{bs}} \quad (12)$$

di mana H_{fg} adalah panas laten penguapan (kJ/kg).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sebuah alat pengering fluidisasi terintegrasi dengan tungku biomassa mengeringkan padi telah dilakukan. Padi dikeringkan sebanyak 12 kg dengan laju aliran massa udara 0,126 kg/s. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 3 sampai 9.

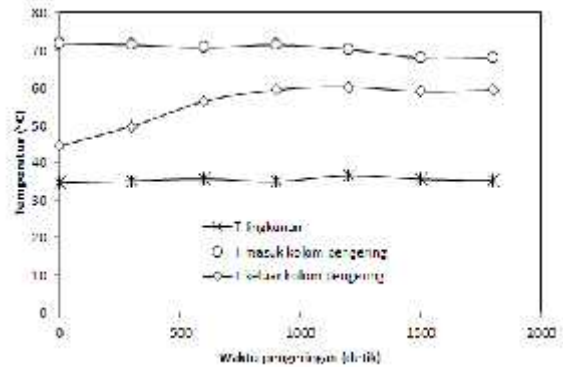
Gambar 3 merupakan hubungan antara temperatur udara masuk dan keluar tungku biomassa serta energi berguna biomassa terhadap waktu pengeringan pada laju aliran massa udara 0,1256 kg/s. Temperatur udara masuk dan keluar tungku biomassa bervariasi, masing-masing dari 34,7°C kepada 36,6°C dan 68,6°C kepada 72,7°C, dengan rata-rata 35,4°C dan 71,3°C. sementara itu, Energi termal yang dapat digunakan dari biomassa bervariasi dari 4210 W kepada 4848 W, dan rata-rata sebanyak 4579 W.



Gambar 3. Temperatur dan energi berguna biomassa vs waktu pengeringan pada laju aliran massa udara 0.1256 kg/s

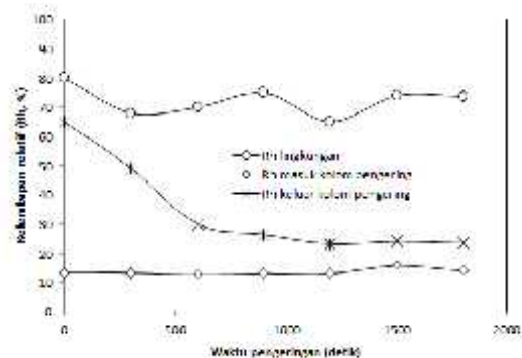
Gambar 4 menunjukkan hubungan temperatur udara lingkungan, masuk dan keluar kolom pengering

pengering. Temperatur lingkungan rata-rata didapati sebanyak 35,4°C. Temperatur udara masuk dan keluar kolom pengering bervariasi masing-masing dari 68,1°C kepada 71,8°C. dan 44,5°C kepada 59,5°C, dan rata-rata 70°C dan 55,6°C. Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa temperatur udara keluar kolom pengering makin lama makin meningkat, hal ini disebabkan oleh laju perpindahan panas makin berkurang.



Gambar 4. Temperatur vs waktu pengeringan.

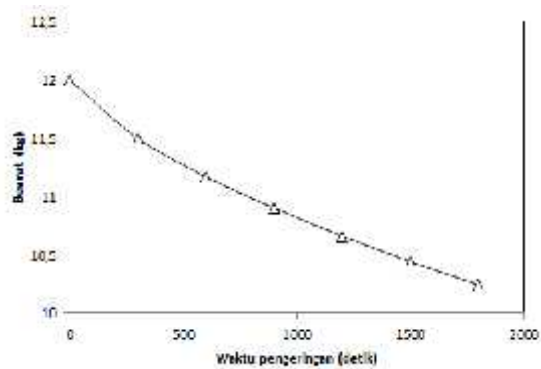
Hubungan kelembapan relatif udara lingkungan, masuk dan keluar kolom pengering ditampilkan pada Gambar 5. Kelembapan relatif udara lingkungan rata-rata didapati sebanyak 72,3%. Kelembapan relatif udara masuk dan keluar kolom pengering bervariasi, masing-masing dari 12,7% kepada 15,7% dan 23,2% kepada 65% dengan rata-rata 13,6% dan 34,5%. Dari Gambar 5 juga dapat dilihat bahwa kelembapan relatif udara keluar pengering makin lama makin menurun, hal ini disebabkan oleh laju perpindahan massa makin berkurang.



Gambar 5. Kelembapan relatif vs waktu pengeringan.

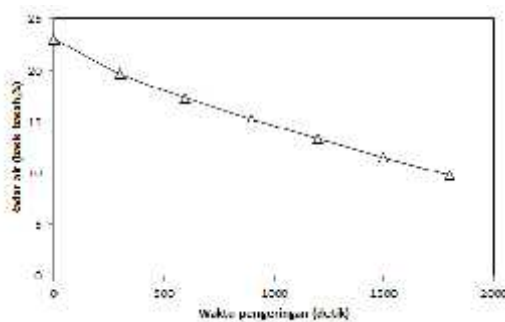
Gambar 6 menunjukkan hubungan perubahan berat padi terhadap waktu pengeringan. Pengeringan padi melalui pengering fluidisasi terintegrasi dengan tungku biomassa pada temperatur rata-rata 70°C, pengering ini mampu mengurangi berat padi dari

12kg kepada 10.74kg selama 1007 detik.



Gambar 6. Berat vs waktu pengeringan.

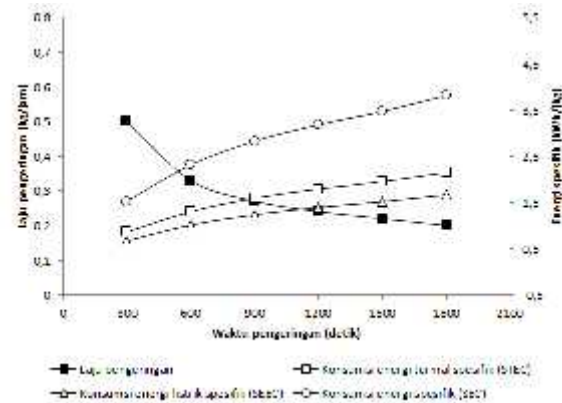
Gambar 7 menampilkan hubungan antara kadar air padi terhadap waktu pengeringan. Padi dikeringkan dari 23% basis basah hingga kadar air akhir Standar Nasional Indonesia (SNI) sebesar 14% memerlukan waktu 1007 detik dengan temperatur rata-rata 70°C.



Gambar 7. Kadar air vs waktu pengeringan.

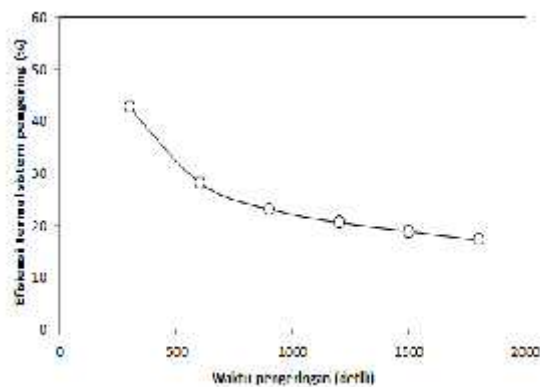
Gambar 8 menunjukkan laju pengeringan padi dan energi spesifik terhadap waktu pengeringan. Laju pengeringan minimum, maksimum dan rata-rata yang dihasilkan pengering fluidisasi terintegrasi dengan tungku biomassa dengan temperatur pengering rata-rata 70°C dan laju aliran massa udara 0,1256 kg/s, masing-masing adalah 0.5 kg, 0.2 kg dan 0.335 kg setiap 300 detik. Sementara itu konsumsi energi termal spesifik minimum, maksimum dan rata-rata adalah 0,86 kWh/kg, 2,15 kWh/kg dan 1,61 kWh/kg. Konsumsi energi listrik spesifik minimum, maksimum dan rata-rata adalah 0,67 kWh/kg, 1,67 kWh/kg dan 1,25 kWh/kg serta konsumsi energi spesifik minimum, maksimum dan rata-rata adalah 1,53 kWh/kg, 3,81 kWh/kg dan 2,85 kWh/kg. Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa garis laju pengeringan makin lama makin landai, hal ini disebabkan oleh air yang diuapkan dari pada bahan (padi) makin lama makin berkurang. Dan juga pada Gambar 8 juga terlihat bahawa konsumsi energi termal spesifik, konsumsi energi listrik

spesifik, dan konsumsi energi listrik spesifik makin lama makin meningkat, hal ini disebabkan oleh air yang diuapkan dari padi berkurang setiap waktu sedangkan energi input sistem pengering dapat dikatakan tetap.



Gambar 8. Laju pengeringan dan energi spesifik vs waktu pengeringan.

Efisiensi termal pengering fluidisasi terintegrasi dengan tungku biomassa pada temperatur rata-rata 70°C dan laju aliran massa udara 0,1256 kg/s ditunjukkan pada Gambar 9. Efisiensi termal didapati bervariasi dari 17% kepada 42.49% dan rata-rata 24.93%.



Gambar 9. Efisiensi termal sistem pengering vs waktu pengeringan.

Tabel 1 Ketidakpastian parameter selama pengujian pengeringan padi

Parameter	Satuan	Ketidakpastian
<u>Diukur</u>		
Temperatur udara lingkungan	°C	± 0.17
Temperatur udara masuk tungku biomassa	°C	± 0.17

Temperatur udara keluar tungku biomassa	°C	± 0.17
Temperatur udara masuk kolom pengering	°C	± 0.17
Temperatur udara keluar kolom pengering	°C	± 0.17
Kelembapan relatif udara lingkungan	%	± 0.17
Kelembapan relatif udara masuk tungku biomassa	%	± 0.22
Kelembapan relatif udara keluar tungku biomassa	%	± 0.22
Kelembapan relatif udara masuk kolom pengering	%	± 0.22
Kelembapan relatif udara keluar kolom pengering	%	± 0.22
Kecepatan udara	m/s	± 0.24
Perubahan berat sampel	g	± 0.014
Perubahan berat bahan	kg	± 0.11
Nilai pembacaan tabel (ρ , C_p , dan H_{fg})	-	± 0.1-0.2
Waktu pengukuran	min	± 0.1

Dihitung

Laju aliran massa udara	kg/s	± 0.26
Konsumsi tenaga blower	kW	± 0.037
Kadar air	g air/g bahan lembab	± 0.024
Laju ekstraksi energi panas (termal) dari tungku biomassa (energi berguna)	kW	± 0.368
Laju pengeringan	Kg/jam	± 0.180
Konsumsi energi termal spesifik (STEC)	kWh/kg	± 0.310
Konsumsi energi listrik spesifik (SEEC)	kWh/kg	± 0.196
Konsumsi energi (total) spesifik (SEC)	kWh/kg	± 0.366
Efisiensi termal pengering	%	± 0.380

KESIMPULAN

Sebuah alat pengering fluidisasi terintegrasi dengan tungku biomassa telah diuji. Padi dikeringkan sebanyak 12 kg dengan kadar air awal 23% pada

temperatur dan kelembapan relatif udara pengering 70°C dan 13,6%, dan laju aliran massa udara 0,01256 kg/s hingga 10.74kg dengan kadar air akhir 14% (SNI) memerlukan waktu dan bahan bakar, masing-masing: 1007 detik dan 1.12 kg. Laju pengeringan rata-rata yang dapat dicapai sebesar 0.335 kg setiap 300 detik. Konsumsi energi termal spesifik rata-rata, konsumsi energi listrik spesifik rata-rata, dan konsumsi energi spesifik rata-rata masing-masing: 1,61 kWh/kg, 1,25 kWh/kg, dan 2,85 kWh/kg. Sementara itu efisiensi termal pengering rata-rata dapat dicapai sebesar 24.93%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional. 2008. Standar Nasional Indonesia Beras Giling, SNI 6128:2008. *Badan Standardisasi Nasional*, Jakarta. 9 hlm.
- [2] Fatouh, M., Metwally, M.N., Helali, A.B. and Shedid, M.H. 2006. Herb drying using heat pump dryer. *Energy Conversion & Management*. 47: 2629-2643.
- [3] Ibrahim, M.M., Sarker, M.S.H., N. Aziz, AB. And P.Salleh, M. 2014. *Drying performance and overall energy requisite of industrial inclined bed paddy drying in Malaysia*. Journal of Engineering Science and Technology. Vol.9(4): 398-409.
- [4] Iswari, K. 2011. *Survei mutu beras di Sumatera Barat*. Kerja sama Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Barat dengan Dinas Sosial Provinsi Sumatera Barat.
- [5] Nugraha, S., A. Setyono, dan D.S. Damardjati. 1990. *Pengaruh keterlambatan perontokan padi terhadap kehilangan dan mutu*. Kompilasi Hasil Penelitian 1988/1989, Pascapanen. Balai Penelitian Tanaman Pangan Sukamandi.
- [6] Purwadaria, H.K. 1995. Problems and Priorities of Grain Dr 310 ying in Indonesia, in: Grain Drying in 311 Asia. Proceedings of an international Conference held at the 74 FAO Regional Office for 312 Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand, *ACIAR Proceedings No. 71* (1995), pp. 201–209.

- [7] Rachmat, R.,S. Lubis, S. Nugraha, dan R. Thahir. 2002. Teknologi penanganan gabah basah dengan model pengeringan dan penyimpanan terpadu. *Majalah pangan Media komunikasi dan Informasi*. XI (39):57-63.
- [8] Sevik, S. 2014. Experimental investigation of a new design solar-heat pump dryer under the different climatic condition and drying behavior of selected product. *Solar Energy*. 105:190-205.
- [9] Tabasum, M., and V.K. Jindal.1992. Effect of drying on moisture removal rate and head yield of basmati-370, *Pakistan J. Agric. Res. Technol.*, Vol.13, No.4:312-319.
- [10] Thahir, R. 2000. Pengaruh aliran udara dan ketebalan pengeringan terhadap mutu gabah keringannya. *Buletin Enjiniring Pertanian VII (1&2):1-5*. Yusnira. 2005. Pemilihan metoda pemisahan untuk menentukan kadar kurkuminoid pada rimpang temulawak dan korelasinya dengan pola spektrum Ftin. *Thesis master*, Institut PertanianBogor (IPB).
- [11] Wongpornchai, S., K. Dumri, Jongkaewwattana, S, dan B. Siri. 2003. Effects of drying methods aand storage time on the aroma and milling quality of rice (*Oryza Sativa L*) Cv. Khao Dawk Mali 105. *Journal of food Chemistry*. Volume 87, Issue 3:407-414.