

## PENGARUH KECEPATAN UDARA PADA ALAT PENGERING JAGUNG DENGAN MEKANISME PENUKAR KALOR

**Ida Bagus Alit**

Dosen  
Universitas Mataram  
Jurusan Teknik Mesin  
alit.ib@unram.ac.id

**I Gede Bawa Susana**

Dosen  
Universitas Mataram  
Jurusan Teknik Mesin  
gedebawa@unram.ac.id

*The purpose of this study was to design and determine the performance of a dryer for drying corn with biomass burning energy sources. The dryer consists of a biomass stove, a heat exchanger, and a drying cabinet. The dimensions of the biomass stove are 500 x 500 x 800 mm with a diameter and hole distances of the biomass stove wall is 10 mm and 50 mm, respectively. The heat exchanger pipe diameter is 25.5 mm, the drying cabinet 500 x 500 x 600 mm, and the biomass was rice husk. The heat exchanger is made of stainless steel pipes arranged in a parallel arrangement. A heat exchanger pipe connects the biomass stove to the drying cabinet in order to avoid drying products from burning biomass contamination. The results showed that the drying rate could be faster if the air velocity increases. Drying corn in order to reduce water content from 19% to 12% takes 47 minutes with an air velocity of 3 m/s.*

**Keywords:** Dryer, Heat Exchanger, Corn, Rice Husk, Air Velocity.

### 1. PENDAHULUAN

Jagung merupakan kebutuhan pangan yang penting selain padi dan gandum. Tanaman ini berasal dari daratan Amerika dan menyebar ke daerah sub-tropis dan tropis termasuk Indonesia. Di Indonesia, jagung digunakan sebagai bahan makanan pakan, bibit, dan untuk bahan industri olahan. Sebagian besar jagung digunakan untuk makanan yaitu sebesar 48,4%, penggunaan lainnya adalah untuk pakan 38,3%, bibit 1,2%, dan bahan industri olahan 6,2% [1]. Daerah-daerah dengan pola konsumsi beras dan jagung adalah Jawa Tengah, Jawa Timur, Nusa Tenggara Timur, Sulawesi Tenggara, dan Sulawesi Utara. Komposisi kimia jagung bervariasi tergantung jenis atau varietas jagung, keadaan tanah, dan iklim. Pada umumnya komposisi kimianya adalah protein, lemak, karbohidrat, dan abu. Kadar air jagung yang siap dipipil berada pada kisaran 17-30%. Agar kualitas jagung dapat terjaga dengan baik maka diperlukan penanganan paska panen [2]. Penanganan paska panen yang sering dilakukan adalah dengan proses pengeringan. Standar mutu yang digunakan sebagai acuan utama dalam pengeringan jagung adalah SNI 01-4438-1998. Berdasarkan SNI.01-4483-1998, persyaratan mutu standar jagung bahan baku pakan yang harus dipenuhi untuk komposisi kadar air maksimal sebesar 14%.

Pengeringan bertujuan untuk menurunkan kadar air hingga mencapai kadar air kesetimbangan sehingga mencegah tumbuhnya mikroorganisme pembusuk. Proses pengeringan bisa dilakukan dengan cara konvensional maupun menggunakan alat pengering. Alat pengering merupakan salah satu contoh tempat terjadinya proses perpindahan panas. Untuk meningkatkan temperatur pengeringan, maka alat pengering dibuat dengan menambahkan penukar kalor. Dalam [3,4] dijelaskan bahwa penukar kalor merupakan alat yang digunakan untuk implementasi pertukaran panas antara dua fluida yang berada pada perbedaan temperatur dan dipisahkan oleh dinding. Dalam penelitian [5,6], penukar kalor dirancang menggunakan pipa besi hitam Sch 40 diameter 1 inchi yang disusun paralel dan diletakkan di dalam tungku pembakaran dan bahan bakar yang digunakan adalah sekam padi. Penelitian [5] dilakukan dengan memvariasikan jarak lubang udara pada dinding tungku dan temperatur paling optimal di dalam ruang pengering diperoleh pada jarak lubang 50 mm. Penelitian [6] merupakan modifikasi dari penelitian [5] dengan menambahkan lubang abu pada tungku dan diperoleh bahwa semakin besar diameter lubang abu diiringi dengan semakin meningkatnya temperatur heat exchanger dan ruang pengering. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa sekam padi memberikan hasil yang memuaskan digunakan sebagai bahan bakar untuk proses pengeringan.

Penelitian penggunaan alat pengering telah banyak dilakukan, seperti penggunaan alat pengering surya untuk mengeringkan cabai dengan konveksi paksa. Sistem yang dibuat terdiri dari kolektor surya plat datar,

*blower* sentrifugal dan rak pengering. *Blower* mengalirkan udara dengan laju aliran udara sebesar 0.25 Kg/s. Efisiensi alat pengering yang dirancang adalah sebesar 21% [7]. Modifikasi plat kolektor datar menjadi plat V bergelombang telah diteliti dengan tujuan meningkatkan luasan permukaan kolektor surya. Alat ini digunakan untuk mengeringkan pisang. Hasilnya efisiensi thermal diperoleh rata-rata sebesar 31,5% untuk menurunkan massa pisang dari 2 kg menjadi 0,56 kg [8]. Pengujian penggunaan alat pengering *fluidized bed* juga telah banyak diteliti. Sistem ini terdiri dari *blower*, pemanas, dan rak pengering. Alat ini biasanya digunakan untuk mengeringkan produk pertanian seperti padi dan jagung. Parameter yang diamati adalah kadar air, kelembaban udara, dan waktu pengeringan. Hasilnya, semakin tinggi temperatur pengeringan maka waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan bahan lebih cepat [9].

Penggunaan energi selain matahari maupun sistem hybrid juga telah dikembangkan, seperti penggunaan elemen pemanas listrik. Alat ini digunakan untuk mengeringkan mangga dengan variasi temperatur dalam ruang pengering [10]. Pengering hybrid biomassa-solar digunakan untuk mengeringkan kacang tanah dan singkong. Biomassa yang digunakan adalah arang kayu [11]. Pemanfaatan *syngas* hasil gasifikasi biomassa sebagai salah satu sumber energi pengeringan hybrid juga telah dilakukan. Uji kinerja pengering dilakukan dalam dua mode operasi, yaitu konveksi paksa hybrid dan konveksi alami-hybrid. Waktu pengeringan dan efisiensi pengeringan selama dua mode operasi ini diperkirakan dan dibandingkan dengan pengeringan matahari. Sistem ini mampu mencapai suhu pengeringan antara 50°C dan 70°C [12].

Biomassa merupakan bahan organik yang berasal dari limbah pertanian, tumbuh-tumbuhan, serta hewan. Biomassa digunakan sebagai bahan bakar untuk proses pengeringan melalui mekanisme konversi energi termal. Dalam penelitian [10] mendesain suatu unit model untuk pengeringan serat *falm* kapasitas 2,5 kg dan meliputi zona bawah tempat pembakaran biomassa padat dengan bagian atasnya *gas to gas heat exchanger*, serta zona paling atas untuk aliran udara dingin dan gas buang. Penelitian [11] merancang alat pengering yaitu tungku dengan bahan bakar biomassa sabut kelapa yang terpisah dengan penukar kalor yang disusun dari berkas pipa paralel. Penelitian ini menghasilkan temperatur rata-rata dalam ruang pengering dengan beban 20 kg ikan teri yaitu 41,30°C. Penelitian [5, 6] menggunakan biomassa sekam padi sebagai sumber energi dan pengujian dilakukan di dalam ruang pengering tanpa beban menghasilkan rerata temperatur 71,10°C dan temperatur tertinggi 109,2°C dengan rerata 72,79°C. Penggunaan biomassa sekam padi memberikan nilai tambah baik bagi petani maupun masyarakat sebagai pengguna. Dalam [12] dinyatakan bahwa nilai kalor sekam padi adalah 11-15,3 MJ/kg. Berdasarkan hasil penelitian [13] menunjukkan bahwa untuk mendidihkan 2 liter air menggunakan bahan bakar 1 kg sekam padi dibutuhkan waktu 15 menit dan 1,2 kg kayu bakar dengan waktu 21 menit. Biomassa ini digunakan dalam proses pengeringan sebagai alternatif saat cuaca hujan atau mendung dan tidak terikat oleh waktu, serta dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil.

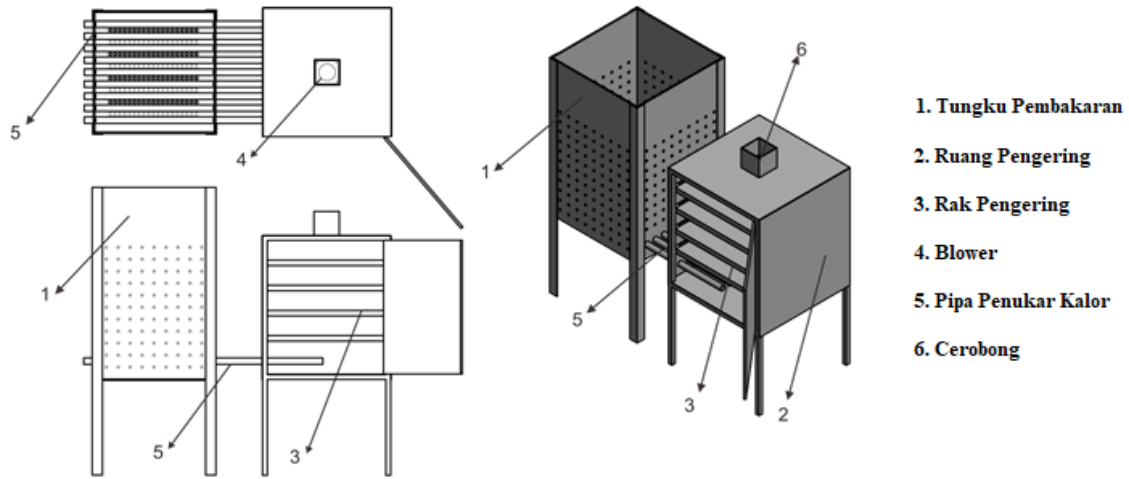
Berdasarkan hal tersebut di atas maka dalam penelitian ini dikaji pengeringan jagung pipilan yang lebih optimal dengan memanfaatkan biomassa dari limbah sekam padi. Biomassa sekam padi dikonversikan menjadi energi termal dengan memanfaatkan tungku ber penukar kalor. Penggunaan metode ini untuk mengatasi kelemahan energi surya baik penggunaan secara langsung maupun menggunakan kolektor surya terutama dalam kondisi mendung atau hujan. Untuk mendapatkan temperatur pengeringan jagung pipilan yang optimal, dilakukan variasi kecepatan udara dengan menggunakan pipa penukar kalor berbahan stainless steel tipe 201.

## 2. METODE DAN BAHAN

Bahan yang digunakan dalam meliputi biomassa sekam padi, jagung pipilan, pipa stainless steel, penukar kalor, tungku, *blower*, dimmer dan ruang pengering. Dalam penelitian ini dilakukan variasi kecepatan udara pada rak pengering. Material pipa penukar kalor dari stainless steel dan ruang pengering menggunakan bahan aluminium agar lebih ringan, murah, mudah dibentuk, dan tahan karat. Dibandingkan dengan penelitian [5, 6] dengan penukar kalor menggunakan pipa hitam dan ruang pengering dari material plat besi sehingga lebih berat, mudah berkarat. Dimensi ruang pengering adalah 500 mm x 500 mm x 600 mm. Dalam ruang pengering terdapat 4 buah rak dengan jarak masing-masing rak 150 mm. Tungku pembakaran dibuat dari bahan besi berbentuk plat. Dimensi tungku pembakaran 500 mm x 500 mm x 800 mm, tinggi kaki 400 mm, diameter dan jarak lubang dinding tungku pembakaran masing-masing 1 cm dan 5 cm. Bahan bakar yang digunakan adalah sekam padi dengan kapasitas 20 Kg.

Pada dasar di dalam tungku pembakaran diletakkan penukar kalor dengan pipa-pipa dari bahan stainless steel dan terhubung dengan ruang pengering dengan satu lintasan aliran. Diameter dalam pipa 1 in dan panjang masing-masing pipa 1 m sebanyak 9 buah. Udara panas di dalam pipa-pipa penukar kalor hasil dari proses perpindahan panas pembakaran biomassa sekam padi dialirkan ke dalam ruang pengering. Sistem konveksi paksa digunakan untuk sirkulasi udara pada ruang pengering menggunakan *blower*. Kecepatan udara keluar

divariasikan sebesar 2 m/s dan 3 m/s, dengan luas penampang cerobong udara 0,01 m<sup>2</sup>. Massa jagung pipilan yang dikeringkan dalam ruang pengering adalah konstan sebesar 4 kg dengan masing-masing rak diisi 1 kg dan proses pengeringan dari kadar air 19% menjadi 12%. Pencatatan kadar air dilakukan setiap 60 menit dan pencatatan temperatur setiap 5 menit. Alat ukur yang digunakan dalam penelitian meliputi timbangan digital, anemometer, moisture meter, thermocouple tipe K, data logger, dan stopwatch. Design alat pengering seperti disajikan pada Gambar 1.



**Gambar 1:** Desain alat pengering

Data yang diukur meliputi temperatur pipa penukar kalor, ruang pengering, lingkungan, massa awal dan massa kering jagung pipilan, waktu pengeringan, penurunan biomasa sekam padi. Kadar air produk kering dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$K_a = \frac{m_t - m_k}{m_t} \times 100 \% \quad (1)$$

$K_a$  adalah kadar air (%) yang mempengaruhi proses pengeringan;  $m_t$  adalah massa awal bahan (kg); dan  $m_k$  adalah massa kering bahan (kg) yang diperoleh dengan memanaskan bahan dengan temperatur 105-110°C selama 3 jam atau sampai tidak ada penurunan berat.

Laju pengeringan,  $\dot{m}_p$  (kg/s) merupakan perbandingan antara massa air yang diuapkan,  $m_w$  (kg) dengan waktu pengeringan,  $t$  (detik).

$$\dot{m}_p = \frac{m_w}{t} \quad (2)$$

Massa air yang diuapkan,  $m_w$  merupakan massa air yang hilang akibat adanya proses pengeringan pada alat pengering.

$$m_w = m_t - m_p \quad (3)$$

$m_p$  adalah massa bahan setelah dikeringkan (kg).

Efisiensi pengeringan,  $\eta$  merupakan perbandingan antara jumlah panas yang digunakan untuk pengeringan,  $Q$  (kJ) dengan perpindahan energi dari udara panas ke bahan,  $q$  (kJ) seperti ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$\eta = \frac{Q}{q} \times 100\% \quad (4)$$

dengan  $Q = Q_1 + Q_2$ .  $Q_1$  merupakan panas sensibel bahan (kJ) yaitu jumlah panas yang digunakan untuk memanaskan bahan dan menaikkan temperatur air di dalam bahan.

$$Q_1 = m_t \cdot C_{pb} (T_b - T_a) \quad (5)$$

$C_{pb}$  adalah panas jenis bahan (kJ/°C),  $T_b$  adalah temperatur bahan (°C) dan  $T_a$  adalah temperatur lingkungan (°C).  $Q_2$  merupakan panas laten penguapan air pada bahan.

$$Q_2 = m_w \times h_{fg} \quad (6)$$

$h_{fg}$  adalah panas laten penguapan air (kJ/kg).

Perpindahan energi dari udara panas ke bahan yang dikeringkan,  $q$  ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$q = \rho_u \cdot V_u \cdot C_{pu} (T_{in} - T_{out}) \quad (7)$$

$\rho_u$  adalah massa jenis udara pengeringan ( $\text{kg/m}^3$ ),  $C_{pu}$  adalah panas jenis udara ( $\text{kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ),  $T_{in}$  adalah temperatur udara masuk ( $^\circ\text{C}$ ), dan  $T_{out}$  adalah temperatur udara keluar.

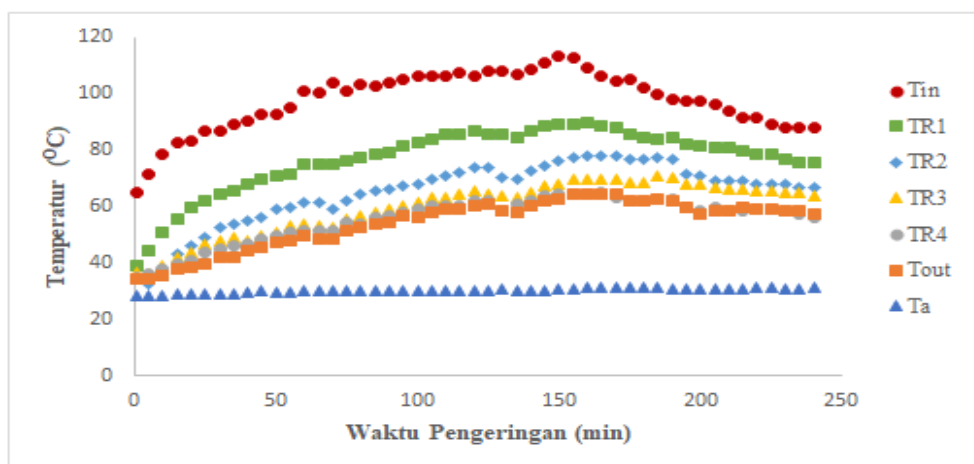
### 3. HASIL DAN DISKUSI

Langkah awal yang dilakukan yaitu menentukan kadar air melalui pengujian 200 gram jagung pipil dengan memanaskan di dalam oven selama 3,5 jam pada temperatur  $105^\circ\text{C}$  dan diperoleh kadar air awal jagung sebesar 19%. Berdasarkan kadar air tersebut, selanjutnya dilakukan pengujian untuk variasi kecepatan udara pada ruang pengering terhadap penurunan kadar air.

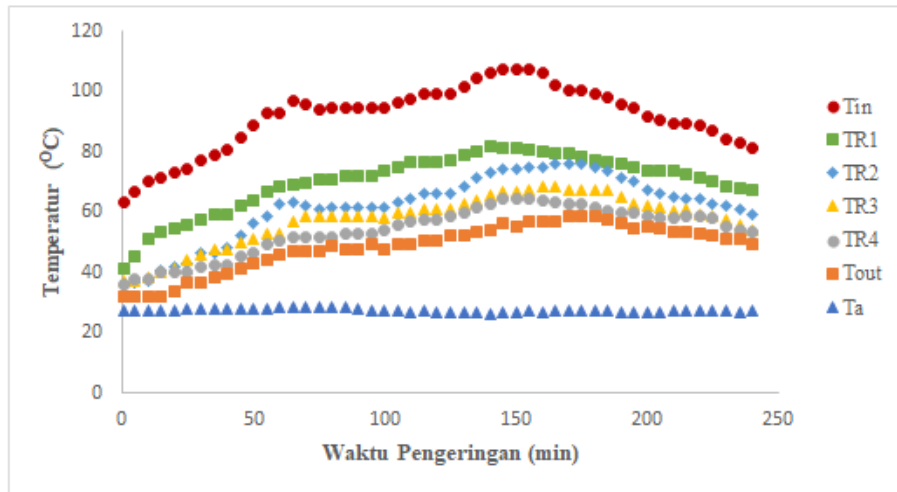
**Table 1:** Data temperatur dan massa jagung

Kec. Udara (m/s)	Waktu (menit)	$T_a$ ( $^\circ\text{C}$ )	Temperatur Ruang Pengering ( $^\circ\text{C}$ )						Massa Jagung (Kg)				Massa Total (Kg)
			$T_{in}$ ( $^\circ\text{C}$ )	$TR_1$ ( $^\circ\text{C}$ )	$TR_2$ ( $^\circ\text{C}$ )	$TR_3$ ( $^\circ\text{C}$ )	$TR_4$ ( $^\circ\text{C}$ )	$T_{out}$ ( $^\circ\text{C}$ )	Rak 1	Rak 2	Rak 3	Rak 4	
2	0	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	4
	60	29,17	85,86	61,20	49,38	45,92	43,93	41,50	0,946	0,940	0,925	0,908	3,721
	120	30,15	104,1	80,14	66,30	59,01	56,56	54,49	0,902	0,893	0,871	0,854	3,520
	180	30,79	107,8	87,13	74,97	67,33	62,70	61,93	0,868	0,855	0,838	0,827	3,388
	240	30,98	93,90	80,22	70,53	66,94	59,42	59,47	0,853	0,842	0,826	0,818	3,339
3	0	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	4
	60	27,76	78,13	56,81	46,67	45,04	42,38	37,51	0,928	0,921	0,909	0,902	3,660
	120	27,79	95,68	72,55	62,80	58,60	53,66	48,37	0,892	0,885	0,858	0,849	3,484
	180	26,93	103,2	79,43	72,77	65,78	62,21	55,41	0,859	0,847	0,830	0,817	3,353
	240	27,09	90,24	72,71	66,31	60,98	58,08	53,88	0,849	0,839	0,822	0,813	3,323

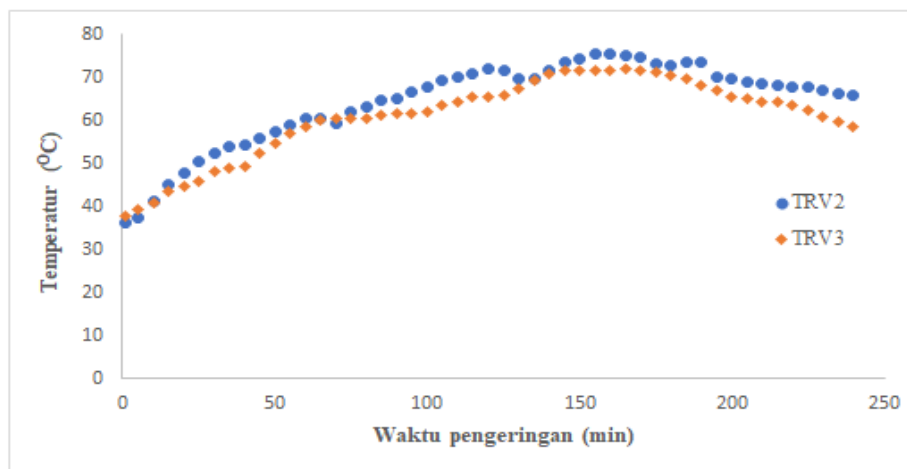
Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola distribusi temperatur pada ruang pengering memiliki pola yang sama untuk variasi kecepatan udara seperti terlihat dalam Gambar 2 dan 3.  $T_a$  adalah temperatur lingkungan dan tidak mengalami perubahan secara signifikan.  $T_{in}$  merupakan temperatur masuk ke dalam ruang pengering yang berasal dari temperatur keluar pipa penukar kalor. Distribusi temperatur rak 1 ( $TR_1$ ) di dalam ruang pengering adalah paling tinggi jika dibandingkan dengan temperatur rak 2 ( $TR_2$ ), rak 3 ( $TR_3$ ), dan rak 4 ( $TR_4$ ) karena posisi paling dekat dengan temperatur input [14,15]. Semakin ke atas temperatur semakin kecil karena posisi rak semakin menjauhi sumber panas dan panas sudah diserap oleh produk yang dikeringkan.



**Gambar 2:** Distribusi temperatur pada ruang pengering pada kecepatan udara 2 m/s.

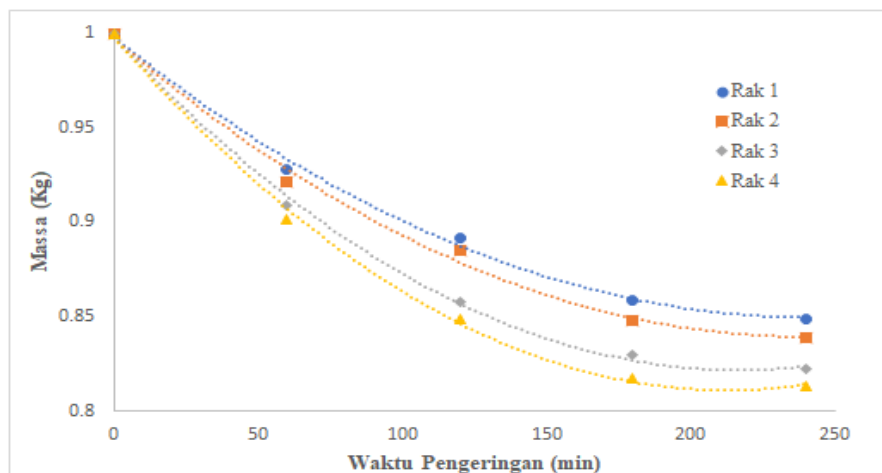


**Gambar 3:** Distribusi temperatur pada ruang pengering pada kecepatan udara 3 m/s.

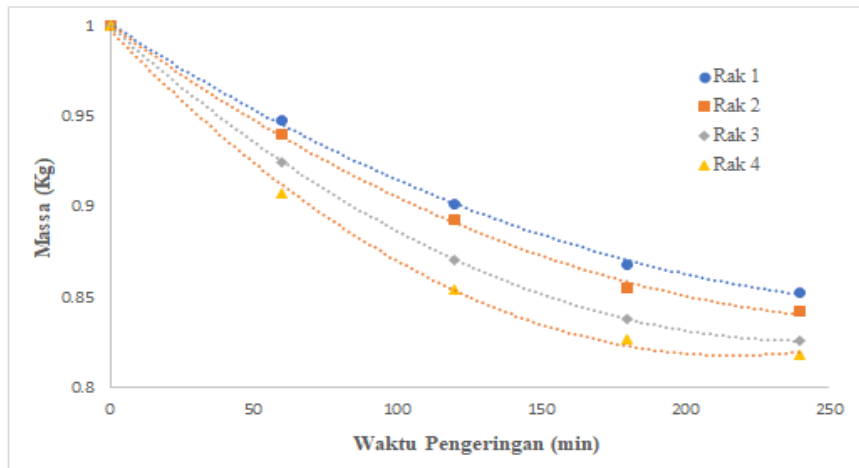


**Gambar 4:** Distribusi temperatur rerata rak pada variasi kecepatan udara

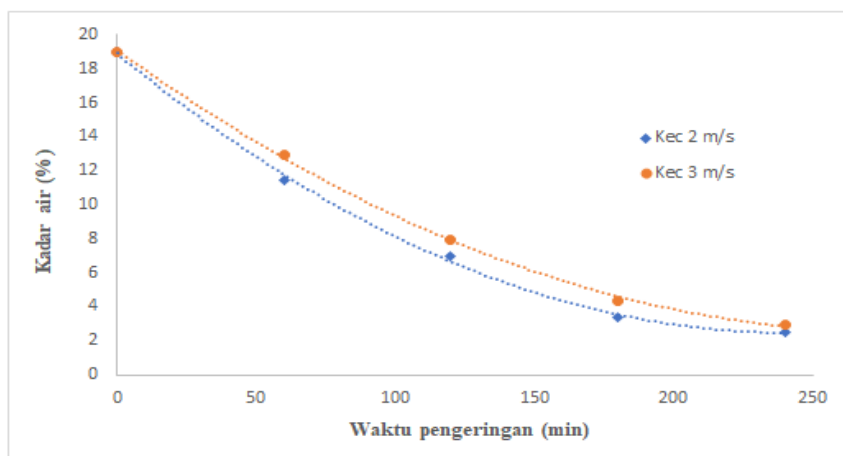
Gambar 4 memperlihatkan distribusi temperatur rerata rak untuk kecepatan udara 2 m/s (TRV2) dan 3 m/s (TRV3). Temperatur rerata rak untuk kecepatan udara 3 m/s sedikit lebih rendah dibandingkan dengan kecepatan udara 2 m/s. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi kecepatan udara maka perpindahan panas pada pipa penukar kalor akan semakin baik [16,17], sementara sumber panas pada tungku pembakaran tetap. Semakin cepatnya perpindahan panas pada pipa penukar kalor mengakibatkan temperatur pipa menurun. Menurunnya temperatur pipa penukar kalor juga akan mengakibatkan penurunan temperatur ruang pengering, karena panas pada ruang pengering bersumber pada pipa penukar kalor.



**Gambar 5:** Penurunan massa jagung pada kecepatan udara 2 m/s

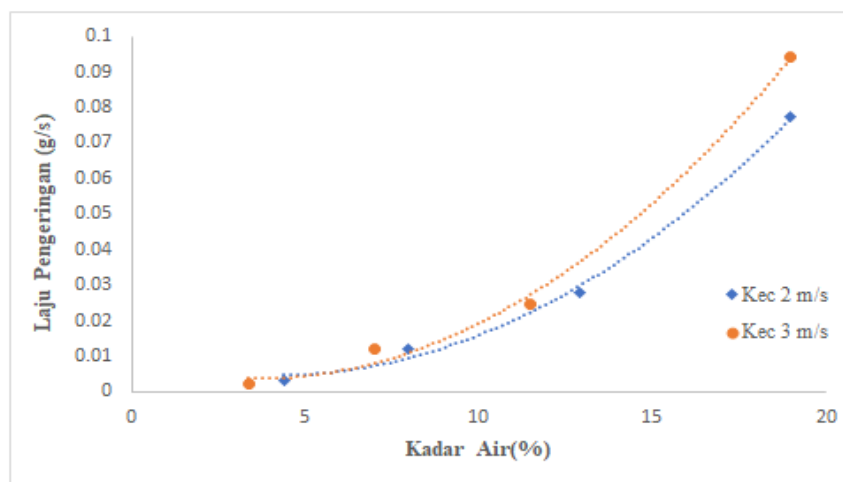


**Gambar 6:** Penurunan massa jagung pada kecepatan udara 3 m/s



**Gambar 7:** Kadar air jagung terhadap waktu pengeringan

Gambar 5 dan 6 memperlihatkan hubungan penurunan massa jagung pada setiap rak terhadap waktu pengeringan. Hasilnya penurunan massa jagung paling tinggi ke terendah terjadi pada rak 1, rak 2, rak 3 dan rak 4. Hal ini terjadi karena temperatur pada rak 1 lebih tinggi dari pada temperatur pada rak 2, rak 3 dan rak 4. Semakin tinggi temperatur rak mengakibatkan perpindahan panas pada jagung semakin cepat, sehingga massa jagung akan lebih cepat berkurang. Besarnya efisiensi ruang pengering adalah 18%.



**Gambar 8:** Laju pengeringan terhadap kadar air

Penurunan kadar air jagung pada awalnya relatif cepat kemudian seiring dengan penambahan waktu pengeringan, penurunan kadar air jagung semakin kecil. Hal ini terjadi karena semakin lama waktu pengeringan, maka kadar air pada jagung semakin sedikit dan akibatnya air pada jagung semakin susah untuk diuapkan. Dengan perlakuan awal yang sama untuk semua variasi kecepatan udara, maka diperoleh kadar air jagung pipilan untuk proses pengeringan selama 240 menit yaitu 3 % pada kecepatan udara 2 m/s dan 2,5% untuk kecepatan udara 3 m/s. Semakin rendah kadar air bahan maka laju pengeringan akan semakin lambat. Untuk mengeringkan jagung dari kadar air 19% samapai 2,5% pada kecepatan udara 3 m/s terjadi perubahan laju kadar air dari 0,09 g/s samapi 0,002 g/s. Sedangkan untuk mencapai kadar air 12 % pada kecepatan udara 2 dan 3 m/s masing-masing memerlukan waktu pengeringan selama 62 dan 47 menit.

#### 4. KESIMPULAN

Optimalisasi proses pengeringan pasca panen melalui pemanfaatan energi biomassa yang dikonversikan menjadi energi termal untuk menciptakan kemandirian energi bagi usaha kecil dan rumah tangga. Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa alat pengering mampu mengeringkan jagung dari kadar air 19% menjadi 12% dengan waktu 47 menit untuk kecepatan udara 3 m/s. Hasil pengeringan tidak terkontaminasi hasil pembakaran sekam karena proses pemindahan panas menggunakan pipa penukar kalor. Semakin tinggi kecepatan udara pengering akan mempercepat proses pengeringan.

#### 5. PERNYATAAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih pada Kementerian Ristek Dikti yang telah mendanai penelitian ini dengan kontrak Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi No. 01/E1/KPT/2019. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada Jurusan Teknik Mesin yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian ini. Tidak lupa penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada rekan-rekan yang telah berpartisipasi dalam membantu penelitian ini.

#### 6. NOMENKLATUR

$C_{pb}$	: Panas jenis bahan (Kj/°c)
$C_{pu}$	: Panas jenis udara (Kj/Kg.°c)
$h_{fg}$	: Enthalpi penguapan (Kj/Kg)
$K_a$	: Kadar air (%)
$m_t$	: Massa awal bahan (Kg)
$m_k$	: Massa kering bahan (kg)
$\dot{m}_p$	: laju pengeringan (Kg/s)
$m_w$	: Massa air yang hilang (Kg)
$m_p$	: Massa bahan setelah dikeringkan (Kg)
$Q$	: Jumlah panas yang digunakan untuk pengeringan (Kj)
$q$	: Perpindahan energi dari udara panas ke bahan (Kj)
$Q_1$	: Panas sensibel bahan (Kj)
$Q_2$	: Panas laten penguapan air (Kj)
$T_a$	: Temperatur lingkungan (°c)
$T_b$	: Temperatur bahan (°c)
$T_{in}$	: Temperatur masuk ruang pengering (°c)
$T_{out}$	: Temperatur keluar ruang pengering (°c)
$TR_1$	: Temperatur rak 1(°c)
$TR_2$	: Temperatur rak 2(°c)
$TR_3$	: Temperatur rak 3(°c)
$TR_4$	: Temperatur rak 4(°c)
$TRV2$	: Temperatur rerata rak pada kecepatan udara 2 m/s(°c)
$TRV3$	: Temperatur rerata rak pada kecepatan udara 3 m/s(°c)
$\rho_u$	: Massa jenis udara pengeringan (kg/m <sup>3</sup> )
$\eta$	: Efisiensi pengeringan (%)

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] SUTRISNO, K., *Teknologi pengolahan jagung (teori dan praktek)*, ebook pangan.com, 2009
- [2] ARSYAD, M., “Pengaruh pengeringan terhadap laju penurunan kadar air dan berat jagung untuk varietas bisi 2 dan nk22”, *Jurnal Agropolitan*, v. 5, n. 1, pp. 44-52, Juli 2018.
- [3] INCROPERA, F.P., DEWITT, D.P., BERGMAN T., AND LAVINE A., *Fundamental of heat and mass transfer*, Sixth edition., New York, John Wiley & Sons, 2006.
- [4] TERANG, U.H.S., MANIK, G., “Performasi alat penukar kalor udara-tanah yang menggunakan siklus terbuka di kota medan”, *Rekayasa Mesin*, v. 10, n. 2, pp. 147-154, 2019.
- [5] SUSANA, I.G.B., YUDHYADI, I.G.N.K., ALIT, I.B., MIRMANTO, AND OKARIAWAN, I.D.K., “Effect of hole spacing and number of pipe on dryer box temperature”, *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, v.8, n. 11, pp. 1029-1035, 2017.
- [6] SUSANA, I.G.B., MARA, I.M., OKARIAWAN, I.D.K., ALIT, I.B., AND ARYADI, I.G.A.K.C.A.W., “Ash hole variation in rice husk biomass furnace with parallel flow heat exchanger to drying box temperature”, *Arpn Journal of Engineering and Applied Sciences*, v. 14, n. 2, pp. 583-586, 2019.
- [7] MOHANRAJ, M., AND CHANDRA, S., “Performance of a force convection solar drier integrated with gravel as heat storage material for chili drying”, *Journal of Engineering Science and Technology*, v. 4, n. 3, pp. 305-314, 2009.
- [8] LINGAYAT, A., CHANDRAMOHAN, V. P., & RAJU, V. R. K., “Design, development and performance of indirect type solar dryer for banana drying”, *Energy Procedia*, v. 109, pp. 409-416, 2017.
- [9] YAHYA, M., “Kajian karakteristik pengering fluidisasi terintegrasi dengan tungku biomassa untuk pengeringan padi”, *Jurnal Teknik Mesin*, v. 5, n. 2, pp. 65-71, 2015.
- [10] YUNUS, Y.M., AL-KAYIEM, H.H., AND ALBAHARIN, K.A.K. 2011., “Design of a biomass burner/gas-to-gas heat exchanger for thermal backup of a solar dryer”, *Journal of Applied Science*, v. 11, n. 11, pp. 1929-1936, 2011.
- [11] SUSANA, I.G.B., “Improve of worker performance and quality of anchovy with ergonomic hybrid solar dryer”, *Arpn Journal of Engineering and Applied Sciences*, v. 13, n. 5, pp. 1662-1667, 2018.
- [12] QUISPE, I., AND NAVIA, R., “Energy potential from rice husk through direct combustion and fast pyrolysis: a review”, *Waste Manag*, v. 59, pp. 200-210, 2017.
- [13] YAHAYA, D.B., AND IBRAHIM, T.G., “Development of rice husk briquettes for use as fuel”, *Research Journal in Engineering and Applied Sciences*, v. 1, n. 2, pp. 130-133, 2012.
- [14] ABHAY, L., CHANDRAMOHAN, V.P., V.R.K. RAJU., “Design, development and performance of indirect type solar dryer for banana drying”, In: *International Conference on Recent Advancement in Air Conditioning and Refrigeration*, Bhubaneswar, India, 10-12 November 2016.
- [15] RISDIANTI, D., MURAD., GYUP, M.D.P., “Kajian pengeringan jahe (*zingiber officinale rose*) berdasarkan perubahan geometrik dan warna menggunakan metode *image analisis*”, *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, v. 4, n. 2, pp. 275-284, 2016.
- [16] RATNA, S., “Kaji eksperimental pengeringan biji kopi dengan menggunakan sistem konveksi paksa”, *Jurnal Polimesin*, v. 13, n. 2, pp. 13-18, 2016.
- [17] SYAHRUR., ROMDANI, R., MIRMANTO “Pengaruh variasi kecepatan udara dan massa bahan terhadap waktu pengeringan jagung pada alat fluidized bed”, *Dinamika Teknik Mesin*, v. 6, n. 2, pp. 119-126, 2016.