

Eksperimental Pemanfaatan Sumber Energi LPG pada Pengering Rotary Kapasitas 20 kg

I Gede Bawa Susana¹⁾, Ida Bagus Alit^{2)*}

^{1,2)}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram
Jl. Majapahit No. 62 Mataram, Nusa Tenggara Barat 83125
Email: gedebawa@unram.ac.id, alit.ib@unram.ac.id

doi: <https://doi.org/10.24843/METTEK.2024.v10.i01.p01>

Abstrak

Pengeringan metode berputar dengan sumber energi *liquefied petroleum gas* (LPG) digunakan untuk menggantikan pengeringan matahari. Hal ini sebagai alternatif untuk mengatasi kelemahan pengeringan matahari yang sangat bergantung terhadap cuaca, serta mengeringkan bahan pangan berupa biji-bijian. Selain itu, LPG untuk petani kecil yang memperoleh subsidi dari Negara memberikan kemudahan dan keuntungan secara ekonomis untuk petani kecil. Penelitian bertujuan melakukan pengujian pengering *rotary* energi LPG dengan mengeringkan jagung 20 kg untuk waktu 120 menit dari kadar air awal 18% menjadi maksimal 14% sesuai standar mutu dari Badan Standardisasi Nasional (BSN). Hasil pengujian menunjukkan dalam waktu 120 menit kadar air jagung mencapai 13,67%. Temperatur lingkungan mampu ditingkatkan sebesar 85,01% yaitu dari 30,37°C menjadi 56,19°C di dalam ruang pengering. Temperatur mempengaruhi perubahan kadar air, laju, dan efisiensi pengeringan. Laju pengeringan relatif lebih tinggi pada kandungan kadar air yang masih tinggi. Efisiensi pengeringan semakin menurun mengikuti penurunan kadar air jagung. Konsumsi LPG sebesar 0,3 kg dengan jumlah kalor yang digunakan selama proses pengeringan sebesar 14.136,24 kJ. Aplikasi pengering ini menguntungkan bagi petani kecil. Sehingga hasil penelitian dibutuhkan masyarakat di desa yang mayoritas petani dan membutuhkan teknologi terapan yang murah, mudah diaplikasikan, dan produk higienis.

Kata kunci: Jagung, LPG, pengering *rotary*, petani kecil

Abstract

The rotary drying method with a liquefied petroleum gas (LPG) energy source replaces solar drying. This is an alternative to overcome the weaknesses of sun drying, which depends on the weather, as well as drying food in the form of grain. Apart from that, LPG for small farmers who receive subsidies from the State provides convenience and economic benefits for small farmers. The research aims to test the LPG energy rotary dryer by drying 20 kg of corn for 120 minutes from an initial moisture content of 18% to a maximum of 14% according to the National Standardization Agency (BSN) quality standards. The test results showed that within 120 minutes, the corn moisture content reached 13.67%. The environmental temperature was able to be increased by 85.01%, namely from 30.37°C to 56.19°C in the drying room. Temperature affects changes in moisture content, rate, and efficiency of drying. The drying rate is relatively higher when the water content is still high. Drying efficiency decreases following the decrease in corn moisture content. LPG consumption is 0.3 kg, and the amount of heat used during the drying process is 14,136.24 kJ. This drying application is profitable for small farmers. So, the research results are needed by people in villages who are predominantly farmers and need applied technology that is cheap, easy to apply, and hygienic products.

Keywords: Corn, LPG, rotary dryer, small farmers

1. PENDAHULUAN

Pengering *rotary* sebagai bagian dari alat untuk mengeringkan suatu bahan pangan yang berbentuk silinder atau drum yang berputar. Aplikasinya sangat sesuai untuk bahan pangan berupa biji-bijian seperti jagung. Pemanfaatan pengering *rotary* khususnya pada petani kecil dapat mengurangi kerugian yang timbul terkait proses pengeringan pasca panen. Hal ini dilakukan untuk mengatasi kelemahan pengeringan matahari yang umum dilakukan oleh petani kecil. Penggunaan alat pengeringan yang tidak tepat berdampak terhadap konsumsi energi yang tinggi yang menimbulkan kerugian pada sektor pertanian [1, 2]. Pemanfaatan pengering *rotary* menghasilkan konsumsi energi spesifik yang lebih rendah sekitar 15-30% dan biaya pemeliharaan rendah [3].

Penggunaan pengering *rotary* dengan energi *liquefied petroleum gas* (LPG) sebagai pengganti pengeringan matahari sangat diperlukan oleh petani kecil. Pemanfaatan pengering *rotary* memberikan keuntungan antara lain proses pengeringan dapat dilakukan sepanjang hari secara terus-menerus, meningkatkan kualitas produk kering dan laju pengeringan [4]. Aplikasi pengering buatan diperlukan untuk mengurangi biaya produksi khususnya konsumsi energi pasca panen pada petani kecil. Konsumsi energi untuk seluruh proses produksi sebagian besar untuk pengeringan yaitu sekitar 60% seperti pada pengeringan tembakau [5]. Bahan pangan yang berbentuk butiran lebih efektif menggunakan pengering dengan tipe berputar agar produk kering merata. Pengering tipe berputar berbentuk drum atau silinder dan disebut sebagai pengering *rotary* yang dapat bekerja secara kontinu. Proses pengeringan, pencampuran, pendinginan, dan pemanasan untuk material granular secara luas menggunakan *rotary drum* [6, 7, 8]. Proses pengeringan yang dilakukan pada ruang tertutup seperti pada pengering *rotary* menghasilkan produk yang higienis dan bersih karena tidak terpapar debu, kotoran, maupun gas hasil pembakaran. Penggunaan pengering *rotary* untuk mengeringkan produk yang mempunyai sifat sensitif terhadap panas seperti bunga *etlingera elatior* menunjukkan bahwa sangat efektif dalam mempertahankan kandungan total *fenolik* dan aktivitas antioksidan bunga *etlingera* meskipun proses pengeringan dilakukan pada suhu yang cukup tinggi 60-90°C selama 4 jam [9]. Aplikasi pengering *rotary* sumber energi sekam padi mampu memberikan waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan menjemur di bawah sinar matahari pada proses pengeringan kopi *cherry* sebesar 10 kg yaitu 1440 menit berbanding 16 hari [10]. Pemanfaatan sekam padi sebagai energi pengeringan memiliki kelemahan yaitu saat diawal proses menghasilkan temperatur yang rendah sebagai dampak terjadinya proses penguapan pada sekam padi yang disebut sebagai zone pengeringan. Hal ini dapat diatasi dengan pemanfaatan LPG subsidi untuk petani kecil. Biaya yang rendah sangat diperlukan oleh petani kecil dalam proses pengeringan pasca panen.

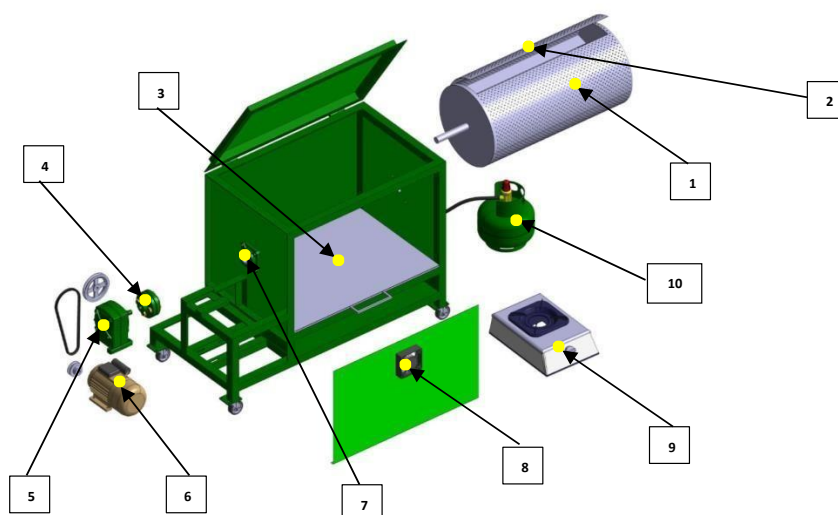
Penggunaan LPG sebagai energi dalam proses pengeringan memberikan kelebihan bagi petani kecil karena mudah diperoleh di pasaran dengan harga masih disubsidi oleh Negara untuk kebutuhan petani kecil seperti di daerah Lombok, Indonesia. Harga eceran tertinggi untuk LPG 3 kg yang berlaku di Nusa Tenggara Barat adalah Rp 18.000, hal ini berdasarkan data bulan Juli 2023 [11]. Pengeringan matahari sangat tergantung pada cuaca sehingga memerlukan waktu relatif lama, sehingga gas digunakan sebagai alternatif untuk energi pengering. Gas digunakan sebagai pengganti pengeringan matahari yaitu untuk memperoleh distribusi panas yang seragam [12]. Selama proses pengeringan, penggunaan LPG membantu memenuhi sisa kebutuhan energi akibat radiasi matahari yang rendah saat awal dan akhir proses pengeringan, memiliki konsumsi energi lebih rendah dibandingkan batu-bara, indeks produktivitas pengeringan yaitu 0,27 dolar/kuintal lebih kecil dari biomassa yang mencapai 1,4 dolar/kuintal [13, 14, 15]. Dalam CTCN dijelaskan bahwa LPG memberikan pembakaran yang bersih yaitu pembakaran bahan bakar yang hampir sempurna. Selain itu, pemanfaatan LPG di negara berkembang dapat membantu masyarakat beralih dari penggunaan biomassa yang tidak

berkelanjutan ke bahan bakar memasak yang aman dan bersih [16]. Bahan bakar gas seperti LPG berkembang di masyarakat Indonesia sebagai salah satu energi alternatif pengganti bahan bakar fosil [17]. LPG melalui penggunaan kompor rumah tangga digunakan sebagai sumber energi dalam proses pengeringan untuk menggantikan pengeringan matahari. Hal ini sebagai alternatif mengatasi kekurangan pengeringan matahari yang sangat bergantung pada cuaca. Pemanfaatan LPG dapat memberikan dampak terhadap proses pengeringan berkelanjutan tanpa tergantung cuaca.

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian pengering *rotary* dengan sumber panas dari kompor LPG untuk mengeringkan jagung. Pengeringan sebagai proses pasca panen membutuhkan energi lebih banyak dari proses lainnya. Pemanfaatan LPG sebagai sumber energi dalam alat pengering dalam proses pengeringan jagung untuk mempersingkat waktu pengeringan dan biaya produksi. Pengeringan tidak langsung diaplikasikan melalui pengering *rotary* agar produk tidak terkontaminasi oleh asap atau gas bahan bakar LPG. Model pengering ini digunakan untuk menghasilkan temperature pengeringan yang seragam dan mudah dioperasikan oleh petani kecil.

2. METODE

Bahan dan alat penelitian meliputi jagung pipilan 20 kg, LPG, kompor gas rumah tangga, *thermocouple* tipe K, data *logger*, dan pengering *rotary*. Pengering *rotary* menggunakan material pelat besi, pelat *stainless steel*, besi poros, besi kotak, dan dilengkapi dengan *exhaust fan*, sistem transmisi, karet isolasi, *gearbox*, roda *trolley*, silinder pengering, dan motor listrik. Rancangan pengering *rotary* untuk skala kecil khususnya disesuaikan dengan kebutuhan petani kecil daerah pedesaan di Lombok. Ruang pengering *rotary* memiliki dimensi yaitu diameter dalam silinder 400 mm dan panjang 800 mm. Pengering dibuat untuk mengeringkan bahan pangan berupa biji-bijian, dan dalam penelitian ini pengujian dilakukan untuk mengeringkan jagung pipilan. Penelitian dilakukan seperti desain pengering yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan pengujian sampel seperti pada Gambar 2.



1. Silinder *rotary*, 2. Penutup silinder *rotary*, 3. Pelat pemanas, 4. Penghubung *gear box*, 5. *Gearbox*, 6. Motor listrik, 7. *Bearing*, 8. *Exhaust fan*, 9. Kompor gas, 10. Tabung LPG

Gambar 1. Skema pengering *rotary* energi LPG

Desain pengering berbentuk kompak yaitu bagian-bagian alat pengering terintegrasi dan berada dalam satu-kesatuan. Ruang pengering berbentuk silinder (*circular cylinder*) berada di dalam silinder *noncircular* dengan ruang kompor gas berada di bagian bawahnya. Ruang kompor gas dibuat fleksibel yaitu berfungsi juga sebagai penampung produk yang sudah kering.

Silinder tetap yang berbentuk *noncircular* berada di luar silinder *rotary* dilengkapi satu *exhaust fan*. Jagung dikeringkan di dalam ruang silinder *rotary* dan jagung ikut berputar mengikuti putaran silinder *rotary*. Silinder berputar menggunakan motor penggerak listrik melalui transmisi roda gigi. Penutup pada silinder *rotary* berfungsi untuk memasukkan dan mengeluarkan bahan pangan. Beberapa sirip ditambahkan di dalam silinder *rotary* agar bahan pangan yang dikeringkan merata. Dinding silinder *rotary* didesain dengan lubang kecil-kecil sehingga permukaan dalam kasar. Permukaan tabung yang kasar secara internal untuk mengembangkan penukar panas yang lebih efektif, serta laju perpindahan panas lebih baik dibandingkan tabung halus [18, 19]. Pengujian dilakukan untuk waktu 120 menit dengan massa jagung 20 kg, dan kecepatan *exhaust fan* konstan pada 2,9 m/s. Pengukuran dengan timbangan dilakukan untuk massa awal dan akhir jagung, massa awal dan akhir tabung gas.



Gambar 2. Pengujian sampel 20 kg biji jagung

Dalam penelitian dilakukan pengujian jumlah kalor pengeringan, laju pengeringan, dan efisiensi pengeringan. Pengukuran data meliputi temperatur lingkungan, pelat bawah, ruang pengering, temperatur keluar pada *exhaust fan*, massa awal atau total dan massa kering jagung. Massa awal jagung, m_t (kg) dan massa kering jagung, m_k (kg) digunakan untuk menghitung kadar air, K_a (%) [20, 21]. Massa kering jagung, m_k diperoleh melalui pemanasan pada temperatur 105-110°C selama 3 jam atau sampai tidak ada penurunan berat.

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

Jumlah kalor yang digunakan untuk pengeringan Q (kJ) ditunjukkan pada Persamaan 2.

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (2)$$

Q_1 merupakan panas sensibel bahan (kJ). Q_2 adalah panas untuk menguapkan air bahan (kJ) [22, 23]. Q_1 diperoleh berdasarkan massa, panas jenis, dan temperatur seperti pada Persamaan 3.

$$Q_1 = m_t C_{pb} (T_r - T_a) \quad (3)$$

T_r adalah temperatur ruang pengering (°C), T_a adalah temperatur lingkungan (°C), dan C_{pb} merupakan panas jenis bahan yaitu jagung (kJ/kg°C) berdasarkan Persamaan 4 [24].

$$C_{pb} = 1,1444 + 0,0320 K_a + 0,0051 T_r \quad (4)$$

Q_2 diperoleh berdasarkan massa air dan panas laten penguapan air seperti pada Persamaan

5.

$$Q_2 = m_{ah} h_{fg} \quad (5)$$

h_{fg} adalah panas laten penguapan air (kJ/kg), m_{ah} merupakan massa air yang diuapkan (kg) dan diperoleh berdasarkan Persamaan 6.

$$m_{ah} = m_i - m_f \quad (6)$$

m_i merupakan massa awal bahan (kg) dan m_f merupakan massa akhir bahan (kg).

Laju pengeringan, \dot{m}_p (kg/jam) dihitung berdasarkan perbandingan massa air yang diuapkan, m_w (kg) dengan waktu pengeringan, t (jam) [25, 26].

$$\dot{m}_p = \frac{m_w}{t} \quad (7)$$

Efisiensi pengeringan, η (%) berdasarkan perbandingan antara jumlah kalor yang digunakan untuk pengeringan, Q (kJ) dengan jumlah kalor yang digunakan selama proses pengeringan, q (kJ) [27].

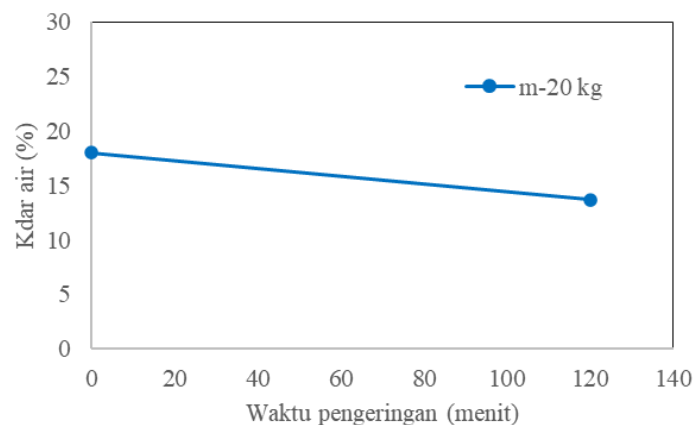
$$\eta = \frac{Q}{q} 100\% \quad (8)$$

Jumlah kalor yang digunakan selama proses pengeringan, q (kJ) dihitung berdasarkan massa bahan bakar yang digunakan, m_{bb} (kg) dan nilai kalor bahan bakar, NK_{bb} (kJ/kg) seperti pada Persamaan 9.

$$q = m_{bb} NK_{bb} \quad (9)$$

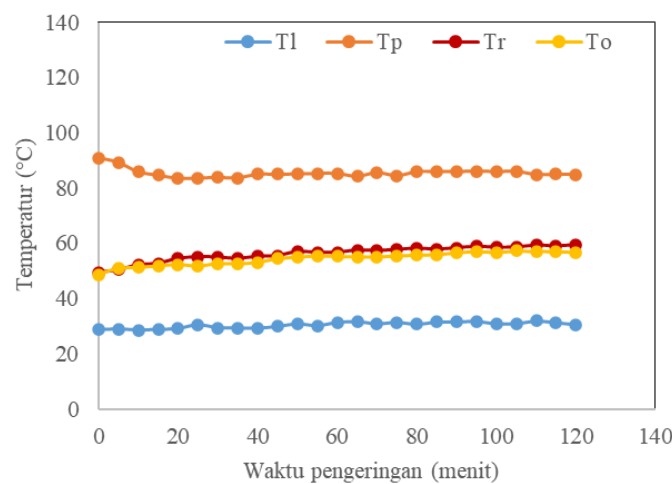
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jagung pipilan yang digunakan sebagai sampel dalam penelitian berasal dari hasil panen petani kecil di Lombok yang berjenis varietas jagung hybrida Bima 5. Kadar air awal sebesar 18% dan pengujian menggunakan pengering *rotary* energi LPG untuk menurunkan kadar air menjadi maksimal 14%. Berdasarkan Badan Standardisasi Nasional (BSN) bahwa standar mutu kering jagung untuk mutu satu sebesar 14% [28]. Gambar 3 menunjukkan kondisi kadar air jagung yang dikeringkan selama 120 menit.



Gambar 3. Kadar air jagung untuk pengeringan 120 menit

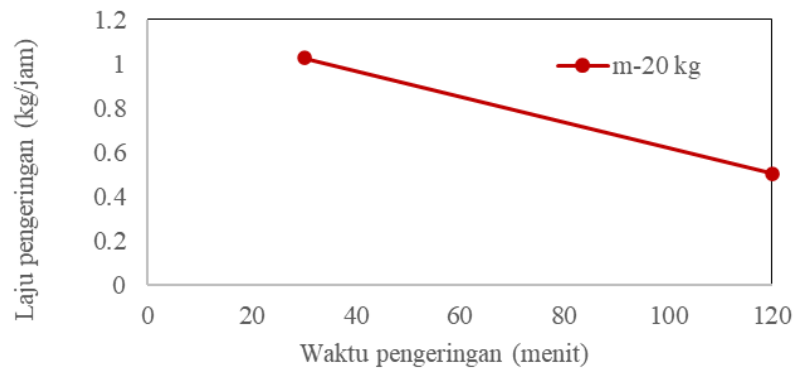
Jagung yang dikeringkan dengan pengering *rotary* energi LPG selama 120 menit mampu menurunkan kadar air dari 18% menjadi 13,67%. Jadi untuk mencapai kadar air berdasarkan standar BSN hanya memerlukan waktu 120 menit untuk mengeringkan 20 kg jagung (m-20 kg) menggunakan pengering *rotary* energi LPG. Pengukuran kadar air hanya dilakukan diakhir pengujian untuk menghindari terjadinya buka dan tutup ruang pengering yang berdampak terhadap temperatur pengeringan. Untuk temperatur pengeringan diukur setiap lima menit untuk mengetahui distribusi temperatur dari penggunaan LPG sebagai sumber energi pengering *rotary*. Pemanfaatan pengering ini memberikan waktu pengeringan yang singkat untuk mencapai kadar air 13,67%. Pengeringan jagung dengan menjemur di bawah sinar matahari memerlukan waktu tiga hari saat cuaca cerah dan tujuh hari saat cuaca mendung atau hujan untuk mencapai kadar air 14% [29]. Waktu pengeringan yang lebih singkat dipengaruhi oleh temperatur. Pada kondisi temperatur tinggi maka penurunan kadar air yang terjadi semakin cepat dan diikuti penurunan massa bahan [30]. Gambar 4 menunjukkan distribusi temperatur lingkungan dan pengeringan.



Gambar 4. Distribusi temperatur pengering *rotary* energi LPG untuk waktu pengeringan 120 menit

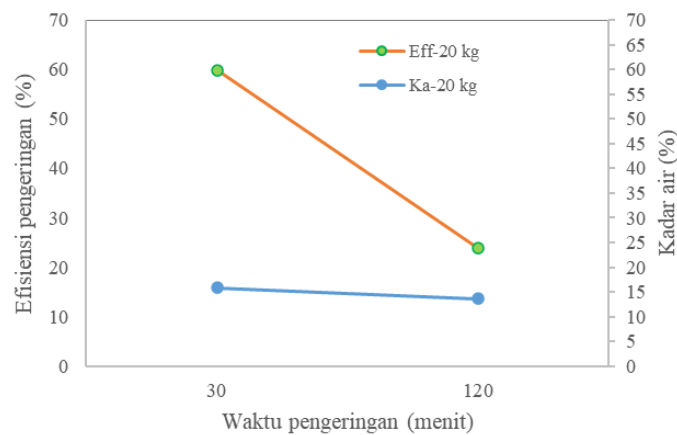
Pengering *rotary* energi LPG mampu meningkatkan temperatur lingkungan (T_l) menjadi temperatur pengeringan jagung di dalam ruang pengering (T_r) mencapai rata-rata 85,01%. Rata-rata temperatur lingkungan sebesar 30,37°C meningkat menjadi rata-rata 56,19°C. Dalam penelitian juga ditemukan temperatur pelat yang terhubung langsung dengan sumber panas dari kompor LPG sebesar rata-rata 85,42°C. Selain itu, temperatur keluar ruang pengering *rotary* masih cukup tinggi yaitu rata-rata 54,42°C. Temperatur pelat (T_p) dengan rata-rata 85,42°C dan keadaan temperatur lebih tinggi pada 10 menit diawal. Hal ini memenuhi hukum perpindahan panas konduksi yaitu perpindahan panas terjadi dari temperatur lebih tinggi ke temperatur lebih rendah. Dalam penelitian, pelat dipanaskan terlebih dahulu kemudian panas dipindahkan ke ruang pengering untuk proses pengeringan jagung. Selama pengujian ditemukan bahwa penggunaan LPG sebagai sumber energi dalam proses pengeringan memberikan temperatur yang stabil di dalam ruang pengering. Tetapi, diawal pengujian temperatur pengeringan mengalami penurunan. Hal ini disebabkan pengaruh massa jagung saat dimasukkan ke dalam ruang pengering *rotary*. Perpindahan panas terjadi dari ruang pengering ke lingkungan yang menyebabkan temperatur di dalam ruang pengering mengalami penurunan. Untuk memperoleh waktu pengeringan yang lebih singkat yaitu dengan meningkatkan temperatur pengeringan. Temperatur yang meningkat memberikan dampak terjadinya penurunan waktu pengeringan [31]. Kondisi ini mempengaruhi laju pengeringan yang terjadi pada bahan yang dikeringkan. Laju pengeringan relatif lebih tinggi pada kandungan kadar air yang masih tinggi seperti

ditunjukkan pada Gambar 5. Pada 30 menit awal, kandungan kadar air jagung lebih tinggi dibandingkan pada menit ke 120.



Gambar 5. Perbandingan laju dengan waktu pengeringan

Laju pengeringan yang terjadi terhadap massa jagung 20 kg pada 120 menit sebesar 0,502 kg/jam. Sedangkan efisiensi pengeringan sebesar 23,85%.



Gambar 6. Efisiensi pengeringan terhadap waktu dan kadar air

Ditemukan bahwa efisiensi pengeringan semakin menurun mengikuti penurunan kadar air jagung. Penguapan yang terjadi pada jagung berdampak terhadap semakin kecilnya kandungan air dan kondisi ini menyebabkan lebih banyak panas terbuang yang digunakan untuk pengeringan. Efisiensi pengeringan dihitung pada 30 menit pertama sesuai dengan pengukuran kadar air. Efisiensi pengeringan terjadi paling tinggi diawal proses pengeringan. Hal ini sebagai dampak masih tingginya kandungan air pada jagung. Hasil ini sejalan dengan penelitian Djaeni et al. [32] bahwa efisiensi sangat tinggi di awal proses pengeringan sebagai dampak energi dari pengering yang diserap oleh produk masih tinggi. Selain itu, selama proses pengeringan terjadi penurunan kadar air sehingga energi yang diserap produk berkurang. Berdasarkan bahan bakar LPG untuk petani kecil yang masih memperoleh subsidi dari Negara, memberikan dampak terhadap biaya yang terjangkau untuk sumber energi pengering *rotary*. Dalam penelitian ini ditemukan bahwa pengeringan jagung 20 kg selama 120 menit untuk mencapai kadar air 13,67% membutuhkan LPG 0,3 kg. Berdasarkan Persamaan 9, jumlah kalor yang digunakan selama proses pengeringan sebesar 14136,24 kJ. Hal ini berdasarkan nilai kalor LPG sebesar 47120,8 kJ/kg [33]. Jika harga eceran tertinggi sebesar Rp 19.000/kg, maka biaya yang dikeluarkan sebesar Rp 5700. Berdasarkan kondisi ini, maka aplikasi pengering *rotary* dengan energi LPG sangat menguntungkan bagi petani kecil. Sehingga hasil penelitian ini sangat dibutuhkan masyarakat di desa yang mayoritas petani dan membutuhkan teknologi terapan

yang murah, mudah diaplikasikan, dan produk higienis.

4. SIMPULAN

Pemanfaatan LPG (Liquefied petroleum gas) sebagai sumber energi pengering *rotary* menghasilkan peningkatan temperatur lingkungan dan biaya terjangkau. Hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap proses pengeringan jagung pipilan 20 kg dalam waktu 120 menit. Temperatur lingkungan dengan rata-rata 30,37°C mampu ditingkatkan menjadi rata-rata 56,19°C. Dalam waktu 120 menit mampu mencapai kadar air jagung 13,67% dan sesuai dengan standar BSN yang mensyaratkan maksimal kadar air jagung kering untuk mutu satu adalah 14%. Selama proses pengeringan, kebutuhan LPG sebesar 0,3 kg dan jika dikonversi ke Rupiah menjadi Rp 5700 untuk sekali proses pengeringan 20 kg jagung. Berdasarkan hal ini, LPG sebagai sumber energi pengering *rotary* memberikan keuntungan bagi petani kecil. Hal ini bisa diaplikasikan di Indonesia karena LPG untuk petani kecil masih memperoleh subsidi dari Negara. Pengering ini bermanfaat untuk petani kecil yang memiliki produksi jagung sekala rumah tangga. Selain itu, pengeringan dapat dilaksanakan setiap saat karena tidak tergantung cuaca. Dari kondisi pekerjaannya, petani dalam melakukan proses pengeringan tidak terpapar terik matahari yang dapat dikategorikan sebagai beban kerja tambahan yang mempengaruhi tingkat kelelahan petani.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L.A. Nguimdo, V.A.K. Noumegnie, *Design and implementation of an automatic indirect hybrid solar dryer for households and small industries*, International Journal of Renewable Energy Research 10 (3), 1415-1425, 2020.
- [2] T. Li, C. Li, B. Li, C. Li, Z. Fang, Z. Zeng, *Characteristic analysis of heat loss in multistage counter-flow paddy drying process*, Energy Reports 6, 2153-2166, 2020.
- [3] A.D. Giudice, A. Acampora, E. Santangelo, L. Pari, S. Bergonzoli, E. Guerriero, F. Petracchini, M. Torre, V. Paolini, F. Gallucci, *Wood chip drying through the using of a mobile rotary dryer*, Energies 12 (9), 1590, 2019.
- [4] A.E. Kabeel, M. Abdelgaied, *Performance of novel solar dryer*, Process Safety and Environmental Protection 102, 183-189, 2016.
- [5] Z. Li, Z. Zhang, Z. Feng, J. Chen, L. Zhao, Y. Gao, S. Sun, X. Zhao, C. Song, *Energy transfer analysis of the SH626 sheet rotary dryer on the production system perspective*, Energy Reports 8, 13-20, 2022.
- [6] Q. Xie, Z. Chen, Y. Mao, G. Chen, W. Shen, *Case studies of heat conduction in rotary drums with L-shaped lifters via DEM*, Case Studies in Thermal Engineering 11, 145-152, 2018.
- [7] M. Trojosky, *Rotary drums for efficient drying and cooling*, Drying Technology 37 (5), 632-651, 2019.
- [8] K. Ettahi, M. Chaanaoui, V. Sébastien, S. Abderafi, T. Bounahmidi, *Modeling and design of a solar rotary dryer bench test for phosphate sludge*, Hindawi Modelling and Simulation in Engineering 5574242, 2022.
- [9] M.E. Simanjuntak, S. Ristiarini, P.S. Widyawati, *The effect of rotary drying temperature on drying characteristic and antioxidant activity of etlingera elatior Jack*, Food Research 6 (3), 196-202, 2022.
- [10] I.G.B. Susana, I.B. Alit, I.D.K. Okariawan, *Rice husk energy rotary dryer experiment for improved solar drying thermal performance on cherry coffee*, Case Studies in Thermal Engineering 41, 102616, 2023.
- [11] Bisnis.com., *Konsumen gas LPG subsidi di NTB mencapai 507.404 Orang*, 2023. [<https://bali.bisnis.com/read/20240201/537/1737363/konsumen-gas-lpg-subsidi-di-ntb>]

- mencapai-507404-orang] (Diakses tanggal: 17 Pebruari 2024).
- [12] E. Benjamin, A. Stephen, E. Onyewuchi, N. Uchenna, *Design and analysis of energy and exergy performance of an LPG-powered fish drying machine*, Jurnal Kejuruteraan 34 (1), 117-129, 2022.
- [13] S. Murali, P.R. Amulya, P.P. Alfiya, D.S. Aniesrani, M.P. Samuel, *Design and performance evaluation of solar-LPG hybrid dryer for drying of shrimps*, Renewable Energy 147 (1), 2417-2428, 2020.
- [14] M. Debowski, P. Bukowski, P. Kobel, J. Bieniek, L. Romanski, B. Knutel, *Comparison of energy consumption of cereal grain dryer powered by LPG and hard coal in polish conditions*, Energies 14 (14), 4340, 2021.
- [15] E. Delgado-Plaza, M. Quilambaqui, J. Peralta-Jaramillo, H. Apolo, B. Velázquez-Martí, *Estimation of the energy consumption of the rice and corn drying process in the equatorial zone*, Applied Sciences 10 (21), 1–21, 2020.
- [16] CTCN., *LPG and LNG for household and commercial cooking*, 2024. [<https://www.ctc-n.org/technologies/lpg-and-lng-household-and-commercial-cooking>] (Diakses tanggal: 17 Pebruari 2024).
- [17] B. Wiria, I G.B.W. Kusuma, I M. Widiyarta, *Pengujian SFC converter kit buatan untuk LPG pada mobil dengan system injeksi karburator*, Jurnal Mettek 6 (1), 54-61, 2020.
- [18] A. Boonloi, W. Jedsadaranachai, *Thermal performance assessment in a circular tube fitted with various sizes of modified v-baffle: a numerical investigation*, Frontiers in Heat and Mass Transfer 16, 17, 2021.
- [19] O.M. Oyewola, M.O. Petinrin, H.O. Sanusi, *Flow and heat transfer characteristics in channels with piriform dimples and protrusions*, Frontiers in Heat and Mass Transfer 20, 16, 2023.
- [20] S. Charmongkolpradit, T. Somboon, R. Phatchana, W. Sang-aroon, B. Tanwanichkul, *Influence of drying temperature on anthocyanin and moisture contents in purple waxy corn kernel using a tunnel dryer*, Case Studies in Thermal Engineering 25, 100886, 2021.
- [21] S. Hemhirun, P. Bunyawanichakul, *Effect of the initial moisture content of the paddy drying operation for the small community*, Journal of Agricultural Engineering 51 (3), 176-183, 2020.
- [22] Y.A. Çengel, M.A. Boles, M. Kanoglu, *Thermodynamics an Engineering Approach*, edisi 9, McGraw-Hill, 2019.
- [23] Hamdani, T.A. Rizal, Z. Muhammad, *Fabrication and testing of hybrid solar-biomass dryer for drying fish*, Case Studies in Thermal Engineering 12, 489-496, 2018.
- [24] R. Ince, E. Guzel, A. Ince, *Thermal properties of some oily seeds*, Journal of Agricultural Machinery Science 4 (4), 399-405, 2008.
- [25] T. Nazghelichi, M.H. Kianmehr, M. Aghbashlo, *Thermodynamic analysis of fluidized bed drying of carrot cubes*, Energy 35 (12), 4679-4684, 2010.
- [26] D.B. Brooker, F.W. Bakker-Arkema, C.W. Hall, *Drying and Storage of Grain and Oilseeds*, edisi 4, Van Nostrand, 1992.
- [27] Y.A. Çengel, J.M. Cimbala, A.J. Ghajar, *Fundamental of Thermal-fluid Sciences*, edisi 6, McGraw Hill eBook, 2022.
- [28] BSN (Badan Standardisasi Nasional), *SNI Jagung*, Jakarta (ID): BSN, 2020.
- [29] D. Sunarti, A. Turang, *Penanganan panen dan pasca panen jagung untuk tingkat mutu jagung*, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Utara, 2017.
- [30] I.B. Alit, I.G. Bawa-Susana, *Drying performance of jackfruit dodol using rice husk energy on household in Lombok, Indonesia*, Frontiers in Heat and Mass Transfer 17, 15, 2021.
- [31] A. Dasore, T. Polavarapu, R. Konijeti, N. Puppala, *Convective hot air drying kinetics of red beetroot in thin layers*, Frontiers in Heat and Mass Transfer 14, 23, 2020.

- [32] M. Djaeni, F. Irfandy, F.D. Utari, *Drying rate and efficiency energy analysis of paddy drying using dehumidification with zeolite*, IOP Conf. Series: Journal of Physics 1295, 012049, 2019.
- [33] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, *Konversi mitan ke gas*, Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, 2024. [<https://migas.esdm.go.id/cms/uploads/Konversi-Mitan-GAS.pdf>] (Diakses tanggal: 29 Pebruari 2024).