

Kajian Efisiensi Pengering Gabah Dengan Energi Surya

Johani Jonathani Numberi^{1✉}

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Cenderawasih, Jayapura, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 10-10-2022

Direvisi : 17-10-2022

Diterima : 29-10-2022

Kata Kunci:

Gabah, Efisiensi, Kandungan Air, Pengumpul, Pengeringan, Cerobong, Kipas.

Keywords :

Grain, Efficiency, Moisture Content, Collector, Drying, Chimney, Fan.

Corresponding Author :

Johani Jonathani Numberi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Cenderawasih

Jl. Kamp. Wolker Kampus Baru Uncen Waena, Jayapura, Kode Pos 99352

Email: j_numberi@yahoo.com

ABSTRAK

Pada studi ini alat pengering yang digunakan terdiri dari pelat seng berketebalan 0,20 mm sebagai kolektor yang ditutupi dengan kaca, dan pengeringan dilakukan dengan memanfaatkan udara panas dan energi surya. Tujuan utama dari pengembangan alat ini adalah mencapai pengeringan gabah yang cepat, merata, dan mencapai tingkat kekeringan yang diinginkan. Ada tiga variasi ketebalan gabah yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu 7,0 cm; 5,0 cm; dan 3,0 cm, dengan bobot gabah yaitu 7,0 kg; 4,5 kg; dan 2,5 kg. Data yang dikumpulkan dianalisis untuk mengevaluasi performa pengeringan. Dari studi yang dilakukan, menunjukkan durasi pengeringan yang dibutuhkan mengurangi kadar air yang mula-mula 24,6% menjadi 13,5%-13,8% (kadar air setelah penggilingan) berkisar antara 4 jam hingga 6,5 jam, dengan efisiensi antara 12,07% hingga 22,16%; sedangkan pengering dengan menggunakan cerobong, durasinya 3,5 jam hingga 6 jam, dengan efisiensi antara 11,18% hingga 21,49% untuk alat yang menggunakan kipas.

ABSTRACT

In this study, the drying apparatus utilized consisted of a 0.20 mm thick zinc plate as the collector covered with glass, and drying was conducted by utilizing hot air and solar energy. The main objective of developing this apparatus was to achieve fast and uniform drying of paddy rice while attaining the desired level of dryness. Three variations of paddy rice thickness were used in this research, namely 7.0 cm, 5.0 cm, and 3.0 cm, with corresponding weights of 7.0 kg, 4.5 kg, and 2.5 kg. The collected data was analyzed to evaluate the drying performance. The conducted study revealed that the required drying duration to reduce the initial moisture content of 24.6% to 13.5%-13.8% (after milling moisture content) ranged from 4 hours to 6.5 hours, with an efficiency ranging from 12.07% to 22.16% for the apparatus using a chimney. On the other hand, for the apparatus using a fan, the drying duration ranged from 3.5 hours to 6 hours, with an efficiency ranging from 11.18% to 21.49%.

PENDAHULUAN

Perembangan teknologi pasca-panen dituntut untuk mampu menyediakan bahan baku berkualitas untuk sector industri pengolahan produk pertanian. Hasil-hasil produk pertanian berupa biji-bijian membutuhkan atensi yang lebih besar terutama dalam teknik pemrosesan yaitu pengawetan (Abbas dan Suhaeti, 2016). Pengeringan menjadi faktor penting dalam pengawetan

bahan-bahan tersebut. Selain itu, pengeringan juga memudahkan penyimpanan produk pertanian baik di dalam negeri maupun untuk keperluan ekspor. Tujuan dari pengeringan gabah adalah untuk mengurangi kadar air sampai batas tertentu sehingga dapat menghindari kehancuran dampak kegiatan metabolisme mikro organisme (Mohsenin, 1980). Saat ini, petani umumnya tengah menggunakan energi matahari sebagai sumber pengeringan, dengan metode pemanasan di bawah sinar matahari atau penjemuran di bawah sinar matahari. Tetapi, prosedur ini kurang efektif sebab memerlukan durasi yang lama serta membutuhkan ruang yang lapang. Oleh sebab itu, dibutuhkan kajian guna meningkatkan alat pengering yang sanggup menunjang petani dalam menjemur hasil pertanian, paling utama biji- bijian. Salah satu alat pengering yang akan diteliti yakni pengering yang memanfaatkan udara panas dengan tenaga surya sebagai basis pengeringannya.

Aliran udara dengan suhu tinggi di dalam ruang pengering berfungsi untuk menurunkan kelembapan dari biji-bijian dan kemudian mengeluarkannya melalui saluran udara atau kipas. Tujuan penggunaan alat ini adalah untuk mencapai tingkat kekeringan yang optimal pada biji-bijian, khususnya gabah (kadar air yang diinginkan). Selain itu, penggunaan pengering ini juga bertujuan untuk memaksimalkan pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi terbarukan yang sangat penting.

Dalam pemrosesan hasil pertanian, pengeringan yang umum digunakan adalah pengeringan langsung di bawah energi surya menggunakan hamparan terpal untuk meletakkan bahan-bahan. Proses ini melibatkan pemaparan bahan-bahan yang dikeringkan terhadap penyinaran matahari, langsung maupun tidak langsung. Penguapan air yang terbentuk kemudian dihilangkan pada area pengeringan yang terbawa bersama aliran udara. Proses ini terjadi karena adanya perbedaan suhu udara, secara konveksi bebas ataupun konveksi paksa. Terjadinya konveksi bebas karena adanya perbedaan kerapatan udara, sementara konveksi paksa berlangsung akibat adanya pergerakan aliran paksa udara yang berasal dari penambahan kipas.

Pada proses pengeringan yang menggunakan pemanasan dengan bahan bakar fosil, material yang dikeringkan diletakkan pada wadah yang ditutup. Panas dihasilkan akan memanaskan udara lalu mengalir melintasi material yang dikeringkan. Belakangan teknologi ini juga telah dikombinasikan dengan teknologi energi surya. Pemanasan udara pada kolektor akan menguapkan air yang terdapat dalam bahan. Dalam proses pengeringan, udara memainkan peran penting dalam mentransfer panas ke material yang sedang dikeringkan. Udara merupakan media yang mudah didapat dan memiliki biaya operasional yang rendah. Mengeringkan gabah bertujuan untuk mengurangi kandungan air pada gabah dari kandungan air 22-26% menjadi 12-14% menggunakan sarana pengeringan (Bulog, 2002).

Bobot gabah terdiri dari air dan bahan kering, jumlah kandungan air dalam gabah, yang dikenal sebagai kadar air, diukur dalam persentase (%). Proses pengeringan diperlukan karena biasanya gabah yang dipanen memiliki kadar air yang tinggi, sekitar 22-26% tergantung pada kondisi cuaca saat panen. Pengeringan gabah dilakukan dengan tujuan mengurangi kadar air agar gabah dapat memiliki umur simpan yang lebih lama, tetap memiliki daya berkecambah yang baik, dan tetap mempertahankan kualitasnya (tidak terlalu kering, tidak berkecambah, dan bebas dari jamur). Selain itu, pengeringan juga membantu proses penggilingan yang menghasilkan hasil yang lebih baik. Pengeringan merupakan salah satu kegiatan pasca panen yang penting untuk melindungi produk pertanian dari pertumbuhan serangga dan mikroorganisme seperti jamur dan bakteri. Selain itu, pengeringan juga bertujuan untuk mencegah kerja enzim pada sekam atau biji-bijian itu sendiri, yang dapat mempengaruhi pembusukan dan mengurangi kualitas hasil panen.

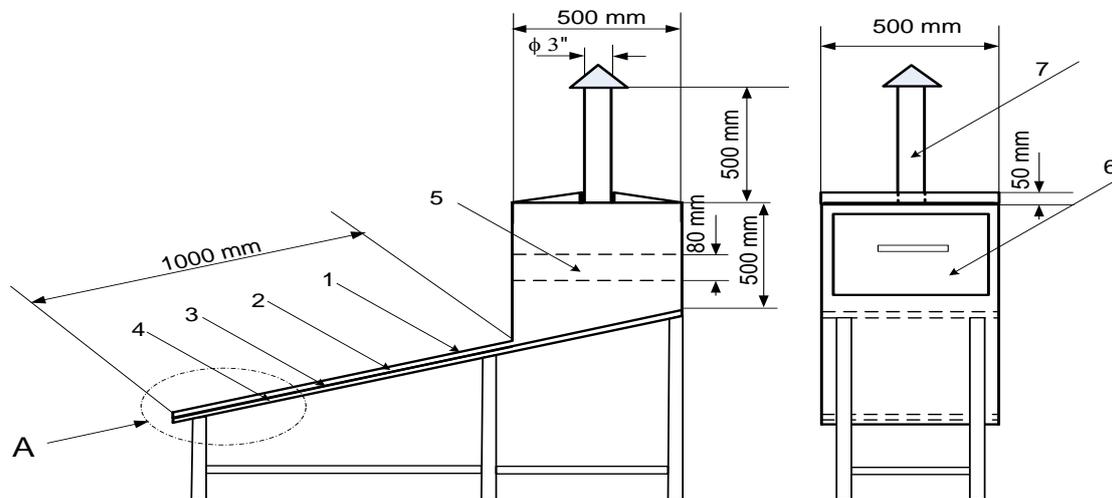
Pengeringan sebaiknya dimulai segera setelah panen. Jika pengeringan tidak memungkinkan, upayakan untuk tidak menumpuk biji basah secara berlapis, melainkan sebar biji-biji tersebut agar tidak mengalami pembusukan. Proses pengeringan dapat dipercepat melalui pemanasan, perluasan permukaan biji-bijian, dan aliran udara yang optimal. Tujuan utama penjemuran adalah menurunkan kadar kelembapan biji-bijian dari sekitar 22-26% menjadi 14%, sehingga memungkinkan penyimpanan yang lebih lama dan menghasilkan beras berkualitas tinggi. Penting untuk melakukan pengeringan biji-bijian secara merata, perlahan, dan pada suhu

yang tepat. Pengeringan yang tidak merata dapat menyebabkan retakan pada biji-bijian, sedangkan biji-bijian yang terlalu kering mudah pecah saat proses penggilingan. Di sisi lain, penyimpanan biji-bijian dalam kondisi yang sangat lembab tidak hanya sulit untuk digiling, tetapi juga rentan terhadap serangan hama, jamur, dan pertumbuhan kapang. Pengering Gabah merupakan sistem multi-unit yang memungkinkan pengeringan biji-bijian yang telah dipanen tanpa terkena langsung sinar matahari. Keuntungan dari pengering ini antara lain menjaga kebersihan dan kualitas bahan kering.

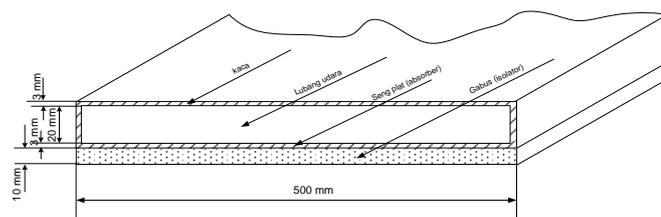
METODE PENELITIAN

Kolektor surya datar merupakan jenis penukar panas yang memiliki peran penting dalam transfer panas melalui radiasi. Berbeda dengan penukar panas konvensional di mana transfer panas terjadi antara cairan tanpa peran radiasi yang signifikan, kolektor surya datar mentransfer energi panas dari sumber radiasi yang berjarak tertentu melalui konversi fototermal. Dalam proses ini, energi panas diperoleh dari perubahan energi radiasi matahari.

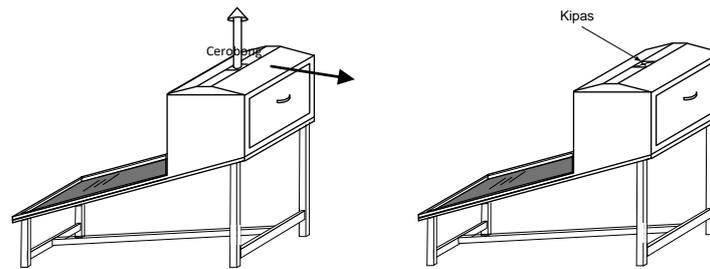
Prinsip konversi fototermal dapat diilustrasikan dengan efek rumah kaca. Ketika radiasi matahari mencapai permukaan penutup transparan pada kolektor surya datar, sebagian besar radiasi tersebut menembus penutup dan diserap oleh pelat belakang sebagai pengumpul energi. Pelat penyerap ini kemudian menghasilkan radiasi gelombang panjang yang tidak dapat melewati penutup kaca. Akibatnya, radiasi yang tersisa di dalam kolektor menciptakan efek rumah kaca di mana suhu di dalam kolektor naik di atas suhu sekitar. Kolektor surya datar ini dirancang untuk memanfaatkan energi pada suhu konstan. Jika suhu kerja yang lebih tinggi diperlukan, dapat digunakan pengumpul dengan sistem konsentrasi. Secara umum, kolektor surya panel datar digunakan untuk pemanas air, pemanas ruangan, pendingin udara, dan pengeringan. Kolektor ini tidak memerlukan pelacakan matahari, sehingga posisi kolektor relatif tetap. Oleh karena itu, kolektor datar secara mekanis lebih sederhana dan lebih mudah dalam pemeliharannya dibandingkan dengan kolektor berbentuk paking.



Gambar 1. Alat Pengering gabah



Gambar 2. Detail A



Gambar 3. Tampak perspektif alat pengering

Penentuan Sifat Fisik Udara

Kadar air mengacu pada perbandingan massa air dalam suatu bahan terhadap berat total bahan tersebut, dan dapat menunjukkan apakah bahan tersebut basah atau kering. Untuk menghitung persentase kadar air M pada sampel bahan yang berasal dari bahan dasar basah, dapat digunakan persamaan yang dikembangkan oleh Syukri Himran (2011).

$$M = \left(\frac{w - d}{w} \right) 100\% \tag{1}$$

Dalam pengujian ini, persentase kadar air pada sampel ditentukan menggunakan water content tester dengan membandingkan massa sampel basah w dengan massa sampel kering d . Tekanan penguapan sangat menentukan kuantitas air dalam udara, untuk suhu yang sama bergantung pada tekanan uap air jenuh dan bukan kuantitas udara pada ruangan. Rasio tekanan penguapan air dalam udara p_v dan tekanan penguapan udar jenuh p_s dalam suhu yang sama diistilahkan dengan kelembaban relatif Φ , dan dituliskan dengan persmaan (2) (Syukri Himran, 2011).

$$\Phi = \left(\frac{p_v}{p_s} \right) (\%) \tag{2}$$

Kelembaban mutlak (perbandingan kelembaban) udara yang mempunyai kandungan uap air ditentukan dengan membandingkan massa uap air m_v dengan massa udara kering m_d dalam kapasitas yang sesuai (Syukri Himran, 2011).

$$\omega = \frac{m_v}{m_d} = 0,622 \Phi \frac{p_s}{p_d} \text{ (kg air udara kering)} \tag{3}$$

Untuk mengukur aliran udara pengering, digunakan alat pitot seperti yang terlihat pada Gambar 1, yang dapat memberikan informasi tentang kecepatan udara (Syukri Himran, 2011). Dalam pengukuran ini, digunakan cairan pitot berupa minyak tanah (kerosin).

$$\Delta p_n = \frac{\rho_{kr}}{SG_{kr}} \times g \times \Delta h \times \Theta \text{ (Pa)} \tag{4}$$

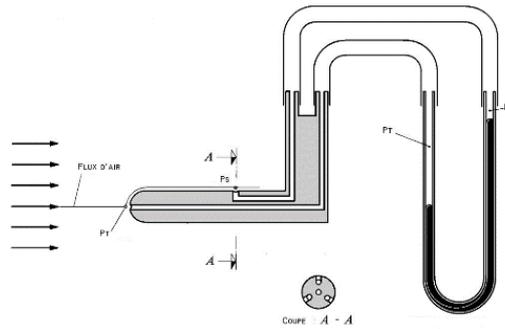
ρ_{kr} adalah densitas minyak tanah (kg/m^3) dan g adalah konstanta gravitasi (m/s^2). Kecepatan udara adalah

$$V = \sqrt{\frac{2 \times \Delta p_n}{\rho_{ud}}} \text{ (m/s)} \tag{5}$$

dapat dihitung sebagai hasil dari aliran massa udara,

$$\dot{m}_a = \rho_a \times A \times V \text{ (kg/s)} \tag{6}$$

dimana, A merupakan luasan penampang cerobong yang digunakan (m^2).



Gambar 4. Pitot untuk mengukur aliran udara

Pemrosesan kering melibatkan udara dengan suhu yang lebih tinggi juga kelembaban relatif yang lebih kecil. Neraca panas dinyatakan sebagai berikut (Syukri Himran, 2011):

$$m_w L = m_a C_p (T_i - T_f) \text{ (kJ)} \tag{7}$$

Jumlah massa air yang teruapkan (m_w) selama proses pengeringan dapat dihitung menggunakan persamaan (8); m_a adalah massa udara pengering (kg); dan L adalah kalor laten penguapan (kJ/kg); T_i adalah suhu udara ($^{\circ}\text{C}$); dan T_f adalah suhu udara pengering ($^{\circ}\text{C}$). air yang teruapkan dengan massa (m_w) dapat ditentukan oleh perbandingan kadar air awal (M_i) dan kadar air akhir (M_f) pada butiran dengan hubungan sebagai berikut (Syukri Himran, 2011):

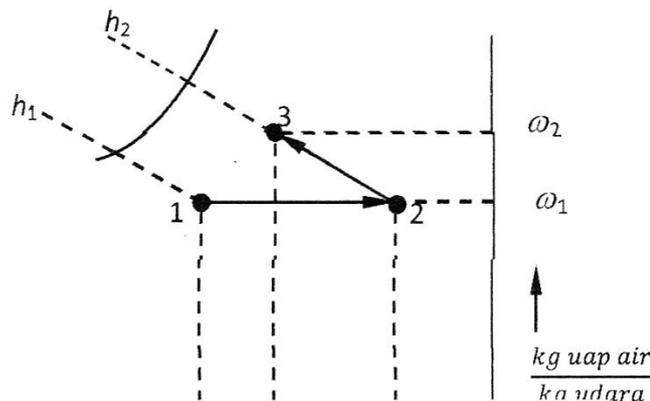
$$m_w = w_i(M_i - M_f)/(100 - M_f) \text{ (kg)} \tag{8}$$

w_i adalah massa awal gabah basah (kg).

Selama proses pengeringan, terjadi penurunan suhu bola kering sementara peningkatan terjadi pada kelembaban mutlak dan kelembaban relatif. Gambar 2 menunjukkan, saat suhu bola basah dan entalpi konstan, maka massa air volatil dapat ditentukan dari grafik psikrometri dan dihitung menggunakan persamaan berikut (Syukri Himran, 2011):

$$m_w = m_a (\omega_2 - \omega_1) \text{ (kg)} \tag{9}$$

m_a merupakan massa udara (kg); ω_1 adalah perbandingan kelembaban mula-mula (kg air/kg udara kering); dan ω_2 adalah perbandingan kelembaban akhir (kg air/kg udara kering).

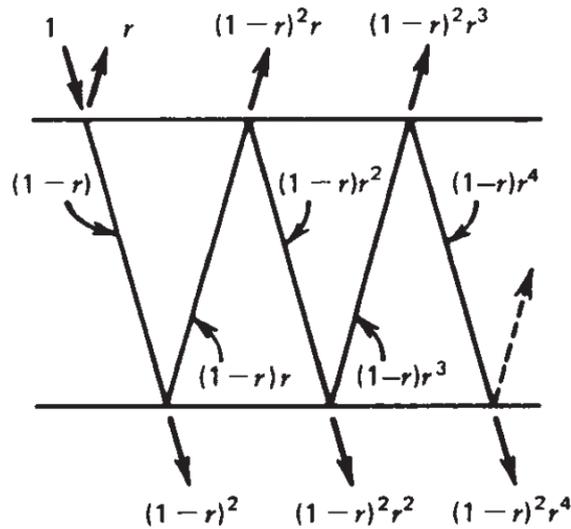


Gambar 5. Proses pemanasan dalam psikrometri (1-2) dan proses pengeringan (2-3)

Kolektor Surya Pelat Datar dan Radiasi Optik

Pancaran radiasi dari sinar matahari melewati penutup semi-transparan akan mengenai pelat atenuasi, di mana sebagian radiasi tersebut akan terserap lainnya akan terpantulkan kembali dari permukaan kaca penutup. Akan tetapi, tidak seluruhnya pancaran radiasi tersebut lenyap, ada

sebagian yang terpantulkan ulang ke pelat. Dari Gambar 3, menggambarkan penggunaan metode penelusuran sinar (ray tracing) untuk menentukan sifat radiasi gabungan dari penutup pelat. Kombinasi sifat ini dikenal sebagai produk transmisi-absorpsi ($\tau\alpha$), di mana τ mengacu pada transmisi dari penutup dan α mengacu pada penyerapan dari lapisan penyerap.

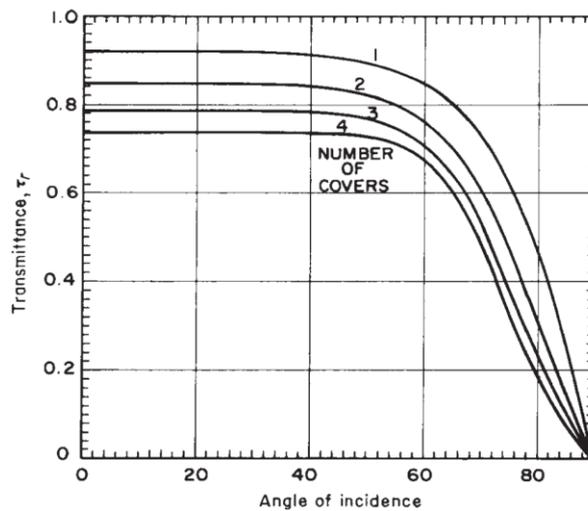


Gambar 6. Penyerapan radiasi matahari oleh pelat pengumpul (Duffie *et al*, 2020).

Energi radiasi datang diserap oleh pelat dengan $\tau\alpha$ dan bagian $(1-\alpha)\tau$ dipantulkan kembali ke penutup. Berikut $(1-\alpha)\tau\rho_d$ dipantulkan kembali ke pelat redaman, ρ_d mewakili pantulan penutup akibat radiasi difusi dari bawah dan ukurannya (Duffie *et al*, 2020):

$$\rho_d = 1 - \tau_r \tag{10}$$

Gambar 4 menampilkan nilai transmitansi pantulan (τ_r) untuk kaca dengan indeks bias medium $n = 1,526$.



Gambar 7. Nilai transmitansi pantulan untuk empat lembar kaca dengan indeks bias medium kaca $n = 1,526$. (Duffie *et al*, 2020)

Tabel 1. Indeks refraksi rata-rata dalam spektrum matahari untuk beberapa jenis material penutup.

Cover Material	Average n
Glass	1.526
Polymethyl methacrylate	1.49
Polyvinylfluoride	1.45
Polyfluorinated ethylene propylene	1.34
Polytetrafluoroethylene	1.37
Polycarbonate	1.60

Demikian seterusnya, pantulan radiasi terjadi hingga jumlah energi yang diserap tercapai (Duffie *et al.*, 2020).

$$(\tau\alpha) = \frac{\tau\alpha}{1-(1-\alpha)\rho_d} \tag{11}$$

Nilai $(\tau\alpha)$ sebenarnya sekitar 1% lebih besar dari τ kali α , jadi (Duffie *et al.*, 2020):

$$(\tau\alpha) = 1,01\tau\alpha \tag{12}$$

Persamaan tersebut berguna untuk memperkirakan produk *transmittance* dan *absorptance*.

Metode Absorpsi Radiasi Dataran Pelat Latar

Pancaran sinar radiasi matahari yang terpantul pada permukaan kolektor surya datar terdiri dari 3 bagian, ialah radiasi langsung, radiasi penyebaran, serta radiasi pantulan dari bumi. Oleh sebab itu, absorpsi radiasi S oleh kolektor surya datar bisa dihitung dengan cara terpisah serupa dengan distribusinya. akibatnya, jumlah radiasi surya yang diserap oleh kolektor bisa dinyatakan sebagai berikut (Duffie *et al.*, 2020):

$$S = I_b R_b (\tau\alpha)_b + I_d (\tau\alpha)_d \left(\frac{1 + \cos \beta}{2}\right) + \rho_g (I_b + I_d) (\tau\alpha)_g \left(\frac{1 - \cos \beta}{2}\right) \tag{13}$$

dimana, subskrip b , d dan g menyatakan sorotan, difusi, dan pantulan dari tanah. Faktor $\left(\frac{1 + \cos \beta}{2}\right)$ merupakan bentuk faktor kolektor terhadap langit; dan $\left(\frac{1 - \cos \beta}{2}\right)$ merupakan bentuk faktor kolektor terhadap tanah.

Dengan merujuk pada rancangan transmisi- serapan produk, radiasi berlangsung pada permukaan yang diserap oleh panel surya datar, serupa yang dipaparkan oleh (Duffie *et al.*, 2020):

$$S = (\tau\alpha)_{av} \cdot I_T \tag{14}$$

Jika radiasi langsung tinggi diketahui, maka energi yang dapat dimanfaatkan dari kolektor akan mencapai tingkat tertinggi. Dalam situasi ini, kita dapat membuat perkiraan kasar berdasarkan data radiasi langsung yang tersedia (Duffie *et al.*, 2020):

$$(\tau\alpha)_{av} \cong 0,96(\tau\alpha) \tag{15}$$

Sebenarnya, karakteristik transmisi dan absorpsi bergantung pada sudut datang radiasi, tetapi untuk kemudahan perhitungan, nilai transmisi (τ); dan absorpsi (α), ditentukan berdasarkan sifat bahan penutup serta panel penyerapan yang telah ditentukan.

Penyeimbang Panas Dalam Kolektor Surya Dengan Konsep Pelat Datar

Pada sistem kolektor surya, neraca energi dapat dijelaskan melalui distribusi energi matahari yang diterima, termasuk energi bersih, kehilangan optik, serta terjadinya kerugian panas. Sebagian besar panas radiasi masuk ke kolektor diserap oleh pelat atenuasi berdasarkan luasan permukaan kolektor setelah terjadinya penurunan akibat karakteristik optik lapisan pelat. Kehilangan energi termal kolektor melalui proses radiasi dan konveksi dapat dituliskan menggunakan koefisien kerugian panas total (U_L), dikalikan selisih suhu rata-rata pelat (T_{pm}) dan suhu lingkungan (T_a). Panas yang berguna (Q_u) yang dihasilkan oleh kolektor dengan luas penampang (A_c) dituliskan dalam persamaan neraca panas sebagai berikut (Syukri Himran, 2005):

$$Q_u = A_c (S - U_L (T_{pm} - T_a)) \quad (16)$$

$U_L(T_{pm} - T_a)$ merupakan koefisien kerugian panas total dengan cara konveksi dan radiasi di bagian permukaan pelat penyerap. Persamaan (16) bisa diformulasikan ulang agar memberikan persamaan kesetimbangan panas berdasarkan suhu fluida masuk. Temperatur fluida masuk lebih mudah ditentukan daripada temperatur rata-rata karena temperatur pelat merupakan fungsi yang sulit ditentukan dari struktur kolektor.

Efisiensi Pengereng Surya

Penilaian kemampuan cara pengeringan dengan tenaga surya dilakukan berlandaskan kapasitas termal ataupun kecepatan pengeringan produk. Kemampuan termal pengeringan surya bisa diartikan selaku perbandingan antara energi panas yang digunakan buat pengeringan dengan energi panas yang tersedia guna pengeringan (Mohanraj, 2009).

1. Efisiensi alat yang menggunakan cerobong

$$\eta_{th} = \frac{\dot{m}_w h_{fg}}{\dot{m}_a C_{pa} ((T_i - T_a) + (T_i - T_f))} \quad (16)$$

P_p merupakan besaran daya yang dibutuhkan untuk menguapkan air dari gabah.

$$P_p = \dot{m}_w h_{fg} \text{ (W)} \quad (17)$$

P_t adalah daya total

$$P_t = \dot{m}_a C_{pa} \{ (T_i - T_a) + (T_i - T_f) \} \quad (18)$$

\dot{m}_w merupakan kecepatan massa air teruapkan (kg/s); \dot{m}_a merupakan kecepatan massa udara pengering (kg/s); C_{pa} merupakan kapasitas panas spesifik udara pengering ($J/kg \cdot K$); T_i merupakan suhu udara masuk (K); T_f merupakan suhu udara setelah pengeringan/cerobong (K); T_a merupakan suhu udara luar (K); dan h_{fg} merupakan panas laten penguapan (J/kg).

Perhitungan performa (efisiensi) juga bisa dilakukan dengan membandingkan jumlah energi yang masuk dengan energi yang digunakan secara efektif untuk proses pengeringan (Syamsiro, (2002):

$$\eta_{th} = \frac{P_p}{Q_c} \quad (19)$$

Q_c merupakan panas yang dihasilkan kolektor (W)

$$Q_c = I_g \times A_c \quad (20)$$

Q_c mewakili suatu variabel, sedangkan I_g menyatakan intensitas radiasi sinar matahari secara global dalam satuan Watt per meter persegi (W/m^2), dan A_c mengacu pada luas penampang kolektor.

2. Efisiensi alat yang menggunakan kipas

$$\eta_{th} = \frac{\dot{m}_w h_{fg}}{\dot{m}_a C_{pa}((T_i - T_a) + (T_i - T_f)) + P_k} \tag{21}$$

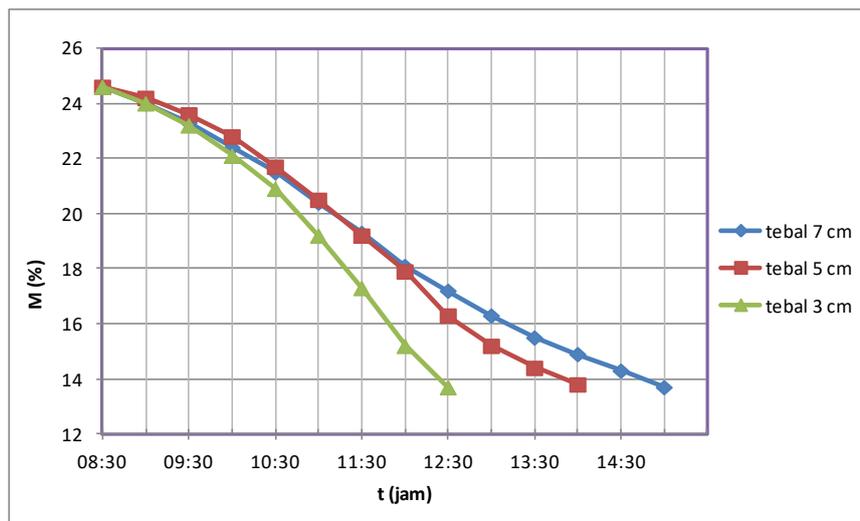
P_k adalah daya kipas

$$P_k = V \times I \text{ (W)} \tag{22}$$

V merupakan perbedaan potensial dalam satuan Volt, sedangkan I merupakan besaran kuat arus dalam satuan Ampere.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hal ini dapat diamati dari keterkaitan kandungan air (M) dan durasi pengeringan (t), dimana proses pengeringan yang semakin lama, kandungan air pada gabah cenderung lebih rendah untuk ketebalan 7,0 cm; 5,0 cm; dan 3,0 cm. Penurunan kadar air tersebut disebabkan oleh adanya proses penguapan pada biji-bijian. Pada awal proses pengeringan, pada waktu t=0 (pukul 08:30), gabah masih memiliki kadar air yang tinggi (24,6%) dan belum sepenuhnya kering. Pengeringan gabah bertujuan menurunkan kandungan air, yang awalnya 24,6% hingga 12-14% (Bulog, 2002). Berdasarkan Gambar 8, terlihat bahwa proses pengeringan yang semakin lama berlangsung, durasi yang diperlukan untuk mencapai tingkat pengeringan yang diinginkan juga semakin lama. Hal ini sejalan dengan penurunan kadar air gabah, karena udara panas yang mengalir mempercepat proses penguapan uap air dari gabah melalui permukaannya.



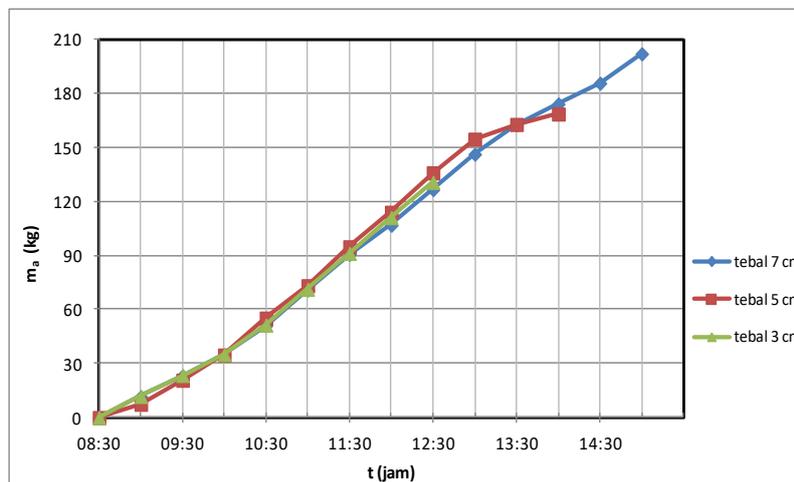
Gambar 8. Kandungan air gabah (M) dan durasi pengeringan (t) pada alat yang menggunakan cerobong

Gambar 8 di atas juga mengindikasikan jika durasi pengeringan (t) akan meningkat seiring dengan bertambahnya tebal butiran (h). Durasi waktu yang dibutuhkan pada tebal butiran untuk mencapai kandungan air berkisar antara 12%-14%. Kemampuan butiran yang lebih tebal untuk menahan kelembapan yang lebih tinggi dibanding dengan butiran tipis, sehingga memerlukan durasi lebih lama mengeringkan. Data pada Tabel 2 juga menunjukkan bahwa rata-rata waktu pengeringan menggunakan alat dengan kipas adalah antara 3,5-6,0 jam, yang lebih cepat dibandingkan dengan penggunaan alat dengan cerobong asap, yakni antara 4,0-6,5 jam. Perbedaan ini disebabkan oleh aliran massa udara yang lebih baik pada alat yang menggunakan kipas. Alat yang menggunakan kipas juga memiliki dimensi yang lebih besar untuk meningkatkan efisiensi proses pengeringan.

Tabel 2. Perbandingan durasi pengeringan gabah

Tebal gabah (cm)	Waktu pengeringan (jam)	
	Cerobong	Kipas
3,0	4,0	3,5
5,0	5,5	5,0
7,0	6,5	6,0

Hubungan antara jumlah udara yang digunakan untuk mengeringkan gabah dan waktu pengeringan gabah terlihat jelas. Gambar 9 memperlihatkan bahwa durasi yang semakin lama dibutuhkan untuk mengurangi % kandungan air dalam biji, semakin besar volume udara yang digunakan. Fenomena ini terjadi karena semakin lama proses pengeringan berlangsung, semakin banyak air yang menguap dari gabah untuk mencapai tingkat pengeringan yang diinginkan, yaitu kisaran 12-14% (Bulog, 2002), dari kadar air awal sebesar 24,6%. Dampaknya, massa udara yang diperlukan untuk menguapkan air dari gabah juga meningkat seiring dengan waktu pengeringan yang lebih lama.



Gambar 9. Massa udara pengering (m_a) dengan waktu pengeringan (t)

Dalam proses pengeringan menggunakan cerobong, dibutuhkan jumlah udara pengering yang berbeda-beda sesuai dengan waktu pengeringan dan ketebalan gabah. Misalnya, untuk mengeringkan gabah dengan ketebalan 3,0 cm selama 4,0 jam, diperlukan sebesar 130,4046 kg massa udara kering. Pengeringan yang dilakukan dengan ketebalan 5,0 cm selama 5,5 jam, jumlah massa udara pengering yang dibutuhkan adalah 168,82 kg. Sementara itu, untuk mencapai ketebalan 5 cm dalam waktu pengeringan selama 6,5 jam, massa udara pengering yang diperlukan adalah 203,1763 kg. Hasil yang serupa juga terlihat pada proses pengeringan menggunakan kipas, di mana pengeringan gabah dengan ketebalan 3 cm selama 3,5 jam membutuhkan massa udara sebesar 178,9396 kg. Pada pengeringan dengan ketebalan 5 cm selama 5 jam, massa udara pengering yang dibutuhkan adalah 210,5648 kg. Dan pada pengeringan gabah selama 6 jam dengan ketebalan 7,0 cm, diperlukan 227,1387 kg massa udara pengering. Dengan demikian, jumlah massa udara pengering mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan waktu dan ketebalan gabah yang harus dikeringkan.

Jumlah air yang menguap dari gabah berkaitan erat dengan waktu pengeringan. Fenomena ini dapat dilihat dalam Gambar 10, di mana durasi yang semakin lama dibutuhkan mengurangi % kandungan air dalam gabah, semakin besar volume air yang menguap. Ketika gabah dikeringkan, durasi yang semakin lama dibutuhkan untuk menurunkan kandungan air awal

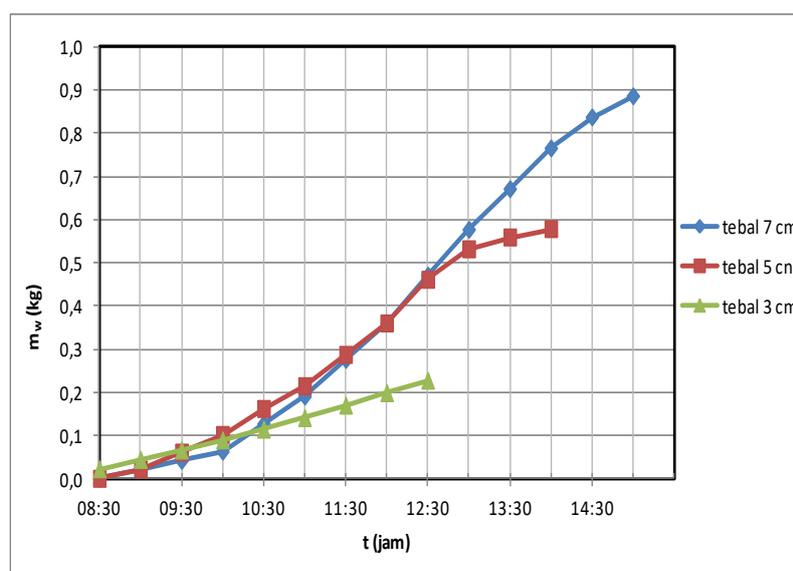
sebesar 24,6% dan menurun 12-14% (Bulog, 2002), gabah yang mengalami penguapan yang lebih banyak dari selama proses pengeringan. Hal ini disebabkan adanya udara yang mengalir mengambil energi atau panas dari biji saat melewati partikel-partikel biji tersebut. Pada awalnya, tingkat penguapan air dari gabah relatif rendah karena suhu udara pengering masih rendah. Namun, setelah 2-5,5 jam pengeringan, ketika suhu udara pengering meningkat, tingkat penguapan air juga meningkat. Sekitar 1 jam sebelum mencapai persentase kadar air yang diinginkan (12%-14%), tingkat penguapan air akan sedikit menurun karena biji mendekati kondisi kering atau mendekati kadar air yang diinginkan.

Dalam proses pengeringan menggunakan cerobong, diperlukan waktu pengeringan selama 4 jam untuk mengeringkan gabah yang memiliki ketebalan 3 cm. Pada waktu tersebut, terjadi penguapan sebanyak 0,3345 kg air. Sementara itu, pada waktu pengeringan selama 5,5 jam untuk gabah dengan ketebalan 5 cm, terjadi penguapan sebanyak 0,5786 kg air. Ketika pengeringan berlangsung selama 6,5 jam dengan ketebalan 5 cm, jumlah air yang menguap mencapai 0,8905 kg.

Hasil penelitian yang serupa juga ditemukan dalam pengeringan menggunakan kipas. Ketika melakukan pengeringan gabah dengan ketebalan 3 cm selama 3,5 jam, terjadi penurunan massa air sebesar 0,3183 kg. Selanjutnya, pada pengeringan gabah dengan ketebalan 5 cm selama 5 jam, terjadi penurunan massa air sebesar 0,6054 kg. Dalam pengeringan dengan ketebalan 7 cm selama 6 jam, terjadi pengurangan massa air sebesar 0,8954 kg, yang menyebabkan peningkatan volume air yang menguap.

Tabel 3. Massa udara pengering dan jumlah air yang menguap dari gabah selama proses pengeringan.

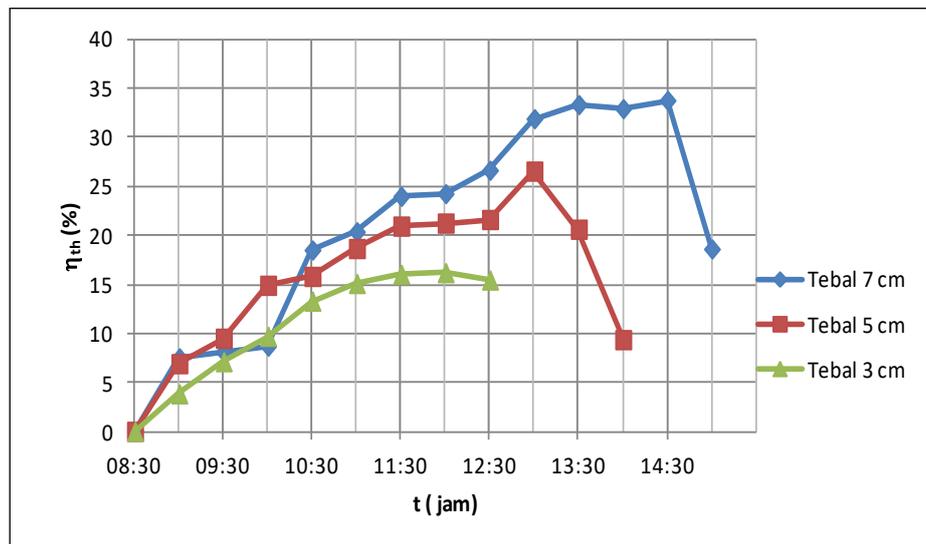
Ketebalan Gabah (cm)	Cerobong		Kipas	
	Massa udara (kg)	Massa air (kg)	Massa udara (kg)	Massa air (kg)
3	130,8036	0,3345	178,9396	0,3183
5	168,6573	0,5786	208,5648	0,6054
7	203,1763	0,8905	227,1387	0,9278



Gambar 10. Hubungan penguapan massa air m_w (kg) dengan durasi pengeringan (t)

Efisiensi pengering meningkat sampai mencapai puncaknya dan kemudian menurun seiring bertambahnya waktu pengeringan, seperti yang terlihat pada Gambar 11. Dalam Gambar 11, menunjukkan performa (efisiensi) pengeringan meningkat yang berbanding lurus dengan bertambahnya durasi pengeringan karena suhu udara yang masuk ke ruang pengering bertambah efek dari intensitas sinar matahari yang diterima oleh kolektor juga meningkat. Perbedaan suhu udara luar dan dalam ruang pengering juga mempengaruhi hal ini. Di kondisi ini, udara membawa energi panas menjadi lebih besar, yang akan berdampak pada jumlah penguapan air dari biji-bijian juga meningkat yang mencapai 12%-14%; nilai ini merupakan hasil tertinggi. Namun, jika waktu pengeringan diperpanjang sampai mencapai hasil maksimum, penghilangan kandungan air dalam gabah berkurang akibat dari energi panas yang terkandung dalam aliran udara mengalami kemampuan penurunan untuk menguapkan air pada gabah. Hal ini mengakibatkan penurunan efisiensi pengeringan.

Pada pengujian cerobong, hasil terbaik terlihat pada gabah dengan ketebalan 7 cm setelah proses pengeringan selama 6 jam, gabah dengan ketebalan 5 cm setelah 4 jam, dan gabah dengan ketebalan 3 cm setelah 2 jam. Penyebabnya adalah transfer energi atau panas melalui udara yang efisien. Pengering dapat berfungsi optimal dan mampu menguapkan air dari gabah, namun saat ini alat pengering gabah berlangsung dengan lancar. Dalam hal ini, penggunaan cerobong asap pada alat pengering memiliki efisiensi yang lebih tinggi daripada penggunaan kipas, karena kipas membutuhkan energi tambahan dalam bentuk listrik untuk beroperasi.



Gambar 11. Durasi pengeringan (t) dan efisiensi (η) pada peralatan pengeringan dengan cerobong

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Alat pengering gabah yang digunakan dalam penelitian ini memiliki rincian, yaitu bahan dari pelat setebal 0,20 mm dengan dimensi pelat pengering 1500 mm × 500 mm × 500 mm; dimensi pelat penyerap 500 mm x 1000 mm x 0,20 mm; dan dimensi tatakan pengering 500 mm x 500 mm x 80 mm mm. Kaca pelindung memiliki ketebalan 20,00 mm, dimensi inlet collector (25 x 500) mm, diameter cerobong adalah 87,00 mm, tinggi 500,00 mm dan diameter cerobong kipas untuk mengalirkan udara dari unit yang terkumpul ke ruang pengering adalah 80,00 mm. Kadar air biji-bijian kering berbanding terbalik dengan waktu pengeringan untuk pengering cerobong asap dan pengering kipas. Kadar air sebelum pengeringan adalah 24,60% setelah pengeringan bervariasi yaitu 13,5% hingga 13,8%.

Perbandingan durasi pengeringan menggunakan cerobong dan kipas, adalah 6,5 jam (ketebalan gabah 7,0 cm); 5,5 jam (ketebalan gabah 5,0 cm); dan 4,0 jam (ketebalan gabah 3,0 cm). Alat pengering yang menggunakan cerobong, adalah 6,0 jam (ketebalan gabah 7 cm); 5,0 jam (ketebalan gabah 5,0 cm); dan 3,5 jam (ketebalan gabah 3,0 cm). Pengeringan gabah pada alat pengering yang menggunakan cerobong lebih cepat dibandingkan dengan alat kipas. Hasil studi ini menunjukkan jika durasi yang diperlukan untuk menurunkan kandungan air, yang semula 24,6% ke 13,5% -3,8% sebesar 3,5-6,5 jam, durasi ini lebih cepat jika dibanding dengan proses pengeringan alami dengan durasi 2-3 hari. Ketebalan pengeringan gabah mempengaruhi kapasitas peralatan, di mana ketebalan gabah 7,0 cm memberikan efisiensi maksimum sebesar 22,16%. Efisiensi pengering biji-bijian cerobong lebih baik daripada pengering kipas.

Saran

Perlu dilakukan penelitian sejenis untuk bijian-bijian lainnya, terkait performa alat pengering ini untuk penggunaan pada skala universal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Pimpinan LPPM Uncen atas Bantuan Dana Hibah Penelitian Fakultas, PNBP Tahun Anggaran 2022 hingga penelitian ini dapat dilaksanakan dan terpublikasi.

REFERENSI

- Abbas, K., dan Suhaeti, N.R. (2016). Pemanfaatan Teknologi Pascapanen untuk Pengembangan Agroindustri Perdesaan di Indonesia, *Forum penelitian Agro Ekonomi* 34(1):21
- Bulog (2002). *Keputusan Bersama Kepala Badan Bimas Ketahanan Pangan No. 04/SKB/BBKP/H/II/2002.*
- Duffie, A.J., Beckman, A.W., Blair, N. (2020). *Solar Engineering Of Thermal Processes 5ed.* John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey Published simultaneously in Canada.
- Mohanraj, M., Chandrasekar, P. (2009). *Performance of a Forced Convection Solar Drier Integrated with Gravel as Heat Storage Material for Chili Drying*, Journal of Engineering and Technology, Karunya University, Kucing Serawak.
- Syamsiro, M., Surahmanto F., Abadi, N., Hartono, W. (2002). *Aplikasi Alat Pengering Surya Untuk Meningkatkan Produktifitas Industri Sale Pisang.* Buletin Penalaran Mahasiswa UGM, Yogyakarta.
- Mohsenin (1980). *Physical Properties of Plant and Animal materials. 2nd edition.* Gordon and Breach Science. New York USA.
- Noble dan Andrizar (2003). *Penuntun Praktis Penggilingan Padi.* Deptan, Jakarta
- Syukri, H. (2005). *Energi Surya.* CV.Bintang Lamumpatue, Makassar.
- Syukri, H. (2011). *Kajian Pada Alat Pengering Gabah Dengan Tungku Sekam Sebagai Pemanas Udara Pengering.* Mekanika, Jurnal Teknik Mesin dan Industri, Makassar.