



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research
Volume 5 Nomor 4 Tahun 2025 Page 10841-10851
E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246
Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Kajian Pengering Kakao Tipe *Tray Dryer* dengan Memanfaatkan Variasi Laju Aliran Udara Panas

Riswandi^{1✉}, Syaiful², Idham H³

Universitas Tomakaka Mamuju

Email: riswandi.anwar93@gmail.com^{1✉}

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi alat pengering kakao tipe *tray dryer* dengan memanfaatkan aliran udara panas. Metode yang digunakan adalah dengan membuat sebuah alat pengering bertingkat dengan mengalirkan udara panas kedalam ruang pengering. Alat ini diharapkan mampu mengeringkan kakao dengan cepat serta tingkat kekeringan yang merata. Penelitian ini dilakukan dengan variasi laju aliran udara 6,37 m/s, 5,32 m/s, dan 4,51 m/s dengan temperatur udara tetap 65°C. Hasil penelitian menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan kadar air kakao dari 72,9% menjadi 7,5% adalah 125 menit – 160 menit. Efisiensi pengeringan yaitu 28,38% pada laju aliran udara 6,37 m/s, 27,07% pada laju aliran udara 5,32 m/s, dan 26,40% pada laju aliran udara 4,51 m/s.

Kata Kunci: *Alat Pengering, Kakao, Efisiensi, Kadar Air*

Abstract

This research aims to determine the efficiency of a tray dryer type cocoa drying equipment utilizing hot air flow. The method used involves creating a multi-tier drying equipment by flowing hot air into the drying chamber. This equipment is expected to dry cocoa quickly with uniform drying levels. The research was conducted with variations in air flow rates of 6.37 m/s, 5.32 m/s, and 4.51 m/s with a constant air temperature of 65°C. The research results show that the time required to reduce cocoa moisture content from 72.9% to 7.5% ranges from 125 minutes to 160 minutes. The drying efficiency was 28.38% at an air flow rate of 6.37 m/s, 27.07% at an air flow rate of 5.32 m/s, and 26.40% at an air flow rate of 4.51 m/s.

Keywords: *Drying Equipment, Cocoa, Efficiency, Moisture Content*

PENDAHULUAN

Kakao merupakan salah satu komoditas perkebunan unggulan Indonesia yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Dalam proses pascapanen, pengeringan menjadi tahapan kritis yang menentukan kualitas dan daya simpan biji kakao. Proses pengeringan kakao tidak hanya bertujuan untuk mengurangi kadar air, tetapi juga merupakan kelanjutan dari tahap oksidatif fermentasi yang berperan penting dalam mengurangi rasa kelat dan pahit, serta membentuk cita rasa dan aroma khas kakao.

Pengeringan hasil pertanian, termasuk kakao, yang dilakukan oleh petani umumnya masih mengandalkan metode konvensional dengan cara penjemuran langsung di bawah sinar matahari dengan temperatur antara 30°C–45°C, sedangkan temperatur pengeringan yang ideal untuk komoditas pertanian termasuk biji kakao pada umumnya sekitar 60°C–70°C. Dengan demikian, jika hanya menggunakan panas matahari pada suhu lingkungan, maka akan membutuhkan waktu yang lebih lama dalam proses pengeringan. Metode pengeringan konvensional ini memerlukan waktu 5 hingga 7 hari untuk mencapai kadar air di bawah 7,5%, dan kadar air kakao yang lebih dari 7,5% tidak memenuhi persyaratan SNI (Hatmi & Rustijarno, 2012).

Kadar air kakao hasil fermentasi selama 4–7 hari sekitar 51% - 60%, sehingga memberikan peluang yang besar untuk cepat membusuk akibat adanya pertumbuhan mikroorganisme. Oleh karena itu, dengan adanya pengeringan, diharapkan dapat mengurangi kadar air dalam kakao. Kadar air yang diharapkan setelah proses pengeringan adalah maksimal 7,5% (Standar SNI-01-2323-2008), yang bertujuan untuk mencegah tumbuhnya mikroorganisme pembusuk sehingga kakao dapat bertahan lama.

Pengeringan yang tidak optimal dapat menimbulkan berbagai masalah yang merugikan. Jika pengeringan terlalu lambat, hal ini dapat menimbulkan efek negatif karena

dapat menstimulus kehadiran jamur yang berkembang dan masuk ke dalam bahan. Sementara itu, pengeringan yang terlalu cepat juga bisa mengganggu kesempurnaan reaksi oksidatif yang berlangsung dan dapat menyebabkan tingkat keasaman yang berlebih. Peningkatan suhu pengeringan akan meningkatkan kelat dan *asamity* sehingga suhu pengeringan tidak lebih dari 70°C (Winarno, 1992).

Ketergantungan pada cuaca dalam metode penjemuran konvensional sering menjadi kendala utama, terutama pada musim hujan atau kondisi cuaca yang tidak menentu. Pengeringan dengan sinar matahari membutuhkan tenaga kerja yang lebih banyak, waktu yang dibutuhkan juga sangat lama dan sangat bergantung dengan cuaca karena jika cuaca buruk misalnya cuaca sedang hujan atau tidak ada matahari maka pengeringan ini tidak dapat dilakukan. Untuk mengantisipasi cuaca yang tidak menentu tersebut maka pengeringan yang baik adalah pengeringan yang dilakukan dengan alat pengering yang dalam hal ini dipakai *tray dryer*.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji pengembangan teknologi pengeringan kakao. Napitupulu dan Tua (2012) telah melakukan penelitian perancangan dan pengujian alat pengering kakao dengan tipe *cabinet dryer* untuk kapasitas 7,5 kg per-siklus. Penelitian ini menggunakan udara panas sebagai media pemanas dengan menggunakan bahan bakar korosin dan kayu. Alat pengering yang dirancang mampu mengeringkan 7,5 kg biji kakao basah tiap sekali pengeringan dan menghasilkan kadar air kakao sesuai dengan Standar Nasional Indonesia, yaitu 6,450% sampai 7,315%.

Macmanus-Chinenye, dkk (2010) telah meneliti pengering biji kakao tipe pengering kinetik dengan pengujian di bawah kondisi isothermal menggunakan pengering *batch* yang dipanaskan pada suhu 55°C, 70°C, dan 80°C. Proses pengeringan yang lebih cepat diamati pada suhu pengeringan yang lebih tinggi menghasilkan pengeringan yang menguntungkan dari segi biaya. Nilai-nilai difusivitas yang diperoleh berkisar antara $6,137 \times 10^{-10}$ hingga $1,855 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ untuk suhu yang digunakan.

Sidabariba (2015) melakukan uji variasi suhu pengeringan biji kakao dengan alat pengering tipe kabinet terhadap mutu bubuk kakao pada temperatur 55°C, 60°C, dan 65°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur pengeringan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar air dan warna. Perlakuan terbaik pada penelitian ini adalah perlakuan pada temperatur 60°C yang menghasilkan kadar air 3,13%, kadar lemak 38,53%.

Meskipun penelitian-penelitian sebelumnya telah menunjukkan potensi pengering mekanis dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas pengeringan kakao, masih diperlukan

kajian lebih mendalam mengenai optimalisasi parameter operasi, khususnya pengaruh variasi laju aliran udara terhadap efisiensi pengeringan pada alat pengering tipe *tray dryer*.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji performa alat pengering kakao tipe *tray dryer* dengan fokus pada pengaruh variasi laju aliran udara panas terhadap efisiensi pengeringan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pengeringan kakao yang lebih efektif dan efisien, sehingga dapat meningkatkan kualitas produk kakao Indonesia di pasar global.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tomakaka Mamuju pada periode September 2023 hingga Desember 2023. Kegiatan penelitian meliputi perancangan, pembuatan, dan pengujian alat pengering kakao tipe *tray dryer* dengan memanfaatkan aliran udara panas.

Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat pengering kakao tipe *tray dryer* hasil rancangan sendiri, termokopel untuk pengukuran temperatur, *grain moisture meter* untuk pengukuran kadar air kakao, timbangan digital untuk pengukuran massa, anemometer untuk pengukuran laju aliran udara, kontroler temperatur untuk pengaturan suhu udara pengering, dan stopwatch untuk pencatatan waktu. Bahan yang digunakan adalah biji kakao pasca fermentasi dengan kadar air awal 72,9% dan massa total 8 kg yang dibagi merata pada 4 rak dengan massa masing-masing 2 kg per rak.

Variabel Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah laju aliran udara dengan tiga variasi yaitu 4,51 m/s, 5,32 m/s, dan 6,37 m/s. Variabel terikat yang diamati meliputi kadar air kakao (%), massa kakao (kg), waktu pengeringan (menit), dan efisiensi pengeringan (%). Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah temperatur udara pengering yang dipertahankan konstan pada 65°C, massa awal kakao sebesar 8 kg, dan kadar air target 7,5% sesuai standar SNI-01-2323-2008.

Prosedur Penelitian

Tahap persiapan dimulai dengan mengatur temperatur udara masuk ruang pengering menggunakan kontroler temperatur pada nilai 65°C dan menjalankan alat pengering hingga sistem mencapai kondisi *steady state*. Biji kakao yang telah difermentasi dengan massa total 8 kg kemudian didistribusikan secara merata pada 4 rak dengan massa 2 kg per rak. Sebelum memulai pengeringan, kadar air awal kakao diukur menggunakan *grain moisture meter* dan massa awal kakao dicatat menggunakan timbangan digital.

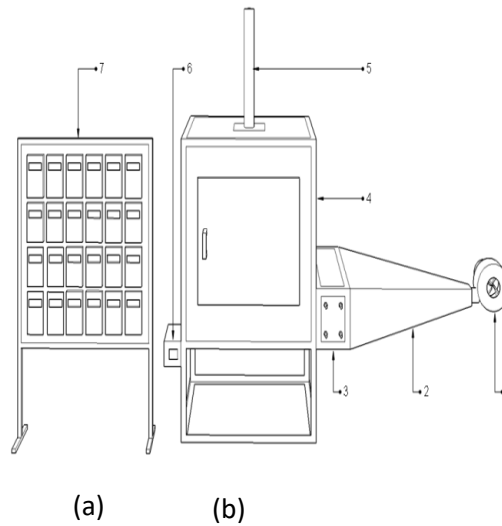
Pada tahap pengoperasian, laju aliran udara diatur sesuai dengan variabel yang telah ditetapkan dan proses pengeringan dimulai dengan mencatat waktu mulai operasi. Pengukuran temperatur dilakukan pada berbagai titik yaitu temperatur udara sebelum masuk ruang pengering, temperatur ruang pemanas udara, temperatur udara masuk ruang pengering, temperatur udara sebelum dan setelah melewati kakao, dan temperatur udara keluar dari cerobong. Laju aliran udara yang keluar dari cerobong diukur menggunakan anemometer. Pengukuran temperatur dan laju aliran udara dilakukan sebanyak 3 kali setiap interval 15 menit untuk menjamin akurasi data. Massa dan kadar air kakao juga diukur setiap 15 menit menggunakan *grain moisture meter*. Proses pengeringan dilanjutkan hingga kadar air kakao mencapai 7,5% sesuai standar SNI-01-2323-2008.

Parameter yang Diamati

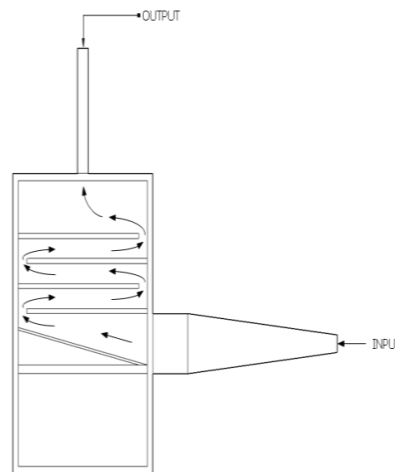
Parameter yang diamati dan diukur selama penelitian meliputi kadar air kakao (%) yang diukur menggunakan *grain moisture meter* setiap 15 menit, massa kakao (kg) yang ditimbang menggunakan timbangan digital setiap 15 menit, temperatur udara pengering (°C) yang diukur pada berbagai titik menggunakan termokopel, laju aliran udara (m/s) yang diukur menggunakan anemometer, dan waktu pengeringan (menit) yang dicatat dari awal hingga mencapai kadar air target.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan persamaan-persamaan termodinamika untuk menghitung kebutuhan energi panas pengeringan kakao, energi yang terkandung dalam udara pengering, dan efisiensi pengeringan menggunakan persamaan $\eta_p = (Q_t/Q_a) \times 100\%$. Penelitian ini menggunakan rancangan eksperimen dengan tiga perlakuan laju aliran udara yang berbeda dan setiap perlakuan dilakukan dengan tiga kali pengulangan untuk memastikan keakuratan dan konsistensi data.



Gambar 1. (a) kontrol temperatur udara pengering, (b) alat pengering kakao tipe *tray dryer*



Gambar 2. Skema aliran udara alat pengering tipe *tray dryer*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

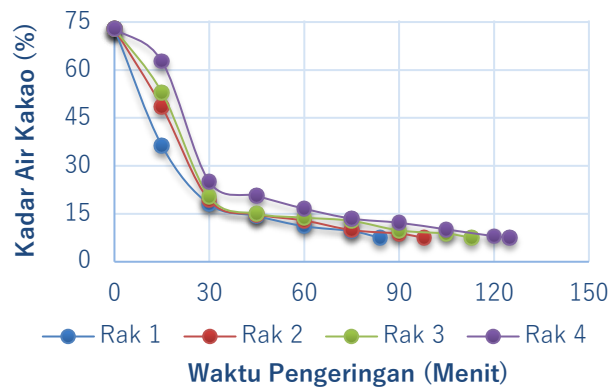
Setelah dilakukan analisis data melalui perhitungan data hasil penelitian, maka dapat dilihat pengaruh perubahan kadar air kakao sehubungan dengan variasi laju aliran udara pada temperatur udara konstan 65°C . Hasil perhitungan dan analisis ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memberikan gambaran yang komprehensif mengenai kinerja alat pengering kakao tipe *tray dryer*.

Pengaruh Laju Aliran Udara terhadap Penurunan Kadar Air Kakao

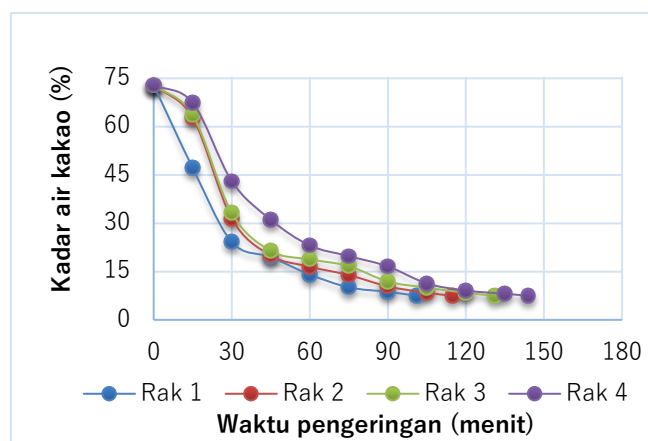
Laju aliran udara sangat berpengaruh terhadap penurunan kadar air kakao selama proses pengeringan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3, 4, dan 5, dimana semakin tinggi laju aliran udara pengering yang digunakan, maka waktu yang dibutuhkan untuk

menurunkan kadar air kakao semakin cepat. Hasil ini sejalan dengan prinsip dasar pengeringan bahwa proses pengeringan diperoleh dengan cara penguapan air melalui pengaliran udara panas di sekeliling bahan, sehingga tekanan uap air bahan lebih besar dari tekanan uap air di udara.

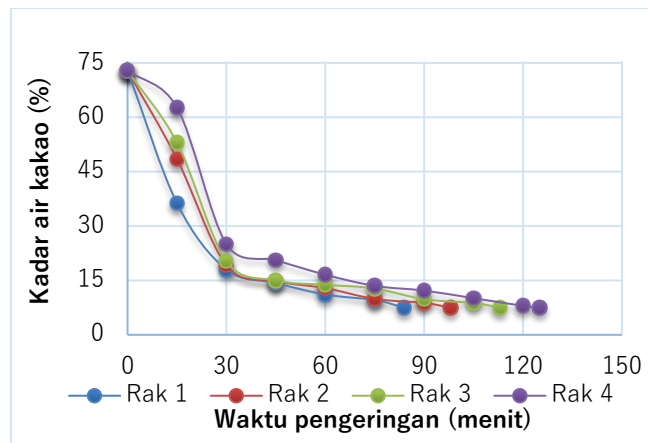
Gambar 3 menunjukkan waktu pengeringan paling lama yaitu 160 menit hingga kadar air kakao mencapai 7,5% pada laju aliran udara 4,51 m/s. Pada laju aliran udara 5,32 m/s, waktu pengeringan berkurang menjadi 144 menit (Gambar 4), sedangkan pada laju aliran udara 6,37 m/s waktu pengeringan paling cepat yaitu 125 menit (Gambar 5). Hasil ini lebih efisien dibandingkan dengan pengeringan konvensional menggunakan sinar matahari yang memerlukan waktu 5 hingga 7 hari untuk mencapai kadar air di bawah 7,5% (Hatmi dan Rustijarno, 2012).



Gambar 3. Grafik penurunan kadar air kakao terhadap waktu pengeringan pada laju aliran udara 4,51 m/s



Gambar 4. Grafik penurunan kadar air kakao terhadap waktu pengeringan pada laju aliran udara 5,32 m/s



Gambar 5. Grafik penurunan kadar air kakao terhadap waktu pengeringan pada laju aliran udara 6,37 m/s

Penurunan kadar air yang signifikan terjadi pada rak 1 kemudian diikuti oleh rak berikutnya. Hal ini terjadi karena rak 1 menerima energi panas yang lebih besar karena berada tepat di atas ruang plenum, sedangkan kakao yang berada pada rak 2 dan seterusnya hanya menerima energi panas yang dilepas oleh kakao yang berada di bawahnya. Fenomena ini konsisten dengan penelitian Chinenye dkk (2010) yang menunjukkan bahwa proses pengeringan yang lebih cepat diamati pada kondisi dengan transfer panas yang lebih efektif.

Pola penurunan kadar air kakao berbentuk eksponensial dengan penurunan yang sangat mencolok terjadi pada awal pengeringan (0-30 menit), kemudian menurun perlahan-lahan sampai kadar air mendekati 7,5%. Pola ini menunjukkan bahwa pada fase awal, air bebas dalam bahan mudah dievaporasi, sedangkan pada fase akhir air yang tersisa merupakan air terikat yang memerlukan energi lebih besar untuk dievaporasi.

Energi yang Dibutuhkan Selama Proses Pengeringan

Proses pengeringan kakao menggunakan alat pengering tipe *tray dryer* membutuhkan berbagai komponen energi meliputi energi pemanasan kakao (Q_k), energi pemanasan air kakao (Q_f), energi penguapan air kakao (Q_g), dan energi yang terkandung dalam udara panas (Q_a). Data hasil perhitungan kebutuhan energi pengeringan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan energi panas pengeringan kakao

V (m/s)	Q_k (kJ)	Q_f (kJ)	Q_g (kJ)	Q_t (kJ)	Q_a (kJ)
,37	582	801	12490	13873	48872
5,32	589	811	12506	13906	51356
4,51	587	808	12529	13925	52740

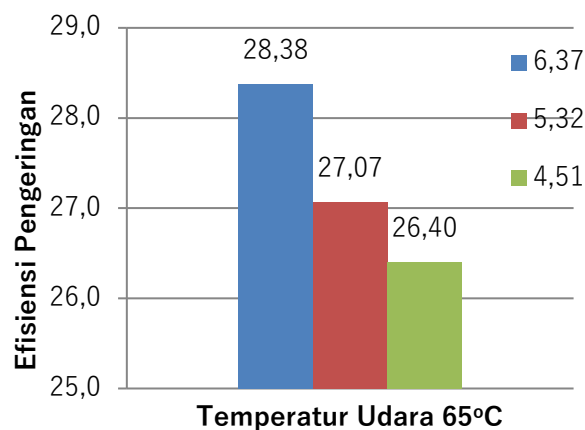
Dari Tabel 1 terlihat bahwa energi penguapan air (Q_g) merupakan komponen energi terbesar yang dibutuhkan dalam proses pengeringan, mencapai sekitar 90% dari total energi pengeringan (Q_t). Hal ini menunjukkan bahwa proses evaporasi air merupakan tahap yang paling membutuhkan energi dalam proses pengeringan kakao. Energi total yang dibutuhkan (Q_t) relatif konstan untuk semua variasi laju aliran udara, berkisar antara 13873-13925 kJ, sedangkan energi yang tersedia dalam udara panas (Q_a) menurun seiring dengan peningkatan laju aliran udara.

Efisiensi Pengeringan

Efisiensi pengeringan merupakan perbandingan antara jumlah energi panas yang dibutuhkan untuk menguapkan air dalam bahan dengan jumlah energi panas yang tersedia selama proses pengeringan. Hasil perhitungan efisiensi pengeringan pada variasi laju aliran udara dengan temperatur udara tetap dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Efisiensi pengeringan kakao

V (m/s)	Q_t (kJ)	Q_a (kJ)	η_p (%)	T (°C)
,37	582	801	12490	13873
5,32	589	811	12506	13906
4,51	587	808	12529	13925



Gambar 6. Hubungan antara efisiensi pengeringan terhadap laju aliran udara pengering

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi pengeringan maksimum terjadi pada laju aliran udara 6,37 m/s yaitu sebesar 28,38%, kemudian pada laju aliran udara 5,32 m/s sebesar 27,07%, dan efisiensi minimum pada laju aliran udara 4,51 m/s sebesar 26,40%. Efisiensi pengeringan pada masing-masing laju aliran udara mengalami perbedaan yang

disebabkan oleh waktu pengeringan yang berbeda-beda, dimana efisiensi tertinggi terjadi pada laju aliran udara 6,37 m/s dengan waktu pengeringan selama 125 menit.

Peningkatan efisiensi pada laju aliran udara yang lebih tinggi disebabkan oleh transfer massa dan panas yang lebih efektif. Laju aliran udara yang tinggi meningkatkan koefisien transfer massa dan mempercepat perpindahan uap air dari permukaan bahan ke udara pengering. Hasil ini sejalan dengan penelitian Napitupulu dan Tua (2012) yang menunjukkan bahwa penggunaan udara panas sebagai media pemanas dapat menghasilkan kadar air kakao sesuai dengan Standar Nasional Indonesia.

Efisiensi yang diperoleh dalam penelitian ini masih dapat ditingkatkan dengan optimalisasi desain alat pengering. Penelitian Sidabariba (2015) menunjukkan bahwa pengaturan temperatur pengeringan sangat berpengaruh terhadap kualitas hasil pengeringan. Namun, perlu diperhatikan bahwa peningkatan suhu pengeringan tidak boleh melebihi 70°C karena dapat meningkatkan rasa kelat dan keasaman berlebih (Winarno, 1992).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa alat pengering kakao tipe *tray dryer* dengan variasi laju aliran udara dapat mengatasi keterbatasan pengeringan konvensional yang sangat bergantung pada kondisi cuaca. Sistem ini memungkinkan pengendalian kondisi pengeringan secara optimal dan menghasilkan kadar air kakao yang sesuai dengan standar SNI-01-2323-2008 dalam waktu yang relatif singkat.

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil membuktikan bahwa efisiensi alat pengering kakao tipe *tray dryer* dapat dioptimalkan melalui pengaturan laju aliran udara, dengan efisiensi tertinggi 28,38% dicapai pada laju aliran 6,37 m/s dan waktu optimal 125 menit untuk mencapai standar kadar air 7,5%. Temuan ini memberikan kontribusi signifikan dalam memajukan teknologi pengeringan kakao dari pendekatan konvensional yang bergantung cuaca menuju sistem termodinamika terkontrol yang dapat diprediksi dan dioptimalkan secara ilmiah.

Justifikasi ilmiah penelitian ini terletak pada pemahaman mendalam tentang hubungan antara transfer massa, transfer panas, dan efisiensi energi dalam sistem pengeringan berlapis. Karakterisasi pola eksponensial penurunan kadar air dan distribusi energi dalam sistem bertingkat memberikan dasar teoretis untuk desain pengering yang lebih efisien. Model matematika yang dikembangkan melalui persamaan termodinamika memungkinkan prediksi kinerja sistem pada berbagai kondisi operasi, yang sebelumnya

tidak tersedia untuk pengering kakao tipe *tray dryer*.

Aplikasi praktis penelitian ini meliputi pengembangan protokol pengeringan standar untuk industri kakao skala kecil hingga menengah, optimalisasi konsumsi energi dalam proses pascapanen kakao, dan peningkatan konsistensi kualitas produk kakao Indonesia. Hasil penelitian dapat diekstensikan untuk pengembangan sistem pengeringan hibrida yang menggabungkan pengeringan matahari dengan sistem mekanis, serta aplikasi pada komoditas pertanian lain yang memiliki karakteristik pengeringan serupa.

Penelitian masa mendatang disarankan untuk mengkaji pengaruh kombinasi temperatur dan laju aliran udara secara simultan menggunakan desain faktorial, investigasi pengaruh ketebalan lapisan kakao terhadap efisiensi pengeringan, dan pengembangan model prediktif berbasis *machine learning* untuk optimalisasi real-time. Penelitian yang sedang berlangsung mencakup analisis kualitas organoleptik kakao hasil pengeringan dengan *tray dryer* dan pengembangan sistem kontrol otomatis berbasis *Internet of Things* untuk monitoring dan optimalisasi proses pengeringan kakao secara *real-time*.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. (2008). *Standarisasi biji kakao* (Standar Nasional Indonesia). Jakarta: BSNI.
- Hatmi, R. U., & Rustijarno, S. (2012). *Teknologi pengolahan biji kakao menuju SNI biji kakao 01-2323-2008*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Sleman.
- Macmanus-Chinenye, N., Ndukwu, D., Ogunlowo, A. S., & Olukunle, O. J. (2010). Cocoa bean (*Theobroma cacao* L.) drying kinetics. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70(4), 633–639. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392010000400014>
- Napitupulu, F. H., & Putra, M. T. (2012). *Perancangan dan pengujian alat pengering kakao dengan tipe cabinet dryer untuk kapasitas 7,5 kg per siklus* [Laporan tugas akhir, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara].
- Sidabariba, N. W. (2015). *Uji variasi suhu pengeringan biji kakao dengan alat pengering tipe kabinet terhadap mutu bubuk kakao* (Skripsi, Universitas Sumatera Utara).
Repositori Institusi Universitas Sumatera Utara.
<https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/51571>
- Susanto, F. X. (1994). *Tanaman kakao* (Cet. 1). Kanisius.
- Winarno, F. G. (1992). *Kimia pangan dan gizi*. PT Gramedia Pustaka Utama.