



Kajian Eksperimental Pengering Kopi *Hybrid* dengan Sistem Kontrol Temperatur Berbasis Mikrokontroler

Iklas Sanubary¹, Pande Putu Agus Santoso², Suhendra³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin Pertanian, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sambas

¹iklassanubary@gmail.com, ²ppa.santoso@gmail.com, ³aka.suhendra@yahoo.com

Abstract

This study aims to determine the performance of a hybrid coffee dryer with a microcontroller-based temperature control system. The heating sources used are sunlight and electric heater. The type of coffee used is liberica. The research method used is experimental, with the independent variable being time and the dependent variables being temperature and mass. Data collection was carried out for 4 consecutive days, starting at 09.00 WIB to 15.00 WIB with a data collection interval of every 20 minutes. The data measured were the temperature inside and outside the drying room and the mass of coffee before and after the drying process. Data analysis was done based on graphs, determining the drying rate and testing the coffee moisture content. The results showed that the average temperature difference measured inside and outside the drying room for 4 consecutive days was 17.21 oC. The total reduction in coffee mass in the dryer for 4 consecutive days was 572 grams with an average drying rate of 23.83 grams/hour. The results of coffee moisture content testing showed that the hybrid coffee dryer reduced coffee moisture content from 56.01% to 8.79%.

Keywords: coffee, dryer, hybrid, microcontroller, temperature

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja pada alat pengering kopi *hybrid* dengan sistem kontrol temperatur berbasis mikrokontroler. Sumber pemanas yang digunakan adalah sinar matahari dan *heater* tenaga listrik. Jenis kopi yang digunakan adalah kopi liberika. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan variabel bebas berupa waktu dan variabel terikat berupa temperatur dan massa. Pengambilan data dilakukan selama 4 hari, dimulai pada pukul 09.00 WIB sampai 15.00 WIB dengan selang pengambilan data setiap 20 menit. Data yang diukur adalah temperatur di dalam dan luar ruang pengering serta massa kopi sebelum dan setelah proses pengeringan. Analisis data dilakukan menggunakan grafik, penentuan laju pengeringan dan pengujian kadar air kopi. Hasil menunjukkan selisih temperatur rata-rata yang terukur di dalam dan luar ruang pengering selama 4 hari sebesar 17,21 °C. Total pengurangan massa kopi pada alat pengering selama 4 hari sebesar 572 gram dengan laju pengeringan rata-rata sebesar 23,83 gram/jam. Hasil pengujian kadar air kopi menunjukkan pengering kopi *hybrid* mampu menurunkan kadar air kopi dari 56,01% menjadi 8,79%.

Kata kunci: kopi, pengering, *hybrid*, mikrokontroler, temperatur.

1. Pendahuluan

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2021-2023, Kabupaten Sambas merupakan daerah penghasil kopi terbesar di Kalimantan Barat dengan produksi kopi pada tahun 2023 mencapai 889 ton [1]. Besarnya produksi kopi tersebut tentunya memerlukan penanganan pasca panen yang tepat untuk mempertahankan kualitas kopi. Salah satu proses penanganan pasca panen kopi adalah proses pengeringan. Proses pengeringan kopi bertujuan untuk mengurangi persentase kadar air pada kopi supaya dapat disimpan dalam waktu yang lebih lama [2,3].

Menurut Standar Nasional Indonesia tentang biji kopi (SNI 01-2907-2008), kopi harus dikeringkan hingga mencapai kadar air <12,5% [4].

Saat ini, proses pengeringan kopi tidak hanya dilakukan melalui metode konvensional dengan menjemur kopi secara langsung di bawah sinar matahari menggunakan terpal sebagai alas, namun dapat dibantu dengan alat pengering. Berdasarkan sumber pemanas yang digunakan, alat pengering terbagi menjadi dua yaitu secara alami dan mekanis/buatan. Secara alami, alat pengering dibuat dengan sumber pemanas yang berasal dari sinar

matahari (*solar dryer*). Penelitian sebelumnya yang dilakukan dengan metode konvensional Penelitian sebelumnya yang menggunakan metode pemanfaatan panas dari tempurung kelapa pada kecepatan angin 6,1 m/s, terjadi penyusutan kadar air tertinggi sebesar 43,2% dengan massa tempurung kelapa sebesar 10.000 g. Sementara itu, pada kecepatan angin 7,6 m/s, penyusutan kadar air tertinggi yang diperoleh adalah 39,8% dengan massa tempurung kelapa yang sama, yaitu 10.000 g [5]. dan secara mekanis, alat pengering dibuat dengan sumber pemanas buatan yang berasal dari pembakaran biomassa [6], *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) [7], listrik [8], oli bekas [9] dan lain-lain.

Wilayah Kabupaten Sambas dipengaruhi oleh iklim khatulistiwa sehingga mendapatkan sinar matahari berlimpah sepanjang tahun. Berdasarkan data pada Stasiun Meteorologi Paloh, lama penyinaran matahari di Sambas mencapai 50 % [10]. Oleh karena itu, pemanfaatan sinar matahari sebagai sumber pemanas pada alat pengering sangat potensial untuk dilakukan. Namun, pengering model ini akan sangat bergantung pada cuaca sehingga temperatur pada ruang pengering berubah-ubah atau bersifat fluktuatif [11,12]. Temperatur yang berubah-ubah pada ruang pengering akan mempengaruhi laju pengeringan kopi, sehingga diperlukan metode yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan ini.

Pada penelitian ini, alat pengering kopi dirancang dengan sistem *hybrid* yang menggabungkan sumber pemanas alami dan mekanis. Sumber pemanas pada pengering kopi *hybrid* memanfaatkan sinar matahari dan elemen pemanas (*heater*) tenaga listrik untuk meningkatkan temperatur udara dalam ruang pengering. *Heater* dikontrol secara otomatis menggunakan mikrokontroler dengan kontrol temperatur. Jika temperatur udara di dalam ruang pengering menurun maka *heater* akan menyala dan ketika temperatur udara di dalam ruangan pengering meningkat maka *heater* secara otomatis mati. Mekanisme seperti ini dapat membuat temperatur udara dalam ruangan pengering tetap terkontrol dan menghemat penggunaan energi listrik [13,14]. Selain itu, pada alat pengering juga ditambahkan *Liquid Cristal Display* (LCD) berukuran 16x2 yang berfungsi untuk menampilkan data temperatur udara dalam ruangan pengering yang diukur oleh sensor temperatur DHT22. Sirkulasi aliran udara panas dalam ruangan pengering diatur menggunakan masing-masing 1 buah kipas pada *inlet* untuk udara masuk dan *outlet* untuk udara keluar. Uji kinerja alat pengering kopi dilakukan dengan metode eksperimen.

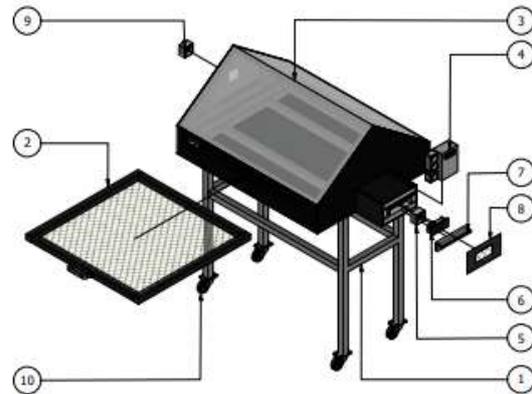
2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengetahui kinerja alat pengering kopi. Secara umum, tahapan penelitian meliputi desain alat

pengering, pembuatan alat pengering, dan uji kinerja alat pengering.

2.1. Desain Alat Pengering

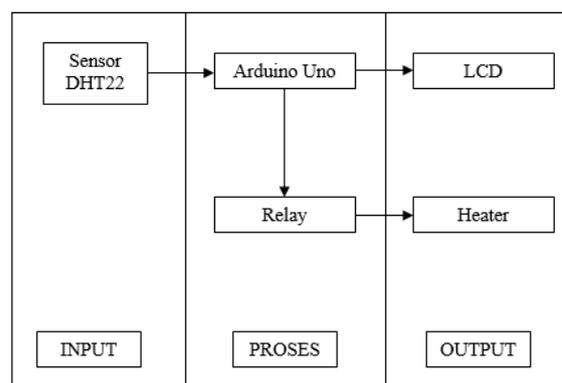
Desain alat pengering kopi *hybrid* dibuat berdasarkan hasil rancang bangun penelitian sebelumnya [12], dengan penambahan ruang pemanas pada salah satu dinding ruang pengering. Desain alat pengering kopi tersaji pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain alat pengering kopi hybrid

Keterangan gambar:

1. Rangka
2. Rak pengering
3. Atap plastik transparan
4. Box kontrol otomatis
5. Kipas udara masuk (*inlet*)
6. Heater
7. Lapisan sterfoam dan aluminium foil
8. Penutup heater
9. Kipas udara keluar (*outlet*)
10. Roda



Gambar 2. Diagram blok alat pengering kopi hybrid

Diagram blok alat pengering tersaji pada Gambar 2, yang menjelaskan proses kerja alat pengering. Sensor DHT22 mendeteksi temperatur udara pada ruang pengering dan ditampilkan di LCD. Sinyal yang diperoleh dari sensor DHT22, dikirim ke arduino uno sebagai mikrokontroler untuk mengendalikan *relay*

yang menjadi saklar otomatis untuk menyalakan heater secara otomatis.

2.2. Pembuatan alat pengering

Proses pembuatan alat pengering kopi dilakukan di Bengkel Perakitan Politeknik Negeri Sambas.



Gambar 3. Pembuatan alat pengering kopi, a. Pengelasan rangka; b. Pemasangan dinding

Bahan yang digunakan untuk pembuatan rangka alat pengering adalah besi *hollow* berukuran 35 x 35 mm yang disambungkan menggunakan sambungan las seperti tersaji pada Gambar 3.a. Dinding ruang pengering terbuat dari bahan seng datar yang dipasang menggunakan paku rivet seperti tersaji pada Gambar 3.b. Atap plastik transparan yang digunakan memiliki ketebalan 0,2 mm. Rangka rak pengering terbuat dari besi *hollow* berukuran 35 x 35 mm dengan alas berupa pelat jaring. Alat pengering dilengkapi ruang pemanas dengan sumber pemanas berupa heater 300 watt.

2.3. Uji Kinerja Alat Pengering

Jenis kopi yang digunakan pada penelitian ini adalah kopi liberika yang berasal dari Desa Sempadian, Kecamatan Tekarang, Kabupaten Sambas, Kalimantan Barat.



Gambar 4. Kopi liberika

Sebelum dikeringkan, kopi terlebih dahulu dikupas kulit luar dan dibersihkan lendir atau getahnya, kemudian ditimbang dengan massa 1000 gram seperti tersaji pada Gambar 4.

Uji kinerja alat pengering dilakukan menggunakan metode eksperimen dengan variabel bebas adalah waktu dan variabel terikat adalah temperatur, kelembapan dan massa kopi. Data yang diukur adalah temperatur di dalam dan luar ruang pengering serta massa kopi sebelum dan sesudah pengeringan. Pengambilan data dilakukan selama 4 hari, dimulai pada pukul 09.00 WIB sampai 15.00 WIB dengan selang pengambilan data setiap 20 menit.

Analisis data diolah menggunakan grafik untuk melihat hubungan antar variabel. Selanjutnya, dilakukan perhitungan laju pengeringan dan pengujian kadar air kopi. Laju pengeringan merupakan prediksi seberapa cepat suatu bahan pangan dapat dikeringkan, yang diperoleh dari perbandingan selisih massa saat sebelum dan sesudah dikeringkan dengan lamanya pengeringan dilakukan [15]. Laju pengeringan dihitung dengan persamaan 1 berikut:

$$LP = \frac{m_{awal} - m_{akhir}}{t} \quad (1)$$

dengan LP merupakan laju pengeringan (gram/jam), m_{awal} adalah massa sebelum dikeringkan (gram), m_{akhir} adalah massa sesudah dikeringkan (gram) dan t adalah waktu pengeringan (jam).

Pengujian kadar air kopi dilakukan di Laboratorium Analisis Mutu, Politeknik Negeri Sambas. Kadar air merupakan jumlah air yang terkandung dalam suatu produk pangan atau bahan pangan. Kadar air kopi yang diuji sebanyak 5 kali, yang merupakan kadar air awal kopi dan kadar air kopi setelah pengeringan setiap hari (6 jam) selama 4 hari. Kadar air sebagai susut bobot dihitung dari persamaan 2 [4].

$$KA = \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 - m_0)} \times 100\% \quad (2)$$

dengan KA merupakan kadar air (%), m_0 adalah massa cawan dan tutup (gram), m_1 adalah massa cawan, massa tutup dan cuplikan kopi sebelum pengeringan (gram), dan m_2 adalah massa cawan, tutup dan cuplikan kopi sebelum pengeringan (gram)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Alat pengering kopi *hybrid*

Alat pengering kopi *hybrid* memiliki dimensi panjang 1000 mm, lebar 800 mm, dan tinggi 1365 mm yang terdiri dari ruang pengering dan ruang pemanas yang dilengkapi dengan rak pengering, atap, dinding, heater, kipas, sensor temperatur DHT22 dan sistem kontrol suhu berbasis mikrokontroler. Alat pengering juga dilengkapi dengan roda untuk memudahkan perpindahan lokasi saat digunakan. Ruang pengering

dirancang berbentuk prisma segitiga, dengan sisi miring merupakan atap dari plastik transparan, bentuk atap seperti ini mampu menerima sinar matahari dan mampu meningkatkan temperatur dalam ruang pengering [12]. Alat pengering biji kopi *hybrid* tersaji pada Gambar 5.



Gambar 5. Alat pengering kopi hybrid

Ruang pemanas dirancang dengan sistem yang dapat dibuka ke samping dan tutup ruang pemanas dapat di lepas dari atas untuk mempermudah dalam perawatan seperti tersaji pada Gambar 6.



Gambar 6. Ruang pemanas

Pada ruang pemanas terdapat *heater* 300 watt sebagai sumber pemanas. Panas dari ruang pemanas dialirkan melalui kipas pada *inlet* ke ruang pengering. *Heater* dikontrol secara otomatis menggunakan mikrokontroler.

Prinsip kerja alat pengering *hybrid* adalah dengan menggabungkan dua sumber pemanas yaitu sinar matahari dan *heater*. Panas dari sinar matahari diserap dan diperangkap melalui atap pengering sehingga menimbulkan efek rumah kaca. Efek rumah kaca ini akan meningkatkan temperatur udara di dalam ruangan pengering. Namun, jika temperatur ruangan pengering di bawah 50°C maka sensor temperatur DHT22 akan memberikan sinyal kepada arduino uno untuk dapat mengendalikan *relay*, sehingga dapat menyalakan *heater* sebagai sumber pemanas tambahan. Sebaliknya, jika temperatur ruangan

pengering di atas 50°C maka sensor temperatur DHT22 akan memberikan sinyal kepada arduino uno untuk mematikan *heater*. Panas yang dihasilkan oleh *heater* dialirkan melalui mekanisme konveksi paksa oleh kipas pada *inlet* sehingga meningkatkan temperatur udara dalam ruang pengering. Aliran udara panas dalam ruang pengering akan menguapkan kandungan air kopi yang diletakkan pada rak pengering, kemudian udara yang telah membawa uap air ini akan keluar melalui kipas pada *outlet* yang terletak pada dinding alat pengering. Mekanisme konveksi paksa dapat mempercepat waktu pengeringan dan mengoptimalkan hasil pengeringan [16,17].

3.2. Hasil Uji Kinerja

Uji kinerja alat pengering kopi *hybrid* dilakukan dengan mengeringkan kopi liberika selama 4 hari berturut-turut yaitu hari senin tanggal 3 Juni sampai dengan rabu 6 Juni 2024 di halaman Bengkel Teknik Mesin Politeknik Negeri Sambas. Waktu pengambilan data pada pukul 09.00 WIB sampai dengan 15.00 WIB dengan selang waktu 20 menit. Proses pengeringan kopi tersaji pada Gambar 7.



Gambar 7. Proses pengeringan kopi

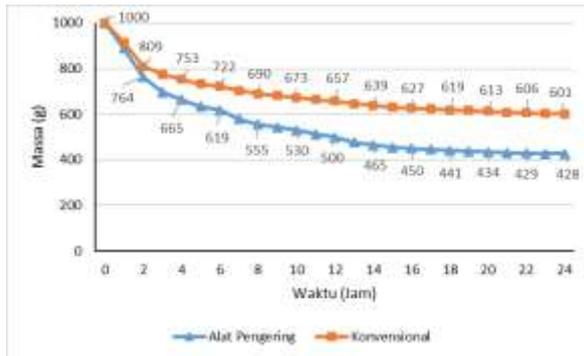
Hasil pengukuran temperatur rata-rata udara di dalam dan di luar ruang pengering selama 4 hari tersaji dalam bentuk grafik pada Gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan temperatur udara di dalam dan luar

Pada Gambar 8 terlihat bahwa temperatur udara di dalam ruang pengering lebih tinggi daripada temperatur udara di luar ruang pengering. Temperatur rata-rata udara di dalam ruang pengering adalah 49,27°C sedangkan temperatur rata-rata udara di luar ruang pengering adalah 32,07°C. Perbedaan temperatur rata-rata di dalam dan luar ruang pengering sebesar 17,21°C.

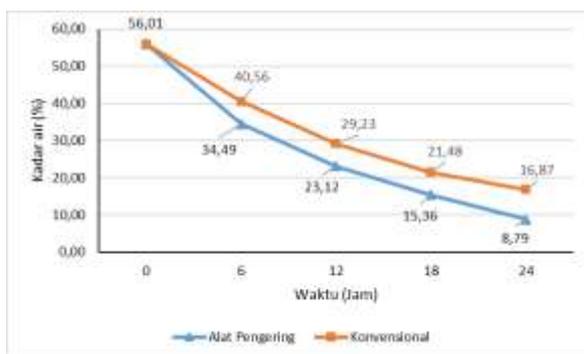
Hasil pengukuran massa kopi yang dikeringkan selama 4 hari dengan waktu pengeringan 6 jam setiap hari tersaji dalam bentuk grafik pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil pengukuran massa kopi

Gambar 9 menunjukkan bahwa pengurangan massa kopi pada alat pengering lebih besar daripada metode konvensional. Pada alat pengering terlihat bahwa untuk waktu pengeringan 0-6 jam (hari ke-1) terjadi pengurangan massa kopi yang cukup signifikan yaitu sebesar 381 gram. Pada waktu pengeringan 6-12 jam (hari ke-2), pengurangan massa kopi relatif berkurang dibandingkan dengan hari ke-1 yaitu sebesar 119 gram. Pada waktu pengeringan 12-18 jam (hari ke-3), pengurangan massa kopi semakin berkurang dibandingkan dengan hari ke-2 yaitu sebesar 59 gram. Sedangkan, pada waktu pengeringan 18-24 jam (hari ke-4), hanya sedikit terjadi pengurangan massa kopi yaitu sebesar 13 gram. Total massa kopi yang berkurang selama proses pengeringan 4 hari adalah sebesar 572 gram dengan laju pengeringan rata-rata sebesar 23,83 gram/jam.

Hasil pengujian nilai kadar air kopi yang telah dikeringkan selama 4 hari dengan waktu pengeringan 6 jam setiap hari tersaji dalam bentuk grafik pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil pengujian kadar air kopi

Gambar 10 menunjukkan bahwa pengurangan kadar air kopi pada alat pengering lebih besar daripada metode konvensional. Pada alat pengering terlihat bahwa setelah pengeringan 0-6 jam (hari ke-1) terjadi penurunan nilai kadar air kopi yang cukup signifikan dari 56,01% menjadi 34,49%. Pada waktu pengeringan 6-12 jam (hari ke-2), nilai kadar air kopi mengalami penurunan menjadi 23,12%, namun relatif berkurang dibandingkan dengan hari ke-1. Pada waktu pengeringan 12-18 jam (hari ke-3), nilai kadar air kopi mengalami penurunan menjadi 15,36%. Sedangkan, pada waktu pengeringan 18-24 jam (hari ke-4), terjadi penurunan nilai kadar air kopi yaitu dari 15,36% menjadi 8,79%.

Perbedaan temperatur rata-rata selama 4 hari di dalam dan luar alat pengering sebesar 17,21°C menunjukkan alat pengering kopi *hybrid* dapat bekerja dengan baik. Peningkatan temperatur dalam ruang pengering disebabkan adanya efek rumah kaca akibat panas sinar matahari yang diserap dan diperangkap dalam ruang pengering oleh atap transparan pada pengering [18]. Selain itu, adanya tambahan sumber pemanas yang berasal dari *heater* yang dialirkan oleh kipas pada *inlet* menyebabkan temperatur dalam ruang pengering menjadi lebih stabil, yaitu pada temperatur rata-rata 49,27 °C, meskipun cuaca sering berubah. Gabungan dua sumber pemanas (*hybrid*) pada alat pengering ini dapat mengurangi pengaruh cuaca pada temperatur ruang pengering.

Pengurangan massa kopi secara signifikan terjadi pada pengeringan hari ke-1 karena kandungan air kopi pada awal proses pengeringan masih tinggi. Hal ini ditandai dengan penurunan nilai kadar air kopi pada pengeringan hari ke-1 yang relatif tinggi yaitu dari 56,01% menjadi 34,49% dengan laju pengeringan sebesar 63,5 gram/jam. Pada pengeringan hari ke-2, ke-3, dan ke-4, pengurangan massa kopi relatif berkurang dibandingkan dengan pengeringan hari ke-1 karena kandungan air pada kopi sudah banyak berkurang akibat proses pengeringan pada hari sebelumnya. Hal ini ditandai dengan nilai kadar air yang hanya mengalami relatif sedikit penurunan setelah proses pengeringan pada hari ke-2 sebesar 23,12 %, hari ke-3 sebesar 15,36 %, dan hari ke-4 sebesar 8,79 %. Selain itu, laju pengeringan juga mulai melambat, pada hari ke-2 sebesar 19,83 gram/jam, pada hari ke-3 sebesar 9,83 gram/jam, dan pada hari ke-4 sebesar 2,17 gram/jam.

Perbandingan kopi sebelum dan setelah dilakukan pengeringan dengan alat pengering kopi *hybrid* selama 4 hari tersaji pada Gambar 11.



a b

Gambar 11. Kopi, a. Sebelum dikeringkan; b. Setelah dikeringkan

Pada Gambar 11 terlihat perubahan fisik kopi sebelum dan setelah dikeringkan. Sebelum dikeringkan kopi bewarna kuning, basah dan kulit ari masih tertutup, sedangkan setelah dikeringkan kopi bewarna coklat, kering dan kulit ari sedikit terbuka. Massa kopi mengalami penurunan dari 1000 menjadi 428 gram dan pengujian nilai kadar air kopi juga mengalami penurunan dari 56,01% menjadi 8,79%.

4. Kesimpulan

Pengering kopi *hybrid* dengan sistem kontrol temperatur berbasis mikrokontroler dapat ditarik beberapa kesimpulan diantaranya :

1. Pengering kopi *hybrid* dengan sistem kontrol temperatur berbasis mikrokontroler terbukti mampu meningkatkan suhu udara di dalam ruang pengering dengan selisih temperatur rata-rata sebesar 17,21°C dibandingkan suhu udara di luar ruang pengering.
2. Selama proses pengeringan yang berlangsung selama 4 hari, total massa kopi yang mengalami pengurangan adalah 572 gram, dengan laju pengeringan rata-rata sebesar 23,83 gram/jam.
3. Hasil pengujian kadar air menunjukkan bahwa pengering kopi *hybrid* ini mampu menurunkan kadar air kopi dari 56,01% menjadi 8,79%, sehingga telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk biji kopi.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Sambas yang telah mendanai penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Feri Aliansyah dan Riko yang telah membantu dalam proses pembuatan alat pengering kopi *hybrid*.

Daftar Rujukan

- [1] BPS Kalimantan Barat, 2024. Produksi Perkebunan Rakyat - Tabel Statistik - Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Barat. <https://kalbar.bps.go.id/id/statistics-table/2/MjUwIzI=/produksi-perkebunan-rakyat.html> (accessed Aug. 29, 2024).
- [2] Kembaren, E.T. and Muchsin, 2021. Pengelolaan Pasca Panen Kopi Arabika Gayo Aceh. *J. Visioner dan Strateg.* 10(1), pp.29–36.
- [3] Anggia, M. and Wijayanti, R., 2023. Studi Proses Pengolahan Kopi Metode Kering Dan Metode Basah Terhadap Rendemen Dan Kadar Air. *J. Penelit. Dan Pengkaj. Ilm. Eksakta.* 2(2), pp.137–141.
- [4] Badan Standar Nasional, 2008 . Standar Nasional Indonesia Biji Kopi. *Sni 01-2907-2008*, p.4.
- [5] Rieuwpassa, F. J., Wodi, S.I.M, Cahyono, E. and Pangumpia, R. 2019. Rancang Bangun Dan Pengujian Alat Pengering Solar Dryer Sederhana (Constructing and Experiment of Simple Solar Dryer). *J. FishtechH.* 8(2), pp.48–57.
- [6] Ningsih, I.F.B., Fariz, M., Anjiu, L.D., Sanubary, I., and Sundari, E.M. 2024. Pembuatan Mesin Pengering Kopra Tipe Rak dengan Pemanas Tempurung Kelapa. *Mek. J. Tek. Mesin Pertan.* 2(1), pp.20–24.
- [7] Apriandi, N., *et al.*, 2022. Karakterisasi Alat Pengering Tipe Kabinet Berbahan Bakar Liquefied Petroleum Gas (LPG) Dengan Penambahan Low Cost Material Heat Storage (LCMHS). *J. Rekayasa Mesin.* 17(2), pp.281-288.
- [8] Meriadi, M., Meliala, S. and Muhammad, M. 2018. Perencanaan Dan Pembuatan Alat Pengering Biji Coklat Dengan Wadah Putar Menggunakan Pemanas Listrik. *J. Energi Elektr.* 7(2), pp.47-54.
- [9] Syahrizal, I., Ningsih, I.F.B and Kurniawan. 2023 Rancang bangun mesin pengering buah pinang tipe rotari dengan sumber panas api kompor berbahan bakar oli bekas. *ARMATUR Artik. Tek. Mesin Manufaktur.* 4(1), pp.47–53.
- [10] BPS Kalimantan Barat, 2023. Penyinaran Matahari - Tabel Statistik - Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Barat,” 2023. <https://kalbar.bps.go.id/id/statistics-table/2/MzE2IzI=/penyinaran-matahari.html> (accessed Aug. 30, 2024).
- [11] Santoso, P.P.A., Sanubary, I. and Mahmuda, D. 2024. Pembuatan Alat Pengering Cabai dengan Sistem Efek Rumah Kaca Berbasis Panel Surya. *J. CRANKSHAFT.* 6(3), pp.90–104.
- [12] Sanubary, I., Syahrizal, I. and Junaidi, M. 2024. Rancang Bangun Alat Pengering Tenaga Surya (Solar Dryer) Portabel Berbentuk Prisma Segitiga. *J. Tek. Mesin.* 16(2), pp.219–224.
- [13] Alika, M. Kusumanto, R.D., and Rahman, A. 2023. Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembaban Pada Alat Pengering Padi Berbasis Solar Cell. *Teliska.* 16(2), pp.39–44.
- [14] Ramadhani, N.R., Ramdani, R., Yudhi, Y., and Dwisaputra, I. 2023. Prototype Pengering Ikan Menggunakan Limbah Pesisir Pantai dengan Sistem Kontrol Berbasis Arduino. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan. 3(1), pp.1-9.
- [15] Apriyanti, V. 2021. Pengaruh temperatur pengeringan pada alat pengering sistem rotary terhadap kualitas cabai merah. *J. Inov.* 4(2), pp.45-53.
- [16] Koehuan, V.A., Unarajan, M.K., Riwu, D.B.N., and Jafri, M. 2023. Studi eksperimen rumah pengering ultra-violet (solar dryer) sistem hibrid tungku biomassa melalui variasi kecepatan aliran udara panas. *ARMATUR Artik. Tek. Mesin Manufaktur.* 4(1), pp.37–46.
- [17] Nopriandy, F. and Suhendra, S. 2019. Analisis Kecepatan Aliran Fluida terhadap Kinerja Kolektor Surya Yang Bergerak Mengikuti Posisi Matahari. *Rona Teknik Pertanian.* 12(4), pp.12–219.
- [18] Santoso, P.P.A., Sanubary, I. and Mahmuda, D. 2024. Performance Test of Chili Dryer with Greenhouse Effect System based On Solar Panel, vol. 2023. *Atlantis Press International BV.* 2023, pp.1126-1137.