

Contents list available at [Sinta](https://sinta)

# A R M A T U R

: Artikel Teknik Mesin &amp; Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.unmetro.ac.id/index.php/armatur>

## Rancang Bangun *Solar Dryer* Aktif Tipe Langsung Untuk Pengeringan Biji Kakao (*Theobroma Cacao L.*)

Bayu Setyo Abdurrizal<sup>1</sup>, Nely Ana Mufarida<sup>2\*</sup>, Kosjoko<sup>3</sup>, Edy Suharyanto<sup>4</sup><sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember, Jl. Karimata No.49 Jember 68121 Jawa Timur, Indonesia<sup>2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember, Jl. Karimata No.49 Jember 68121 Jawa Timur, Indonesia<sup>3</sup>Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jl. PB. Sudirman No.90 Jember 68118

### A R T I C L E I N F O

*Keywords:*  
solar dryer  
cocoa bean drying  
cocoa post-harvest

### A B S T R A C T

*Cocoa (Theobroma cacao L.) is vital to Indonesia's economy, yet its productivity is declining due to suboptimal post-harvest handling, particularly bean drying. Fresh cocoa's high moisture content (51-60%) makes it highly susceptible to microbial spoilage. This research developed an active direct solar dryer to improve cocoa bean drying quality and efficiency. The dryer features a robust structure, a transparent polycarbonate roof, and four 10 kg capacity perforated aluminum trays. It's equipped with a solar-powered exhaust fan and heater, controlled by an Arduino Uno microcontroller for optimal temperature and humidity management. Testing showed significant effectiveness: fresh cocoa moisture content was reduced from 69.5% to 7.5% (wet basis) in 6 days (49 operating hours), averaging a 1.27%/hour drying rate. Consistent weight reduction occurred across all trays (100g to 30.2-32.0g). The drying chamber maintained higher temperatures and lower relative humidity than the environment. Final moisture content and drying rates met SNI 2323-2008 and SNI 7467:2008 standards, highlighting this innovation's substantial potential for enhancing post-harvest cocoa quality..*

\*Corresponding author: [nelyana@unmuhjember.ac.id](mailto:nelyana@unmuhjember.ac.id)

DOI: <https://10.24127/armatur.v6i2.9472>

Received 15 Juli 2025; Received in revised form 28 September 2025; Accepted 28 September 2025

Available online 30 September 2025

## Pendahuluan

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki peranan penting dalam perekonomian nasional. Selain berfungsi sebagai penyedia lapangan kerja dan sumber devisa negara, kakao diharapkan dapat memberikan pendapatan yang berkelanjutan bagi petani. Potensi ini dapat terwujud karena kakao dapat dipanen sepanjang tahun, meskipun volumenya bervariasi setiap bulan. Pada tahun 2022, luas areal kakao di Indonesia didominasi oleh Perkebunan Rakyat (PR), yang memberikan kontribusi rata-rata sebesar 99,63% dari seluruh luas areal perkebunan kakao di Indonesia (Direktorat Statistik Tanaman Pangan, Hortikultura, 2023).

Namun, dari sisi produktivitas, komoditas kakao di Indonesia mengalami fluktuasi dengan kecenderungan penurunan rata-rata sebesar -1,04% per tahun selama periode 2013-2022. Penurunan ini terjadi pada semua jenis status perusahaan, baik Perkebunan Rakyat (PR) (-0,84%), Perkebunan Besar Negara (PBS) (-9,08%), maupun Perkebunan Besar Swasta (PBN) (-3,79%) per tahun. Produktivitas kakao Indonesia pada tahun 2013 mencapai 821 kg/ha, namun turun menjadi 744 kg/ha pada tahun 2022 (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2022).

Penurunan produktivitas kakao di Indonesia dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah faktor pasca panen yang belum optimal, terutama dalam proses pengeringan biji kakao (Wahyudi et al., 2023). Pengeringan merupakan proses pemindahan panas dan uap air secara simultan, yang memerlukan energi panas untuk menguapkan kandungan air yang dipindahkan dari permukaan bahan yang dikeringkan. Kadar air biji kakao setelah dipanen masih tinggi, yaitu berkisar antara 51%-60%, sehingga memberikan peluang besar untuk cepat membusuk akibat pertumbuhan mikroorganisme. Oleh karena itu, sangat diperlukan proses pengeringan untuk mengurangi kadar air dalam biji kakao, dengan target kadar air yang ideal

berada pada kisaran 6-7% untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme pembusuk selama penyimpanan (fauziah, 2024). Dengan demikian bahan yang dikeringkan dapat mempunyai waktu simpan yang lebih lama (Ivanto et al., 2021).

Waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan biji kakao sangat bergantung pada kondisi cuaca. Jika proses pengeringan berlangsung lama, biji kakao dapat berjamur dan kualitasnya menurun (Trisna & Permana, 2023). Pengeringan biji kakao dilakukan setelah proses fermentasi, dengan kapasitas minimal 40 kg biji kakao (Desy Rachmatullah et al., 2021).

Berdasarkan permasalahan tersebut, dibutuhkan inovasi teknologi yang dapat membantu petani meningkatkan mutu dan kapasitas produksi biji kakao. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah merancang alat pengering *solar dryer* aktif tipe langsung. Alat ini dirancang untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi proses pengeringan biji kakao. Alat pengering ini bekerja berdasarkan prinsip *direct solar drying*, yaitu pengeringan biji kakao dalam wadah tertutup yang tembus pandang, sehingga sinar matahari dapat langsung masuk dan mengeringkan biji. Untuk memperoleh kualitas pengeringan yang optimal, terdapat tiga parameter penting yang perlu dijaga selama proses pengeringan, yaitu kecepatan aliran udara, suhu udara pengering, dan kelembaban relatif udara (Hanifa R., Nur Hudha, 2023). Alat ini juga dilengkapi dengan *exhaust fan* untuk menghisap udara lembab di dalam ruang pengering, serta *heater* untuk memberikan penghangat tambahan saat kondisi lingkungan tidak mendukung. Kedua komponen ini, yaitu *exhaust fan* dan *heater*, bekerja menggunakan energi listrik yang disuplai oleh panel surya dan disimpan dalam baterai.

## Metode Penelitian

Penelitian ini berfokus pada perancangan, implementasi, dan evaluasi alat pengering surya aktif tipe langsung untuk biji kakao. Metodologi meliputi

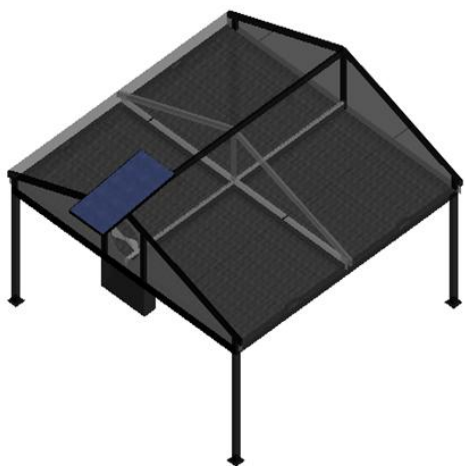
bahan, alat, desain, prosedur eksperimental, identifikasi variabel, serta metode pengumpulan dan analisis data.

### Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan meliputi material konstruksi alat pengering (plat aluminium berlubang, besi hollow galvanis, polikarbonat, panel surya, baterai, lampu pemanas, *heater*, unit kontrol) dan biji kakao basah sebagai bahan uji. Alat yang digunakan terdiri dari alat fabrikasi (meteran, bor listrik, gerinda) dan instrumen pengambilan data (misalnya, multimeter, pyranometer, termokopel, timbangan digital, anemometer, hygrometer).

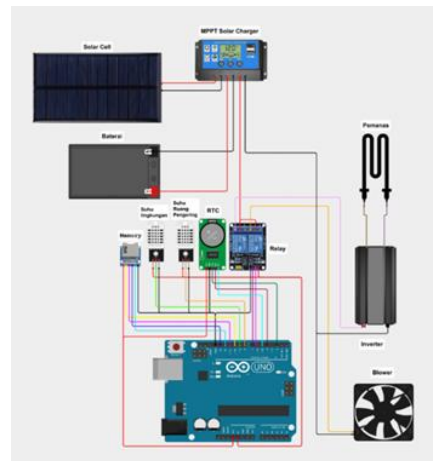
### Desain Perancangan Alat

Alat pengering dirancang dengan rangka baja profil kotak berdimensi 200 cm×200 cm×70 cm. Atap menggunakan polikarbonat transparan setebal 6 mm dengan sudut kemiringan 25. Terdapat empat kotak penampung biji kakao aluminium berlubang (90 cm×90 cm×2.5 cm), masing-masing berkapasitas 10 kg.



Gambar 1. Desain alat *solar dryer* aktif tipe langsung

Panel surya, *exhaust fan*, dan *heater* dioperasikan oleh energi listrik dari panel surya yang disimpan dalam baterai. Unit kontrol berbasis Arduino Uno R3 Mega328p mengintegrasikan modul relay, RTC, SD card reader, sensor DHT22, solar charger control, dan inverter.



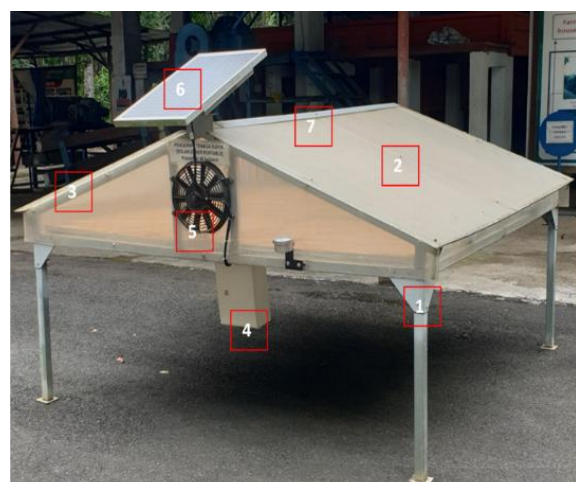
Gambar 2. Gambar wiring unit control

### Prosedur Penelitian

Penelitian ini mengikuti tahapan sistematis: studi literatur, perancangan alat, uji fungsionalitas komponen, pelaksanaan eksperimen pengeringan biji kakao, analisis hasil, dan perumusan kesimpulan.

### Hasil dan Pembahasan

Alat pengering *solar dryer* aktif tipe langsung yang dirancang untuk memastikan kekokohan struktur, mencegah kontaminasi bahan pangan, serta mengoptimalkan proses pengeringan. Alat ini diintegrasikan dengan sistem kendali berbasis mikrokontroler untuk pengaturan suhu dan kelembaban otomatis.



Gambar 2. Alat pengering *solar dryer* aktif tipe langsung

Keterangan :

1. Bagian rangka
2. Atap Polycarbonate

3. Rangka ruang pengering
4. Panel control
5. *Exhaust fan*
6. Solar cell
7. *Heater*

### Konstruksi Alat Pengering

Rangka alat dibuat dari baja profil kotak berukuran 4×4 cm, membentuk struktur persegi dengan dimensi 200 cm (panjang) ×200 cm (lebar) ×70 cm (tinggi). Pemilihan material baja bertujuan untuk menjamin kekokohan dalam menopang beban serta mencegah kontaminasi dari jamur, serangga, dan rayap pada biji kakao yang dikeringkan. Di atas rangka utama, terdapat ruang pengering yang rangkanya terbuat dari besi kotak 2×2 cm dengan desain atap pelana. Ruang ini memiliki dimensi panjang 200 cm dan tinggi 65 cm. Sudut kemiringan atap sebesar 25° dipilih untuk memaksimalkan penyerapan sinar matahari. Penutup atap menggunakan material polikarbonat berukuran 210 cm×110 cm dengan ketebalan 0,6 cm, berfungsi sebagai penangkap panas (efek rumah kaca) sekaligus pelindung dari air hujan. Alat ini dilengkapi dengan penampung bahan berupa empat kotak berbahan aluminium berlubang (perforated), masing-masing berbentuk persegi dengan dimensi 90 cm×90 cm×2,5 cm. Setiap kotak memiliki kapasitas 10 kg, disesuaikan dengan volume minimal hasil fermentasi biji kakao.

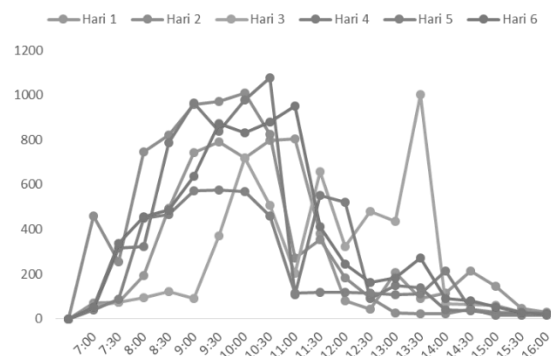
### Sistem Kendali Otomatis

Unit kontrol merupakan inti dari sistem otomatisasi, terdiri dari solar panel, controller, *exhaust fan*, dan *heater*, yang bekerja terintegrasi untuk mengontrol suhu dan kelembaban. Solar panel diposisikan di sisi atas alat untuk mengkonversi energi matahari menjadi listrik. Controller dirakit dalam sebuah box panel, mencakup komponen utama seperti Arduino Uno, modul relay, modul RTC, modul microSD, baterai, inverter, solar charger controller, dan sensor DHT22. *Blower (exhaust fan)*

terletak di sisi depan ruang pengering, sedangkan penghangat berada di sisi dalam, keduanya diaktifkan berdasarkan perintah dari controller. Sistem ini bekerja secara otomatis berdasarkan data yang diterima dari sensor DHT22. Ketika sensor mendeteksi kelembaban relatif melampaui batas maksimum (75%), mikrokontroler Arduino Uno akan mengaktifkan lampu pemanas. Peningkatan suhu ini dirancang untuk menurunkan kadar kelembaban relatif di dalam ruang pengering hingga mencapai kondisi yang optimal.

### Intensitas Radiasi Matahari

Intensitas radiasi matahari merupakan sumber energi utama bagi alat pengering. Fluktuasi intensitas sangat menentukan suhu yang dapat dicapai di dalam ruang pengering. Data intensitas harian dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik intensitas radiasi matahari selama enam hari

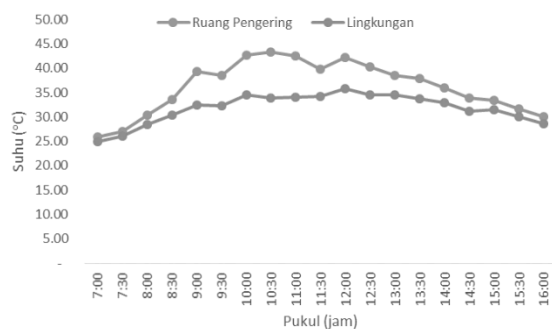
Pengujian intensitas radiasi matahari selama enam hari menunjukkan variasi kondisi cuaca yang signifikan, memengaruhi ketersediaan energi surya.

Pada Hari 1, intensitas matahari dimulai rendah di pagi hari (71.3 W/m<sup>2</sup> pada 07.00), namun melonjak stabil di atas 700 W/m<sup>2</sup> antara pukul 09.00 hingga 10.30, mencapai puncak 805.8 W/m<sup>2</sup> pada 11.00 sebelum mengalami penurunan drastis. Hari 2 menunjukkan kondisi optimal dengan intensitas tinggi sepanjang pagi hingga siang, mencapai puncak 1008.8 W/m<sup>2</sup> pada pukul 10.00, namun intensitas menurun

setelah 11.00 akibat cuaca mendung dan hujan. Sebaliknya, Hari 3 tergolong kurang optimal. Puncak intensitasnya relatif rendah (1004.1 W/m<sup>2</sup> pada 13.30), mengindikasikan kondisi langit berawan. Hari 4 mencatatkan intensitas tertinggi selama pengujian, mencapai puncak 1079.1 W/m<sup>2</sup> pada pukul 10.30. Intensitas yang sangat tinggi ini berlangsung dari pagi hingga pertengahan siang, menandakan hari yang sangat cerah. Hari 5 merupakan hari dengan intensitas matahari terendah dan paling tidak stabil, dengan puncak hanya 574.3 W/m<sup>2</sup> pada pukul 09.00 dan nilai sangat rendah di siang hari (119.0 W/m<sup>2</sup> pada 12.00), menunjukkan cuaca yang sangat mendung. Terakhir, Hari 6 menunjukkan pola intensitas matahari yang baik dan stabil, dengan puncak 951.2 W/m<sup>2</sup> pada pukul 11.00, menandakan kondisi cuaca yang cukup cerah dan konsisten. Secara keseluruhan, rata-rata intensitas matahari harian bervariasi dari 221.4 W/m<sup>2</sup> (Hari 5) hingga 371.9 W/m<sup>2</sup> (Hari 6), dengan rata-rata keseluruhan selama enam hari pengujian adalah 323.5 W/m<sup>2</sup>.

### Perbandingan Suhu Lingkungan dan Suhu Ruang Pengering

Dari data pengukuran menunjukkan suhu di dalam ruang pengering secara konsisten lebih tinggi dibandingkan dengan suhu lingkungan pada jam yang sama. Hal ini membuktikan adanya efek rumah kaca dan transfer panas yang efektif oleh kolektor surya. Dimana data pengukuran dapat dilihat pada gambar 4.

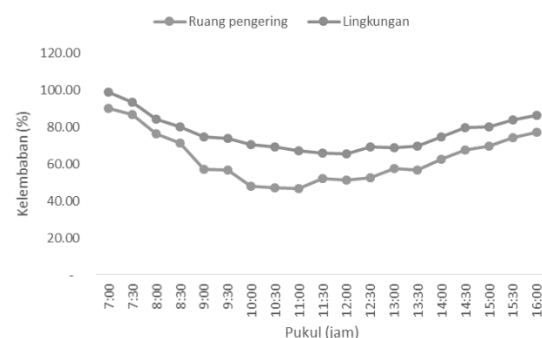


Gambar 4. Grafik rata-rata perbandingan suhu lingkungan dan ruang pengering

Berdasarkan grafik "Suhu Ruang Pengering dan Lingkungan", terlihat jelas bahwa suhu di dalam ruang pengering (garis biru) secara konsisten lebih tinggi dibandingkan dengan suhu lingkungan (garis oranye) sepanjang periode pengamatan dari pukul 07:00 hingga 16:00. Pada pukul 07:00, suhu ruang pengering dan lingkungan hampir sama, sekitar 25°C. Namun, seiring berjalannya waktu, suhu di kedua lokasi meningkat, dengan peningkatan yang lebih signifikan terjadi di ruang pengering. Puncak suhu di ruang pengering tercapai sekitar pukul 10:00 hingga 11:00, mendekati 43°C, sedangkan suhu lingkungan mencapai puncaknya sedikit lebih lambat sekitar pukul 12:00, di atas 35°C. Setelah mencapai puncak, suhu di kedua lokasi cenderung menurun secara bertahap hingga pukul 16:00, namun perbedaan suhu antara ruang pengering dan lingkungan tetap terjaga, menunjukkan efektivitas sistem pemanasan atau efek rumah kaca di dalam ruang pengering.

### Perbandingan Suhu Lingkungan dan Suhu Ruang Pengering

Kelembaban relatif di dalam ruang pengering secara konsisten lebih rendah dibandingkan dengan kelembaban relatif lingkungan pada jam yang sama, terutama pada jam-jam puncak radiasi matahari dan suhu tinggi. Ini menunjukkan bahwa udara di dalam pengering menjadi lebih kering seiring dengan peningkatan suhu, sehingga meningkatkan kapasitas penyerapan uap air dari bahan. Dimana data pengukuran dapat dilihat pada gambar 5.



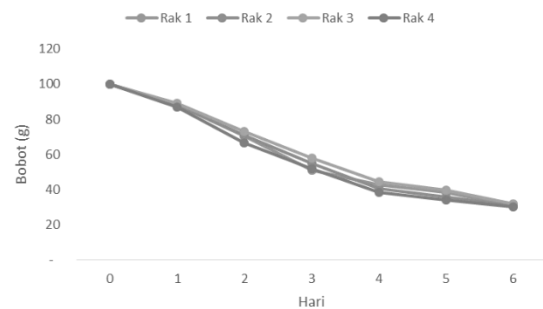
Gambar 6. Grafik rata-rata perbandingan kelembaban lingkungan dan ruang pengering

Berdasarkan grafik yang disajikan, "Kelembaban Ruang Pengering dan Lingkungan", terlihat bahwa kelembaban relatif di lingkungan (garis merah) secara konsisten lebih tinggi dibandingkan dengan kelembaban di dalam ruang pengering (garis biru) sepanjang periode pengamatan dari pukul 07:00 hingga 16:00. Pada awal pengamatan pukul 07:00, kelembaban lingkungan berada di sekitar 100%, sedangkan kelembaban ruang pengering berada di sekitar 90%. Seiring berjalannya waktu hingga siang hari, kelembaban di kedua lokasi cenderung menurun. Kelembaban ruang pengering mencapai titik terendah sekitar pukul 10:00 hingga 11:00, berada di bawah 50%. Sementara itu, kelembaban lingkungan mencapai titik terendah sedikit lebih rendah dari 70% di waktu yang sama. Setelah siang hari, dari sekitar pukul 12:00 hingga 16:00, kelembaban di kedua lokasi mulai menunjukkan tren kenaikan kembali. Namun, perbedaan antara kelembaban lingkungan yang lebih tinggi dan kelembaban ruang pengering yang lebih rendah tetap terjaga, mengindikasikan bahwa alat pengering mampu menjaga kelembaban di dalam ruang tetap lebih rendah dibandingkan dengan kondisi lingkungan luar.

### Penurunan Bobot Biji Kakao

Parameter utama yang diamati selama proses pengeringan biji kakao adalah penurunan bobot. Penurunan bobot ini mengindikasikan berkurangnya kadar air dalam biji seiring waktu. Hasil perhitungan data penurunan bobot sampel biji kakao, yang diamati selama 6 hari atau 54 jam pengeringan menggunakan *solar dryer* aktif, dirangkum dalam gambar 7. Data disajikan secara harian dari Hari ke-1 hingga Hari ke-6. Analisis penurunan bobot biji kakao menunjukkan bahwa alat pengering mampu mengurangi kadar air secara efektif di keempat rak selama enam hari pengeringan. Terjadi penurunan bobot yang konsisten di semua rak setiap harinya. Pada Hari ke-1,

berat awal 100 gram per rak menurun bervariasi, dengan Rak 4 menunjukkan penurunan paling signifikan menjadi 86.8 gram. Pada akhir Hari ke-6, bobot biji kakao di keempat rak mencapai nilai stabil dan rendah, berkisar antara 30.2 gram (Rak 4) hingga 32.0 gram (Rak 3). Meskipun perbedaannya tidak drastis, Rak 4 menunjukkan penurunan bobot sedikit lebih besar dan mencapai bobot akhir terendah, mengindikasikan efisiensi pengeringan yang sedikit lebih optimal.



Gambar 7. Grafik penurunan bobot sampel biji kakao

### Kadar Air Bahan

Hasil pengeringan menunjukkan penurunan kadar air biji kakao secara signifikan. Kadar air awal biji kakao sebesar 69.5% berhasil diturunkan hingga mencapai 7.5% (basis basah) selama 6 hari (49 jam). Kadar air akhir ini telah memenuhi standar mutu biji kakao berdasarkan SNI 2323-2008 (Fauji, 2020).

### Kadar air awal

$$Mv = \frac{Mt - Md}{Mt} \times 100\%$$

Dimana :

Mv : Kadar air bahan (%)

Mt : Bobot bahan awal (kg)

Md : Bobot bahan akhir (kg)

$$Mv = \frac{40 - 12.2}{40} \times 100\%$$

$$Mv = \frac{27.8}{40} \times 100\%$$

$$Mv = 69.5\%$$

### Kadar air akhir

$$M = \frac{w1 - w2}{w1 - w0} \times 100\%$$

Dimana :

M : kadar air bahan (%)

W0 : bobot cawan dan tutup (g)

W1 : bobot cawan, tutup, dan sampel sebelum dikeringkan (g)

W2 : bobot cawan, tutup, dan sampel setelah dikeringkan (g)

$$M = \frac{44.275 - 43.515}{44.275 - 34.141} \times 100\%$$

$$M = \frac{0.76}{10.134} \times 100\%$$

$$M = 7.5\%$$

### Laju Pengeringan

Dan untuk besaran laju pengeringan biji kakao sebesar 1,27 %/jam dimana besarnya perenstase penurunan ini sesuai dengan standar SNI 7467:2008 (BSN, 2023)

$$mv = \frac{Mo - Mt}{t}$$

Dimana :

mv : laju pengeringan (%/jam)

Mo : kadar air rata-rata bahan sebelum dikeringkan, basis basah (%)

Mt : kadar air rata-rata bahan setelah dikeringkan, basis basah (%)

T : total waktu pengeringan bahan (jam)

$$mv = \frac{70 - 7.5}{49}$$

$$mv = 1.27 \text{ %/jam}$$

laju pengeringan yang didapat dari alat pengering *solar dryer* aktif tipe langsung sangat sesuai dengan standar laju penurunan kadar air dalam SNI 7467:2008 yaitu 1-2 %/jam.

### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian, solar dryer aktif yang dirancang dan diimplementasikan terbukti sangat efektif dalam pengeringan biji kakao. Alat ini mampu menurunkan kadar air biji kakao segar dari 69.5% menjadi 7.5% (basis basah) dalam waktu 6 hari (49 jam operasi), dengan rata-rata laju pengeringan 1.27 %/jam. Penurunan bobot biji kakao yang konsisten di semua rak selama periode pengeringan, dari bobot awal 100 gram per rak menjadi 30.2 hingga 32.0 gram pada akhir periode, menunjukkan proses penguapan kadar air yang efisien. Meskipun terjadi fluktuasi intensitas matahari harian, alat ini mampu mempertahankan kinerja pengeringan yang baik secara keseluruhan, mencapai kadar air ideal untuk penyimpanan pascapanen, dengan Rak 4 menunjukkan efisiensi sedikit lebih tinggi. optimal.

### Ucapan Terimakasih

Penelitian ini dapat terlaksana berkat dukungan dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan terima kasih yang tulus kepada Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia atas dukungan fasilitas dan kesempatan penelitian yang diberikan. Penghargaan juga disampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Jember, khususnya Program Studi Teknik Mesin, atas bimbingan akademis yang berkelanjutan.

### Referensi

- [1] BSN. (2023). Alat pengering tenaga surya aktif tipe langsung-syarat mutu dan metode uji. *Badan Standarisasi Nasional*, 2018–2020.
- [2] Desy Rachmatullah, Putri, D. N., Fiki

- Herianto, & Harini, N. (2021). KARAKTERISTIK BIJI KAKAO (*Theobroma cacao* L.) HASIL FERMENTASI DENGAN UKURAN WADAH BERBEDA. *VIABEL: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Pertanian*, 15(1), 32–44.  
<https://doi.org/10.35457/viabel.v15i1.1409>
- [3] Direktorat Statistik Tanaman Pangan, Hortikultura, dan P. (2023). STATISTIK KAKAO INDONESIA Indonesian Cocoa Statistics. *Statistik Kakao Indonesia*, 7, 1–17.
- [4] Fauji, A. (2020). Penerapan SNI Biji Kakao Dalam Rangka Meningkatkan Mutu Biji Kakao Rakyat. *Warta: Pusat Penelitian Kopi Dan Kakao Indonesia*, 32(3), 22–26.
- [5] fauziah, wahyuni sri. (2024). ABSTRAK Cendawan patogen dapat menginfeksi produk pasca panen termasuk pada biji kakao yang difermentasi dan non fermentasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis cendawan. 29, 92–106.  
<http://dx.doi.org/10.35726/jp.v29i1.7261>
- [6] Hanifa R., Nur Hudha, W. K. (2023). *Jurnal Pengabdian Masyarakat Teknik*. 1(2), 30–36.
- [7] Ivanto, M., Wiranto, W., Eka, E., Syahrullah, M., Herman, H., & Yudha, N. K. (2021). Rancang Bangun Alat Pengering Akar Kayu Bajakah Dengan Memanfaatkan Tenaga Surya (Solar Dryer) Dan Kompor Biomassa. *Agroindustrial Technology Journal*, 5(2), 27.  
<https://doi.org/10.21111/atj.v5i2.6776>
- [8] Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2022). Outlook Komoditas Lada. *Sekretariat Jenderal - Kementerian Pertanian*, 1–114.
- [9] Trisna, P., & Permana, H. (2023). Berbasis Arduino Bertenaga Solar Panels. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komputer*, 9, 416–423.
- [10] Wahyudi, T. C., Thohirin, M., Wisnaningsih, W., Yunus, M., & Saputra, A. (2023). Rancang Bangun Mesin Pengering Biji Kakao Menggunakan Tenaga Hemat Energi. *JUSTIMES (Jurnal Rekayasa Teknik Mesin Saburai)*, 1(01), 26–33.  
<https://doi.org/10.24967/justimes.v1i01.2093>