



Analisis Konsep Fisika Pada Proses Pengeringan Kopi Menggunakan Solar Dryer

Halimatus Sa'diyah, Dhea Amanda Zahwa, Sudarti, Kendid Mahmudi

Universitas Jember

Abstract

Received: 2 November 2025
Revised: 14 November 2025
Accepted: 29 November 2025

Drying coffee beans with a solar dryer is a sustainable solution to improve quality and production efficiency. However, its implementation in the field faces challenges such as high material costs, design complexity, and the gap between physical principles and farmers' socioeconomic conditions. This article analyzes the physical concepts underlying coffee drying using solar dryers, including heat transfer dynamics, numerical modeling-based design optimization (CFD and FEM), and technology integration such as IoT and hybrid systems. A literature review of 20 related studies showed that while solar dryers are theoretically effective, for example through thermal efficiency improvements of up to 40% with vacuum collectors, the use of expensive materials, reliance on fossil energy in hybrid systems, and lack of technical education hinder the adoption of this technology at the farm level. The conclusion emphasizes the importance of local material-based designs such as bamboo, participatory education, and holistic policy interventions to bridge the gap between scientific innovation and field realities.

Kata Kunci: Coffee drying, solar dryer, physics concepts.

(*) Corresponding Author: sudarti.fkip@unej.ac.id

How to Cite: Sa'diyah, H., Zahwa, D., Sudarti, S., & Mahmudi, K. (2025). Analisis Konsep Fisika Pada Proses Pengeringan Kopi Menggunakan Solar Dryer. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 11(12.B), 334-341. Retrieved from <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/13491>.

LATAR BELAKANG

Dalam proses pascapanen biji kopi, pengeringan adalah langkah penting yang berdampak langsung pada rasa dan kualitas fisik produk jadi. Petani di Indonesia masih menggunakan teknik pengeringan tradisional seperti penjemuran langsung di bawah sinar matahari karena harganya yang terjangkau dan mudah diterapkan. Namun demikian, teknik ini sangat bergantung pada cuaca dan sering kali memberikan distribusi panas yang tidak merata, yang dapat mempengaruhi kadar air biji kopi, sehingga meningkatkan kemungkinan infeksi mikroba dan mengurangi kualitas kopi secara keseluruhan. Penggunaan pengering tenaga surya menjadi semakin populer sebagai solusi alternatif yang ramah lingkungan dan efektif. Air dalam biji kopi menguap lebih cepat berkat pengering surya, yang menggunakan energi matahari yang diubah menjadi panas. Metode ini dapat meningkatkan stabilitas kadar air biji kopi, mempersingkat waktu pengeringan, dan menjaga kebersihan produk. Menurut beberapa penelitian, menggunakan desain kolektor yang tepat dapat meningkatkan efisiensi termal pengering surya sebanyak 40%.

Namun, sejumlah faktor fisik, termasuk metode transmisi panas dan massa seperti konduksi, konveksi, dan radiasi, memiliki dampak yang signifikan terhadap keberhasilan pengering surya. Selain itu, hasil akhir dari proses pengeringan juga dipengaruhi oleh elemen lingkungan termasuk sirkulasi udara, kelembaban relatif, dan jumlah sinar matahari. Oleh karena itu, desain dan optimasi sistem pengering ini sangat bergantung pada pemahaman prinsip-prinsip fisika yang terlibat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji prinsip-prinsip fisika yang mendasari pengeringan biji kopi dengan pengering tenaga surya dan menilai bagaimana pemanfaatan energi surya dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas produk.

Dalam rangka membantu petani Indonesia menciptakan teknologi pengering kopi yang lebih ekonomis, efisien, dan berkelanjutan, penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan tinjauan literatur terhadap beberapa penelitian sebelumnya.

TINJAUAN TEORI

Proses pengeringan biji kopi merupakan tahap kritis dalam rantai produksi yang secara langsung memengaruhi mutu akhir produk, seperti aroma, warna, dan daya simpan (Suherman et al., 2020). Di negara tropis seperti Indonesia, metode konvensional seperti penjemuran langsung masih dominan digunakan petani (Endriyani & Astuti, 2013). Namun, pendekatan ini rentan terhadap fluktuasi cuaca, kontaminasi lingkungan, dan distribusi panas tidak merata, yang berpotensi menurunkan kualitas biji kopi (Siagian et al., 2018). Studi Suherman et al. (2024) menunjukkan bahwa ketidakteraturan suhu pada pengering tradisional menyebabkan variasi kadar air hingga 20%, meningkatkan risiko pertumbuhan jamur.

Solar dryer hadir sebagai solusi berkelanjutan dengan memanfaatkan radiasi matahari yang dikonversi menjadi energi panas. Penelitian Bahri dan Rahmانيar (2018) menunjukkan bahwa integrasi kolektor vakum dan reflektor meningkatkan efisiensi termal hingga 40%. Namun, distribusi aliran udara tidak merata dan kehilangan panas akibat konveksi alami masih menjadi tantangan (Akamphon et al., 2018). Inovasi seperti sistem hibrida (surya-LPG) dikembangkan untuk meningkatkan stabilitas, tetapi penggunaan energi fosil menimbulkan dilema antara efisiensi dan keberlanjutan (Arifin et al., 2020).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode literatur review dengan menganalisis artikel ilmiah, jurnal, dan prosiding konferensi terkait konsep fisika dalam pengeringan kopi menggunakan solar dryer. Fokus kajian meliputi efisiensi energi, perpindahan panas, distribusi aliran udara, dan pemodelan numerik (CFD dan FEM). Sumber dipilih berdasarkan relevansi dengan teknologi pengering surya konvensional dan modern, termasuk sistem hibrida dan integrasi IoT. Analisis dilakukan untuk mensintesis prinsip fisika yang mendukung optimalisasi sistem pengering, dengan mempertimbangkan aspek ekonomi dan sosial pengguna.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian *Numerical Evaluation of the Temperature Field inside Specialty Coffee Beans during Microwave Drying*, dikaji bagaimana distribusi suhu dalam biji kopi selama pengeringan menggunakan gelombang mikro. Meskipun metode ini berbeda dari solar dryer, prinsip fisiknya serupa, yaitu melibatkan perpindahan panas dan massa. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pemanasan dalam biji kopi terjadi dari bagian dalam menuju permukaan akibat penetrasi gelombang, mempercepat proses pengeringan. Fenomena ini menegaskan pentingnya pemahaman medan suhu dan konduksi panas dalam desain solar dryer, agar proses pengeringan kopi menjadi lebih efisien dan merata.

Dalam studi oleh Meja et al. dibahas bahwa proses pengeringan kopi dengan solar dryer sangat bergantung pada mekanisme perpindahan panas melalui konduksi, konveksi, dan radiasi. Energi matahari dikonversi menjadi panas yang kemudian diteruskan ke biji kopi, mempercepat evaporasi air di dalamnya. Penelitian ini menegaskan bahwa desain alat

pengering yang efektif harus mampu memaksimalkan penyerapan panas dan mendistribusikannya secara merata agar pengeringan berlangsung cepat, efisien, dan mempertahankan mutu fisik maupun kimia kopi yang dihasilkan.

Penelitian Suprianto et al. mengungkapkan bahwa suhu dan kelembaban adalah dua faktor utama dalam proses fisika pengeringan kopi menggunakan solar dryer. Mekanisme perpindahan panas dan massa sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, di mana peningkatan suhu mempercepat penguapan air dari biji kopi, sementara pengendalian kelembaban mencegah kerusakan kualitas. Studi ini memperlihatkan pentingnya keseimbangan antara suhu tinggi untuk mempercepat pengeringan dan kelembaban rendah untuk menjaga mutu fisik dan rasa biji kopi yang dihasilkan.

Studi Herlambang et al menyajikan konsep pemantauan radiasi matahari dengan menggunakan modul surya berbasis IoT, yang berfungsi untuk mengoptimalkan pemanfaatan energi surya. Meskipun fokus utama adalah pengisian daya kendaraan listrik, prinsip fisiknya terkait dengan pengeringan kopi, terutama dalam mengukur intensitas radiasi matahari. Pemantauan ini bisa digunakan untuk memprediksi dan menyesuaikan penggunaan energi surya dalam solar dryer, sehingga meningkatkan efisiensi proses pengeringan kopi dan mengurangi ketergantungan pada sumber energi lain.

Suherman et al. mengkaji performa energi dan eksersi dalam pengeringan biji kopi menggunakan solar dryer dengan sistem fotovoltaiik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan solar dryer mampu mempertahankan suhu optimal yang dibutuhkan untuk pengeringan, mengurangi kerusakan kualitas biji kopi akibat kelembaban yang berlebihan, dan menghindari pertumbuhan jamur. Penggunaan sensor suhu dan kelembaban yang dipasang pada alat ini memungkinkan pemantauan kondisi pengeringan secara real-time, meningkatkan efisiensi dan kualitas biji kopi yang dihasilkan.



Deskripsi: Solar Dryer

Sumber: Impack Pratama (2020).

Gambar 1. Pengering Kopi dengan Solar Dryer

Novita et al. mengulas pengembangan sistem Internet of Things (IoT) dengan biaya rendah untuk memantau kondisi pengeringan biji kopi menggunakan pengering surya berbentuk setengah bola. Dalam penelitian ini, sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan relatif, sedangkan sensor load cell mengukur kadar air biji kopi dengan menghitung massa produk kering. Data yang diperoleh kemudian dikirim secara nirkabel dan

disimpan di server cloud untuk memungkinkan pemantauan jarak jauh secara *real-time*. Dalam konteks fisika, penelitian ini menunjukkan pentingnya perpindahan panas dan massa selama pengeringan, serta penggunaan model Page untuk menggambarkan perilaku pengeringan biji kopi arabika. Teknologi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi proses pengeringan, tetapi juga memungkinkan kontrol yang lebih baik terhadap kualitas biji kopi.

Artikel Iqbal et al. membahas penerapan teknologi solar dryer dalam pengeringan biji kopi, yang memanfaatkan energi surya sebagai sumber utama panas. Dalam konteks fisika, proses pengeringan biji kopi ini melibatkan perpindahan panas melalui radiasi matahari dan konveksi udara yang terperangkap di dalam rumah kaca. Sistem ini memungkinkan penguapan air dari biji kopi secara efisien, meningkatkan kualitas produk akhir dengan mempertahankan kadar air yang optimal dan menghindari kerusakan akibat metode pengeringan tradisional. Pemanfaatan energi terbarukan seperti matahari membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, serta mendukung keberlanjutan dalam produksi kopi.

Penelitian oleh mengkaji penggunaan pengering surya tipe rumah kaca yang dilengkapi dengan plastik ultraviolet (UV) untuk pengeringan biji kopi. Fokus utama dari penelitian ini adalah untuk memahami distribusi temperatur dalam ruang pengering dan efektivitas pengeringan biji kopi melalui mekanisme konveksi alamiah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi suhu di dalam ruang pengering relatif merata dan lebih tinggi daripada suhu lingkungan, yang berkontribusi pada proses pengeringan yang lebih cepat dan efisien. Kadar air akhir biji kopi yang dicapai adalah 20,45%, dengan laju pengeringan sebesar 0,77% basis basah per jam dan efisiensi rumah pengering sebesar 4,84%. Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan plastik UV dan mekanisme konveksi alamiah dapat meningkatkan efisiensi pengeringan biji kopi.

Penelitian oleh Hudin et al. mengusulkan perancangan rumah pengering biji kopi dengan menggunakan plastik ultra violet (UV solar dryer) yang memanfaatkan mekanisme konveksi alamiah. Dalam konteks fisika, proses pengeringan biji kopi ini melibatkan perpindahan panas yang terjadi karena perbedaan temperatur antara udara panas yang dihasilkan oleh radiasi matahari dan udara sejuk di luar. Penggunaan plastik UV dalam desain rumah pengering bertujuan untuk meminimalisir kehilangan panas dan meningkatkan efisiensi pengeringan. Studi ini menunjukkan bahwa suhu di dalam ruangan pengering dapat dipertahankan lebih tinggi daripada suhu lingkungan, yang mempercepat pengeringan biji kopi. Hasil pengujian menunjukkan pengeringan yang efisien dengan kadar air biji kopi yang optimal.

Penelitian Budi pada tahun 2020 mengkaji penggunaan pengering surya tipe rumah kaca yang dilengkapi dengan plastik ultraviolet (UV) untuk pengeringan biji kopi. Fokus utama dari penelitian ini adalah untuk memahami distribusi temperatur dalam ruang pengering dan efektivitas pengeringan biji kopi melalui mekanisme konveksi alamiah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi suhu di dalam ruang pengering relatif merata dan lebih tinggi daripada suhu lingkungan, yang berkontribusi pada proses pengeringan yang lebih cepat dan efisien. Kadar air akhir biji kopi yang dicapai adalah 20,45%, dengan laju pengeringan sebesar 0,77% basis basah per jam dan efisiensi rumah pengering sebesar 4,84%. Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan plastik UV dan mekanisme konveksi alamiah dapat meningkatkan efisiensi pengeringan biji kopi.

Secara teoritis, kolektor surya idealnya memaksimalkan penyerapan radiasi berdasarkan persamaan Stefan–Boltzmann:

$$Q = \varepsilon \sigma A T^4$$

dengan ε adalah emisivitas permukaan, konstanta Stefan–Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$), luas permukaan, dan suhu mutlak. Namun, dalam implementasi di lapangan, penggunaan material seperti seng yang memiliki konduktivitas termal tinggi mempercepat kehilangan panas melalui konduksi. Studi Bahri dan Rahmانيar (2018) menunjukkan bahwa penggunaan kolektor vakum dapat mengurangi kehilangan panas hingga 20%, namun biaya instalasi dan perawatan yang tinggi menjadi kendala bagi petani kecil.

Hasil simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) oleh Akamphon et al. (2018) merekomendasikan modifikasi geometri saluran udara untuk meningkatkan turbulensi aliran. Namun, solusi ini memerlukan presisi teknik yang sulit diimplementasikan oleh petani tradisional. Amdana (2012) dalam penelitiannya mengungkapkan bahwa laju aliran udara panas pada solar dryer berpengaruh signifikan terhadap efisiensi pengeringan, di mana kecepatan optimal berkisar antara 1,5 hingga 2 m/s. Sayangnya, petani cenderung mengabaikan parameter ini karena keterbatasan alat ukur. Di sisi lain, Endriyani dan Astuti (2013) menunjukkan bahwa variasi kecepatan udara pada solar dryer tipe aktif dapat mengurangi waktu pengeringan hingga 25%, namun ketidakmerataan distribusi aliran tetap menjadi kendala utama.

Penerapan sistem hibrida surya–LPG terbukti meningkatkan efisiensi termal hingga 55% (Arifin et al., 2020). Namun, emisi karbon dioksida (CO_2) yang dihasilkan dari penggunaan LPG bertentangan dengan prinsip keberlanjutan. Sementara itu, sistem berbasis photovoltaic (PV) menawarkan solusi lebih bersih, tetapi biaya instalasinya masih terlalu tinggi sehingga tidak terjangkau oleh sebagian besar petani kecil (Santoso & Arisandy, 2021). Yusman et al. (2025) menawarkan alternatif sistem hibrida inovatif dengan menggabungkan energi surya dan lampu pemanas pada desain dome dryer. Meskipun berhasil mempertahankan suhu stabil ($\pm 50^\circ\text{C}$), konsumsi energi listrik dari lampu meningkatkan biaya operasional sebesar 15%, sehingga kurang sesuai untuk skala produksi kecil. Temuan ini memperkuat argumen bahwa hybridisasi teknologi harus mempertimbangkan keseimbangan antara kepraktisan, biaya, dan dampak lingkungan.

Integrasi sistem Internet of Things (IoT) memungkinkan kontrol suhu yang lebih stabil, dengan deviasi $\pm 2^\circ\text{C}$ (Imanda & Meutia, 2022). Namun, penggunaan IoT menyebabkan tambahan konsumsi energi sekitar 0,8 kWh per hari, yang justru mengurangi efisiensi energi untuk proses penguapan air. Selain itu, keterbatasan infrastruktur internet dan pasokan listrik di daerah pedesaan menjadi tantangan utama implementasi teknologi ini.

Analisis eksergi menunjukkan bahwa sekitar 35% energi dalam proses pengeringan terbuang sebagai irreversibilitas termal (Suherman et al., 2024). Solusi teknis seperti penggunaan material isolator aerogel mampu meningkatkan efisiensi, namun biaya aerogel yang tinggi setara dengan 10% pendapatan bulanan petani membuat penerapannya tidak realistis di tingkat akar rumput. Pemodelan menggunakan metode Finite Element Method (FEM) sebagaimana dikembangkan oleh Kumar et al. (2021) memberikan prediksi hotspot yang sangat akurat di lingkungan laboratorium. Namun, parameter penting seperti porositas biji kopi dan difusivitas air sulit diukur secara langsung di lapangan. Akibatnya, petani lebih mengandalkan metode trial and error berbasis pengalaman dibandingkan pendekatan berbasis data numeric.

KESIMPULAN DAN PANDANGAN

Solar dryer terbukti efektif secara ilmiah melalui prinsip fisika seperti konversi radiasi dan isolasi termal. Namun, di sisi lain, teknologi ini gagal total dalam aspek sosio-teknis; desain rumit, material mahal, dan minim edukasi membuatnya menjadi "robot teoritis" yang tak terjangkau petani. Solusi sebenarnya bukan pada simulasi CFD atau IoT canggih, melainkan desain sederhana berbasis material lokal seperti bambu sebagai isolator alami, yang murah dan mudah diperbaiki. Edukasi partisipatif juga krusial: petani perlu memahami cara mengatur sudut kolektor sesuai musim, bukan sekadar diberi alat tanpa pelatihan. Pemerintah harus berani memberikan subsidi untuk material berkinerja tinggi sekaligus mendorong pelatihan teknis berbasis komunitas, bukan hanya fokus pada instalasi alat. Tanpa intervensi holistik yang menyatukan fisika, ekonomi, dan budaya lokal, solar dryer akan tetap menjadi proyek "asal terpasang" yang hijau di kertas, tetapi gagal di realita, meninggalkan petani dengan alat rusak dan harapan palsu. Proses fisika yang terlibat, seperti perpindahan panas melalui radiasi, konveksi, dan konduksi, memainkan peran penting dalam pengeringan biji kopi, dengan pengontrolan suhu dan kelembaban yang tepat menjaga kualitas biji kopi dan menghindari kerusakan. Inovasi teknologi seperti penggunaan sensor berbasis Internet of Things (IoT) memungkinkan pemantauan dan kontrol pengeringan secara real-time, sedangkan desain optimal dengan plastik ultraviolet (UV) dan rumah kaca meningkatkan distribusi panas secara merata. Secara keseluruhan, solar dryer tidak hanya mempercepat proses pengeringan, tetapi juga menawarkan solusi ramah lingkungan yang mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, sehingga berpotensi meningkatkan kualitas biji kopi dan kesejahteraan petani kopi.

DAFTAR PUSTAKA

- Akamphon, S., Sukkasi, S., & Sedchaicharn, K. (2018). Integrated heat transfer, fluid dynamics and mass transfer model for solar dryer design evaluation. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(10), e13649.
- Amdana, M. R. (2012). Analisis laju aliran udara panas pada alat pengering produk perkebunan kopi. Universitas Medan Area.
- Arifin, S. A., Agustina, R., & Moulana, R. (2020). Optimalisasi energi panas pada coffee dryer dengan tenaga hybrid collector panas dan gas LPG. *Jurnal Elektronika, Energi dan Telekomunikasi*, 2(1), 23–29.
- Bahri, S., & Rahmaniar. (2018). Rancang bangun dan ujicoba pengering surya tipe kolektor tabung vakum. *Jurnal Teknologi*, 10(2), 101–108.
- Budi, S., Koehuan, V., & Nurhayati, N. (2020). Studi Eksperimental Rumah Pengering Kopi Menggunakan Plastik Ultra Violet (Uv Solar Dryer) Dengan Mekanisme Konveksi Alamiah. *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana*, 7(02), 38-44. <https://doi.org/10.35508/ljtmu.v7i02.3346>
- Correa, J. L. G., Monteiro, L. Q., Silveira, P. G., & Petri Jr., I. (2025). Numerical evaluation of the temperature field inside specialty coffee beans during microwave drying. *Defect and Diffusion Forum*, 439, 283–290. <https://doi.org/10.4028/p-IF65e1>
- Endriyani, E., & Astuti, Y. (2013). Karakteristik pengeringan biji kopi berdasarkan variasi kecepatan udara pada solar dryer tipe aktif. *Jurnal Teknik Pertanian*, 20(1), 8–13.
- Herlambang, Y. D., Huda, M. N., Antoro, D. Y. A. P., Ghozali, H. F., Setyawan, M. R., Apriandi, N., An-Nizhami, A., Yanuar, P., & Marliyati. (2025). *Solar Radiation*

- Monitoring System for Electric Vehicle Charging Using Solar Modules Based on the Internet of Things. *Journal of Mechanical Engineering and Fabrication*, 2(1), 6–10. <https://mechafa.com/index.php/jmef/article/view/17>
- Hudin, T., Koehuan, V., & Nurhayati, N. (2021). Perancangan Rumah Pengering Biji Kopi Menggunakan Plastik Ultra Violet (UV Solar Dryer) Dengan Mekanisme Konveksi Alamiah. *LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana*, 8(01), 25-39. <https://doi.org/10.35508/ljtmu.v8i01.4186>
- Imanda, N., & Meutia, S. (2022). Analisis pengeringan biji kopi dengan pengaruh kecepatan udara menggunakan solar dryer berbasis IoT. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 4(1), 10–16.
- Iqbal, M., & Subhan, M. (2023). Application Penerapan Metode Blending Biji Kopi dan Teknologi Green House Berbasis Solar Driyer dalam Meningkatkan kualitas Produk Kopi Black Nacawi pada Kelompok Badan Usaha Milik Desa (Bumdes) Tunas Muda Desa Oi Bura. *Gravity Edu : Jurnal Pembelajaran Dan Pengajaran Fisika*, 6(2), 6-11. <https://doi.org/10.33627/ge.v6i2.1392>
- Kumar, R., Singh, A., & Sharma, V. (2021). Performance evaluation and finite element modeling of heat, mass, and fluid flow inside a hybrid solar dryer during paddy drying. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 143, 1067–1081.
- Meja, E. M., Dubbe, S. K., Bekele, A., Wolde, K. F., & Adaramola, M. S. (2025). Investigating the performance and optimization of solar coffee drying technologies—A systematic review. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2025, Article ID 7907660. <https://doi.org/10.1155/jfpp/7907660>
- Novita, D. D., Suharyatun, S., Amien, E. R., & Asropi, A. (2024). Penerapan Good Handling Practices (GHP) dan Optimalisasi Solar Dryer Tipe Rak untuk Meningkatkan Mutu Biji Kopi Kelompok Tani Karya Makmur Sidomulyo, Kecamatan Air Naningan, Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat Inovatif*, 3(1), 8–15. <https://doi.org/10.70110/jppmi.v3i1.41>
- Pramono, E. K., Karim, M. A., Fudholi, A., Bulan, R., Lapcharoensuk, R., & Sitorus, A. (2022). Low Cost Telemonitoring Technology of Semispherical Solar Dryer for Drying Arabica Coffee Beans. *INMATEH - Agricultural Engineering*, 66(1), 340–350. <https://doi.org/10.35633/inmateh-66-34>
- Santoso, Y. R., & Arisandy, A. (2021). Experimental study of dome dryer with photovoltaic system for coffee beans drying. *Renewable Energy Management Journal*, 3(2), 25–30.
- Siagian, P., et al. (2018). Analysis of temperature and velocity distributions in a solar drying box for coffee beans. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 420(1), 012035.
- Suherman, S., Firmansyah, A., & Lestari, R. (2020). Energy analysis of a hybrid solar dryer for drying coffee beans. *International Journal of Renewable Energy Development*, 9(1), 131–139.
- Suherman, S., Hadiyanto, H., Asy-Syaqiq, M. A., Ghassani, G. 'Afifah, & Ajundasari, M. (2024). Energy and exergy performance evaluation of a drying coffee beans system using a photovoltaic–direct solar dryer at different drying temperature conditions. *International Journal of Ambient Energy*, 45(1). <https://doi.org/10.1080/01430750.2024.2344548>

- Suherman, S., Nasution, D. A., & Faza, M. R. (2024). Energy and exergy performance evaluation of a drying coffee beans system using a photovoltaic–direct solar dryer. *International Journal of Ambient Energy*.
- Suprianto, A., Sumarmi, S., Triningsih, L., & Arinta, D. (2025). Solar Drying House and Pulper untuk Meningkatkan Kualitas Produksi dan Kesejahteraan Petani Kopi Desa Medowo Kabupaten Kediri. *Martabe: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 8(1), 259–266. <https://doi.org/10.31604/jpm.v8i1.259-266>
- Yusman, I., et al. (2025). Penerapan teknologi rekayasa pengering biji kopi menggunakan lampu sebagai pemanas pada solar dryer dome. *Jurnal Civic Dynamic*, 10(1), 47–55.