

e-ISSN : 3031-0342
Diterima : 29 April 2026
Disetujui : 15 Juni 2026
Tersedia online di <https://journal.unram.ac.id/index.php/agent>

ANALISIS PENGUKURAN KADAR AIR PADA BIJI KOPI MELALUI PROSES PENGERINGAN DENGAN MENGGUNAKAN SOLAR DRYER DOME BERBASIS IoT (INTERNET OF THINGS)

*Analysis of moisture content measurement in coffee beans through the drying process using
an IoT (Internet of Things) - based solar dryer dome*

Anteng Septianingtiyas^{1*}, Ida Ayu Widhiantari¹, Amuddin¹

¹Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri,
Universitas Mataram

Email*): antengsepti730@gmail.com

ABSTRACT

Coffee is one of Indonesia's leading plantation commodities, including in Central Lombok Regency, which has a high production potential. The drying process is a crucial post-harvest stage to maintain coffee bean quality by reducing the moisture content to the ideal range of 12–13% according to the Indonesian National Standard (SNI). However, traditional sun drying methods are highly weather-dependent and often reduce product quality. This study aims to analyze the heat energy requirements, drying efficiency, and the role of latent heat during the coffee bean drying process using an IoT-based Solar Dryer Dome. The research employed an experimental method with solar radiation and forced convection drying systems equipped with SHT31, BH1750, DS18B20, and Soil Moisture SEN0308 sensors, controlled by an ESP32 microcontroller integrated with the ThingSpeak platform. The results showed that the total incoming heat energy was 191.426,568 MJ, useful heat energy 31.321,9808 MJ, heat losses 190.020,549 MJ, and stored heat 1.405,9742 MJ. The drying efficiency reached 16.36%, with the moisture content decreasing from 65.32% to 11.16%. Part of the absorbed energy was used as latent heat of vaporization to convert water within the coffee beans into vapor, while the release of this latent heat contributed to the increase in outlet air temperature. The IoT-based Solar Dryer Dome effectively accelerated the drying process, maintained coffee bean quality, and enabled real-time monitoring of drying conditions..

Keywords: *coffee beans, drying efficiency, heat energy, internet of things, solar dryer dome*

ABSTRAK

Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan unggulan di Indonesia, termasuk di Kabupaten Lombok Tengah yang memiliki potensi produksi cukup tinggi. Proses pengeringan menjadi tahap penting dalam penanganan pascapanen untuk menjaga mutu biji kopi agar kadar airnya berada pada kisaran ideal 12–13% sesuai standar SNI. Selama ini, pengeringan masih banyak dilakukan secara tradisional menggunakan sinar matahari langsung yang sangat bergantung pada kondisi cuaca dan berisiko menurunkan kualitas produk. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan energi panas, efisiensi pengeringan, serta peran kalor laten selama proses pengeringan biji kopi menggunakan solar dryer dome berbasis Internet of Things (IoT). Metode penelitian menggunakan sistem pengeringan berbasis radiasi matahari dan konveksi paksa dengan sensor SHT31, BH1750, DS18B20, dan Soil Moisture SEN0308 yang dikontrol oleh mikrokontroler ESP32 dan terhubung ke platform ThingSpeak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total energi panas masuk sebesar 191.426,568 MJ, energi panas berguna 31.321,9808 MJ, energi hilang 190.020,549 MJ, dan energi

tersimpan 1.405,9742 MJ. Efisiensi pengeringan mencapai 16,36% dengan penurunan kadar air dari 65,32% menjadi 11,16%. Sebagian energi digunakan sebagai kalor laten penguapan untuk mengubah air dalam biji kopi menjadi uap, dan pelepasan kembali kalor laten tersebut meningkatkan suhu udara keluaran (outlet). Solar dryer dome berbasis IoT terbukti mampu mempercepat proses pengeringan, menjaga mutu biji kopi, serta memungkinkan pemantauan kondisi pengeringan secara real-time.

Kata kunci: biji kopi, efisiensi pengeringan, energi panas, internet of things, solar dryer dome

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kopi merupakan salah satu hasil perkebunan yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi, Menurut data Dinas Pertanian NTB tahun 2024, produksi kopi di Lombok Tengah mencapai 3.250 ton per tahun, dengan tren peningkatan 5% setiap tahunnya. di Lombok Tengah merupakan salah satu daerah penghasil kopi di NTB. Proses pengeringan merupakan salah satu penanganan pascapanen yang sangat memberikan pengaruh terhadap mutu kopi. Selama ini, pengeringan kopi dilakukan dengan proses tradisional dengan menggunakan sinar matahari. Metode ini sangat bergantung pada kondisi cuaca, sehingga pada musim hujan proses pengeringan menjadi tidak optimal serta berisiko menurunkan kualitas biji kopi (Ayu Raisa et al., n.d.)

Penggunaan energi surya dalam proses pengeringan juga dapat menekan biaya operasional serta mendukung praktik pertanian yang ramah lingkungan (Judijanto et al., 2024). Selain itu, penerapan energi surya pada pengeringan kopi merupakan contoh nyata pemanfaatan energi terbarukan yang efisien dan berkelanjutan (Arifin et al., 2020)

Salah satu teknologi yang digunakan adalah solar dryer dome, yang memanfaatkan radiasi matahari sebagai sumber panas untuk menguapkan kelembapan biji kopi. Alat ini lebih efisien dibandingkan metode tradisional karena mampu menjaga kualitas bahan dari kontaminasi serta mempercepat proses pengeringan melalui peningkatan suhu di dalam dome.

Untuk dapat mengoptimalkan proses pengeringan, digunakan sistem kontrol berbasis Internet of Things (IoT) yang berfungsi memantau dan mengatur suhu, kelembapan, serta waktu pengeringan secara real-time melalui aplikasi Kodular (Efendi, 2018). Teknologi ini memungkinkan proses pengeringan dikontrol secara efisien dan menjadi dasar dalam melakukan analisis kebutuhan energi panas, yang difokuskan untuk menghitung serta mengevaluasi energi yang digunakan, menilai efisiensi termal, dan menganalisis tingkat pemanfaatan panas pada biji kopi

Tujuan

Adapun tujuan dalam penelitian ini sebagai berikut: 1) Menganalisis jumlah energi panas yang diperlukan untuk proses pengeringan biji kopi menggunakan solar dryer dome. 2) Menganalisis hubungan antara panas dalam ruang pengering dengan hasil akhir kadar air kopi yang dihasilkan. 3) Menganalisis efisiensi pengeringan kopi menggunakan solar dryer dome.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu kabel jumper male to female, Robotdyn Micro SD Shield (datalogger/rtc), anemometer, Termometer Digital Type-K, Moisture Meter, Soil Moisture SEN0308, sensor SHT31, GY-302 (BH1750), sensor DS18B20, papan PCB bolong, LCD Nextion NX4024K032, ESP32, aplikasi ThingSpeak, spacer 1 cm, spacer 2 cm, terminal block, kabel pelangi, laptop, smartphone. Bahan yang digunakan yaitu kopi.

Metode

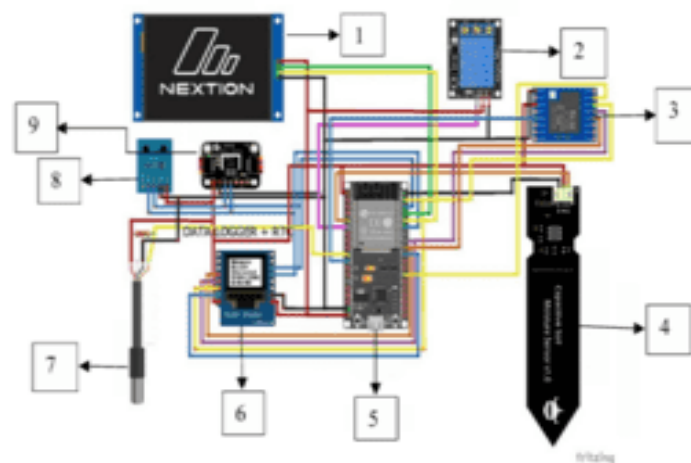
Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental. Proses pengeringan kopi dilakukan menggunakan solar dryer dome dengan biji kopi basah seberat ± 34 kg. Biji kopi dihindarkan dalam satu lapisan agar pengeringan berlangsung lebih merata. Sistem pengeringan yang digunakan yaitu sistem konveksi paksa dengan bantuan exhaust, pada penelitian ini sistem

pengendalian exhaust fan otomatis yaitu jika kelembapan udara $\geq 40\%$ maka exhaust fan akan menyala dan jika kelembapan udara $\leq 38\%$ exhaust fan akan mati.

Parameter Penelitian

Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

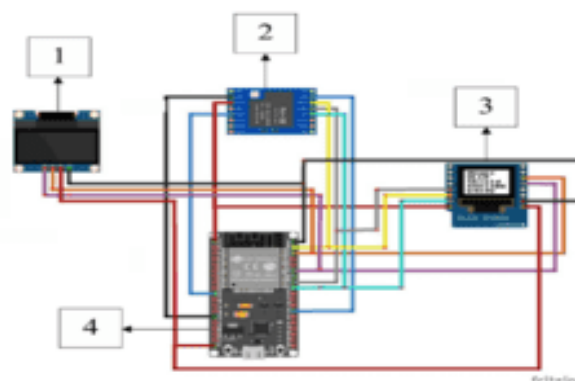
1. Suhu dan kelembapan udara diluar dan didalam ruang pengering
2. Suhu bahan
3. Intensitas cahaya matahari
4. Kadar air kopi
5. Kecepatan aliran udara
6. Laju energi panas yang masuk
7. Laju energi yang berguna
8. Laju energi yang hilang
9. Laju energi yang tersimpan
10. Keseimbangan energi
11. Efisiensi pengeringan



Gambar 1. Skema Rangkaian Alat Pengirim Data *Sender* untuk Sistem *Monitoring* Suhu dan Kelembapan

Rangkaian alat monitoring berbasis Internet of Things (IoT)

Pada Gambar 1 menunjukkan skema rangkaian alat pengirim data (*sender*) untuk sistem monitoring suhu dan kelembapan. Sistem menggunakan LCD Nextion sebagai antarmuka interaktif, dengan ESP32 sebagai pusat kendali. Relay mengatur kipas dan pemanas, sementara komunikasi data dilakukan melalui LoRa tanpa internet. Moisture Sensor memantau kadar air biji kopi, DS18B20 mengukur suhu bahan, dan SHT31 memantau suhu serta kelembapan udara secara real-time. BH1750 mendeteksi intensitas cahaya, sedangkan Data Logger dengan RTC merekam data secara akurat meski sistem mati



Gambar 2. Skema Rangkaian Alat Penerima Data *Receiver* untuk Sistem *Monitoring* Suhu dan Kelembapan

Pada Gambar 2 menunjukkan Sistem *monitoring* pengeringan menggunakan LCD OLED untuk menampilkan data suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya secara *real-time*. Komunikasi antar perangkat memakai LoRa, teknologi nirkabel hemat energi yang mendukung sistem IoT berkelanjutan. Data *Logger* merekam seluruh data sensor, sementara ESP32 mengolah dan mengirim data melalui Wi-Fi dan *Bluetooth* sebagai pusat kendali sistem.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Suhu dan Kelembapan Udara di dalam Ruang Pengering

Pada Gambar 3. Menunjukkan suhu udara di dalam ruang pengering meningkat signifikan sejak pagi hingga siang hari, mencapai puncak antara pukul 11.00–15.00, kemudian menurun pada sore hingga malam hari. Sebaliknya, kelembapan udara menurun saat suhu meningkat dan kembali naik saat suhu menurun.

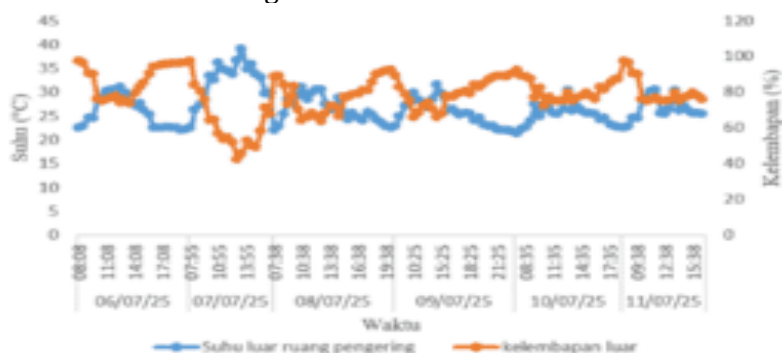


Gambar 3. Grafik Suhu dan Kelembapan Udara Didalam Ruang Pengering

Menurut SNI, suhu ideal untuk pengeringan kopi berkisar antara 50–60°C, sedangkan pada penelitian ini suhu tertinggi mencapai 46,92°C. Perubahan suhu selama proses pengeringan dipengaruhi oleh kondisi cuaca dan intensitas radiasi surya yang bervariasi sepanjang hari (Agustina *et al.*, 2016)

Suhu dan Kelembapan Udara di luar Ruang Pengering

Pada Gambar 4. menunjukkan Secara keseluruhan, Suhu udara di luar ruang pengering mencapai nilai tertinggi pada siang hari akibat intensitas radiasi matahari yang maksimal, sedangkan pada pagi dan malam hari suhu menurun karena pendinginan udara dan berkurangnya radiasi matahari. Perubahan kelembapan udara luar dipengaruhi langsung oleh suhu, di mana kelembapan menurun saat suhu meningkat dan kembali naik ketika suhu menurun.



Gambar 4. Grafik Suhu dan Kelembapan Udara Diluar Ruang Pengering

Suhu Bahan

Pada Gambar 5. menunjukkan suhu bahan meningkat pada siang hari dan menurun pada sore hingga malam hari. Hari pertama suhu naik dari 23,56°C menjadi 34,25°C, sedangkan suhu tertinggi tercatat pada hari kedua sebesar 46,5°C (Misbakul Munir, 2011). Hari-hari berikutnya menunjukkan

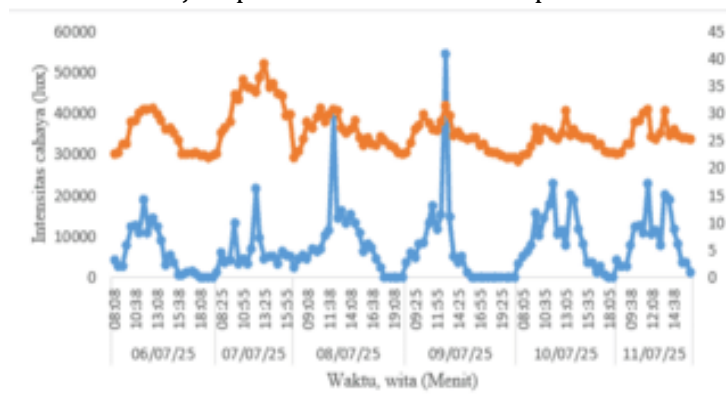
pola serupa, dengan suhu awal sekitar 22–23°C yang meningkat hingga 37–38°C pada siang hari, kemudian menurun saat malam.



Gambar 5. Grafik suhu bahan

Intensitas Cahaya Matahari

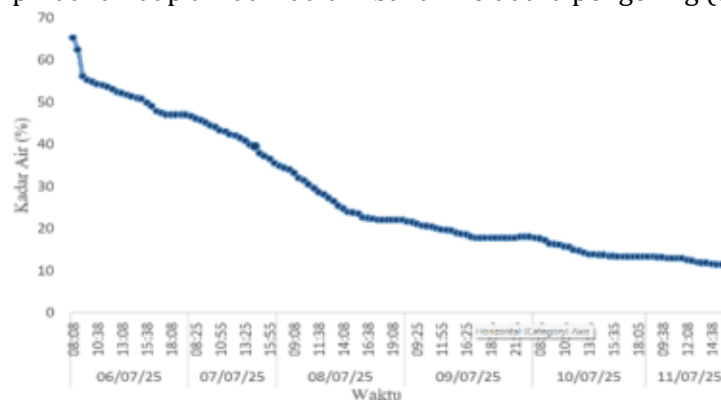
Pada Gambar 6. menunjukkan selama enam hari pengamatan (6–11 Juli 2025), intensitas cahaya menunjukkan pola meningkat dari pagi hingga siang dan menurun pada sore hingga malam hari, sesuai pergerakan matahari. Nilai tertinggi tercatat pada 9 Juli 2025 sebesar 54612,5 lux, sedangkan intensitas terendah terjadi pada malam hari mencapai 0 lux.



Gambar 6. Grafik intensitas cahaya matahari

Kadar Air Kopi

Hasil penelitian pada Gambar 7. menunjukkan selama enam hari pengeringan (6–11 Juli 2025), kadar air biji kopi menurun secara bertahap dari 65,32% menjadi 11,16%. Penurunan cepat terjadi pada hari pertama karena penguapan air di permukaan bahan yang langsung kontak dengan udara (*Hermanuadi et al., 2022*). Laju pengeringan kemudian melambat seiring berkurangnya air bebas dan dominasi air terikat di dalam bahan. Proses ini terjadi akibat peningkatan suhu bahan yang mendorong perpindahan uap air dari dalam bahan ke udara pengering (*Siagian et al., 2018*)



Gambar 7. Grafik kadar air kopi

Pada Tabel 1. menunjukkan perbandingan pengukuran kadar air antara sensor *Soil Moisture* SEN0308 dan *Moisture Meter* menunjukkan selisih kecil, dengan kadar air akhir masing-masing 11,16% dan 12,02%.

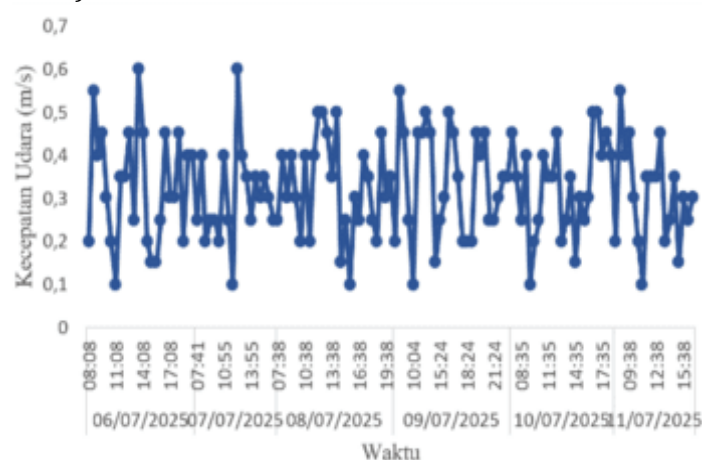
Tabel 1. Nilai Root Mean Square Error

Pengukuran kadar air dengan sensor (%)	Pengukuran kadar air dengan <i>moisture meter</i> (%)	Nilai Root Mean Square Error (%)
11,16	12,02	0,86

Hasil perhitungan RMSE sebesar 0,86% menunjukkan bahwa sensor memiliki akurasi baik karena masih berada dalam batas toleransi kesalahan $\pm 5-10\%$ (DFRobot, n.d.)

Kecepatan Aliran Udara

Pada Gambar 8. menunjukkan hasil pengamatan 6–11 Juli 2025 menunjukkan bahwa kecepatan udara dalam dome harian, meningkat dari pagi hingga siang seiring naiknya radiasi matahari dan suhu, lalu menurun pada sore hingga malam akibat pendinginan dan meningkatnya kelembapan. Suhu yang lebih tinggi terbukti meningkatkan kecepatan aliran udara, sejalan dengan temuan (Aukah *et al.*, 2018)



Gambar 8. Grafik kecepatan aliran udara

Kesetimbangan Energi

Tabel 2. Hasil Perhitungan Energi yang Masuk dan Keluar dari Ruang Pengering

Total Energi yang Masuk Ke Dalam Ruang Pengering (MJ)	Total Energi yang Keluar dari Ruang Pengering (MJ)
191.426,568	158.698,613

Berdasarkan Tabel 2, total energi masuk ke ruang pengering sebesar 191.426,568 MJ dan energi keluar 158.698,613 MJ. Hal tersebut disebabkan karena energi yang hilang melalui konduksi, konveksi, dan radiasi. Energi panas total untuk pengeringan biji kopi mencakup panas untuk memanaskan biji, menaikkan suhu air dalam biji, dan menguapkan air (Santoso *et al.*, 2023).

Tabel 3. Jumlah Energi Panas yang Dibutuhkan pada Proses Pengeringan Kopi

Q Untuk Memanaskan Biji Kopi (MJ)	Q Untuk Menaikkan Suhu Air Pada Biji Kopi (MJ)	Q Untuk Menguapkan Air Pada Biji Kopi (MJ)	Q Total Energi Panas Yang Digunakan (MJ)
31.274,6717	0,466117	46,84302	31.321,9808

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 3. energi panas yang digunakan untuk memanaskan biji kopi sebesar 31.274,6717 MJ, untuk menaikkan suhu air sebesar 0,466117 MJ, dan untuk menguapkan air sebesar 46,84302 MJ, dengan total energi berguna sebesar 31.321,9808 MJ. Nilai ini menunjukkan besarnya energi yang termanfaatkan dalam proses pengeringan, terutama pada tahap pemanasan biji kopi yang menyerap energi terbesar, sedangkan energi untuk pemanasan dan penguapan air relatif lebih kecil.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Energi yang Hilang dan Tersimpan

Energi yang Tersimpan (MJ)	Energi yang Hilang (MJ)
1.405,9742	190.020,549

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4, energi yang hilang dari ruang pengering sebesar 190.020,549 MJ, sedangkan energi yang tersimpan sebesar 1.405,9742 MJ. Hal ini menunjukkan bahwa kehilangan panas jauh lebih besar dibanding energi yang tersimpan, menandakan efisiensi pemanfaatan energi masih rendah. Kehilangan panas terutama disebabkan oleh perpindahan panas melalui dinding dan atap dome, konveksi ke udara sekitar, radiasi ke lingkungan, serta saat pembukaan solar dryer dome yang menyebabkan panas terbuang (Santoso *et al.*, 2023)

Tabel 5. Efisiensi Pengeringan

Q total kebutuhan panas (MJ)	Q yang masuk ke dalam ruang pengering (MJ)	Efisiensi (%)
31.321,9	191.426,568	16,36

Berdasarkan Tabel 5, efisiensi pengeringan menggunakan solar dryer dome sebesar 16,36%. Rendahnya efisiensi disebabkan oleh ventilasi kurang optimal, distribusi suhu tidak merata, serta desain dome yang memungkinkan panas terlepas ke lingkungan (Siagian *et al.*, 2018)

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, Jumlah energi panas yang masuk sebesar 191.426,568 MJ, dengan energi panas berguna 31.321,9808 MJ, energi keluar 158.698,613 MJ, energi hilang 190.020,549 MJ, dan energi tersimpan 1.405,9742 MJ. Suhu udara tinggi di dalam ruang pengering mempercepat laju penguapan air pada biji kopi sehingga proses pengeringan berlangsung lebih cepat dan kadar air menurun. Berdasarkan hasil perhitungan, efisiensi pengeringan biji kopi menggunakan solar dryer dome hanya sebesar 16,36%, yang tergolong rendah akibat ventilasi kurang optimal, distribusi suhu tidak merata, serta desain dome yang memungkinkan panas terlepas ke lingkungan.

Saran

Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk pengukuran suhu dan kelembapan didalam ruang pengering sebaiknya dilakukan di beberapa titik. Diharapkan menambahkan pemanfaatan energi terbarukan (solar collector atau thermal storage) untuk meningkatkan efisiensi pada proses pengeringan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Mataram atas dukungan fasilitas laboratorium yang diberikan selama penelitian ini berlangsung. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing serta seluruh pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian dan penulisan artikel ini dapat diselesaikan dengan baik

DAFTAR REFERENSI

- Agustina, R., Syah, H., & Moulana, R. (2016). Karakteristik Pengeringan Biji Kopi dengan Pengering Tipe Bak dengan Sumber Panas Tungku Sekam Kopi dan Kolektor Surya. *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian AGROTECHNO*, 1(1), 20–27.
- Arifin, S. A., Imaduddin, I. R., Hasan, F., Studi, P., Elektro, T., Jadid, U. N., Studi, P., Elektro, T., Jadid, U. N., Studi, P., Elektro, T., Jadid, U. N., Romandoni, N., Studi, P., Otomotif, M., Madiun, P. N., Madiun, K., Hybrid, T., & Panas, C. (2020). *Dryer Dengan Tenaga Hybrid Collector*. 5(2), 33–39.

- Aukah, J., Muvengei, M., Ndiritu, H., & Onyango, C. (2018). Prediction of Airflow and Temperature Distribution in Solar Biomass Hybrid Dryer using Computational Fluid Dynamics. *Journal of Sustainable Research in Engineering*, 4(3), 76–89.
- Ayu Raisa, T., Mayasari, I., Kholidah, N., Hajar, I., & Rusnadi, I. (n.d.). *Analisis Variasi Temperatur Dan Kecepatan Silinder Pada Pengeringan Biji Kopi Dengan Rotary Dryer Berpemanas LPG* (Vol. 9). DFRobot. (n.d.). *Gravity: Analog Capacitive Soil Moisture Sensor- Corrosion Resistant (SEN0308)*.
- Efendi, Y. (2018). Internet of Things (IoT) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry PI Berbasis Mobile. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 4(1), 19–26.
- Hermanuadi, D., Sari, E. K. N., & Brilliantina, A. (2022). Analisis Pindah Panas pada Pengeringan Kulit Biji Kopi (Cascara) dengan Menggunakan Mesin Pengering Tipe Flash Dryer_Cum UV. *Jurnal Teknologi Pangan Dan Hasil Pertanian*, 17(1), 9.
- Judijanto, L., Hazmi, M., Harsono, I., & Suparwata, D. O. (2024). Penggunaan Sumber Daya Terbarukan dalam Bentuk Implementasi Praktik Pertanian Berkelanjutan. *Jurnal Multidisiplin West Science*, 3(01), 108–117.
- Misbakul Munir. (2011). *Pengaruh Suhu Terhadap Laju Perpindahan Massa Pada Proses Pengeringan Dengan Metode Temperatur Rendah (Low Temperatur Drying)*.
- Santoso, Y. R., Afisna, L. P., Syaukani, M., & Saragih, G. J. (2023). Experimental Study of The Potential for Energy Absorption and Drying Time of Coffee Beans Using a Dome Dryer Type Dryer in The Sukmailang Area of Pesawaran Regency. *Journal of Renewable Energy and Mechanics*, 6(02), 108–119.
- Siagian, P., Napitupulu, F. H., Setyawan, E. Y., Siagian, L., Napitupulu, R. A. M., & Ambarita, H. (2018). Analysis of temperature and velocity distributions in a solar drying box coffee beans. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 420(1).