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

ANALISIS DAMPAK LINGKUNGAN IKLIM MIKRO PENGGUNAAN SOLAR DRYER DOME DALAM PROSES PENGERINGAN KOPI

An analysis of the microclimatic environmental impact of using a Solar Dryer Dome in the coffee drying process

Windri Nanda Dwi Setiani,Amuddin, Joko Sumarsono
Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram

email: windrynanda@gmail.com

ABSTRACT

An ideal drying environment plays a crucial role in determining the final quality of coffee beans. This study aims to analyze the influence of microclimate conditions and the potential reduction of greenhouse gas (GHG) emissions in the coffee drying process using an Internet of Things (IoT)-based Solar Dryer Dome. The research was conducted in July 2025 at KWT Kaki Rinjani, Karang Sidemen Village, Central Lombok, Indonesia, using a field experimental method. Temperature, relative humidity, and solar intensity were automatically monitored using SHT31, BH1750, and moisture sensors integrated with an ESP32 microcontroller, while wind speed and wet–dry bulb temperatures were measured manually using a digital anemometer and glass thermometer. The observed data were compared with microclimate and rainfall data from the Meteorological, Climatological, and Geophysical Agency (BMKG) of West Nusa Tenggara to validate weather conditions. The results showed that the IoT-based Solar Dryer Dome created a stable microclimate with temperatures ranging from 33–45°C and humidity levels of 55–65%, which were 5–10°C higher and 10–20% lower than outdoor conditions. The drying process was efficient, achieving a final moisture content of 12% within five days, while GHG emissions were 0 kg CO_2-eq since solar panels supplied all energy. Therefore, the IoT-based Solar Dryer Dome proved to be efficient, environmentally friendly, and suitable for sustainable coffee drying in humid tropical regions, contributing to carbon emission reduction and climate change mitigation.

Keywords: carbon emission, coffee, Internet of Things (IoT), microclimate, solar dryer dome

ABSTRAK

Lingkungan pengeringan yang ideal berperan penting dalam menentukan mutu akhir biji kopi. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh kondisi mikroklimat dan potensi pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) pada proses pengeringan kopi menggunakan *Solar Dryer Dome* berbasis *Internet of Things* (IoT). Penelitian dilakukan pada Juli 2025 di KWT Kaki Rinjani, Desa Karang Sidemen, Lombok Tengah, menggunakan metode eksperimen lapangan. Suhu, kelembapan relatif, dan intensitas cahaya dipantau otomatis menggunakan sensor SHT31, BH1750, dan sensor kadar air yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32, sedangkan

kecepatan angin serta suhu bola basah dan kering diukur manual menggunakan anemometer digital dan termometer kaca. Data dibandingkan dengan data mikroklimat dan curah hujan dari BMKG Nusa Tenggara Barat untuk validasi kondisi cuaca. Hasil menunjukkan bahwa *Solar Dryer Dome* menciptakan mikroklimat stabil dengan suhu 33–45°C dan kelembapan 55–65%, lebih tinggi 5– 10°C dan lebih rendah 10–20% dibandingkan kondisi luar. Proses pengeringan berlangsung efisien dengan kadar air akhir 12% dalam lima hari, sementara emisi GRK tercatat 0 kg CO_2-eq karena seluruh energi bersumber dari panel surya. Dengan demikian, teknologi *Solar Dryer Dome* berbasis IoT terbukti efisien, ramah lingkungan, dan mendukung pengeringan kopi berkelanjutan di wilayah tropis lembap, sekaligus berkontribusi dalam pengurangan emisi karbon untuk mitigasi perubahan iklim

Kata kunci: emisi karbon, kopi, *Internet of Things* (IoT), iklim mikro, *solar dryer dome*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia beriklim tropis dengan dua musim, yaitu hujan dan kemarau. Musim kemarau dimanfaatkan petani untuk mengeringkan hasil panen secara konvensional menggunakan panas matahari. Namun, metode ini memiliki kelemahan seperti risiko kontaminasi debu, kotoran, serangga, pencurian, serta pertumbuhan lumut akibat penundaan pengeringan saat cuaca lembap atau mendung (Wahyuni *et al*., 2020). Pada musim hujan, intensitas matahari yang rendah menyebabkan pengeringan terhambat, menurunkan kualitas hasil panen, dan merugikan petani karena harga jual menjadi lebih rendah (Syahrul *et al*., 2016). Umumnya, proses pengeringan biji kopi dilakukan dari kadar air 60% hingga 12% (Ronny *et al*., 2019).

Salah satu inovasi untuk mengatasi kendala tersebut adalah penggunaan *solar dryer dome*, yang dapat beroperasi tanpa sepenuhnya bergantung pada cuaca. Teknologi ini meningkatkan efisiensi dan kualitas hasil pengeringan, namun perlu dikaji pula dampak lingkungannya. Integrasi *Internet of Things* (IoT) dalam *Solar Dryer Dome* menjadi langkah inovatif dengan memanfaatkan sensor untuk memantau kondisi iklim mikro secara otomatis dan *real-time*, sehingga data yang diperoleh dapat membantu petani dalam pengambilan keputusan (Mahdi *et al*., 2024).

Pemanfaatan IoT di bidang pertanian juga memungkinkan pemantauan suhu dan kelembapan dari jarak jauh melalui sistem yang terhubung ke internet (Ardiansyah *et al*., 2022). Dengan demikian, penerapan IoT pada *Solar Dryer Dome* tidak hanya meningkatkan efisiensi energi dan menjaga mutu hasil, tetapi juga mendukung pertanian cerdas berbasis data menuju pertanian 4.0.

Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui dampak pembentukan iklim mikro yang ditimbulkan dalam penggunaan *Solar Dryer Dome* terhadap proses pengeringan kopi.
2. Untuk mengidentifikasi pengaruh variabel-variabel iklim mikro seperti cuaca, suhu dan kelembapan, intensitas cahaya matahari, kecepatan udara, serta data psikometri terhadap efisiensi pengeringan.
3. Untuk membandingkan perbedaan suhu di dalam dan di luar *Solar Dryer Dome* untuk mengevaluasi efisiensi teknologi pengeringan.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Anemometer, bola basah dan bola kering, mikrokontroler ESP32, Robotdyn *Micro SD shield* (*datalogger*/RTC), Lora RA01 SX1278 *wireless* 433 MHZ (LoRa *Receiver* dan LoRa *Sender*), LCD 16×2 I2C & OLED, SHT 31, *Moisture* sensor SEN0308, Sensor GY-302 (BH1750), Box rangkaian, PCB bolong, laptop, aplikasi *ThingSpeak, smartphone*, modem, dan koneksi internet. Bahan yang digunakan yaitu kopi.

Metode

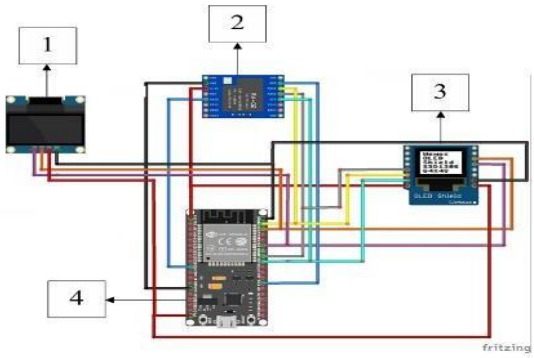
Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah metode eksperimental lapangan dengan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis dampak lingkungan iklim mikro pada *Solar Dryer Dome* dalam proses pengeringan kopi berbasis *Internet of Things* (IoT). Penelitian dilakukan dengan mengukur parameter lingkungan seperti suhu, kelembapan relatif, intensitas cahaya, dan kecepatan angin menggunakan sensor SHT31, GY-320 (BH1750), yang diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32, serta pengukuran kecepatan angin menggunakan anemometer.

Parameter Penelitian

Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

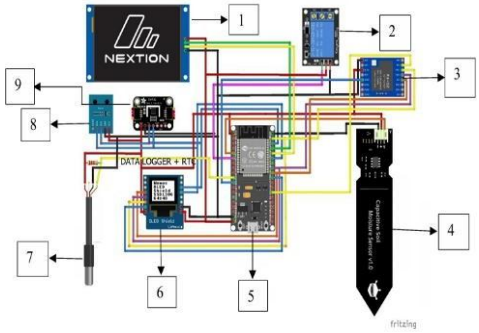
1. Suhu dan kelembapan
2. Suhu udara
3. Intensitas cahaya matahari
4. Kecepatan angin
5. Analisis dampak lingkungan terhadap emisi gas rumah kaca

Rangkaian alat *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT)



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

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.

Emisi Gas Rumah Kaca

Emisi gas rumah kaca pada penelitian ini dihitung untuk mengetahui dampak lingkungan dari penggunaan energi listrik pada *solar dryer dome* berbasis panel surya. Emisi yang dihitung meliputi karbondioksida (CO_2), metana (CH_4), dan nitrogen oksida (N_2O). CO_2 merupakan gas rumah kaca utama dengan kontribusi terbesar terhadap pemanasan global karena konsentrasinya tinggi dan masa tinggalnya lama. CH_4 memiliki potensi pemanasan global (GWP) sekitar 25 kali lebih besar dari CO_2, sedangkan N_2O mencapai 298 kali lebih tinggi. Perhitungan emisi dilakukan menggunakan pendekatan aktivitas data berupa energi listrik yang dihasilkan (kWh) dan faktor emisi (EF) berdasarkan pedoman IPCC (2006) guna memperoleh gambaran total emisi sistem pengeringan berbasis energi terbarukan.

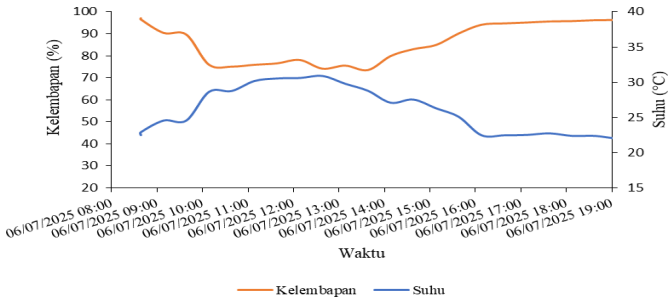
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalibrasi Sensor

Kalibrasi dilakukan di dua lokasi berbeda, yaitu di dalam dan di luar *solar dryer dome*. Dari hasil pengamatan, diperoleh bahwa sensor SHT31 memiliki akurasi suhu yang cukup baik, dengan nilai *error* suhu harian di dalam *dome* berkisar antara 2,51°C hingga 4,28°C dan nilai MAPE suhu antara 8,36% hingga 14,8%. Sementara itu, di luar *dome*, *error* suhu sedikit lebih rendah, berkisar antara 2,5°C hingga 2,8°C, dengan MAPE suhu antara 8,66% hingga 10,7%. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor SHT31 mampu memberikan pembacaan suhu yang cukup akurat dan stabil, baik dalam kondisi lingkungan tertutup maupun terbuka.

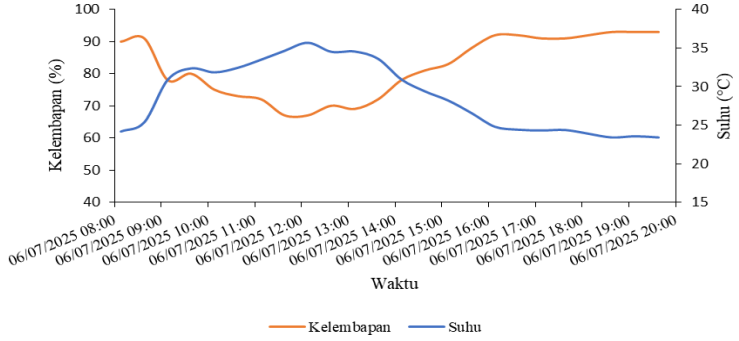
Suhu dan kelembapan lingkungan di dalam dan di luar *solar dryer dome*

Suhu merupakan salah satu faktor yang sangat penting untuk suatu proses pengeringan (Kowimbin *et al*., 2023).



Gambar 3. Grafik Suhu dan Kelembapan di dalam *Solar Dryer Dome*

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan pola perubahan yang signifikan dari pagi hingga malam hari. Suhu di dalam *Solar Dryer Dome* meningkat dari 24,19°C pada pukul 08.08 hingga mencapai maksimum 35,66°C pada pukul 12.08, sementara kelembapan menurun dari 90% menjadi 67%. Setelah itu, suhu menurun secara bertahap hingga 23,43°C pada pukul 18.08, dengan kelembapan kembali meningkat ke 93%, menandakan kondisi *dome* kembali seperti awal pengamatan. *Solar dryer dome* efektif dalam menaikkan suhu dan menurunkan kelembapan selama siang hari, yang merupakan kondisi ideal untuk proses pengeringan. Penurunan suhu dan peningkatan kelembapan pada malam hari menandakan berhentinya proses pengeringan secara efektif saat intensitas sinar matahari menurun.

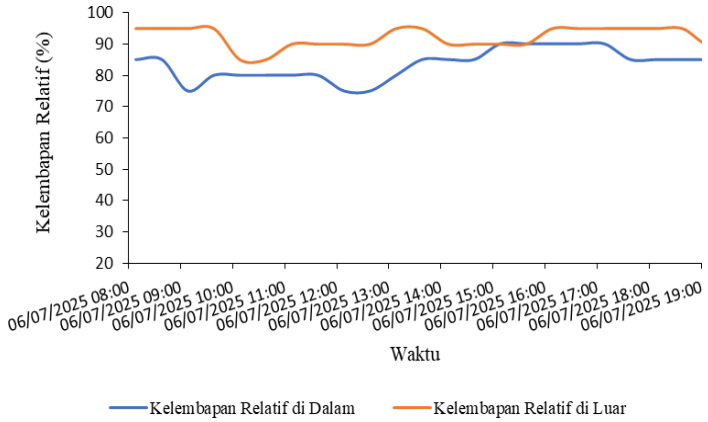


Gambar 4. Grafik Suhu dan Kelembapan di Luar *Solar Dryer Dome*

Berdasarkan Gambar 4 menunjukkan suhu udara di luar *dome* meningkat dari 22,46°C pada pukul 08.08 WITA hingga mencapai puncak 30,91°C pada pukul 12.38 WITA, kemudian menurun kembali menjadi 22,43°C pada pukul 16.38 WITA. Kelembapan relatif menunjukkan pola berlawanan, dari 97,12% turun menjadi 74,04% lalu meningkat kembali hingga 94,75%. Kondisi ini menunjukkan dominasi kelembapan tinggi yang dapat memperlambat proses pengeringan. Meskipun suhu luar berfluktuasi, kondisi di dalam *dome* tetap lebih stabil dan mendukung proses pengeringan yang lebih efisien. Kondisi luar *dome* pada sore dan malam hari menjadi kurang efektif untuk proses pengeringan karena suhu yang lebih rendah dan kelembapan yang semakin tinggi.

Kelembapan Relatif Udara (RH) di Dalam dan di Luar *Solar Dryer Dome*

Hasil perhitungan kelembapan relatif udara (RH) diamati menggunakan bola basah dan bola kering.

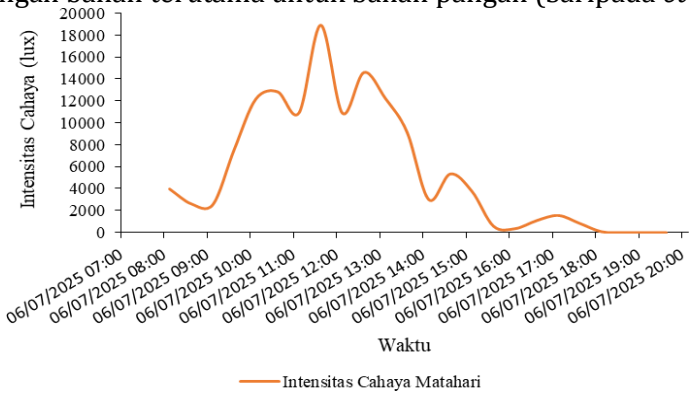


Gambar 5. Grafik Kelembapan Relatif (RH) di Dalam dan di Luar *Solar Dryer Dome* Manual Menggunakan Termometer Kaca

Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan kelembapan relatif (RH) dalam ruangan berkisar 75–90%, terendah 75% pada pukul 09:08–12:38 dan tertinggi 90% pada pukul 15:08–17:38, sedangkan RH luar lebih stabil antara 85–95%, dengan puncak 95% pada pagi dan sore hari. Perbedaan ini menunjukkan RH dalam dipengaruhi suhu dan ventilasi *dome*, sementara RH luar dipengaruhi kondisi atmosfer terbuka yang lebih lembap dan stabil.

Intensitas Cahaya Matahari

Radiasi matahari adalah energi yang dipancarkan oleh matahari yang berperan penting dalam proses pengeringan bahan terutama untuk bahan pangan (Saripada *et al.*, 2025).

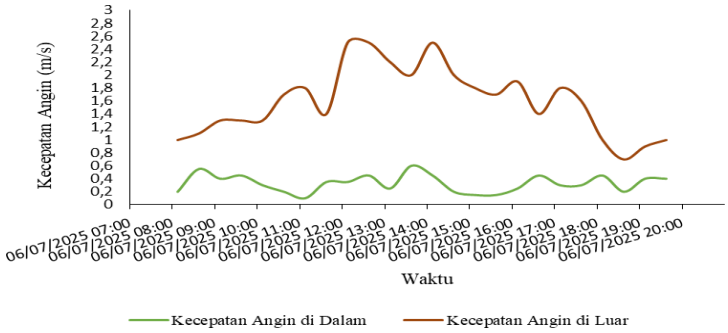


Gambar 6. Grafik Intensitas Cahaya Matahari

Berdasarkan Gambar 6 menunjukkan intensitas cahaya matahari pada pagi hari pukul 08:08 mencapai 3989,17 lux dan sempat menurun hingga 2550,83 lux pada pukul 09:08 akibat tertutup awan. Intensitas kemudian meningkat tajam dan mencapai nilai tertinggi 18903,33 lux pada pukul 11:38, menandakan kondisi cuaca cerah dan periode pemanasan optimal untuk pengeringan. Setelah pukul 13:38, intensitas mulai menurun bertahap dengan fluktuasi akibat perubahan cuaca, hingga mencapai nilai terendah 0 lux pada pukul 18:38 ketika matahari terbenam sepenuhnya.

Kecepatan Angin di dalam dan di luar *solar dryer dome*

Pengukuran kecepatan angin menggunakan anemometer di dalam dan di luar *solar dryer dome* dilakukan untuk memahami sirkulasi udara yang memengaruhi efisiensi pengeringan.



Gambar 7. Grafik Kecepatan Angin di Dalam dan di Luar pada *Solar Dryer Dome*

Berdasarkan Gambar 7 menunjukkan kecepatan angin di dalam *Solar Dryer Dome* lebih rendah dibandingkan di luar sepanjang hari pengamatan. Pada pukul 08:08 WITA, kecepatan angin dalam sebesar 0,2 m/s dan luar 1,0 m/s, lalu berfluktuasi seiring perubahan suhu dan radiasi matahari. Nilai tertinggi angin dalam tercatat 0,6 m/s pada pukul 13:38, sedangkan di luar mencapai maksimum 2,5 m/s pada pukul 12:08, 12:38, dan 14:08. Nilai terendah angin dalam terjadi pada pukul 11:08 sebesar 0,1 m/s. Secara keseluruhan, sirkulasi udara di dalam *dome* lebih terbatas karena ruang tertutup, sementara di luar lebih aktif akibat pengaruh langsung kondisi atmosfer.

Analisis Dampak Lingkungan

Penggunaan *Solar Dryer Dome* pada proses pengeringan biji kopi merupakan inovasi ramah lingkungan yang memanfaatkan energi matahari sebagai sumber panas utama, sehingga mampu menekan emisi gas rumah kaca (GRK) dan menggantikan penggunaan bahan bakar fosil.. Berdasarkan hasil perhitungan, total kebutuhan energi sebesar 3,155 kWh menghasilkan 0 kg CO_2-eq, menunjukkanbahwa sistem ini sepenuhnya bebas emisi karena seluruh energi diperoleh dari panel surya. Temuan ini sejalan dengan Gautami *et al*., (2023) yang menyatakan bahwa pemanfaatan energi surya efektif menurunkan emisi CO_2. Menurut Erawan *et al*., (2023) yang menegaskan bahwa energi surya tidak hanya mengurangi emisi karbon, tetapi juga memberikan keuntungan ekonomi jangka panjang. Menurut data BMKG Provinsi NTB, wilayah Lombok Tengah pada Juli 2025 berada pada musim kemarau dengan curah hujan 38–183 mm, suhu rata-rata 25–26°C, dan tingkat penyinaran matahari 77–85%. Meskipun terjadi hujan ringan selama penelitian, *Solar Dryer Dome* tetap berfungsi optimal menjaga kestabilan suhu dan proses pengeringan. Dengan demikian, penerapan teknologi ini terbukti efisien, bebas emisi, serta mendukung praktik pertanian berkelanjutan dan mitigasi perubahan iklim di wilayah Lombok Tengah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan *Solar Dryer Dome* terbukti menciptakan lingkungan mikro yang stabil dengan suhu lebih tinggi dan kelembapan lebih rendah dibandingkan pengeringan terbuka, sehingga mempercepat proses dan menjaga kualitas biji kopi. Parameter lingkungan seperti suhu, kelembapan, intensitas cahaya, dan kecepatan angin berpengaruh signifikan terhadap efisiensi pengeringan, dengan intensitas cahaya yang tinggi. Data berbasis IoT memberikan hasil akurat dan *real-time*. Suhu di dalam *dome* tercatat lebih tinggi 5–10°C dan kelembapan lebih rendah 10–20%, menunjukkan bahwa *Solar Dryer Dome* lebih efisien dan ramah lingkungan dibandingkan metode terbuka.

Saran

Penelitian selanjutnya disarankan memperpanjang durasi pengamatan untuk mencakup variasi cuaca serta mengintegrasikan sistem kontrol otomatis berbasis IoT agar kestabilan suhu dan kelembapan pada *Solar Dryer Dome* lebih optimal

DAFTAR REFERENSI

Ardiansyah, Rahmaan, I.N., Sumarni, E., & Hardanto, A. (2022). Sistem Pemantauan dan Pengendalian Iklim Mikro pada Plant Factory Berbasis Internet of Things. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, *10*(1), 49–58. https://doi.org/10.19028/jtep.01 0.1.49-58.

Erawan, I. N. C., Setiawan, I. N., & Sukerayasa, I. W. (2023). Analisa Mitigasi Emisi Karbon Serta Keekonomian Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Atap on Grid 463,25 kWp di Perusahaan Farmasi pada Kawasan PT Jakarta Industrial Estate Pulogadung, Jakarta Timur. *Jurnal Spektrum*, *10*(3), 29-37. https://doi.org/10.24843/spektru m.2023.v10.I03.P4

Gautami, S., Mubarak, M., & Siregar, Y. I. (2023). Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Upaya Pengurangan Emisi di Wilayah Provinsi Riau. *Jurnal Zona*, *7*(1)56–66. https://doi.org/10.52364/zona.v 7i1.81

Kowimbin, M., Longdong, I. A., & Tooy, D. (2023). Characteristics of Corn Drying Using Small Scale Dome Type Dryer. *Jurnal Agroekoteknologi Terapan*, *4*(2), 276–283. https://doi.org/10.35791/jat.v4i2.47341

Mahdi, R. A., Hamed, H. A., & Latif, H. K. (2024). A review of weather conditions monitoring system based on IoT. *BIO Web of Conferences*, *97*, 1–17. https://doi.org/10.1051/bioconf/ 20249700091

Ronny, A., Ambarita, H., Napitupulu, F. H., & Gultom, M. S. (2019). Simulasi Numerik pada Alat Pengering Biji Kopi Tenaga Surya. *Jurnal Dinamis*, *7*(3), 1-10. https://doi.org/10.32734/dinami s.v7i3.7229

Saripada, I. T. P., Lengkey, L. C. C. E., & Longdong, I. A. (2025). Pengeringan Kacang Tanah (*Arachis hypogaea.* L) Menggunakan Alat Pengering Tipe *Dome*. *Jurnal Cocos*. *17*(1). 85-97. https://doi.org/10.35791/cocos.v 17i1

Syahrul, S., Romdhani, R., & Mirmanto, M. (2016). Pengaruh variasi kecepatan udara dan massa bahan terhadap waktu pengeringan jagung pada alat fluidized bed. *Dinamika Teknik Mesin*, *6*(2), 119–126. https://doi.org/10.29303/dtm.v6i 2.15

Wahyuni, R. T., Saputra, D., Susianti, E., & Huda, A. (2020). Alat Pemeras Lendir (Depulper) dan Pengering Biji Kakao Berbasis Programmable Logic Controller (PLC). *Jurnal Elektro dan Mesin Terapan*, *6*(2), 19–31. https://doi.org/10.35143/elemen ter.v6i2.4431