



Sistem pemantauan berbasis *Internet of Thing* dan LoRa pada solar dryer dome untuk pengeringan kopi

Internet of Things and LoRa-based monitoring system on solar dryer dome for coffee drying

Amuddin^{1*}, Joko Sumarsono¹, Salman²

¹Teknik Pertanian, Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram

²Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

*corresponding author: amuddin@unram.ac.id

Received: 23rd December, 2024 | accepted: 16th January, 2025

ABSTRAK

Pengeringan kopi merupakan salah satu tahap penting dalam proses pascapanen untuk meningkatkan kualitas dan nilai jual produk. Desa Karang Sidemen, Lombok Tengah, memiliki potensi besar dalam mengadopsi teknologi berbasis energi terbarukan untuk mendukung pengolahan hasil pertanian. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT) dan LoRa untuk *solar dryer dome* dalam proses pengeringan biji kopi di Desa Karang Sidemen, Lombok Tengah. Sistem ini mengintegrasikan perangkat keras dan lunak untuk memantau suhu dan kelembapan secara *real-time* menggunakan sensor SHT10, modul LoRa ESP32, dan platform ThingSpeak. Metode yang digunakan adalah eksperimental untuk menguji penerapan sistem pemantauan suhu dan kelembapan pada *solar dryer dome* menggunakan teknologi IoT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu optimal antara 50°C–55°C dengan kelembapan rendah mendukung proses pengeringan yang efisien, meningkatkan kualitas produk kopi. Implementasi teknologi ini tidak hanya mengurangi biaya operasional tetapi juga mendukung pertanian berkelanjutan melalui pemanfaatan energi terbarukan. Dengan keberhasilan pemantauan jarak jauh dan efisiensi daya, sistem ini menjadi solusi inovatif dalam pengolahan hasil pertanian.

Kata kunci: energi terbarukan; IoT; pengeringan kopi; pertanian berkelanjutan; *solar dryer dome*

ABSTRACT

Coffee drying is a critical stage in post-harvest processing to enhance product quality and market value. Karang Sidemen Village, Central Lombok, has significant potential to adopt renewable energy-based technology to support agricultural processing. This study aims to develop an *Internet of Things* (IoT) and LoRa-based monitoring system for solar dryer domes in the coffee drying process in Karang Sidemen Village, Central Lombok. The system integrates hardware and software to monitor temperature and humidity in real-time using SHT10 sensors, LoRa ESP32

modules, and the ThingSpeak platform. The method used is experimental to test the application of a temperature and humidity monitoring system on a solar dryer dome using IoT technology. The findings indicate that optimal drying occurs at temperatures between 50°C–55°C with low humidity, enhancing coffee product quality. The implementation of this technology reduces operational costs and supports sustainable agriculture through the utilization of renewable energy. The success in remote monitoring and power efficiency positions this system as an innovative solution for agricultural processing.

Keywords: coffee drying; IoT; renewable energi; solar dryer dome; sustainable agriculture

PENDAHULUAN

Desa Karang Sidemen, yang terletak di Lombok Tengah, memiliki potensi besar dalam pengembangan pertanian berkelanjutan. Salah satu komoditas unggulan yang dihasilkan dari pertanian di desa ini adalah kopi, yang dikenal memiliki kualitas tinggi dan menjadi salah satu produk unggulan di Pulau Lombok (Permana & Masrilurrahman, 2021). Lebih dari 75% petani di desa ini mengelola tanaman kopi Robusta (Suhaili *et al.*, 2020).

Dalam konteks pertanian berkelanjutan, Desa Karang Sidemen telah menerapkan berbagai praktik yang mendukung ketahanan pangan dan kelestarian lingkungan. Masyarakat desa ini terlibat dalam program Hutan Kemasyarakatan (HKm), yang memberikan mereka hak untuk mengelola hutan secara berkelanjutan. Program ini tidak hanya meningkatkan pendapatan masyarakat melalui pemanfaatan hasil hutan bukan kayu (HHBK) seperti durian dan alpukat, tetapi juga berkontribusi pada pelestarian lingkungan (Setiawan *et al.*, 2021; Wajdi *et al.*, 2023). Penelitian menunjukkan bahwa dukungan pemerintah dalam penerapan sistem pertanian berkelanjutan sangat penting untuk

meningkatkan persepsi positif petani terhadap praktik ini (Virianita *et al.*, 2019). Pertanian berkelanjutan di Desa Karang Sidemen tidak hanya berfokus pada peningkatan hasil pertanian, tetapi juga pada pelestarian lingkungan dan pemberdayaan masyarakat lokal (Megananda & Puteri, 2022).

Dalam konteks penggunaan listrik di Indonesia, terutama di daerah pedesaan, pemanfaatan energi terbarukan seperti energi surya menjadi semakin penting. Hal ini sejalan dengan upaya pemerintah untuk meningkatkan akses energi bersih dan mendukung pertanian berkelanjutan (Tarigan, 2020). Energi surya merupakan sumber energi yang melimpah di Indonesia, dan pemanfaatannya dalam pertanian dapat mengurangi biaya operasional serta dampak negatif terhadap lingkungan (Latifah *et al.*, 2023). Dalam konteks penggunaan listrik di Indonesia, transisi menuju energi terbarukan menjadi semakin penting (Arifin *et al.*, 2020).

Komoditas kopi memerlukan proses pengeringan yang efisien untuk meningkatkan kualitas dan nilai jualnya. Proses pengeringan kopi merupakan tahap krusial dalam

pengolahan kopi, karena dapat mempengaruhi kualitas biji kopi yang dihasilkan. Pengerinan kopi yang optimal dapat dilakukan dengan memanfaatkan energi terbarukan, khususnya energi surya, yang semakin relevan di Indonesia mengingat tingginya potensi sinar matahari yang dapat dimanfaatkan (Arifin *et al.*, 2020; Judijanto *et al.*, 2024; Setiawan *et al.*, 2021).

Pengerinan kopi yang menggunakan energi terbarukan, seperti energi surya, menjadi salah satu solusi yang menjanjikan untuk mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil dan meningkatkan efisiensi produksi (Latifah *et al.*, 2023). Penggunaan energi surya dalam proses pengerinan tidak hanya mengurangi biaya operasional tetapi juga mendukung praktik pertanian yang ramah lingkungan (Judijanto *et al.*, 2024). Penggunaan energi surya dalam pengerinan kopi di Desa Karang Sidemen dapat menjadi contoh penerapan energi terbarukan yang efektif (Arifin *et al.*, 2020).

Pengerinan biji kopi merupakan tahap krusial dalam proses pascapanen, yang mempengaruhi kualitas akhir produk. Metode tradisional yang sering digunakan, yaitu penjemuran di bawah sinar matahari, memiliki kelemahan, terutama terkait dengan ketidakpastian cuaca (Wicaksono *et al.*, 2023). Oleh karena itu, penggunaan teknologi pengerinan berbasis mikrokontroler dapat menjadi solusi yang efektif. Alat ini dapat

mengontrol suhu dan kelembapan secara *real-time*, sehingga mempercepat proses pengerinan dan menjaga kualitas biji kopi (Kurniawan *et al.*, 2023; Kusmiyati *et al.*, 2023; Sihombing & Kirana, 2022).

Keberhasilan dalam implementasi teknologi otomatisasi, sangat bergantung pada kemampuan sistem kontrol untuk menggerakkan perangkat dengan presisi dan respons yang cepat (Saputra *et al.*, 2024). Penggunaan mikrokontroler dalam pertanian juga dapat menjadi inovasi yang signifikan di Desa Karang Sidemen. Teknologi ini dapat digunakan untuk memantau dan mengontrol kondisi lingkungan pertanian, seperti kelembapan tanah dan suhu, yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman (Judijanto *et al.*, 2024; Mukti & Kusumo, 2021). Penggunaan sensor dan aktuator sangat penting dalam pengendalian suhu dan kelembapan (Setiawati *et al.*, 2021). Secara keseluruhan, Desa Karang Sidemen menunjukkan potensi besar dalam mengembangkan pertanian berkelanjutan yang terintegrasi dengan teknologi modern dan energi terbarukan. Dengan memanfaatkan sumber daya lokal dan dukungan teknologi, desa ini dapat meningkatkan produktivitas pertanian, memperbaiki kualitas hidup masyarakat, dan berkontribusi pada pelestarian lingkungan (Judijanto *et al.*, 2024; Virianita *et al.*, 2019). Selain itu, penggunaan mikrokontroler dalam sistem pengerinan dapat meningkatkan efisiensi dan kontrol terhadap proses pengerinan.

Mikrokontroler dapat digunakan untuk memantau suhu dan kelembapan selama proses pengeringan, sehingga kualitas biji kopi yang dihasilkan dapat terjaga dengan baik (Fatkhurrozi & Setiawan, 2024).

Sistem pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT) dapat mengontrol variabel penting seperti suhu dan kelembapan udara (Dewi *et al.*, 2024). Penggunaan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam sektor pertanian, khususnya dalam pengeringan produk pertanian menggunakan energi surya, menjadi semakin relevan di era modern ini. Dengan meningkatnya kebutuhan akan efisiensi dan efektivitas dalam pengolahan hasil pertanian, integrasi IoT dengan sistem pengering tenaga surya menawarkan solusi yang inovatif. Salah satu contoh penerapan ini adalah sistem pemantauan suhu dan kelembapan yang terintegrasi dalam pengering kubah tenaga surya. Sistem ini memungkinkan pemantauan kondisi lingkungan secara *real-time*, sehingga dapat menjaga kualitas produk yang dikeringkan, terutama dalam kondisi cuaca yang bervariasi (Yudhana *et al.*, 2023).

Di Indonesia, pemanfaatan pengering tenaga surya yang dilengkapi dengan teknologi IoT dapat memberikan dukungan signifikan bagi petani, terutama dalam meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil pertanian. Pengeringan dengan menggunakan teknologi ini tidak hanya efisien dalam hal waktu, tetapi juga dapat mengurangi risiko

kontaminasi dan kerusakan akibat kelembapan yang berlebihan. Selain itu, sistem pengering yang mengadopsi konsep rumah kaca, seperti *solar dryer dome*, menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan proses pengeringan dengan memanfaatkan energi matahari secara optimal (Hananda *et al.*, 2023).

Penggunaan sistem pengering tenaga surya yang dikombinasikan dengan teknologi mikrokontroler dapat meningkatkan efektivitas pengeringan dan mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil. Selain itu, penelitian menunjukkan bahwa pengeringan dengan menggunakan energi surya dapat menghemat biaya operasional dan meningkatkan daya saing produk kopi di pasar (Arifin *et al.*, 2020; Tarigan, 2020). Salah satu metode yang mulai banyak diterapkan adalah penggunaan *solar dryer dome*, yang memanfaatkan energi matahari untuk proses pengeringan (Sutrisno *et al.*, 2020). Metode ini tidak hanya efisien dalam hal waktu, tetapi juga dapat meningkatkan kualitas biji kopi dengan mengurangi risiko kontaminasi dan kerusakan akibat kelembapan yang berlebihan (Susilo *et al.*, 2023).

Penelitian ini bertujuan untuk menguji sistem pemantauan suhu dan kelembapan udara di ruang pengering menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT). Penelitian diharapkan dapat menjadi jawaban atas keterbatasan sistem pengeringan konvensional dengan merancang sistem pemantauan suhu dan kelembapan secara *real-time*

menggunakan teknologi LoRa ESP32 dan ThingSpeak. Kebaruan penelitian terletak pada integrasi perangkat keras dan perangkat lunak yang memungkinkan pemantauan jarak jauh dengan efisiensi daya serta analisis fluktuasi suhu dan kelembapan yang di dalam ruang *solar dryer dome*. Dengan sistem ini, proses pengeringan di dalam solar dryer dome dapat dipantau secara *real-time*.

METODOLOGI

1. Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 16 hingga 21 Oktober 2023 di Desa Karang Sidemen, Kecamatan Batukliang Utara, Kabupaten Lombok Tengah. Lokasi ini dipilih karena relevansinya dengan implementasi teknologi *solar dryer dome* yang akan diteliti, serta kondisi yang memungkinkan penerapan sistem *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan suhu dan kelembapan secara *real-time*.

2. Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini di antaranya yaitu obeng, solder, kabel data, laptop, *smartphone*, kabel *jumper male to female*, sensor SHT10, Modul TTGO LoRa ESP32 (LoRa receiver dan LoRa sender), papan PCB bolong, LCD I2C 16×2, *software* Arduino IDE, aplikasi ThingSpeak, *box* DIY, *spacer* 1 cm, *spacer* 2 cm, terminal block, kabel Pelangi, laptop, *smartphone*, modem, koneksi internet. Bahan yang digunakan adalah biji kopi.

Sensor SHT10, yang diproduksi oleh Sensirion, tidak memerlukan kalibrasi tambahan sebelum digunakan karena telah dikalibrasi secara pabrik selama proses manufaktur. Hal ini didukung oleh penelitian yang menunjukkan bahwa SHT10 adalah sensor suhu dan kelembapan yang telah dirancang untuk memberikan keluaran sinyal digital yang terkalibrasi, sehingga menjamin akurasi dan stabilitas dalam pengukuran (Chen *et al.*, 2019). Dalam konteks penggunaan sensor ini, banyak aplikasi yang mengandalkan keandalan dan ketepatan pengukuran yang ditawarkan oleh SHT10 tanpa memerlukan kalibrasi lebih lanjut oleh pengguna (Chodorek *et al.*, 2022).

Sensor SHT10, yang diproduksi oleh Sensirion, merupakan sensor yang memiliki akurasi pengukuran suhu $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ dan akurasi kelembapan $\pm 4,5\%$ RH dalam rentang 20% - 80% RH (Lin, 2011). Sensor ini juga memiliki resolusi yang tinggi, yaitu $0,01^{\circ}\text{C}$ untuk suhu dan $0,03\%$ RH untuk kelembapan, yang menjadikannya sangat tepat untuk aplikasi yang memerlukan pengukuran yang akurat (Chen *et al.*, 2019). Rentang operasional SHT10 mencakup suhu dari -40°C hingga $+123,8^{\circ}\text{C}$ dan kelembapan dari 0% hingga 100% RH, dengan waktu respons sekitar 8 detik untuk kelembapan (Lin, 2011). Keunggulan ini membuat SHT10 sangat cocok untuk digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk *Internet of Things* (IoT), pemantauan

lingkungan, dan sistem otomasi (Sung & Cho, 2022).

TTGO LoRa ESP32 adalah *development board* (papan pengembangan) yang mengintegrasikan mikrokontroler ESP32 dengan modul komunikasi LoRa, dirancang untuk mendukung pengembangan aplikasi *Internet of Things* (IoT) dengan kebutuhan komunikasi jarak jauh. LoRa, sebagai teknologi *Low Power Wide Area Network* (LPWAN), menawarkan berbagai keunggulan yang sangat relevan untuk aplikasi IoT, termasuk jangkauan transmisi yang panjang, konsumsi daya yang rendah, dan kemampuan untuk menghubungkan banyak perangkat secara bersamaan (Gao *et al.*, 2023; Mahmood *et al.*, 2019; Rahman *et al.*, 2018).

3. Metode penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan desain percobaan untuk menguji penerapan sistem pemantauan suhu dan kelembapan pada *solar dryer dome* menggunakan teknologi IoT. Penelitian ini dilaksanakan di Desa Karang Sidemen menggunakan modul TTGO LoRa ESP32 yang dipantau dengan aplikasi ThingSpeak untuk mengirimkan data suhu dan kelembapan dari sensor SHT10.

Pemantauan dilakukan dengan mendesain sistem yang menghubungkan sensor SHT10 yang

terpasang pada LoRa sender untuk mengirimkan data suhu dan kelembapan ke LoRa receiver, yang kemudian diteruskan melalui koneksi internet ke aplikasi ThingSpeak. Aplikasi ini diharapkan dapat memantau data suhu dan kelembapan secara *real-time* sehingga dapat diakses oleh pengguna untuk mengontrol dan memonitor kondisi ruang *solar dryer dome*.

4. Parameter penelitian

Parameter yang diukur dalam penelitian ini adalah suhu dan kelembapan pada ruang *solar dryer dome*, yang berfungsi sebagai indikator kinerja sistem pengering. Pengukuran dilakukan sebagai berikut:

Pembacaan suhu

Pengukuran suhu dilakukan menggunakan sensor SHT10 yang diletakkan pada di dalam ruang pengering. Data suhu akan dikirimkan ke aplikasi ThingSpeak untuk pemantauan secara *real-time*.

Pembacaan kelembapan

Kelembapan diukur menggunakan sensor yang sama, yaitu sensor SHT10, yang akan mengukur *Relative Humidity* (RH) di dalam ruang pengering. Kelembapan udara yang rendah penting untuk mempercepat pengeringan bahan, seperti biji kopi. Data kelembapan juga akan dipantau melalui aplikasi ThingSpeak.

5. Prosedur penelitian

Prosedur penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang dijelaskan sebagai berikut:

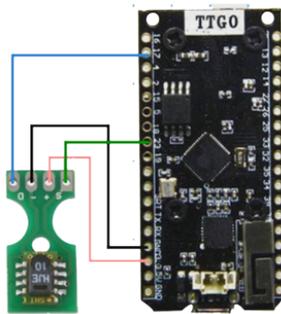
1. Perancangan sistem pemantauan: Desain sistem pengering *solar dryer dome* yang terintegrasi dengan teknologi IoT untuk pemantauan suhu dan kelembapan.
2. Pemasangan alat dan bahan: Pemasangan dan pengkabelan sensor SHT10, modul LoRa ESP32, serta komponen lainnya. Sistem pengkabelannya (*wiring*) dapat dilihat pada **Gambar 1** dan **2**.
3. Pengujian sistem: Pengujian pengeringan dengan

pemantauan suhu dan kelembapan menggunakan aplikasi ThingSpeak.

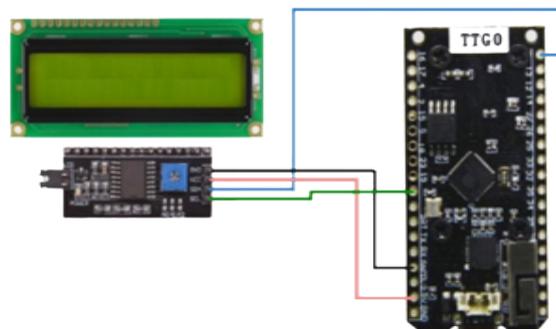
4. Pemantauan dan pengumpulan data: Pemantauan suhu dan kelembapan dilakukan selama penelitian dan data dikumpulkan untuk analisis lebih lanjut.

6. Analisis data

Data yang terkumpul selama penelitian akan dianalisis menggunakan Microsoft Excel untuk keperluan visualisasi data dalam bentuk grafik.



Gambar 1. Skema rangkaian sistem *wiring* LoRa sender



Gambar 2. Skema rangkaian sistem *wiring* LoRa receiver

Sensor SHT10 terhubung ke LoRa sender dengan koneksi I2C. Begitu

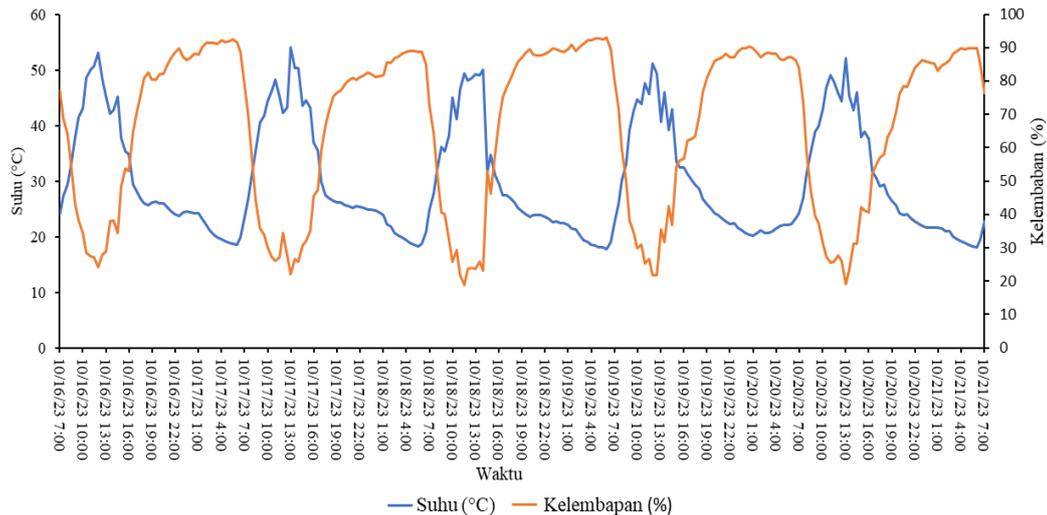
pula LCD terhubung ke LoRa receiver menggunakan koneksi I2C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pemantauan suhu dan kelembapan udara

Implementasi *Internet of Things* (IoT) dalam penelitian ini memainkan peran penting dalam pemantauan suhu dan kelembapan ruang *solar dryer dome* secara *real-time*. Sistem ini dirancang dengan mengintegrasikan perangkat keras, perangkat lunak, dan konektivitas internet, sehingga dapat mendukung pemantauan jarak jauh secara efisien dan akurat. Sensor SHT10 digunakan sebagai perangkat *input* utama yang bertugas membaca nilai suhu dan kelembapan di dalam ruang pengering. Data yang diperoleh dari sensor ini dikirimkan melalui LoRa

sender dengan menggunakan frekuensi 920 MHz ke LoRa receiver. Modul LoRa ini dipilih karena memiliki kemampuan transmisi data jarak jauh dengan konsumsi daya yang rendah, sehingga efisien untuk diaplikasikan dalam sistem pemantauan berbasis IoT (Gambi *et al.*, 2018). Data yang diterima oleh LoRa receiver ditampilkan secara lokal pada LCD I2C 16×2 dan diteruskan ke platform ThingSpeak, sebuah layanan cloud IoT yang memungkinkan pemantauan data secara *real-time* melalui antarmuka web (Van Dang *et al.*, 2020). Dengan platform ini, pengguna dapat memantau kondisi suhu dan kelembapan secara langsung, bahkan dari lokasi yang berbeda.



Gambar 3. Pemantauan suhu dan kelembapan ruang *solar dryer dome*

Berdasarkan **Gambar 3** pemantauan suhu dan kelembapan ruang *solar dryer dome*, terlihat pola fluktuatif yang konsisten selama periode pengamatan. Dari tersebut

juga menunjukkan bahwa suhu (garis biru) dan kelembapan (garis oranye) memiliki hubungan berbanding terbalik, ketika suhu meningkat, kelembapan cenderung

menurun, dan sebaliknya. Pada pagi hari, suhu berada pada kisaran 20°C-30°C, sementara kelembapan relatif tinggi, berkisar antara 80%-90%. Kondisi ini mencerminkan bahwa intensitas matahari masih rendah pada pagi hari, sehingga suhu belum optimal untuk pengeringan, sementara kelembapan udara cenderung tinggi karena udara masih jenuh dengan uap air.

Menjelang siang hari, grafik menunjukkan peningkatan suhu, mencapai nilai optimal antara 50°C-55°C, yang mendukung proses pengeringan bahan di dalam ruang *solar dryer dome*. Pada saat yang sama, kelembapan udara mengalami penurunan drastis, mencapai nilai sekitar 20%-30%. Penurunan kelembapan ini disebabkan oleh peningkatan suhu yang mendorong penguapan air dari bahan yang dikeringkan, sekaligus mengurangi kelembapan udara di dalam ruang pengering. Hal ini menunjukkan bahwa periode siang hari merupakan waktu yang paling efektif untuk proses pengeringan karena suhu berada pada kisaran optimal, sedangkan kelembapan udara cukup rendah.

Namun, grafik juga menunjukkan adanya penurunan suhu yang signifikan pada sore hari, yang diikuti dengan peningkatan kelembapan. Suhu menurun secara bertahap dari 50°C menjadi 30°C-35°C, sementara kelembapan naik dari 30% menjadi sekitar 60%-70%. Penurunan ini

kemungkinan besar dipengaruhi oleh berkurangnya intensitas radiasi matahari. Pada malam hari, suhu terus menurun hingga mencapai titik terendah sekitar 20°C, sementara kelembapan meningkat tajam hingga mencapai 90%. Hal ini terjadi karena tidak ada sumber panas tambahan, dan udara malam yang lebih dingin menyebabkan kelembapan meningkat.

Polanya terus berulang setiap hari, menunjukkan siklus suhu dan kelembapan yang konsisten selama periode pengamatan. Grafik ini membuktikan bahwa suhu optimal untuk pengeringan, yakni antara 50°C-55°C, hanya dapat dicapai pada siang hari ketika kondisi lingkungan mendukung. Kelembapan yang rendah pada siang hari mendukung proses evaporasi yang efisien, sedangkan kelembapan tinggi pada pagi dan malam hari menunjukkan bahwa proses pengeringan kurang efektif pada periode tersebut.

Menurut penelitian yang tersedia, kisaran suhu terbaik untuk mengeringkan biji kopi adalah antara 50°C dan 60°C (122°F dan 140°F) (Clarke & Macrae, 2012; Illy & Viani, 2005; Sivetz & Foote, 1963). Kisaran suhu ini telah diidentifikasi sebagai yang paling cocok untuk mempertahankan karakteristik biji kopi yang diinginkan, seperti aroma, rasa, dan kualitas keseluruhan.

Pengeringan pada suhu di bawah 50°C (122°F) dapat mengakibatkan proses pengeringan yang lama,

yang dapat menyebabkan pertumbuhan jamur dan munculnya rasa yang tidak diinginkan (Illy & Viani, 2005). Di sisi lain, pengeringan pada suhu di atas 60°C (140°F) dapat menyebabkan biji kopi kehilangan minyak esensial dan senyawa volatilnya, yang menyebabkan hilangnya rasa dan aroma (Clarke & Macrae, 2012; Sivetz & Foote, 1963).

Kisaran suhu optimal 50-60°C (122-140°F) memungkinkan proses pengeringan yang seimbang dan terkendali, memastikan bahwa biji kopi mempertahankan sifat sensoris yang diinginkan sekaligus meminimalkan risiko penurunan kualitas (Illy & Viani, 2005; Sivetz & Foote, 1963).

2. Kinerja sistem IoT

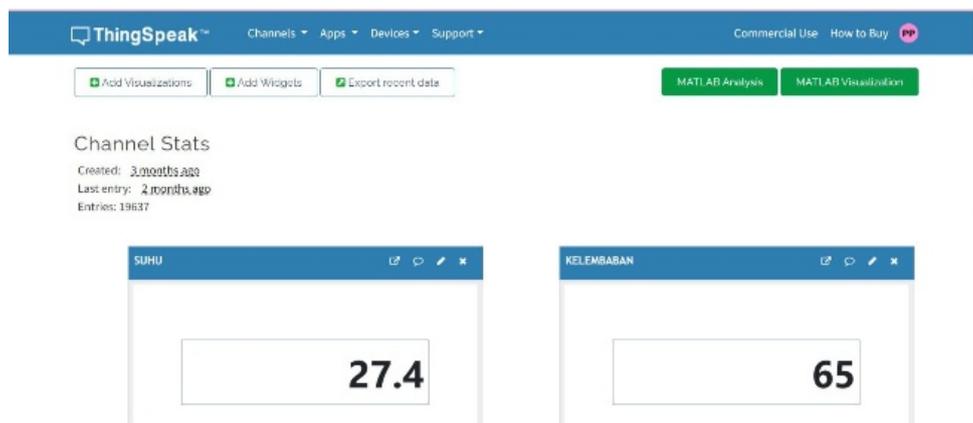
Berdasarkan hasil pengujian sistem, data yang ditampilkan menunjukkan pola fluktuatif yang konsisten dengan perubahan waktu dan kondisi lingkungan di sekitar ruang pengering. Pada pagi hari antara pukul 07.00-10.00, suhu udara relatif stabil di kisaran 23,5°C-24,9°C, sementara kelembapan berada pada rentang 77,2%-83,8%. Stabilitas suhu dan kelembapan pada periode ini terjadi karena intensitas sinar matahari masih rendah. Memasuki siang hari, terutama antara pukul 11.00-14.00, suhu meningkat secara bertahap hingga mencapai puncaknya di 54,1°C, sedangkan kelembapan turun drastis hingga mencapai 22%-24%. Kondisi ini mencerminkan efektivitas

sistem pengeringan pada siang hari, ketika intensitas radiasi matahari mampu memanaskan ruang pengering. Penurunan kelembapan pada periode ini mendukung proses penguapan air dari bahan yang dikeringkan, yang menunjukkan bahwa ruang pengering bekerja sesuai dengan tujuannya (Rakhmonov *et al.*, 2021).

Namun, pada sore hari, antara pukul 12.30-16.00, suhu mengalami penurunan signifikan dari 48,3°C menjadi 34,8°C, sementara kelembapan naik dari 27,9% menjadi 53,1%. Penurunan suhu dan peningkatan kelembapan ini disebabkan oleh berkurangnya penetrasi panas matahari ke dalam ruang pengering. Fluktuasi suhu ini menjadi tantangan dalam menjaga kondisi optimal untuk pengeringan. Pada malam hari, suhu terus mengalami penurunan bertahap dari 28,3°C pada pukul 17.00 hingga mencapai 24,3°C menjelang tengah malam, sedangkan kelembapan mengalami peningkatan dari 70,2% hingga mencapai 87,2%. Pada periode dini hari, suhu berada pada titik terendah sebesar 17,8°C, sementara kelembapan mencapai puncaknya di 92,9%. Penurunan suhu dan peningkatan kelembapan pada malam hingga dini hari menunjukkan bahwa proses pengeringan tidak efektif pada periode ini karena minimnya radiasi matahari yang diperlukan untuk pemanasan (Volgin *et al.*, 2022).

Platform ThingSpeak sebagai pusat pemantauan berbasis *cloud* berfungsi untuk menyimpan dan menampilkan data suhu serta kelembapan seperti terlihat pada **Gambar 4**. Dengan pemantauan secara *real-time*, pengguna dapat mengontrol kondisi ruang pengering dari lokasi yang berbeda, sehingga proses pengeringan dapat berjalan

lebih terkontrol dan efisien. Tampilan data pada ThingSpeak membantu pengguna untuk mengevaluasi kinerja sistem pengeringan, memastikan bahwa suhu optimal antara 50°C-55°C dapat dipertahankan selama periode siang hari untuk mendukung proses pengeringan bahan seperti biji kopi.



Gambar 4. Tampilan data suhu dan kelembapan pada aplikasi Thinkspeak

3. Kinerja Lora

Berdasarkan hasil penelitian, kinerja TTGO LoRa ESP32 dalam sistem pemantauan suhu dan kelembapan ruang *solar dryer dome* menunjukkan performa yang baik dan stabil. Modul LoRa *sender* dan LoRa *receiver* bekerja secara sinergis dalam mengirimkan data suhu dan kelembapan yang diukur menggunakan sensor SHT10. Proses pengiriman data dilakukan melalui protokol komunikasi LoRa yang dirancang untuk mendukung transmisi jarak jauh dengan konsumsi daya rendah.

Data yang diterima oleh LoRa receiver ditampilkan pada LCD I2C

16×2, yang menunjukkan kondisi suhu dan kelembapan secara langsung, serta dikirimkan ke platform ThingSpeak melalui jaringan internet untuk pemantauan jarak jauh.

Kinerja LoRa sangat bergantung pada stabilitas koneksi dan kekuatan sinyal. LoRa dapat mempertahankan koneksi stabil bahkan saat terjadi gangguan sinyal sesaat (Chidolue & Iqbal, 2024; Saraereh *et al.*, 2020).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sinyal yang baik cenderung terjadi ketika perangkat berada dalam kondisi penghalang lingkungan minimal. Adanya

hambatan, seperti pohon, dapat menurunkan kualitas sinyal LoRa dan mengurangi jangkauan komunikasi (Anzum *et al.*, 2022).

Kinerja LoRa ESP32 dalam penelitian ini menunjukkan efektivitas tinggi dalam mengirimkan data suhu dan kelembapan secara *real-time* ke platform ThingSpeak. Teknologi ini sangat cocok untuk implementasi sistem pemantauan jarak jauh pada lingkungan pengeringan seperti solar dryer dome, karena memiliki jangkauan komunikasi luas, konsumsi daya rendah, dan kemampuan menjaga koneksi yang stabil meskipun terjadi gangguan sinyal sesaat. Keberhasilan ini membuktikan bahwa LoRa ESP32 dapat diandalkan untuk mendukung sistem pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT) dalam bidang pertanian dan pengolahan hasil produksi. LoRa ESP32 telah dimanfaatkan untuk mengembangkan sistem pemantauan berbasis IoT yang hemat biaya, andal, dan jarak jauh untuk pertanian dan pemrosesan produksi (Ahsan *et al.*, 2021; Artanto *et al.*, 2023; Isa & Iqbal, 2024).

SIMPULAN

Implementasi sistem IoT dalam penelitian ini berhasil membuktikan bahwa teknologi TTGO LoRa ESP32 dan ThingSpeak dapat diandalkan dalam mendukung pemantauan suhu dan kelembapan secara jarak jauh. Kelebihan teknologi ini terletak pada kemampuannya untuk mengirimkan data dalam jarak yang jauh, dengan konsumsi daya rendah dan akurasi yang tinggi. Meskipun terdapat

tantangan berupa fluktuasi sinyal dan cuaca mendung yang memengaruhi suhu di dalam ruang pengering, sistem ini tetap berfungsi dengan baik dalam memberikan informasi yang akurat dan *real-time*. Dengan sistem ini, pemantauan kondisi ruang pengering dapat dilakukan lebih mudah dan efisien, sehingga meningkatkan efektivitas proses pengeringan dalam teknologi *solar dryer dome*. Implementasi IoT ini menunjukkan potensi besar dalam mendukung sistem pemantauan pada sektor pertanian dan teknologi pengolahan hasil produksi secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahsan, M., Based, M. A., Haider, J., & Rodrigues, E. M. (2021). Smart monitoring and controlling of appliances using LoRa based IoT system. *Designs*, 5(1), 17. <https://doi.org/10.3390/designs501017>
- Anzum, R., Habaebi, M. H., Islam, M. R., Hakim, G. P., Khandaker, M. U., Osman, H., Alamri, S., & AbdElrahim, E. (2022). A multiwall path-loss prediction model using 433 MHz LoRa-WAN frequency to characterize foliage's influence in a Malaysian palm oil plantation environment. *Sensors*, 22(14), 5397. <https://doi.org/10.3390/s22145397>
- Arifin, S. A., Imaduddin, I. R., Hasan, F., & Romandoni, N. (2020). Optimalisasi Energi Panas Pada Coffee Dryer Dengan Tenaga Hybrid Collector Panas dan Gas LPG. *JEECAE (Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering)*, 5(2), 33-38. <https://doi.org/10.32486/jeecae.v5i2.622>
- Artanto, D., Pranowo, I. D., Wicaksono, M. B., & Siswoyo, A. (2023). Combining Mindwave, MPU6050, internet of things for reliable safe monitored wheelchair control system. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer*

- Science, 32(2), 742-751.
<https://doi.org/10.11591/ijeecs.v32.i2.pp742-751>
- Chen, S. C., Shi, J., Li, X., Cui, M., & Su, L. (2019). Human Comfort Instrument Design Based on Embedded. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 07(06), 115-124.
<https://doi.org/10.4236/gep.2019.76010>
- Chidolue, O., & Iqbal, T. (2024). Real-time monitoring and data acquisition using LoRa for a remote solar powered oil well. *International Journal of Applied*, 13(1), 201-212.
<https://doi.org/10.11591/ijape.v13.i1.pp201-212>
- Chodorek, A., Chodorek, R. R., & Sitek, P. (2022). Response Time and Intrinsic Information Quality as Criteria for the Selection of Low-Cost Sensors for Use in Mobile Weather Stations. *Electronics*, 11(15), 2448.
<https://www.mdpi.com/2079-9292/11/15/2448>
- Clarke, R. J., & Macrae, R. (2012). *Coffee: Volume 2: Technology* (Vol. 2). Springer Science & Business Media.
- Dewi, E. P., Sumarsono, J., Amuddin, A., & Kompyang, I. G. M. (2024). Pengembangan akuisisi data pada sistem pemantauan biogas berbasis IoT. *Jurnal Agrotek Ummat*, 11(1), 1-15.
<https://doi.org/10.31764/jau.v11i1.20574>
- Fatkhurrozi, B., & Setiawan, H. T. (2024). Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kendali Suhu Dan Kelembaban Udara Ruang Pengereng Biji Kopi Berbasis Mikrokontroler. *Journal of Telecommunication Electronics and Control Engineering (JTECE)*, 6(1), 50-59.
<https://doi.org/10.20895/jtece.v6i1.1319>
- Gambi, E., Montanini, L., Pignini, D., Ciattaglia, G., & Spinsante, S. (2018). A home automation architecture based on LoRa technology and Message Queue Telemetry Transfer protocol. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 14(10), 1550147718806837.
<https://doi.org/10.1177/1550147718806837>
- Gao, H., Huang, Z., Zhang, X., & Yang, H. (2023). Research and Design of a Decentralized Edge-Computing-Assisted LoRa Gateway. *Future Internet*, 15(6), 194.
<https://doi.org/10.3390/fi15060194>
- Hananda, N., Kamul, A., Harito, C., Djuana, E., Elwirehardja, G., Pardamean, B., Gunawan, F., Budiman, A., Asrol, M., & Pasang, T. (2023). Solar drying in Indonesia and its development: a review and implementation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.
- Illy, A., & Viani, R. (2005). *Espresso coffee: the science of quality*. Academic Press.
- Isa, A. A. H., & Iqbal, M. T. (2024). Remote Low-Cost Web-Based Battery Monitoring System and Control Using LoRa Communication Technology. *Journal of Electronics and Electrical Engineering*, 125-147-125-147.
<https://doi.org/10.37256/jeee.3120244173>
- 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.
<https://doi.org/10.58812/jmws.v3i01.943>
- Kurniawan, A., Pohan, R. T. A., & Agustian, I. (2023). Sistem Kendali Suhu Prototipe Mesin Pengereng Biji Kopi Dengan Metode PID dan IOT Monitoring. *JURNAL AMPLIFIER: JURNAL ILMIAH BIDANG TEKNIK ELEKTRO DAN KOMPUTER*, 13(1), 10-17.
<https://doi.org/10.33369/jamplifier.v13i1.27437>
- Kusmiyati, K., Pambudi, A. D., Arifin, Z., Wulandari, S. A., Purnomo, M. A., Setiadi, K. A., & Listianingrum, N. Y. (2023). Monitoring Sistem Kontrol Mesin Drying Kopi Secara Real Time Berbasis IoT. *Elektrika*, 15(2), 90-96.
<https://doi.org/10.26623/elektrika.v15i2.7857>

- Latifah, S., Valentino, N., Prasetyo, A. R., Setiawan, B., Idris, M. H., Gozali, M. R., & Hadi, M. A. (2023). EKSPLOKASI DAN PEMETAAN TUMBUHAN OBAT DALAM MENDUKUNG PEMBANGUNAN GREEN TOURISM. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 7(6), 6083-6093. <https://doi.org/10.31764/jmm.v7i6.17662>
- Lin, Y. (2011). An Intelligent Monitoring System for Agriculture Based on Zigbee Wireless Sensor Networks. *Advanced Materials Research*, 383-390, 4358 - 4364.
- Mahmood, A., Sisinni, E., Guntupalli, L., Rondón, R., Hassan, S. A., & Gidlund, M. (2019). Scalability Analysis of a LoRa Network Under Imperfect Orthogonality. *Ieee Transactions on Industrial Informatics*, 15(3), 1425-1436. <https://doi.org/10.1109/tii.2018.2864681>
- Megananda, R. C., & Puteri, E. S. (2022). Penyuluhan penanganan pasca panen kopi robusta pada kelompok tani kopi Desa Bocek, Kabupaten Malang. *Jurnal Mandala Pengabdian Masyarakat*, 3(2), 44-51. <https://doi.org/10.35311/jmpm.v3i2.57>
- Mukti, G. W., & Kusumo, R. A. B. (2021). Pertanian berkelanjutan: sebuah upaya untuk memadukan pengetahuan formal dan informal petani (kasus pada petani hortikultura di Provinsi Jawa Barat). *Mimbar Agribisnis*, 7(2), 1141-1160. <https://doi.org/10.25157/ma.v7i2.5135>
- Permana, R. D., & Masrilurrahman, L. S. (2021). Identifikasi Tingkat Kerusakan Pada Tanaman Kopi Yang Di Sebabkan Oleh Hama Di Desa Karang Sidemen Kecamatan Batukliang Utara Kabupaten Lombok Tengah. *Jurnal Silva Samalas*, 4(1), 10-14. <https://doi.org/10.33394/jss.v4i1.3943>
- Rahman, A. M. A., Zaman, F. H. K., & Abdullah, S. A. C. (2018). Performance Analysis of LPWAN Using LoRa Technology for IoT Application. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.11), 252. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.11.21387>
- Rakhmonov, K., Fayziev, S., Rakhimov, K., & Kazakova, D. (2021). Relative speed and temperature effect investigation of the of the drying agent on the moisture content of cotton. *E3s Web of Conferences*,
- Saputra, O., Wahyudi, W., Sumarsono, J., Setiawati, D. A., & Dewi, E. P. (2024). Uji Kinerja Sistem Kontrol Gripper pada Robot Lengan untuk Pemetikan Tomat. *Jurnal Agrotek Ummat*, 11(1), 51-70.
- Saraereh, O. A., Alsaraira, A., Khan, I., & Uthansakul, P. (2020). Performance evaluation of UAV-enabled LoRa networks for disaster management applications. *Sensors*, 20(8), 2396. <https://doi.org/10.3390/s20082396>
- Setiawan, B., Hidayati, E., Valentino, N., Aji, I. M. L., Mudhofir, M. R. T., & Latifah, S. (2021). Penguatan ketahanan pangan rumah tangga Desa Karang Sidemen Kecamatan Batukliang Utara melalui penanaman bibit produktif. *Jurnal PEPADU e-ISSN*, 2715, 9574. <https://doi.org/10.29303/pepadu.v2i3.2225>
- Setiawati, D. A., Sumarsono, J., Priyati, A., Putra, G. M. D., & Nasarudin, M. (2021). RANCANG BANGUN PENGENDALI IKLIM MIKRO PADA RUMAH TANAMAN BERBASIS MIKROKONTROLER. *Jurnal Agrotek Ummat*, 8(1), 21-26.
- Sihombing, B. S., & Kirana, I. O. (2022). Rancang bangun alat pengering biji kopi berbasis mikrokontroler Arduino Uno. *STORAGE: Jurnal Ilmiah Teknik dan Ilmu Komputer*, 1(1), 8-15. <https://doi.org/10.55123/storage.v1i1.155>
- Sivetz, M., & Foote, H. E. (1963). *Coffee processing technology*. Avi Westport/Conn.
- Suhaili, S., Sulastrı, S., & Aryana, I. G. P. M. (2020). Teknik pengolahan kopi menjadi sirup kopi jahe di Desa Karang Sidemen Kecamatan Batukliang Utara Lombok Tengah.

- Jurnal Warta Desa (JWD)*, 2(1), 95-100.
<https://doi.org/10.29303/jwd.v2i1.105>
- Sung, B. H., & Cho, Y.-Y. (2022). Design of a Greenhouse Monitoring System Using Arduino and Wireless Communication. *Journal of Bio-Environment Control*, 31(4), 452-459.
<https://doi.org/10.12791/ksbec.2022.31.4.452>
- Susilo, B., Ciptadi, G., Fibrianto, K., Setyawan, H. Y., Subagyo, A., Samudra, R. P., & Napitupulu, R. A. C. (2023). Rancang Bangun Rumah Pengereng Kopi Hybrid Guna Meningkatkan Efektivitas Pengerengan Kopi Di Kecamatan Pinogu, Provinsi Gorontalo. *Journal of Innovation and Applied Technology*, 9(1), 1-5.
<https://doi.org/10.21776/ub.jiat.2022.009.01.1>
- Sutrisno, W., Amiralmahdi, N., & Wibowo, B. (2020). Pembuatan alat penjemur kopi. *Journal of Appropriate Technology for Community Services*, 1(2), 100-103.
<https://doi.org/10.20885/jattec.vol1.iss2.art6>
- Tarigan, E. (2020). Pengereng tenaga surya dengan sistem bekap tenaga biomassa untuk pengeringan hasil pertanian. *Teknota: Jurnal Industri Teknologi Pertanian*, 14(1), 31-36.
<https://doi.org/10.24198/jt.vol14n1.5>
- Van Dang, C., Nguyen, K. D., & Dao, H. (2020). Apply Matlab in Thingspeak Server to build the system measure and analyze data using IoT Gateway technology. *Journal of Mining and Earth Sciences Vol*, 61(5), 88-95.
[https://doi.org/10.46326/jmes.2020.61\(5\).10](https://doi.org/10.46326/jmes.2020.61(5).10)
- Virianita, R., Soedewo, T., Amanah, S., & Fatchiya, A. (2019). Persepsi petani terhadap dukungan pemerintah dalam penerapan sistem pertanian berkelanjutan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 24(2), 168-177.
<https://doi.org/10.18343/jipi.24.2.168>
- Volgin, A., Kargin, V., Chetverikov, E., Moiseev, A., & Lagina, L. (2022). Improving the efficiency of convective grain drying by using low-intensity RF radiation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,
- Wajdi, A., Anjarwani, S. E., & Agitha, N. (2023). Rancang bangun sistem informasi geografis pemetaan lahan garapan kelompok tani pada hutan kemasyarakatan Desa Karang Sidemen berbasis mobile. *Jurnal Teknologi Informasi, Komputer, dan Aplikasinya (JTika)*, 5(1), 120-131.
<https://doi.org/10.29303/jtika.v5i1.214>
- Wicaksono, Y. A., Warji, W., Tamrin, T., & Kuncoro, S. (2023). Pengerengan Kopi Robusta (*Coffea canephora*) Menggunakan Rumah Pengereng Hybrid Tipe Rak. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 2(4), 495-509.
<https://doi.org/10.23960/jabe.v2i4.8391>
- Yudhana, A., Yudianto, R., Septiyani, R., Rahayu, W. M., & Permadi, A. (2023). Pemberdayaan Sentra Industri Herbal Wahana Mandiri Indonesia (WMI) Menggunakan Teknologi Pemantauan Kubah Pengereng Tenaga Surya Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 8(3), 623-632.
<https://doi.org/10.30653/jppm.v8i3.354>