

An IoT-Based Smart Solar Dryer Development for Coffee Bean Drying Optimization as an Applied Technology Solution

Optimalisasi Proses Pengeringan Biji Kopi Menggunakan *Smart Solar Dryer* Berbasis IoT sebagai Solusi Teknologi Tepat Guna

Muhammad Agung Nugroho, Muhammad Raafi'u Firmansyah, Anggi Zafia, Aulia Desy Nur Utomo
Rakhmad Maulidi, Nenen Isnaini

**Informatics Study Program, Telkom University, Purwokerto Campus
Jl. DI Panjaitan No.128, Purwokerto 53147, Central Java, Indonesia**

Email: magungnugroho@telkomuniversity.ac.id

Abstract - Drying is a critical stage in coffee post-harvest processing that significantly influences the physical quality, moisture content, and overall quality of green coffee beans. Coffee farmers in the Glodogan Coffee Farmers Group, Glempong Village, Pekuncen District, Banyumas Regency, still rely on the traditional open sun drying method, which is highly dependent on weather conditions, requires a long drying period, produces uneven heat distribution, and increases the risk of contamination and non-uniform moisture content. This community service program aimed to implement an Internet of Things (IoT)-based Smart Solar Dryer as an appropriate technology to improve coffee drying practices. The implementation adopted a Participatory Technology Implementation approach consisting of four stages: partner needs assessment, prototype design and fabrication, technology implementation, and training with evaluation. The developed system integrates a greenhouse-effect drying chamber, temperature and humidity sensors, an ESP32 microcontroller, and a web-based dashboard for real-time monitoring. The implementation demonstrated that the Smart Solar Dryer effectively supported the drying process of both coffee cherries and wet-processed green beans. The monitoring dashboard provided real-time information on drying chamber temperature, humidity, system status, and historical drying records, enabling farmers to monitor the process without opening the drying chamber. Evaluation involving six farmers indicated a Partner Satisfaction Index of 95.33%, with 76.67% of respondents strongly agreeing and 23.33% agreeing with the usefulness of the program and the implemented technology. These findings indicate that the IoT-based Smart Solar Dryer has strong potential to improve coffee post-harvest quality while encouraging the adoption of digital technologies among smallholder coffee farmers.

Keywords: Smart Solar Dryer, Internet of Things (IoT), Coffee Drying, Appropriate Technology, Post-Harvest Coffee Processing

Abstrak – Proses pengeringan merupakan tahapan penting dalam pascapanen kopi yang berpengaruh terhadap mutu fisik, kadar air, dan kualitas *green bean*. Kelompok Tani Kopi Glodogan, Desa Glempong, Kecamatan Pekuncen, Kabupaten Banyumas masih menerapkan metode *open sun drying* yang bergantung pada kondisi cuaca sehingga waktu pengeringan relatif lama, distribusi panas tidak merata, serta berisiko menyebabkan kontaminasi dan ketidakhomogenan kadar air. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan mengimplementasikan *Smart Solar Dryer* berbasis *Internet of Things* (IoT) sebagai teknologi tepat guna untuk meningkatkan kualitas proses pengeringan kopi. Metode pelaksanaan menggunakan pendekatan *Participatory Technology Implementation* yang terdiri atas empat tahapan, yaitu analisis kebutuhan mitra, perancangan dan fabrikasi alat, implementasi teknologi, serta pendampingan dan evaluasi. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan ruang pengering tertutup dengan konsep *greenhouse effect*, sensor suhu dan kelembapan, ESP32 sebagai pengendali utama, serta *dashboard* berbasis *web* untuk pemantauan kondisi pengeringan secara *real-time*. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa *Smart Solar Dryer* berhasil diimplementasikan dan dapat digunakan untuk proses pengeringan *cherry coffee* maupun *green bean*. *Dashboard monitoring* mampu menampilkan suhu, kelembapan, status sistem, dan pencatatan data proses pengeringan sehingga memudahkan petani dalam melakukan pemantauan tanpa membuka ruang pengering. Hasil evaluasi terhadap enam anggota kelompok tani menunjukkan tingkat penerimaan teknologi yang sangat baik dengan Indeks Kepuasan Mitra sebesar 95,33%, di mana 76,67% responden menyatakan sangat setuju dan 23,33% setuju terhadap pelaksanaan program dan penggunaan alat. Implementasi *Smart Solar Dryer* berbasis IoT berpotensi meningkatkan kualitas pascapanen kopi sekaligus mendorong adopsi teknologi digital pada kelompok tani.

Kata kunci: Smart Solar Dryer, Internet of Things (IoT), Pengeringan Kopi, Teknologi Tepat Guna, Pascapanen Kopi

1. PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan strategis Indonesia yang memberikan kontribusi penting terhadap perekonomian nasional dan menjadi sumber pendapatan utama bagi petani skala kecil. Sebagian besar produksi kopi nasional berasal dari perkebunan rakyat sehingga peningkatan kualitas pascapanen menjadi faktor penting dalam meningkatkan daya saing dan nilai tambah produk kopi Indonesia [1],[2]. Salah satu tahapan kritis dalam pascapanen kopi adalah proses pengeringan, karena kadar air akhir sangat menentukan mutu fisik, keamanan penyimpanan, karakteristik sensoris, serta harga jual *green bean* [3],[4]. Kadar air yang tidak mencapai standar 11–12% berpotensi memicu pertumbuhan jamur, kontaminasi mikotoksin, dan penurunan kualitas selama penyimpanan maupun proses penyangraian [5],[6].

Pada tingkat petani, metode pengeringan masih didominasi oleh *open sun drying*, yaitu penjemuran langsung di bawah sinar matahari menggunakan terpal atau lantai semen. Metode ini memiliki biaya investasi yang rendah, namun sangat bergantung pada kondisi cuaca, membutuhkan waktu pengeringan relatif lama, serta rentan terhadap kontaminasi debu, serangga, dan hujan sehingga menyebabkan kualitas hasil pengeringan menjadi tidak seragam [4],[7]. Perkembangan teknologi solar dryer menawarkan alternatif yang lebih baik melalui ruang pengering tertutup yang memanfaatkan efek rumah kaca untuk menghasilkan suhu yang lebih stabil, meningkatkan homogenitas kadar air, serta mempercepat proses pengeringan dibandingkan metode tradisional [8],[9].

Seiring berkembangnya konsep *Smart Agriculture*, integrasi *Internet of Things* (IoT) pada sistem pengeringan menjadi solusi yang menjanjikan untuk meningkatkan efisiensi proses pascapanen. Teknologi IoT memungkinkan pemantauan suhu, kelembapan, dan kondisi lingkungan secara *real-time*, sekaligus menyediakan pencatatan data digital sebagai dasar pengambilan keputusan dalam proses pengeringan [10],[11]. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa sistem pengering berbasis IoT mampu mempertahankan suhu optimum sekitar 45–55°C, menurunkan kelembapan ruang pengering, mempercepat waktu pengeringan, serta meningkatkan konsistensi mutu produk [12],[13],[14]. Selain itu, pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi utama mendukung penerapan teknologi yang lebih hemat energi dan berkelanjutan bagi petani skala kecil [15].

Berdasarkan kondisi tersebut, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan mengimplementasikan *Smart Solar Dryer* berbasis IoT pada Kelompok Tani Kopi Glodogan, Desa Glempang, Kecamatan Pekuncen, Kabupaten Banyumas. Teknologi yang diterapkan dilengkapi dengan sistem *monitoring* suhu dan kelembapan, *dashboard* berbasis *web*, serta pencatatan data proses pengeringan secara digital. Melalui implementasi teknologi tepat guna ini diharapkan proses pengeringan kopi menjadi lebih terkontrol, higienis, efisien, serta mampu meningkatkan kapasitas petani dalam mengadopsi teknologi digital untuk mendukung penguatan rantai nilai kopi Banyumas.

2. METODE PELAKSANAAN

Program pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan di Kelompok Tani Kopi Glodogan, Desa Glempang, Kecamatan Pekuncen, Kabupaten Banyumas. Kegiatan difokuskan pada implementasi *Smart Solar Dryer* berbasis *Internet of Things* (IoT) sebagai teknologi tepat guna untuk meningkatkan kualitas proses pascapanen kopi metode natural process. Pendekatan yang digunakan merupakan *Participatory Technology Implementation*, yaitu proses alih teknologi melalui perancangan, implementasi, pelatihan operasional, serta pendampingan penggunaan alat secara langsung oleh mitra. Metode pelaksanaan pengabdian ini diilustrasikan seperti Gambar 1, yang terdiri dari empat tahapan.



Gambar 1. Tahapan Pelaksanaan Pengabdian

Analisis Kebutuhan Mitra

Tahapan awal dilakukan melalui observasi lapangan dan diskusi bersama Kelompok Tani Kopi Glodogan untuk mengidentifikasi kondisi pengolahan pascapanen kopi.

Perancangan dan Fabrikasi Smart Solar Dryer

Pada tahapan ini dilakukan proses perancangan atau kontruksi alat yang terdiri dari alat mekanik dan perangkat IoT.

Implementasi Alat pada Mitra

Setelah seluruh sistem berfungsi dengan baik, *Smart Solar Dryer* diimplementasikan pada Kelompok Tani Kopi Glodogan.

Pendampingan dan Evaluasi

Tahap akhir berupa pendampingan penggunaan alat kepada enam orang anggota Kelompok Tani Kopi Glodogan. Pendampingan meliputi: pengenalan komponen alat; prosedur pengoperasian; penggunaan *dashboard monitoring*; pengaturan mode operasi; pemantauan data hasil *monitoring*. Keberhasilan kegiatan dievaluasi melalui survei kepuasan mitra.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis kebutuhan mitra

Dalam proses analisis kebutuhan mitra (Gambar 2) diperoleh informasi bahwa proses pengeringan petani menggunakan metode *open sun drying* sehingga waktu pengeringan sangat bergantung pada kondisi cuaca, distribusi panas tidak merata, dan berpotensi menyebabkan variasi kadar air pada *green bean*.



Gambar 2. Diskusi dengan kelompok tani kopi Glodogan

Berdasarkan hasil identifikasi tersebut, tim membuat rancangan kebutuhan fungsional alat, dengan beberapa catatan diantaranya, menggunakan energi surya sebagai sumber energi utama; memiliki ruang pengering tertutup; mampu memonitor suhu dan kelembapan secara *real-time*; memiliki sistem kontrol kipas otomatis; mudah dioperasikan oleh petani; menyediakan pencatatan data proses pengeringan.

Perancangan Alat

Tahap berikutnya adalah perancangan *prototype* (Gambar 3) *Smart Solar Dryer* berdasarkan kebutuhan mitra. Proses ini merupakan bagian fabrikasi alat yang terdiri dari ruang pengering, dudukan panel surya, dan panel pengendali perangkat IoT.



Gambar 3. Fabrikasi Alat

Sistem terdiri atas dua subsistem utama, yaitu subsistem mekanik dan subsistem elektronik. Subsistem mekanik terdiri atas: panel surya lipat; ruang pengering transparan; *tray stainless steel*; *exhaust fan*; *box panel* kontrol. Sementara subsistem elektronik (Gambar 4) terdiri atas: ESP32 DevKit; sensor suhu dan kelembapan; *LCD Display*; *Solar Charge Controller*; baterai LiFePO4; MCB; modul kendali kipas.



Gambar 4. Panel Perangkat IoT

Ruang pengering menggunakan konsep *greenhouse effect*, sehingga panas matahari terakumulasi di dalam ruang pengering untuk mempercepat proses evaporasi air pada *cherry coffee* maupun *green bean* yang masih basah. *Exhaust fan* digunakan untuk membuang uap air ketika kelembapan meningkat sehingga proses pengeringan berlangsung lebih stabil. Ruang pengering ini dapat dilihat pada Gambar 5.

Implementasi Alat

Tahapan penggunaan alat (Gambar 6) meliputi membuka panel surya; mengaktifkan sistem kontrol; menyebarkan *cherry coffee* atau *green bean* basah secara merata pada *tray stainless*; menutup ruang pengering; menjalankan alat pada mode otomatis; memonitor suhu dan kelembapan melalui *dashboard*.



Gambar 5. Ruang pengeringan

Selama proses berlangsung, sistem secara otomatis melakukan pencatatan parameter lingkungan dan status kipas sehingga proses pengeringan dapat dievaluasi kembali berdasarkan data historis. Implementasi sistem *Internet of Things* menggunakan ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali yang membaca data sensor suhu dan kelembapan, kemudian menampilkan informasi melalui *dashboard* berbasis *web*. *Dashboard* dapat diakses menggunakan *smartphone* melalui jaringan *WiFi Access* sehingga petani tidak memerlukan koneksi internet untuk melakukan *monitoring*. *Dashboard* menampilkan informasi berupa status alat (*online/offline*); suhu ruang pengering; dan kelembapan ruang pengering.



Gambar 6. Alat Pengering Cherry dan biji kopi basah.

Salah satu inovasi kegiatan ini adalah implementasi *dashboard monitoring* berbasis *web* yang dapat diakses menggunakan *smartphone*. *Dashboard* menyediakan informasi secara *real-time* yang terdiri dari suhu ruang pengering, kelembapan ruang pengering, status kipas, mode operasi, jadwal operasi, status koneksi alat (Gambar 7). Fitur ini memungkinkan petani mengetahui kondisi proses pengeringan tanpa harus membuka ruang pengering, sehingga kehilangan panas dapat diminimalkan. *Dashboard* juga menyediakan fitur pencatatan kondisi pada ruang pengering.

Pendampingan Penggunaan Smart Solar Dryer

Proses pendampingan (Gambar 8) dilakukan pada hari Sabtu, 20 Juni 2026 di Desa Glempang, Pekuncen, Banyumas. Kegiatan ini dihadiri oleh 6 orang petani kopi yang

didampingi untuk menggunakan alat *Smart Solar Dryer*. Materi pelatihan meliputi: pengenalan komponen alat; prosedur menyalakan sistem; penggunaan *dashboard*; pengaturan mode otomatis; proses pengeringan *cherry coffee* dan *green coffee* basah. Proses ini dilakukan untuk memberikan pemahaman kepada petani terkait mekanisme penggunaan alat.

Gambar 7. *Dashboard* alat untuk memantau sensor IoT.

Gambar 8. Pendampingan penggunaan Alat.

Evaluasi Implementasi Teknologi

Secara keseluruhan, implementasi *Smart Solar Dryer* memberikan beberapa manfaat bagi mitra, yaitu proses pengeringan berlangsung pada ruang tertutup yang lebih higienis; *monitoring* suhu dan kelembapan dapat dilakukan secara *real-time* melalui *dashboard*; sistem kontrol otomatis mengurangi intervensi manual dalam pengoperasian kipas; data historis proses pengeringan tersimpan secara digital dan dapat diunduh untuk evaluasi; petani memperoleh peningkatan kapasitas dalam mengoperasikan teknologi pascapanen berbasis IoT.

Berdasarkan hasil evaluasi kepuasan mitra (Tabel 1), implementasi program pengabdian melalui penerapan *Smart Solar Dryer* berbasis IoT memperoleh tingkat penerimaan yang sangat baik. Seluruh responden memberikan penilaian positif dengan komposisi 76,67% Sangat Setuju dan 23,33% Setuju, sehingga tidak terdapat penilaian netral maupun negatif terhadap seluruh indikator yang dievaluasi.

Perhitungan Indeks Kepuasan Mitra (IKM) sebesar 95,33% menunjukkan bahwa program berada pada kategori Sangat Baik, yang mengindikasikan bahwa teknologi yang diterapkan telah sesuai dengan kebutuhan mitra, mudah dioperasikan, serta didukung oleh pelatihan dan pendampingan yang efektif.

Tabel 1. Hasil Evaluasi Kepuasan Mitra terhadap Pelaksanaan Program dan Implementasi *Smart Solar Dryer*

No	Indikator	STS	TS	N	S	SS
1	Program pengabdian sesuai dengan kebutuhan Kelompok Tani Kopi Glodogan	0	0	0	1	5
2	<i>Smart Solar Dryer</i> berbasis IoT mudah dioperasikan oleh mitra	0	0	0	4	2
3	Materi pelatihan dan pendampingan membantu meningkatkan pemahaman penggunaan <i>Smart Solar Dryer</i>	0	0	0	1	5
4	<i>Dashboard monitoring</i> suhu dan kelembapan memudahkan proses pemantauan pengeringan kopi	0	0	0	1	5
5	Program dan teknologi <i>Smart Solar Dryer</i> layak diterapkan serta dikembangkan pada musim panen berikutnya	0	0	0	0	6

4. PENUTUP

Kegiatan pengabdian menghasilkan *prototype Smart Solar Dryer* berbasis IoT yang dirancang khusus untuk mendukung proses pengeringan *cherry coffee* dan *green bean* dengan metode basah. Berbeda dengan metode penjemuran terbuka, *prototype* menggunakan ruang pengering tertutup berbahan transparan sehingga panas matahari terperangkap melalui mekanisme *greenhouse effect*. Hasil evaluasi kepuasan mitra menunjukkan implementasi program pengabdian melalui penerapan *Smart Solar Dryer* berbasis IoT memperoleh tingkat penerimaan yang sangat baik. Hal ini mengindikasikan bahwa teknologi yang diterapkan telah sesuai dengan kebutuhan mitra, mudah dioperasikan, serta didukung oleh pelatihan dan pendampingan yang efektif.

PENGHARGAAN

Kegiatan pengabdian ini sepenuhnya didanai oleh Universitas Telkom dari program Hibah Internal Pengabdian Pada Masyarakat skema Teknologi Tepat Guna (TTG) Periode 1 tahun anggaran 2026 dengan Nomor: 0287/ABD07/PPM-JPM/2026. Ucapan terima kasih ditujukan kepada mitra Kelompok Tani Kopi Glodogan, Desa Glempang, Pekuncen, Banyumas yang berkenan menjadi mitra penerima manfaat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal Perkebunan, *Statistik Perkebunan Indonesia: Kopi*. Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia, 2023.
- [2] Badan Pusat Statistik, *Statistik Kopi Indonesia 2023*. Jakarta: BPS, 2024.
- [3] F. M. Borém, *Handbook of Coffee Post-Harvest Technology*, 2nd ed. Lavras: Federal University of Lavras, 2023.
- [4] E. Duque-Dussán and others, "Advances in Coffee Drying: A Comprehensive Review of Technologies and Sustainability," *Foods*, 15(10), 2026, doi: 10.3390/foods15101737.
- [5] J. N. Wintgens, *Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production*, 3rd ed. Wiley-VCH, 2022.
- [6] W. B. Sunarharum, D. J. Williams, and H. E. Smyth, "Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective," *Food Res. Int.*, vol. 62, pp. 315–325, 2021.
- [7] G. N. Abdel-Rahman and others, "Safety improvement of open sun dried dates using closed solar dryer," *Heliyon*, vol. 9, 2023.
- [8] S. Surahman and others, "Smart Dryer Innovation for Sustainable Post-Harvest Processing," in *Proceedings of iCAST-SS*, 2025.
- [9] J. Ellis and others, "Solar crop dryer with thermal energy storage as backup heater," *Sol. Compass*, vol. 8, 2023.
- [10] P. K. Tripathy and others, "MyGreen: An IoT Enabled Smart Greenhouse for Sustainable Agriculture," *IEEE Consum. Electron. Mag.*, vol. 10, no. 4, pp. 57–62, 2021, doi: 10.1109/MCE.2021.3055505.
- [11] C. Bersani and others, "Internet of Things Approaches for Monitoring and Control of Smart Greenhouses in Industry 4.0," *Energies*, vol. 15, 2022.
- [12] A. Amuddin and others, "Internet of Things and LoRa-Based Monitoring System on Solar Dryer Dome for Coffee Drying," *Agrotek*, vol. 12, no. 1, 2025.
- [13] Yamina and others, "Application of Internet of Things Technology on a Solar Dryer Dome to Enhance Coffee Drying Monitoring," *J-AGENT*, vol. 3, no. 4, 2025.
- [14] Q. Z. Rahma and others, "Performance Analysis of Solar Panel Energy Utilization in IoT-Based Coffee Drying Systems," *ABMAS*, 2025.
- [15] M. S. Farooq and others, "IoT-Based Smart Greenhouse Framework and Control Strategies for Sustainable Agriculture," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 99394–99420, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3204748.

Ruang kosong ini untuk menggenapi jumlah halaman sehingga jika dicetak dalam bentuk buku, setiap judul baru akan menempati halaman sisi kanan buku.