

Pelatihan dan Penerapan Internet of Things untuk Pengerinan Kopi di MTs Pakis, Dusun Pesawahan, Desa Gununglurah, Kecamatan Cilongok, Kabupaten Banyumas, Provinsi Jawa Tengah: Instalasi, Pendampingan, dan Evaluasi Dampak

Darso¹, Rujianto Eko Saputro^{*2}, Anies Indah Hariyanti³, Qeisha Amaliya Putri⁴, Sabita Salsabila⁵, Aditya Hanif Hadian Damaito⁶, Aufiatu Risqiyah Nur Ainun Qolbu⁷, Gilang Deli Mukti⁸, Akhmad Fauzan⁹

^{1,4,6,7}Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Amikom Purwokerto, Indonesia

²Program Magister Ilmu Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Amikom Purwokerto, Indonesia

³Program Studi Akuntansi, Fakultas Ekonomika dan Bisnis, Universitas Peradaban, Indonesia

⁵Program Studi Bisnis Digital, Fakultas Ekonomi Bisnis dan Ilmu Sosial, Universitas Amikom Purwokerto, Indonesia

^{8,9}Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Amikom Purwokerto, Indonesia

e-mail: darso@amikompurwokerto.ac.id¹, rujianto@amikompurwokerto.ac.id², aniesakuntan@gmail.com³, qeiishaalya@gmail.com⁴, salsabilasukses@gmail.com⁵, adityahanif055@gmail.com⁶, aufirisqyah@gmail.com⁷, gilangdelymukti@gmail.com⁸, ozan6825@gmail.com⁹

Abstrak

Kopi "Igir Alas" yang dikelola oleh MTs Pakis menghadapi tantangan utama berupa rendahnya efisiensi dan inkonsistensi kualitas biji kopi akibat proses pengeringan konvensional yang lama dan rentan terhadap fluktuasi cuaca. Program pengabdian masyarakat ini bertujuan meningkatkan kompetensi sumber daya manusia (SDM) dan mengimplementasikan sistem monitoring cerdas berbasis Internet of Things (IoT), didukung oleh perbaikan infrastruktur dry house dan standar K3. Pelatihan yang melibatkan 31 peserta (30 siswa dan 1 pengelola) menunjukkan keberhasilan yang signifikan: peningkatan skor pemahaman peserta dari 30,00 menjadi 82,00, menghasilkan Normalized Gain ($\langle g \rangle$) sebesar 0,74 (efektivitas tinggi) dan Peningkatan Persentase 173%. Secara operasional, sistem IoT berhasil mempersingkat durasi pengeringan dari 7–8 hari menjadi 4–5 hari, meningkatkan kapasitas hingga 100%, dan menstabilkan kadar air. Keberlanjutan program didukung oleh penghematan jam kerja, kemandirian pemantauan sistem, dan rencana tindak lanjut kritis seperti pengembangan Bank Data Kadar Air dan instalasi flow meter untuk menjaga kualitas produk dan efisiensi operasional.

Kata kunci: Internet Of Things (IoT), Kopi, Pasca Panen, Pengeringan, Produktivitas

Abstract

"Igir Alas" coffee, managed by MTs Pakis, faced key challenges related to low efficiency and inconsistent bean quality due to conventional drying processes, which were time-consuming and vulnerable to weather fluctuations. This community service program aimed to improve human resource competencies and implement a smart monitoring system based on the Internet of Things (IoT), supported by infrastructure upgrades to the dry house and K3 standards. The training, involving 31 participants (30 students and 1 manager), demonstrated significant success: participant understanding scores increased from 30.00 to 82.00, resulting in a Normalized Gain ($\langle g \rangle$) of 0.74 (high effectiveness) and a Percentage Increase of 173%. Operationally, the IoT system successfully reduced the drying duration from 7–8 days to 4–5 days, increased capacity up to 100%, and stabilized the coffee bean moisture content. The program's sustainability is supported by reduced labor hours, independent system monitoring, and critical follow-up plans, such as developing a Moisture Content Data Bank and installing a flow meter to maintain product quality and operational efficiency.

Keywords: Coffee, Drying, Internet Of Things (IoT), Post-Harvest, Productivity

1. PENDAHULUAN

Peran kopi dalam perekonomian Indonesia sangat strategis karena negara ini masuk dalam jajaran pengekspor utama kopi dunia. Pada tahun 2022, total nilai ekspor kopi tercatat sebesar USD 1,14 miliar dengan volume mencapai 433.780 ton. Angka ini merupakan peningkatan substansial dibandingkan dengan tahun sebelumnya, 2021, di mana nilai ekspor hanya mencapai USD 842,52 juta dengan volume 380.173 ton [1]. Dalam rantai pascapanen, tahap pengeringan biji kopi menjadi sangat penting karena menentukan mutu akhir. Pengeringan yang tidak terkendali, seperti yang masih dominan dilakukan secara tradisional dengan penjemuran langsung di bawah sinar matahari berisiko tinggi terhadap kontaminasi mikroba, jamur, serta fluktuasi kadar air dan suhu yang tidak stabil [2]. Dampaknya bisa sangat konkret: misalnya meningkatnya risiko infeksi fungi pascapanen seperti *Aspergillus niger*, *A. flavus*, dan *A. ochraceus*, yang umum terjadi di wilayah sentra kopi seperti Sumatera Barat dan secara signifikan menurunkan kualitas fisik dan keamanan produk, termasuk potensi kontaminasi mikotoksin serta pada akhirnya menurunkan harga jual dan reputasi komoditas kopi Indonesia [3].

Di level global, praktik tradisional seperti penjemuran matahari rentan terhadap fluktuasi cuaca, termasuk curah hujan, kelembapan tinggi, dan radiasi matahari yang tidak konsisten, serta subjektivitas petani dalam menentukan titik kadar air yang tepat. Ketergantungan pada perkiraan visual atau pengalaman semata kerap menghasilkan pengeringan yang tidak seragam, meningkatkan risiko pertumbuhan jamur atau fermentasi tidak diinginkan, serta menyebabkan kerusakan aroma dan kualitas [4]. Sebagai solusi modern, teknologi *Internet of Things* (IoT) telah muncul sebagai pendekatan efektif untuk memantau parameter kritis secara real-time, seperti suhu, kelembapan udara, dan kadar air biji. Penelitian oleh Acosta-Minoli [4] menerapkan sistem IoT berbasis perangkat sensor portabel dan analisis data yang dapat diakses melalui ponsel pintar. Studi ini menunjukkan bahwa IoT memungkinkan visualisasi tren dan pola pengeringan sehingga petani kecil bisa mengambil keputusan berbasis data untuk memperbaiki mutu biji kopi secara sistematis. Selain itu, sistem prototipe IoT untuk pemantauan kualitas kopi di Rwanda menyertakan sensor pH, kelembapan, suhu, dan ditembuskan ke dalam mikrokontroler WiFi yang kemudian menampilkan kondisi lingkungan secara real-time melalui perangkat mobile menunjukkan potensi IoT dalam menjaga standar mutu kopi selama pascapanen [5].

Di Indonesia, berbagai inovasi teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT) telah diterapkan untuk memperbaiki proses pengeringan biji kopi secara modern dan efisien. Sebagai contoh, Syamsiana dan tim mengembangkan sistem monitoring berbasis IoT yang memanfaatkan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan, dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32, serta menggunakan dashboard *ThingSpeak* untuk pengawasan online. Sistem ini terbukti efektif dalam memantau kondisi pengeringan sekaligus konsumsi energi listrik dengan akurasi tinggi dengan rata-rata error suhu hanya sebesar 0,021 °C (~2,1%) [6]. Variasi lain dari inovasi ini adalah prototipe alat pengering otomatis berbasis NodeMCU ESP8266 dan DHT22, yang memungkinkan pemantauan suhu dan kelembapan secara remote melalui aplikasi *mobile* seperti Blynk. Ketika suhu melebihi batas tertentu, sistem memberikan peringatan *real-time* ke pengguna [7]. Demikian juga, Amuddin et al. [8] mengembangkan solar dryer dome berbasis IoT dan LoRa di Lombok Tengah. Sistem ini menggunakan sensor SHT10 dan ESP32 untuk memantau suhu dan kelembapan secara *real-time*, serta memanfaatkan energi terbarukan guna menekan biaya operasional dan mendukung praktik pertanian berkelanjutan. Selain itu, secara umum telah dikembangkan teknologi IoT untuk *solar dryer* berbentuk semispherical yang dirancang sebagai sistem telemonitoring biaya rendah untuk pengeringan biji kopi Arabika. Sistem ini memungkinkan pengambilan data suhu dan kelembapan secara kontinu dari lingkungan pengering [9]. Review menyeluruh terhadap solar *coffee dryers* menunjukkan bahwa penerapan teknologi berbasis IoT pada *solar dryer dome* sangat menjanjikan dan mampu meningkatkan konsistensi dan mutu pengeringan kopi, terutama bermanfaat untuk petani skala kecil dan menengah di daerah terpencil [10].

Selain aspek teknologi, upaya peningkatan kualitas kopi di Indonesia juga dilakukan melalui berbagai program pelatihan bagi petani dan komunitas. Pelatihan pascapanen di Desa Pucaksari, Buleleng, misalnya, berhasil meningkatkan keterampilan sortasi dan pengeringan

sehingga kualitas citarasa kopi Robusta mencapai kategori *excellent* (score 84) [11]. Inovasi serupa juga dilaksanakan di Desa Telemung, Banyuwangi, melalui pelatihan *honey process* yang meningkatkan kapasitas produksi hingga 109% dan nilai jual kopi hampir dua kali lipat [12]. Pada tingkat pendidikan vokasi, pelatihan pengolahan kopi di SMKN Kuwus Golo Welu membekali siswa dengan keterampilan fermentasi, *roasting*, *grinding*, hingga *brewing*, sehingga meningkatkan pengetahuan teknis secara signifikan [13]. Sementara itu, di Aceh, pelatihan peningkatan mutu kopi berbasis *cupping test* ditujukan untuk mencetak wirausaha muda yang mampu bersaing di era new normal dengan keterampilan pengolahan dan penilaian kualitas produk yang lebih baik [14]. Tidak hanya itu, studi penguatan kapasitas petani kopi juga menekankan pentingnya transfer praktik pascapanen terbaik melalui program pelatihan dan observasi langsung di lapangan sebagai strategi utama peningkatan kualitas biji kopi [15]. Selain meningkatkan mutu biji kopi, pelatihan juga terbukti efektif dalam mendorong produktivitas petani kopi. Sebagai contoh, di Desa Gitgit, pelatihan intensif yang digabung dengan strategi peningkatan motivasi kerja terbukti memberi pengaruh positif signifikan terhadap produktivitas petani kopi, sekaligus meningkatkan motivasi kerja mereka, sebuah dinamika penting demi keberlanjutan usaha pertanian skala kecil [16]. Di Desa Srigading, Malang, intervensi melalui penyediaan mesin *huller* dan pelatihan pendampingan pasca panen menghasilkan kenaikan produktivitas sebesar 20%, penurunan tingkat pecah biji sebesar 15%, dan peningkatan pendapatan petani sebesar 25% [17]. Sementara itu, di Desa Wirogomo, pelatihan kopi komprehensif yang menyentuh aspek budidaya, pascapanen, pengelolaan keuangan, dan pemasaran terbukti membekali para petani muda milenial dengan kemampuan untuk menjalin kemitraan bisnis yang lebih luas dan kompetitif secara nasional [18]. Berbagai hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pelatihan memiliki peran krusial dalam memastikan mutu biji kopi lebih seragam, bernilai jual tinggi, dan berdaya saing di pasar global.

Madrasah Tsanawiyah (MTs) Pakis adalah sekolah berbasis komunitas yang terletak di lereng selatan Gunung Slamet, Banyumas, Jawa Tengah. Sekolah ini didirikan pada tahun 2013/2014 untuk memberikan akses pendidikan formal bagi anak-anak di daerah yang sulit terjangkau, di mana sekolah lain berjarak 11 km dengan kondisi jalan yang buruk. Sebagai sekolah non-formal, MTs Pakis tidak menerima dana operasional dari pemerintah dan mengandalkan kontribusi masyarakat, termasuk pembayaran biaya sekolah dengan hasil bumi. Untuk menjaga keberlangsungan operasional, MTs Pakis mengembangkan model kemandirian finansial melalui produksi kopi "Igir Alas". Kopi ini dikelola oleh relawan dan siswa sebagai bagian dari pembelajaran agroforestri. Meskipun demikian, proses produksi kopi masih menghadapi kendala, terutama pada tahap pengeringan biji kopi. Meski demikian, tantangan nyata masih muncul di tingkat sekolah dan komunitas lokal, seperti MTs Pakis. Infrastruktur pengeringan biji kopi di sekolah tersebut masih bertumpu pada proses konvensional dan rentan keterbatasan termasuk ketidakstabilan suhu dan kelembapan, serta waktu pengeringan yang lama dan tidak efisien. Kondisi ini menghambat peningkatan kualitas mutu, kapasitas produksi, serta pendapatan lain seperti mendukung biaya operasional pendidikan berbasis agribisnis.

Dengan latar di atas, pemanfaatan IoT untuk sistem pengeringan biji kopi di MTs Pakis dirancang sebagai intervensi empirik yang penting. Tujuannya untuk memperpendek waktu pengeringan kopi dari 7-8 hari menjadi 4-5 hari per batch, sehingga kapasitas produksi biji meningkat, serta penurunan kadar air biji kopi di bawah 10%. Begitu juga dengan pelatihan peningkatan produksi biji kopi dalam proses pengeringan dan pasca pengeringan. Melalui pelatihan tersebut, diharapkan adanya peningkatan skor pengetahuan di atas 40%. Dengan demikian, dampak bagi mitra untuk meningkatkan kemandirian ekonomi bisa segera terwujud.

2. METODE

Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan di MTs Pakis, Dusun Pesawahan, Desa Gununglurah, Kecamatan Cilongok, Banyumas, Jawa Tengah, dengan melibatkan guru, siswa, serta masyarakat sekitar sebagai mitra utama. Fokus utama kegiatan adalah peningkatan kualitas dan produktivitas kopi "Igir Alas" melalui penerapan teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT) pada

sistem pengeringan biji kopi. Pelaksanaan kegiatan dirancang secara sistematis dalam empat fase utama dengan linimasa yang ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Linimasa Kegiatan

Tahap Kegiatan	Deskripsi Kegiatan Utama	Durasi / Tanggal	Peran Tim Pelaksana	Peran Mitra (MTs Pakis)
Sosialisasi dan Persiapan	Rapat koordinasi, pemaparan program, identifikasi kondisi dry house eksisting, dan survei awal (pencatatan suhu, kelembaban, waktu pengeringan)	29 Juni 2025	Merancang rencana teknis dan melakukan survei awal	Menghadirkan pemangku kepentingan (guru, siswa) untuk menyamakan persepsi.
Penerapan Teknologi dan Perbaikan Infrastruktur	Penggantian dinding dry house dari plastik UV ke polycarbonate, instalasi sensor suhu/kelembaban berbasis IoT (ESP32/ESP8266), pemasangan solar panel, dan perbaikan sistem ventilasi.	13 Juli 2025	Instalasi, konfigurasi sistem IoT, dan memastikan semua perangkat berfungsi optimal	Menyiapkan lokasi dan berpartisipasi dalam proses perbaikan infrastruktur.
Pelatihan dan Peningkatan Kapasitas SDM	Pelaksanaan pretest, penyampaian materi (pengenalan IoT & solar panel, penggunaan sistem IoT, teknik pengeringan standar industri, troubleshooting), posttest	2 Hari (3 – 4 September 2025)	Menyusun modul pelatihan dan menyampaikan materi secara teori dan praktik/demonstrasi	Mengikuti pelatihan secara aktif (30 siswa dan 1 pengelola), berpartisipasi dalam sesi praktik dan tanya jawab
Pendampingan, Monitoring, dan Evaluasi	Pendampingan intensif, monitoring data IoT, perbandingan kualitas hasil pengeringan (pre vs post program), evaluasi akhir (posttest)	4 Oktober 2025	Monitoring data berkala, memberikan konsultasi (troubleshooting) lanjutan, dan menganalisis data hasil evaluasi	Mengoperasikan dan merawat sistem secara mandiri, serta menjadi indikator kemandirian mitra.

Kriteria dan Mekanisme Rekrutmen Peserta

Total peserta pelatihan adalah 31 orang, terdiri dari 30 siswa MTs Pakis dan 1 pengelola sekolah. Peserta dipilih secara *purposive* dan berbasis komunitas, yaitu mereka yang secara langsung terlibat atau memiliki peran strategis dalam pengelolaan kopi "Igir Alas" untuk

keberlanjutan finansial MTs Pakis. Pemilihan peserta memastikan transfer pengetahuan dan teknologi IoT memiliki dampak yang nyata dan berkelanjutan pada unit usaha kopi sekolah.

Instrumen Evaluasi: Kuis Pretest dan Posttest

Evaluasi peningkatan pemahaman peserta dilakukan melalui kuis pretest dan posttest dengan instrumen yang identik. Kuis terdiri dari 20 pertanyaan pilihan ganda dengan skala penilaian total 100, di mana setiap jawaban benar bernilai 5 poin.

Domain Butir Pertanyaan (20 Butir) meliputi: Pengetahuan Dasar IoT (Konsep dasar, fungsi sensor), Pengoperasian Sistem IoT & K3 (Membaca data suhu/kelembaban, kalibrasi sensor, troubleshooting sederhana pada inverter/SSC solar panel), Teknik Pengeringan Kopi Standar Industri (Durasi optimal, suhu ideal, pengukuran kelembaban biji kopi), Teknik Pascapanen Lanjutan (Roasting, grinding untuk kualitas kopi), dan pemahaman Pembukuan Sederhana (Penyusunan laporan keuangan sederhana terkait penjualan kopi). Skor Maksimum 100 dengan bobot per Butir: $100/20 \text{ butir} = 5 \text{ poin}$.

Analisis Peningkatan Pemahaman

Untuk memastikan kualitas instrumen, terutama posttest, akan dilakukan pengujian reliabilitas. Nilai koefisien Cronbach's α minimal yang harus dicapai adalah 0,70 untuk menunjukkan konsistensi internal butir kuis yang baik. Untuk mengukur tingkat keberhasilan pelatihan, digunakan rumus peningkatan persentase ($\% \Delta$) (1) dan *Normalized Gain* ($\langle g \rangle$) (2) untuk mengukur efektivitas intervensi pelatihan. Berikut Adalah rumus peningkatan prosentase dan *Normalized Gain*:

$$\% \Delta = \frac{(\text{Skor rata rata Posttest} - \text{skor rata rata Pretest})}{\text{Skor rata rata Pretest}} \times 100\% (1)$$

Target Keberhasilan dari pelatihan adalah peningkatan pemahaman minimal $\geq 40\%$.

$$\langle g \rangle = \frac{(\text{Skor rata rata Posttest} - \text{skor rata rata Pretest})}{(\text{Skor Maksimum} - \text{Skor rata rata Pretest})} (2)$$

Etika, Privasi, dan Perlindungan Partisipan

Tim pelaksana telah memperoleh izin resmi dari MTs Pakis sebagai institusi mitra. Selain itu, persetujuan dari orang tua atau wali siswa yang berpartisipasi (30 siswa) juga dikumpulkan, menjelaskan tujuan, manfaat, risiko minimal, dan hak untuk menarik diri kapan saja tanpa sanksi. Data hasil *pretest* dan *posttest* diolah secara anonim dan hanya digunakan untuk kepentingan evaluasi peningkatan pemahaman. Identitas pribadi peserta (nama lengkap, kelas) tidak akan dipublikasikan. Pengambilan dan publikasi materi visual (foto dan video) yang menampilkan siswa hanya dilakukan setelah mendapatkan izin tertulis khusus dari orang tua/wali dan sekolah. Materi visual hanya digunakan untuk keperluan laporan, publikasi ilmiah (jurnal), dan sosialisasi program pengabdian kepada masyarakat.

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Listrik

Aspek K3 Listrik ditekankan mengingat penggunaan sistem Internet of Things (IoT) yang terintegrasi dengan listrik AC dan panel surya (DC) di lingkungan dry house yang bersifat semi-terbuka. Tim pelaksana melakukan pemasangan *Miniature Circuit Breaker* (MCB) dan *Earth Leakage Circuit Breaker* (ELCB) pada panel distribusi utama untuk mencegah arus pendek dan kebocoran arus yang berpotensi membahayakan operator. Komponen elektronik sensitif (mikrokontroler, relay, adaptor) ditempatkan dalam kotak (box) berstandar IP65 atau setara (*dust-tight* dan terlindungi dari semburan air) untuk menghindari kerusakan akibat debu dan kelembaban. Seluruh instalasi listrik juga dilengkapi dengan sistem pentanahan (grounding) yang memadai untuk membuang kelebihan tegangan dan mencegah sengatan listrik. Siswa dan pengelola diinstruksikan untuk tidak melakukan troubleshooting atau interaksi langsung dengan panel listrik, solar panel, atau sensor di luar kotaknya saat terjadi hujan lebat atau sambaran petir.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan diawali dengan melakukan sosialisasi persiapan pelatihan. Pada Tahap ini berfokus pada penentuan kebutuhan, kesiapan, dan kesamaan persepsi dengan mitra MTs Pakis. Pada tahap ini dilakukan rapat koordinasi yang dilaksanakan pada tanggal 29 Juni 2025 dengan pengelola sekolah dan perwakilan siswa. Setelah itu, dilakukan pengukuran kondisi awal dry house (berbahan plastik UV) yang menunjukkan fluktuasi suhu dan kelembaban tinggi, serta durasi pengeringan yang tidak konsisten (rata-rata 5 hari). Hasil survei ini menjadi justifikasi kuat untuk dilakukannya perbaikan infrastruktur dan penerapan IoT.

Tahap berikutnya adalah menerapkan Teknologi dan Perbaikan Infrastruktur. Dinding dry house diganti dari plastik UV ke bahan polycarbonate, yang meningkatkan efisiensi insulasi dan transmisi panas, mempersingkat siklus pengeringan. Selanjutnya dilakukan instalasi Sistem IoT dan K3. Sistem sensor suhu/kelembaban (ESP-based) diinstalasi dan terintegrasi dengan dashboard pemantauan real-time. Pemasangan MCB, ELCB, dan grounding dilakukan sesuai standar K3 listrik. Semua komponen elektronik dilindungi dalam kotak IP65 untuk menjamin keamanan dan ketahanan perangkat. Sistem kelistrikan IoT didukung oleh panel surya kecil, menjamin operasional perangkat yang efisien energi dan independen.

Tahap ketiga Adalah dilaksanakan kegiatan pendampingan peningkatan Produktivitas dan Kualitas Biji Kopi “Igir Alas” Melalui Pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) untuk Sistem Pengeringan di MTs Pakis. Kegiatan dilaksanakan selama 2 hari, yaitu pada tanggal 3 - 4 September 2025. Kegiatan pelatihan ini diikuti oleh 30 siswa dan 1 Pengelola MTs Pakis sesuai dengan hasil rekrutmen sebelumnya.

Sebelum pelatihan dimulai, di hari pertama, *pretest* diberikan kepada peserta dengan tujuan untuk mengukur tingkat pemahaman awal peserta terkait IoT dan proses meningkatkan kualitas biji (green bean) dan kopi (roastbean). *Pretest* ini terdiri dari 20 pertanyaan pilihan ganda yang mencakup:

1. Pengetahuan dasar tentang Internet of Things.
2. Pemahaman tentang Pengoperasian IoT dan Solar Panel beserta troubleshooting nya.
3. Pemahaman tentang peningkatan kualitas biji kopi melalui batas ideal pengeringan dan pengukuran kelembaban biji kopi, serta teknik *roasting* dan *grinding* untuk menghasilkan kopi yang berkualitas, dan
4. Pemahaman tentang bagaimana menyusun pembukuan sederhana.

Dari hasil *pretest* 30 peserta, didapatkan rata-rata skor *pretest* adalah 30. Hal menunjukkan gambaran bahwa pengetahuan peserta pelatihan masih cukup terbatas. Pemahaman yang dimiliki oleh peserta masih sebatas mengetahui proses konvensional terkait bagaimana menjemur, mengolah biji kopi dari cherry sampai dengan green bean dan menjual produk green bean tanpa pembukuan yang benar. Kegiatan pendampingan pemanfaatan Internet of Things (IoT) untuk sistem pengeringan dan peningkatan kualitas biji kopi di MTs Pakis ditampilkan pada gambar 1.



Gambar 1. Pelatihan Pemanfaatan teknologi Solar Panel dan IoT secara umum

Setelah *pretest* dilakukan, tahap selanjutnya adalah penyampaian materi. Materi dihari pertama terbagi menjadi dua materi utama, yaitu; pengenalan teknologi solar panel dan IoT disertai dengan contoh penerapannya di lapangan seperti yang ditampilkan pada gambar 2(a). Materi kedua adalah pengenalan nama dan fungsi beberapa perangkat Solar Panel dan IoT yang telah terpasang di *dry house* MTs Pakis. Setelah pematerian di hari pertama selesai, kegiatan dilanjutkan dengan sesi tanya jawab. Pada sesi ini terdapat 3 peserta yang memberikan pertanyaan seputar pemanfaatan teknologi IoT, karena bagi mereka teknologi IoT merupakan suatu hal yang baru. Peserta juga sangat antusias untuk menanyakan tentang fungsi perangkat-perangkat pada solar panel dan IoT yang mereka temui. Setelah dirasa cukup maka sesi pelatihan di hari pertama ditutup oleh pembawa acara dan dilanjutkan di hari kedua. Pelaksanaan pelatihan di hari kedua tentang peningkatan kualitas kopi dan sistem pengeringan Kopi ditampilkan pada Gambar 2(b).



(a)



(b)

Gambar 2. Pelatihan (a) sistem pengeringan dan (b) proses *roasting* kopi

Di Hari kedua pelatihan, peserta mendapatkan materi mengenai bagaimana cara membaca data suhu-kelembaban, melakukan kalibrasi sensor, hingga troubleshooting sederhana, peserta juga diajarkan tentang beberapa tips pengeringan kopi sesuai standar industri, termasuk menentukan berapa durasi pengeringan optimal dengan mengukur kelembaban biji kopi menggunakan alat *Grain Moisture tester*. Tujuan dari semua tahapan pelatihan agar pengelola MTs Pakis dan siswa memahami alat-alat yang telah dipasang, melakukan monitoring suhu dan kelembaban, serta melakukan trouble shooting jika terdapat masalah pada inverter atau SSC solar panel. Sedangkan materi terakhir berkaitan dengan prosedur pascapanen lain, diantaranya Teknik *roasting*, *grinding*, serta penyusunan pembukuan laporan keuangan. Tujuannya agar peserta memahami Teknik memasak dan menghaluskan kopi agar menghasilkan kopi yang berkualitas. Selain itu, peserta juga memiliki kemampuan untuk menyusun laporan keuangan sederhana terkait penjualan biji kopi. Pada sesi kedua pelatihan juga dibuka sesi tanya jawab bagi peserta. Pengelola MTs Pakis sangat antusias untuk menanyakan mengenai troubleshooting khususnya penanganan pada perangkat solar panel apabila baterai kehabisan daya. Pengelola juga antusias untuk bertanya tentang pola pembukuan keuangan yang cocok terkait penjualan kopi. Peserta lain juga menanyakan tentang penggunaan alat pengukur kelembaban kopi dan bagaimana pengaruh kualitas kopi jika kadar air pada kopi di bawah 10% atau di atas 12%. Setelah sesi tanya jawab ditutup, kegiatan selanjutnya adalah dilakukan sesi evaluasi *posttest*.

Peningkatan kapasitas kognitif dan teknis peserta (30 siswa dan 1 pengelola) diukur melalui kuis *pretest* dan *posttest* dengan skor maksimum 100. Analisis statistik deskriptif diperkaya dengan mencantumkan standar deviasi (*Standard Deviation - SD*) dan median-rentang interkuartil (*Interquartile Range - IQR*) untuk memberikan gambaran yang lebih lengkap mengenai sebaran data. Tabel 2 menunjukkan hasil statistik Deskriptif Skor *Pretest* dan *Posttest*.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Skor Pretest dan Posttest

Parameter Statistik	Skor <i>Pretest</i> (P)	Skor <i>Posttest</i> (Po)	Peningkatan (Po - P)
Rata-rata (<i>Mean</i>)	30,00	82,00	+52,00
Simpangan Baku (SD)	5,50	8,20	
Median	30,00	85,00	
IQR (Q3 - Q1)	10,00	10,00	
N	31	31	

Rata-rata skor *pretest* peserta adalah 30, yang menunjukkan bahwa peserta memiliki pengetahuan yang terbatas mengenai teknik pengeringan kopi dan teknologi IoT sebelum pelatihan. Setelah mengikuti pelatihan, rata-rata skor *posttest* meningkat secara signifikan menjadi 82. berdasarkan perhitungan peningkatan persentase didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\% \Delta = \frac{(82-30)}{30} \times 100\% = 173\%$$

Terdapat peningkatan persentase didapatkan peningkatan sebesar 173% jauh melampaui target minimal yang ditetapkan yaitu 40%. Selanjutnya hasil perhitungan dari efektivitas pembelajaran didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\langle g \rangle = \frac{(82 - 30)}{100 - 30} \approx 0,74$$

Nilai $\langle g \rangle = 0,74$ menunjukkan efektivitas pelatihan yang tinggi ($\langle g \rangle \geq 0,7$). Peningkatan pemahaman persentase mencapai 173%, jauh melampaui target minimal 40%. Kriteria keberhasilan 70% peserta mencapai skor ≥ 80 terpenuhi (30 dari 31 peserta, atau $\approx 96,7\%$).

Selain evaluasi pemahaman, dilakukan juga evaluasi perubahan dalam produktivitas dan kualitas biji kopi setelah penerapan teknologi IoT dalam pengeringan. Tabel 3 menampilkan perbandingan hasil pengeringan sebelum dan sesudah pelatihan.

Tabel 3. Evaluasi Kinerja Proses Pengeringan (Sebelum dan Sesudah Pelatihan)

Aspek Evaluasi	Sebelum Penerapan IoT	Setelah Penerapan IoT	Peningkatan (%)
Durasi Pengeringan (per batch 20 kg)	7-8 hari	4-5 hari	40% lebih cepat
Kapasitas Pengeringan	20 kg per 12 hari	40 kg per 12 hari	100% peningkatan
Kualitas Biji Kopi (Kadar Air)	Tidak seragam, >12% kadar air	Seragam, <10% kadar air	80% pengurangan ketidakaturan

Durasi pengeringan berkurang secara signifikan setelah penggunaan teknologi IoT, memungkinkan pengeringan lebih cepat dan efisien. Kapasitas pengeringan meningkat dua kali lipat, memungkinkan produksi lebih besar dalam waktu yang sama. Kualitas biji kopi meningkat dengan kadar air yang lebih seragam, mengurangi risiko pembusukan dan meningkatkan daya saing produk. Meskipun demikian masih terdapat tantangan dalam implementasi, diantaranya adalah fluktuasi suhu dan kelembaban lingkungan yang ekstrem pada hari-hari hujan atau mendung masih menjadi faktor pembatas, hal ini mempengaruhi kondisi suhu di ruangan dryhouse. Rencana Tindak Lanjut untuk Keberlanjutan akan mengintegrasikan log operasional ke dalam basis data historis untuk memfasilitasi pembuatan model prediksi end-point pengeringan dan penambahan flow meter pada proses pencucian kopi (wet process) untuk memantau dan mengoptimalkan efisiensi penggunaan air, mendukung prinsip keberlanjutan.

4. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat ini berhasil mengatasi tantangan kritis dalam proses pengeringan kopi "Igir Alas" di MTs Pakis, sebuah sekolah yang mengandalkan produksi kopi untuk kemandirian finansialnya. Masalah utama mitra adalah proses pengeringan yang masih konvensional, tidak efisien, rentan terhadap fluktuasi suhu dan kelembaban, serta memiliki durasi lama (7–8 hari). Intervensi inti program meliputi instalasi sistem pemantauan berbasis Internet of Things (IoT) di dry house berstandar K3, diikuti dengan pelatihan peningkatan kapasitas yang komprehensif kepada 30 siswa dan 1 pengelola, bertujuan mentransfer pengetahuan dan keterampilan teknis.

Hasil evaluasi menunjukkan efektivitas program yang sangat tinggi. Peningkatan pemahaman kognitif terbukti signifikan, dengan rata-rata skor posttest meningkat dari 30,00 menjadi 82,00. Kenaikan ini setara dengan peningkatan persentase sebesar 173% (% Δ), dan menunjukkan efektivitas pembelajaran yang tinggi dengan Normalized Gain ($\langle g \rangle$) sebesar 0,74. Secara operasional, penerapan IoT mempercepat durasi pengeringan dari 7–8 hari menjadi 4–5 hari, meningkatkan kapasitas pengeringan sebesar 100% (dari 20 kg menjadi 40 kg per 12 hari), dan meningkatkan kualitas biji kopi dengan mengurangi ketidakteraturan kadar air hingga 80%.

Program ini membuktikan bahwa adopsi teknologi berbasis data mampu meningkatkan kualitas dan produktivitas kopi, serta memperkuat kemandirian finansial mitra. Meskipun terdapat tantangan berupa pengaruh cuaca ekstrem (sistem masih monitoring pasif), keberlanjutan program akan dijamin melalui beberapa indikator follow-up kritis: pengembangan Bank Data Kadar Air untuk model prediksi pengeringan, rencana penambahan flow meter untuk mengukur efisiensi air, dan pelaksanaan Pelatihan Lanjutan (roasting, brewing, dan pemasaran digital) untuk mengoptimalkan dampak ekonomi dan kemandirian mitra.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim kegiatan pelatihan dan pendampingan Pelatihan Pemanfaatan IoT untuk Pengeringan Kopi dan Peningkatan Kualitas di MTs Pakis mengucapkan terima kasih atas pendanaan yang diberikan oleh Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Republik Indonesia Tahun 2025 dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Amikom purwokerto serta kepada seluruh peserta kegiatan pelatihan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Siagian, F. H. Napitupulu, H. Ambarita, H. V. Sihombing, Y. P. Sibagariang, H. S. Siagian, "The Effect of Varying the Air Flow In A Solar Collector on the Quality of Arabica Coffee Beans," *Fluids*, Vol. 9, No. 3, P. 75, Mar. 2024, Doi: 10.3390/Fluids9030075.
- [2] B. Soeswanto, N. L. E. Wahyuni, G. Prihandini, "The Development of Coffee Bean Drying Process Technology – A Review," 2021. Doi: 10.2991/Aer.K.211106.026.
- [3] M. Martinius, A. Fauzi, Z. Resti, "Post-Harvest Fungal Infection in Arabica Coffee Beans (*Coffea Arabica* Linnaeus) In The Coffee Center Of West Sumatra Province, Indonesia," *J. Prot. Tanam. (Journal Plant Prot.*, Vol. 6, No. 2, Pp. 1–10, Dec. 2022, Doi: 10.25077/Jpt.6.2.1-10.2022.
- [4] C. Acosta-Minoli, P.-C. Carmona, M. Mesa-Mazo, J.-D. Vargas-Gil, J.-P. Velásquez, "Iot-Based Technology for the Coffee Drying Process Data Analysis of Small Farmers," *Rev. Fac. Ing.*, Vol. 33, No. 69, P. E17404, Jul. 2024, Doi: 10.19053/Uptc.01211129.V33.N69.2024.17404.
- [5] J. Rutayisire, S. Markon, N. Raymond, "Iot Based Coffee Quality Monitoring and Processing System in Rwanda," In *2017 International Conference On Applied System Innovation (Icasi)*, Ieee, May 2017, Pp. 1209–1212. Doi: 10.1109/Icasi.2017.7988106.
- [6] I. Noer Syamsiana, M. A. Wahyudi, T. U. Syamsuri, N. Nafisah, A. D. W. Sumari, "Implementasi

- Sistem Monitoring Alat Pengereng Biji Kopi Berbasis IoT (Internet Of Things)," *Elposys J. Sist. Kelistrikan*, Vol. 11, No. 1, Pp. 62–67, Feb. 2024, Doi: 10.33795/Elposys.V11i1.4964.
- [7] N. Zaky, M. Basri, "Prototype of Temperature and Humidity Control System in Dry House or Coffee Drying Dom using Nodemcu Esp8266," *Hanif J. Inf. Syst.*, Vol. 2, No. 2, Pp. 79–86, Mar. 2025, Doi: 10.56211/Hanif.V2i2.33.
- [8] A. Amuddin, J. Sumarsono, S. Salman, "Internet of Things and Lora-Based Monitoring System on Solar Dryer Dome for Coffee Drying," *J. Agrotek Ummat*, Vol. 12, No. 1, P. 22, Jan. 2025, Doi: 10.31764/Jau.V12i1.28751.
- [9] E. K. Pramono, M. A. Karim, A. Fudholi, R. Bulan, R. Lapcharoensuk, A. Sitorus, "Low Cost Telemonitoring Technology of Semispherical Solar Dryer for Drying Arabica Coffee Beans," *Inmateh Agric. Eng.*, Pp. 340–350, Apr. 2022, Doi: 10.35633/Inmateh-66-34.
- [10] E. M. Meja, S. K. Dubbe, A. Bekele, K. F. Wolde, M. S. Adaramola, "Investigating the Performance and Optimization of Solar Coffee Drying Technologies—A Systematic Review," *J. Food Process. Preserv.*, Vol. 2025, No. 1, Jan. 2025, Doi: 10.1155/Jfpp/7907660.
- [11] S. M. Suryaniadi, N. P. M. Lina, I. P. O. Priyana, "Pelatihan Pasca Panen untuk Meningkatkan Kualitas Citarasa Kopi Robusta di Desa Pucaksari, Buleleng," *Bhakti Persada*, Vol. 9, No. 1, Pp. 51–58, Mar. 2023, Doi: 10.31940/Bp.V9i1.51-58.
- [12] D. A. Priyadi, G. S. Prayogo, K. M. Nur, "Peningkatan Kualitas Kopi Telemung Khas Banyuwangi dengan Penggunaan Pulper Double Layer dan Metode Pengolahan Kopi Honey Process," *Selaparang J. Pengabdi. Masy. Berkemajuan*, Vol. 7, No. 2, P. 746, Jun. 2023, Doi: 10.31764/Jpmb.V7i2.14266.
- [13] L. Santu, I. H. Jandu, E. N. Keraru, M. S. Ngoni, M. V. M. Bana, "Pelatihan dan Pengenalan cara Pengolahan Kopi untuk Meningkatkan Keterampilan di SMKN Kuwus Golo Welu," *Abdimas Galuh*, Vol. 6, No. 2, P. 1374, Sep. 2024, Doi: 10.25157/Ag.V6i2.15039.
- [14] H. Zahara, F. Fadli, E. Tambarta, I. Sinta, "Improving Working Age Youth Entrepreneurs Skills With Product Quality Improvement Training and Cupping Coffee Tests to Face New Normal Challenges in North Aceh," *Irpitage J.*, Vol. 2, No. 1, Pp. 7–14, Nov. 2021, Doi: 10.54443/Irpitage.V2i1.62.
- [15] W. Zulfikar, F. I. Khalil, S. Antesty, O. Saputra, M. Fuadi, "Penguatan SDM Petani dan Pengusaha Kopi untuk Peningkatan Kualitas Produk kopi di Desa Karang Sidemen Kabupaten Lombok Tengah," *J. Pengabdi. Magister Pendidik. Ipa*, Vol. 7, No. 4, Pp. 1243–1248, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.29303/jpmpmi.V7i4.9419>
- [16] G. P. A. J. S. K. A. Subamia, K. K. Heryanda, "Pengaruh Pelatihan dan Motivasi Kerja Terhadap Produktivitas Kerja Petani Kopi di Desa Gitgit," *Jebm J. Manaj.*, Vol. 15, No. 1, Pp. 34–43, 2023.
- [17] R. Ferdiansyah, "Enhancing Coffee Farmers' Productivity Through the Implementation of Huller Technology in Srigading Village," *J. Pengabdi. Masy.*, Vol. 6, No. 1, Pp. 38–47, May 2025, Doi: 10.32815/Jpm.V6i1.2316.
- [18] Dan M. F. Ahmad Nurkhin, S. Martono, Muhsin, Fachrurrozie, "Desa Kopi Wirogomo: Pemberdayaan Sanggar Tani Muda Berbasis Integrated Coffee Processing Guna Meningkatkan Kualitas Produktivitas Petani Kopi Milenial," *J. Implementasi*, Vol. 1, No. 2, Pp. 139–145, 2021.