



IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING DAN KONTROL SUHU SERTA KELEMBAPAN BERBASIS IoT PADA GUDANG PENYIMPANAN KOPI

Article history

Received: 11 Juli 2026

Revised: 31 Juli 2026

Accepted: 15 Agustus 2026

DOI: [10.35329/jp.v6i3.7426](https://doi.org/10.35329/jp.v6i3.7426)

¹*Nurhaya Kusmiah, ¹Aulia Magfhira Ichwan, ¹Fatimah,
¹Muh. Dzulkifly Ashan

¹Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan, Pangkep,
Indonesia.

**Corresponding author*

nurhayakusmiah@gmail.com

Abstrak

Sebagai salah satu produsen kopi terbesar di dunia, Indonesia mencatatkan produksi hingga 700.000 ton dengan nilai ekspor mencapai USD 1,49 miliar pada tahun 2024. Meskipun permintaan pasar domestik dan internasional terus meningkat, ketersediaan biji kopi bermutu tinggi masih terkendala oleh kondisi lingkungan gudang penyimpanan yang kurang optimal. Hal ini memicu ketidakterkendalian kadar air dan kerusakan fisik, yang mengurangi nilai jual produk. Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini bertujuan menghasilkan dan menerapkan alat monitoring dan kontrol otomatis suhu serta kelembapan berbasis Internet of Thing (IoT) pada gudang penyimpanan biji kopi di Desa Pallantikan, Kecamatan Pattallassang, Kabupaten Gowa, sekaligus meningkatkan kapasitas kelompok tani dalam pengelolaan pascapanen. Kegiatan ini menjadi solusi teknis dalam menjaga optimalitas kondisi gudang guna mempertahankan kualitas biji kopi sesuai standar pasar. Metode yang digunakan meliputi observasi kondisi Gudang, instalasi alat, pemantauan lingkungan, serta pelatihan dan pendampingan, suhu dan kelembapan dipantau secara kontinu dengan interval waktu 5 menit, kemudian diolah menjadi data rata – rata per jam. Hasil pemantauan menunjukkan bahwa sebelum penerapan alat, suhu Gudang mencapai 40 – 41°C dengan kelembapan 37 – 38% pada periode siang hari, sedangkan setelah penerapan alat, kondisi lingkungan Gudang menjadi cukup terkendali dan dapat ditekan tidak mencapai suhu 40°C. Sedangkan evaluasi pre-test dan post-test menunjukkan peningkatan pengetahuan peserta pada aspek manajemen gudang maupun integrasi teknologi dengan N-Gain Rata-Rata 0,81 (Kategori Tinggi). Penerapan teknologi dan pendampingan ini memberikan manfaat dalam meningkatkan kapasitas kelompok tani serta mendukung pengelolaan penyimpanan biji kopi yang lebih terukur dan berbasis data.

Kata kunci: *gudang penyimpanan; iot; kopi; kontrol otomatis; kelompok tani*

1. PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditas hasil perkebunan unggulan yang memiliki peran krusial dalam menopang perekonomian di Indonesia. Komoditas ini memberikan pemasukan devisa yang signifikan melalui perdagangan internasional, di mana nilai ekspor kopi berkontribusi aktif pada neraca perdagangan nonmigas nasional. Indonesia sendiri tercatat sebagai salah satu produsen kopi terbesar di dunia. Pada tahun 2024, produksi kopi Indonesia sempat mencapai rekor tertinggi hingga 700.000 ton dengan nilai ekspor menembus angka USD 1,49 miliar (Agustin, 2022). Tren permintaan komoditas ini terus menunjukkan peningkatan yang konsisten, baik di pasar domestik maupun internasional,

seiring dengan bertambahnya jumlah konsumen dan pesatnya perkembangan industri kopi. Namun demikian, peningkatan permintaan pasar yang masif ini belum sepenuhnya diimbangi dengan ketersediaan biji kopi yang memiliki kualitas dan mutu yang baik. Di lapangan, masih sering dijumpai komoditas biji kopi dengan mutu yang kurang optimal, seperti masalah ketidakterkendalian kadar air, kerusakan fisik, serta penurunan cita rasa (Alya, 2025). Masalah-masalah mutu tersebut pada akhirnya menurunkan nilai jual dan daya saing kopi di pasar global (Rifka Alkhilyatul Ma'rifat, I Made Suraharta, 2024).

Bagi sebagian besar petani kopi, kegiatan ini dijadikan sebagai mata pencaharian utama yang menjadi tumpuan hidup keluarga. Sebagai kelompok masyarakat produktif, petani memerlukan perhatian khusus terkait aspek pendapatan dan keberlanjutan usahanya. Namun dalam praktiknya, aspek pascapanen terutama pada tahap penyimpanan sering kali diabaikan. Penyimpanan biji kopi yang tidak dikelola dengan baik menyebabkan penurunan mutu drastis selama masa simpan, yang berujung pada kerugian ekonomi akibat turunnya ekspektasi pendapatan petani (Arini, 2025).

Permasalahan penyimpanan tradisional ini secara nyata ditemukan pada mitra kegiatan, yaitu Kelompok Tani Kopi Orosipoko yang terletak di Dusun Bilayya, Desa Pallantikang, Kecamatan Pattallassang, Kabupaten Gowa, yang masih menerapkan metode penyimpanan tradisional dan sederhana. Biji kopi dalam bentuk kopi beras hanya disimpan di dalam karung plastik, lalu ditumpuk langsung di atas lantai tanpa alas palet. Kondisi gudang mitra tidak memiliki alat pengatur suhu dan kelembapan, memiliki ventilasi yang sangat terbatas, serta pencahayaan yang minim. Akibat disimpan dalam waktu yang lama pada kondisi tersebut, biji kopi menjadi rentan terpapar udara lembap, mengalami fluktuasi suhu, dan terkontaminasi oleh lingkungan (Prasetyo, E., & Wijaya, K, 2023). Proses penyerapan uap air dari lingkungan memicu pembusukan dan pertumbuhan jamur yang berdampak langsung pada penurunan harga jual serta penolakan dari pihak pembeli (Soraya et al., 2023).

Untuk mengatasi kendala ini, penerapan inovasi teknologi digital pada gudang penyimpanan hadir sebagai langkah strategis demi menjaga stabilitas mutu fisik dan sensori biji kopi (Dahlan, 2024). Upaya pengenalan teknologi ini sejalan dengan target Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya SDG 1 (Tanpa Kemiskinan) dan SDG 8 (Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi) melalui peningkatan pendapatan petani, serta SDG 12 (Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab) dalam mendorong praktik pascapanen berkelanjutan. Selain itu, kegiatan ini mendukung program nasional Asta Cita terkait ketahanan ekonomi berbasis pertanian dan Rencana Induk Riset Nasional (RIRN) pada fokus pangan dan pertanian berkelanjutan.

Berdasarkan permasalahan yang dihadapi mitra, kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini bertujuan untuk menghasilkan dan menerapkan sistem kontrol otomatis suhu dan kelembapan berbasis Internet of Things (IoT) pada gudang penyimpanan kopi Kelompok Tani Orosipoko. Implementasi teknologi ini diharapkan mampu menjadi solusi teknis yang efektif dalam menjaga kondisi lingkungan gudang tetap optimal, sehingga kualitas biji kopi dapat dipertahankan sesuai standar pasar dan kesejahteraan ekonomi petani dapat ditingkatkan secara berkelanjutan (Wibowo, A., & Handayani, S., 2024).

2. METODE

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini dirancang menggunakan pendekatan transfer teknologi partisipatif (participatory technology transfer approach). Pendekatan ini mengintegrasikan rekayasa teknologi kontrol otomatis dengan program edukasi berbasis komunitas tani. Rancangan kegiatan berfokus pada penyelesaian masalah krusial penyimpanan pascapanen mitra melalui instalasi perangkat keras, digitalisasi pemantauan lingkungan, dan pendampingan intensif guna memastikan adopsi teknologi berjalan secara berkelanjutan. Tim pelaksana PkM terdiri dari dosen dan mahasiswa lintas disiplin ilmu, yang bertindak sebagai fasilitator, perancang sistem IoT, dan pemateri

edukasi, sedangkan mitra sasaran kegiatan ini yakni Kelompok Tani Kopi orosipoko yang terletak di Dusun Bilayya, Desa Pallantikang, Kecamatan Pattallassang, Kabupaten Gowa.

2.1. Tahapan Kegiatan

Pelaksanaan kegiatan PkM ini dibagi secara terstruktur ke dalam tiga tahapan utama:

- 2.2.1. Tahap Persiapan dan Analisis Situasi: Tahap ini meliputi observasi fisik dimensi gudang, pengukuran awal fluktuasi suhu dan kelembapan eksisting, serta diskusi terfokus bersama mitra mengenai kendala teknis penyimpanan.
- 2.2.2. Tahap Perancangan dan Implementasi Alat: Tim pelaksana merakit dan melakukan kalibrasi sistem kontrol otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang mengintegrasikan mikrokontroler, sensor suhu/kelembapan, dan aktuator pengondisi udara. Perangkat ini kemudian diinstalasi secara langsung di gudang penyimpanan milik mitra.
- 2.2.3. Pendampingan One-on-One: Pelatihan langsung kepada pengurus kelompok tani mengenai cara membaca data sensor pada perangkat atau aplikasi monitoring, serta teknik perawatan dasar alat
- 2.2.4. Monitoring dan Evaluasi: Tahap ini tim melakukan kunjungan untuk melakukan pemantauan progress kegiatan yang telah dilakukan oleh kelompok tani, pada tahap ini juga dilakukan observasi serta memberikan kuesioner kepada anggota kelompok tani guna mengukur Tingkat pengetahuan mitra setelah kegiatan Pk Mini dilaksanakan, kemudian selanjutnya dilakukan evaluasi, yakni membandingkan kondisi awal sebelum kegiatan dilakukan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pelaksanaan Kegiatan

Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat dilakukan dengan berbagai tahapan, yakni:

3.1.1. Tahap Persiapan dan Analisis Situasi:

Pada tahap awal ini, tim pelaksana PkM melakukan survei lapangan dan observasi langsung terhadap kondisi fisik gudang penyimpanan biji kopi. Berdasarkan hasil pengukuran parameter lingkungan di dalam gudang, adanya kondisi mikro yang sangat tidak ideal bagi komoditas pascapanen. Suhu di dalam ruangan gudang tercatat sangat panas hingga mencapai 45°C, yang diikuti dengan tingkat kelembapan udara (*Relative Humidity*) yang cukup tinggi akibat sirkulasi udara yang buruk. Kondisi lingkungan yang ekstrem dan tidak terkontrol ini menjadi faktor utama yang mengganggu mutu dan stabilitas fisik biji kopi selama masa simpan. Fluktuasi suhu yang tinggi mempercepat penurunan kualitas cita rasa (aroma dan keasaman) serta memicu peningkatan kadar air biji kopi (Sutrisno, T. (2022), yang pada akhirnya berdampak langsung pada penurunan harga jual di tingkat pengepul serta melemahkan daya saing ekonomi para petani mitra.



Gambar 1. Survey Lokasi Penelitian

3.1.2. Tahap Perancangan dan Implementasi Alat

Pada tahapan ini, tim pelaksana merekayasa dan mengimplementasikan sistem kontrol lingkungan gudang berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dirancang khusus untuk

mengatasi masalah termal pada gudang mitra. Arsitektur sistem ini mengintegrasikan komponen perangkat keras (*hardware*) yang meliputi sensor, mikrokontroler, aktuator, dan perangkat antarmuka visual (*display monitor*). Proses akuisisi data lingkungan dilakukan menggunakan sensor suhu dan kelembapan digital berpresisi tinggi yang diletakkan di beberapa titik strategis gudang. Data mentah dari sensor tersebut kemudian dikirim secara berkala ke mikrokontroler utama yang berfungsi sebagai pusat pemroses data dan pengendali logika system (Kurniawan, A., Santoso, B., & Setiawan, H., 2025). Untuk menjamin keamanan operasional, seluruh komponen elektronik utama, modul daya, dan sistem proteksi arus listrik dipasang secara rapi di dalam sebuah *panel box* isolatif guna menghindari risiko korsleting akibat debu atau kelembapan gudang.

Sistem kendali otomatis ini bekerja menggunakan prinsip *threshold* (nilai ambang batas). Ketika sensor membaca suhu ruangan melebihi 28°C, mikrokontroler akan mengirimkan sinyal perintah untuk mengaktifkan aktuator berupa kipas pembuangan (*exhaust fan*), suhu ini diharapkan tercapai agar kelembapan mampu dikontrol tidak melebihi 70%, hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu yang menyatakan suhu aman untuk penyimpanan kopi yakni berkisar antara 25 – 30 °C (Pane et al., 2022). Kipas tersebut berfungsi mengalirkan udara panas keluar gudang dan memasukkan udara segar hingga kondisi termal kembali stabil di bawah batas kritis. Selain melakukan kontrol otomatis, sistem ini dikoneksikan ke jaringan internet melalui modul Wi-Fi tertanam pada mikrokontroler, sehingga seluruh data monitoring dapat ditransmisikan ke server awan (*cloud server*) secara *real-time*. Di dalam ruang gudang, tim pelaksana menginstalasi sebuah TV Android yang berfungsi sebagai dasbor pemantauan utama. Layar TV Android ini menampilkan grafik fluktuasi suhu dan kelembapan secara *online* dan aktual, memudahkan petani memantau kondisi ruang simpan mereka tanpa perlu melakukan pengecekan manual (Pratama, 2025)



Gambar 2. Perancangan Alat Kontrol Otomatis



Gambar 3. Ilustrasi Mekanisme Kerja Alat Kontrol Otomatis

3.1.3. Pendampingan *One-on-One*

Setelah sistem kontrol suhu dan kelembapan berbasis Internet of Things (IoT) berhasil diimplementasikan, kegiatan dilanjutkan dengan tahap pendampingan kepada anggota Kelompok Tani sebagai pengguna utama teknologi, dimana peserta pada kegiatan ini sebanyak 15 orang dan dilakukan selama 1 bulan lebih. Pendampingan ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas mitra dalam mengelola gudang penyimpanan kopi secara efektif serta memastikan teknologi yang telah dipasang dapat dimanfaatkan secara optimal dan berkelanjutan. Materi pendampingan mencakup prinsip-prinsip manajemen gudang, mulai dari penataan komoditas berdasarkan jenis dan tingkat kadar air, pengaturan sirkulasi udara, kebersihan gudang, penerapan sistem *first in first out* (FIFO), hingga prosedur pemantauan kondisi lingkungan penyimpanan untuk mempertahankan mutu biji kopi selama masa penyimpanan. Melalui pemahaman tersebut, petani diharapkan mampu menerapkan tata kelola gudang yang lebih efisien sehingga risiko penurunan kualitas akibat suhu dan kelembapan yang tidak terkendali dapat diminimalkan.



Gambar 4. Pendampingan Tata Kelola Gudang

Selain penguatan aspek manajemen gudang, tim pelaksana juga memberikan pelatihan teknis mengenai pengoperasian sistem kontrol otomatis yang telah dipasang, kegiatan pelatihan teknis dilakukan selama 7 hari. Kegiatan ini meliputi pengenalan fungsi setiap komponen perangkat, cara mengaktifkan dan mematikan sistem, membaca informasi suhu dan kelembapan yang ditampilkan pada dasbor TV Android, serta menginterpretasikan grafik pemantauan secara *real-time*. Peserta juga dilatih untuk memahami mekanisme kerja sistem otomatis, termasuk proses aktivasi kipas *exhaust fan* ketika suhu ruang melebihi nilai ambang yang telah ditentukan, serta langkah-langkah sederhana dalam melakukan pengecekan dan perawatan rutin perangkat agar tetap berfungsi secara optimal. Selama proses pendampingan, peserta diberikan kesempatan melakukan praktik langsung (*hands-on training*) menggunakan sistem yang telah terpasang di gudang mitra dengan bimbingan tim pelaksana. Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan keterampilan operasional, membangun kepercayaan diri petani dalam memanfaatkan teknologi digital, serta menjamin keberlanjutan penggunaan sistem kontrol lingkungan gudang secara mandiri setelah program pengabdian berakhir.



Gambar 5. Pengoperasian Sistem Kontrol

3.1.4. Monitoring dan Evaluasi

Tahap monitoring dan evaluasi dilaksanakan setelah seluruh rangkaian kegiatan pelatihan dan pendampingan selesai dilakukan. Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan program, mengidentifikasi kendala yang masih dihadapi oleh mitra, serta memastikan bahwa teknologi dan pengetahuan yang telah diberikan benar-benar diterapkan dalam kegiatan penyimpanan kopi di gudang kelompok tani. Tim pelaksana melakukan kunjungan lapangan secara berkala untuk mengamati perkembangan implementasi sistem kontrol suhu dan kelembapan berbasis Internet of Things (IoT) (Suhardono, B, 2021), sekaligus mengevaluasi praktik manajemen gudang yang telah diterapkan oleh anggota kelompok tani. Selama proses monitoring, dilakukan observasi langsung terhadap kondisi gudang, cara pengoperasian alat kontrol otomatis, serta kepatuhan mitra dalam melakukan pemantauan suhu dan kelembapan secara rutin menggunakan dashboard yang telah disediakan. Selain observasi lapangan, tim juga melaksanakan evaluasi melalui penyebaran kuesioner dan pemberian tes kepada seluruh peserta pelatihan. Instrumen evaluasi terdiri atas **pre-test** yang diberikan sebelum pelaksanaan kegiatan serta **post-test** yang diberikan setelah seluruh rangkaian pelatihan dan pendampingan selesai. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui perubahan tingkat pengetahuan dan pemahaman peserta mengenai prinsip-prinsip manajemen gudang, faktor-faktor yang memengaruhi mutu kopi selama penyimpanan, serta cara pengoperasian dan pemeliharaan sistem kontrol otomatis suhu dan kelembapan.

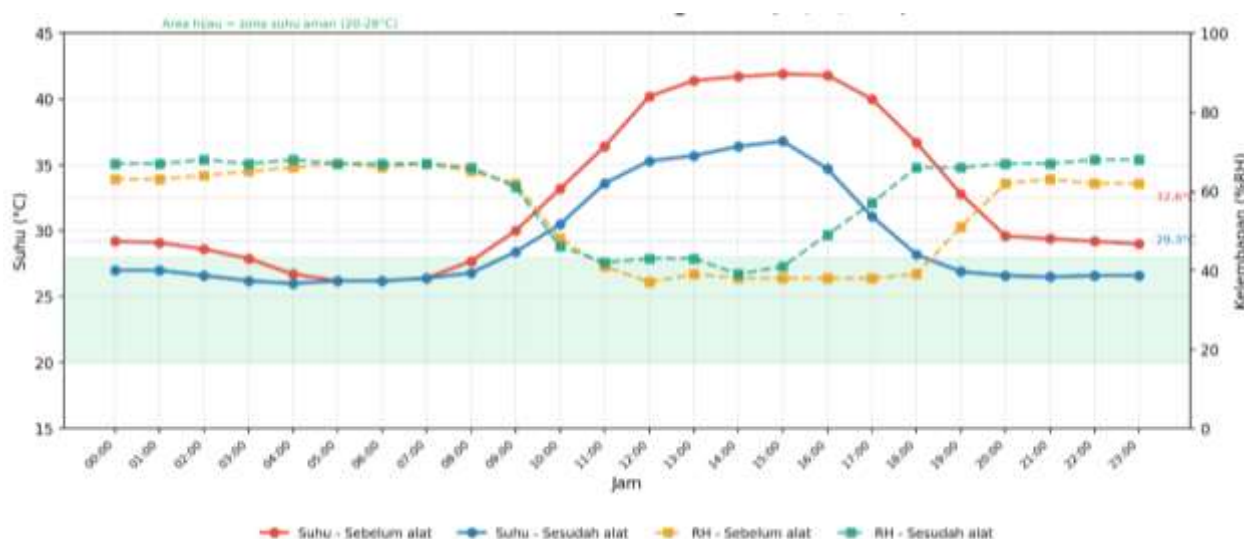
3.2. Analisis Data

3.2.1. Perubahan Suhu dan Kelembapan Pada Lingkungan Gudang

Pengambilan data suhu dan kelembapan menggunakan alat monitoring dengan sensor suhu dan kelembapan dilakukan sebelum menyambungkan alat dengan actuator kipas, suhu dan kelembapan diukur menggunakan alat secara kontinu selama 24 jam, dengan interval pengukuran setiap 5 menit. Data suhu dan kelembapan yang diperoleh dengan interval 5 menit selanjutnya diolah dengan menghitung nilai rata – rata untuk setiap periode 60 menit (1 jam). Hasil pengolahan data perbandingan sebelum dan setelah pemasangan alat disajikan pada gambar berikut ini.

Grafik menunjukkan fluktuasi perubahan suhu dan kelembapan di lingkungan Gudang selama 24 jam, sebelum dan setelah pengaplikasian alat kontrol, Dimana garis merah yakni suhu tanpa alat kontrol melonjak tajam disiang hari hingga keluar dari zona

aman, sedangkan garis biru menunjukkan suhu setelah alat diaplikasikan, dimana jauh lebih landai dan lebih dekat ke zona aman, sementara garis putus – putus yakni kelembapan menunjukkan pola berkebalikan, dimana ketika suhu meningkat, kelembapan menurun. Berdasarkan grafik tersebut terlihat bahwa, kondisi gudang sebelum pemasangan alat, terjadi kenaikan tajam pada siang hari di suhu $40,2^{\circ}\text{C}$ – $41,9^{\circ}\text{C}$ antara pukul 12.00 – 16.00, disertai kelembapan yang menurun anjlok di angka 37% – 38% . Suhu rata – rata harian yakni $32,6^{\circ}\text{C}$, dengan fluktuasi rentang maximum – minimum sebesar $15,7^{\circ}\text{C}$, kondisi ini tentunya tidak aman bagi penyimpanan biji kopi, dimana suhu tinggi yang berlangsung dalam waktu yang lama dapat menyebabkan peningkatan oksidasi lipid, akhirnya akan memengaruhi aroma dan cita rasa, peningkatan kadar air dan perubahan warna, sedangkan kelembapan yang relatif rendah akan menyebabkan kecenderungan biji kopi menyerap air dari udara. Kondisi suhu tinggi mencapai 40°C – 41°C termasuk faktor resiko terhadap percepatan deteriorasi, semakin tinggi suhu penyimpanan maka semakin cepat dan semakin besar kehilangan kadari air, dan semakin pendek umur simpan biji kopi (Cong et al., 2020). Aung Moon et al., (2022) Suhu yang lebih tinggi, dengan paparan yang lebih lama dari satu jam, mempercepat perubahan oksidatif pada biji kopi hijau selama penyimpanan.

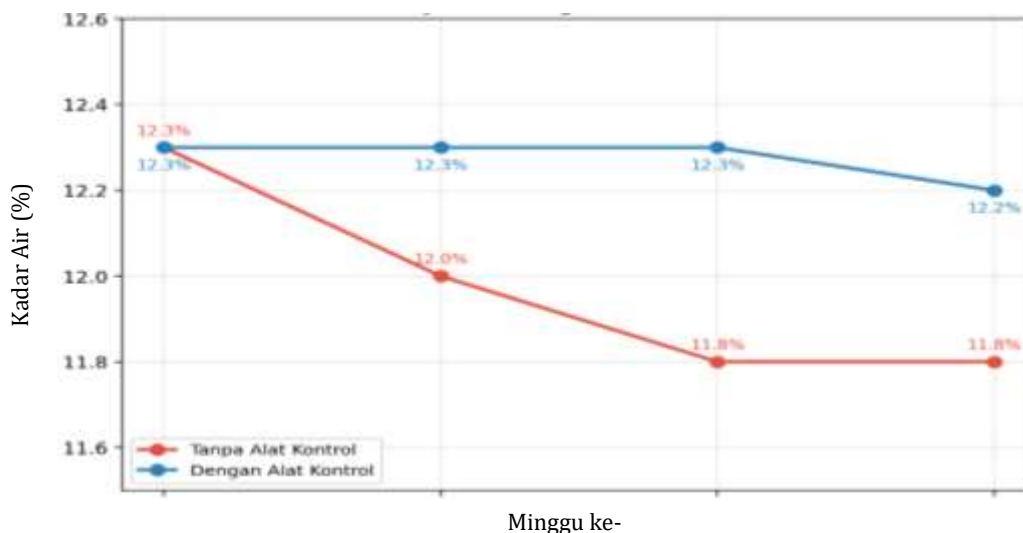


Gambar 6. Perbandingan Suhu dan Kelembapan Tanpa dan Dengan Alat Kontrol

Berbeda dengan suhu dan kelembapan setelah alat diaplikasikan, grafik menunjukkan pada siang hari suhu puncak mencapai $36,8^{\circ}\text{C}$, turun sekitar $\pm 5^{\circ}\text{C}$, fluktuasi suhu mengecil menjadi $10,8^{\circ}\text{C}$. dan suhu rata – rata harian di 29°C . kelembapan juga sedikit lebih terjaga dan lebih cepat Kembali ke zona ideal setelah sore hari. Setelah alat kontrol diaplikasikan terlihat bahwa, suhu gudang dapat dipertahankan pada rata – rata $\pm 29^{\circ}\text{C}$ – 30°C namun puncak tertinggi pada suhu $36,8^{\circ}\text{C}$ yang berlangsung selama 1 jam dan kelembapan pada $\pm 59\%$ - $60\%\text{RH}$, cukup ada perbaikan dibanding kondisi sebelumnya. Kondisi ini cukup aman bagi penyimpanan kopi dimana suhu rata – rata berkisar antara $\pm 29^{\circ}\text{C}$ – 30°C dan naik $36,8^{\circ}\text{C}$ selama 1 jam, risikonya relatif lebih rendah, serta kelembapan rata – rata $\pm 59\%$ - 60% tidak menunjukkan kondisi yang sangat lembap, kondisi ini bisa lebih aman terhadap terjadinya kerusakan mutu pada kopi saat penyimpanan.

3.2.2. Analisis Kadar Air Biji Kopi

Pengamatan kadar air biji kopi dilakukan sebelum dan setelah alat diaplikasikan, pengambilan data kadar air dilakukan dengan mengambil 100 biji kopi dan diukur menggunakan alat ukur kadar air, pengamatan dilakukan setiap 2 minggu sekali, dengan tiga kali ulangan pada satu karung yang sama. Berdasarkan pengamatan, perubahan kadar air selama penyimpanan dengan dan tanpa alat kontrol disajikan pada gambar berikut ini.



Gambar 7. Tren Kadar Air Biji Kopi Tanpa dan Dengan Alat Kontrol

Grafik menunjukkan kadar air biji kopi selama penyimpanan 6 minggu tanpa alat kontrol terjadi penurunan kadar air dari 12,3% menjadi 11,8%, biji kopi kehilangan kelembapan internal secara bertahap, sementara dengan pengaplikasian alat kontrol, kadar air jauh lebih stabil dari 12,3% ke 12,2%, nyaris tidak berubah. Hal ini sejalan dengan data fluktuasi suhu dan kelembapan, dimana sebelum alat diaplikasikan, suhu memuncak hingga 42 °C dengan RH paling rendah 38% pada siang hari, kondisi panas dan kering menyebabkan terjadinya migrasi kelembapan keluar dari biji menuju udara sekitar lingkungan yang lebih kering, setelah pengaplikasian alat, RH terjaga dari 59 – 60 %, tidak turun drastic, sehingga tekanan uap antara biji dan lingkungan lebih seimbang, dan kadar air biji tidak berubah drastis. Hal ini didukung oleh (Afina et al., 2025) lingkungan dengan suhu yang tinggi menyebabkan kelembapan yang tinggi sehingga dapat menyebabkan biji menyerap kelebihan uap air, fluktuasi suhu penyimpanan dapat mempercepat migrasi uap air dalam biji, memengaruhi struktur internal dan kualitas keseluruhannya. Suhu penyimpanan yang relative stabil membantu mencegah efek negative tersebut dan menjaga kualitas biji.

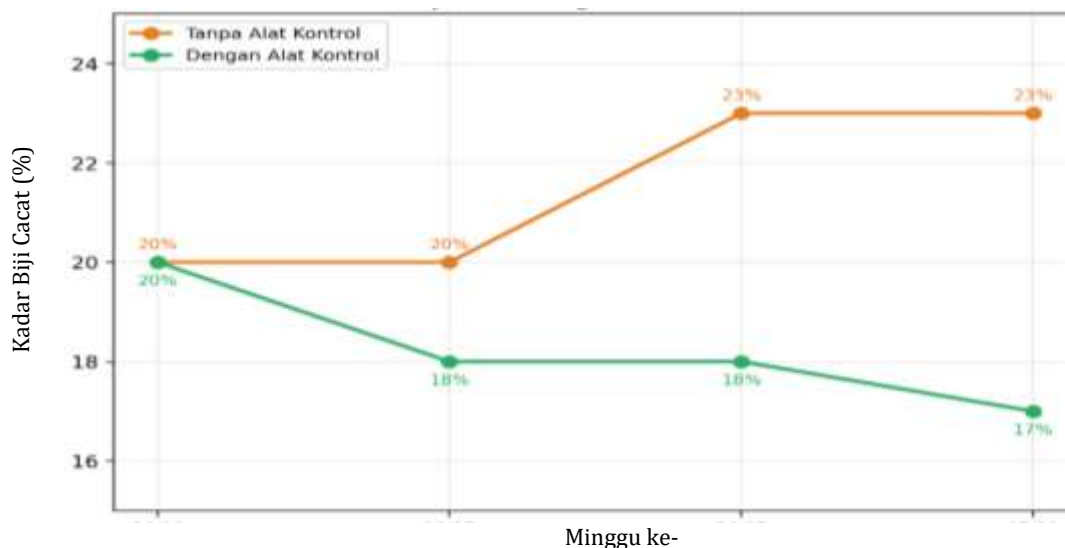
3.2.3. Analisa Kadar Biji Kopi Cacat

Pengamatan kadar air biji kopi dilakukan sebelum dan setelah alat diaplikasikan, pengambilan data kadar air dilakukan dengan mengambil 100 biji kopi dan menghitung biji kopi yang cacat, pengamatan dilakukan setiap 2 minggu sekali, dengan tiga kali ulangan pada satu karung yang sama. Berdasarkan pengamatan, kadar biji cacat selama penyimpanan dengan dan tanpa alat kontrol disajikan pada gambar berikut ini.

Berdasarkan grafik, data menunjukkan bahwa biji cacat meningkat dari 20% menjadi 23% sebelum alat kontrol diaplikasikan, berbeda dengan kadar biji cacat setelah pengaplikasian alat kontrol, biji cacat menurun 20% menjadi 17%, dari data ini terlihat berkesinambungan dengan kondisi suhu dan RH pada lingkungan penyimpanan, pada kondisi panas mencapai 40 °C dan RH menurun hingga terendah 38% dan berlangsung lama, maka akan menciptakan siklus stress fisik pada biji, biji kopi mengembang saat lembap dan mengerut saat kering atau panas, yang kemudian menyebabkan retak, pecah atau kerusakan structural, hal ini didukung oleh (Pane et al., 2022) Penyerapan kelembapan berlebih dapat menyebabkan biji megebang, meemah, dan kehilangan integritas strukturalnya, yang dapat memicu cacat fisik seperti keretakan, sementara kelembapan tinggi juga mempercepat reaksi enzimatis yang merusak senyawa kimia yang dalam biji.

Secara keseluruhan alat kontrol otomatis suhu dan kelembapan yang dirancang dengan menggunakan sensor suhu dan kelembapan, mikrokontroller, dan aktuator serta beberapa komponen lainnya berfungsi dengan baik, dengan melakukan pembacaan secara realtime suhu dan kelembapan, pada lingkungan Gudang dan mengikuti setting poin, dimana pada suhu meningkat diatas 28 °C

kipas *ON*, dan ketika suhu hamper mencapai setting poin, kipas *OFF* secara teratur satu per satu sampai suhu mencapai dibawah setting poin semua kipas *OFF*. Hal sesuai dengan penelitian terdahulu (Tapala & Wardhana, 2025) Penerapan sistem pemantauan suhu dan kelembapan berbasis Internet of Things (IoT) dengan memanfaatkan Arduino Uno dan sensor DHT11 dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan gudang penyimpanan. Sistem ini bekerja dengan mendeteksi kondisi suhu dan kelembapan lingkungan melalui sensor DHT11, kemudian mengonversi hasil pengukuran tersebut menjadi data yang dapat diproses oleh Arduino Uno untuk mendukung pemantauan kondisi gudang secara lebih efektif.



Gambar 8. Tren Kadar Biji Cacat Kopi Tanpa dan Dengan Alat Kontrol

3.2.4. Analisis Tingkat Pengetahuan Petani Sebelum dan Setelah Pendampingan

Peningkatan pengetahuan peserta pelatihan dianalisis menggunakan Normalized Gain (N-Gain) yang dikembangkan oleh Hake (1998). Metode ini digunakan untuk mengukur tingkat efektivitas pelatihan dengan membandingkan nilai pre-test dan post-test peserta. Berbeda dengan selisih nilai biasa, N-Gain menunjukkan besarnya peningkatan yang dicapai dibandingkan dengan peningkatan maksimum yang masih mungkin diperoleh oleh peserta. Nilai N-Gain dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$g = \frac{S_{post} - S_{pre}}{S_{maks} - S_{pre}}$$

Keterangan:

g = nilai Normalized Gain (N-Gain)
 S_{post} = Skor post-test
 S_{pre} = Skor pre-test
 S_{maks} = Skor maksimum

Sedangkan kategori yang digunakan yakni :

$g < 0,30$ = Rendah

$0,30 \leq g < 0,70$ = Sedang

$g \geq 0,70$ = Rendah

Survey dilakukan dengan memberikan kuesioner berisi pertanyaan yang berkaitan dengan 4 indikator yakni prinsip manajemen Gudang, pengaruh suhu dan kelembapan

terhadap mutu bij kopi, pengoperasian alat kontrol otomatis berbasis IoT, dan pembacaan dashboard alat kontrol kepada peserta. Dimana pengisian kuesioner ini dilakukan sebanyak 2 kali pengisian yakni sebelum dimulai kegiatan dan setelah kegiatan dilaksanakan. Data hasil survey disajikan pada tabel berikut

Tabel 1. Hasil Survey Pemahaman Mitra Terhadap Tata Kelola Gudang dan Pengaplikasian Teknologi Inovasi

No	Indikator Pengetahuan	Pre Test(%)	Post Test(%)	Peningkatan
1	Memahami prinsip manajemen gudang penyimpanan kopi	55	92	37
2	Mengetahui pengaruh suhu dan kelembapan terhadap mutu kopi	50	90	40
3	Mampu mengoperasikan sistem kontrol otomatis	42	88	46
4	Mampu membaca dashboard monitoring suhu dan kelembapan	40	90	50

Sumber: Data primer setelah diolah, 2026

3.2.4. Analisis Indikator

1. Prinsip Manajemen Gudang

$$g = \frac{92 - 55}{100 - 55} = \frac{37}{45} = 0,82 \text{ (Kategori Tinggi)}$$

2. Pengaruh Suhu Dan Kelembapan Terhadap Mutu Bij Kopi

$$g = \frac{90 - 50}{100 - 50} = \frac{40}{50} = 0,80 \text{ (Kategori Tinggi)}$$

3. Pengoperasian Alat Kontrol Otomatis Berbasis Iot

$$g = \frac{88 - 42}{100 - 42} = \frac{46}{58} = 0,79 \text{ (Kategori Tinggi)}$$

4. Pembacaan Dashboard Alat Kontrol

$$g = \frac{90 - 40}{100 - 40} = \frac{50}{60} = 0,83 \text{ (Kategori Tinggi)}$$

$$g_{rata-rata} = \frac{0,82 + 0,80 + 0,79 + 0,83}{4} = \frac{3,24}{4} = 0,81 \text{ (Kategori Tinggi)}$$

Berdasarkan hasil perbandingan nilai pre-test dan post-test, rata-rata tingkat pengetahuan peserta mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Sebelum kegiatan dilaksanakan, sebagian besar peserta masih memiliki pemahaman yang terbatas mengenai pentingnya pengendalian suhu dan kelembapan gudang, prinsip penyimpanan kopi yang baik, serta penggunaan teknologi berbasis IoT. Setelah mengikuti seluruh rangkaian kegiatan, peserta menunjukkan peningkatan pemahaman yang ditandai dengan

meningkatnya skor post-test pada seluruh aspek yang diukur dan nilai N-Gain juga berada pada kategori tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa program pengabdian tidak hanya berhasil memperkenalkan teknologi baru kepada kelompok tani, tetapi juga mampu meningkatkan kapasitas sumber daya manusia sehingga mendukung keberlanjutan pemanfaatan sistem kontrol lingkungan gudang secara mandiri.

3.3. Capaian Luaran

Kegiatan PkM ini telah menghasilkan beberapa luaran fisik dan nonfisik yang nyata, antara lain:

3.3.1. Produk Teknologi Tepat Guna (TTG)

Satu unit sistem kontrol suhu dan kelembapan otomatis berbasis IoT yang telah terpasang dan beroperasi penuh di gudang penyimpanan biji kopi.

3.3.2. Sistem Informasi Monitoring

Dasbor pemantauan digital yang terkoneksi secara *online* melalui TV Android di area gudang.

3.3.3. SOP Tata Kelola Gudang

Modul penggunaan alat kontrol dan SOP Gudang penyimpanan (*Good Storage Practice*) yang diberikan kepada kelompok tani.

3.3.4. Peningkatan Kapasitas Mitra

Tingkat pengetahuan petani tentang penerapan manajemen pascapanen kopi yang baik serta pemanfaatan teknologi pada tingkat usaha tani.

3.4. Dampak Kegiatan

Pelaksanaan program pengabdian masyarakat melalui penerapan sistem kontrol otomatis suhu dan kelembapan berbasis Internet of Things (IoT) memberikan dampak positif terhadap peningkatan kapasitas kelompok tani dalam pengelolaan gudang penyimpanan kopi. Sistem yang dikembangkan mampu melakukan pemantauan kondisi lingkungan gudang secara real-time serta mengaktifkan sistem ventilasi secara otomatis ketika suhu melebihi batas yang telah ditetapkan. Mekanisme ini membantu menjaga suhu tidak melonjak tinggi dan kelembapan yang tidak melebihi batas aman pada ruang penyimpanan sehingga kondisi lingkungan gudang menjadi lebih terkendali. Lingkungan penyimpanan yang stabil berkontribusi dalam mengurangi risiko penurunan mutu biji kopi akibat suhu tinggi dan kelembapan berlebih, seperti peningkatan kadar air, pertumbuhan jamur, perubahan warna, maupun penurunan karakteristik fisik dan cita rasa selama masa penyimpanan.

Secara keseluruhan, program ini tidak hanya menghasilkan inovasi teknologi yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh kelompok tani, tetapi juga meningkatkan kemampuan mitra dalam mengelola gudang penyimpanan secara lebih modern, efisien, dan berbasis data. Kombinasi antara penerapan sistem kontrol otomatis dan peningkatan kapasitas petani diharapkan mampu mendukung keberlanjutan pengelolaan gudang, mempertahankan kualitas biji kopi selama penyimpanan, mengurangi potensi kehilangan mutu (*quality losses*), serta meningkatkan daya saing dan nilai ekonomi produk kopi yang dihasilkan oleh kelompok tani. Dengan demikian, kegiatan pengabdian ini memberikan manfaat yang bersifat teknis, ekonomi, dan sosial, serta menjadi model penerapan teknologi tepat guna yang dapat direplikasi pada kelompok tani kopi lainnya.

Implementasi alat kontrol otomatis suhu dan kelembapan pada gudang penyimpanan biji kopi memberikan manfaat langsung bagi kelompok tani dalam meningkatkan pengelolaan pascapanen khususnya pada biji kopi. Kegiatan ini mendukung tercapainya SDG 2, dimana melalui peningkatan nilai tambah dan penerapan praktik pertanian berkelanjutan, selaras dengan peta Jalan SDGs Indonesia menekankan pentingnya pengembangan pertanian modern melalui pemanfaatan teknologi digital dan inovasi untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi usaha, serta pendapatan petani. Sedangkan keterkaitan dengan Asta

Cita yakni, Teknologi yang diterapkan pada tingkat kelompok tani menjadi bentuk hilirisasi inovasi yang memberikan manfaat langsung kepada pelaku usaha, khususnya dalam memperbaiki penanganan pascapanen. Dengan meningkatnya kemampuan kelompok tani dalam mengelola penyimpanan berbasis teknologi, kegiatan ini diharapkan dapat memperkuat kemandirian dan daya saing usaha kopi.

4. SIMPULAN

pengaplikasian alat kontrol pada gudang penyimpanan dapat menurunkan suhu tinggi yang terjadi pada Gudang, dimana alat mampu menjaga kondisi Gudang secara stabil di suhu $\pm 29^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$ dan kelembapan $\pm 59\% - 60\%$ selama malam hingga pagi dan sore hingga malam, tapi pada siang hari suhu memuncak hingga $35^{\circ}\text{C} - 36,8^{\circ}\text{C}$ dan kelembapan turun hingga $39 - 43\%$ namun tidak berlangsung lama, sehingga alat dikatakan mampu meredam suhu ekstrem dan menjaga stabilitas pada mayoritas waktu, namun belum bisa mengunci suhu – kelembapan pada satu titik tetap sepanjang 24 jam, masih ada variasi mengikuti pola panas harian, hanya jauh lebih terkendali dibanding sebelum alat diaplikasikan. Hal ini disebabkan oleh konstruksi bahan bangunan Gudang bagian dinding dan atap yang terbuat dari bahan seng.

Teknologi ini membantu menciptakan kondisi penyimpanan yang mendukung upaya mempertahankan mutu biji kopi selama proses penyimpanan, serta hasil evaluasi menggunakan pre-test dan post-test, menunjukkan adanya peningkatan tingkat pengetahuan peserta mengenai manajemen gudang penyimpanan kopi, pengaruh suhu dan kelembapan terhadap mutu kopi, pengoperasian sistem kontrol otomatis, serta pemantauan kondisi gudang melalui dashboard digital. Dengan demikian, program pengabdian ini tidak hanya memperkenalkan teknologi tepat guna, tetapi juga memperkuat kapasitas sumber daya manusia dalam mengadopsi inovasi pascapanen guna mendukung peningkatan kualitas dan daya saing produk kopi.

Untuk meningkatkan keberlanjutan hasil kegiatan, diperlukan pemeliharaan rutin terhadap sensor, mikrokontroler, jaringan internet, dan komponen aktuator perlu dilakukan agar akurasi pemantauan suhu dan kelembapan tetap terjaga. Selain itu juga selanjutnya dapat dikembangkan sistem yang diarahkan pada integrasi fitur notifikasi berbasis aplikasi telepon pintar (smartphone), sehingga petani dapat menerima peringatan secara langsung ketika terjadi perubahan suhu atau kelembapan yang berpotensi menurunkan mutu biji kopi. Penambahan fitur pencatatan (data logging) dan analisis historis kondisi gudang juga dapat mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat dalam pengelolaan pascapanen.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, E. S. A. S., Irhamna, A. D., Rachbini, E. M., Abdulah, R., & Sumarto, A. H. (2022). Kajian Tengah Tahun INDEF (2022): Reformulasi kemandirian ekonomi di tengah dinamika global. INDEF
- Afina, N., Sinaga, H., & Lubis, Z. (2025). Pendugaan Umur Simpan Biji Kopi Arabika Menggunakan Metode Accelerated Shelf-Life Test (ASLT) Model Arrhenius Berdasarkan Parameter Kadar Air. *Agrikultura*, 35(3), 562–572. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v35i3.56832>
- Alya, D. (2025). Prospek Pengembangan Agroindustri Kopi Robusta Di Kecamatan Ulu Belu Kabupaten Tanggamus Lampung.
- Aung Moon, S., Wongsakul, S., Kitazawa, H., & Saengrayap, R. (2022). Lipid Oxidation Changes of Arabica Green Coffee Beans during Accelerated Storage with Different Packaging Types. *Foods*, 11(19), 1–21. <https://doi.org/10.3390/foods11193040>
- Cong, S., Dong, W., Zhao, J., Hu, R., Long, Y., & Chi, X. (2020). Characterization of the lipid oxidation process of robusta green coffee beans and shelf life prediction during accelerated storage. *Molecules*, 25(5). <https://doi.org/10.3390/molecules25051157>
- Dahlan, S. S. (2024). Digitalisasi Penyuluhan dalam Penguatan Kelembagaan Balai

- Penyuluhan Pertanian di Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan.
- Dan, K. (n.d.). Koperasi dan kelembagaan petani.
- Pane, A. P., Ashidiqi, C., Carissa, D., Pernanda, M. F., Sukarami, K., Palembang, K., & Selatan, S. (2022). the Role of Coffee Storage Technology for Improving the Resilience of Coffee Industry Post Covid-19 Pandemic. *Prosiding Seminar Nasional BSKJI "Post Pandemic Economy Recovery,"* 2, 51–57.
- Rifka Alkhilyatul Ma' rifat, I Made Suraharta, I. I. J. (2024). No Title 済無No Title No Title No Title (Vol. 2).
- Soraya, N. F., Kusmanadhi, B., Savitri, D. A., Studi, P., Pertanian, I., Pertanian, F., Jember, U., & Korespondesi, P. (2023). *Technologica.* 2(1), 14–20.
- Tapala, C. N. D., & Wardhana, A. S. (2025). Sistem Pemantau Suhu Dan Kelembapan Untuk Meningkatkan Efisiensi Pada Gudang Penyimpanan. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Energi Dan Mineral,* 4(1), 1132–1139. <https://doi.org/10.53026/prosidingsntem.v4i1.478>
- Sutrisno, T. (2022). *Manajemen pascapanen dan rantai pasok komoditas kopi di Indonesia.* Bandung: Alfabeta.
- Suhardono, B. (2021). Pendekatan partisipatif dalam transfer teknologi tepat guna bagi masyarakat tani rural. *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat Masyarakat,* 9(2), 112-125.
- Wibowo, A., & Handayani, S. (2024). Strategi pendampingan teknologi berbasis internet of things pada sektor pertanian skala kecil. *Jurnal Penyuluhan dan Pengembangan Masyarakat,* 15(1), 34-47.