

Pemberdayaan kelompok tani kopi Sambiganen melalui redesain mesin pengupas kulit tanduk berbasis teknologi tepat guna

¹Adi Fajaryanto Cobantoro*, ²Rizki Dwi Ardika, ³Elok Putri Nimasari, ³Elvina Dwi Cahyani, ¹Lazuardi Irham Karaman, ¹Ismail Abdurrozaq Zulkarnain, ³Ayu Anandita Putri Arista

¹Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Ponorogo, Indonesia

²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Ponorogo, Indonesia

³Program Studi Pendidikan Bahasa Inggris, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Ponorogo, Indonesia

*Corresponding Author

Jl. Budi Utomo No.10, Ponorogo, Indonesia, Telp. (0352) 481124

E-mail: adifajaryanto@umpo.ac.id

Received:
22 July 2026

Revised:
18 August 2026

Accepted:
30 August 2026

Published:
21 September 2026

How to cite (APA 7th style): Cobantoro, A.F., Ardika, R.D., Nimasari, E.P., Cahyani, E.D., Karaman, L.I., Zulkarnain, I.A., & Arista, A.A.P. (2026). Pemberdayaan kelompok tani kopi Sambiganen melalui redesain mesin pengupas kulit tanduk berbasis teknologi tepat guna. *Community Empowerment Journal*, 4(3), 589-602
<https://doi.org/10.61251/cej.v4i3.470>

Abstrak

Keterbatasan proses pengupasan kulit tanduk menjadi salah satu hambatan dalam mengoptimalkan potensi kopi yang dikelola Kelompok Tani Margomulyo, Dusun Sambi, Desa Ngrayun, Kabupaten Ponorogo. Pengupasan yang masih dilakukan secara manual atau semi-manual membutuhkan waktu dan tenaga relatif besar serta berpotensi menghasilkan biji pecah dan mutu yang tidak seragam. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi proses pengupasan, memperkuat konsistensi mutu hasil pascapanen, dan membangun tata kelola penggunaan teknologi di tingkat kelompok. Pelaksanaan kegiatan menggunakan pendekatan partisipatif berbasis kebutuhan mitra melalui tahapan identifikasi kondisi awal, sosialisasi, pelatihan, penerapan teknologi tepat guna, pendampingan, evaluasi, dan penguatan keberlanjutan. Intervensi utama berupa penerapan mesin pengupas kulit tanduk kopi yang disertai standarisasi proses, pelatihan operator, keselamatan kerja, pencatatan produksi, dan perawatan mesin. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa penerapan teknologi diikuti dengan terbentuknya prosedur operasional, meningkatnya kemampuan mitra dalam mengoperasikan dan merawat mesin, serta tersusunnya sistem pencatatan produksi dan perawatan yang lebih terstruktur. Pendekatan ini memberikan dasar bagi pengelolaan pascapanen yang lebih terukur dan membuka peluang pengembangan layanan pengupasan berbasis kelompok. Namun, pengukuran kuantitatif terhadap peningkatan kapasitas, efisiensi waktu, dan penurunan *defect* masih perlu dilakukan secara berkelanjutan untuk memperkuat bukti dampak teknologi terhadap produktivitas dan nilai ekonomi kopi pada tahap pengembangan berikutnya.

Kata kunci: kopi; nilai tambah; pascapanen; pemberdayaan; teknologi tepat guna



Abstract

Limited hulling capacity has become one of the constraints in optimizing the coffee potential managed by the Margomulyo Farmers' Group in Sambu Hamlet, Ngrayun Village, Ponorogo Regency. The hulling process, which is still conducted manually or semi-manually, requires considerable time and labor and may result in broken beans and inconsistent quality. This community service program aimed to improve hulling efficiency, strengthen postharvest quality consistency, and establish technology management at the group level. The program employed a participatory, needs-based approach through several stages, including initial condition assessment, socialization, training, appropriate technology implementation, mentoring, evaluation, and sustainability strengthening. The main intervention involved the implementation of a coffee hulling machine accompanied by process standardization, operator training, occupational safety procedures, production recording, and machine maintenance. The results indicated that technology implementation was accompanied by the establishment of operating procedures, improved partner capacity to operate and maintain the machine, and a more structured production and maintenance recording system. This approach provides a foundation for more measurable postharvest management and creates opportunities for developing group-based hulling services. However, quantitative measurements of capacity improvement, processing time efficiency, and defect reduction still need to be conducted continuously to strengthen evidence of the technology's impact on coffee productivity and economic value in subsequent development stages.

Keywords: appropriate technology; coffee; empowerment; postharvest; value added maximum.

PENDAHULUAN

Nilai ekonomi kopi tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan hasil panen, tetapi juga oleh kemampuan masyarakat dalam mempertahankan mutu pada setiap tahapan pascapanen. Kondisi tersebut menjadi penting bagi Kelompok Tani Margomulyo, Dusun Sambu, Desa Ngrayun, Kabupaten Ponorogo, karena sebagian besar warga memiliki tanaman kopi yang tumbuh di pekarangan maupun lahan sekitar rumah. Potensi tersebut belum sepenuhnya memberikan nilai tambah optimal karena salah satu tahapan penting, yaitu pengupasan kulit tanduk, masih dilakukan secara manual atau semi-manual. Proses tersebut membutuhkan waktu dan tenaga yang relatif besar serta berisiko menghasilkan biji pecah dan mutu yang tidak seragam. [Perangin-Angin dan Winarno \(2024\)](#) menunjukkan bahwa karakteristik mutu biji kopi berkaitan dengan proses pengolahan yang dilakukan, sedangkan standarisasi diperlukan untuk menjaga konsistensi mutu produk ([Handoyo et al., 2025](#)).

Secara kewilayahan, Dusun Sambu merupakan kawasan perdesaan dengan karakter topografi yang cenderung berbukit dan aktivitas ekonomi masyarakat yang antara lain bertumpu pada perkebunan skala rumah tangga. Tanaman kopi menjadi salah satu potensi lokal yang dapat dikembangkan sebagai sumber pendapatan masyarakat. Ketersediaan bahan baku tersebut memberikan peluang bagi kelompok tani untuk tidak hanya menjual hasil panen, tetapi juga meningkatkan nilai tambah melalui penguatan proses pascapanen. Pengelolaan komoditas kopi yang dilakukan secara lebih terstruktur dapat mendukung peningkatan nilai ekonomi produk dan penguatan aktivitas usaha masyarakat ([Jumat, 2024](#); [Purkuncoro et al., 2025](#)). Oleh karena itu, penguatan proses pascapanen menjadi salah satu langkah strategis untuk mengoptimalkan potensi kopi yang dimiliki masyarakat Dusun Sambu.

Hasil analisis situasi awal menunjukkan bahwa persoalan utama mitra bukan terletak pada keterbatasan bahan baku, melainkan pada efisiensi dan konsistensi proses pengupasan kulit tanduk. Penggunaan metode manual atau semi-manual menyebabkan kapasitas pengupasan terbatas dan waktu proses relatif tinggi. Selain itu, belum tersedianya parameter pengoperasian yang baku menyebabkan hasil pengupasan berpotensi tidak seragam, khususnya dalam hal

persentase biji pecah atau *defect*. Kondisi tersebut tidak hanya berpengaruh terhadap mutu produk, tetapi juga dapat membatasi kemampuan kelompok dalam menghasilkan produk dengan kualitas yang konsisten. Dengan demikian, persoalan pascapanen yang dihadapi mitra perlu dipandang sebagai persoalan produktivitas sekaligus pengendalian mutu. Standardisasi proses menjadi penting karena kualitas hasil pengolahan perlu dijaga secara konsisten pada setiap tahapan produksi (Handoyo et al., 2025; Perangin-Angin & Winarno, 2024).

Permasalahan tersebut juga berkaitan dengan aspek pengelolaan usaha dan keberlanjutan penggunaan teknologi. Proses produksi yang belum didukung pencatatan secara teratur menyebabkan kelompok belum memiliki basis data yang memadai untuk menghitung kapasitas produksi, biaya operasional, hasil per *batch*, maupun kinerja peralatan. Demikian pula, penggunaan dan perawatan mesin membutuhkan sistem pengelolaan yang jelas agar teknologi yang diterapkan tidak berhenti sebagai bantuan peralatan, tetapi dapat digunakan secara berkelanjutan. Nimasari et al. (2023) menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi perlu didukung oleh pengelolaan dan evaluasi yang sistematis agar implementasinya dapat dipantau secara berkelanjutan. Hal ini juga diperkuat oleh Setyawan et al. (2023) bahwa teknologi dapat memperkuat keberlanjutan dari bisnis. Oleh karena itu, penerapan teknologi pada kelompok tani perlu diikuti dengan penguatan kemampuan pengelolaan, pencatatan, dan evaluasi penggunaan peralatan.

Berdasarkan kondisi tersebut, intervensi program diarahkan pada penerapan teknologi tepat guna berupa mesin pengupas kulit tanduk kopi yang disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi lapangan. Teknologi tidak ditempatkan sebagai solusi tunggal, tetapi dipadukan dengan standarisasi proses, pelatihan operator, penerapan keselamatan kerja, pengendalian mutu, serta pencatatan produksi dan perawatan. Pendekatan tersebut diharapkan mampu meningkatkan kapasitas pengupasan sekaligus menekan persentase biji pecah sehingga mutu hasil menjadi lebih konsisten. Mahendra dan Cobantoro (2022) menekankan pentingnya penyesuaian teknologi dengan kebutuhan pengguna agar teknologi dapat diterapkan secara efektif, sedangkan penguatan sistem pencatatan dan pengelolaan informasi dapat membantu pengguna dalam memantau aktivitas secara lebih terstruktur (Prayogi et al., 2020; Solikhin & Wicaksono, 2023). Dengan demikian, penerapan mesin dalam program ini dirancang tidak hanya untuk meningkatkan kemampuan teknis produksi, tetapi juga untuk membangun pola pengelolaan teknologi yang lebih terukur.

Aspek teknis peralatan juga menjadi perhatian dalam penerapan teknologi tepat guna. Mesin yang digunakan perlu disesuaikan dengan kondisi operasional mitra, baik dari sisi mekanisme kerja, keamanan operator, kemudahan penggunaan, maupun kemudahan perawatan. Ardika et al. (2025) menunjukkan bahwa karakteristik material dan ketahanan komponen merupakan aspek yang perlu diperhatikan dalam pengembangan suatu peralatan mekanis. Meskipun kajian tersebut berada pada konteks material dan komponen mesin yang berbeda, prinsip pemilihan dan ketahanan komponen tetap relevan sebagai pertimbangan teknis dalam memastikan peralatan dapat digunakan secara aman dan berkelanjutan. Oleh sebab itu, desain dan penyesuaian mesin pengupas kulit tanduk kopi dalam program ini mempertimbangkan aspek fungsi, keselamatan, ketahanan, serta kemudahan pemeliharaan.

Program pengabdian ini juga menempatkan keterlibatan mitra sebagai bagian penting dalam proses pemecahan masalah. Kelompok Tani Margomulyo dilibatkan dalam identifikasi kebutuhan, penentuan bentuk intervensi, pengoperasian teknologi, penerapan standar mutu, pencatatan hasil produksi, hingga evaluasi program. Pendekatan tersebut memungkinkan teknologi yang diterapkan tidak hanya sesuai secara teknis, tetapi juga sesuai dengan kemampuan operasional dan kebutuhan kelompok. Pelibatan pengguna sejak tahap awal menjadi penting agar proses penerapan teknologi tidak berhenti pada serah terima alat, tetapi berkembang menjadi

proses pembelajaran dan penguatan kapasitas kelompok. Dengan demikian, keberhasilan program tidak hanya ditentukan oleh berfungsinya mesin, tetapi juga oleh kemampuan mitra dalam mengoperasikan, merawat, dan memanfaatkan teknologi sebagai bagian dari kegiatan produksi.

Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk (1) meningkatkan efisiensi dan kapasitas pengupasan kulit tanduk kopi melalui penerapan teknologi tepat guna, (2) meningkatkan konsistensi mutu hasil pascapanen melalui standarisasi proses dan pengendalian mutu, serta (3) memperkuat tata kelola penggunaan teknologi melalui pencatatan produksi, perawatan, dan pembagian tanggung jawab di tingkat kelompok. Secara lebih luas, program diarahkan untuk mengubah potensi kopi yang selama ini berada pada tingkat produksi rumah tangga menjadi sumber nilai tambah yang dikelola secara lebih produktif, terukur, dan berkelanjutan oleh Kelompok Tani Margomulyo.

METODE

Metode pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat ini menggunakan pendekatan partisipatif berbasis kebutuhan mitra. Mitra sasaran adalah Kelompok Tani Margomulyo yang beranggotakan 25 orang, Dusun Sambu, Desa Ngrayun, Kabupaten Ponorogo, yang bergerak pada kegiatan ekonomi produktif berbasis komoditas kopi. Pendekatan partisipatif dipilih agar solusi teknologi yang diterapkan tidak bersifat satu arah, tetapi disusun berdasarkan kondisi aktual, kebutuhan, kemampuan operasional, dan kesepakatan bersama mitra. Pola pelaksanaan yang melibatkan identifikasi masalah, pelatihan, penerapan teknologi, dan pendampingan juga digunakan dalam program pengembangan teknologi pengolahan kopi pada kelompok masyarakat (Mizar et al., 2022; Silaban et al., 2024; Musyafak et al., 2023). Kegiatan dilaksanakan melalui tiga tahapan utama, yaitu persiapan, pelaksanaan, dan evaluasi. Tahapan tersebut mencakup sosialisasi, pelatihan, penerapan teknologi, pendampingan, evaluasi, dan penguatan keberlanjutan program.

Tahap Persiapan

Tahap persiapan diawali dengan analisis situasi dan identifikasi kebutuhan mitra. Tim melakukan komunikasi dan koordinasi dengan pengurus serta anggota Kelompok Tani Margomulyo untuk memperoleh gambaran mengenai kondisi pengelolaan kopi, khususnya proses pascapanen pengupasan kulit tanduk. Identifikasi mencakup alur proses produksi, sarana yang tersedia, metode pengupasan, kendala operasional, kemampuan sumber daya manusia, serta pola pengelolaan dan pencatatan usaha. Pada tahap ini dilakukan pula penyusunan baseline kondisi awal sebagai dasar evaluasi perubahan setelah intervensi. Parameter yang dipersiapkan meliputi kapasitas pengupasan (kg/jam), waktu proses (menit/kg), persentase biji pecah atau *defect*, waktu kerja operator, penggunaan dan biaya operasional, serta kondisi pencatatan produksi dan perawatan alat.

Data tersebut digunakan sebagai titik pembandingan untuk mengetahui perubahan setelah teknologi diterapkan. Selanjutnya, tim bersama mitra melakukan pemetaan kebutuhan teknologi. Hasil pemetaan menjadi dasar dalam menentukan penyesuaian mesin pengupas kulit tanduk kopi, terutama pada aspek mekanisme pengupasan, pengaturan celah, alur input-output bahan, ergonomi, keselamatan, dan kemudahan perawatan. Mitra dilibatkan sejak tahap identifikasi agar teknologi yang diterapkan sesuai dengan kondisi lapangan dan kemampuan pengguna.

Tahap Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan terdiri atas sosialisasi, pelatihan, penerapan teknologi, dan pendampingan.

a. Sosialisasi program

Sosialisasi dilakukan kepada pengurus dan anggota Kelompok Tani Margomulyo untuk menjelaskan tujuan, tahapan, target, jadwal, dan pembagian peran dalam kegiatan. Tim menjelaskan bahwa program tidak hanya berfokus pada penyediaan mesin, tetapi mencakup

peningkatan keterampilan operator, standarisasi proses, pencatatan produksi, perawatan alat, dan keberlanjutan pengelolaan. Pada tahap ini ditetapkan pembagian peran mitra yang meliputi operator mesin, penanggung jawab perawatan, dan pengelola pencatatan produksi. Mitra bersama tim juga menyepakati indikator keberhasilan dan mekanisme pelaksanaan kegiatan. Pembagian peran tersebut dimaksudkan untuk memastikan bahwa penggunaan dan pengelolaan mesin tidak bergantung pada satu orang, tetapi menjadi tanggung jawab kelompok.

b. Pelatihan

Pelatihan diberikan dalam dua kelompok utama, yaitu pelatihan teknis produksi dan pelatihan pengelolaan teknologi. Pelatihan teknis produksi mencakup pengenalan komponen dan prinsip kerja mesin pengupas kulit tanduk kopi, prosedur pengoperasian, pengaturan celah pengupasan, prosedur *start* dan *stop*, keselamatan kerja, pembersihan, pelumasan, serta *troubleshooting* sederhana. Pelatihan dilakukan melalui demonstrasi dan praktik langsung sehingga operator memperoleh pengalaman dalam mengoperasikan mesin. Pengalaman Mawardi et al. (2019) menunjukkan bahwa transfer teknologi mesin pengupas kopi perlu disertai pengetahuan mengenai pengoperasian dan perawatan mesin.

Pendekatan serupa diterapkan dalam program ini melalui praktik langsung yang disesuaikan dengan kondisi mesin dan kemampuan operator. Pelatihan pengelolaan teknologi diarahkan pada kemampuan mitra dalam melakukan pencatatan produksi dan perawatan. Materi meliputi pencatatan tanggal dan *batch* produksi, jumlah bahan masuk dan hasil pengupasan, operator, *defect*, penggunaan bahan bakar atau energi, biaya perawatan, kerusakan, *downtime*, serta pendapatan dari layanan atau penjualan. Sistem pencatatan dibuat sederhana melalui logbook produksi dan logbook perawatan agar dapat diterapkan secara rutin.

c. Penerapan teknologi tepat guna

Penerapan teknologi dilakukan melalui redesain, penyesuaian, dan implementasi mesin pengupas kulit tanduk kopi. Mesin dioptimalkan agar sesuai dengan kondisi mitra dengan memperhatikan kapasitas kerja, stabilitas mekanisme pengupasan, keamanan operator, ergonomi, serta kemudahan perawatan. Pengaturan mesin dilakukan melalui penyetelan mekanisme pengupasan dan celah kerja untuk memperoleh kondisi operasi yang optimal. Bagian input dan output bahan juga diperhatikan agar aliran bahan lebih lancar dan risiko penyumbatan dapat diminimalkan. Komponen yang bergerak diberi perlindungan untuk meningkatkan keselamatan operator.

Penerapan teknologi selanjutnya diuji melalui penggunaan mesin pada bahan kopi yang tersedia di kelompok. Kinerja mesin dinilai berdasarkan kapasitas pengupasan, waktu proses, persentase biji pecah atau *defect*, serta konsistensi hasil antar-*batch*. Parameter tersebut dipilih agar evaluasi tidak hanya menunjukkan bahwa mesin dapat berfungsi, tetapi juga memberikan gambaran mengenai perubahan kinerja proses pascapanen. Hasil pengujian digunakan untuk menentukan pengaturan operasi yang selanjutnya dituangkan dalam prosedur operasional sederhana atau SOP. Dengan demikian, pengalaman penggunaan mesin tidak hanya bergantung pada keterampilan operator secara individual, tetapi dapat menjadi standar yang dapat diikuti oleh anggota kelompok.

d. Pendampingan

Pendampingan dilakukan setelah penerapan teknologi untuk memastikan bahwa mesin dan sistem pengelolaan dapat digunakan secara mandiri oleh mitra. Tim melakukan monitoring terhadap pengoperasian mesin, penerapan SOP, pengisian *logbook*, pelaksanaan perawatan, serta pengendalian mutu hasil pengupasan. Pendampingan tidak diarahkan sebagai pengulangan pelatihan, tetapi sebagai proses pemantapan keterampilan dan penyelesaian

kendala yang muncul ketika teknologi digunakan dalam kondisi produksi nyata. Apabila ditemukan kendala teknis atau administratif, tim bersama mitra melakukan identifikasi penyebab dan menentukan tindakan perbaikan.

Tahap Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan program berdasarkan perbandingan kondisi sebelum dan sesudah penerapan solusi. Evaluasi mencakup aspek teknis, manajerial, dan kebermanfaatan program. Evaluasi teknis dilakukan dengan membandingkan kapasitas pengupasan (kg/jam), waktu proses (menit/kg), persentase biji pecah atau *defect*, serta konsistensi hasil pengupasan. Data hasil pengukuran disajikan secara deskriptif dalam bentuk tabel dan/atau grafik perbandingan kondisi sebelum dan sesudah penerapan teknologi. Evaluasi manajerial dilakukan melalui pemeriksaan keterisian *logbook* produksi dan perawatan, keteraturan pencatatan biaya operasional, jadwal pemakaian mesin, serta pelaksanaan jadwal perawatan.

Indikator keberhasilan manajerial ditunjukkan melalui meningkatnya keteraturan pencatatan dan terbentuknya mekanisme pengelolaan mesin di tingkat kelompok. Sementara itu, evaluasi kebermanfaatan diarahkan untuk melihat perubahan yang dirasakan mitra dalam hal efisiensi kerja, kemudahan proses pengupasan, kemampuan mengoperasikan teknologi, serta peluang pengembangan layanan pengupasan sebagai aktivitas ekonomi kelompok. Data kuantitatif digunakan untuk menunjukkan perubahan kinerja, sedangkan umpan balik mitra digunakan untuk melengkapi interpretasi mengenai manfaat dan keterterapan teknologi.

Keberlanjutan Program

Keberlanjutan program dibangun melalui penguatan sistem pengelolaan di tingkat mitra. Setelah kegiatan selesai, mitra diarahkan untuk mempertahankan penggunaan SOP, *logbook* produksi, *logbook* perawatan, jadwal servis, dan pembagian tanggung jawab operator. Kelompok juga didorong untuk membentuk mekanisme kas atau iuran perawatan yang dapat digunakan untuk pengadaan suku cadang dan kebutuhan pemeliharaan mesin. Dengan mekanisme tersebut, biaya pemeliharaan tidak sepenuhnya bergantung pada tim pelaksana sehingga kelompok memiliki kapasitas untuk mempertahankan penggunaan teknologi setelah program berakhir. Selain itu, standar mutu hasil pengupasan yang telah disusun digunakan sebagai acuan dalam proses produksi berikutnya. Dengan adanya standar tersebut, mitra memiliki dasar yang lebih jelas dalam menjaga konsistensi kualitas produk. Keberlanjutan program dengan demikian tidak hanya diukur dari apakah mesin masih digunakan, tetapi dari apakah teknologi telah menjadi bagian dari sistem produksi dan tata kelola kelompok.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Awal dan Permasalahan Mitra

Hasil analisis situasi menunjukkan bahwa Kelompok Tani Margomulyo di Dusun Sambu, Desa Ngrayun, Kabupaten Ponorogo memiliki potensi bahan baku kopi yang berasal dari tanaman milik masyarakat di pekarangan maupun lahan sekitar rumah. Potensi tersebut menjadi modal penting bagi pengembangan usaha kopi berbasis masyarakat. Namun, ketersediaan bahan baku belum sepenuhnya diikuti dengan kemampuan pengolahan pascapanen yang efisien. Permasalahan utama ditemukan pada proses pengupasan kulit tanduk yang masih dilakukan secara manual atau semi-manual sehingga membutuhkan waktu dan tenaga relatif besar serta berpotensi menghasilkan biji pecah dan mutu yang tidak seragam.

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa persoalan mitra bukan hanya berkaitan dengan ketersediaan peralatan, tetapi juga dengan efisiensi proses dan konsistensi mutu. [Perangin-Angin dan Winarno \(2024\)](#) menunjukkan bahwa karakteristik mutu biji kopi berkaitan dengan proses pengolahan yang dilakukan, sedangkan [Handoyo et al. \(2025\)](#) menempatkan standarisasi sebagai bagian penting dalam menjaga konsistensi mutu kopi. Pada konteks pengabdian kepada

masyarakat, Mawardi et al. (2019) juga menunjukkan bahwa keterbatasan proses pengupasan kopi dapat diatasi melalui penerapan mesin yang disesuaikan dengan kondisi kelompok tani. Dengan demikian, persoalan pascapanen di Dusun Sambi perlu dipandang secara terpadu sebagai persoalan produktivitas, mutu, dan pengelolaan teknologi.



Gambar 1. Akses lokasi dan topografi Dusun Sambi

Gambar 1 memperlihatkan kondisi wilayah Dusun Sambi yang menjadi lingkungan aktivitas produksi mitra. Karakter perdesaan dan pola produksi berbasis rumah tangga menjadi pertimbangan dalam pemilihan teknologi yang diterapkan. Mesin yang digunakan perlu memiliki konstruksi yang relatif sederhana, mudah dioperasikan, aman, serta memungkinkan dilakukan perawatan oleh anggota kelompok. Kesesuaian teknologi dengan kondisi pengguna menjadi penting karena keberhasilan teknologi pascapanen tidak hanya ditentukan oleh kemampuan teknis alat, tetapi juga oleh sistem inovasi dan pendampingan yang menyertainya. Hal tersebut telah ditunjukkan dalam implementasi teknologi pascapanen kopi pada kelompok tani yang menempatkan pengoperasian dan perawatan mesin sebagai bagian dari proses transfer teknologi.



Gambar 2. Tanaman kopi milik warga Dusun Sambi

Keberadaan tanaman kopi di sekitar rumah warga menunjukkan bahwa bahan baku sebenarnya tersedia di tingkat lokal. Kondisi ini memberikan peluang untuk mengembangkan pengolahan kopi secara lebih terorganisasi sehingga nilai tambah tidak berhenti pada penjualan hasil panen. Pengembangan teknologi pascapanen pada komoditas kopi juga telah dipandang sebagai salah satu cara untuk meningkatkan nilai tambah komoditas perkebunan. Oleh karena itu, intervensi pada tahap pengupasan diarahkan bukan sekadar untuk mempercepat pekerjaan, tetapi

untuk membangun proses pascapanen yang lebih terukur dan dapat mendukung pengembangan usaha kelompok.

Penerapan Teknologi Tepat Guna

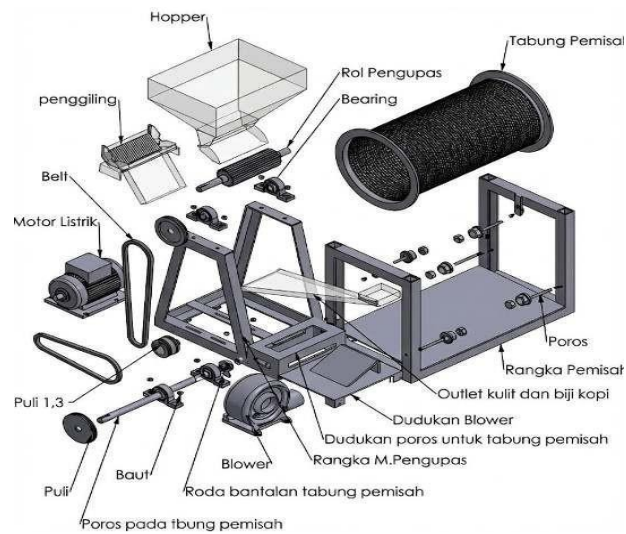
Berdasarkan permasalahan yang ditemukan, teknologi yang diterapkan berupa mesin pengupas kulit tanduk kopi yang disesuaikan dengan kebutuhan Kelompok Tani Margomulyo. Penerapan teknologi dilakukan dengan memperhatikan kapasitas kerja, stabilitas mekanisme pengupasan, keamanan operator, ergonomi, serta kemudahan pembersihan dan perawatan. Desain mesin menggunakan penggerak listrik 4 kW dengan sistem transmisi *pulley-V belt* dan dilengkapi pelindung pada bagian yang bergerak. Dimensi rangka dirancang sebesar 90 × 60 × 88 cm dengan kapasitas pemanfaatan yang ditargetkan sebesar 100–150 kg/jam.

Tabel 1. Spesifikasi Teknologi Tepat Guna Mesin Pengupas Kulit Tanduk Kopi

Komponen	Spesifikasi
Jenis teknologi	Mesin pengupas kulit tanduk kopi
Penggerak	Motor listrik 4 kW
Sistem transmisi	<i>Pulley-V belt</i>
Dimensi rangka	90 × 60 × 88 cm
Kapasitas pemanfaatan	100–150 kg/jam
Pengaturan proses	Celah dan tekanan pengupasan
Keselamatan	<i>Guard</i> pada bagian berputar
Fungsi utama	Mengupas kulit tanduk kopi secara mekanis

Spesifikasi tersebut merupakan rancangan teknologi yang disiapkan untuk memenuhi kebutuhan mitra dan bukan merupakan hasil pengukuran kapasitas aktual. Kapasitas aktual perlu ditentukan melalui pengujian berdasarkan kondisi bahan dan pola penggunaan mesin di lapangan. Perbedaan antara kapasitas rancangan dan kapasitas aktual penting agar hasil pengabdian tidak menghasilkan klaim yang melebihi data yang diperoleh. Penggunaan mesin sebagai solusi terhadap persoalan pengupasan memiliki dukungan dari kegiatan pengabdian sebelumnya. [Burhanuddin et al. \(2024\)](#) melaporkan bahwa penerapan mesin pengupas kopi pada Kelompok Wanita Tani Srigading menghasilkan satu unit mesin dengan kapasitas 100 kg/jam dan peningkatan produktivitas proses pengupasan hingga 30%. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa mekanisasi dapat menjadi alternatif untuk mengatasi rendahnya kapasitas pengolahan dan tingginya kebutuhan tenaga pada proses pengupasan. Namun, capaian tersebut tidak dapat secara langsung digeneralisasi sebagai hasil Kelompok Tani Margomulyo karena kondisi bahan, desain mesin, operator, dan lingkungan kerja berbeda.

Desain mesin menunjukkan adanya pengaturan pada bagian pemasukan bahan, mekanisme pengupasan, saluran keluaran, serta sistem transmisi. Pengaturan tersebut diarahkan untuk menghasilkan aliran bahan yang lebih stabil dan mengurangi risiko penyumbatan selama proses. Pelindung pada bagian transmisi juga menjadi bagian penting karena teknologi yang diterapkan kepada masyarakat harus memperhatikan aspek keselamatan kerja selain produktivitas. Penerapan teknologi tepat guna pada kegiatan pengabdian sebelumnya juga menunjukkan bahwa mesin pascapanen perlu disesuaikan dengan kondisi petani agar mampu menghasilkan mutu yang lebih baik. Mawardi dkk. menegaskan bahwa kesiapan teknologi dan sarana pascapanen perlu disesuaikan dengan kondisi petani, sementara keberhasilan teknologi sangat dipengaruhi oleh sistem inovasi dan pendampingan. Dengan pertimbangan tersebut, penerapan mesin di Dusun Sambi tidak berhenti pada penyediaan alat, tetapi disertai pelatihan, pengaturan operasi, dan pendampingan.



Gambar 3. Desain mesin pengupas kulit tanduk kopi

Peningkatan Efisiensi Proses Pascapanen

Intervensi teknologi diarahkan terutama untuk mengatasi *bottleneck* pada proses pengupasan kulit tanduk. Sebelum penerapan teknologi, proses manual atau semi-manual menyebabkan kapasitas pengupasan bergantung pada tenaga kerja dan waktu yang tersedia. Melalui mekanisasi, proses pengupasan dapat dilakukan dengan mekanisme yang lebih teratur sehingga kelompok memiliki peluang untuk meningkatkan kapasitas pengolahan. Efektivitas mesin dalam konteks mitra kemudian dinilai melalui beberapa indikator, yaitu kapasitas pengupasan (kg/jam), waktu proses (menit/kg), persentase biji pecah atau *defect*, dan konsistensi hasil antar *batch*. Penggunaan beberapa indikator secara bersamaan diperlukan karena peningkatan kapasitas saja belum menunjukkan bahwa teknologi berhasil apabila peningkatan tersebut diikuti oleh peningkatan kerusakan biji.

Pengalaman Mawardi et al. (2019) menunjukkan bahwa penggunaan mesin pengupas pada kelompok tani dapat meningkatkan produktivitas proses hingga 30%. Temuan tersebut memperkuat dasar penerapan mekanisasi di Dusun Sambi. Akan tetapi, keberhasilan program ini tetap perlu dibuktikan melalui pengukuran sebelum dan sesudah penerapan mesin pada kondisi mitra. Dengan demikian, hasil penerapan teknologi tidak hanya diarahkan pada “mesin dapat digunakan”, tetapi pada terbentuknya proses kerja yang lebih efisien dan terukur. Pencatatan kapasitas setiap *batch* memungkinkan kelompok mengetahui kemampuan aktual mesin sekaligus menjadi dasar untuk menentukan jadwal produksi dan pemanfaatan alat oleh anggota kelompok.

Pengendalian Mutu Hasil Pengupasan

Selain efisiensi, mutu hasil pengupasan menjadi indikator penting dalam penerapan teknologi. Penggunaan mesin harus mampu menghasilkan biji yang relatif utuh, bersih, dan konsisten. Hal ini menjadi penting karena hasil pengupasan yang cepat tetapi menghasilkan banyak biji pecah tidak sepenuhnya menyelesaikan persoalan mitra. Perangin-Angin dan Winarno (2024) menunjukkan pentingnya proses pengolahan terhadap karakteristik mutu biji kopi. Sementara itu, Handoyo et al. (2025) menekankan bahwa standardisasi diperlukan untuk menjaga konsistensi mutu. Berdasarkan kedua perspektif tersebut, pengendalian mutu dalam program dilakukan melalui pengaturan celah pengupasan, pemeriksaan hasil, serta pencatatan persentase biji pecah atau *defect*.

Pengaturan celah menjadi bagian penting karena kondisi operasi mesin dapat mempengaruhi hasil pengupasan. Celah yang terlalu sempit berpotensi meningkatkan tekanan

terhadap biji, sedangkan celah yang terlalu longgar dapat menyebabkan pengupasan tidak optimal. Oleh sebab itu, proses pengujian digunakan untuk menentukan pengaturan yang paling sesuai dengan karakteristik bahan kopi yang tersedia di kelompok. Pendekatan tersebut menjadikan standardisasi sebagai bagian dari penerapan teknologi. Hasil pengalaman penggunaan mesin selanjutnya dituangkan dalam SOP sederhana sehingga kualitas proses tidak hanya bergantung pada pengalaman individu operator. Dengan cara ini, kelompok memiliki acuan yang sama dalam mengoperasikan mesin, melakukan pemeriksaan hasil, dan menentukan tindakan perbaikan.

Pelatihan dan Transfer Teknologi

Penerapan mesin disertai pelatihan bagi anggota Kelompok Tani Margomulyo. Pelatihan mencakup pengenalan komponen dan prinsip kerja mesin, prosedur *start-stop*, pengaturan celah pengupasan, keselamatan kerja, pembersihan, pelumasan, serta *troubleshooting* sederhana. Metode demonstrasi dan praktik langsung digunakan agar peserta tidak hanya mengetahui fungsi komponen, tetapi mampu mengoperasikan dan merawat mesin. Pendekatan tersebut sejalan dengan pengalaman Mawardi et al. (2019) yang tidak hanya menghasilkan mesin pengupas kopi, tetapi juga melakukan transfer teknologi mengenai pengoperasian dan perawatan mesin kepada kelompok mitra. Dengan demikian, pelatihan menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari penerapan TTG karena keberadaan mesin tanpa kemampuan operator berisiko menyebabkan teknologi tidak digunakan secara optimal.

Partisipasi mitra dalam praktik menjadi bagian penting dari proses transfer teknologi. Anggota kelompok terlibat dalam pengoperasian, pengaturan mesin, pemeriksaan hasil, serta kegiatan pembersihan dan perawatan. Pola tersebut diharapkan membangun kemampuan internal kelompok sehingga ketika tim pengabdian tidak lagi berada di lokasi, penggunaan teknologi tetap dapat dilakukan secara mandiri. Pengalaman kegiatan pengabdian lain juga memperlihatkan bahwa keterlibatan aktif kelompok tani dalam pelatihan dan penerapan teknologi dapat meningkatkan pengetahuan, keterampilan, serta rasa tanggung jawab terhadap teknologi yang diterapkan. Temuan tersebut memperkuat pentingnya pendekatan partisipatif dalam program pengabdian berbasis teknologi.



Gambar 4. Pelatihan dan praktik pengoperasian mesin

Penguatan Manajemen Produksi dan Perawatan

Permasalahan mitra tidak hanya berada pada aspek produksi, tetapi juga pada pengelolaan penggunaan alat. Oleh karena itu, program memperkenalkan logbook produksi dan logbook perawatan sebagai instrumen manajemen sederhana. Logbook produksi digunakan untuk mencatat tanggal dan *batch* produksi, jumlah bahan masuk dan hasil pengupasan, operator, serta hasil pemeriksaan mutu. Sementara itu, logbook perawatan digunakan untuk mencatat jam

operasi, kegiatan pembersihan, pelumasan, kerusakan, penggantian komponen, dan biaya perawatan. Pencatatan tersebut memberikan dasar bagi kelompok untuk mengetahui kinerja mesin secara berkala. Data produksi dapat digunakan untuk menghitung kapasitas aktual dan biaya operasional, sedangkan data perawatan dapat membantu kelompok mengidentifikasi komponen yang membutuhkan pemeriksaan atau penggantian.

Dengan demikian, teknologi mulai dikelola sebagai bagian dari sistem produksi, bukan sebagai peralatan yang digunakan tanpa dokumentasi. Penguatan pengelolaan tersebut juga mendukung keberlanjutan program. Sistem pencatatan yang sederhana memungkinkan kelompok melakukan evaluasi secara berkala tanpa memerlukan sistem administrasi yang kompleks. Prinsip pengelolaan dan evaluasi secara sistematis juga relevan dengan pemanfaatan teknologi dalam kegiatan masyarakat sebagaimana ditunjukkan Nimasari et al., (2023), sementara pencatatan informasi yang terstruktur dapat membantu proses pengelolaan kegiatan secara lebih sistematis (Prayogi et al., 2020).

Keberlanjutan Pemanfaatan Teknologi dan Nilai Tambah Ekonomi

Keberlanjutan program dibangun melalui pembagian tanggung jawab antara operator dan penanggung jawab perawatan, penerapan SOP, penggunaan logbook, jadwal servis, serta mekanisme kas atau iuran perawatan. Sistem tersebut dimaksudkan agar pemeliharaan mesin tidak sepenuhnya bergantung pada tim pengabdian. Kelompok memiliki mekanisme internal untuk menjaga kondisi alat dan menyediakan kebutuhan perawatan. Pendekatan keberlanjutan tersebut memiliki dasar dari pengalaman program pengabdian sebelumnya. Pada implementasi mesin pengupas kopi bagi kelompok tani, transfer teknologi tidak hanya dilakukan melalui penggunaan alat, tetapi juga melalui pelatihan pengoperasian dan perawatan. Dengan demikian, kemampuan merawat alat merupakan bagian penting dari keberlanjutan penerapan teknologi.



Gambar 5. Dokumentasi penerapan teknologi dan pendampingan mitra

Dari sisi ekonomi, mesin memiliki peluang untuk memberikan manfaat yang lebih luas apabila dikelola sebagai layanan pascapanen berbasis kelompok. Anggota kelompok maupun warga sekitar dapat memanfaatkan mesin untuk proses pengupasan dengan mekanisme layanan yang disepakati. Dengan model tersebut, nilai tambah tidak hanya berasal dari peningkatan kualitas hasil kopi, tetapi juga dari potensi pendapatan jasa pengupasan. Namun, peningkatan pendapatan belum dapat dinyatakan sebagai hasil aktual sebelum dilakukan pencatatan transaksi dan perbandingan pendapatan sebelum dan sesudah program. Oleh karena itu, pada tahap ini manfaat ekonomi diposisikan sebagai potensi pengembangan usaha yang didukung oleh peningkatan kapasitas pengolahan dan tersedianya teknologi.

Implikasi Program terhadap Penguatan Nilai Tambah Kopi

Rangkaian kegiatan menunjukkan bahwa penerapan TTG pada Kelompok Tani Margomulyo diarahkan melalui tiga komponen yang saling berkaitan, yaitu mekanisasi proses, standarisasi mutu, dan penguatan tata kelola. Mekanisasi ditujukan untuk mengatasi keterbatasan kapasitas dan beban kerja; standarisasi diarahkan untuk menjaga konsistensi hasil; sedangkan logbook dan sistem perawatan ditujukan untuk memastikan teknologi dapat dikelola secara berkelanjutan. Pola tersebut membedakan program ini dari pendekatan yang hanya berorientasi pada pemberian alat. Teknologi pascapanen perlu diikuti dengan transfer pengetahuan, pendampingan, dan sistem pengelolaan agar dapat digunakan secara berkelanjutan. Pengalaman implementasi mesin pengupas kopi pada kelompok tani lain memperlihatkan bahwa keberadaan mesin, pelatihan pengoperasian, dan perawatan dapat berjalan sebagai satu kesatuan dalam meningkatkan produktivitas pengolahan.

Dengan demikian, penerapan mesin pengupas kulit tanduk di Dusun Sambi memiliki implikasi lebih luas terhadap pengembangan rantai nilai kopi lokal. Proses yang sebelumnya menjadi titik hambatan dapat diarahkan menjadi tahapan produksi yang lebih terukur. Produk hasil pengupasan juga memiliki peluang untuk diteruskan ke tahap sortasi, pengeringan lanjutan, penyimpanan, dan pemasaran dengan standar yang lebih jelas. Pada akhirnya, nilai tambah kopi tidak hanya ditentukan oleh jumlah hasil panen, tetapi juga oleh kemampuan masyarakat mengelola hasil tersebut setelah panen. Melalui penerapan teknologi tepat guna, pengendalian mutu, pelatihan operator, pencatatan produksi, dan sistem perawatan, Kelompok Tani Margomulyo memiliki dasar yang lebih kuat untuk mengembangkan pengolahan kopi berbasis kelompok. Pendekatan ini menempatkan teknologi sebagai instrumen pemberdayaan ekonomi lokal sekaligus sebagai sarana untuk membangun proses pascapanen yang lebih efisien, terukur, dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat pada Kelompok Tani Margomulyo, Dusun Sambi, Desa Ngrayun, Kabupaten Ponorogo, menunjukkan bahwa permasalahan pascapanen kopi tidak hanya berkaitan dengan keterbatasan proses pengupasan kulit tanduk, tetapi juga dengan konsistensi mutu dan pengelolaan teknologi di tingkat kelompok. Penerapan teknologi tepat guna berupa mesin pengupas kulit tanduk kopi menjadi bagian dari solusi yang diintegrasikan dengan pelatihan operator, standarisasi proses, pengendalian mutu, keselamatan kerja, serta pencatatan produksi dan perawatan. Hasil pelaksanaan menunjukkan bahwa pendekatan yang menggabungkan teknologi, peningkatan kapasitas pengguna, dan tata kelola kelompok lebih sesuai untuk menjawab kebutuhan mitra dibandingkan pemberian alat secara parsial. Keterlibatan mitra dalam pengoperasian mesin, penerapan SOP, pencatatan produksi dan perawatan, serta pembagian tanggung jawab menjadi dasar penting dalam membangun kemandirian penggunaan teknologi.

Selain mendukung efisiensi proses pascapanen, sistem tersebut memberikan dasar bagi kelompok untuk menjaga konsistensi hasil, mengelola biaya dan perawatan, serta mengembangkan pemanfaatan mesin sebagai layanan pengupasan bagi anggota dan masyarakat sekitar. Dengan demikian, program ini berkontribusi pada upaya mengoptimalkan potensi kopi Dusun Sambi dari sekadar hasil produksi rumah tangga menjadi komoditas yang memiliki nilai tambah melalui proses pascapanen yang lebih efisien, terstandar, dan terkelola. Keberlanjutan program selanjutnya perlu diarahkan pada konsistensi penerapan SOP dan logbook, pemeliharaan mesin secara berkala, penguatan standar mutu, serta pengembangan jejaring pemasaran agar manfaat teknologi dapat terus mendukung aktivitas ekonomi kelompok.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada KemendiktiSaintek telah memberikan Hibah Pengabdian Kepada Masyarakat Tahun 2026 pada skema Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat untuk mendukung program ini. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada Kelompok Tani Margomulyo, Dusun Sambu, Desa Ngrayun, Kabupaten Ponorogo, atas partisipasi dan kerja sama selama pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat, mulai dari identifikasi permasalahan, penerapan teknologi, pelatihan, pendampingan, hingga evaluasi program. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Ponorogo atas dukungan terhadap pelaksanaan kegiatan ini. Apresiasi turut diberikan kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam aspek teknis, pendampingan, dokumentasi, dan pelaksanaan program sehingga kegiatan dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardika, R. D., Laksono, D. D., Fadelan, F., Winardi, Y., Munaji, M., & Akhmad, N. S. (2025). Analisis hasil coran dengan penambahan tembaga pada pengecoran aluminium limbah rumah tangga terhadap uji tarik dan struktur mikro. *journal.umpo.ac.id*. <https://doi.org/10.24269/jtm.v5i01.11674>
- Burhanuddin, A., Mukhtar, A., Fitriana, S., & Malik, M. (2024). Teknologi mesin pengupas kulit kopi merah kering berbasis teknologi tepat guna dalam peningkatan ekonomi petani kopi di Desa Morobongo Kecamatan Jumo Kabupaten Temanggung. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara*, 5(4), 6259–6269. <https://doi.org/10.55338/jpkmn.v5i4.5023>
- Handoyo, P., Nurjannah, I., Wibawa, R. P., Mulyaningtiyas, R. D., & Sulistyowati, R. (2025). *Standarisasi kopi*. Tahta Media. <https://tahtamedia.co.id/issj/article/view/1684>
- Jumat, J. (2024). *Manajemen pengolahan berasan kopi Robusta di PERUMDA (Perusahaan Umum Daerah) Kahyangan Kabupaten Jember*. Politeknik Negeri Jember. <https://sipora.polije.ac.id/34381/>
- Mawardi, I., Hanif, H., Zaini, Z., & Abidin, Z. (2019). Penerapan teknologi tepat guna pascapanen dalam upaya peningkatan produktifitas petani kopi di Kabupaten Bener Meriah. *Caradde: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(2), 205–213. <https://doi.org/10.31960/caradde.v1i2.56>
- Mizar, M. A., Hadi, M. S., & Hidayat, S. (2022). Implementasi mesin pengupas kopi bagi kelompok wanita tani Srigading Lawang Kabupaten Malang. *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian kepada Masyarakat (SINAPMAS)*. <https://conference.um.ac.id/index.php/sinapmas/article/view/3241>
- Musyafak, Prasetyo, U. B., Bintoro, W. M., Widianoro, H., & Azmy, I. (2023). Pembuatan mesin pengupas biji kopi untuk meningkatkan produksi petani kopi Desa Cikahuripan Sumedang. *ABDIMASKU: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(2). <https://abdimasku.lppm.dinus.ac.id/index.php/jurnalabdimasku/article/view/1278>
- Nimasari, E. P., Cobantoro, A. F., Andika, S. D., & Setyawan, M. B. (2023). Analisis implementasi teknologi pembelajaran di Bebas UMPO. *Jurnal Ilmiah Edutic: Pendidikan dan Informatika*, 9(2), 162–177.
- Perangin-Angin, M. I. B., & Winarno, R. A. (2024). Karakteristik mutu sensori biji kopi Arabika dengan variasi suhu dan lama penyangraian. *Agrica Ekstensi*, 18(1), 10–17. <https://doi.org/10.55127/ae.v18i1.196>

- Prayogi, I. C., Fajaryanto, A., & Astuti, P. (2020). Perancangan sistem informasi bagian administrasi mahasiswa dan alumni (BAMA) Universitas Muhammadiyah Ponorogo berbasis web. *Jurnal Ilmiah NERO*, 5(1).
- Purkuncoro, A. E., et al. (2025). Implementasi teknologi tepat guna mesin pengering biji kopi upaya peningkatan produk UMKM. *Jurnal Pengabdian Masyarakat: Pemberdayaan, Inovasi dan Perubahan*.
<https://jurnal.penerbitwidina.com/index.php/JPMWidina/article/view/1034>
- Setyawan, M. B., Masykur, F., & Cobantoro, A. F. (2023). Pemanfaatan Crowdfunding Untuk Optimalisasi Penggalangan Dana Digital Di Panti Asuhan Insan Madani Ponorogo . *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bangsa*, 1(6), 471–478. <https://doi.org/10.59837/jpmba.v1i6.161>
- Silaban, W., Simanullang, A. F., & Naibaho, W. (2024). Pelatihan kelompok tani PERGAS dalam mengelola limbah kulit menjadi pupuk organik serta pemanfaatan mesin pengupas kulit kopi ramah lingkungan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Sapangambe Manoktok Hitei*, 4(2), 328–335.
- Solikhin, S., & Wicaksono, P. A. (2023). Teknologi tepat guna mesin grinder listrik sebagai sarana peningkatan produksi kopi pada UKM Kopi Pinanggih. *Jurnal Pasopati: Pengabdian Masyarakat dan Inovasi Pengembangan Teknologi*, 5(2).
<https://doi.org/10.14710/pasopati.2023.18409>

AI Disclosure

Generative artificial intelligence (AI) and AI-assisted technologies were used solely to improve the readability and organization of the manuscript. All outputs generated through these tools were carefully reviewed, edited, and validated by the author to ensure accuracy, completeness, and alignment with the study's original content. The author assumes full responsibility and accountability for the integrity of the work, including its analysis, interpretation, and conclusions. AI tools were not used for data generation, data analysis, or as a substitute for scholarly judgment, and are not listed as authors or co-authors of this study.

Conflict of Interest Statement: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright © 2026 Author(s). This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY\)](#). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.