

PENINGKATAN EFISIENSI DAN KUALITAS PRODUKSI *BLACK GARLIC* PADA UMKM DE PAITON MELALUI PENGEMBANGAN TEKNOLOGI FERMENTASI BERBASIS IOT

^{1*}Shofia Hattarina, ²Linda Kurnia S., ³Elok Dwi Vidiastutik
^{1,2,3}Faculty of Teacher Training and Education, Panca Marga University.

^{1*}shofiahattarina@gmail.com

Article History:

Received: 29-09-2025

Revised: 06-10-2025

Accepted: 02-11-2025

Keywords: *Enhancement, Efficiency, Quality, Black Garlic, UMKM.*

Abstract:

The goal of this program is to increase the income of UMKM partners through high-value-added products (economic) by utilizing IoT technology and improving partner financial management with a digital bookkeeping application. The main problem in the black garlic production stage is the fermentation process, which still uses a rice cooker. The use of a rice cooker in the black garlic fermentation stage limits production, accommodating only 1-3 kg of garlic per session, and requires a longer fermentation time (14-40 days). The small capacity and long production time make it difficult to meet large market demand. Management challenges include manual and rudimentary bookkeeping. This is due to a lack of bookkeeping knowledge and partners finding it difficult. The result of this community service is that after using a fermentation machine with IoT technology, black garlic production capacity has increased. In terms of financial records, bookkeeping quality has improved after using digital bookkeeping.

PENDAHULUAN

Black garlic atau bawang hitam merupakan superfood, *black garlic* menjadi pilihan menarik bagi mereka yang mencari alternatif makanan sehat, karena diyakini memiliki berbagai manfaat seperti antioksidan tinggi, meningkatkan sistem imun, dan mendukung kesehatan jantung, antipiretik (1) sebuah eksperimen menyatakan bahwa ekstrak etanol bawang hitam (*black garlic*) pada ketiga variasi dosis memberikan memberikan efek antipiretik pada tikus putih jantan yang diinduksi ragi, di samping itu juga bisa sebagai anti inflamasi, menurunkan kadar asam urat (2) berdasarkan sebuah hasil eksperimen tersebut menyatakan terdapat pengaruh pemberian *black garlic* terhadap penurunan kadar asam urat pada lansia yang mengalami hipertensi. *Black garlic* juga meningkatkan kesehatan otak, membantu mengontrol gula darah, meningkatkan kesehatan pencernaan, membantu detoksifikasi tubuh, serta meningkatkan energi dan stamina.

Produksi *black garlic* (bawang hitam) memiliki potensi besar untuk mendukung program ketahanan pangan pemerintah. *Black garlic* merupakan hasil fermentasi bawang putih biasa yang memiliki nilai jual lebih tinggi (hingga 5-10 kali lipat) karena kandungan nutrisi dan manfaat kesehatannya. Hal ini sejalan dengan program pemerintah seperti Gerakan Tiga Kali Ekspor (Gratieks) yang mendorong peningkatan nilai tambah produk pertanian. Proses fermentasi bawang putih menjadi *black garlic* dapat memperpanjang umur simpan produk, mengurangi *food waste*, dan menyelamatkan hasil panen yang mungkin tidak laku dijual segar.

De Paiton adalah sebuah UKM yang beralamat di Dusun Kejawan RT 019 RW 007, Sumberejo, Kecamatan Paiton Kabupaten Probolinggo. De Paiton fokus memproduksi makanan dan minuman yang berasal dari bahan-bahan lokal yang dipasok dari petani ataupun nelayan di sekitar kecamatan Paiton. Hal ini tidak hanya menjamin kesegaran bahan baku, tetapi juga membantu meningkatkan pendapatan petani setempat. De Paiton mempunyai 3 orang karyawan. Produk-produk De Paiton diantaranya adalah rengginang cumi dan tiram,

healthy drink ekstrak serih dan madu, lemongrass syrup, dan *black garlic* (W.Nuril/2025).

Black garlic adalah salah satu produk dari De Paiton yang banyak diminati oleh konsumen karena khasiatnya. Dalam memproduksi *black garlic*, De Paiton melakukan serangkaian Langkah berikut ini:

1. Pemilihan bahan baku yaitu bawang putih yang segar
2. Bersihkan bawang putih dari kotoran, tetapi jangan dikupas (kulit arinya dibiarkan untuk mencegah kontaminasi).
3. Proses fermentasi menggunakan *rice cooker*. Atur ke mode "*keep warm*" (suhu ~60–70°C).
4. Tutup rapat dan biarkan selama 14–21 hari (jangan dibuka selama proses)
5. Setelah fermentasi selesai, keringkan bawang hitam di ruang terbuka (1–2 hari) untuk mengurangi kadar air.
6. Simpan dalam wadah kedap udara (bisa tahan 6–12 bulan di suhu ruang).

Untuk pemasaran produk *black garlic* sudah dilakukan secara online lewat media social ataupun *marketplace*. Produk *black garlic* dari De Paiton juga dipasarkan di outlet-outlet pusat oleh-oleh khas Probolinggo yang tersebar di daerah-daerah wisata salah satunya di sekitar gunung Bromo yang banyak dikunjungi wisatawan asing. Penjualan produk juga melalui acara bazaar ataupun pameran UMKM yang biasa dilaksanakan oleh pemerintah kabupaten Probolinggo.

Berdasarkan hasil wawancara dengan mitra (W. Nuril/2025) diperoleh informasi bahwa dengan menggunakan alat yang sederhana yaitu *rice cooker* pada umumnya per sesi pembuatan *black garlic* De Paiton mampu menghasilkan 5-8 kg black garlic dengan menggunakan beberapa *rice cooker*. Permasalahan yang dihadapi dalam produksi adalah dikarenakan masih mengandalkan *rice cooker* Ketika mode "*keep warm*" sering fluktuasi (50–75°C), ini menyebabkan fermentasi tidak sempurna (bawang jadi keras atau berjamur). *Rice cooker* 5 liter hanya muat 3 kg bawang putih/batch (untuk menjaga sirkulasi udara). Bawang jadi terlalu kering (keras) atau terlalu basah (berjamur) karena tidak ada pengatur kelembapan. Waktu Fermentasi Lama (Inefisien) yaitu Proses 14–21 hari sehingga menghambat cash flow UKM. Permasalahan dari sisi manajemen keuangan yaitu mitra masih menggunakan pembukuan manual yang seadanya karena kurangnya pengetahuan sehingga tidak bisa membedakan uang modal dan uang pribadi. Tujuan pelaksanaan program ini yaitu meningkatkan pendapatan mitra UKM melalui produk bernilai tambah tinggi (ekonomi) dengan memanfaatkan teknologi IoT dan Meningkatkan manajemen keuangan mitra dengan aplikasi pembukuan digital.

Berdasarkan hasil penelitian yang terdahulu dengan judul ALAT FERMENTASI BAWANG PUTIH HITAM (*BLACK GARLIC*) UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS DAN PRODUKSI BAGI INDUSTRI RUMAH TANGGA DI BANDAR LAMPUNG menemukan hasil bahwa alat fermentasi tersebut dapat meningkatkan produksi *black garlic* dengan kualitas yang baik, sehingga dapat menghasilkan peningkatan penghasilan bagi ibu-ibu rumah tangga pelaku industri rumah tangga sasaran (Purwiyanti, 2021). Penelitian lain berjudul Pengaruh Pemberian Ekstrak Bawang Hitam (*black garlic*) terhadap penurunan kadar glukosa darah pada mencit (*mus musculus*) menemukan bahwa ada pengaruh ekstrak bawang hitam terhadap penurunan kadar glukosa darah mencit. Diharapkan bawang hitam (*black garlic*) dapat di jadikan obat alternatif untuk menurunkan kadar glukosa darah (Wahyulah, 2018). Penelitian berjudul PENGARUH PEMBERIAN BAWANG HITAM (*Black Allium sativum*) TERHADAP KOLESTEROL DARAH TOTAL TIKUS PUTIH (*Rattus Norvergicus*) DIABETES MELLITUS menyimpulkan bahwa Ada pengaruh pemberian bawang hitam (*Black Allium sativum*) terhadap penurunan kadar kolesterol darah total tikus putih (*Rattus novergicus*) Diabetes Mellitus (SK. Latifah, 2020).

Sehingga berdasarkan hasil wawancara (W. Nuril/ 2025) dengan mitra tentang permasalahan yang dihadapi, dapat ditarik Kesimpulan permasalahan prioritas mitra yang

urgen untuk dicarikan Solusi adalah sebagai berikut:

1. Permasalahan dalam tahap produksi *black garlic* utamanya pada proses fermentasi yang masih menggunakan *rice cooker*. Penggunaan *rice cooker* dalam tahap fermentasi *black garlic* membuat jumlah produksi terbatas yaitu hanya menampung 1-3 kg bawang persesi serta membutuhkan waktu fermentasi yang lebih lama (14-40 hari) dengan kapasitas kecil dan waktu produksi yang lama membuat sulit untuk memenuhi permintaan pasar dalam jumlah besar. Penggunaan *rice cooker* juga memiliki kelemahan harus dikontrol secara rutin, jika tidak ada yang mengontrol suhu bisa melonjak atau turun drastis tanpa peringatan. Hal ini tentu saja sangat berpengaruh pada kualitas produk. Tidak Ada Sistem Humidifikasi sedangkan Fermentasi *black garlic* memerlukan kelembapan stabil (70–80%). Namun *rice cooker* tidak bisa mengatur kelembapan, sehingga bawang bisa mengering atau terlalu lembap (berjamur).
2. Permasalahan dalam manajemen yaitu pembukuan masih manual dan ala kadarnya. Hal ini dikarenakan kurangnya pengetahuan tentang pembukuan dan mitra merasa pembukuan itu sulit. Sehingga pencatatan keuangan sering rancu antara uang modal dan uang pribadi. Perlu adanya sebuah inovasi pembukuan digital yang dapat dengan mudah digunakan dan membantu mencatat keuangan mitra

Dampak dan Manfaat Program Pemberdayaan UKM *Black Garlic* dengan Teknologi Fermentasi IoT & Pembukuan Digital bagi Masyarakat luas dari segi ekonomi adalah Peningkatan Pendapatan UKM dan Peluang Pasar. Fermentasi berbasis IoT akan mempercepat proses fermentasi (dari 40 hari menjadi 25–30 hari) dengan hasil lebih konsisten. Kapasitas produksi meningkat 3–5x dibanding metode *rice cooker*. Kualitas produk lebih stabil hal ini memudahkan penetrasi pasar modern (supermarket, *e-commerce*, ekspor). Dengan pembukuan digital, mitra dapat mengakses pembiayaan (KUR, investor) untuk perluasan bisnis. Dari segi social akan berdampak pada penciptaan lapangan kerja karena adanya kebutuhan SDM Terampil. Dengan mengadopsi IoT membuka peluang kerja baru karena akan membutuhkan teknisi, operator fermentor, analis data produksi. Rantai pasok makin menguat karena peningkatan produksi, hal ini akan mendorong permintaan bahan baku bawang putih local yang akan turut menguntungkan petani lokal.

Kaitan dengan SDGs Tanpa Kelaparan artinya dengan adanya *black garlic* yang berkualitas karena telah diolah dan dikontrol dengan baik melalui mesin fermentasi berbasis IoT ini artinya meningkatkan diversifikasi pangan bergizi tinggi. karena dengan penggunaan *rice cooker* dalam proses fermentasi *black garlic* dapat merunkan kualitas karena kontrol kelembapan yang kurang bagus. SDGs Pekerjaan Layak dan Pertumbuhan Ekonomi artinya dengan diadakannya program ini akan meningkatkan pendapatan UKM De Paiton, efieisnsi energi, dan membuka peluang kerja bagi masyarakat sejalan dengan diadopsinya teknologi IoT.

Kaitan Dengan Asta Cita: Meningkatkan lapangan kerja yang berkualitas, mendorong kewirausahaan, mengembangkan industri kreatif, dan melanjutkan pengembangan infrastruktur. kegiatan ini menerapkan inovasi mesin fermentasi berbasis IoT dan pembukuan digital yang nantinya akan membuka peluang kesempatan kerja karena membutuhkan beberapa oprator tambahan. serta mengembangkan industri kreatif dengan meningkatkan pendapatan UKM melalui penerapan mesin oven berbasis IoT yang akan berdampak pada peningkatan kualitas dan kualitas *black garlic*.

Kaitan dengan Bidang Fokus RIRN yaitu Bidang Pangan & Pertanian: Pengembangan *black garlic* sebagai inovasi pangan fungsional berbasis local dengan bantuan teknologi tepat guna. Kaitan dengan IKU:

1. IKU 2 : Mahasiswa Mendapat Pengalaman di Luar Kampus

2. IKU 5 : Hasil Kerja Dosen Digunakan Oleh Masyarakat Atau Mendapat Rekognisi Internasional.

Berikut Solusi yang ditawarkan untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi mitra:

1. Untuk mengatasi masalah produksi yang dalam proses fermentasi *black garlic* masih menggunakan *rice cooker* mitra perlu beralih mengadopsi oven khusus fermentasi berbasis IoT yang dilengkapi dengan kontrol Suhu & Kelembapan Otomatis Sensor IoT dapat memantau dan menyesuaikan suhu (60–80°C) serta kelembapan (70–80%) secara real-time untuk memastikan kondisi fermentasi optimal. Sistem dapat terhubung dengan pemanas dan humidifier yang dikontrol via smartphone. Monitoring Jarak Jauh & Notifikasi sehingga mitra dapat memantau proses fermentasi melalui aplikasi mobile, termasuk menerima notifikasi jika terjadi gangguan (misalnya, listrik mati atau suhu tidak stabil). Data log fermentasi disimpan untuk analisis kualitas dan perbaikan proses. Peningkatan Kapasitas dengan Biaya Efisien Desain ruang oven fermentasi modular berbasis IoT memungkinkan peningkatan kapasitas produksi dengan konsumsi energi lebih efisien. Penggunaan pemanas induksi atau termostat canggih mengurangi biaya listrik dibanding *rice cooker* konvensional.
2. Untuk permasalahan bidang manajemen keuangan yang masih belum menggunakan teori akuntansi dengan baik dan ala kadarnya, Solusi yang ditawarkan kepada mitra yaitu membuat aplikasi pembukuan digital serta pelatihan dan pendampingan dalam menggunakannya. Dengan pembukuan digital semua transaksi keuangan bisa terekam dengan baik sehingga terlihat laba ruginya. Keuangan UKM yang tercatat dengan baik dan tidak tercampur dengan uang pribadi akan memudahkan dalam mengetahui kondisi keuangan UKM.

| No. | Permasalahan | Solusi | Indikator Pencapaian |
|-----|--|--|---|
| 1. | Dalam tahap produksi <i>black garlic</i> utamanya pada proses fermentasi yang masih menggunakan <i>rice cooker</i> . | <ul style="list-style-type: none">• Pembuatan desain mesin oven berbasis IoT• Pemberian pelatihan serta pendampingan dalam mengoperasikan mesin oven berbasis IoT | <ul style="list-style-type: none">• Peningkatan produksi mitra mencapai 70%• Menambah pengetahuan dan keterampilan mitra dalam pengoperasian oven dengan teknologi IoT |

| | | | |
|---|---|--|---|
| 2 | Permasalahan dalam manajemen yaitu pembukuan masih manual dan ala kadarnya. Hal ini dikarenakan kurangnya pengetahuan tentang pembukuan dan mitra merasa pembukuan itu sulit. Sehingga pencatatan keuangan sering rancu antara uang modal dan uang pribadi. | <ul style="list-style-type: none"> • Pemberian inovasi pembukuan digital yang dapat dengan mudah digunakan dan membantu mencatat keuangan mitra. • Pemberian pelatihan serta pendampingan dalam mengoperasikan aplikasi pembukuan digital. | <ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan kualitas pencatatan keuangan mitra • Peningkatan pengetahuan dan keterampilan mitra dalam mencatat keuangan dengan pembukuan digital |
|---|---|--|---|

Table Indikator Pencapaian

| No. | Target Luaran/Indikator Pencapaian | Target Penyelesaian Luaran |
|-----|---|---|
| 1. | Peningkatan pada bidang produksi mitra sasaran pada proses fermentasi atau pengovenan | Mitra dan dengan tim pengusul membuat desain oven berbasis IoT sesuai dengan kebutuhan mitra. Setelah mesin oven berbasis IoT jadi mitra diberikan pelatihan dan pendampingan dalam mengoperasikannya. Proses ini dilakukan pada bulan ke-2, ke-3 dan ke-4. |
| 2. | Peningkatan pada bagian manajemen keuangan | Ketercapaian peningkatan kualitas manajemen keuangan berbasis pembukuan digital dilakukan pada bulan ke-3 dan ke-4 dengan memberikan edukasi dan pelatihan pada mitra |

Target Penyelesaian Luaran

METODE

Pengabdian Masyarakat ini menggunakan metode CBR yaitu melibatkan partisipasi aktif mitra dari awal hingga akhir untuk bersama-sama mengidentifikasi masalah dan mencari Solusi alternatif. Berdasarkan solusi yang ditawarkan berikut diuraikan langkah-langkah metode tahap pelaksanaan dalam beberapa kegiatan.

1. Tahap Perancangan

Diskusi dengan mitra mengenai beberapa permasalahan yang urgen untuk diselesaikan. Selanjutnya diskusi mengenai beberapa solusi yang akan disepakati bersama seperti jenis mesin, materi pelatihan, jadwal pelatihan, dan peserta pelatihan. Pada tahap ini juga merencanakan pembuatan mesin fermentasi berbasis IoT dan Aplikasi pembukuan digital. Langkah- langkahnya mencakup identifikasi kebutuhan dan spesifikasi teknis, desain, konstruksi, uji coba prototipe, evaluasi kinerja, dan produksi final agar alat-alat ini siap mendukung efisiensi dan kapasitas produksi. Selain itu, Tahap Perancangan juga mencakup pengembangan Sistem Aplikasi pembukuan digital yang dimulai dengan analisis

kebutuhan mitra, desain aplikasi sesuai kebutuhan, pengembangan prototipe, uji coba untuk memastikan kehandalan, implementasi, dan pelatihan penggunaan aplikasi kepada mitra.

2. Sosialisasi Program.

Tujuan dari sosialisasi ini adalah menyampaikan informasi terkait program PKM yang telah disepakati antara tim pengusul dan mitra. Pertama sosialisasi pengembangan produksi *black garlick* menggunakan mesin oven berbasis IoT. Pentingnya meningkatkan manajemen terutama manajemen keuangan dengan membuat aplikasi pembukuan digital serta pelatihan dan pendampingan dalam mengaplikasikannya nanti.

3. Tahap Pelatihan

Dua program pelatihan utama yang dilaksanakan adalah pelatihan tentang teknologi fermentasi berbasis IoT, serta pelatihan pengoperasian sistem aplikasi pembukuan digital. Pelatihan teknologi fermentasi berbasis IoT didesain untuk memberikan panduan komprehensif kepada peserta, melibatkan tenaga ahli dan praktisi terkait. Evaluasi dilakukan untuk mengevaluasi peningkatan dalam penggunaan teknologi ini oleh peserta. Sementara itu, pelatihan pengoperasian sistem aplikasi pembukuan digital difokuskan pada pemahaman dan penggunaan aplikasi secara langsung, dengan evaluasi untuk memastikan pemahaman dan keterampilan pengguna dalam mengoperasikan sistem tersebut secara efektif.

4. Tahap Penerapan Teknologi

Implementasi teknologi melibatkan penggunaan alat fermentasi berbasis IoT, dan sistem aplikasi pembukuan digital dalam operasi mitra. Proses ini mencakup modifikasi dan penyesuaian ulang berdasarkan hasil uji coba untuk memastikan bahwa alat fermentasi berbasis IoT berfungsi secara optimal dalam memproduksi black garlic. Selain itu, sistem pembukuan digital juga diregistrasi dan disesuaikan berdasarkan hasil uji coba untuk memastikan kesesuaiannya dengan kebutuhan mitra.

5. Tahap Pendampingan dan Evaluasi

Pendampingan intensif diberikan kepada mitra dalam penggunaan teknologi baru, meliputi konsultasi teknis dan saran ahli secara berkala. Pemantauan rutin dilakukan terhadap penggunaan alat fermentasi berbasis IoT dan sistem aplikasi pembukuan digital. Pertemuan rutin diadakan untuk memperoleh umpan balik mengenai kendala dan manfaat yang dirasakan. Evaluasi dilakukan untuk menilai efektivitas pelatihan serta kinerja alat dan sistem aplikasi yang telah dikembangkan. Pada tahap ini juga mengukur keberhasilan atau evaluasi peningkatan jumlah produksi. Pengukuran dilihat dari hasil produksi sebelum dan sesudah menggunakan mesin fermentasi berbasis IoT. Hasil evaluasi akan dijadikan *feed back* apa saja yang perlu diperbaiki agar proses produksi kedepannya menjadi semakin meningkat lagi. Disamping itu juga dilakukan evaluasi keterampilan karyawan dalam menggunakan aplikasi pembukuan digital. Untuk mengevaluasi keterampilan menggunakan pembukuan digital dilihat dari nilai hasil kerja karyawan dalam pembukuan digital. Hasil dari evaluasi akan menjadi umpan balik dan perbaikan kedepannya.

6. Tahap Keberlanjutan Program

Keberlanjutan program ini tetap dapat dipantau dengan membuat grup WA untuk komunikasi. Sehingga jika nantinya menemui kendala dengan mesin atau aplikasi bisa sharing dan konsultasi dengan cepat. Perawatan dan pengecekan rutin secara berkala tetap dilakukan untuk memaksimalkan umur pakai dan juga kinerja mesin oven.

7. Tahap Pelaporan

Penyusunan laporan akhir kegiatan dimulai dengan pengumpulan data dan informasi dari seluruh tahapan yang telah dilakukan. Data ini kemudian digunakan untuk menyusun laporan yang komprehensif dan informatif. Laporan akhir tersebut diunggah ke

laman Bima untuk publikasi dan referensi, memastikan bahwa hasil kegiatan dapat diakses oleh publik dan digunakan sebagai acuan di masa depan.

Partisipasi Mitra dalam program ini adalah menyampaikan permasalahan yang dihadapi dan keinginan mitra terkait solusi akan permasalahan tersebut. Dengan adanya masukan dari mitra tersebut akan menjadi pijakan utama dalam mengembangkan oven berbasis IoT dan pembukuan digital. Mitra berkontribusi aktif dalam pengembangan desain mesin oven berbasis IoT, mereka ikut membuat jadwal pelatihan pengoperasian mesin oven berbasis IoT dan pembukuan digital, menyiapkan tempat pelatihan, menyiapkan LCD dan juga fasilitas wifi. mitra juga berkontribusi dana sebanyak Rp. 600.000 nantinya untuk menambah biaya konsumsi pelatihan.

| No. | Nama dan Peran | Prodi | Bidang Tugas |
|-----|----------------------------------|----------------|--|
| 1. | Shofia Hattarina/Ketua | PGSD | Bersama mitra memetakan permasalahan dan solusinya. Memberikan pelatihan dan pendampingan pengoperasian mesin oven berbasis IoT. Menulis laporan. |
| 2. | Linda Kurnia S/ Anggota | Teknik Elektro | Mengembangkan mesin oven berbasis IoT. Hal ini sejalan dengan keahlian dan mata kuliah yang diampu yaitu Sistem Kontrol. Nantinya dalam mendesain dan membuat mesin fermentasi berbasis IoT juga melibatkan tim dari teknik elektronika dan teknologi pengolahan dan teknologi sistem informasi. |
| 3. | Elok Dwi Vidiastutik/ Anggota | Akuntansi | Membuat aplikasi pembukuan digital serta memberikan pelatihan dan pendampingan pembukuan digital kepada mitra. |
| 4. | Fitria Ayuningsih | PGSD | Pembantu lapangan. Membantu perencanaan kegiatan pelatihan dan membantu dalam acara pelatihan. |
| 5. | Dela Dwi Rahmawati | PGSD | Pembantu lapangan. Membantu perencanaan kegiatan pelatihan dan membantu dalam acara pelatihan. |

Tabel Peran dan Tugas Anggota Tim

Evaluasi Program dilaksanakan dengan metode observasi oleh karyawan De Paiton. Evaluasi dilakukan setelah anggota mitra De Paiton melakukan pelatihan dan praktek. Observasi dilakukan dengan melihat hasil kerja karyawan dalam mengoperasikan mesin fermentasi berbasis IoT dan juga pada saat memproses *black garlic* menggunakan mesin fermentasi berbasis IoT. Keberlanjutan Program ini dilaksanakan dengan upaya menilai kualitas dan kuantitas produksi *black garlic* sebelum dan sesudah menggunakan mesin oven berbasis IoT. Menyediakan dukungan teknis dan pemeliharaan rutin untuk alat fermentasi IoT agar UKM tidak kesulitan saat terjadi kerusakan atau kegagalan sistem. Selanjutnya, untuk perbaikan manajemen keuangan setelah dilakukan pendampingan dan pelatihan secara terencana. Evaluasi dilakukan dengan menilai hasil kerja operator dalam menggunakan pembukuan digital dalam pelaporan keuangan UKM. Keberlanjutan program ini tetap dapat

dipantau dengan membuat grup WA untuk komunikasi. Sehingga jika nantinya menemui kendala bisa *sharing* dan konsultasi dengan cepat.

HASIL

Program pengabdian masyarakat ini ditujukan untuk meningkatkan kapasitas UMKM De Paiton melalui intervensi teknologi dan manajerial. Intervensi teknologi difokuskan pada penerapan oven fermentasi berbasis IoT, sedangkan intervensi manajerial berupa pelatihan pembukuan digital. Bagian ini menyajikan hasil implementasi serta dampaknya, dilanjutkan dengan analisis mendalam terhadap temuan-temuan tersebut.

1. Tahap Perancangan (Co-Design dengan Mitra)

Identifikasi Kebutuhan dilakukan diskusi intensif dengan pemilik UMKM De Paiton untuk memahami secara mendalam permasalahan teknis produksi dan manajerial. Dari diskusi ini, disepakati solusi berupa oven IoT dan pembukuan digital. Dalam Perancangan Teknis Oven IoT disepakati mesin oven dirancang sistem oven yang dilengkapi dengan sensor DHT22 (suhu & kelembaban), modul WiFi (ESP32/8266), dan pemanas (heater) yang dikendalikan secara digital. Antarmuka kontrol dirancang menggunakan platform Hailwell, memungkinkan pemantauan dan pengaturan suhu/kelembaban secara real-time via smartphone. Pemilihan Aplikasi Pembukuan Digital Bersama mitra, dilakukan evaluasi terhadap beberapa aplikasi pembukuan sederhana.

2. Sosialisasi Program

Sosialisasi dilakukan dalam bentuk pertemuan terarah dengan seluruh anggota UMKM De Paiton. Mitra menunjukkan antusiasme dan pemahaman yang baik mengenai manfaat program. Mereka menyadari bahwa teknologi ini akan mempermudah pekerjaan dan meningkatkan akurasi produksi serta keuangan. Keterlibatan mitra sejak tahap perancangan membuat sosialisasi berjalan sangat lancar karena mereka merasa memiliki program tersebut.

3. Tahap Pelatihan

Pelatihan difokuskan pada cara mengoperasikan antarmuka aplikasi, mengatur jadwal pemanasan, membaca grafik suhu/kelembaban, dan tindakan dasar jika terjadi gangguan (*troubleshooting*). Pelatihan Pembukuan Digital dilakukan secara hands-on. Mitra diajarkan cara mencatat transaksi harian (pemasukan dan pengeluaran), mengelola stok bawang putih, serta membuat laporan keuangan sederhana (laba/rugi) menggunakan aplikasi. Hasil dari kegiatan ini Peserta pelatihan (pengelola UMKM De Paiton) mampu mengoperasikan oven IoT dan aplikasi pembukuan digital dengan baik. Terjadi peningkatan signifikan dalam literasi digital dan kepercayaan diri mitra dalam menggunakan teknologi.

4. Tahap Penerapan Teknologi

Instalasi dan Implementasi Oven IoT berhasil diinstalasi dan diuji coba. Oven dapat mempertahankan suhu konstan pada rentang 60-70°C dan kelembaban 70-80% sesuai parameter standar pembuatan black garlic. Pemantauan dapat dilakukan dari jarak jauh. Implementasi Pembukuan Digital mulai diterapkan untuk mencatat seluruh transaksi keuangan dan stok bahan baku. Template sederhana untuk menghitung Harga Pokok Produksi (HPP) juga diterapkan. Hasil Awal diperoleh Konsistensi kualitas *black garlic* meningkat drastis. Warna, tekstur, dan rasa produk menjadi lebih seragam pada setiap batch produksi, Waktu yang dihabiskan untuk memantau oven berkurang hingga 90%, karena pemantauan hanya dilakukan via *smartphone*.

5. Tahap Pendampingan dan Evaluasi

Tim pengabdian melakukan pendampingan selama 2 minggu pasca-penerapan untuk memastikan tidak ada kendala teknis maupun operasional. Bantuan diberikan via grup WhatsApp untuk konsultasi cepat. Evaluasi dilakukan melalui kuesioner kepuasan dan FGD (*Focus Group Discussion*). Hasil Kuesioner menyatakan 100% mitra menyatakan sangat

puas dengan program ini. Dari hasil FGD Mitra mengkonfirmasi beberapa manfaat nyata diantaranya penurunan Tingkat Kegagalan Produksi dari sebelumnya ~30% menjadi di bawah 5%. Kemudahan Pengelolaan Keuangan karena pencatatan menjadi lebih rapi, memudahkan dalam melihat arus kas dan menghitung keuntungan. Pengelola kini memiliki *skill* baru dalam mengoperasikan teknologi IoT dan aplikasi digital.

6. Tahap Keberlanjutan Program

Mitra UMKM De Paiton berkomitmen penuh untuk terus menggunakan dan merawat teknologi yang telah diterapkan. Mereka telah mampu melakukan operasional harian secara mandiri. Seluruh modul pelatihan, buku panduan operasional oven, dan template pembukuan diserahkan secara lengkap kepada mitra. Rencana Tindak Lanjut Tim pengabdian akan melakukan monitoring jarak jauh secara berkala (setiap 3 bulan sekali) via telepon/WhatsApp untuk memastikan keberlanjutan program. Rencana pengembangan selanjutnya adalah membantu mitra dalam strategi pemasaran digital.

Sebelum pelatihan, pengetahuan karyawan mengenai prinsip fermentasi *black garlic* yang presisi dan penggunaan teknologi IoT sangat terbatas. Demikian pula, pencatatan keuangan masih dilakukan secara manual dengan buku fisik, yang rentan terhadap kesalahan dan kehilangan data. Hasil evaluasi melalui pre-test dan post-test menunjukkan peningkatan pemahaman yang signifikan.

Pada modul IoT peserta pelatihan mampu memahami hubungan antara suhu, kelembaban, dan kualitas *black garlic*. Skor pemahaman rata-rata meningkat dari 45% menjadi 82%. Peserta juga mampu mengoperasikan antarmuka dashboard IoT untuk memantau suhu, kelembaban, dan mengatur set-point secara mandiri. Pada modul pembukuan digital, peserta berhasil memahami konsep dasar pemasukan, pengeluaran, dan laba-rugi. Skor pemahaman rata-rata meningkat dari 35% menjadi 78%. Seluruh peserta dapat melakukan pencatatan transaksi harian menggunakan aplikasi pembukuan digital pada smartphone mereka.

Implementasi oven berbasis IoT berhasil dilakukan dengan memasang sensor DHT22, modul kontrol NodeMCU ESP32, pemanas, dan kipas yang terintegrasi dengan platform cloud. Selama masa percobaan 30 hari, sistem menunjukkan kinerja yang sangat stabil.

| Parameter | Target | Hasil Rata-rata | Fluktuasi | Keterangan |
|------------------|-------------|-----------------|-----------|--|
| Suhu | 70°C - 80°C | 75.2°C | ± 1.8°C | Sangat Stabil |
| Kelembaban (RH) | 70% - 80% | 76.5% | ± 4.7% | Stabil |
| Konsumsi Listrik | - | - | - | 15% lebih hemat dibandingkan rice cooker |

Tabel Data Kinerja Oven IoT Selama Satu Siklus Fermentasi

Adopsi teknologi IoT dan digitalisasi pembukuan membawa dampak efisiensi yang konkret dan terukur.

| Aspek Operasional | Sebelum Program | Setelah Program | Peningkatan Efisiensi |
|-----------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| Waktu Pengawasan Fermentasi | 3 - 4 jam/hari (manual) | < 30 menit/hari (monitoring via HP) | ~85% lebih efisien |
| Tingkat Kegagalan Produk | 20-25% (gagal fermentasi) | < 5% | >75% lebih rendah |
| Akurasi Pencatatan Keuangan | Rendah (manual, rawan error) | Tinggi (terautomation, terstruktur) | Laporan keuangan real-time |
| Waktu Penyusunan Laporan Keuangan | 2-3 hari/bulan | < 1 jam/bulan | |

Tabel Perbandingan Efisiensi Operasional Sebelum dan Sesudah Program

Kualitas produk *black garlic* mengalami peningkatan yang nyata. Sampel yang diproduksi dengan oven IoT memiliki warna hitam pekat yang seragam, tekstur lunak dan kenyal seperti jelly, serta rasa manis umami yang konsisten tanpa rasa pahit. Hal ini disebabkan oleh stabilitas parameter fermentasi yang terjaga. Survei kepuasan kepada 15 pelanggan tetap menunjukkan 93% responden menyatakan produk lebih konsisten dan berkualitas. Dari sisi manajemen, penerapan pembukuan digital memberikan kejelasan finansial. Pemilik UMKM kini dapat dengan mudah melacak arus kas, menghitung harga pokok produksi (HPP) secara akurat, dan menentukan laba-rugi setiap bulannya. Data ini menjadi dasar yang kuat untuk pengambilan keputusan strategis, seperti penentuan harga jual, pengelolaan stok, dan perencanaan ekspansi.

PEMBAHASAN

Keberhasilan program ini dapat dianalisis melalui lensa Teori Difusi Inovasi (Rogers, 2003). Penerapan oven IoT dan pembukuan digital merupakan inovasi yang berpotensi mengalami resistensi akibat kompleksitas yang dirasakan (*perceived complexity*). Namun, melalui pendekatan pelatihan partisipatif yang menekankan keunggulan relatif (pengurangan kegagalan, efisiensi waktu) dan kemudahan pengamatan (*observability*) hasil, terjadi percepatan adopsi. Dari perspektif psikologi kognitif, pelatihan *hands-on* berhasil membangun mental models yang akurat pada mitra mengenai cara kerja sistem, sehingga mengurangi kecemasan teknologi (*technology anxiety*) dan meningkatkan efikasi diri (*self-efficacy*) dalam pengoperasian perangkat. Hal ini menjelaskan mengapa transfer pengetahuan tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga psikologis, di mana mitra berkembang dari tahap *cognitive overload* menuju *assimilative learning*.

Dari sudut pandang teori sistem proses produksi *black garlic* sebelumnya merupakan sistem terbuka yang rentan terhadap gangguan (*noise*) lingkungan. Implementasi IoT mentransformasinya menjadi sistem umpan balik tertutup (*closed-loop feedback system*) yang mampu melakukan *self-regulation*. Data pada Tabel 1 dan 2 menunjukkan bagaimana prinsip manajemen kualitas total (TQM) diterapkan melalui kontrol proses statistik (*statistical process control*) yang presisi. Stabilitas suhu dan kelembaban yang hampir sempurna ini secara langsung merepresentasikan prinsip *scientific management* Taylor dalam konteks modern, di mana optimasi proses melalui data mengalahkan ketergantungan pada pengalaman subjektif. Penurunan

drastis tingkat kegagalan merupakan bukti empiris dari *peningkatan process capability index* (Cpk), yang dalam ekonomika produksi langsung berkorelasi dengan penurunan cost of poor quality (COPQ) dan peningkatan produktivitas total faktor (*total factor productivity*).

Transformasi pembukuan manual ke digital perlu dianalisis melampaui aspek teknis. Dalam kerangka akuntansi perilaku, perubahan ini mempengaruhi management consciousness dengan menyediakan informasi yang timely dan akurat. Pola pikir mitra berevolusi dari sekadar "menjual" (orientasi transaksi) menjadi "mengelola usaha" (orientasi strategis), yang sesuai dengan konsep psychological ownership dalam teori motivasi. Lebih jauh, dari perspektif teori keagenan (*agency theory*), ketika UMKM tumbuh dan mungkin melibatkan tenaga luar, pembukuan digital menciptakan mekanisme pengendalian (control mechanism) yang mengurangi asimetri informasi antara principal (pemilik) dan agent (karyawan). Transparansi keuangan ini tidak hanya menjadi fondasi tata kelola yang baik (*good governance*) tetapi juga membangun *signaling effect* kepada calon investor atau pemberi pinjaman mengenai profesionalisme usaha. Secara keseluruhan, pendekatan holistik yang menggabungkan *hard skill* (pengoperasian IoT) dan *soft skill* (manajemen keuangan) terbukti efektif dalam membangun ketahanan dan daya saing UMKM De Paiton di era digital.

PENUTUP

Kesimpulan dalam pengabdian ini adalah pertama, dari aspek teknologi, implementasi oven fermentasi berbasis IoT berhasil menciptakan lingkungan fermentasi yang stabil dan presisi, dengan fluktuasi suhu dan kelembaban yang sangat minimal. Kondisi optimal ini langsung berimplikasi pada peningkatan kualitas produk *black garlic* yang ditandai dengan warna, tekstur, rasa, dan aroma yang konsisten serta berkualitas premium. Selain itu, teknologi ini juga drastis meningkatkan efisiensi operasional dengan mengurangi waktu pengawasan secara signifikan, menurunkan tingkat kegagalan produk, dan menghemat konsumsi energi. Kedua, dari aspek manajerial, pelatihan pembukuan digital telah memberdayakan karyawan dengan keterampilan baru untuk mengelola keuangan usaha secara lebih profesional, akurat, dan transparan. Peralihan dari sistem manual ke digital telah menyederhanakan proses penyusunan laporan keuangan, memberikan data yang real-time dan akurat sebagai dasar pengambilan keputusan strategis.

Sebagai rekomendasi, keterbatasan program terletak pada ketergantungan sistem pada koneksi internet yang stabil dan daya tahan perangkat elektronik dalam lingkungan yang panas dan lembab dalam jangka panjang. Untuk memastikan keberlanjutan, disarankan:

1. Dukungan Teknis Berkelanjutan: Membentuk saluran komunikasi untuk *troubleshooting* sederhana pasca-program.
2. Pelatihan Lanjutan: Melakukan pelatihan tahap lanjut tentang analisis laporan keuangan untuk perencanaan bisnis.
3. Pengembangan Sistem: Pada fase selanjutnya, dapat dikembangkan sistem dengan *edge computing* yang dapat beroperasi meski tanpa internet dan menambahkan fitur notifikasi *early warning* via WhatsApp jika parameter fermentasi menyimpang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada pemberi dana pengabdian Masyarakat ini yaitu dari Kemendiktisaintek, kepada owner De Paiton ibu Nuril Millati, kepada tim PKM atas kerjasamanya dan teman-teman mahasiswa yang membantu pelaksanaan kegiatan ini di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asriyadi F. PENGARUH KONSUMSI BAWANG HITAM (BLACK GARLIC) TERHADAP PENURUNAN KOLESTEROL TEKANAN DARAH ASAM URAT PADA LANSIA YANG MENGALAMI HIPERTENSI DI PUSKESMAS AIR PUTIH SAMARINDA. *Jurnal Darma Agung*. 2024;32(3):134-159.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W.H. Freeman.
- Hariadi E. Mesin Oven Pengering Cerdas Berbasis Internet of Things (IoT). *Indonesian Journal of Engineering and Technology (INAJET)*. 2019;2(1):18-23.
- Jensen, M. C., & Meckling, W. H. (1976). Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure. *Journal of Financial Economics**, 3(4), 305-360.
- Kusuma EW, Anggraini DI. Uji Antipiretik Ekstrak Etanol Bawang Hitam (Black Garlic) Pada Tikus Putih Jantan. *Humantech: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*. 2022;1(7):968-979.
- Latifah, S.K., 2020. PENGARUH PEMBERIAN BAWANG HITAM (Black Allium sativum) TERHADAP KOLESTEROL DARAH TOTAL TIKUS PUTIH (Rattus Norvergicus) DIABETES MELLITUS (Doctoral dissertation, Poltekkes Kemenkes Yogyakarta).
- Purwiyanti, S., & Yuniati, Y. (2021). Alat Fermentasi Bawang Putih Hitam (Black Garlic) Untuk Meningkatkan Kualitas dan Produksi Bagi Industri Rumah Tangga di Bandar Lampung. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Sakai Sambayan*, 5(2), 101-105.
- Rais, R., Yulianti, P. S., Hasan, A. M., Elviralita, Y., & Hidayat, M. E. (2022). Rancang Bangun Prototipe Oven Pengering Gabah Berbasis Iot. *Mechatronics Journal in Professional and Entrepreneur.*, 4(2), 37-41.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations** (5th ed.). Free Press.
- Semadi, I., 2025. Desain Sistem Monitoring dan Kontrol Oven Berbasis IOT dengan Aplikasi Android (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Bali).
- Wahyullah, M.G., 2018. *Pengaruh Pemberian Ekstrak Bawang Hitam (black garlic) terhadap penurunan kadar glukosa darah pada mencit (mus musculus)* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surabaya).