

## Implementasi Ecobox Smart Dryer Berbasis IoT untuk Produksi Tepung Labu Kuning sebagai Pangan Alternatif

Felix Andreas Sutanto<sup>1</sup>, Dewi Handayani Untari Ningsih<sup>2</sup>, Mohammad Riza  
Radyanto<sup>3</sup>, Saefurrohman<sup>4</sup>

Universitas Stikubank (UNISBANK) Semarang, Indonesia<sup>1,2,3,4</sup>  
{[felix@edu.unisbank.ac.id](mailto:felix@edu.unisbank.ac.id)<sup>1</sup>, [dewi\\_h@edu.unisbank.ac.id](mailto:dewi_h@edu.unisbank.ac.id)<sup>2</sup>,  
[rizaradyanto@edu.unisbank.ac.id](mailto:rizaradyanto@edu.unisbank.ac.id)<sup>3</sup>, [saefurr@edu.unisbank.ac.id](mailto:saefurr@edu.unisbank.ac.id)<sup>4</sup>}

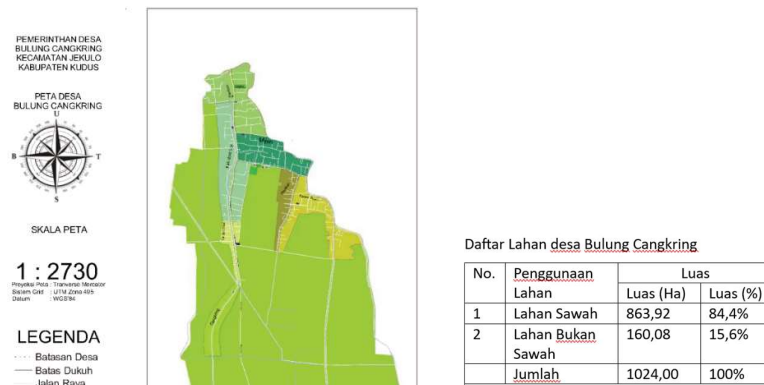
| Submission: 2025-09-26                                                                           | Received: 2025-12-04                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Published: 2025-12-30 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| <b>Keywords:</b> <i>Appropriate Technology , Ecobox Smart Dryer, IoT, PAR, Pumpkin Flour.</i>    | <b>Abstract.</b> <i>Bulungcangkring Village in Jekulo District, Kudus Regency, has strong agricultural potential, with most residents working as farmers. Some have begun cultivating non-rice commodities such as pumpkin and purple sweet potato, which offer opportunities for value-added processing and increased income. KUB Elbina, a 20-member local enterprise group, focuses on processing these agricultural products, especially pumpkin flour. However, the group faces technological limitations, particularly in post-harvest drying, which is still done through open sun drying. This method requires ±24 hours, yields only ~70%, depends heavily on weather, and poses contamination risks from dust, insects, and microorganisms, resulting in inconsistent product quality, including non-uniform flour color. This community service program implements an IoT-based Ecobox Smart Dryer as an appropriate technology to improve processing efficiency and product quality using a Participatory Action Research (PAR) approach. Activities include problem identification, equipment installation, training, production assistance, and evaluation. The results show significant improvements: drying time reduced to ±8 hours, yield increased to ~90%, moisture content stabilized at ≤10%, and flour color became more uniform. The program outputs include a fully functioning Smart Dryer, enhanced production capacity, improved product quality, and strengthened operator skills.</i> |                       |
| <b>Katakunci:</b> <i>Teknologi Tepat Guna, Ecobox Smart Dryer, IoT, PAR, Tepung Labu Kuning.</i> | <b>Abstrak.</b> <i>Desa Bulungcangkring memiliki potensi pertanian besar, dengan sebagian petani mulai membudidayakan komoditas alternatif seperti labu kuning dan ubi ungu untuk meningkatkan nilai tambah. KUB Elbina, beranggotakan 20 orang, mengolah hasil pertanian lokal menjadi tepung, namun menghadapi keterbatasan teknologi, terutama pada proses pengeringan konvensional yang memerlukan ±24 jam, menghasilkan rendemen ~70%, rentan kontaminasi, dan memicu ketidakseragaman warna serta kualitas. Program pengabdian ini mengimplementasikan Ecobox Smart Dryer berbasis IoT melalui metode PAR, meliputi identifikasi masalah, pemasangan alat, pelatihan, pendampingan, dan evaluasi. Hasilnya menunjukkan peningkatan signifikan: waktu pengeringan menjadi ±8 jam, rendemen meningkat ~90%, kadar air stabil ≤10%,</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                       |

dan warna tepung lebih seragam. Program ini menghasilkan Smart Dryer yang berfungsi optimal, peningkatan kapasitas produksi serta mutu tepung, dan penguatan keterampilan operator lokal.

---

## 1 Pendahuluan

Ketahanan pangan merupakan isu fundamental yang berkaitan dengan ketersediaan, kualitas, serta keberlanjutan pasokan pangan bagi Masyarakat (Torrico et al., 2023). Desa Bulungcangkring, Kecamatan Jekulo, Kabupaten Kudus, memiliki potensi pertanian yang cukup besar dengan mayoritas penduduk bekerja sebagai petani (BPS Kab.KUDUS, 2024). Selama ini, pola tanam masih didominasi oleh monokultur padi sehingga pendapatan petani relatif rendah dan rentan terhadap fluktuasi harga pasar. Untuk mengurangi ketergantungan, sebagian petani mulai mengembangkan komoditas alternatif seperti labu kuning dan ubi ungu yang memiliki nilai gizi tinggi serta peluang besar untuk diolah menjadi pangan alternatif (Made Krisna Laksmayani, Dafina Howara, Sulmi, Made Antara, 2023). Permintaan konsumen terhadap pangan sehat bebas gluten meningkat dan labu kuning (*Cucurbita moschata*) menawarkan potensi karena kaya beta-karoten serta mudah dibudidayakan di berbagai wilayah Indonesia (Ananda Putri et al., 2023), (Zerbini et al., 2024). Produksi labu kuning di tingkat petani masih didominasi penjualan segar (>80%) dan belum masuk rantai nilai tepung karena teknologi pengolahan tidak tersedia secara merata (Xu et al., 2023), (Das & Roy, 2021). Di Indonesia, tepung labu juga belum menjadi produk komersial umum dan masih berada pada tahap penelitian (Muhanniah et al., 2022), (Wahyono et al., 2018). Selain bersifat musiman, pasokan labu berfluktuasi sehingga tidak mendukung kontinuitas produksi hilir (Pérez et al., 2020), (Park et al., 2018), (Lima et al., 2025), observasi KUB Elbina.



Gambar 1. Peta Desa Bulungcangkring Kecamatan Jekulo  
(Peta Desa Bulungcangkring Kecamatan Jekulo, n.d.)

Dilihat dari besarnya wilayah persawahan desa Bulung Cangkring membuat mayoritas warga desa Bulung Cangkring bermatapencaharian sebagai petani. Tercatat 40% warga desa bekerja di sektor pertanian 20% wirausaha 10% pegawai negeri 20% buruh pabrik (BPS Kab.KUDUS, 2024).

Desa Bulung Cangkring dengan luas 10,24 km<sup>2</sup> dan 12.907 jiwa (gambar 1), tercatat oleh pemdes 84,4% area di desa Bulung Cangkring adalah persawahan dengan komoditas pertanian yang sering ditanam adalah tanaman pangan dan hortikultura. Beberapa petani mulai membudidayakan komoditas non padi seperti labu kuning dan ubi ungu yang merupakan produk pangan alternatif berpotensi diolah lebih lanjut untuk meningkatkan nilai tambah dan pendapatan (Jamaludin, 2024).

KUB Elbina merupakan kelompok usaha yang beranggotakan 20 orang, berfokus pada pengolahan hasil pertanian lokal. Produk utama yang dihasilkan adalah tepung labu kuning, dan saat ini tengah mengembangkan pengolahan ubi ungu. Potensi pengembangan usaha cukup besar karena didukung ketersediaan bahan baku, pengalaman anggota, serta tren pasar yang mengarah pada konsumsi pangan sehat. Proses produksi yang berjalan saat ini ditunjukkan di gambar 2:



Gambar 2. Proses Produksi Pembuatan Tepung Labu

Sebagai Pangan Alternatif KUB “Elbina” selama ini menghadapi keterbatasan dalam teknologi pengolahan, terutama proses pengeringan pascapanen yang masih dilakukan secara konvensional dengan penjemuran terbuka yang memiliki beberapa kelemahan seperti: 1) waktu pengeringan yang lama dan tidak stabil, tergantung pada kondisi cuaca, 2) risiko kontaminasi dari debu, serangga, dan mikroorganisme, yang mempengaruhi kualitas produk, 3) Kualitas produk akhir yang tidak memenuhi standar antara produksi hari ini dengan produksi lainnya, diantaranya warna tepung labu yang berubah atau tidak seragam (gambar 3).



Gambar 3. Proses Pengeringan Labu Kuning di Udara Terbuka dan Tepung yang dihasilkan (berbeda warna)

Data eksisting hasil dari proses pengeringan yang dilakukan saat ini menunjukkan bahwa masih ada sisa ampas yang tidak bisa diolah seluruhnya menjadi tepung labu sebanyak 30% yang diperoleh melalui pengukuran berat basah-kering dari proses produksi mitra, diawali dengan menimbang massa daging labu segar yang telah dipotong dan diparut kasar, kemudian dibandingkan dengan massa tepung akhir setelah proses penjemuran terbuka.

Pemilihan Ecobox Smart Dryer didasari analisis kebutuhan mitra dan perbandingan teknologi. Solar dryer pasif tidak stabil; kabinet dryer konvensional tidak menyediakan kontrol mutu; fluidized bed atau freeze dryer terlalu mahal dan kompleks untuk UMKM (Khan & Shrivastava, 2025). Ecobox menawarkan keseimbangan terbaik antara biaya, kemudahan operasi, stabilitas suhu-kelembapan berbasis IoT, serta kualitas tepung yang dihasilkan. Oleh karena itu, teknologi ini menjadi pilihan yang paling tepat untuk memenuhi kebutuhan pengeringan cepat, higienis, dan seragam pada skala UMKM.

Penerapan *Smart EcoDryer* berbasis Internet of Things (IoT) dan kendali cerdas menggunakan metode ANFIS diproyeksikan menjaga suhu dan kelembapan optimal secara adaptif sehingga waktu pengeringan berkurang dan mutu terjaga (Villa-Medina et al., 2025). Integrasi IoT pada pascapanen pertanian terbukti meningkatkan efisiensi, memudahkan pemantauan jarak jauh, dan menurunkan biaya operasional pada berbagai komoditas (Choudhary et al., 2025). Penguatan proses dengan standar higienitas dan pencatatan data produksi diharapkan menaikkan rendemen serta konsistensi mutu tepung. Landasan empiris tersebut menjadi pijakan perubahan yang realistis bagi peningkatan kapasitas produksi KUB “Elbina”.

Adopsi *Ecobox Smart Dryer* dan peningkatan kapasitas manajemen proses agar kesenjangan suplai–permintaan dapat dipenuhi. Pendekatan yang digunakan bersifat partisipatif berbasis komunitas dengan tahapan pemetaan kebutuhan, perancangan solusi bersama pelatihan teknis, implementasi alat, pendampingan operasional dan evaluasi berbasis indikator (Palinkas et al., 2025), (Atmanto et al., 2023). Rangkaian kegiatan dirancang untuk memastikan alih teknologi berlangsung efektif sekaligus membangun kemandirian operator lokal. Instrumen evaluasi kuantitatif dan kualitatif disiapkan untuk menilai efisiensi waktu, rendemen, kadar air akhir, konsistensi warna, dan kepuasan pengguna (Ferreira et al., 2020), (Asampong et al., 2023). Struktur tujuan dan metode tersebut menempatkan teknologi sebagai enabler yang menyatu dengan praktik harian mitra.

Tahapan pengeringan merupakan salah satu proses untuk menghilangkan kadar air dan kelembapan yang terkandung pada

pangan, dan dilakukan untuk mencegah mikroorganisme seperti jamur dan bakteri yang (Sheng & Wang, 2023) pangan berbau atau busuk (Sheng & Wang, 2023), (Michel et al., 2024). Dari sisi metode, pengeringan terbagi 2, yaitu pengeringan secara alami dan pengeringan menggunakan alat buatan. Kelebihan pengeringan secara tradisional adalah tidak memerlukan peralatan khusus dan keahlian khusus serta biaya yang relatif lebih murah (Bhardwaj et al., 2021), (Dwivedi et al., 2023). Kekurangan pengeringan tradisional sendiri adalah memerlukan tempat yang luas, bergantung pada cuaca, dan kurang higienis (Bakir et al., 2023). Kelebihan pengering buatan adalah suhu dan proses pengeringannya bisa dikendalikan sesuai dengan kebutuhan standar optimal produk yang akan dikeringkan dengan tidak tergantung pada cuaca (An et al., 2024).

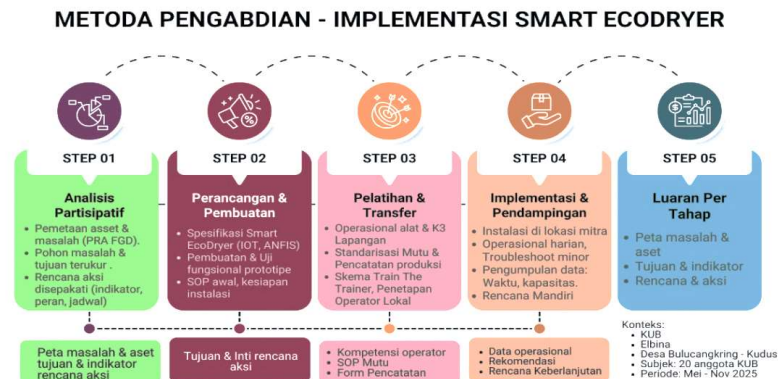
Kebaruan program terletak pada penerapan ruang pengering cerdas berbasis IoT dengan algoritma kendali adaptif pada skala UMKM labu kuning di tingkat komunitas. Integrasi kontrol cerdas, pemantauan daring, dan praktik higienitas produksi menghadirkan model pengeringan yang presisi sekaligus terjangkau. Pendekatan ini melampaui pengeringan konvensional dan menawarkan replikasi untuk komoditas lain yang memerlukan pengeringan terkontrol. Kontribusi yang dituju meliputi peningkatan produktivitas, konsistensi mutu, dan penguatan kapasitas sosial ekonomi mitra.

## 2 Metode

Kegiatan dilaksanakan pada bulan Januari-April 2025 di KUB 'Elbina', Desa Bulungcangkring, Kec. Jekulo, Kab. Kudus (Jawa Tengah). Metode pelaksanaan program menggunakan *Participatory Action Research* (PAR), dimana dengan metode ini untuk memastikan transfer teknologi Ecobox Smart Dryer beradaptasi sesuai kebutuhan dan konteks sosial mitra melalui pemetaan aset local (Dudgeon et al., 2017). Kegiatan dilakukan bersama mitra diawali dengan identifikasi masalah, perencanaan, pelatihan penggunaan Ecobox IoT, produksi tepung labu, evaluasi, dan perbaikan berkelanjutan.

Kegiatan Pra-PKM Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat menempatkan mitra sebagai subjek (bukan objek) melalui metode

Participatory Rural Appraisal (PRA) yang melibatkan mitra dengan prinsip PRA “*They do it*” menuntut tim bertindak sebagai fasilitator perubahan partisipatif yang bersumber dari masyarakat (*bottom-up*) (Olango et al., 2014).



Gambar 4. Alur Metode Pengabdian untuk Implementasi Smart EcoDryer

### Metode Pengabdian dengan Pendekatan Participatory Rural Appraisal (PRA)

Metode pengabdian ini menempatkan mitra sebagai subjek. Prosesnya terbagi dalam lima tahap: Analisis Partisipatif untuk memetakan aset dan masalah, perancangan dan pembuatan Smart EcoDryer berbasis IoT (Davis et al., 2012), pelatihan dan transfer pengetahuan dengan skema *train-the-trainer* (Hollis et al., 2022), Implementasi dan Pendampingan untuk produksi rutin, serta evaluasi dan monitoring untuk mengukur capaian dan keberlanjutan (Gupta et al., 2021). Seluruh proses dirancang secara partisipatif untuk memastikan solusi teknologi benar-benar sesuai dengan kebutuhan dan konteks lokal.

### Metode Penerapan Teknologi Inovasi

Metode pelaksanaan difokuskan pada kegiatan pembuatan Ecobox dan implementasi di Mitra sesuai dengan standar mutu proses yang meliputi tahapan (gambar 5):

### Desain Sistem IoT dan Perancangan Ecobox Smart Dryer

- a. Tahap awal berfokus pada pembuatan Ecobox Smart Dryer berbasis IoT yang sesuai kebutuhan mitra, mencakup desain *chamber*,

integrasi sensor suhu-kelembapan, aktuator, dan mikrokontroler dengan algoritma kendali adaptif. Prototipe diuji untuk memastikan kinerja optimal sebelum implementasi.

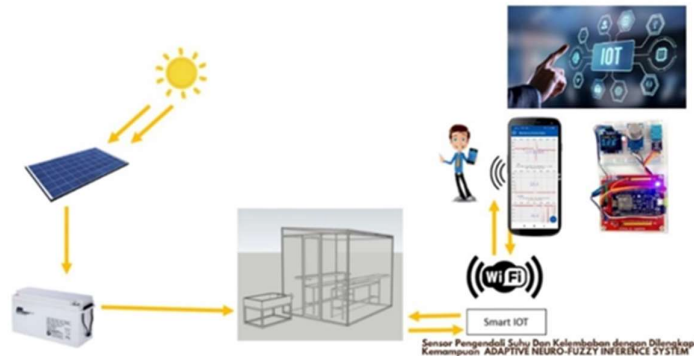
- b. Mengidentifikasi kebutuhan komponen yang akan digunakan untuk merakit Ecobox Smart Dryer sebelum dirakit untuk memastikan alat yang akan diterapkan efektif dan kapasitasnya sesuai dengan jumlah produksi tepung labu yang diharapkan.
- c. Perakitan komponen SEGH (*Solar Energy for Greenhouse*) berfokus pada daya listrik optimal dari panel surya, yang dipengaruhi tegangan, arus, dan hambatan. Komponen utama yang digunakan mencakup rangka, kolektor surya, panel surya 200 wp, serta perangkat kontrol seperti relay dan Arduino. Komponen ini terdiri dari : Rangka SEGH berbahan besi ukuran 3 m x 3 m x 2,5 m, Solar Collector, dan Panel Surya 200 wp, komponen relay, arduino, solar cell controller, baterai, power supply switching.

Memasang komponen green house menggunakan plastic polycarbonate dengan rangka alumunium berukuran tinggi 3 meter x lebar 3 meter dan tinggi 2,5 meter yang kemudian dirakitkan bersamaan dengan pemasangan alat control.

### 3 Hasil

Ecobox Smart Dryer, berfungsi sebagai kerangka kendali pengeringan berbasis sensor (ditunjukkan dalam bentuk blok diagram sistem IoT di gambar 8) dengan proses panel surya menyediakan suplai daya untuk sistem kontrol, sementara modul pemroses (mikrokontroler) menerima input dari sensor suhu dan kelembapan di dalam ruang pengering. Data yang diterima diproses untuk mengatur kerja pemanas dan kipas sirkulasi secara otomatis. Sistem ini terhubung dengan gawai operator melalui jaringan WiFi, sehingga parameter pengeringan dapat dipantau dan disesuaikan secara real-time.





Gambar 5. Blok Diagram Teknologi IoT yang Diterapkan

Transformasi efisiensi produksi dan mutu intervensi teknologi Ecobox Smart Dryer telah memicu perubahan radikal dalam pola produksi mitra. Secara empiris, alat ini berhasil memangkas durasi pengeringan hingga 66,7% (dari rerata 24 jam menjadi 8 jam per batch). Akselerasi ini bukan sekadar efisiensi waktu, melainkan solusi strategis atas hambatan cuaca yang selama ini membuat jadwal produksi KUB Elbina tidak menentu. Dengan eliminasi variabel cuaca, kapasitas produksi mitra terdongkrak signifikan sebesar 100%, dari 50 kg menjadi 100 kg tepung per bulan, memungkinkan pemenuhan pesanan pasar secara terjadwal.

Selain kuantitas yang didapatkan, peningkatan mutu produk menjadi indikator keberhasilan utama. Penerapan suhu terkendali 50–55°C menekan risiko degradasi warna dan nutrisi yang lazim terjadi pada metode penjemuran terbuka. Hasil komparasi menunjukkan kenaikan rendemen dari 70% menjadi 90%, mengindikasikan minimalnya penyusutan bahan akibat pembusukan atau kontaminasi eksternal. Tepung yang dihasilkan kini memiliki kadar air stabil  $\leq 10\%$  dengan warna kuning cerah yang seragam (homogen). Konsistensi mutu ini menjadi modal vital bagi mitra untuk menstandarisasi produk akhir, sebuah lompatan kualitas yang sebelumnya mustahil dicapai dengan metode konvensional.

Tabel 1. Peningkatan Kinerja Produksi Tepung Labu Kuning Setelah Penerapan *Smart EcoDryer*

| Aspek                        | Sebelum<br>(Pengeringan Manual)                    | Sesudah<br>(Smart EcoDryer IoT)              |
|------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Waktu pengeringan per batch  | ±24 jam (tergantung cuaca)                         | ±8 jam (terkendali, kapan saja)              |
| Kapasitas produksi per bulan | ±50 kg tepung (±50% permintaan terpenuhi)          | ±100 kg tepung (100% permintaan terpenuhi)   |
| Hasil rendemen tepung        | ~70% dari bobot daging labu (30% terbuang)         | ~90% dari bobot daging labu (minim sisa)     |
| Kualitas produk              | Warna tepung kurang seragam; kadar air 12–15%      | Warna tepung cerah & seragam; kadar air ≤10% |
| Higienitas & Kontaminasi     | Rentan tercemar debu/serangga (penjemuran terbuka) | Higienis (ruang tertutup, bersih)            |
| Kepuasan mitra               | – (belum ada teknologi)                            | Sangat puas (95% anggota; skor 4,8/5)        |

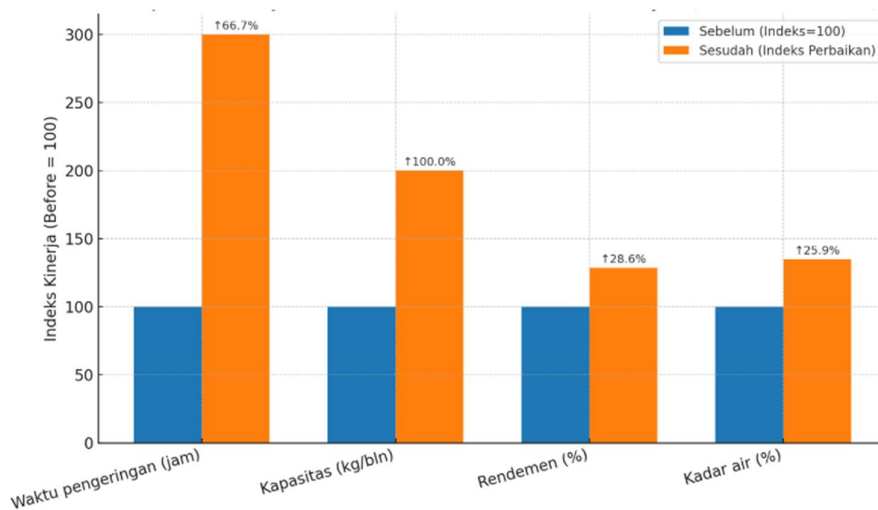
**Ringkasan before–after (intisari):**

- Durasi: 24 jam → 8 jam (↓ 66,7 %).
- Kapasitas: 50 kg/bln → 100 kg/bln (↑ 100 %).
- Rendemen: 70 % → 90 % (↑ 20 poin).
- Kadar air: 12–15 % → ≤ 10 %.
- Kepuasan: 95 % anggota; 4,8/5.

Secara teoretis, dominasi pengeringan buatan atas pengeringan tradisional sejalan dengan prinsip kendali suhu–kelembapan dan independensi terhadap cuaca. Temuan lapangan membuktikan bahwa pengering buatan mengakselerasi proses dan menaikkan mutu, meski menuntut investasi alat & keterampilan yang direspon melalui pelatihan berjenjang dan SOP. Penerapan IoT memiliki kemampuan monitoring jarak jauh dan kontrol presisi (50–55 °C) sehingga mutu (warna, kadar

air) menjadi konsisten; hasil ini selaras dengan literatur tentang kontrol cerdas (mis. ANFIS) dan IoT pada pengeringan komoditas pertanian yang meningkatkan respons termal, efisiensi, serta keamanan proses.

Pendekatan partisipatif berbasis PRA digunakan sejak pemetaan kebutuhan; mitra diposisikan sebagai subjek untuk menumbuhkan *ownership*. Tahapan meliputi: (1) diagnosis partisipatif hambatan pengeringan & kapasitas SDM; (2) desain-instalasi *Ecobox Smart Dryer*; (3) uji fungsi lapangan & kalibrasi parameter; (4) pelatihan berulang (operasional, K3, higienitas, pencatatan data); (5) penerapan SOP, rotasi operator, dan koordinasi berbasis gawai; (6) evaluasi bersama dan perbaikan. Instrumen evaluasi mencakup pre-post parameter proses (durasi, kadar air, rendemen, kapasitas) serta survei kepuasan mitra; data kualitatif dihimpun melalui observasi terstruktur dan testimoni selama pendampingan. Analisis kuantitatif menyajikan perubahan terukur (persentase peningkatan/penurunan), sedangkan analisis kualitatif dilakukan secara tematik untuk memetakan faktor keberhasilan, kendala, dan rencana keberlanjutan



Gambar 6. Komparasi Kinerja Sebelum vs Sesudah *Ecobox Smart Dryer* (Index Perbaikan)

Grafik menampilkan Indeks Kinerja dengan acuan *Before=100* untuk setiap aspek, sehingga mudah terlihat lonjakan kinerja pada fase *After*. Untuk metrik yang “lebih kecil lebih baik” (waktu pengeringan dan

kadar air), indeks dihitung terbalik ( $\text{Before/After} \times 100$ ) agar arah perbaikan konsisten ( $>100$  berarti membaik). Hasilnya:

- Waktu pengeringan: indeks  $\sim 300$  ( $\uparrow 66,7\%$  perbaikan; 24 jam  $\rightarrow$  8 jam).
- Kapasitas bulanan: indeks  $\sim 200$  ( $\uparrow 100\%$ ; 50 kg  $\rightarrow$  100 kg).
- Rendemen: indeks  $\sim 128,6$  ( $\uparrow 28,6\%$ ; 70%  $\rightarrow$  90%).
- Kadar air akhir: indeks  $\sim 135,0$  ( $\uparrow 25,9\%$ ; dari kisaran 12–15% dipakai rerata konservatif 13,5%  $\rightarrow$  10% sebagai target/hasil konservatif).
- Catatan metodologis untuk transparansi: nilai kadar air sebelum memakai rerata midpoint 13,5% (dari 12–15%), sedangkan sesudah memakai 10% (karena  $\leq 10\%$ ). Pilihan ini konservatif dan tidak melebih-lebihkan efek.

Keterbatasan selama implementasi gangguan sinyal internet & kebutuhan kalibrasi sensor diatasi melalui fallback kontrol manual, pelindung sensor, dan penguat sinyal, yang menegaskan pentingnya rencana kontinjensi serta pelatihan pemeliharaan mandiri untuk menjaga uptime. Potensi replikasi lintas komoditas terbuka dengan penyesuaian parameter dan skala kapasitas; secara praktis dibutuhkan paket intervensi terpadu (rekayasa alat + SOP + pelatihan berjenjang + jejaring) agar keberlanjutan terjaga. Selain peningkatan teknis, program juga menghasilkan luaran eksternal (artikel, media, audio visual, poster, rekognisi MBKM) sebagai pengungkit difusi pengetahuan dan akuntabilitas publik.

## 4 Discussion

### Proses Kerja Ecobox Smart Dryer Berbasis IoT

Proses pengeringan dalam Ecobox Smart Dryer mengikuti tahapan terstruktur sebagai berikut (ditunjukkan di gambar 9):

- Tahap 1. Pemanasan Awal Ruang Ecobox  
Sensor mengukur suhu awal. ANFIS menentukan nilai pemanasan optimal berdasarkan suhu lingkungan, target kelembapan, kondisi awal irisan labu. Sistem memerintahkan heater dan kipas sirkulasi untuk mencapai suhu stabil 50–55°C.

b. Tahap 2. Penataan Tray Labu Kuning

Irisan labu dimasukkan ke dalam ruang pengering tertutup. Tidak ada paparan sinar UV atau angin luar, sehingga pigmen dan aroma lebih terjaga.

c. Tahap 3. Pengeringan Terkendali Berbasis ANFIS. Selama proses:

- 1) Sensor suhu dan kelembapan mengirim data ke mikrokontroler.
- 2) ANFIS menyesuaikan intensitas pemanas dan kecepatan aliran udara secara otomatis.
- 3) Kelembapan internal dikendalikan untuk mencegah over-drying dan under-drying.
- 4) Udara panas bergerak merata di seluruh volume ruang.

Karakteristik utama metode ini Adalah tidak dipengaruhi cuaca, Suhu stabil → mencegah degradasi warna, Kadar air turun secara bertahap dan terkontrol, Proses higienis karena ruang tertutup

d. Tahap 4. Monitoring Real-Time melalui IoT

Operator memantau suhu, kelembapan, durasi proses, dan status perangkat. Semua melalui smartphone. Jika terjadi anomali, sistem memberikan notifikasi.

e. Tahap 5. Penyelesaian Pengeringan

Ketika kadar air mendekati  $\leq 10\%$ , sistem menghentikan pemanasan. Tray dikeluarkan, dan labu siap digiling menjadi tepung. Hasil: warna cerah, seragam, kadar air stabil, rendemen tinggi.



Gambar 7. Proses *Ecobox Smart Dryer*

Adopsi Teknologi dan Perubahan Perilaku Mitra tampak pada keberhasilan program ini tidak hanya diukur dari berfungsinya alat, tetapi dari terjadinya alih teknologi (*transfer of technology*) yang mengubah

perilaku kerja mitra. Integrasi IoT pada Ecobox berfungsi sebagai instrumen edukasi yang mentransformasi pola pikir operator dari basis "intuisi" menjadi basis "data". Melalui fitur monitoring real-time via gawai pintar, anggota KUB kini mampu memantau parameter suhu dan kelembapan secara presisi, sebuah kompetensi teknis baru yang sebelumnya asing bagi komunitas pedesaan.

Sistem cerdas berbasis ANFIS (*Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System*) yang tertanam pada alat mempermudah proses adopsi ini karena sistem bekerja secara adaptif mengatur kestabilan ruang pengering tanpa intervensi manual yang rumit. Hal ini meminimalkan resistensi teknologi di kalangan anggota KUB yang didominasi perempuan. Dampak sosialnya terlihat dari terbentuknya pranata baru berupa Standar Operasional Prosedur (SOP) digital dan pembagian peran operator monitoring. Fenomena ini menegaskan bahwa teknologi tepat guna yang didesain ramah pengguna mampu menjembatani kesenjangan digital dan membangun kultur kerja industri yang disiplin dan terukur di tingkat UMKM.

Implikasi Ekonomi dan Hilirisasi Pangan Lokal pada produksi tepung labu kuning berkualitas premium melalui teknologi Ecobox membuka peluang diversifikasi ekonomi yang konkret bagi Desa Bulungcangkring. Program ini membuktikan keberhasilan strategi hilirisasi komoditas lokal, mengubah labu kuning yang bersifat mudah rusak (*perishable*) dan berharga jual rendah saat panen raya, menjadi produk olahan bernilai tambah tinggi (*high value product*) dengan masa simpan panjang. Mitigasi risiko pascapanen ini secara langsung memutus rantai kerugian petani akibat fluktuasi harga komoditas segar.

Lebih jauh, produk tepung ini memposisikan KUB Elbina di ceruk pasar strategis pangan fungsional bebas gluten (*gluten-free*) yang permintaannya terus meningkat. Dengan mutu yang kini terstandarisasi, mitra memiliki posisi tawar lebih kuat untuk menembus pasar ritel modern dan industri olahan makanan sehat. Keberhasilan ini menciptakan *multiplier effect* ekonomi, tidak hanya meningkatkan pendapatan anggota, tetapi juga menumbuhkan ekosistem kewirausahaan desa yang mandiri dan berkelanjutan, sejalan dengan tujuan kemandirian pangan nasional.

## 5 Kesimpulan

Program pengabdian masyarakat ini telah berhasil mengatasi permasalahan mitra melalui penerapan teknologi *Ecobox Smart Dryer*. Penerapan pengering pintar tersebut meningkatkan produktivitas dan kualitas produk olahan pangan alternatif yang dihasilkan oleh KUB “Elbina”. Peningkatan ini menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi tepat guna dapat memberdayakan komunitas petani dalam diversifikasi produk, sejalan dengan teori pemberdayaan masyarakat. Para anggota mitra kini memiliki pengetahuan dan keterampilan lebih baik dalam proses pengeringan pangan, sehingga mampu menjaga kualitas hasil produksi dan memperpanjang umur simpan produk mereka.

Inovasi *Ecobox Smart Dryer* berhasil meningkatkan efisiensi produksi dan kapasitas manajemen KUB “Elbina”. Untuk keberlanjutan, diperlukan pendampingan, pemeliharaan alat, dan dukungan lanjutan dari tim serta pemerintah. Program ini membuktikan bahwa hilirisasi pangan alternatif dan pemberdayaan masyarakat dapat dicapai secara optimal dan berkelanjutan.

Secara keseluruhan, penerapan *Ecobox Smart Dryer* melalui pendekatan partisipatif menghasilkan perubahan yang bukan hanya teknis, tetapi juga sosial dan manajerial. Teknologi ini mendukung efisiensi produksi, meningkatkan kualitas produk, dan memperkuat kapasitas organisasi mitra. Transformasi perilaku dan peningkatan kepercayaan diri operator menunjukkan bahwa keberhasilan program tidak hanya terletak pada alat yang dipasang, tetapi pada kemampuan masyarakat mengadopsi dan mempertahankan praktik baru.

## 6 Pengakuan

Tim pengabdian menyampaikan terima kasih kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM) Kemendikbudristek yang telah mendanai kegiatan Program Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat (PKM) 2025 ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Universitas Stikubank (UNISBANK) Semarang atas dukungan fasilitas dan sumber daya, serta kepada KUB “Elbina” Desa Bulungcangkring dan Dinas Ketahanan Pangan Kabupaten Kudus yang

telah berkolaborasi aktif sehingga program ini dapat berlangsung dengan lancar dan mencapai hasil yang diharapkan.

## 7 Referensi

- R. B. (2023). Food Security for Sustainable Future: Challenges, Strategies and Solutions. *International Journal For Multidisciplinary Research*, 5(6). <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2023.v05i06.8868>
- An, J., Xie, H., Yan, J., Wei, H., Wu, Y., & Liao, X. (2024). A review of applications of energy analysis: Grain, fruit and vegetable drying technology. *Energy Reports*, 12(September), 5482–5506. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.11.037>
- Ananda Putri, N. R., Kusnanda, P. S., Angellya, B. F., Sartika, D., Purnomo, & Daryono, B. S. (2023). Genetic Variation of Butternut Squash (*Cucurbita moschata* Duchesne) based on Inter-Simple Sequence Repeat. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.22146/jtbb.77228>
- Asampong, E., Kamau, E. M., Teg-Nefaah Tabong, P., Glozah, F., Nwameme, A., Opoku-Mensah, K., Amankwa, B., & Dako-Gyeke, P. (2023). Capacity building through comprehensive implementation research training and mentorship: an approach for translating knowledge into practice. *Globalization and Health*, 19(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12992-023-00935-8>
- Atmanto, W. D., Faridah, E., Triyogo, A., Jihad, A. N., & Sawitri, S. (2023). Bamboo for Riverbanks Rehabilitation and Economy Empowerment of Local Community of Desa Pitu, Ngawi, Jawa Timur. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (Indonesian Journal of Community Engagement)*, 9(1), 1. <https://doi.org/10.22146/jpkm.79319>
- Bakir, S., Hall, R. D., de Vos, R. C. H., Mumm, R., Kadakal, Ç., & Capanoglu, E. (2023). Effect of drying treatments on the global metabolome and health-related compounds in tomatoes. *Food Chemistry*, 403(August 2022), 134123. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134123>



- Bhardwaj, A. K., Kumar, R., Kumar, S., Goel, B., & Chauhan, R. (2021). Energy and exergy analyses of drying medicinal herb in a novel forced convection solar dryer integrated with SHSM and PCM. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 45(June 2020), 101119.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101119>
- BPS Kab.KUDUS. (2024). *BPS Kab.KUDUS : Kec.Jekulo dalam Angka 2024*.
- Choudhary, V., Guha, P., Pau, G., & Mishra, S. (2025). An overview of smart agriculture using internet of things (IoT) and web services. *Environmental and Sustainability Indicators*, 26(April 2024), 100607.  
<https://doi.org/10.1016/j.indic.2025.100607>
- Das, N. K., & Roy, A. (2021). Value chain analysis of organic pumpkin in India. *Organic Agriculture*, 11(4). <https://doi.org/10.1007/s13165-021-00374-y>
- Davis, K., Nkonya, E., Kato, E., Mekonnen, D. A., Odendo, M., Miiro, R., & Nkuba, J. (2012). Impact of Farmer Field Schools on Agricultural Productivity and Poverty in East Africa. *World Development*, 40(2), 402–413.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2011.05.019>
- Dudgeon, P., Scrine, C., Cox, A., & Walker, R. (2017). Facilitating Empowerment and Self-Determination Through Participatory Action Research. *International Journal of Qualitative Methods*, 16(1).  
<https://doi.org/10.1177/1609406917699515>
- Dwivedi, A., Goel, V., Kumar Pathak, S., & Kumar, A. (2023). Prioritization of potential barriers to the implementation of solar drying techniques using MCDM tools: A case study and mapping in INDIA. *Solar Energy*, 253(August 2022), 199–218.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.02.030>
- Ferreira, J. M., Acuña, S. T., Dieste, O., Vegas, S., Santos, A., Rodríguez, F., & Juristo, N. (2020). Impact of usability mechanisms: An experiment on efficiency, effectiveness and user satisfaction. *Information and Software Technology*, 117(November 2018), 106195.  
<https://doi.org/10.1016/j.infsof.2019.106195>

- Gupta, H., Kumar, A., & Wasan, P. (2021). Industry 4.0, cleaner production and circular economy: An integrative framework for evaluating ethical and sustainable business performance of manufacturing organizations. *Journal of Cleaner Production*, 295, 126253.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126253>
- Hollis, J. L., Seward, K., Kocanda, L., Collins, C. E., Tully, B., Brett, K., Hunter, M., Foureur, M., Schumacher, T., Lawrence, W., & MacDonald-Wicks, L. (2022). Evaluating a train-the-trainer model for scaling-up Healthy Conversation Skills training: A pre-post survey using the Theoretical Domains Framework. *Patient Education and Counseling*, 105(10), 3078–3085.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pec.2022.06.011>
- Jamaludin, M. A. (2024). *Analisis Jual Beli Padi Dengan Sistem Tebas Dalam Perspektif Hukum Islam (Studi Kasus di Wilayah Desa Bulungcangkring Kecamatan Jekulo Kabupaten Kudus)* [Hukum Ekonomi Syariah]. IAIN KUDUS.
- Khan, A., & Shrivastava, A. (2025). Advancements in Solar Cabinet Dryers: A Review of Design, Efficiency, and Applications. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 13(4), 4020–4027. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2025.69140>
- Lima, D. M., Sobrinho, A. P., Bitencourt, A. de M., Roberto, J. C. A., & Almeida, V. da S. (2025). A dificuldade de compra de produtos regionais com sazonalidade de produção: Um estudo da cadeia de suprimentos do Tucumã na Amazônia. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, 17(8), e9088. <https://doi.org/10.55905/cuadv17n8-044>
- Made Krisna Laksmayani, Dafina Howara, Sulmi, Made Antara, A. A. (2023). Pengolahan Ubi Jalar Menjadi Produk Olahan Pangan Dalam Mendukung Upaya Diversifikasi Pangan Lokal. *Monsu'Ani Tano ...*, 6(2).
- Michel, M., Eldridge, A. L., Hartmann, C., Klassen, P., Ingram, J., & Meijer, G. W. (2024). Benefits and challenges of food processing in the context of food systems, value chains and sustainable development

goals. *Trends in Food Science and Technology*, 153(August).  
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104703>

Muhanniah, M., Asni, A., & Haq, A. (2022). Pembuatan Tepung Waluh. *JASATHP: Jurnal Sains Dan Teknologi Hasil Pertanian*, 2(1), 29–34.  
<https://doi.org/10.55678/jasathp.v2i1.672>

Olango, T. M., Tesfaye, B., Catellani, M., & Pè, M. E. (2014). Indigenous knowledge, use and on-farm management of enset (*Ensete ventricosum* (Welw.) Cheesman) diversity in Wolaita, Southern Ethiopia. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 10(1), 1–18.  
<https://doi.org/10.1186/1746-4269-10-41>

Palinkas, L. A., Springgate, B., Cabassa, L. J., Shin, M., Garcia, S., Crabtree, B. F., & Tsui, J. (2025). Methods for community-engaged data collection and analysis in implementation research. In *Implementation Science Communications* (Vol. 6, Issue 1).  
<https://doi.org/10.1186/s43058-025-00722-z>

Park, J. W., Oh, H. Y., Kim, D. Y., & Cho, Y. J. (2018). Plant Location Selection for Food Production by Considering the Regional and Seasonal Supply Vulnerability of Raw Materials. *Mathematical Problems in Engineering*, 2018, 1–14.  
<https://doi.org/10.1155/2018/7494398>

Pérez, D., de los Ángeles Rodríguez, M., Ortiz, Á., & Guyon, C. (2020). *Assessing the Impact of Pumpkins Plantation, Harvest and Storage Decisions on a Collaborative Supply Chain with Data Analysis Tools* (pp. 511–523). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-62412-5\\_42](https://doi.org/10.1007/978-3-030-62412-5_42)

*Peta Desa Bulungcangkring Kecamatan Jekulo*. (n.d.).

Sheng, L., & Wang, L. (2023). Approaches for a more microbiologically and chemically safe dried fruit supply chain. In *Current Opinion in Biotechnology* (Vol. 80).  
<https://doi.org/10.1016/j.copbio.2023.102912>

Torrico, D. D., Nie, X., & Serventi, L. (2023). *Food Sustainability* (pp. 1–11). [https://doi.org/10.1007/978-3-031-12358-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-031-12358-0_1)

Villa-Medina, J. F., Porta-García, M. Á., Gutiérrez, J., & Porta-Gándara, M.

Á. (2025). Solar forced convection dryer for agriproducts monitored by IoT. *Internet of Things*, 31, 101566. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2025.101566>

Wahyono, A., Kurniawati, E., Kasutjaniangati, K., Park, K.-H., & Kang, W.-W. (2018). OPTIMASI PROSES PEMBUATAN TEPUNG LABU KUNING MENGGUNAKAN RESPONSE SURFACE METHODOLOGY UNTUK MENINGKATKAN AKTIVITAS ANTIOKSIDANNYA. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 29(1), 29–38. <https://doi.org/10.6066/jtip.2018.29.1.29>

Xu, S., Li, Z., Li, X., Wang, X., Wang, L., & Liu, Y. (2023). The Processing Status, Existing Problems and Development Countermeasures of the Pumpkin Processing Industry in China. *Science and Technology of Food Industry*, 44(13). <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2022090046>

Zerbini, C., De Canio, F., Martinelli, E., & Luceri, B. (2024). Are gluten-free products healthy for non-celiac consumers? How the perception of well-being moderates gluten-free addiction. *Food Quality and Preference*, 118, 105183. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2024.105183>