

Cocoa Fermentech: Inovasi Fermentasi Kakao Berbasis Iot dengan Real-Time Monitoring untuk Optimalisasi Kualitas dan Pendapatan Kelompok Tani Kakao Taram

Syafrijon^{1*}, Syukhri², Anip Febtriko³

^{1,2} Universitas Negeri Padang, Indonesia

³ Universitas Putra Indonesia YPTK Padang, Indonesia

*Penulis Korespondensi: syafrijon@ft.unp.ac.id

Riwayat Artikel:

Naskah Masuk: 16 September, 2025;

Revisi: 30 September, 2025;

Diterima: 14 Oktober, 2025;

Terbit: 18 Oktober, 2025

Keywords: Cocoa Fermentation; Farmer Empowerment; Internet Of Things; Nagari Taram; SMART-BOX.

Abstract. The Cocoa Fermentech program is a community service activity focused on innovative cocoa fermentation technologies based on Internet of Things (IoT) technology to improve crop quality and the income of cocoa farmer groups in Nagari Taram, West Sumatra. The main problem faced by partners is the fermentation process, which is still carried out traditionally, without standardized temperature, humidity, and pH controls, resulting in suboptimal cocoa bean quality and low product competitiveness. Through this program, the community service team introduced a fermentation SMART-BOX integrated with IoT sensors and a real-time monitoring application. This technology enables farmers to digitally record and monitor fermentation parameters, enabling more data-driven decision-making. In addition, a series of supporting activities were carried out, including technology and management training, outreach, publications, and visual documentation for dissemination. The program results showed significant improvements in the technical and managerial aspects of the farmer groups. Technically, the quality of cocoa fermentation has become more consistent with improved aroma and flavor. From a management perspective, partners have become accustomed to using digital record-keeping, organizing logistics, and documenting activities in a structured manner. This capacity building not only strengthens the competitiveness of local cocoa products, but also encourages the sustainability of technology-based innovation in agricultural product management at the farmer level.

Abstrak

Program COCOA FERMENTECH merupakan kegiatan pengabdian masyarakat yang berfokus pada inovasi fermentasi kakao berbasis teknologi Internet of Things (IoT) untuk meningkatkan kualitas hasil panen serta pendapatan kelompok tani kakao di Nagari Taram, Sumatera Barat. Permasalahan utama yang dihadapi mitra adalah proses fermentasi yang masih dilakukan secara tradisional, tanpa standar pengendalian suhu, kelembaban, dan pH, sehingga mutu biji kakao belum optimal dan daya saing produk rendah. Melalui program ini, tim pengabdian memperkenalkan SMART-BOX fermentasi yang terintegrasi dengan sensor IoT serta aplikasi pemantauan real-time. Teknologi ini memungkinkan petani untuk mencatat dan memantau parameter fermentasi secara digital, sehingga pengambilan keputusan lebih berbasis data. Selain itu, dilakukan pula serangkaian kegiatan pendukung seperti pelatihan teknologi dan manajemen, sosialisasi, publikasi, serta dokumentasi visual sebagai sarana diseminasi. Hasil program menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada aspek teknis dan manajerial kelompok tani. Secara teknis, kualitas fermentasi kakao menjadi lebih konsisten dengan aroma dan cita rasa yang lebih baik. Dari sisi manajemen, mitra mulai terbiasa menggunakan pencatatan digital, mengatur logistik, serta mendokumentasikan kegiatan secara terstruktur. Peningkatan kapasitas ini tidak hanya memperkuat daya saing produk kakao lokal, tetapi juga mendorong keberlanjutan inovasi berbasis teknologi dalam pengelolaan hasil pertanian di tingkat petani.

Kata kunci: Fermentasi Kakao; Internet of Things; Nagari Taram; Pemberdayaan Petani; SMART-BOX.

1. LATAR BELAKANG

Kakao merupakan salah satu komoditas unggulan Indonesia yang memiliki kontribusi besar terhadap perekonomian nasional, terutama sebagai sumber devisa dan penghidupan bagi jutaan petani di daerah penghasil utama (Ilham et al., 2022). Namun, salah satu tantangan besar yang dihadapi adalah rendahnya kualitas biji kakao akibat proses pascapanen, khususnya fermentasi, yang masih dilakukan secara tradisional dan kurang memenuhi standar mutu internasional (Escobar, n.d.; Mora et al., 2020). Proses fermentasi yang tidak terkontrol menyebabkan cita rasa, aroma, serta kualitas fisik biji kakao menjadi rendah, sehingga harga jual di tingkat petani pun tidak optimal (Anugreni et al., 2023).

Di Nagari Taram, kelompok tani kakao menghadapi permasalahan serupa. Fermentasi umumnya dilakukan tanpa pencatatan parameter teknis, seperti suhu, kelembaban, dan pH, sehingga hasilnya sangat bergantung pada pengalaman masing-masing petani (Parengkoan, 2023; Peralta & Linares, 2021). Kondisi ini tidak hanya menimbulkan ketidakkonsistenan mutu produk, tetapi juga membatasi daya saing kakao lokal di pasar global. Padahal, peningkatan kualitas fermentasi dapat memberikan nilai tambah yang signifikan bagi petani sekaligus membuka peluang masuk ke rantai pasok industri coklat yang lebih luas (Adeleke et al., 2023; Coulibaly et al., 2025).

Seiring dengan berkembangnya teknologi digital, pendekatan berbasis Internet of Things (IoT) menawarkan solusi inovatif dalam memantau dan mengendalikan proses fermentasi secara real-time (Abijaude et al., 2022; Quintana-Fuentes et al., 2025). Melalui integrasi sensor suhu, kelembaban, dan pH pada wadah fermentasi khusus, data proses dapat dicatat secara otomatis, dianalisis, dan ditampilkan melalui aplikasi digital (Pratopo et al., 2022; Talero-Sarmiento et al., 2025). Dengan demikian, petani memiliki acuan objektif dalam menentukan standar fermentasi, bukan hanya berdasarkan intuisi atau pengalaman. Teknologi ini tidak hanya meningkatkan kualitas produk, tetapi juga memperkuat kapasitas manajerial petani melalui penerapan data-driven management (Sabila et al., 2025; Santander et al., 2025).

Program COCOA FERMENTECH dirancang untuk menjawab tantangan tersebut melalui inovasi fermentasi kakao berbasis IoT yang berkelanjutan, dengan melibatkan kelompok tani sebagai mitra utama (Maheswara et al., 2023). Program ini meliputi penyediaan SMART-BOX fermentasi yang terintegrasi sensor, pelatihan penggunaan teknologi, pendampingan manajemen kelompok, hingga publikasi hasil kegiatan (Campos et al., 2025; Thakran, 2017). Harapannya, intervensi ini tidak hanya meningkatkan mutu kakao di Nagari Taram, tetapi juga memperkuat keberdayaan petani dalam aspek teknis dan manajerial.

Dengan pendekatan berbasis teknologi dan pemberdayaan, COCOA FERMENTECH diharapkan mampu menjadi model pengembangan pertanian cerdas yang dapat direplikasi pada komunitas petani kakao lainnya di Indonesia. Keberhasilan program ini akan berkontribusi pada peningkatan daya saing produk kakao nasional, sekaligus memberikan dampak ekonomi yang berkelanjutan bagi petani di tingkat lokal (Pratiwi et al., 2022).

2. KAJIAN TEORITIS

Fermentasi Kakao sebagai Tahap Kritis Pascapanen

Fermentasi merupakan proses biokimia penting dalam pascapanen biji kakao yang berpengaruh besar terhadap cita rasa, aroma, dan mutu akhir cokelat. Menurut Sukha & Butler (2018), fermentasi bertujuan untuk memecah pulp yang menutupi biji dan memicu reaksi enzimatik yang membentuk prekursor rasa cokelat. Keberhasilan fermentasi dipengaruhi oleh pengendalian suhu, kelembaban, serta durasi proses. Jika tidak dilakukan secara tepat, fermentasi dapat menghasilkan biji dengan rasa asam, warna gelap, dan aroma kurang optimal..

Permasalahan Fermentasi Tradisional

Sebagian besar petani kakao di Indonesia, termasuk di Nagari Taram, masih menerapkan metode fermentasi tradisional menggunakan wadah kayu tanpa pengukuran suhu, pH, atau kelembaban. Praktik ini mengandalkan intuisi dan pengalaman, bukan data ilmiah. Menurut (Balkhaya et al., 2020), pendekatan manual semacam ini menyebabkan inkonsistensi mutu dan rendahnya nilai jual biji kakao. Selain itu, minimnya pencatatan proses menghambat peningkatan kapasitas produksi dan penelusuran mutu produk secara berkelanjutan.

Internet of Things (IoT) dalam Pertanian Cerdas

Internet of Things (IoT) merupakan jaringan perangkat fisik yang saling terhubung untuk mengumpulkan dan bertukar data secara otomatis melalui internet. Dalam konteks pertanian, IoT telah banyak dimanfaatkan untuk *precision agriculture*, pemantauan cuaca, kelembaban tanah, serta pengendalian proses pascapanen (Cosme et al., 2025). Dengan integrasi sensor suhu, kelembaban, dan pH, petani dapat memantau kondisi lingkungan secara real-time, sehingga keputusan produksi dapat diambil secara berbasis data (*data-driven decision making*).

Aplikasi IoT dalam Proses Fermentasi Kakao

Inovasi IoT dalam fermentasi kakao memungkinkan sistem pemantauan otomatis menggunakan sensor digital yang terhubung ke aplikasi ponsel atau komputer. Penelitian oleh (Inkontinans & DİKMEN, 2022) menunjukkan bahwa penerapan sensor suhu dan pH berbasis mikrokontroler seperti ESP32 mampu menjaga kestabilan fermentasi dengan deviasi suhu

<2°C dari standar ideal. Sistem semacam ini meningkatkan konsistensi mutu biji dan mengurangi ketergantungan pada pengalaman subjektif petani.

Konsep SMART-BOX Fermentasi

SMART-BOX adalah wadah fermentasi yang dirancang khusus untuk mendukung penerapan IoT dalam pengolahan kakao. Wadah ini dilengkapi dengan sensor suhu, kelembaban, dan pH yang terhubung dengan sistem *data logger* serta modul konektivitas nirkabel. Menurut konsep yang dikembangkan dalam program COCOA FERMENTECH, SMART-BOX tidak hanya berfungsi sebagai alat fermentasi, tetapi juga sebagai media pembelajaran dan pencatatan digital. Dengan adanya sistem ini, data proses fermentasi dapat dikumpulkan dan dianalisis secara sistematis untuk memperbaiki kualitas produksi di masa depan.

Pemberdayaan Petani Melalui Teknologi Digital

Penerapan teknologi tidak hanya ditujukan untuk peningkatan produksi, tetapi juga sebagai sarana pemberdayaan masyarakat. Pemberdayaan terjadi ketika masyarakat memiliki akses terhadap informasi, teknologi, dan kemampuan untuk mengambil keputusan secara mandiri. Melalui pelatihan penggunaan IoT dan aplikasi monitoring, petani diharapkan mampu mengelola proses fermentasi secara profesional dan efisien. Pendekatan ini sejalan dengan konsep *smart empowerment*, yaitu pemberdayaan berbasis inovasi digital (Utami, 2022).

Transformasi Manajemen Kelompok Tani

Integrasi IoT mendorong perubahan dalam tata kelola kelompok tani. Sistem pencatatan digital, dokumentasi kegiatan, dan pengaturan jadwal fermentasi menciptakan pola manajemen baru yang lebih terstruktur. Menurut (Ariansyah et al., 2021), transformasi manajerial berbasis data ini memperkuat transparansi, akuntabilitas, dan efisiensi operasional kelompok tani. Dalam konteks COCOA FERMENTECH, aspek ini menjadi kunci keberlanjutan inovasi karena petani tidak hanya menguasai alat, tetapi juga mengembangkan pola kerja kolaboratif yang produktif.

3. METODE PENELITIAN

Metode pelaksanaan program COCOA FERMENTECH dirancang dengan pendekatan partisipatif dan aplikatif, sehingga mitra tidak hanya menjadi penerima manfaat, tetapi juga berperan aktif dalam setiap tahapan kegiatan. Secara garis besar, metode ini terdiri atas beberapa tahapan berikut:

Survei Awal dan Identifikasi Masalah

Kegiatan diawali dengan survei lapangan di Nagari Taram untuk menggali informasi mengenai kondisi lahan, sarana fermentasi yang tersedia, serta kendala yang dihadapi kelompok tani. Survei dilakukan melalui observasi, wawancara, serta pencatatan data teknis, seperti cara petani melakukan fermentasi, kapasitas produksi, serta kelemahan dalam pencatatan proses. Data yang diperoleh digunakan sebagai dasar dalam merancang solusi berbasis teknologi yang sesuai dengan kebutuhan mitra.

Perancangan dan Pengadaan Teknologi Fermentasi Berbasis IoT

Tim pengabdian merancang *SMART-BOX* fermentasi yang higienis dan efisien, dilengkapi dengan sensor IoT untuk memantau suhu, kelembaban, dan pH secara real-time. Komponen teknologi yang digunakan meliputi sensor suhu dan kelembaban (DHT22/SHT31), modul mikrokontroler (ESP32/Arduino), *data logger*, serta modul konektivitas untuk mendukung pencatatan data digital. Seluruh perangkat dirakit, dikalibrasi, dan diuji coba sebelum dipasang pada box fermentasi milik kelompok tani.

Pelatihan dan Transfer Teknologi

Mitra dilibatkan dalam pelatihan yang mencakup dua aspek utama:

- a) Teknis: penggunaan dan perawatan *SMART-BOX*, cara membaca data sensor, serta praktik pengadukan dan pemantauan fermentasi.
- b) Manajerial: pencatatan data fermentasi, pengaturan jadwal produksi, distribusi tugas antar anggota, serta pemanfaatan aplikasi monitoring berbasis smartphone (*KakaoLink*). Pelatihan dilakukan melalui sosialisasi program, workshop aplikasi, serta praktik langsung di lapangan.

Implementasi dan Pendampingan di Lapangan

Setelah pelatihan, kelompok tani didampingi dalam mengoperasikan *SMART-BOX* dan sistem monitoring. Tim pengabdian secara berkala hadir untuk membantu instalasi alat, memastikan konektivitas sistem, serta mendukung proses adaptasi mitra terhadap teknologi baru. Pendampingan ini juga mencakup manajemen logistik, distribusi peralatan, serta fasilitasi kegiatan kelompok tani.

Diseminasi dan Publikasi Hasil

Untuk memperluas dampak program, dilakukan pembuatan media informasi berupa poster, publikasi di media lokal, serta video documenter. Dokumentasi ini berfungsi sebagai sarana transparansi, akuntabilitas, sekaligus inspirasi bagi kelompok tani lain yang ingin mengadopsi teknologi serupa.

Evaluasi dan Refleksi Bersama Mitra

Evaluasi dilakukan secara partisipatif dengan membandingkan kondisi awal dan capaian setelah program. Indikator evaluasi meliputi:

- a) Konsistensi kualitas fermentasi (aroma, rasa, dan warna biji kakao).
- b) Kemampuan mitra dalam menggunakan dan membaca data dari sistem IoT.
- c) Peningkatan kapasitas manajerial, terutama dalam pencatatan, distribusi tugas, dan dokumentasi kegiatan.

Hasil evaluasi ini menjadi dasar untuk perbaikan berkelanjutan serta kemungkinan pengembangan teknologi ke skala yang lebih luas.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Teknologi Fermentasi Berbasis IoT

Program *COCOA FERMENTECH* berhasil memperkenalkan inovasi berupa *SMART-BOX* fermentasi yang dilengkapi sensor IoT untuk memantau suhu, kelembaban, dan pH secara real-time. Sebanyak enam unit box fermentasi telah diproduksi dan dipasang di lokasi mitra. Box dirancang dengan ukuran standar, lebih higienis, mudah dibersihkan, serta kompatibel dengan sistem monitoring digital. Integrasi sensor dan *data logger* memungkinkan pencatatan parameter fermentasi secara otomatis, sehingga proses tidak lagi bergantung pada pengalaman subjektif petani.



Gambar 1. Kegiatan Pelatihan dengan Mitra.

Hasil uji coba awal menunjukkan bahwa mitra dapat melihat fluktuasi suhu dan kelembaban selama fermentasi berlangsung. Data tersebut menjadi dasar untuk menentukan standar waktu fermentasi optimal, sekaligus memperbaiki praktik tradisional yang selama ini tidak terdokumentasi. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan IoT mampu mengubah pola kerja petani menuju manajemen berbasis data (*data-driven management*).

Peningkatan Kapasitas Teknis Mitra

Melalui serangkaian pelatihan dan workshop, anggota kelompok tani memperoleh pemahaman mengenai cara mengoperasikan sensor IoT, membaca data fermentasi, serta melakukan pengadukan pada interval yang tepat. Pelatihan ini tidak hanya memperkenalkan teknologi, tetapi juga membekali mitra dengan keterampilan baru yang relevan dengan pengelolaan fermentasi modern.



Gambar 2. Suasana Kebun Cocoa dan Pelatihan kepada masyarakat.

Mitra mulai terbiasa menggunakan aplikasi *KakaoLink* untuk memantau proses fermentasi melalui ponsel pintar. Hal ini merupakan terobosan penting karena menunjukkan kemampuan petani dalam beradaptasi dengan teknologi digital, yang sebelumnya dianggap sulit diakses oleh kelompok tani pedesaan.

Peningkatan Kapasitas Manajerial

Selain aspek teknis, program ini juga berkontribusi dalam memperbaiki manajemen kelompok. Dengan adanya asisten lapangan dan fasilitasi logistik, kelompok tani mulai membiasakan diri untuk mendistribusikan tugas, mengatur jadwal fermentasi, dan melakukan pencatatan kegiatan. Dokumentasi dalam bentuk poster, publikasi media, dan video

dokumenter semakin memperkuat akuntabilitas serta transparansi kelompok tani di hadapan masyarakat maupun pemangku kepentingan.

Dari hasil evaluasi bersama, mitra menunjukkan peningkatan signifikan dalam hal:

- a) Pencatatan produksi yang sebelumnya nyaris tidak ada, kini dilakukan secara rutin.
- b) Pembagian tugas antar anggota menjadi lebih terstruktur.
- c) Evaluasi hasil fermentasi dapat dilakukan berbasis data, bukan hanya pengalaman.

Dampak terhadap Mutu Produk dan Potensi Ekonomi

Penerapan *SMART-BOX* dan sistem monitoring menghasilkan fermentasi kakao yang lebih konsisten dengan aroma, rasa, dan warna biji yang lebih baik. Biji kakao hasil fermentasi yang lebih terstandar ini berpotensi meningkatkan nilai jual di pasar, sekaligus memperkuat daya saing produk kakao Nagari Taram. Walaupun peningkatan pendapatan belum dapat diukur secara penuh dalam jangka pendek, indikasi awal menunjukkan adanya minat lebih besar dari pembeli terhadap biji kakao hasil fermentasi terstandar.

Diskusi Keberlanjutan Program

Penerapan teknologi IoT dalam fermentasi kakao tidak hanya meningkatkan kualitas produk, tetapi juga memperkuat posisi kelompok tani sebagai pelaku usaha yang profesional. Tantangan utama ke depan adalah menjaga keberlanjutan penggunaan alat, termasuk perawatan perangkat dan pembiayaan operasional. Namun, dengan adanya peningkatan kapasitas teknis dan manajerial, kelompok tani sudah memiliki fondasi untuk mengelola teknologi ini secara mandiri.

Dengan demikian, *COCOA FERMENTECH* dapat dijadikan model inovasi yang tidak hanya berorientasi pada teknologi, tetapi juga pada pemberdayaan petani secara menyeluruh. Integrasi aspek teknis dan manajerial inilah yang menjadi kunci keberhasilan program, serta membuka peluang untuk replikasi di komunitas petani kakao lain di Indonesia

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Program *COCOA FERMENTECH* berhasil meningkatkan keberdayaan kelompok tani kakao di Nagari Taram melalui integrasi inovasi teknologi dan penguatan manajemen kelompok. Penerapan *SMART-BOX* fermentasi berbasis IoT memungkinkan proses fermentasi kakao dipantau secara real-time, sehingga kualitas biji kakao menjadi lebih konsisten dan sesuai standar mutu yang diharapkan pasar. Dari sisi teknis, mitra memperoleh keterampilan baru dalam mengoperasikan perangkat IoT, membaca data fermentasi, serta mengatur praktik fermentasi secara lebih higienis dan efisien. Sementara dari sisi manajerial, kelompok tani menunjukkan perkembangan dalam pencatatan produksi, pembagian tugas,

pengelolaan logistik, serta dokumentasi kegiatan. Hal ini menandai pergeseran dari pola kerja tradisional menuju pengelolaan berbasis data dan organisasi yang lebih profesional.

Dampak nyata dari program ini adalah meningkatnya kualitas fermentasi biji kakao, yang membuka peluang untuk memperluas pasar dan meningkatkan pendapatan petani. Selain itu, adanya dokumentasi, publikasi, dan pelatihan memperkuat transparansi sekaligus menumbuhkan rasa percaya diri kelompok tani untuk bersaing di tingkat yang lebih tinggi. Secara keseluruhan, COCOA FERMENTECH bukan hanya memberikan solusi teknologi, tetapi juga mendorong transformasi sosial dan kelembagaan kelompok tani. Ke depan, program ini berpotensi direplikasi di komunitas petani kakao lainnya di Indonesia sebagai model pengembangan pertanian berbasis teknologi yang berkelanjutan..

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pengabdian mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas dukungan melalui program Pengabdian kepada Masyarakat Tahun 2025. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Universitas Negeri Padang dan Universitas Putra Indonesi YPTK Padang atas fasilitasi serta dukungan akademik. Penghargaan yang setinggi-tingginya diberikan kepada Kelompok Tani Hutan Kako Nagari Taram, Kecamatan Harau, Kabupaten Lima Puluh Kota yang telah menjadi mitra utama dalam pelaksanaan program ini. Partisipasi aktif petani dan dukungan pemerintah nagari menjadi faktor penting dalam keberhasilan kegiatan ini.

DAFTAR REFERENSI

- Abijaude, J., Sobreira, P., Santiago, L., & Greve, F. (2022). Improving data security with blockchain and Internet of Things in the gourmet cocoa bean fermentation process. *Sensors*, 22(8), 3029. <https://doi.org/10.3390/s22083029>
- Adeleke, I., Nwulu, N., & Adebo, O. A. (2023). Internet of Things (IoT) in the food fermentation process: A bibliometric review. *Journal of Food Process Engineering*. <https://doi.org/10.1111/jfpe.14321>
- Anugreni, F., Ilham, D. N., Harahap, M. K., & others. (2023). Implementation of the Internet of Things on a wheelchair using the MPU6050 sensor. *JATAED: Journal of Applied Technology and Engineering Development*. <https://jurnal.lkppl.org/index.php/jataed/article/view/17>
- Ariansyah, W., Ilham, D. N., & others. (2021). Opening doors using Internet of Things (IoT) based face recognition. *Brilliance: Research of Interdisciplinary Studies*, 1(2), 1095. <https://doi.org/10.47709/brilliance.v1i2.1095>

- Balkhaya, B., Ilham, D. N., Candra, R. A., & others. (2020). Designing an Arduino-based automatic cocoa fermentation tool. *Sinkron: Jurnal dan Penelitian Teknik Informatika*. <https://www.jurnal.polgan.ac.id/index.php/sinkron/article/view/10611>
- Campos, S. M., Martínez-Burgos, W. J., Reis, G. A. dos, & others. (2025). The role of microbial dynamics, sensorial compounds, and producing regions in cocoa fermentation. *Microbiology Research*, 16(4), 75. <https://doi.org/10.3390/microbiolres16040075>
- Cosme, F., Vilela, A., & Gonçalves, B. (2025). Biotechnology in quality analysis and sensory evaluation. In *Biotechnological innovations in food and beverages* (pp. 14). https://doi.org/10.1007/978-3-031-96526-5_14
- Coulibaly, I., Ahossi, K. K., Athanase, K. K., Clément, K. K., & others. (2025). Cocoa bean fermentation in Ivory Coast: Processes, challenges, and innovations for uncompromising market quality. *Preprints*. https://www.preprints.org/frontend/manuscript/5dbcdc052664b8da57cb82e337c6249e/download_pub
- Escobar, D. S. R. (n.d.). *Diseño e implementación de un sistema de control de temperatura para un biorreactor aplicado al proceso de fermentación de cacao mediante una interfaz IoT*. Repository UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/67645>
- Ilham, D. N., Candra, R. A., Budiansyah, A., & others. (2022). Implementation of vibration sensor and pin lock using keypad for charity box security. *International Journal of Electrical Engineering and Technology*. <https://www.academia.edu/download/98903519/1504.pdf>
- İnkontinans, Y. G. F., & Dikmen, R. D. (2022). Anahtar kelimeler: Yaşlı, fekal inkontinans, psikososyal etki. In *Proceedings of the 1st International Conference on Scientific Researches 2022 (TOKAT)*. <https://www.researchgate.net/...>
- Maheswara, M. F., Purwiyanti, S., & others. (2023). Rancang bangun alat monitoring suhu menggunakan sensor DS18B20 dan pengaduk otomatis pada proses fermentasi kakao. *Jurnal Ilmu dan Teknik Elektro Terapan*, 11(3). <https://doi.org/10.23960/jitet.v11i3.3209>
- Mora, D. S., Torrejano, V. M., & others. (2020). Modelo de aplicación QR (Quick Response Code) en actividades de trazabilidad en banco de germoplasma de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Centro de Investigación de la Amazonía. *Revista Agropecuaria y Ambiental*. <http://revistas.sena.edu.co/index.php/raaa/article/view/2849>
- Parengkoan, F. N. (2023). The identification of *Lactobacillus* bacteria and yeast isolated from fermented food waste eco-enzyme harvested at different times and its possibility for synthetic application. *i3L Repository*. <https://repository.i3l.ac.id/handle/123456789/834>

- Peralta, F. J., & Linares, G. E. P. (2021). Sistema inteligente de control basado en deep learning para la regulación de la temperatura del proceso de fermentación del grano de cacao. *Repositorio UNSM*.
<https://repositorio.unsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/05dac624-98c9-48d0-8026-3d04e97a69d7/content>
- Pratiwi, A. F., Aji, G. M., Sumardiono, A., & others. (2022). Rancang bangun pot pintar berbasis IoT. *Jurnal Inovasi dan Aplikasi Teknologi*, 11(1).
<https://doi.org/10.55600/jipa.v11i1.126>
- Pratopo, L. H., Thoriq, A., Purwanto, E. H., & others. (2022). Temperature and pH monitoring system design in the fermentation of cocoa beans based on Android. *Pelita Perkebunan*, 38(1). <https://doi.org/10.22302/iccri.jur.pelitaperkebunan.v38i1.494>
- Quintana-Fuentes, L. F., García-Jerez, A., & others. (2025). Impact of spontaneous fermentation on the physicochemical and sensory qualities of cacao. *Fermentation*, 11(7), 377. <https://doi.org/10.3390/fermentation11070377>
- Sabila, L. Y., Dwiyono, L. R., Hakim, A. R., & others. (2025). Design of oxygen and carbon dioxide monitoring system in cocoa fermentation with Internet of Things and automatic stirring system. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 14(2).
<https://doi.org/10.25077/jnte.v14n2.1245.2025>
- Santander, M., Chica, V., Correa, H. A. M., Rodríguez, J., & others. (2025). Unravelling cocoa drying technology: A comprehensive review of the influence on flavor formation and quality. *Foods*, 14(5), 721. <https://doi.org/10.3390/foods14050721>
- Talero-Sarmiento, L. H., Parra-Sanchez, D. T., & others. (2025). A bibliometric analysis of computational and mathematical techniques in the cocoa sustainable food value chain. *Heliyon*, 11(4), e43015. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e43015>
- Thakran, N. S. (2017). *Modelling a cocoa supply chain: Specific problems and their countermeasures*. SSRN.
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3068741
- Utami, W. (2022). Rancang bangun pot pintar berbasis IoT. *Jurnal J-Innovation*.
<https://www.academia.edu/download/117579827/102.pdf>