

NASKAH ORISINAL

Pembuatan Alat *Monitoring* Ph, Temperatur, Kelembaban, dan Pengeringan pada Proses Fermentasi Coklat Kakao Berbasis Android untuk Meningkatkan Nilai Jual Kakao PT. Perkebunan Nusantara, Sukogidri, Jember

I Putu Eka Widya Pratama* | Fyrdatul Umamah | Hagai Yemima | Ahmad Radhy | Safira Firdaus Mujiyanti | Sevi Novendra Patrialova | Murry Raditya | Muhammad Roy Ashiddiqi

Departemen Teknik Instrumentasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

Korespondensi

*I Putu Eka Widya Pratama, Departemen Teknik Instrumentasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia. Alamat e-mail: eka.widya@its.ac.id

Alamat

Laboratorium Instrumentasi Pengendalian, Departemen Teknik Instrumentasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

Abstrak

Proses fermentasi dan pengeringan merupakan faktor penting dalam pengolahan pasca panen biji kakao yang berpengaruh signifikan pada karakteristik akhir produk coklat berdasarkan standar mutu biji kakao SNI 2323-2008. Dengan adanya sistem *monitoring* fermentasi serta *monitoring* dan kontrol pengeringan, diharapkan dapat mengatasi masalah yang timbul selama proses fermentasi dan pengeringan yang berpotensi menurunkan kualitas biji kakao. *Monitoring* dilakukan dengan memenuhi parameter temperatur, Ph, dan kelembaban *relative* ruang. Tiga parameter tersebut bertujuan untuk memenuhi standar mutu biji kakao dengan temperetur ideal 30-45°C, memiliki Ph 4-4,5, dan kelembaban relatif ruang simpan 75%. Sementara, *monitoring* dan kontrol dilakukan pada parameter suhu pengeringan dengan suhu optimal berada pada maksimal 55°C. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan *monitoring* pada proses fermentasi dan kontrol pengeringan kakao guna meningkatkan mutu biji kakao. Kinerja sistem *monitoring* pH menggunakan sensor pH SKU SEN0169 didapatkan nilai akurasi 97,98% dengan error 2,02%. Pada *monitoring* kelembaban menggunakan sensor SHT20 didapatkan nilai akurasi 99,78% dengan error 0,22%. Selain itu, *monitoring* temperatur menggunakan sensor *thermocouple K type* menghasilkan nilai akurasi 98,23% dengan error 1,77%. Sementara itu, pada proses pengeringan, sensor SHT20 sebagai sensor suhu ruang pengering didapatkan nilai akurasi 99,82% dengan error 0,2%. Sensor DS18B20 sebagai sensor biji kakao menghasilkan nilai akurasi 99,73% dengan error 0,3%.

Kata Kunci:

Biji Kakao, Fermentasi, Pengeringan, *Monitoring*, Kontrol

1 | PENDAHULUAN

1.1 | Latar Belakang

Kakao (*Theobroma cacao L.*) merupakan bahan baku yang terpenting dan berharga bagi industri coklat, dan industri ini terus menghadapi tantangan dalam menjaga pasokan produk yang konsisten meskipun dengan bahan baku yang bervariasi, kualitas dan komposisi kakao dipengaruhi oleh sejumlah faktor, yaitu sifat genetik bahan baku, lingkungan di mana kakao ditanam, tingkat kematangan biji kakao, dan cara pengolahan mereka^[1]. Pada tahap pengolahan kakao terdapat proses fermentasi, namun biji kakao di Indonesia jarang dilakukan fermentasi padahal jika dilakukan fermentasi harganya akan semakin mahal dan mempunyai mutu yang lebih baik sesuai dengan standar mutu biji kakao berdasarkan SNI 2323-2008^[2]. Kurangnya pengetahuan dan teknologi di kalangan petani ini berdampak pada nilai jual kakao yang semakin menurun. Hal ini salah satunya dialami oleh bapak Marito, pengelola Perkebunan Kakao milik PT. Perkebunan Nusantara. Terancamnya keberlanjutan perkebunan kakao dan potensi kebangkrutan PTPN akibat pohon kakao yang hanya dipanen dan langsung dijual tanpa melalui proses pengolahan seperti fermentasi, sehingga nilai jual kakao menurun secara signifikan.



Gambar 1 Perkebunan kakao milik PTPN yang dikelola oleh Pak Marito.

Perkebunan seluas 1 hektar kini terbengkalai karena kurangnya pemahaman akan pentingnya fermentasi dalam meningkatkan nilai jual. Kakao sebagian besar dibiarkan di pohon dan tidak dipanen hingga membusuk, mengakibatkan penurunan kualitas biji kakao. Untuk mengatasi permasalahan ini, diperlukan solusi inovatif dalam bentuk fermentor yang dilengkapi dengan sensor kelembaban, pH, dan temperatur sebagai parameter kunci dalam proses fermentasi serta alat pengering yang dilengkapi dengan 2 sensor temperatur dan 1 sensor kelembaban. Sensor-sensor tersebut memungkinkan proses fermentasi dan pengeringan dilakukan secara otomatis untuk mengurangi risiko penurunan kualitas dan nilai jual. Informasi dari sensor dapat diakses melalui LCD pada alat fermentor dan alat pengering atau melalui aplikasi Android yang *ter-update* secara *real time*, sehingga memungkinkan pemantauan jarak jauh. Monitoring pada proses fermentasi dan pengeringan ini menjadi bagian yang krusial dalam mengatasi masalah yang berpotensi mengurangi kualitas biji kakao. Pada fermentasi, parameter seperti temperatur, kelembaban, dan pH memainkan peran penting dalam memastikan proses berlangsung secara optimal. Sementara itu, dalam hal proses pengeringan yang merupakan proses lanjutan setelah dilakukannya proses fermentasi, parameter suhu dan kadar air berperan penting dalam memastikan optimalnya proses pengeringan yang sedang berlangsung.

Pada proses fermentasi dan pengeringan terdapat nilai standar parameter. Pada akhir proses fermentasi, nilai standar parameter tersebut adalah pH 4 - 5,5, suhu antara 30°C dan 43°C, serta kelembaban relatif 70-85%. Sementara, pada akhir proses pengeringan, nilai standar parameternya kadar airnya adalah 7,5% dengan proses pengeringan pada suhu maksimal 55°C. Monitoring yang baik pada proses fermentasi dan pengeringan diharapkan dapat meningkatkan mutu biji kakao, memberikan dampak positif pada industri kakao PTPN, dan berkontribusi pada peningkatan daya saing produk kakao di pasar global. Penggunaan fermentor dan pengering berbasis Android diharapkan dapat mencapai beberapa tujuan strategis, yaitu mengatasi ancaman kebangkrutan pada industri kakao PTPN, meningkatkan nilai jual dan nilai ekspor kakao, serta menghasilkan biji kakao berkualitas tinggi melalui fermentasi yang optimal. Proyek ini juga berfokus pada peningkatan produktivitas pengelola perkebunan, seperti komunikasi efektif dengan mitra, survei lapangan, koordinasi dengan tim pengabdian masyarakat, persiapan fasilitas laboratorium, edukasi kepada mitra, dan evaluasi kinerja alat.

1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

Pada kegiatan pengabdian masyarakat ini pembuatan alat *monitoring* Ph, Temperatur, Kelembaban, dan pengeringan pada proses fermentasi coklat kakao berbasis Android untuk meningkatkan nilai jual kakao PT. Perkebunan Nusantara di daerah Sukogidri, Jember sehingga nilai jual kakao meningkat dan memberikan solusi inovatif untuk meningkatkan daya saing perkebunan dan mendukung kelangsungan ekonomi PTPN. Adapun solusi berdasarkan permasalahan yang ada dirumuskan seperti pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1 Permasalahan dan Solusi

No.	Permasalahan	Solusi
1.	Mitra menghadapi permasalahan nilai jual kakao yang rendah akibat kurangnya pemahaman akan pentingnya fermentasi metode pengeringan.	<ul style="list-style-type: none"> - Implementasi fermentor berbasis Android dengan sensor kelembaban, pH, dan temperatur serta alat pengering berbasis Android dengan kontrol suhu pengeringan otomatis. - Pelatihan dan edukasi untuk petani mengenai teknik fermentasi dan pengeringan yang optimal.
2.	Proses pasca panen (fermentasi dan pengeringan) dan pengelolaan perkebunan secara manual menyebabkan rendahnya efisiensi dan produktivitas.	<ul style="list-style-type: none"> - Penggunaan teknologi fermentor dan pengering berbasis Android untuk otomatisasi fermentasi dan pengeringan. - Pelatihan petani mengenai pengelolaan perkebunan yang efisien dengan pendekatan teknologi.
3.	Petani kurang memiliki pengetahuan dan akses terhadap teknologi terkini dalam pengolahan kakao.	<ul style="list-style-type: none"> - Program edukasi dan pelatihan intensif tentang fermentasi serta metode pengeringan dan penggunaan fermentor serta alat pengering berbasis Android. - Pendampingan teknis secara langsung untuk memastikan pemahaman dan implementasi yang tepat.

1.3 | Target Luaran

Target luaran pada program pengabdian masyarakat ini adalah sebagai berikut:

1. Produk Teknologi Tepat Guna dengan Paten

Produk teknologi tepat guna dalam bentuk alat untuk *monitoring* Ph, temperatur, kelembaban, dan pengeringan pada proses fermentasi coklat kakao berbasis Android untuk meningkatkan nilai jual kakao PT. Perkebunan Nusantara di daerah Sukogidri, Jember yang dapat digunakan oleh mitra dipatenkan agar mendapatkan pengakuan kekayaan intelektual. Dalam pendahuluan juga dijelaskan solusi yang ditawarkan oleh Penulis serta hasil yang ingin dicapai dari pelaksanaan Abmas.

2. Jurnal Nasional

Hasil kegiatan pengabdian masyarakat ini dipublikasikan di jurnal nasional pengabdian masyarakat yang terakreditasi minimal Sinta 4.

3. Book Chapter

Jurnal yang telah dibuat kemudian juga akan digabung berdasarkan topik menjadi Buku Abmas Pusat Kajian ITS yang diterbitkan melalui *ITS Press* dan ditempatkan di *repository* perpustakaan ITS.

4. Berita Populer Media Massa

Aktivitas pengabdian masyarakat akan disampaikan ke beberapa media massa cetak dan daring sehingga dapat menunjukkan kontribusi dan kiprah ITS dalam pengabdian masyarakat dalam kancah nasional.

5. Video Kegiatan dengan Hak Cipta

Kegiatan pengabdian masyarakat ini akan didokumentasikan dalam bentuk video dokumentasi terkonsep sehingga dapat menjadi media promosi ITS.

2 | TINJAUAN PUSTAKA

2.1 | Biji Kakao

Biji kakao merupakan biji yang dihasilkan oleh tanaman kakao (*Theobroma cacao Linn*) yang telah dilakukan proses pembersihan dan pengeringan^[3].



Gambar 2 Biji Kakao Forastero.

Kualitas mutu dari biji kakao bergantung pada proses produksinya, mulai dari penanaman, lingkungan tumbuh, jenis kakao, dan penanganan pascapanen. Para petani kakao mengklasifikasikan biji kakao menjadi jenis kakao curah (*bulk*) dan kakao mulia (*edel*). Kakao mulia ditandai dengan aroma bunga (*floral*) dan buah khusus (*fruity*) yang tidak didapati pada kakao curah. Terutama tiga kelompok morfogenetik biji kakao produksi yaitu forastero (biji curah), criollo dan hibrida (biji mulia), dan trinitario (biji mulia)^[4]. Jenis kakao yang paling banyak dibudidaya di Indonesia adalah kakao forastero atau kakao *bulk*^[5]. Kakao forastero banyak tumbuh di Indonesia dikarenakan pertumbuhan yang kuat, produktivitas tinggi, cepat berbuah, dan tahan terhadap serangan hama dan penyakit. Biji kakao forastero memiliki ciri tipis atau gepeng, kulit buah tebal, berat perbiji kering rata-rata 1 gram. Kakao forastero (biji curah) memiliki konsentrasi aroma dominan malt, madu, aroma panggang, karamel, kakao, dan coklat yang lebih tinggi, serta kandungan asam dan alkohol yang rendah. Biji kakao forastero menjadi biji curah dengan kualitas sedang karena kandungan kimia yang menghasilkan rasa pahit dan asam yang kuat sehingga pengolahan pada biji ini perlu diperhatikan lebih.

2.2 | Parameter Fermentasi Biji Kakao

Salah satu hal penting yang harus diperhatikan dalam memastikan proses fermentasi biji kakao berjalan sempurna adalah parameter yang harus sesuai dengan baku mutu biji kakao. Parameter meliputi pH biji kakao, temperatur ruang fermentasi, dan kelembaban relatif^[6]. Berdasarkan standar mutu biji kakao nilai parameter yang direkomendasikan ditunjukkan pada Tabel 2 .

Tabel 2 Parameter pH, Temperatur, dan Kelembaban pada Biji Kakao

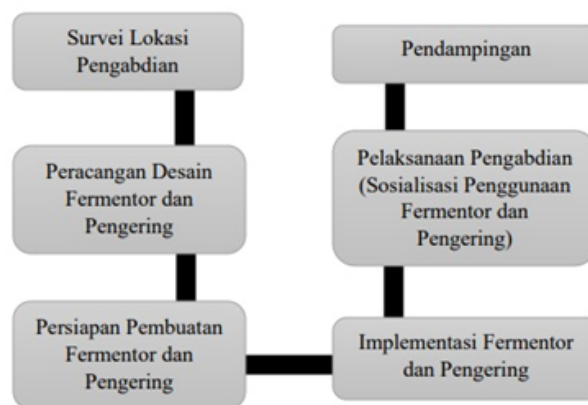
No.	Parameter	Keterangan
1.	pH	4 - 4,5
2.	Temperatur	30°C - 45°C
3.	Kelembaban	75%

Nilai pH yang direkomendasikan pada akhir proses fermentasi yaitu 4 - 4,5, temperatur antara 30°C dan 45°C, namun hal ini tergantung pada jenis biji kakao yang difermentasi, di Indonesia sendiri kakao yang paling banyak ditanam adalah jenis Forastero, yang termasuk dalam kategori kakao Bulk. Pada umur buah 40 hari, kandungan padatan pulpa mulai terbentuk, masih sangat tipis. Kandungan padatan pulpa hanya 7 brix dengan nilai Ph 3,85. Seiring dengan bertambahnya umur buah, lapisan pulpa semakin tebal dan mencapai puncak saat buah matang. Pada usia buah 150 hari, kandungan padatan pulpa mencapai 25 brix. Nilai pH menurun drastis sampa 3,5 akibat terbentuknya lebih banyak asam sitrat. Kelembaban relatif ruang simpan 75%. Dalam menghasilkan biji kakao dengan kualitas baik harus memperhatikan tiga parameter tersebut. Kegagalan dalam proses fermentasi biji kakao dapat menyebabkan biji kakao kurang beraroma dan memiliki pH yang tinggi. Temperatur ruang fermentasi biji kakao harus sesuai untuk menjaga kadar air dan pH dari biji kakao. Biji kakao yang memiliki kadar air >7,5% dapat menyebabkan biji kakao mudah terserang jamur dan serangga, sedangkan jika biji kakao memiliki kadar air <5% akan menyebabkan biji kakao mudah pecah yang diakibatkan dari aktifitas mikroba semakin meningkat dan aktifitas enzim yang lebih aktif^[2]. Oleh karena itu, untuk menjaga proses fermentasi berlangsung dengan baik kondisi temperatur ruang fermentasi harus dijaga temperaturnya sesuai dengan rentang 30°C dan 45°C, untuk menjaga kelembaban relatif ruang dan pH dari biji kakao agar terhindar dari jamur akibat dari aktifitas mikroba yang meningkat. Sehingga, bisa menghasilkan biji kakao forastero yang berkualitas baik.

2.3 | Parameter Pengeringan Biji Kakao

Dalam proses pengeringan biji kakao, kadar air menjadi paramater yang menentukan tingkat kekeringan pada biji kakao yang sedang dikeringkan. Berdasarkan ketentuan Standard Nasional Indonesia (SNI) 2323:2008, biji kakao yang berkualitas tidak boleh memiliki kadar air di atas 7,5%. Untuk memperoleh biji kakao berkualitas tersebut, penanganan proses pengeringan harus diperhatikan. Pada dasarnya untuk mengeringkan biji kakao setelah panen, dibutuhkan waktu penjemuran biji kakao di bawah sinar matahari langsung selama 5-7 hari tergantung cuaca. Namun, pada musim hujan biji kakao tidak boleh terkena sinar matahari karena akan berkecambah, menjadi hitam dan membusuk. Dalam proses pengeringan biji kakao, parameter penting yang harus dikontrol selama proses pengeringan adalah suhu pengeringan. Suhu pengeringan juga berpengaruh pada kecepatan proses pengeringan. Suhu pengeringan yang terlalu tinggi sebaiknya dihindari karena cenderung berdampak negatif pada biji, dimana akan muncul aroma asam serta biji kakao dapat menjadi hangus^[7]. Sementara itu, jika suhu pengeringan terlalu rendah maka kecepatan pengeringan menjadi terlalu lambat serta menimbulkan pertumbuhan jamur, yang dapat menyebabkan timbul rasa yang tidak diinginkan pada biji kakao tersebut. Kandungan asam yang berlebihan pada akhirnya akan mempengaruhi aroma atau rasa dari biji-bijian. Suhu optimal pengeringan berada pada rentang 55°C - 65°C. Namun, terdapat rekomendasi bahwa suhu pengeringan sebaiknya tidak lebih dari 60°C, terlebih jika proses pengeringan dilakukan menggunakan alat pengering, maka pada rentang suhu 60°C - 70°C akan menghasilkan biji kakao dengan rasa asam, dan kurangnya cita rasa khas biji kakao^{[8] [9]}.

3 | METODE KEGIATAN



Gambar 3 Flowchart metode kegiatan.

Berdasarkan Gambar (3), terdapat enam langkah penting dalam menjalankan program pengabdian masyarakat ini, yaitu:

1. Survei Lokasi dan Identifikasi Masalah

Survei lokasi dan indentifikasi masalah dilakukan dengan Pak Marito selaku untuk meninjau kondisi perkebunan kakao yang dikelolanya di daerah Sukogidri, Kota Jember, Jawa Timur. Berdasarkan hasil wawancara dengan Pak Marito, didapatkan permasalahan bahwa perkebunan kakao yang dikelolanya sudah lama tidak dipanen, dan buah kakao dibiarkan membusuk dipohon karena nilai jual kakao yang rendah.

2. Perancangan Fermentor dan Alat Pengering

Berdasarkan hal tersebut, fermentor dirancang dengan sistem monitoring kualitas kelembaban, pH, dan Temperatur biji kakao pasca panen serta alat pengering dirancang dengan sistem monitoring dan kontrol untuk menjaga suhu proses pengeringan biji kakao. Perancangan dilakukan secara teliti dan tepat guna. Pada tahap ini mitra berpartisipasi dalam memberikan *feedback* agar rancangan yang sesuai dengan kebutuhan mitra.

3. Pembuatan Fermentor dan Alat Pengering

Fermentor dan Alat Pengering yang telah sesuai dengan kebutuhan mitra kemudian dibuat dengan bantuan warga setempat, dengan persetujuan mitra untuk dapat memberdayakan masyarakat setempat serta supaya mitra juga dapat memahami Fermentor dan Alat Pengering yang telah dirancang.

4. Uji Performa

Setelah selesai dibuat, dilakukan uji performa pada fermentor dan alat Pengering dengan menganalisis hasil karakteristik statiknya. Apabila nilai error di bawah 10% pada seluruh sensornya maka fermentor dan alat pengering dapat dikatakan layak digunakan.

5. Edukasi dan Penyerahan Alat

Fermentor dan alat pengering kemudian diserahkan kepada mitra di Desa Sukogidri, Kec. Ledokombo, Jember, dan sudah menjadi hak milik mitra, pembekalan juga dilakukan dengan pencerdasan dan pendampingan manajemen kepada mitra terkait penggunaan dan pemeliharaan alat agar dapat digunakan secara berkelanjutan.

6. Evaluasi dan Keberlanjutan Program

Setelah penyerahan fermentor dan alat pengering, tim pengabdian masyarakat kemudian melakukan evaluasi kinerja selama dua minggu untuk mengetahui hasil kinerja dari durasi pengoperasian, stabilitas kinerja dan pengaruh penggunaan terhadap produktivitas mitra.

4 | HASIL DAN DISKUSI

4.1 | Pelaksanaan Program Pengabdian Masyarakat

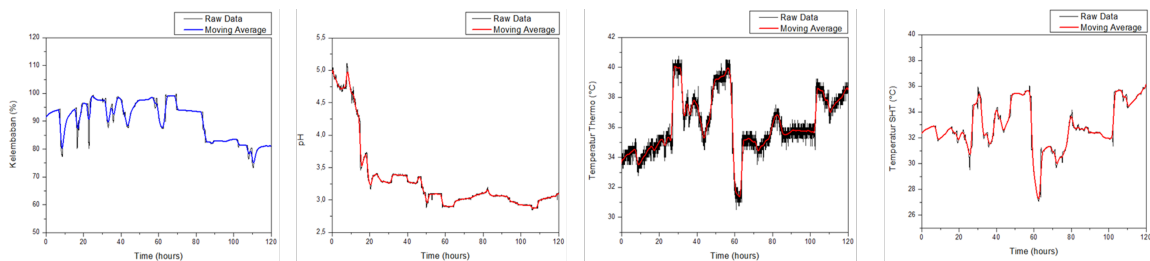
Setelah melalui tahapan mulai dari survei dan identifikasi masalah, telah berhasil dikembangkan solusi untuk meningkatkan kualitas produk kakao. Pelaksanaan program pengabdian masyarakat di perkebunan kakao PT. Perkebunan Nusantara di Sukogidri, Jember, menghasilkan beberapa luaran yang signifikan. Salah satu luaran utama adalah pembuatan alat fermentor dan pengering berbasis Android yang dilengkapi dengan sensor kelembaban, pH, dan suhu pada fermentor dan sensor suhu serta kelembaban pada pengering. Dengan adanya alat ini dapat memungkinkan proses fermentasi dan pengeringan kakao berlangsung secara otomatis, sehingga berpengaruh pada meningkatnya kualitas dan nilai jual biji kakao yang dihasilkan. Fermentor dan pengering ini telah berhasil diterapkan di lapangan, dan petani telah dilatih untuk mengoperasikan alat tersebut serta memahami pentingnya fermentasi dalam meningkatkan kualitas produk kakao mereka.

Selama pelaksanaan program, berbagai pelatihan dan edukasi diberikan kepada mitra, yaitu petani kakao di Sukogidri, Jember. Petani diberikan pemahaman tentang pentingnya fermentasi dalam proses pengolahan kakao, serta dilatih untuk mengoperasikan



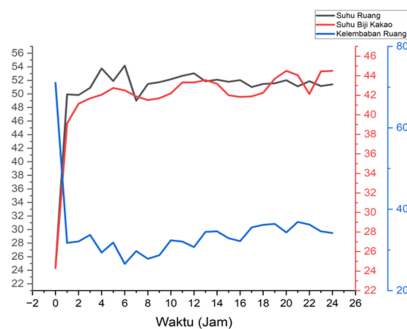
Gambar 4 Fermentor dan pengering biji kakao.

alat fermentor berbasis Android. Respon mitra sangat positif, dengan adanya peningkatan pemahaman dan keterampilan dalam pengelolaan perkebunan kakao.



Gambar 5 Hasil uji fermentor.

Hasil uji performa fermentor meliputi 4 parameter yaitu kelembaban ruang fermentor, temperatur ruang fermentor, temperatur kakao dan pH. Gambar (5) menunjukkan grafik hasil pengujian yang menunjukkan hasil kinerja baik dari masing-masing sensor, dan memenuhi standar range pada setiap parameter, hasil uji performa dilakukan selama 5 hari atau 120 jam. Adapun hasil uji dari pengering pasca fermentasi dapat dilihat pada Gambar (6) dilakukan selama 26 jam yang meliputi 3 parameter yaitu temperatur ruang, temperatur biji kakao dan kelembaban ruang.



Gambar 6 Hasil uji pengering.



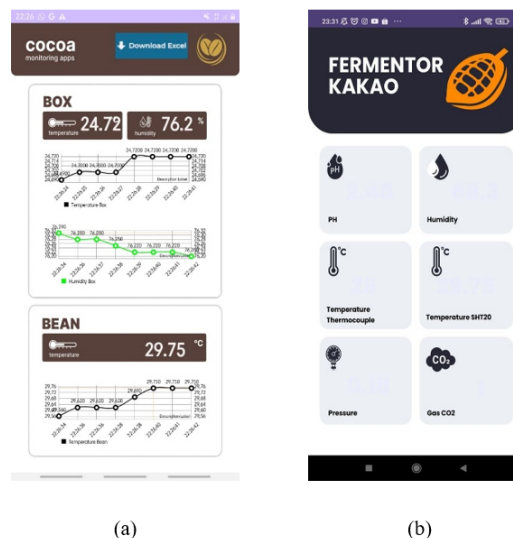
Gambar 7 Hasil fermentasi kakao.

Gambar (7) merupakan kondisi biji kakao setelah melalui proses fermentasi, Fermentasi berjalan sesuai harapan, dengan suhu, kelembaban, dan pH yang mendukung aktivitas mikroorganisme yang optimal hingga akhir proses fermentasi, pH yang mencapai sekitar 3 menunjukkan bahwa kondisi fermentasi sangat asam, yang merupakan tanda dari fermentasi yang berhasil dan efisien, dan biji kakao telah menunjukkan tanda-tanda fermentasi yang sempurna dengan perubahan warna, tekstur, dan aroma yang khas.



Gambar 8 Hasil pengeringan kakao.

Gambar (8) merupakan kakao yang sudah melalui proses fermentasi dan pengeringan, warnanya semakin coklat dan biji kakao sudah tidak lembab atau berair, sudah matang sempurna.



(a)

(b)

Gambar 9 Aplikasi Android (a) Fermentor; (b) Pengering.

4.2 | Analisa Capaian Program terhadap Luaran yang Diharapkan

1. Jurnal Nasional: Hasil dari program pengabdian masyarakat ini telah dipublikasikan dalam jurnal nasional yang terakreditasi minimal Sinta 4. Artikel ini mencakup analisis mengenai dampak penggunaan fermentor dan pengering berbasis Android terhadap peningkatan kualitas dan nilai jual kakao.
2. *Book Chapter*: Artikel yang dipublikasikan juga telah diintegrasikan ke dalam sebuah buku yang diterbitkan oleh *ITS Press*. Buku ini memuat berbagai topik terkait pengabdian masyarakat yang dilaksanakan oleh ITS dan ditempatkan di *repository* perpustakaan ITS.
3. Berita Populer Media Massa: Aktivitas pengabdian masyarakat ini telah disampaikan kepada media massa cetak dan daring. Hal ini bertujuan untuk menunjukkan kontribusi ITS dalam bidang pengabdian masyarakat serta memberikan informasi kepada publik tentang inovasi teknologi yang telah diterapkan di perkebunan kakao PT. Perkebunan Nusantara.
4. Video Kegiatan dengan Hak Cipta: Seluruh rangkaian kegiatan pengabdian masyarakat ini telah didokumentasikan dalam bentuk video dengan konsep yang jelas. Video ini memberikan gambaran tentang proses pelaksanaan program, mulai dari perencanaan hingga evaluasi akhir, dan telah mendapatkan hak cipta sebagai media promosi ITS.
5. Produk Teknologi Tepat Guna dengan Paten: Alat fermentor berbasis Android yang digunakan dalam proses fermentasi kakao ini telah dipatenkan. Paten ini menjadi pengakuan atas inovasi teknologi yang dapat digunakan oleh mitra, yakni petani kakao di Sukogidri, Jember, untuk meningkatkan nilai jual produk mereka

4.3 | Respon Mitra Terhadap Program

Mitra, dalam hal ini petani kakao di Sukogidri, Jember, menunjukkan respon yang sangat positif terhadap kebermanfaatan program. Mereka menyadari pentingnya fermentasi dalam proses pengolahan kakao dan bagaimana alat fermentor yang telah disediakan dapat mempermudah dan meningkatkan kualitas hasil produksi mereka.



Gambar 10 Penyerahan alat fermentor dan pengering kepada petani kakao.

Implementasi alat fermentor berbasis Android ini tidak hanya memberikan solusi terhadap masalah rendahnya nilai jual kakao tetapi juga membuka peluang bagi petani untuk meningkatkan daya saing produk mereka di pasar global. Pelatihan dan pendampingan teknis yang diberikan juga diterima dengan baik oleh petani, yang sekarang lebih memahami cara memaksimalkan alat tersebut untuk mengoptimalkan proses fermentasi.

Secara keseluruhan, program pengabdian masyarakat ini berhasil mencapai target luaran yang diharapkan, dengan berbagai capaian yang memberikan dampak positif bagi mitra dan menunjukkan kontribusi ITS dalam pengembangan teknologi tepat guna yang bermanfaat bagi masyarakat. Dokumentasi kegiatan juga telah dilakukan, baik dalam bentuk publikasi, video, maupun paten, yang memperkuat dampak jangka panjang dari program ini



Gambar 11 Sosialisasi dan pelatihan teknis alat kepada petani kakao.

5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Dengan adanya program pengabdian masyarakat di perkebunan kakao PT. Perkebunan Nusantara, Sukogidri, Jember ini, telah dihasilkan 2 alat yaitu 1 alat fermentor biji kakao dan 1 alat pengering biji kakao. Kedua alat tersebut beroperasi secara berkesinambungan, yaitu ketika biji kakao selesai melalui fermentator akan dilanjutkan ke alat pengering. Pengembangan dan penerapan alat fermentor dan pengering berbasis Android, yang dilengkapi dengan sensor kelembaban, pH, dan suhu, serta sensor suhu dan kelembaban pada pengering, telah menunjukkan dampak positif yang signifikan terhadap kualitas biji kakao.

Alat berhasil mengurangi waktu fermentasi dan pengeringan sembari menjaga kualitas biji kakao tanpa bergantung pada cuaca di sekitar perkebunan tersebut. Selain itu, aplikasi android yang juga dibuat dan dikembangkan juga bermanfaat sebagai media monitoring jarak jauh dan *historical record*. Pelatihan serta edukasi yang diberikan kepada petani kakao juga terbukti efektif, meningkatkan kemampuan mereka dalam pengoperasian fermentator dan pengering. Sehingga, dengan ini dapat disimpulkan bahwa kegiatan pengabdian masyarakat ini menunjukkan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan teknologi tepat guna, dengan dampak jangka panjang yang diharapkan dapat senantiasa berkelanjutan dengan inovasi baru yang semakin bermanfaat dengan minim penggunaan listrik.

6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pengabdian masyarakat ini mengucapkan terima kasih ke pada Direktorat Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang atas pendanaan dengan nomer kontrak: 873/PKS/ITS/2024. Terima kasih ke pada PT. Perkebunan Nusantara, Sukogidri, Jember sebagai mitra pengabdian masyarakat. Serta seluruh pihak yang terlibat dalam berjalannya program pengabdian masyarakat ini mulai dari mahasiswa KKN, Tim dosen pengabdian dan kepala desa dari Desa Sukogidri, Jember.

Referensi

1. Calvo AM, Botina BL, García MC, Cardona WA, Montenegro AC, Criollo J. Dynamics of cocoa fermentation and its effect on quality. *Scientific reports* 2021;11(1):16746.
2. Ariyanti M. Karakteristik mutu biji kakao (*Theobroma cacao* L) dengan perlakuan waktu fermentasi berdasar SNI 2323-2008. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan* 2017;12(1):34–42.
3. Velásquez-Reyes D, Rodríguez-Campos J, Avendaño-Arrazate C, Gschaedler A, Alcázar-Valle M, Lugo-Cervantes E. Forastero and Criollo cocoa beans, differences on the profile of volatile and non-volatile compounds in the process from fermentation to liquor. *Heliyon* 2023;9(4).

4. Khoidir SI. Karakteristik Fisik, Kimia dan Sensoris Biji Kakao Criollo, Forastero dan Trinitario. *Journal of Comprehensive Science (JCS)* 2023;2(3):764–770.
5. Haliza W, Purwani EY, Fardiaz D, Suhartono MT. Kakao Fermentasi: Pelepasan Peptida Bioaktif Dan Manfaatnya Bagi Kesehatan. *Perspektif* 2020;18(2):104–119.
6. Veira J, Cuaycuan E, España N. Automatic fermentation and drying cocoa process. In: 2019 IEEE 4th Colombian Conference on Automatic Control (CCAC) IEEE; 2019. p. 1–6.
7. Baihaqi B, Hayati R, et al. Pengaruh Fasilitator Fermentasi Dan Suhu Pengeringan Terhadap Kualitas Biji Kakao. *Jurnal Floratek* 2016;11(2):134–142.
8. Saputra D, Susianti E, Amirul A, et al. Alat Pemeras Lendir (Depulper) dan Pengering Biji Kakao Berbasis Programmable Logic Controller (PLC). *Jurnal ELEMENTER (Elektro dan Mesin Terapan)* 2020;6(2):19–31.
9. Zamzami Z, Faresta RA, Agustina SN, Septiawan A, Karisma AM. SMART CACAO DRYER BERBASIS HYBRID SEBAGAI ALAT PENDINGER Biji KAKAO PADA KELOMPOK TANI TUMBUH SUBUR: Smart Cacao Dryer Based on Hybrid as Dryer Tool Of Cacao Seeds in Lembah Sempage Tumbuh Subur Village. *Pro Food* 2018;4(2):376–382.

Cara mengutip artikel ini: Pratama, I.P.E.W., Umamah, F., Yemima, H., Radhy, A., Mujiyanti, S.F., Patrialova, S.N., Raditya, M., Ashiddiqi, M.R., (2024), Pembuatan Alat *Monitoring* Ph, Temperatur, Kelembaban, dan Pengeringan pada Proses Fermentasi Coklat Kakao Berbasis Android untuk Meningkatkan Nilai Jual Kakao PT. Perkebunan Nusantara, Sukogidri, Jember, *Sewagati*, 8(5):2254–2264, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v8i5.2199>.