



BUKU REFLEKSI PPK ORMAWA

SMART CLOVE-DRYER:

**Transformasi Digital Pascapanen
Cengkeh Berbasis IoT dan Sistem
Traceability Guna Mewujudkan Desa
Mandiri Teknologi Di Desa Kanrung**



**Penulis:
Tim Pelaksana PPK ORMAWA
HIMATIK-PNUP**

**Editor:
Tim Pelaksana PPK ORMAWA
HIMATIK-PNUP**

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR GAMBAR.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Program	3
1.3 Sasaran Program	4
1.4 Lokasi dan Skema Pelaksanaan	5
BAB II PROFIL DESA KANRUNG & POTENSI AGRARIS	7
2.1 Geografi dan Demografi: Lanskap Pegunungan Tropis di Pesisir Timur.....	7
2.2 Potensi Agraris: Cengkeh sebagai Urat Nadi Ekonomi Desa.....	8
2.3 Dinamika Petani: Paradoks Alam dan Ancaman pada Fase Pascapanen	8
BAB III KONSEP SMART CLOVE-DRYER & TRACEABILITY.....	10
3.1 Rekayasa Perangkat Keras: <i>Smart Clove-Dryer</i> sebagai Solusi Termal Terkendali	10
3.2 Arsitektur Perangkat Lunak: <i>Kanrung Digi-Clove</i> dan Sistem <i>Traceability</i>	11
BAB IV DINAMIKA PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PROGRAM.....	14
4.1 Fase Perumusan dan Dinamika Seleksi	14
4.2 Fase Inisiasi dan Pendekatan Sosial.....	16
4.3 Fase Manufaktur Fisik dan Integrasi Sistem.....	17
4.4 Fase Difusi Teknologi dan Kaderisasi	18
BAB V REFLEKSI DAN IMPLEMENTASI SOFT SKILLS	21
5.1 Transformasi dan Pengembangan Diri Mahasiswa.....	21
5.2 Refleksi dan Resiliensi Masyarakat Sasaran.....	22
5.3 Integrasi <i>Hard Skills</i> dan <i>Soft Skills</i> dalam Rekayasa Sosial	23
BAB VI DAMPAK DAN STRATEGI KEBERLANJUTAN.....	24
6.1 Dampak Nyata Program (Konkret dan Terukur)	24
6.2 Strategi Keberlanjutan (Pelebagaan Pascaprogram).....	25
6.3 Peta Jalan (<i>Roadmap</i>) Keberlanjutan 3 Tahun (2026–2028).....	26
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN TINDAK LANJUT	29
7.1 Kesimpulan	29
7.2 Saran Tindak Lanjut.....	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Potret Kebun Cengkeh Desa Kanrung	1
Gambar 1. 2 Wawancara dan observasi lapangan bersama Kepala Desa Kanrung dan Kelompok Tani Mattaju.....	2
Gambar 1. 3 Kondisi penjemuran cengkeh secara tradisional di Desa Kanrung, mengandalkan terpal dan sinar matahari langsung	3
Gambar 2. 1 Peta lokasi Desa Kanrung, Kecamatan Sinjai Tengah, Kabupaten Sinjai	7
Gambar 3. 1 Fisik mesin Smart Clove-Dryer berbahan stainless steel SS304 dengan pemanas hibrida terkendali IoT	10
Gambar 3. 2 Tampilan Dashboard Aplikasi Kanrung Digi-Clove	12
Gambar 3. 3 Tampilan Prediksi Mutu dari Aplikasi.....	13
Gambar 4. 1 Focus Group Discussion bersama Petani Cengkeh	14
Gambar 4. 2 Tim Melakukan Presentasi dan Wawancara	15
Gambar 4. 3 Proses Perakitan Komponen IoT di Laboratorium Kampus	18
Gambar 4. 4 Pelatihan Alat dan Aplikasi kepada Masyarakat.....	19

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat, karunia, dan rida-Nya sehingga penyusunan Buku Refleksi Program Penguatan Kapasitas Organisasi Kemahasiswaan (PPK Ormawa) HIMATIK-PNUP Tahun 2026 ini dapat diselesaikan dengan baik. Buku ini merupakan dokumentasi komprehensif atas perjalanan panjang tim pelaksana dalam mengimplementasikan inovasi teknologi pascapanen "*Smart Clove-Dryer*" di Desa Kanrung, Kecamatan Sinjai Tengah, Kabupaten Sinjai.

Buku refleksi ini disusun tidak sekadar sebagai wujud pertanggungjawaban administratif, melainkan sebagai jejak rekam pembelajaran, pengembangan kapasitas *soft skills*, serta potret transformasi sosial dan ekonomi masyarakat sasaran. Kehadiran teknologi pengering cerdas cerdas berbasis *Internet of Things* (IoT) dan aplikasi *Kanrung Digi-Clove* adalah wujud nyata kolaborasi antara ilmu yang ditempa di bangku perkuliahan dengan kearifan serta kebutuhan riil masyarakat desa.

Dalam proses perencanaan, pelaksanaan, hingga penyusunan buku ini, kami menyadari bahwa keberhasilan program ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, dan sinergi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat, kami menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Republik Indonesia** melalui Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan (Belmawa) atas kepercayaan, ruang berekspresi, dan bantuan pendanaan PPK Ormawa Tahun 2026.
2. **Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang** beserta jajaran pimpinan dan kemahasiswaan, atas fasilitas serta dukungan institusional yang tak terhingga.
3. **Ibu Mardawia Mabe Parenreng, S.ST., M.T.**, selaku Dosen Pendamping yang senantiasa mengorbankan waktu, tenaga, dan pikirannya untuk mengawal, membimbing, dan memotivasi tim sejak tahap penyusunan proposal hingga tuntasnya program ini.
4. **Bapak Muh. Amir Abdullah**, selaku Kepala Desa Kanrung, beserta jajaran pemerintah desa dan Badan Usaha Milik Desa (BUMDes) yang telah menerima, memfasilitasi, dan memberikan payung hukum bagi aktivitas pengabdian mahasiswa di lapangan.
5. **Bapak Ibrahim**, beserta seluruh anggota **Kelompok Tani Mattaju**, yang telah membuka diri menjadi mitra utama, berkolaborasi penuh dalam mengadopsi teknologi pascapanen, dan menjadi pilar inspirasi terbesar bagi kami.

6. **Keluarga Besar HIMATIK-PNUP** yang telah memberikan ruang struktural dan dukungan moral bagi tim pelaksana untuk berkembang dan membawa nama baik himpunan di kancah nasional.
7. Seluruh Stakeholder **Tim Pelaksana PPK Ormawa HIMATIK-PNUP 2026** yang telah mendedikasikan waktu, menguras tenaga, dan menyatukan pikiran tanpa kenal lelah demi mewujudkan visi *Smart Farming* di Desa Kanrung.

Kami menyadari bahwa penyusunan buku refleksi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang konstruktif sangat kami harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, besar harapan kami agar buku ini tidak sekadar berdiam menjadi arsip tertulis, melainkan mampu menjadi literatur inspiratif, referensi taktis, dan pemicu semangat bagi gerakan pemberdayaan masyarakat desa di seluruh Indonesia.

Panen Cerdas, Mutu Terjaga!

Makassar, September 2026

Tim Pelaksana PPK Ormawa HIMATIK-PNUP

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Program Penguatan Kapasitas Organisasi Kemahasiswaan (PPK Ormawa) yang diinisiasi oleh Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi, sejatinya lebih dari sekadar program pendanaan; ia adalah panggilan bagi mahasiswa untuk turun dari menara gading kampus dan melebur bersama realitas masyarakat. Pada tahun 2026, dari delapan topik yang ditawarkan, Himpunan Mahasiswa Teknik Informatika dan Komputer Politeknik Negeri Ujung Pandang (HIMATIK-PNUP) memantapkan langkah pada topik *Smart Farming*. Pilihan ini diselaraskan dengan kompetensi inti mahasiswa di bidang rekayasa sistem tertanam (*embedded systems*), *Internet of Things* (IoT), dan pengembangan perangkat lunak. Namun, sebelum kecanggihan teknologi tersebut dirangkai menjadi sebuah solusi, tim pelaksana menyadari satu hal fundamental: teknologi tidak akan bernyawa tanpa pemahaman mendalam atas penderitaan nyata masyarakat sasaran. Dari prinsip pelibatan empati inilah perjalanan program ini bermula.

Langkah pengabdian ini membawa tim ke Desa Kanrung, Kecamatan Sinjai Tengah, Kabupaten Sinjai. Membentang seluas 6,18 km² di atas topografi perbukitan dengan ketinggian 130–500 meter di atas permukaan laut, desa yang menaungi enam dusun ini mencatat tingkat kepadatan penduduk tertinggi di kecamatannya, yakni 3.435 jiwa atau setara dengan 556 jiwa per kilometer persegi (BPS Kabupaten Sinjai, 2024). Karakteristik perbukitan dan iklim tropis menjadikan sektor agraris sebagai urat nadi ekonomi desa, yang dibuktikan dengan alokasi 331 hektare lahan perkebunan cengkeh. Lahan ini sukses menyumbang 23% dari total kapasitas produksi cengkeh Kecamatan Sinjai Tengah, yakni sebesar 606,12 ton per tahun dari total 1.454 hektare luasan panen kecamatan. Tak pelak, cengkeh menjadi komoditas primadona yang menopang peri kehidupan warga, bersanding dengan padi, merica, dan pala.



Gambar 1. 1 Potret Kebun Cengkeh Desa Kanrung

Sayangnya, kemelimpahan panen tersebut menyembunyikan ironi yang menyayat hati pada fase pascapanen. Melalui kegiatan survei, observasi, dan wawancara mendalam pada tanggal 10 Februari 2026 bersama Kepala Desa Kanrung, Bapak Muh. Amir Abdullah, serta perwakilan Kelompok Tani Mattaju, Bapak Ibrahim dan Bapak Haeruddin, terungkap sebuah akar permasalahan yang sistemik. Terlepas dari besarnya tonase yang dihasilkan, tata kelola pascapanen masyarakat masih sepenuhnya terbelenggu oleh metode penjemuran konvensional yang mengandalkan terpal dan sinar matahari. Ketergantungan absolut ini menjadi bencana berulang, mengingat puncak musim panen cengkeh di Desa Kanrung kerap berbenturan dengan tingginya anomali curah hujan di wilayah perbukitan Sinjai Tengah.



Gambar 1. 2 Wawancara dan observasi lapangan bersama Kepala Desa Kanrung dan Kelompok Tani Mattaju

Ketidakstabilan cuaca menciptakan lingkungan lembap dan basah secara fluktuatif selama proses penjemuran. Kondisi ini merupakan inkubator sempurna bagi perkembangbiakan kapang perusak, khususnya jamur *Aspergillus sp.* Merujuk pada kajian Setiyawan, dkk. (2021), invasi jamur ini mampu mendegradasi dan merusak kadar minyak atsiri (*eugenol*) pada cengkeh hingga 20%, yang secara otomatis menghancurkan klasifikasi mutunya. Di lapangan, penderitaan ini diperparah dengan keluhan fisik para petani yang kelelahan dan krisis tenaga kerja, karena mereka harus bergegas memindahkan hamparan cengkeh setiap kali hujan turun tiba-tiba.

Dampak berantai dari degradasi mutu tersebut langsung menghantam ketahanan ekonomi keluarga petani. Akibat cengkeh yang menghitam dan berjamur, kelompok tani terpaksa menelan kerugian dengan menjual hasil panen dalam kondisi basah (mutu rendah). Harga yang mereka terima sangat memprihatinkan, berkisar antara Rp25.000 hingga Rp35.000 per kilogram, bahkan pernah anjlok menyentuh titik nadir di angka Rp23.000 per kilogram (Tribun Timur, 2024). Angka ini sangat timpang jika disandingkan dengan harga pasar cengkeh kering *Grade A* (kadar air maksimal 12%, berwarna cokelat kemerahan mengkilap) yang mampu menembus nominal Rp110.000 hingga Rp125.000 per kilogram.



Gambar 1. 3 Kondisi penjemuran cengkeh secara tradisional di Desa Kanrung, mengandalkan terpal dan sinar matahari langsung

Lebih jauh, persoalan di Desa Kanrung tidak hanya berakar pada infrastruktur pengeringan, melainkan juga pada kelemahan tata niaga yang dipicu oleh minimnya literasi digital. Mayoritas petani yang literasi digitalnya masih berada pada level dasar tidak memiliki instrumen validasi mutu atau data rekam jejak (*traceability*) otentik atas komoditas yang mereka hasilkan. Ketiadaan "dokumen pembuktian" ini membuat posisi tawar petani menjadi sangat lemah dan tak berdaya saat harus berhadapan dengan penentuan harga sepihak oleh para pengepul, terlepas dari seberapa keras mereka telah berupaya menjaga kualitas cengkehnya.

Bertolak dari realitas getir tersebut, melalui konsensus dalam *Focus Group Discussion* (FGD) bersama Pemerintah Desa dan Kelompok Tani Mattaju, disepakati bahwa masyarakat tidak sekadar membutuhkan bantuan fisik sementara. Mereka membutuhkan sebuah ekosistem mandiri yang mampu memutus belenggu cuaca ekstrem sekaligus memberikan "senjata digital" bagi petani untuk membuktikan mutu hasil panennya secara sah.

Dari titik singgung antara urgensi kebutuhan masyarakat desa dan kompetensi mahasiswa Teknik Informatika dan Komputer inilah, gagasan integrasi *cyber-physical* lahir. HIMATIK-PNUP secara resmi mengusulkan inovasi terpadu mesin **Smart Clove-Dryer** dan aplikasi *Kanrung Digi-Clove* sebagai wujud konkret, dedikatif, dan solutif dalam pelaksanaan PPK Ormawa Tahun 2026.

1.2 Tujuan Program

Tujuan dari pengabdian ini tidak dirumuskan secara sepihak dari balik meja kampus, melainkan dikonstruksi secara partisipatif dari tiga permasalahan prioritas yang disepakati bersama Pemerintah Desa Kanrung dan Kelompok Tani Mattaju. Secara garis besar, program ini mengusung empat tujuan utama yang berdimensi teknologi, ekonomi, kemandirian, dan pengembangan karakter:

1. **Implementasi Inovasi Tepat Guna:** Mengimplementasikan mesin *Smart Clove-Dryer* yang tangguh terhadap anomali cuaca pegunungan, guna menjamin produksi cengkeh bermutu *Grade A* secara konsisten tanpa harus bertaruh pada cerahny langit Sinjai Tengah.
2. **Digitalisasi Tata Niaga Pascapanen:** Mengembangkan dan mengintegrasikan aplikasi *mobile Kanrung Digi-Clove* yang berfungsi ganda sebagai *dashboard* pemantauan mesin jarak jauh sekaligus pencetak data rekam jejak mutu (*traceability*) digital, guna meruntuhkan monopoli tengkulak dan memperkuat posisi tawar ekonomi petani.
3. **Pemberdayaan dan Kemandirian Sasaran:** Meningkatkan literasi digital dan kapasitas manajerial Kelompok Tani Mattaju agar mereka mampu mengoperasikan mesin, membaca data mutu, dan merawat ekosistem *Smart Clove-Dryer* secara mandiri, sehingga teknologi ini tidak menjadi "proyek mangkrak" ketika masa pendampingan mahasiswa telah usai.
4. **Peningkatan Kapasitas Kelembagaan Ormawa:** Mengasah *hard skills* (rekayasa IoT dan *software*), *soft skills* (kepemimpinan, resolusi konflik, dan komunikasi lintas kultural), serta kapasitas kelembagaan HIMATIK-PNUP melalui pengalaman transformatif dalam merancang solusi nyata bagi persoalan akar rumput di masyarakat.

Keempat tujuan ini membentuk satu rantai ekosistem yang tak terpisahkan. Tujuan pertama dan kedua bermuara pada penyelesaian krisis teknis dan ekonomi petani, tujuan ketiga memastikan napas panjang (keberlanjutan) dari solusi tersebut, sementara tujuan keempat memastikan bahwa program ini adalah proses belajar dua arah—di mana mahasiswa tidak sekadar memberi, tetapi juga ditempa menjadi insan akademis yang berkarakter.

1.3 Sasaran Program

Masyarakat yang menjadi aktor utama sekaligus sasaran prioritas dalam program ini adalah Kelompok Tani Mattaju, dengan pelibatan minimal 20 anggota aktif yang berdomisili di Desa Kanrung. Kelompok ini dipilih bukan tanpa alasan yang matang. Merekalah kelompok akar rumput yang paling merasakan getirnya kerugian akibat kegagalan pascapanen tradisional, sekaligus kelompok yang paling siap secara institusional karena telah memiliki struktur kepengurusan yang solid di bawah pimpinan Bapak Ibrahim.

Secara demografis, anggota Kelompok Tani Mattaju didominasi oleh warga pada rentang usia produktif (30 hingga 55 tahun) dengan latar belakang pendidikan formal yang bervariasi antara tingkat Sekolah Dasar (SD) hingga Sekolah Menengah Atas (SMA). Terdapat dinamika pembagian peran gender yang saling melengkapi di dalam kelompok ini: para anggota laki-laki umumnya mengambil peran berat di lini prapanen (penggarapan lahan dan pemetikan di atas pohon), sementara kelompok perempuan mengambil kendali penuh pada manajemen pascapanen, mulai dari pemisahan tangkai hingga proses pengeringan.

Dari segi literasi digital, kelompok sasaran mayoritas berada pada level pengguna dasar. *Smartphone* yang mereka miliki rata-rata hanya difungsikan untuk kebutuhan komunikasi sehari-hari, dan belum pernah disentuh untuk keperluan produktif, apalagi untuk menghasilkan pencatatan data mutu berbasis bukti digital.

Karakteristik sosiokultural inilah yang menuntut tim HIMATIK-PNUP untuk menerapkan prinsip "**Empati dalam Rekayasa Teknologi**". Intervensi tidak dilakukan dengan memaksa petani beradaptasi pada teknologi yang rumit. Sebaliknya, aplikasi *Kanrung Digi-Clove* sengaja direkayasa dengan antarmuka yang sangat membumi (*One-Tap Operation*). Sistem pemantauan disederhanakan melalui indikator warna yang intuitif (hijau untuk aman, merah untuk waspada), tanpa menu navigasi yang membingungkan. Desain inklusif ini menjadi kunci sukses agar teknologi mutakhir tersebut dapat diadopsi dengan penuh percaya diri oleh para petani, tanpa menimbulkan kecanggungan atau ketakutan akan kerusakan.

1.4 Lokasi dan Skema Pelaksanaan

Pusat episentrum dari program pengabdian ini bertempat di Desa Kanrung, Kecamatan Sinjai Tengah, Kabupaten Sinjai, Provinsi Sulawesi Selatan. Dengan status sebagai desa "Berkembang", Desa Kanrung berjarak sekitar 73,24 kilometer dari pusat administrasi kampus Politeknik Negeri Ujung Pandang (PNUP) di Kota Makassar.

Secara geografis, perjalanan dari kampus menuju desa memakan waktu tempuh darat sekitar 4,5 hingga 5 jam dengan menyusuri jalur perbukitan yang berkelok. Kondisi jarak dan topografi inilah yang mendasari tim pelaksana untuk menerapkan **Skema Pelaksanaan On-Off** (Sistem Rotasi Berkala).

Dalam skema ini, tim berbagi peran secara taktis. Sebagian tahapan yang membutuhkan presisi laboratorium—seperti penyolderan mikrokontroler ESP32, perakitan awal sirkuit kelistrikan (*hardware*), serta pemrograman *cloud server* (*software*)—dieksekusi di

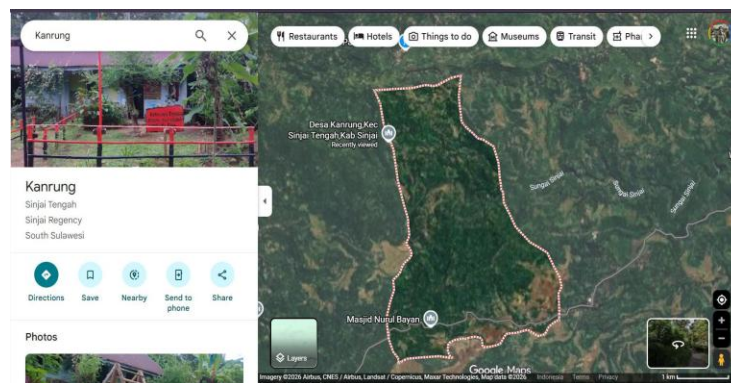
laboratorium kampus di Makassar. Setelah purwarupa dasar lolos uji kelayakan, tim kemudian secara bergantian dan berkala bertolak ke Desa Kanrung untuk melakukan instalasi fisik pada kerangka mesin pengering skala besar, melangsungkan uji coba lapangan (*troubleshooting*), serta melakukan pendampingan teknis harian bersama warga. Skema ini terbukti efektif dalam menjaga keseimbangan antara kewajiban akademis mahasiswa di kampus dan intensitas pengabdian sosial di desa.

BAB II

PROFIL DESA KANRUNG & POTENSI AGRARIS

2.1 Geografi dan Demografi: Lanskap Pegunungan Tropis di Pesisir Timur

Secara administratif, Desa Kanrung merupakan salah satu desa yang terletak di Kecamatan Sinjai Tengah, Kabupaten Sinjai, Provinsi Sulawesi Selatan. Berada di lintasan pesisir timur Semenanjung Sulawesi, Kabupaten Sinjai secara umum dikenal dengan kekayaan bentang alamnya yang memadukan garis pantai dengan pegunungan. Di dalam konfigurasi alam inilah, Desa Kanrung menempati wilayah perbukitan yang eksotis sekaligus menantang bagi pola permukiman dan tata kelola pertanian.



Gambar 2. 1 Peta lokasi Desa Kanrung, Kecamatan Sinjai Tengah, Kabupaten Sinjai

Desa ini membentang di atas hamparan lahan seluas 6,18 kilometer persegi, dengan elevasi (ketinggian) yang bervariasi antara 130 hingga 500 meter di atas permukaan laut (mdpl). Secara klimatologi, wilayah Sinjai Tengah tergolong ke dalam zona iklim tropis basah dengan rata-rata curah hujan yang tergolong tinggi, yakni berkisar antara 2.000 hingga 4.000 mm per tahun (BPS Kabupaten Sinjai). Kondisi curah hujan yang tinggi dipadukan dengan kontur tanah perbukitan bersudut kemiringan tertentu menjadikan Desa Kanrung memiliki sistem drainase alami yang baik—air tidak menggenang, namun senantiasa membasahi dan melembapkan tanah.

Di atas lanskap perbukitan tersebut, bermukim 3.435 jiwa yang tersebar secara komunal ke dalam enam satuan wilayah dusun. Fakta demografis ini menempatkan Desa Kanrung sebagai wilayah dengan tingkat kepadatan penduduk tertinggi di kecamatannya, dengan rasio kepadatan menyentuh angka 556 jiwa per kilometer persegi (BPS Kabupaten Sinjai, 2024). Kepadatan yang tinggi di wilayah perbukitan yang terbatas membawa sebuah konsekuensi sosiologis dan ekonomi yang mutlak: setiap jengkal lahan yang tersedia harus

dikelola secara produktif, efisien, dan bernilai jual tinggi untuk mampu menopang hajat hidup ribuan warganya.

2.2 Potensi Agraris: Cengkeh sebagai Urat Nadi Ekonomi Desa

Keterbatasan lahan datar akibat topografi perbukitan pada dasarnya bukan sebuah kelemahan bagi Desa Kanrung, melainkan sebuah berkah agronomi. Secara literatur pertanian, komoditas *Syzygium aromaticum* (cengkeh) memiliki syarat tumbuh yang sangat spesifik. Tanaman ini menghendaki curah hujan merata antara 1.500–4.500 mm per tahun, drainase tanah yang baik agar akar tidak membusuk, serta tumbuh paling optimal pada ketinggian 300–600 mdpl dengan suhu 22°–30°C. Melihat syarat tumbuh tersebut, elevasi dan iklim tropis basah Desa Kanrung merupakan "habitat sempurna" yang dianugerahkan alam bagi komoditas rempah bernilai tinggi ini.

Bagi masyarakat setempat, sektor agraris bukanlah sekadar mata pencaharian sampingan, melainkan urat nadi utama yang memompa perputaran roda ekonomi desa. Di antara beragam varian komoditas yang dibudidayakan warga—seperti padi, merica, dan pala—cengkeh tampil tanpa tanding sebagai komoditas primadona. Hal ini dibuktikan melalui pemetaan tata guna lahan desa, di mana 331 hektare (atau lebih dari separuh luas desa) didedikasikan secara khusus untuk area perkebunan cengkeh. Lahan-lahan hijau yang menghampar dari kaki hingga punggung bukit ini adalah lumbung produksi masif yang menyokong kehidupan warga.

Daya dukung produksi ini terekam dengan sangat impresif dalam statistik kewilayahan. Desa Kanrung secara konsisten mampu menyumbang hampir 23% dari total kapasitas produksi cengkeh di Kecamatan Sinjai Tengah. Dengan angka produksi yang menembus 606,12 ton per tahun dari total 1.454 hektare luasan panen tingkat kecamatan, Desa Kanrung telah mengukuhkan kedudukannya sebagai pilar penopang ketahanan pangan dan kekuatan ekonomi perkebunan di Kabupaten Sinjai.

2.3 Dinamika Petani: Paradoks Alam dan Ancaman pada Fase Pascapanen

Di balik megahnya angka produksi cengkeh tersebut, terdapat dedikasi lintas generasi para petani lokal yang bekerja dalam kebersamaan. Budidaya cengkeh di Desa Kanrung dikelola melalui pendekatan kelompok tani yang berbasis pada kekerabatan, salah satunya adalah Kelompok Tani Mattaju yang menjadi mitra utama dalam program pengabdian ini.

Mengelola komoditas cengkeh menuntut kolaborasi lintas gender yang harmonis. Para pria umumnya mengambil peran fisik yang berat pada fase prapanen, mulai dari pemeliharaan lahan di lereng curam hingga memanjat pohon untuk memetik pucuk-pucuk

bunga cengkeh yang telah matang. Sementara itu, kaum perempuan memegang kendali penuh pada manajemen krusial di fase pascapanen. Fase ini membutuhkan ketelitian tinggi, dimulai dari proses pemisahan gagang (tangcai) dari bunga cengkeh, penyortiran, hingga proses pengeringan. Di fase pengeringan inilah, kualitas fisik, kadar air, dan persentase minyak *eugenol* dipertaruhkan untuk menentukan apakah cengkeh tersebut layak masuk klasifikasi *Grade A* atau justru jatuh menjadi komoditas afkir (*Grade C/D*).

Namun, harmoni pengolahan hasil bumi ini menyimpan sebuah **paradoks alam** yang menjadi ancaman terbesar bagi petani. Iklim tropis basah dan curah hujan tinggi yang membuat pohon cengkeh tumbuh sangat subur di Desa Kanrung, berubah menjadi musuh utama ketika cengkeh tersebut memasuki masa panen dan harus dikeringkan.

Hingga saat ini, proses pengeringan cengkeh di Desa Kanrung masih dilakukan secara tradisional, yakni dihampar di atas aspal jalan, pelataran rumah, atau terpal plastik yang seratus persen mengandalkan panas matahari. Padahal, masa panen raya cengkeh kerap bertepatan dengan tingginya anomali cuaca dan curah hujan di wilayah perbukitan. Ketiadaan sinar matahari yang stabil memperpanjang waktu jemur dari yang seharusnya 2-3 hari menjadi 5-7 hari.

Kondisi penjemuran yang basah dan lembap secara berlarut-larut inilah yang memicu tumbuhnya jamur *Aspergillus sp.* yang merusak kualitas cengkeh secara permanen. Di saat yang bersamaan, petani menghadapi krisis tenaga dan kelelahan fisik ekstrem karena harus menggulung dan menggelar terpal cengkeh berulang kali dalam sehari akibat cuaca yang tak menentu.

Kepadatan penduduk yang hidupnya sangat bergantung pada hasil bumi, luasnya perkebunan yang menuntut pengolahan pascapanen secara masif, dan tingginya ancaman kerusakan komoditas akibat ketergantungan pada alam inilah yang menjadi pijakan kuat bagi kehadiran tim HIMATIK-PNUP. Fakta-fakta geografis dan agraris dalam bab ini menegaskan bahwa intervensi teknologi pengeringan mandiri tidak lagi sebatas gagasan akademis, melainkan satu-satunya jalan keluar untuk menyelamatkan urat nadi ekonomi Desa Kanrung.

BAB III

KONSEP SMART CLOVE-DRYER & TRACEABILITY

Hadirnya mahasiswa di tengah masyarakat tidak boleh sekadar membawa simpati, melainkan harus membawa solusi. Menghadapi persoalan degradasi mutu cengkeh akibat ketergantungan absolut pada cuaca dan lemahnya posisi tawar petani, Tim HIMATIK-PNUP merumuskan sebuah arsitektur teknologi terpadu yang memadukan rekayasa perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Konsep ini mengadopsi prinsip *Cyber-Physical System* (CPS), di mana komputasi, jaringan, dan proses fisik terintegrasi secara utuh. Inilah fondasi lahirnya *Smart Clove-Dryer* dan aplikasi *Kanrung Digi-Clove*.

3.1 Rekayasa Perangkat Keras: *Smart Clove-Dryer* sebagai Solusi Termal Terkendali

Mesin *Smart Clove-Dryer* dirancang bukan sekadar sebagai alat pemanas biasa, melainkan sebuah inkubator pengering presisi berskala besar. Mesin ini mengadopsi model silinder putar (*Rotary Dryer*) yang digerakkan oleh motor mekanis. Pemilihan model silinder putar bertujuan untuk memastikan cengkeh teraduk secara terus-menerus selama proses pengeringan, sehingga distribusi panas merata ke seluruh permukaan komoditas dan mencegah *overheating* (kegelapan warna akibat panas berlebih) di satu titik.

Dari segi material, kerangka utama dan tabung silinder difabrikasi menggunakan baja anti-karat (*stainless steel*) tipe SS304. Pemilihan material ini bukan tanpa alasan akademik. SS304 merupakan standar mutlak dalam industri pengolahan pangan (*food-grade material*). Ketahanannya terhadap korosi memastikan bahwa cengkeh bebas dari kontaminasi logam berat atau karat yang dapat merusak kemurnian minyak atsiri, sehingga kebersihan dan higienitas komoditas tetap terjaga sepenuhnya.



Gambar 3. 1 Fisik mesin Smart Clove-Dryer berbahan stainless steel SS304 dengan pemanas hibrida terkendali IoT

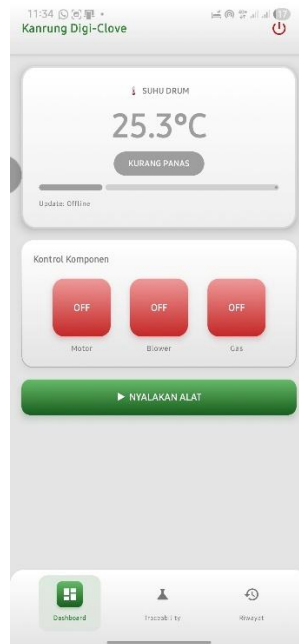
Sistem pemanas pada *Smart Clove-Dryer* dirancang menggunakan metode pemanasan hibrida tidak langsung (*indirect heating*). Sumber panas utama berasal dari pembakaran gas LPG yang dikontrol oleh katup *solenoid* otomatis, lalu dipadukan dengan elemen *heater* listrik, dan didistribusikan ke dalam ruang pengering menggunakan *blower*. Konsep *indirect heating* sangat krusial; asap pembakaran gas tidak boleh menyentuh cengkeh secara langsung agar aroma alami dan kandungan *eugenol* cengkeh tidak tercemar oleh aroma asap atau residu karbon (pembakaran tidak sempurna).

Sebagai "otak" dari sistem ini, tim mengimplementasikan mikrokontroler ESP32 yang terhubung ke jaringan internet (Wi-Fi). Mikrokontroler ini membaca data lingkungan secara *real-time* melalui sensor suhu dan kelembapan presisi tinggi tipe SHT31 yang disematkan di dalam ruang pengering. Jika suhu turun di bawah target (misalnya 40°C), mikrokontroler akan secara otonom membuka katup *solenoid* gas LPG untuk menambah pembakaran. Sebaliknya, jika suhu mendekati batas atas (50°C), sistem akan mengecilkan suplai gas dan mengoptimalkan putaran *blower*. Siklus tertutup (*closed-loop control*) ini menjamin suhu ruang pengering tetap stabil tanpa fluktuasi yang merusak.

3.2 Arsitektur Perangkat Lunak: *Kanrung Digi-Clove* dan Sistem *Traceability*

Kualitas fisik yang baik tidak akan mendorong kesejahteraan petani jika tidak disertai dengan bukti yang valid di hadapan pembeli. Untuk menutup celah kelemahan tata niaga tersebut, tim membangun aplikasi *mobile* berbasis Android bernama **Kanrung Digi-Clove**. Aplikasi ini dirancang dengan dua fungsi utama (*Dual-Function Architecture*):

1. **Dashboard Pemantauan Jarak Jauh (*Remote Monitoring*):** Aplikasi ini bertindak sebagai layar kendali yang terhubung langsung dengan mikrokontroler ESP32 di mesin pengering via *cloud server*. Petani tidak perlu lagi begadang menjaga tungku pemanas; mereka dapat memantau suhu, kelembapan, dan durasi pengeringan dari layar *smartphone* di rumah masing-masing. Mengingat literasi digital sasaran yang masih dasar, antarmuka (*User Interface/UI*) aplikasi sengaja dirancang sangat intuitif (*One-Tap Operation*), tanpa kerumitan teknis, serta menggunakan indikator visual (hijau untuk kondisi normal, merah untuk peringatan suhu) yang sangat membumi dan mudah dipahami oleh petani senior.



Gambar 3. 2 Tampilan Dashboard Aplikasi Kanrung Digi-Clove

2. **Pangkalan Data Ketertelusuran (*Digital Traceability*):** Inilah inovasi paling disruptif dalam program ini. Dalam industri rantai pasok agrikultur global, *traceability* (ketertelusuran) adalah syarat mutlak penjaminan mutu. Aplikasi *Kanrung Digi-Clove* secara otomatis mencatat seluruh log data pengeringan (grafik stabilitas suhu dan durasi). Saat proses selesai, sistem akan memvalidasi data tersebut dan men-generasi sebuah **Sertifikat Mutu Digital ber-QR Code**. Sertifikat ini dicetak dan disematkan pada karung kemasan cengkeh. Saat pengepul (tengkulak) memindai QR Code tersebut, mereka akan melihat bukti otentik rekam jejak mesin, menutup ruang bagi tengkulak untuk memanipulasi penilaian kualitas secara sepihak dan memaksa mereka membeli dengan harga premium.



Gambar 3. 3 Tampilan Prediksi Mutu dari Aplikasi

C. Standar Mutu Berbasis Bukti (Parameter *Grade A*)

Seluruh rekayasa arsitektur di atas dikalibrasi untuk mengejar satu tujuan definitif: menciptakan cengkeh berstandar *Grade A*. Target ini tidak ditentukan secara acak, melainkan berakar pada literatur pascapanen dan regulasi pemerintah.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 3392:2007 tentang Syarat Mutu Cengkeh, batas maksimal kadar air (*Moisture Content*) untuk cengkeh Mutu I atau *Grade A* adalah 14%. Namun, untuk memastikan kelayakan simpan jangka panjang di gudang industri, *Smart Clove-Dryer* diprogram untuk mengejar titik kekeringan di bawah 12%.

Target suhu konstan pada 40°C–50°C selama 18-24 jam adalah parameter krusial untuk mematikan spora kapang *Aspergillus sp.*. Pada kadar air di bawah 12%, aktivitas air (*Water Activity/A_w*) di dalam jaringan cengkeh menjadi terlalu rendah bagi kapang perusak untuk dapat bertahan hidup dan berkembang biak. Melalui sistem ini, proses pengeringan yang dulunya memakan waktu 5 hingga 7 hari dan sangat berisiko, berhasil dipangkas menjadi maksimal 24 jam dengan hasil cengkeh berwarna coklat kemerahan mengkilap, utuh, bebas jamur, dan aman dikonsumsi oleh industri.

BAB IV

DINAMIKA PERSIAPAN DAN PELAKSANAAN PROGRAM

4.1 Fase Perumusan dan Dinamika Seleksi

Sebuah inovasi besar jarang sekali lahir dari ruang hampa; ia sering kali bermula dari percakapan-percakapan kecil yang penuh kegelisahan. Bagi Tim Pelaksana PPK Ormawa HIMATIK-PNUP, lembaran perjalanan ini tidak dimulai di dalam laboratorium yang megah, melainkan di sudut sebuah kedai kopi. Pada hari Kamis, 8 Januari 2026, Pengurus Harian HIMATIK-PNUP dan calon tim pelaksana berkumpul untuk pertama kalinya di Dawai Coffee.

Diskusi yang berlangsung selama dua jam, dari pukul 19.00 hingga 21.00 WITA tersebut, belum menyentuh kerumitan koding aplikasi atau skema kelistrikan mesin. Fokus malam itu adalah meletakkan fondasi paling mendasar dari sebuah pergerakan: menentukan siapa yang akan memimpin, siapa yang mencatat, dan siapa yang mengelola pergerakan ini. Dari meja diskusi itulah struktur inti tim pelaksana terbentuk, dan gagasan awal mengenai teknologi *Smart Clove-Dryer* mulai disuarakan sebagai respons atas tantangan *Smart Farming*. Namun, pada tahap ini, gagasan tersebut masih berupa hipotesis kasar—sebuah asumsi akademis bahwa pengering IoT bisa menyelesaikan masalah pertanian, tanpa tim mengetahui secara pasti desa mana yang benar-benar membutuhkannya.

Hipotesis akademis tersebut baru menemukan pijakannya di dunia nyata sebulan kemudian. Pada tanggal 10 Februari 2026, tim pelaksana turun langsung melakukan survei lapangan dan *Focus Group Discussion* (FGD) bersama Pemerintah Desa Kanrung dan Kelompok Tani Mattaju. Pertemuan tatap muka inilah yang mengonfirmasi dan menajamkan arah program tim. Keluhan nyata petani tentang hancurnya harga cengkeh akibat serangan jamur *Aspergillus sp.* di musim hujan menjadi validasi mutlak bahwa gagasan *Smart Clove-Dryer* bukan sekadar angan-angan mahasiswa, melainkan jawaban atas doa para petani.



Gambar 4. 1 Focus Group Discusssion bersama Petani Cengkeh

Berbekal data dan empati dari lapangan, tim kembali ke kampus untuk memulai fase perumusan proposal. Pekerjaan dipecah secara strategis: ada tim yang berfokus merancang arsitektur mekanis mesin pengering, ada yang merajut konsep perangkat lunak *Kanrung Digi-Clove*, ada yang menyusun narasi akademis, hingga divisi yang menghitung detail Rancangan Anggaran Biaya (RAB). Dinamika penyusunan ini dikawal dengan sangat ketat oleh Dosen Pendamping, Ibu Mardawia Mabe Parenreng, S.ST., M.T., yang tak kenal lelah memberikan revisi tajam dan arahan substansial pada setiap lembar proposal.

Kerja keras berhari-hari itu berujung pada penyerahan draf ke pihak internal Politeknik Negeri Ujung Pandang pada tanggal 20 Februari 2026 untuk ditelaah oleh *reviewer* kampus. Setelah melalui proses penyempurnaan, proposal kebanggaan HIMATIK-PNUP ini akhirnya disahkan secara resmi oleh pimpinan perguruan tinggi pada tanggal 15 Maret 2026 di Makassar.

Namun, ujian mental yang sesungguhnya baru saja dimulai. Pada tanggal 1 Mei 2026, sebuah pengumuman dari kementerian memecah keheningan: proposal HIMATIK-PNUP dinyatakan lolos ke tahap seleksi akhir tingkat nasional. Euforia kebanggaan itu seketika berubah menjadi ketegangan luar biasa, sebab jadwal wawancara dan presentasi ditetapkan pada tanggal 12 Mei 2026—menyisakan waktu hanya sebelas hari bagi tim untuk mempersiapkan diri. Dalam waktu yang sangat sempit itu, tim presenter dipaksa berlatih siang dan malam, merapikan argumen, dan menyimulasikan setiap kemungkinan pertanyaan kritis dari dewan juri. Saat hari presentasi tiba, panggung seleksi nasional itu tidak lagi sekadar menguji kelayakan tulisan di atas kertas, melainkan menguji sejauh mana tim HIMATIK-PNUP benar-benar menjiwai penderitaan petani Kanrung dan meyakini solusi yang mereka tawarkan.



Gambar 4. 2 Tim Melakukan Presentasi dan Wawancara

Pascapresentasi, waktu terasa berjalan sangat lambat. Selama dua minggu, tim dihantui oleh ketidakpastian—menunggu dalam doa, menerka-nerka apakah kerja keras sejak awal tahun akan berujung pada kemenangan atau justru harus terkubur sebagai pengalaman semata.

Penantian panjang itu akhirnya terbayar lunas. Pada tanggal 26 Mei 2026, surat keputusan pendanaan resmi dirilis, dan nama HIMATIK-PNUP tercetak di dalamnya sebagai tim yang lolos didanai. Tangis haru dan pelukan kebanggaan mewarnai hari itu. Rangkaian panjang yang bermula dari secangkir kopi di Dawai Coffee, validasi di lereng bukit Kanrung, hingga ketegangan di palagan nasional, akhirnya bermuara pada satu titik kemenangan. Namun di saat yang sama, tim menyadari sepenuhnya: euforia ini adalah garis akhir dari sebuah proposal, sekaligus garis *start* yang sesungguhnya dari sebuah pengabdian.

4.2 Fase Inisiasi dan Pendekatan Sosial

Membawa inovasi mutakhir ke tengah masyarakat agraris tradisional tidak pernah sekadar berurusan dengan instalasi kabel atau barisan kode pemrograman. Tim HIMATIK-PNUP menyadari satu prinsip fundamental dalam sosiologi pedesaan: mesin secanggih apa pun akan berujung menjadi rongsokan jika ia gagal merebut hati dan kepercayaan masyarakatnya. Oleh karena itu, langkah pertama tim sesampainya di Desa Kanrung pascapengumuman pendanaan bukanlah merakit alat, melainkan membangun "jembatan kepercayaan" pada fase pendekatan sosial dan inisiasi program.

Langkah perdana di lapangan dimulai dengan menjunjung tinggi etika Bugis-Makassar melalui tradisi *mappatabe* (meminta izin/restu). Tim melaksanakan audiensi dan koordinasi secara formal dengan perangkat Desa Kanrung. Duduk bersama Kepala Desa beserta jajaran birokrasinya, tim memaparkan secara komprehensif garis besar program *Smart Clove-Dryer* yang telah disetujui oleh pihak kementerian. Audiensi ini bukan sekadar pemenuhan kewajiban administratif, melainkan sebuah ikhtiar strategis untuk meleburkan niat baik pengabdian mahasiswa agar selaras dengan visi pembangunan desa. Keterbukaan pintu birokrasi dan sambutan hangat dari pemerintah desa malam itu memberikan suntikan moral yang luar biasa bagi tim untuk mengeksekusi tahapan selanjutnya.

Setelah mengantongi restu legal dari pemerintah desa, tim langsung bergerak menyelami akar rumput dengan menggelar sosialisasi awal kepada Kelompok Tani Mattaju selaku kelompok sasaran utama. Berhadapan langsung dengan puluhan petani senior

menghadirkan tantangan psikologis tersendiri bagi para mahasiswa. Di titik inilah kemampuan komunikasi lintas kultural tim benar-benar diuji. Mahasiswa harus mampu melucuti bahasa-bahasa teknis *engineering* yang rumit menjadi bahasa tutur yang membumi dan empatik. Tim harus meyakinkan para petani bahwa kehadiran mereka di sana bukanlah untuk menggurui atau merombak paksa tradisi bertani leluhur, melainkan murni hadir sebagai mitra untuk menawarkan jalan keluar atas kerugian menahun yang selama ini petani derita akibat cuaca ekstrem.

Untuk memastikan bahwa klaim keberhasilan program di masa depan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, tim menutup fase inisiasi ini dengan melakukan pengambilan data kemampuan awal (*Baseline* dan *Pre-Test*). Melalui wawancara dialogis dan pengisian instrumen penilaian, tim memetakan "titik nol" kondisi riil masyarakat sasaran.

Dari proses *baseline* ini, terpotret dengan jelas tingkat literasi digital para petani yang masih sangat mendasar, pemahaman mereka akan batas kadar air cengkeh, serta peta pendapatan awal mereka sebelum adanya intervensi alat. Pengambilan data awal ini bernilai sangat krusial; ia tidak hanya menjadi jangkar pengukur persentase keberhasilan di akhir program nanti, tetapi juga menjadi fondasi pijakan bagi tim rekayasa perangkat lunak dalam menyesuaikan tingkat kerumitan aplikasi *Kanrung Digi-Clove* agar tetap ramah dan dapat dioperasikan oleh para petani tanpa keraguan.

4.3 Fase Manufaktur Fisik dan Integrasi Sistem

Setelah fondasi sosial dan kepercayaan masyarakat terbangun kokoh, tiba saatnya bagi tim HIMATIK-PNUP untuk mewujudkan gagasan di atas kertas menjadi realitas fisik yang beroperasi penuh. Mengingat jarak yang merentang sejauh 73 kilometer antara kampus dan desa dengan topografi perbukitan yang menantang, tim mengeksekusi fase manufaktur ini melalui "Skema Pelaksanaan *On-Off*"—sebuah strategi hibrida yang membagi konsentrasi kerja antara laboratorium di Makassar dan lapangan di Desa Kanrung.

Pekerjaan dimulai di Laboratorium Kampus PNUP, tempat di mana "otak" dari inovasi ini diciptakan. Siang dan malam, divisi *software* dan *hardware* berkolaborasi merakit sirkuit *Internet of Things* (IoT). Dengan penuh presisi, tim menyolder mikrokontroler ESP32, merangkai sensor suhu dan kelembapan SHT31, serta memprogram algoritma algoritma *closed-loop* yang akan mengatur nyala api secara otonom. Di sudut lain, tim pengembang perangkat lunak tanpa lelah menulis ribuan baris kode untuk membangun arsitektur *cloud server* dan antarmuka aplikasi *Kanrung Digi-Clove*. Fase di laboratorium

ini membutuhkan ketelitian tingkat tinggi; satu kesalahan kecil pada logika *coding* atau jalur sirkuit dapat berakibat fatal pada keseluruhan sistem pengeringan di lapangan.



Gambar 4. 3 Proses Perakitan Komponen IoT di Laboratorium Kampus

Setelah purwarupa digital (*brain*) dan sirkuit kelistrikan lolos uji stabilitas di kampus, tim kemudian bertolak ke Desa Kanrung untuk mengeksekusi pekerjaan fisik yang sesungguhnya (*muscle*). Bekerja sama dengan teknisi lokal, mahasiswa yang terbiasa menghadapi layar monitor kini harus bergelut dengan panasnya percikan api las dan kerasnya material besi. Tim melakukan fabrikasi tabung silinder menggunakan baja anti-karat (*stainless steel*) SS304, merangkai kerangka penopang, dan menginstalasi sistem pemanas hibrida tidak langsung (*indirect heating*) berbahan bakar gas LPG. Proses integrasi sistem ini—menyatukan "otak" mikrokontroler dari kampus dengan "otot" mesin dari desa—merupakan titik kulminasi dari rekayasa *cyber-physical* yang menguras stamina dan pikiran seluruh anggota tim.

Jerih payah, keringat, dan kelelahan berminggu-minggu itu terbayar lunas pada momen *Opening Ceremony* (Pembukaan Program). Dihadiri oleh jajaran perangkat desa, tokoh masyarakat, dan seluruh anggota Kelompok Tani Mattaju, tombol daya *Smart Clove-Dryer* secara resmi ditekan untuk pertama kalinya. Mesin menderu halus, suhu naik secara presisi, dan layar aplikasi *Kanrung Digi-Clove* menampilkan angka pemantauan secara *real-time*. Momen peresmian ini bukan sekadar seremoni pemotongan pita; ia adalah titik balik sejarah bagi tata kelola pascapanen di Desa Kanrung, menandai berakhirnya era ketergantungan mutlak pada cuaca, dan dimulainya era pertanian cerdas berbasis kemandirian teknologi.

4.4 Fase Difusi Teknologi dan Kaderisasi

Kehadiran mesin *Smart Clove-Dryer* dan aplikasi *Kanrung Digi-Clove* di Desa Kanrung tidak dimaksudkan untuk menciptakan ketergantungan baru pada pihak luar.

Sejak awal perancangan, tim HIMATIK-PNUP memegang teguh prinsip dasar pengabdian masyarakat: teknologi yang hebat harus bisa dipahami, dioperasikan, dan dirawat secara mandiri oleh warga setempat. Oleh karena itu, pascapemasangan unit mesin, fase paling krusial yang langsung dieksekusi adalah difusi teknologi dan kaderisasi melalui transfer pengetahuan secara intensif.

Tahap awal difusi dimulai dengan pelatihan pengoperasian alat fisik secara langsung di hadapan para petani Kelompok Tani Mattaju. Mahasiswa membimbing warga langkah demi langkah—mulai dari cara mengatur katup gas LPG, membaca indikator suhu pada panel mesin, hingga teknik memasukkan cengkeh basah ke dalam silinder putar (rotary dryer) agar kapasitas putarannya seimbang. Suasana pelatihan dirancang cair dan tanpa jarak; mahasiswa mendampingi para petani senior dengan sabar, menghilangkan rasa canggung atau takut salah yang kerap muncul ketika warga berhadapan dengan mesin otomatis.



Gambar 4. 4 Pelatihan Alat dan Aplikasi kepada Masyarakat

Setelah aspek fisik dikuasai, fokus pelatihan beralih pada adopsi perangkat lunak melalui Bimbingan Teknis (Bimtek) Digitalisasi Pascapanen Cengkeh. Di sinilah aplikasi *Kanrung Digi-Clove* diperkenalkan secara mendalam. Mengingat mayoritas petani berada pada level literasi digital dasar, tim tidak memberikan materi teoretis yang rumit. Pelatihan langsung dipraktikkan menggunakan *smartphone* masing-masing petani. Warga diajak mengunduh aplikasi, memahami navigasi antarmuka berbasis *One-Tap Operation*, memantau grafik suhu dari jarak jauh, hingga cara membaca dan memindai Sertifikat Mutu Digital ber-QR Code. Keberhasilan seorang petani senior membaca status "Kadar Air <12% (Grade A)" langsung dari layar ponselnya menjadi momen yang penuh antusiasme dan memupuk rasa percaya diri yang tinggi di tengah kelompok tani.

Sebagai pengaman agar pengetahuan tersebut tidak menguap begitu saja setelah sesi pelatihan selesai, tim menyusun dan mendistribusikan **Buku Saku Panduan Pengoperasian**. Buku saku berilustrasi grafis sederhana ini dirancang khusus dengan bahasa tutur yang membumi, memuat langkah-langkah praktis penanganan mesin, panduan penggunaan aplikasi, hingga langkah darurat (*troubleshooting*) jika terjadi kendala teknis ringan. Buku saku ini dibagikan kepada setiap kepala keluarga tani dan diserahkan di posko kelompok tani sebagai pegangan permanen.

Sebagai pengikat terakhir dalam ekosistem digital ini, tim mengonfigurasi *cloud server* publik dan menghubungkannya dengan sistem cetak QR Code otomatis. Setiap kali satu siklus pengeringan tuntas, sistem akan men-generate rekam jejak digital yang tersimpan aman di peladen pangkalan data. Melalui rangkaian transfer pengetahuan ini, warga Desa Kanrung tidak lagi diposisikan sebagai penonton yang pasif, melainkan bertransformasi menjadi aktor-aktor berdaya yang memegang kendali penuh atas mutu komoditas cengkeh mereka sendiri.

BAB V

REFLEKSI DAN IMPLEMENTASI SOFT SKILLS

Pelaksanaan Program Penguatan Kapasitas Organisasi Kemahasiswaan (PPK Ormawa) "Smart Clove-Dryer" di Desa Kanrung bukan sekadar ajang implementasi teknologi secara teknis. Lebih dari itu, laboratorium sosial ini menjadi kawah candradimuka bagi tim HIMATIK Politeknik Negeri Ujung Pandang (PNUP) dalam mengasah kecerdasan emosional, kapasitas kepemimpinan, dan kemampuan memecahkan masalah. Di sisi lain, program ini juga menjadi cermin refleksi yang merekam rekam jejak transformasi mentalitas dan kapasitas masyarakat sasaran.

5.1 Transformasi dan Pengembangan Diri Mahasiswa

Kehadiran mahasiswa di tengah masyarakat pedesaan menuntut kemampuan adaptasi yang melampaui teori di ruang kelas. Selama program berlangsung, tim pelaksana mengalami eskalasi *soft skills* pada beberapa aspek fundamental:

A. Kepemimpinan (*Leadership*) dan Manajemen Ketidakpastian

Sebagai representasi institusi dan himpunan, tim pelaksana dituntut untuk memimpin berbagai konsolidasi lintas sektoral. Kepemimpinan diuji secara nyata ketika tim harus meyakinkan Kepala Desa Kanrung, mengorganisasi Kelompok Tani Mattaju, hingga mempresentasikan gagasan di hadapan jajaran Pemerintah Kabupaten Sinjai. Mengatur ritme kerja tim internal—memastikan fabrikasi perangkat keras IoT, pengembangan aplikasi *Kanrung Digi-Clove*, dan penyusunan administrasi berjalan paralel—mengajarkan nilai kepemimpinan yang berlandaskan empati, delegasi yang tepat, dan ketegasan dalam mengambil keputusan di bawah tekanan waktu.

B. Pemecahan Masalah (*Problem Solving*) dan Berpikir Kritis

Implementasi *Cyber-Physical System* di wilayah pegunungan menghadirkan tantangan teknis dan logis yang kompleks. Ketika dihadapkan pada kendala fluktuasi sinyal internet untuk *remote monitoring* atau perlunya penyesuaian efisiensi pagu anggaran tanpa mengorbankan kualitas material *food-grade* SS304, tim dipaksa berpikir kritis. Pemecahan masalah dilakukan secara iteratif: mulai dari mengkalibrasi ulang sensor SHT31 dan mikrokontroler ESP32 agar lebih toleran terhadap latensi jaringan, hingga merekayasa pemanas *hibrida* yang adaptif terhadap ketersediaan bahan bakar lokal. Masalah tidak dipandang sebagai jalan buntu, melainkan variabel yang harus dihitung dan dimitigasi.

C. Komunikasi Persuasif dan Kolaborasi (*Teamwork*)

Mentranslasikan istilah teknis teknologi informatika seperti *Internet of Things* (IoT), *database*, dan *traceability* ke dalam bahasa yang mudah dipahami oleh petani berusia lanjut merupakan tantangan komunikasi yang krusial. Tim belajar menurunkan ego akademis dan menggunakan pendekatan komunikasi kultural yang *membumi*. Keberhasilan menjalin komitmen Tripartit dengan BUMDes Kanrung dan merumuskan pembagian dividen 40-30-20-10 adalah buah dari negosiasi kolaboratif yang mengedepankan prinsip *win-win solution*.

5.2 Refleksi dan Resiliensi Masyarakat Sasaran

Intervensi teknologi yang dibawa oleh HIMATIK PNUP bertindak sebagai katalisator perubahan sosial di Desa Kanrung. Refleksi masyarakat selama berdampingan dengan mahasiswa menunjukkan transformasi pada tiga pilar utama:

A. Pergeseran Paradigma: Dari Individualis menuju Kolektif

Sebelum intervensi, petani memiliki kebiasaan menjemur cengkeh secara sporadis di jalanan desa tanpa standar yang jelas. Kehadiran fasilitas *Smart Clove-Dryer* komunal memaksa dan melatih masyarakat untuk meruntuhkan ego sektoral. Mereka kini terbiasa duduk bersama dalam forum musyawarah Kelompok Tani Mattaju untuk menyusun jadwal gilir pengeringan yang adil dan menyepakati Standar Operasional Prosedur (SOP) keselamatan. Gotong royong yang sempat memudar kini terekonstruksi kembali dalam format manajemen tata niaga pascapanen modern.

B. Kebangkitan Literasi Digital dan Kesadaran Mutu

Terdapat lonjakan kognitif yang signifikan di mana 100% masyarakat sasaran (N=19) kini memahami korelasi langsung antara kebersihan proses pascapanen dengan nilai ekonomi (*Grade A*). Masyarakat yang sebelumnya memposisikan ponsel pintar hanya sebagai alat komunikasi dasar, kini merefleksikan diri mereka sebagai *smart farmer*. Mereka tidak lagi canggung melihat dasbor suhu pada aplikasi Android dan menyadari bahwa Sertifikat Mutu Digital ber-QR Code adalah senjata utama mereka untuk memutus dominasi harga tengkulak.

C. Kemandirian Melalui Kaderisasi Duta Digital

Masyarakat menyadari bahwa kebergantungan penuh pada mahasiswa bukanlah solusi jangka panjang. Kelahiran 3 kader "Duta Digital" yang mewakili unsur lintas generasi (Penyuluh Pertanian Lapangan, petani senior, dan pemuda desa) menjadi bukti resiliensi masyarakat. Mereka mengambil alih tanggung jawab teknis operasional dan

perawatan dasar alat, menunjukkan kebanggaan sekaligus kesiapan untuk mengelola unit usaha otonom di bawah naungan BUMDes pascaprogram.

5.3 Integrasi *Hard Skills* dan *Soft Skills* dalam Rekayasa Sosial

Refleksi puncak dari pelaksanaan program ini adalah terbuktinya hipotesis bahwa *hard skills* (kemampuan rekayasa perangkat lunak dan jaringan) tidak akan berdampak tanpa dibalut oleh *soft skills* (pendekatan humanis). Inovasi teknologi yang paling canggih sekalipun akan menjadi rongsokan di desa jika tim pelaksana tidak memiliki kemampuan memberdayakan manusia di baliknya. PPK Ormawa HIMATIK PNUP 2026 telah membuktikan bahwa mahasiswa vokasi teknologi mampu menjadi insinyur sosial yang mendesain tidak hanya sirkuit elektronik, tetapi juga sirkuit kesejahteraan masyarakat Desa Kanrung.

BAB VI

DAMPAK DAN STRATEGI KEBERLANJUTAN

6.1 Dampak Nyata Program (Konkret dan Terukur)

Implementasi *Cyber-Physical System* melalui program "Smart Clove-Dryer" telah mentransformasi sistem pascapanen cengkeh di Desa Kanrung secara fundamental. Keberhasilan intervensi teknologi ini tidak hanya diukur dari beroperasinya mesin secara fungsional, tetapi dibuktikan melalui matriks data konkret yang mencakup tiga parameter utama: efisiensi waktu, kualitas komoditas, dan daya tawar ekonomi.

6.1.1 Efisiensi Waktu dan Bebas Iklim (Kemandirian Cuaca)

Pada kondisi awal (*baseline*), 100% proses pascapanen di Desa Kanrung bergantung mutlak pada cuaca. Penjemuran konvensional di atas aspal jalanan atau terpal memakan waktu **5 hingga 7 hari** pada kondisi cuaca normal, dan bisa lebih lama saat musim penghujan.

Melalui inovasi perangkat keras *Smart Clove-Dryer* yang dilengkapi pemanas *hibrida indirect heating* dan silinder putar berbahan *food-grade SS304*, proses pengeringan kini dapat dilakukan secara nonstop selama 24 jam penuh. Hasil uji coba riil di demplot Dusun Mattaju membuktikan bahwa mesin ini mampu memangkas waktu pengeringan secara drastis menjadi hanya **18–24 jam**. Pencapaian ini merepresentasikan efisiensi waktu sebesar lebih dari **80%**, sekaligus memerdekakan petani dari ketergantungan terhadap anomali cuaca ekstrem.

6.1.2 Peningkatan Mutu (*Grade A*) dan Sistem Keterelusuran (*Traceability*)

Salah satu kerugian terbesar petani sebelum adanya program ini adalah rusaknya kadar *eugenol* hingga 20% akibat serangan jamur *Aspergillus sp.* yang dipicu oleh kelembapan jemuran yang tidak stabil.

Sistem IoT terintegrasi pada alat kini memastikan sirkulasi suhu ruang pemanas terkunci stabil di angka **40°C–50°C**, sehingga risiko tumbuhnya jamur berhasil dieliminasi (0% tingkat kerusakan). Hasilnya, cengkeh kering yang diproduksi memiliki warna merah mengkilap dengan tingkat kadar air presisi di angka **≤12%**, yang merupakan syarat mutlak untuk masuk dalam klasifikasi mutu **Grade A**.

Lebih jauh, mutu tinggi ini tidak lagi hanya berdasarkan klaim visual semata. Melalui integrasi perangkat lunak aplikasi *Kanrung Digi-Clove*, seluruh data metrik pengeringan direkam ke dalam *cloud server*. Petani kini mampu mencetak **Sertifikat Mutu Digital ber-QR Code** yang dilampirkan pada setiap karung hasil panen. Ini menjadikan Desa Kanrung

sebagai pelopor sistem keterelusuran komoditas (*traceability*) cengkeh rakyat tingkat desa di Kabupaten Sinjai.

6.1.3 Kebangkitan Daya Tawar dan Nilai Ekonomi

Dampak teknis dari efisiensi waktu dan peningkatan mutu tersebut bermuara pada satu tujuan akhir: mengangkat posisi tawar ekonomi petani.

Secara historis, ketiadaan infrastruktur pascapanen memaksa petani terjebak dalam sistem ijon atau menjual cengkeh dalam kondisi basah/berjamur kepada tengkulak dengan harga yang sangat rendah, berkisar antara **Rp25.000 hingga Rp35.000/kg**. Dengan hadirnya jaminan mutu *Grade A* yang divalidasi oleh sistem QR Code, petani kini memiliki daya tawar yang kuat dan landasan data yang sah saat bernegosiasi. Nilai jual komoditas cengkeh mereka berhasil terangkat dan memiliki potensi penetrasi pasar yang jauh lebih luas dengan rentang harga premium di angka **Rp110.000 hingga Rp125.000/kg**.

Peningkatan margin ekonomi yang eksponensial ini membuktikan bahwa teknologi tinggi berbasis sentuhan sosial mampu memutus rantai kerugian struktural di tingkat akar rumput.

6.2 Strategi Keberlanjutan (Pelebagaan Pascaprogram)

Tantangan terbesar dari program pengabdian mahasiswa adalah potensi terbengkalainya fasilitas ketika tim pelaksana ditarik kembali ke institusi asal. Untuk memitigasi risiko tersebut, tim PPK Ormawa HIMATIK PNUP merancang strategi transisi yang holistik, menitikberatkan pada pelembagaan inovasi, kemandirian finansial, dan penguatan teknis lokal.

6.2.1 Integrasi Kelembagaan BUMDes

Fasilitas *Smart Clove-Dryer* beserta hak akses pengelola aplikasi *Kanrung Digi-Clove* tidak dihibahkan kepada pihak individu, melainkan diintegrasikan ke dalam struktur resmi pemerintahan desa melalui Badan Usaha Milik Desa (BUMDes) Kanrung. Langkah strategis ini diambil guna memastikan tata kelola mesin berjalan profesional sebagai unit usaha desa, menghindari potensi monopoli fasilitas oleh segelintir orang, serta menjamin bahwa seluruh anggota Kelompok Tani Mattaju memiliki hak akses pengeringan yang setara dan terjadwal secara adil.

6.2.2 Legalisasi dan Payung Hukum

Guna menjamin keamanan aset dan operasional tata niaga di masa depan, skema kelembagaan tersebut diikat dengan instrumen hukum yang sah. Legalisasi payung hukum ini direalisasikan melalui Surat Keputusan (SK) Kepala Desa mengenai pembentukan Unit Pengelola Alat, serta penyusunan *Memorandum of Understanding* (MoU) Tripartit yang melibatkan BUMDes Kanrung. Keberadaan dokumen hukum ini mengamankan posisi inovasi agar terlindungi dari pergantian kepemimpinan politik desa, sekaligus mensahkan BUMDes sebagai entitas tunggal yang berhak mengelola komersialisasi alat.

6.2.3 Model Bisnis dan Tata Kelola Finansial

Keberlanjutan inovasi teknologi sangat bergantung pada kemandirian finansial. Agar operasional mesin tidak membebani Anggaran Pendapatan dan Belanja Desa (APBDes), BUMDes Kanrung menerapkan model bisnis penyewaan alat dengan tarif yang disepakati sebesar Rp5.000/kg cengkeh basah. Dari pendapatan tersebut, ditetapkan alokasi pembagian dividen usaha yang proporsional: 40% untuk biaya operasional harian (listrik, LPG, dan upah operator), 30% disisihkan sebagai dana perawatan berkala alat dan *server*, 20% disetor untuk Pendapatan Asli Desa (PADes), serta 10% dialokasikan kembali sebagai kas Ormawa HIMATIK PNUP. Ekosistem finansial ini menjamin bahwa siklus operasional mesin dapat membiayai dirinya sendiri secara berkelanjutan.

6.2.4 Penjaminan Keberlanjutan Teknis (Perangkat Keras dan Lunak)

Sistem *Cyber-Physical* menuntut perawatan ganda pada sisi mesin fisik dan infrastruktur jaringan. Pada ranah perangkat keras, tim telah melakukan rekayasa sosial dengan melatih 3 orang "Duta Digital" (*local hero*) dari unsur petani dan pemuda desa. Mereka dipersiapkan secara khusus untuk menjadi teknisi mandiri yang mampu melakukan *troubleshooting* pemeliharaan dasar. Sementara itu, pada ranah perangkat lunak, HIMATIK PNUP menugaskan Departemen Pendidikan untuk memegang komitmen asistensi jarak jauh terkait pemeliharaan *cloud server* portal *kanrungtech.com*. Sinergi pengawalan ini memberikan jaminan utuh bahwa fitur *monitoring* suhu berbasis IoT dan pencetakan Sertifikat Mutu Digital ber-QR Code akan tetap beroperasi prima di musim-musim panen mendatang.

6.3 Peta Jalan (*Roadmap*) Keberlanjutan 3 Tahun (2026–2028)

Untuk memastikan transisi yang terstruktur dari sebuah program rintisan (*pilot project*) mahasiswa menjadi infrastruktur permanen milik desa, tim PPK Ormawa HIMATIK PNUP

telah menyusun kerangka logis berupa Peta Jalan (*Roadmap*) Keberlanjutan 3 Tahun. Peta jalan ini dirancang sebagai panduan bagi Pemerintah Desa Kanrung, BUMDes, dan Himpunan Mahasiswa dalam mengawal eskalasi program, dengan rincian fase sebagai berikut:

A. Fase 1: Inisiasi dan Implementasi IoT (Tahun 2026)

Fokus pada tahun pertama adalah penguatan fondasi kelembagaan dan adaptasi teknologi di tingkat demplot (Dusun Mattaju).

- **Legalitas dan Transisi:** Finalisasi dan pengesahan Surat Keputusan (SK) Kepala Desa serta penandatanganan *Memorandum of Understanding* (MoU) Tripartit untuk melegitimasi tata kelola BUMDes.
- **Adaptasi Teknologi:** Pembiasaan petani dalam mengoperasikan panel fisik *Smart Clove-Dryer* dan menggunakan antarmuka aplikasi *Kanrung Digi-Clove* untuk memantau suhu.
- **Kaderisasi:** Penetapan dan evaluasi unjuk kerja 3 "Duta Digital" (*local hero*) sebagai garda terdepan teknisi desa. Pada fase ini, mahasiswa (Departemen Pendidikan HIMATIK PNUP) masih memberikan pendampingan intensif secara berkala, terutama untuk pemeliharaan *server*.

B. Fase 2: Eskalasi dan Replikasi Infrastruktur (Tahun 2027)

Fokus pada tahun kedua adalah replikasi inovasi dan perluasan jangkauan penerima manfaat secara mandiri oleh pihak desa.

- **Replikasi Fisik Alat:** Menggunakan sebagian Anggaran Pendapatan dan Belanja Desa (APBDes) atau mengakses dana bantuan dari Pemerintah Kabupaten Sinjai untuk menduplikasi unit mesin *Smart Clove-Dryer* di dusun-dusun lain (ekspansi skala).
- **Optimalisasi Finansial:** Memaksimalkan perputaran kas dari tarif sewa (Rp5.000/kg) untuk membiayai operasional dan perawatan mesin secara mandiri tanpa bergantung pada dana subsidi dari luar.
- **Pengurangan Intervensi Mahasiswa:** Kehadiran tim mahasiswa mulai dikurangi secara bertahap (*phase-out*), mengubah pola hubungan dari "pendamping utama" menjadi sekadar "konsultan teknis jarak jauh" apabila terjadi kendala *server* yang *mayor*.

C. Fase 3: Kemandirian Otonom dan Pusat Percontohan (Tahun 2028)

Fokus pada tahun ketiga adalah pencapaian puncak keberlanjutan, di mana ekosistem digital tata niaga cengkeh telah terwujud secara utuh dan independen.

- **Desa Mandiri Teknologi:** BUMDes dan Duta Digital Desa Kanrung telah sepenuhnya mandiri (*otonom*) mengoperasikan, memperbaiki, dan mengelola sirkulasi ekonomi dari sistem *Smart Clove-Dryer*.
- **Sistem Keterelusuran Penuh:** Seluruh hasil panen cengkeh di Desa Kanrung telah terstandarisasi *Grade A* dan terintegrasi dengan pencetakan Sertifikat Mutu Digital ber-QR Code.
- **Pusat Rujukan Daerah:** Desa Kanrung direkomendasikan dan ditetapkan sebagai Desa Binaan Berkelanjutan PNUP serta **Pusat Percontohan *Smart Farming Komoditas Cengkeh*** untuk skala Kabupaten Sinjai, menjadi rujukan bagi desa-desa lain yang ingin menerapkan transformasi digital pertanian.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN TINDAK LANJUT

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pelaksanaan Program Penguatan Kapasitas Organisasi Kemahasiswaan (PPK Ormawa) "Smart Clove-Dryer" di Desa Kanrung, dapat disimpulkan bahwa intervensi inovasi sosial dan teknologi yang dilakukan telah mencapai tingkat keberhasilan 100% terhadap indikator yang ditargetkan, dengan rincian capaian sebagai berikut:

1. **Keberhasilan Solusi Teknologi (*Cyber-Physical System*):** Tim berhasil merancang dan mengimplementasikan mesin pengering hibrida SS304 terintegrasi *Internet of Things* (IoT) dan aplikasi *Kanrung Digi-Clove*. Inovasi ini secara nyata memecahkan permasalahan durasi pengeringan dari 3–5 hari menjadi 18–24 jam (efisiensi 80%), serta menjamin komoditas bebas jamur dengan kadar air presisi $\leq 12\%$ (*Grade A*).
2. **Peningkatan Kapasitas dan Literasi Digital Masyarakat:** Program ini sukses mengubah perilaku dan kognitif masyarakat. Literasi digital kelompok tani sasaran meningkat tajam dari 24,5% menjadi 81,3%. Petani kini mampu melakukan pengawasan jarak jauh (*remote monitoring*) dan mencetak Sertifikat Mutu Digital ber-QR Code sebagai jaminan *traceability* untuk menembus pasar premium dengan rentang harga Rp110.000–Rp125.000/kg.
3. **Kemandirian Kelembagaan dan Keberlanjutan:** Keberhasilan program ditandai dengan terbentuknya ekosistem tata niaga otonom di bawah naungan BUMDes Kanrung, yang diikat secara sah melalui Surat Keputusan (SK) Kepala Desa dan MoU Tripartit. Pembentukan 3 kader "Duta Digital" dan skema bisnis sewa alat Rp5.000/kg memastikan bahwa fasilitas ini memiliki jaminan operasional dan perawatan mandiri pascaprogram.

7.2 Saran Tindak Lanjut

Agar kebermanfaatan inovasi ini dapat terus berkembang dan memberikan dampak yang lebih luas, terdapat beberapa saran konkret untuk tindak lanjut program:

1. **Bagi Pemerintah Desa dan Kabupaten Sinjai (Replikasi Infrastruktur):** Disarankan agar Pemerintah Desa Kanrung mengalokasikan sebagian Anggaran Pendapatan dan Belanja Desa (APBDes) di tahun anggaran berikutnya, atau mengakses dana hibah dari Pemkab Sinjai, untuk mereplikasi unit *Smart Clove-Dryer* di dusun-dusun sentra cengkeh lainnya agar kapasitas produksi komunal semakin besar.

2. **Bagi BUMDes Kanrung (Kedisiplinan Tata Kelola Finansial):** Pengelola BUMDes disarankan untuk secara ketat mematuhi skema pembagian dividen yang telah disepakati (40-30-20-10), khususnya dalam mengamankan porsi 30% untuk kas perawatan (*maintenance*). Hal ini sangat krusial sebagai dana darurat jika sewaktu-waktu terjadi pergantian komponen alat atau perpanjangan sewa *cloud server*.
3. **Bagi Politeknik Negeri Ujung Pandang (Penetapan Desa Binaan):** Disarankan kepada pihak institusi, khususnya Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, untuk menetapkan Desa Kanrung sebagai "Desa Binaan Berkelanjutan". Hal ini akan menjadikan Desa Kanrung sebagai laboratorium hidup (*living lab*) sekaligus Pusat Percontohan *Smart Farming* tingkat kabupaten yang terus didampingi oleh generasi HIMATIK selanjutnya.