



Vol. 5 No. 2 Tahun 2025

Implementasi *Smart Watering* Berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Pengembangan Agro Edu Wisata Desa Sindulang

Erna Garnia¹, Rudy Gunawan², Nurwathi³, Siti Riyyan Lisaumi⁴, Faiza Aghniya Kamila⁵
Universitas Sangga Buana, Bandung
e-mail korespondensi: erna.garnia@usbypkp.ac.id

Article History

Received: 16 September 2025

Revised: 6 Oktober 2025

Accepted: 15 Oktober 2025

DOI: <https://doi.org/10.58794/jdt.v5i2.1691>

Kata Kunci – Agro Edu Wisata, Kerenceng, Desa Sindulang, Smart Village.

Abstract - Indonesia has diverse natural potentials, one of which is Baruimun Hill in Sindulang Village, Sumedang Regency. This area has great potential to be developed as an Agro Edu Tourism site to increase local residents' income and welfare. This community service activity aims to develop Sindulang Village into a technology-based Agro Edu Tourism area through the empowerment of millennial groups as part of a sustainable Smart Village transformation. The methods used include training, education, demonstration, and mentoring of two main partners: the Prosperous Millennial Farmers Group and Volunteer Kerenceng. Activities involve building infrastructure such as automatic irrigation systems and solar panels, as well as education on renewable energy technology. The results show a 40% increase in irrigation water use efficiency and up to a 28% increase in agricultural productivity. Tourism and agricultural infrastructure supporting Agro Edu Tourism activities were improved to enhance visitor comfort and attractiveness, while the roles of the Millennial Farmers Group and Volunteer Kerenceng as target partners increased significantly. Program limitations include low literacy in renewable energy technology, requiring ongoing mentoring to ensure the sustainability of technological innovations and program impact.

Abstrak – Indonesia memiliki potensi alam yang beragam, salah satunya Baruimun-hill di Desa Sindulang, Kabupaten Sumedang. Kawasan ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai agro edu wisata untuk meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan penduduk setempat. Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk mengembangkan Desa Sindulang menuju kawasan agro edu wisata berbasis teknologi melalui pemberdayaan kelompok milenial sebagai bagian dari transformasi *smart village* yang berkelanjutan. Fokus utamanya adalah pengembangan sistem penyiraman secara otomatis berbasis tenaga surya. Metode yang digunakan mencakup pelatihan, edukasi, demonstrasi, dan pendampingan dua mitra utama: Kelompok Tani Milenial Makmur dan

Volunteer Kerenceng. Kegiatan meliputi revitalisasi infrastruktur berupa *smart watering* berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Hasil menunjukkan peningkatan efisiensi penggunaan air irigasi sebesar 40%, produktivitas pertanian naik hingga 28%. Pelatihan penggunaan & pemeliharaan PLTS serta penyiraman otomatis mengalami peningkatan kemampuan peserta mencapai 92%. Keterbatasan program meliputi rendahnya literasi mengenai *smart watering* maupun PLTS sehingga membutuhkan pendampingan berkelanjutan guna memastikan keberlanjutan inovasi teknologi dan dampak program.

1. PENDAHULUAN

Kemajuan suatu negara tidak hanya bergantung pada melimpahnya sumber daya alam atau modal ekonomi, tetapi juga sangat ditentukan oleh sejauh mana masyarakat desa mampu memberdayakan potensi lokal demi kesejahteraan bersama [1], [2]. Dalam konteks pembangunan pedesaan modern, transformasi menuju desa cerdas (*smart village*) menjadi strategis yang digagas oleh Kementerian Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal, dan Transmigrasi. Menurut Menteri Desa Abdul Halim Iskandar, konsep desa cerdas merupakan adaptasi dari *smart city* yang disesuaikan dengan indikator dan kondisi sosial, ekonomi, serta geografis pedesaan guna lebih relevan dalam implementasinya sejalan dengan hasil pengabdian terkait *smart farming* dan *smart village* [3], [4]. Lebih lanjut, *smart village* didefinisikan sebagai inovasi tata kelola desa yang bertujuan meningkatkan kualitas hidup dan kesejahteraan melalui penerapan teknologi tepat guna, berkelanjutan, serta berbasis kearifan lokal [5], [6].

Sektor pertanian, sebagai potensi utama penggerak ekonomi desa, menghadapi berbagai tantangan modernisasi. Salah satu kendala utama adalah keterbatasan infrastruktur irigasi yang sering dikelola secara manual, sehingga menguras waktu dan tenaga serta mengakibatkan penggunaan air yang tidak efisien, terutama di wilayah perbukitan dengan topografi menantang [7], [8]. Selain itu, keterbatasan akses energi listrik yang stabil di wilayah pedesaan turut memperparah permasalahan infrastruktur pertanian yang berkelanjutan [9].

Desa Sindulang, terletak di wilayah perbukitan dengan potensi pertanian yang tinggi, mencatat hambatan serupa. Mayoritas penduduknya bekerja di sektor pertanian dan tergolong sebagai keluarga prasejahtera [10]. Topografi desa berbukit menyebabkan pengelolaan irigasi terutama untuk lahan non-pesawahan seperti ladang, kebun, dan huma memerlukan sistem irigasi yang lebih fleksibel dan adaptif terhadap kondisi cuaca serta jenis tanaman [11].

Permasalahan lain yang dihadapi adalah tingginya jumlah generasi muda yang menganggur, yang mengindikasikan kurangnya peluang kerja produktif di sektor pertanian tradisional [12]. Paradoksnya, di sisi lain terdapat potensi besar berupa keberadaan kelompok-kelompok milenial seperti Kelompok Tani Milenial Makmur dan Volunteer Kerenceng yang memiliki semangat inovatif dan kapasitas adaptif terhadap teknologi baru. Kondisi ini menciptakan peluang sekaligus tantangan dalam mengembangkan sektor pertanian yang lebih modern dan menarik bagi generasi muda [13], [14].

Kawasan Baruimun Hill di Desa Sindulang memiliki potensi strategis sebagai area pertanian sekaligus wisata edukatif. Namun, keterbatasan infrastruktur teknologi pertanian dan sistem energi yang berkelanjutan menjadi hambatan utama dalam mengoptimalkan potensi tersebut. Kondisi ini memerlukan intervensi teknologi tepat guna yang dapat meningkatkan produktivitas pertanian sekaligus menciptakan nilai tambah melalui pengembangan wisata edukatif [15], [16].

Pendekatan teknologi melalui sistem *smart watering* menjadi solusi inovatif untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air sekaligus mengefektifkan waktu kerja petani. *Smart watering* merupakan sistem penyiraman otomatis yang bekerja berdasarkan data kelembaban tanah dan waktu penyiraman optimal, serta dikendalikan oleh *microcontroller* yang terhubung dengan sensor dan pompa air [17]. Teknologi ini memungkinkan proses penyiraman berlangsung secara otomatis, presisi, dan hemat sumber daya [18].

Untuk menunjang keberlanjutan operasional sistem *smart watering*, pemanfaatan panel surya (*solar cell*) menjadi elemen penting [19]. *Solar cell* mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik yang disimpan

dalam baterai dan digunakan untuk menggerakkan pompa air, sistem sensor, hingga penerangan di area pertanian dan wisata [20], [21] Teknologi ini sangat cocok diterapkan di wilayah pedesaan yang belum sepenuhnya terjangkau jaringan listrik konvensional atau memiliki pasokan listrik yang tidak stabil [22].

Integrasi *smart watering* berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dalam konsep agro edu wisata menjadi pendekatan yang komprehensif, dimana aspek produktivitas pertanian, keberlanjutan energi, dan edukasi masyarakat dapat dicapai secara bersamaan. Pendekatan ini sangat relevan dengan semangat transformasi desa cerdas yang mengutamakan teknologi tepat guna, ramah lingkungan, dan berbasis pemberdayaan masyarakat lokal [23].

Tujuan Kegiatan: tujuan dari kegiatan ini untuk mengimplementasikan sistem *smart watering* berbasis PLTS di kawasan pertanian Baruimun Hill, Desa Sindulang, untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan irigasi dan produktivitas pertanian mitra sasaran. Selain itu, program ini bertujuan memberdayakan generasi muda desa melalui transfer teknologi dan keterampilan dalam pengelolaan pertanian modern [3], [24]. Konsep agro edu wisata berbasis teknologi terbaru dikembangkan sebagai sumber pendapatan alternatif masyarakat [14]. Terakhir, Kegiatan ini berupaya menciptakan model percontohan teknologi ramah lingkungan yang dapat direplikasi di desa-desa lain [25], [26].

Implementasi program ini diharapkan memberikan manfaat bagi berbagai pihak. Bagi mitra sasaran, yaitu Kelompok Tani Milenial Makmur dan Volunteer Kerenceng, program ini akan meningkatkan kapasitas teknis dalam pengelolaan pertanian modern serta membuka peluang ekonomi baru melalui pengembangan wisata edukatif. Bagi masyarakat Desa Sindulang secara umum, program ini akan meningkatkan produktivitas pertanian, efisiensi penggunaan sumber daya, dan menciptakan lapangan kerja baru di sektor pariwisata edukatif.

Dari perspektif yang lebih luas, program ini mendukung visi *smart village* melalui demonstrasi integrasi teknologi tepat guna dalam kehidupan pedesaan. Konsep agro edu wisata menjadi media pembelajaran bagi masyarakat luas tentang penerapan teknologi ramah lingkungan dalam sektor pertanian, sehingga dapat menginspirasi replikasi di lokasi lain [27]. Dengan sinergi antara teknologi, edukasi, dan pemberdayaan komunitas, implementasi *smart watering* berbasis PLTS diharapkan dapat menjadi katalisator utama dalam mewujudkan visi Desa Sindulang sebagai *smart village* yang maju, mandiri, dan lestari, sekaligus menjadi model pemberdayaan masyarakat berbasis inovasi yang dapat diadaptasi di desa-desa lain di Indonesia.

Implementasi teknologi pertanian modern dan sistem energi terbarukan di Kawasan Baruimun Hill, Desa Sindulang, dapat menjadi kunci pengembangan sektor agrowisata yang berkelanjutan. Pendekatan teknologi tepat guna ini diharapkan mampu meningkatkan produktivitas lahan pertanian sambil menciptakan daya tarik wisata edukatif bagi masyarakat. Gambar 1 menunjukkan pertemuan dengan kepala Desa Sindulang dan mitra sasaran.



Gambar 1. Koordinasi Pihak Terkait

Berdasarkan hasil survei pendahuluan dan koordinasi dengan pemerintah desa, tim pengabdian telah melakukan pertemuan dengan Kepala Desa Sindulang untuk membahas rencana implementasi program. Dalam pertemuan tersebut, Kepala Desa menunjukkan komitmen yang tinggi terhadap program ini dan telah menunjukkan lokasi spesifik di kawasan Baruimun Hill yang akan dijadikan sebagai lokus utama kegiatan pengabdian. Lokasi yang dipilih merupakan area pertanian aktif dengan luas sekitar 2 hektar yang memiliki akses yang memadai dan berpotensi untuk dikembangkan sebagai area demonstrasi teknologi pertanian modern. Dukungan penuh dari pemerintah desa ini menjadi modal penting dalam memastikan keberlanjutan program dan keterlibatan aktif masyarakat dalam seluruh tahapan kegiatan. Gambar 2 menunjukkan *layout* kawasan agro-edu wisata Baruimun Hill yang berada di Desa Sindulang.



Gambar 2. Lahan Agro Edu Wisata Baruimun-Hill

2. METODE PENGABDIAN

Program pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan dengan menggunakan pendekatan partisipatif berbasis *Community-Based Participatory Research* (CBPR) dengan melibatkan dua kelompok mitra utama, yaitu Kelompok Tani Milenial Makmur dan Volunteer Kerenceng sebagai subjek aktif dalam seluruh proses kegiatan. Pendekatan ini dipilih untuk memastikan keberlanjutan program melalui keterlibatan langsung masyarakat dalam identifikasi masalah, perancangan solusi, implementasi, hingga evaluasi dampak program. Kegiatan pengabdian dirancang dengan mengadopsi model pemberdayaan masyarakat berbasis teknologi tepat guna yang mengintegrasikan aspek produktivitas ekonomi, keberlanjutan lingkungan, dan pengembangan kapasitas sumber daya manusia. Lokasi kegiatan berpusat di kawasan Baruimun Hill, Desa Sindulang, dengan melibatkan tim multidisiplin yang terdiri dari dosen dengan keahlian teknik elektro, teknik mesin, teknik sipil, dan pemberdayaan masyarakat, mahasiswa dari berbagai program studi, serta stakeholder seperti Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Jawa Barat, BPTPH (Balai Perlindungan Tanaman Pangan dan Hortikultura) Provinsi Jawa Barat, dan didukung oleh professor pertanian Universitas Padjajaran.

Kegiatan pengabdian dilaksanakan selama 8 (delapan) bulan, dimulai dari bulan Mei hingga bulan Desember, dengan pembagian tahapan yang sistematis. Lokasi utama kegiatan adalah kawasan pertanian Baruimun Hill seluas 2 hektar yang telah ditetapkan melalui kesepakatan dengan pemerintah Desa Sindulang, diantaranya dengan menerapkan 5 tahapan pengabdian kepada masyarakat.

Tahapan Persiapan dan Analisis Kebutuhan: Tahap ini diawali dengan observasi langsung ke Desa Sindulang menggunakan metode *Participatory Rural Appraisal* (PRA) untuk memetakan kondisi sosial, ekonomi, dan geografis wilayah sasaran. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara mendalam dengan Kepala Desa, tokoh masyarakat, dan anggota kelompok mitra, serta observasi infrastruktur pertanian dan potensi wisata. Analisis partisipatif menggunakan analisis pohon masalah dan analisis SWOT mengidentifikasi keterbatasan utama seperti sistem irigasi dan akses energi yang membatasi produktivitas pertanian dan pengembangan wisata edukatif.

Tahapan Perancangan dan Desain Sistem: Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, dilakukan perancangan sistem *smart watering* yang terintegrasi dengan teknologi *Internet of Things* (IoT) yang mencakup sensor kelembaban tanah, mikrokontroler, dan sistem monitoring via aplikasi mobile. Desain sistem juga mempertimbangkan pemanfaatan energi terbarukan berupa *solar cell* yang disesuaikan dengan kebutuhan daya sistem dan area penerangan di lokasi.

Tahapan Pengembangan Kapasitas dan Transfer Teknologi: Implementasi program edukasi dilakukan melalui metode pembelajaran orang dewasa (andragogi) dengan pendekatan belajar sambil praktek. Materi edukasi mencakup prinsip dasar teknologi *solar cell*, sistem *smart watering*, dan konsep pertanian berkelanjutan. Kegiatan dilaksanakan dalam bentuk pelatihan partisipatif, demonstrasi langsung, dan diskusi interaktif. **Pelatihan Teknis Operasional dan Pemeliharaan:** Pelatihan teknis diberikan kepada anggota kelompok mitra dengan fokus pada: (1) operasional sistem *smart watering* dan monitoring sensor, (2) pemeliharaan rutin peralatan *solar cell* dan baterai, (3) pemecahan masalah dasar sistem, dan (4) pencatatan dan evaluasi kinerja sistem. Pelatihan menggunakan modul yang telah disiapkan dan dilengkapi dengan panduan teknis bergambar.

Tahapan Implementasi dan Instalasi: Instalasi sistem dilakukan secara partisipatif dengan melibatkan anggota kelompok mitra dalam seluruh proses pembangunan. Tahapan instalasi meliputi: (1) persiapan lokasi dan pondasi PLTS, (2) instalasi rangkaian sistem *solar cell* dan baterai, (3) pemasangan jaringan sensor dan pengendali *smart watering*, (4) konfigurasi sistem monitoring dan testing operasional, serta (5) pengujian awal dan serah terima sistem kepada mitra.

Tahapan Pendampingan dan Monitoring: Pendampingan dilakukan secara berkala dengan frekuensi 2 kali per bulan untuk memastikan sistem beroperasi optimal. Kegiatan pendampingan mencakup evaluasi kinerja sistem, perawatan preventif, pemecahan masalah teknis, dan penguatan kapasitas mitra dalam pengelolaan sistem. Sistem monitoring dan evaluasi menggunakan pendekatan model logika dengan indikator keluaran: kinerja yang terukur, meliputi: Indikator masukan: jumlah pelatihan, peralatan terinstal, partisipasi mitra, Indikator fungsionalitas sistem, adopsi teknologi, area tercover, Indikator hasil: efisiensi penggunaan air, produktivitas pertanian, jumlah wisatawan, Indikator dampak: peningkatan pendapatan mitra, replikasi teknologi

Setelah 5 tahapan dilaksanakan, seluruh kegiatan didokumentasikan secara sistematis menggunakan metode dokumentasi berbasis bukti, meliputi foto kegiatan, video tutorial, data monitoring sistem, testimoni mitra, dan analisis dampak program. Evaluasi program dilakukan menggunakan desain perbandingan sebelum-sesudah untuk mengukur perubahan yang terjadi. **Instrumen dan Teknik Pengumpulan data** menggunakan pendekatan metode campuran dengan instrumen yang telah divalidasi, meliputi: (1) panduan wawancara mendalam untuk eksplorasi persepsi dan kepuasan mitra, (3) lembar observasi untuk monitoring kinerja sistem, dan (4) panduan diskusi kelompok terarah untuk evaluasi partisipatif. Data kuantitatif dianalisis menggunakan statistik deskriptif, sedangkan data kualitatif dianalisis dengan teknik analisis konten.

Indikator Keberhasilan Program: Keberhasilan program ditentukan melalui penetapan baseline dan target yang terukur sejak awal kegiatan. Indikator input meliputi jumlah pelatihan yang dilaksanakan (target minimal 2 kali), peralatan yang terinstal (sistem *smart watering* dan *solar cell* 3.450 Wp), serta tingkat partisipasi mitra (target 80% kehadiran aktif). Indikator output mencakup fungsionalitas sistem yang beroperasi minimal 95%, tingkat adopsi teknologi oleh mitra (target 75% mampu mengoperasikan sistem), dan luas area tercover (target 2 hektar). Indikator outcome ditetapkan berupa peningkatan efisiensi penggunaan air minimal 30% dari baseline 15.000 liter/hari, peningkatan produktivitas pertanian minimal 20%, dan jumlah kunjungan wisatawan minimal 100 orang per bulan dalam 6 bulan pertama operasional. Indikator dampak jangka panjang meliputi peningkatan pendapatan mitra minimal 25% dan potensi replikasi teknologi di minimal satu desa lain.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Awal Mitra dan Identifikasi Kebutuhan: Desa-desa di Indonesia kerap menghadapi berbagai tantangan struktural dan sosial yang kompleks, termasuk keterbatasan infrastruktur, minimnya akses terhadap layanan dasar, serta belum optimalnya pengelolaan potensi lokal [8]. Hasil survei pendahuluan menunjukkan bahwa Desa Sindulang merupakan contoh konkret dari desa yang memiliki lanskap geografis menarik dengan potensi wisata alam yang tinggi, namun terhambat oleh kondisi isolasi wilayah yang membatasi akses layanan dasar seperti pendidikan dan kesehatan. Meskipun demikian, kekuatan sosial seperti semangat gotong royong dan keinginan untuk maju masih sangat kuat di kalangan masyarakatnya.

Analisis data demografis menunjukkan bahwa sekitar 66% dari total penduduk Desa Sindulang tergolong usia produktif, dan sebanyak 35% di antaranya merupakan generasi milenial. Fakta ini mengindikasikan bahwa generasi muda memiliki peran sentral sebagai agen perubahan yang dapat mendorong pembangunan berbasis teknologi dan inovasi lokal [9]. Potensi demografis ini menjadi landasan strategis bagi tim pengabdian untuk menetapkan generasi milenial, khususnya Kelompok Tani Milenial Makmur dan Volunteer Kerenceng, sebagai mitra utama dalam program pengembangan berbasis teknologi energi terbarukan.

Hasil diskusi kelompok terarah dengan kedua kelompok mitra mengidentifikasi tiga permasalahan prioritas: (1) keterbatasan sistem irigasi yang menyebabkan penyiraman tanaman tidak efisien, terutama pada musim kemarau; (2) minimnya akses energi listrik yang stabil untuk mendukung aktivitas pertanian dan pengembangan wisata; dan (3) belum adanya daya tarik wisata edukatif yang dapat meningkatkan nilai ekonomi kawasan Baruimun Hill. Permasalahan ini sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa keterbatasan infrastruktur dasar merupakan hambatan utama dalam pengembangan ekonomi perdesaan [28].

Lebih lanjut, hasil pengamatan lapangan dan dialog dengan masyarakat menegaskan perlunya pendekatan teknologi yang tidak hanya meningkatkan efisiensi teknis tetapi juga memberdayakan kapasitas komunitas lokal secara berkelanjutan. Hal ini menjadi landasan penting dalam merancang intervensi yang holistik dan sesuai dengan kebutuhan sosial, ekonomi, dan kultural Desa Sindulang.

Implementasi Sistem *Smart Watering* Berbasis PLTS, Desain dan Spesifikasi Sistem: Berdasarkan hasil analisis kebutuhan di Desa Sindulang, tim mengembangkan dan mengimplementasikan sistem *smart watering* terintegrasi dengan energi terbarukan dari PLTS yang dirancang khusus sesuai dengan kondisi geografis dan sosial

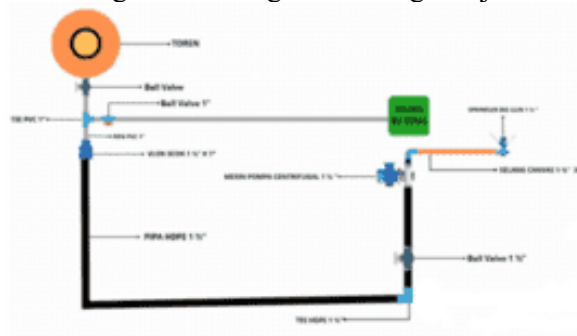
daerah tersebut, bertujuan meningkatkan efisiensi penggunaan air sekaligus meningkatkan produktivitas pertanian secara berkelanjutan. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama sebagai berikut:

Panel Surya: Sistem PLTS memanfaatkan enam *solar cell* monokristalin bifacial dari Trina Solar (model Vertex TSM-575DEG19RC.20) dengan daya puncak total 3.450 Wp dan efisiensi tinggi hingga 21,3%. Panel ini dimaksudkan untuk menghasilkan performa optimal meskipun dalam kondisi penyinaran rendah, sesuai dengan karakteristik cuaca di daerah tersebut. Daya listrik yang dihasilkan diatur melalui inverter hybrid Samoto IHF6200 berkapasitas 6.200 VA yang mendukung pengisian baterai deep cycle gel 48 V DC dengan kapasitas total 7,2 kWh, menunjang pasokan listrik yang stabil untuk sistem irigasi dan kebutuhan operasional lainnya.

Smart Watering: Sistem irigasi mengaplikasikan springkler big gun ukuran 1½ inch yang mampu menjangkau radius penyiraman hingga 25–30 meter. Irigasi otomatis dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 yang dilengkapi konektivitas IoT, sehingga proses penyiraman dapat dilakukan secara real-time berdasarkan data sensor kelembapan tanah serta sensor suhu dan kelembapan udara. Modul relay serta solenoid valve mengatur aliran air secara efisien sesuai kebutuhan tanaman, yang mengurangi pemborosan air.

Struktur Besi: Besi hollow 5x5 cm, digunakan sebagai kerangka utama atau kolom vertikal yang berfungsi sebagai penopang struktur secara keseluruhan, terutama dalam menopang atap serta beban dari PLTS. Besi hollow 6x4 cm, elemen pendukung atau rangka horizontal dan sambungan antar kolom, berfungsi menjaga kekakuan dan kestabilan bangunan terhadap beban lateral maupun getaran. Struktur dipasang dengan sistem grounding yang memadai untuk perlindungan terhadap petir, disambungkan menggunakan las yang kuat dan tahan karat dengan cat pelindung anti korosi untuk memaksimalkan umur pakai struktur. Luas bangunan 5x5 meter, sehingga diperlukan perhitungan struktur yang mampu mendistribusikan beban secara merata.

Gambar 3 mengilustrasikan desain dan realisasi dari instalasi *smart watering* dengan menggunakan springkler big gun, menunjukkan konfigurasi dan jangkauan penyiraman. Fungsi dari instalasi ini adalah untuk mendistribusikan air secara merata ke seluruh area lahan pertanian dengan tekanan tinggi dan jangkauan luas, sehingga dapat meningkatkan efisiensi irigasi dan menghemat tenaga kerja serta waktu penyiraman.



Gambar 3. *Smart Watering* - Springkler Big Gun

Gambar 4 memperlihatkan desain dan realisasi instalasi PLTS atap sebagai sumber energi terbarukan utama. Fungsi dari instalasi ini adalah sebagai sumber energi utama yang menyediakan pasokan listrik ramah lingkungan untuk mengoperasikan sistem *smart watering* dan peralatan pendukung lainnya di kawasan agro edu wisata.



Gambar 4. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Kinerja Operasional Sistem: Hasil uji coba di lapangan menunjukkan bahwa sistem *smart watering* beroperasi dengan tingkat efisiensi yang tinggi. Data hasil uji coba menunjukkan bahwa konsumsi air mengalami reduksi sebesar 40% dibandingkan dengan metode penyiraman manual, dari rata-rata 15.000 liter/hari menjadi 9.000 liter/hari. Efisiensi ini dicapai melalui penyiraman yang dilakukan secara tepat waktu dan menyesuaikan dengan kebutuhan kelembapan tanah, sehingga menghindari pemborosan akibat *over-watering* yang umum terjadi pada sistem manual.

Pada aspek energi, sistem PLTS menunjukkan kinerja yang optimal dengan rata-rata produksi energi 18,5 kWh/hari, yang mampu memenuhi kebutuhan operasional *smart watering* (12 kWh/hari) dan penerangan area wisata (4 kWh/hari). Surplus energi sebesar 2,5 kWh/hari disimpan dalam baterai sebagai cadangan untuk memastikan kontinuitas operasional saat cuaca mendung atau hujan. Ketersediaan sistem mencapai 96,8%, dengan waktu henti yang terjadi umumnya disebabkan oleh pemeliharaan rutin dan gangguan cuaca ekstrem.

Dampak Terhadap Produktivitas Pertanian dari sisi efisiensi waktu dan tenaga kerja: Adopsi teknologi *smart watering* menghasilkan efisiensi waktu kerja yang substansial bagi anggota kelompok mitra [29]. Produktivitas pertanian di wilayah sasaran meningkat rata-rata 28%, sesuai studi sebelumnya yang menunjukkan peningkatan hasil dengan penggunaan sensor kelembapan di iklim tropis. Waktu yang sebelumnya digunakan untuk penyiraman manual selama 4-5 jam/hari dapat dikurangi menjadi 1 jam/hari hanya untuk keperluan monitoring dan pemeliharaan sistem. Penghematan waktu ini memungkinkan anggota kelompok untuk mengalokasikan waktu pada aktivitas produktif lain, seperti pengembangan produk olahan dan pengelolaan wisata edukatif. Pengurangan beban kerja fisik juga berdampak pada peningkatan motivasi kerja, terutama di kalangan generasi muda [30]. Hasil wawancara mendalam menunjukkan bahwa 85% anggota kelompok mitra menyatakan bahwa teknologi ini membuat aktivitas pertanian lebih menarik dan modern, sehingga mengurangi stigma bahwa pertanian adalah pekerjaan yang berat dan ketinggalan zaman. Hal ini memicu peningkatan minat generasi muda untuk terus berinovasi dan terlibat aktif dalam pengembangan pertanian modern yang ramah lingkungan, yang membawa dampak positif bagi regenerasi dan kesinambungan sektor pertanian di Desa Sindulang.

Dampak Sosial-Ekonomi: Aspek sosial-ekonomi juga mengalami peningkatan positif, terutama dalam pemberdayaan masyarakat desa. Stabilitas dan kemudahan akses air irigasi yang disebabkan oleh penggunaan energi terbarukan meningkatkan kepercayaan masyarakat terhadap teknologi baru. Keterlibatan langsung pemuda desa dalam pengoperasian dan pemeliharaan sistem memperkuat kapasitas lokal dan membuka peluang usaha agro edu wisata yang berbasis keberlanjutan. Secara keseluruhan, penggunaan teknologi ini turut mendukung pengurangan emisi karbon melalui penggantian energi fosil dengan energi surya.

Analisis Perbandingan dan Kritik: Meski hasil efisiensi air sebesar 40% sudah sangat baik, analisis kritis menunjukkan bahwa tingkat efisiensi tersebut dapat lebih ditingkatkan lagi dengan optimasi penggunaan sensor lebih lanjut dan adaptasi algoritma irigasi cerdas yang lebih responsif terhadap variabilitas iklim. Dibandingkan dengan implementasi *smart watering* di daerah lain seperti di Jawa Barat dan Bali, efisiensi yang diperoleh pada proyek ini

komparabel, namun belum mengungguli studi dengan penggunaan sensor kelembapan multifaktor yang meliputi tekanan tanah dan intensitas sinar matahari.

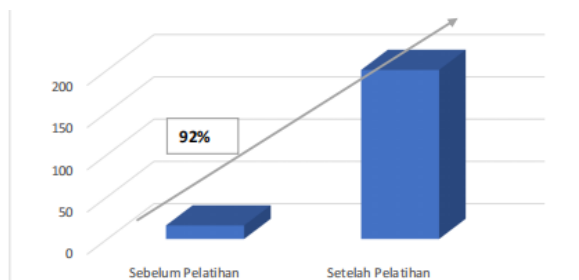
Pengembangan Agro Edu Wisata: konsep dan implementasi yang mengintegrasikan sistem *smart watering* berbasis PLTS dalam kawasan Baruimun-hill berhasil menciptakan konsep agro edu wisata yang unik dan menarik. Area wisata ini dirancang dengan 5 zona pembelajaran, yakni: (1) Zona Demonstrasi Teknologi, tempat pengunjung dapat melihat langsung cara kerja sistem *smart watering*; (2) Zona *Solar Park*, area instalasi PLTS dengan penjelasan tentang energi terbarukan; (3) Zona Pertanian Organik, demonstrasi praktik pertanian berkelanjutan; (4) Zona Pengolahan Hasil, tempat wisatawan belajar mengolah produk pertanian; dan (5) Zona Rekreasi, area istirahat dengan pemandangan alam yang indah. Setiap zona dilengkapi dengan papan tanda informatif bergambar yang menjelaskan teknologi dan proses yang dapat dipelajari pengunjung. Tim juga mengembangkan paket edukasi terstruktur dengan durasi 3-4 jam yang mencakup presentasi konsep *smart farming*, praktik langsung monitoring sistem, dan pelatihan pengolahan produk pertanian. Paket edukasi dirancang fleksibel untuk berbagai kelompok sasaran, mulai dari siswa sekolah dasar hingga mahasiswa dan masyarakat umum. Gambar 5 menampilkan contoh brosur dari paket agro edu wisata yang digunakan sebagai media promosi dan edukasi kepada pengunjung.



Gambar 5. Brosur Paket Wisata Agro Edu Wisata Baruimun-Hill

Transfer Teknologi dan Peningkatan Kapasitas, Proses Pembelajaran dan Adopsi Teknologi: Proses transfer teknologi dilakukan melalui pendekatan belajar sambil praktek yang melibatkan anggota kelompok mitra secara aktif dalam seluruh tahapan implementasi. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa 92% anggota kelompok mitra berhasil menguasai operasional dasar sistem *smart watering*, 78% mampu melakukan pemecahan masalah sederhana, dan 65% memahami prinsip kerja sistem PLTS. Tingkat adopsi teknologi yang tinggi ini menunjukkan efektivitas metode pembelajaran partisipatif yang diterapkan.

Untuk memastikan keberlanjutan pengetahuan, tim menyusun modul pembelajaran bergambar dalam bahasa Indonesia yang mudah dipahami, serta video tutorial untuk setiap prosedur operasional dan pemeliharaan. Selain itu, dibentuk sistem mentoring internal dimana anggota yang lebih cepat menguasai teknologi berperan sebagai mentor bagi anggota lainnya. Sistem ini terbukti efektif dalam mempercepat proses transfer teknologi dan menciptakan kemandirian kelompok.



Gambar 6. Peningkatan Kemampuan Pelatihan Penggunaan & Pemeliharaan PLTS serta *Smart Watering*

Gambar 6 menunjukkan pencapaian luar biasa dari Pelatihan Penggunaan & pemeliharaan PLTS serta *smart watering* dengan peningkatan kemampuan peserta yang mencapai 92%. Data memperlihatkan transformasi drastis dari skor awal yang rendah (sekitar 30-40 poin) menjadi skor yang sangat tinggi (lebih dari 200 poin) setelah mengikuti program pelatihan. Peningkatan signifikan ini menunjukkan bahwa peserta berhasil menguasai aspek-aspek kritis dalam pengoperasian sistem PLTS dan teknologi *smart watering*, mulai dari instalasi, penggunaan sehari-hari, hingga pemeliharaan preventif dengan indikator peningkatan diantaranya pengetahuan, instalasi, pemeliharaan, penggunaan, dan sistem pemecahan masalah.

Pengembangan Kapasitas Organisasi: Program ini juga memberikan kontribusi signifikan dalam penguatan kapasitas organisasi kedua kelompok mitra. Kelompok Tani Milenial Makmur berhasil menyusun struktur organisasi yang lebih sistematis, dengan pembagian tugas yang jelas dalam pengelolaan sistem teknologi serta pengelolaan area wisata. Sementara itu, Volunteer Kerenceng berkembang menjadi organisasi yang lebih profesional dalam pengelolaan event dan promosi wisata edukatif. Peningkatan kapasitas organisasi ini mencakup beberapa aspek penting, yaitu: (1) perencanaan kegiatan jangka pendek dan menengah, (2) pengelolaan keuangan dan administrasi organisasi, (3) komunikasi dan teknik presentasi untuk kegiatan promosi, serta (4) kolaborasi dengan pemangku kepentingan eksternal. Evaluasi berkala yang dilakukan secara sistematis menunjukkan peningkatan yang signifikan pada setiap aspek tersebut dibandingkan kondisi awal sebelum program berlangsung.

Tantangan dan Solusi Implementasi: Secara teknis, implementasi sistem *smart watering* dan PLTS menghadapi beberapa tantangan teknis yang memerlukan adaptasi dan penyesuaian. Tantangan utama adalah kondisi cuaca ekstrem berupa hujan deras dan angin kencang yang dapat mempengaruhi stabilitas PLTS. Solusi yang diterapkan meliputi penguatan struktur pemasangan PLTS dengan fondasi beton yang lebih dalam dan penerapan sistem landasan yang memadai sebagai perlindungan terhadap petir. Langkah ini berhasil meningkatkan ketahanan fisik instalasi terhadap kondisi lingkungan yang menantang.

Tantangan Sosial dan Organisasi: dari aspek sosial, tantangan utama muncul berupa resistensi sebagian masyarakat senior terhadap teknologi baru dan kekhawatiran tentang kompleksitas operasional sistem. Untuk mengatasi hal tersebut, tim menggunakan pendekatan komunikasi yang intensif dengan melibatkan tokoh masyarakat sebagai agen perubahan, sekaligus memberikan demonstrasi manfaat konkret yang dapat dirasakan secara langsung kepada masyarakat. Pendekatan ini terbukti efektif dalam mengurangi resistensi dan meningkatkan dukungan masyarakat. Tantangan selanjutnya terkait koordinasi antar anggota kelompok mitra dalam pengelolaan jadwal dan pembagian tanggung jawab. Solusi yang diadopsi adalah pengembangan sistem roster yang terstruktur serta protokol komunikasi yang jelas. Penggunaan aplikasi seluler untuk komunikasi dan monitoring juga membantu meningkatkan efisiensi koordinasi dan transparansi kegiatan antar anggota.

Keberlanjutan dan Replikasi Program dari unsur strategi Keberlanjutan: Untuk menjamin keberlanjutan program, tim mengimplementasikan beberapa strategi komprehensif. Pertama, pembentukan dana pemeliharaan yang dikelola secara mandiri oleh kelompok mitra melalui alokasi 15% dari pendapatan wisata edukatif, yang digunakan untuk suku cadang, pemeliharaan rutin, dan peningkatan sistem bila diperlukan. Kedua, pengembangan jaringan rantai pasokan lokal untuk kebutuhan suku cadang dan pelayanan, sehingga mengurangi ketergantungan pada pemasok eksternal. Ketiga, penguatan peningkatan kapasitas melalui program pelatihan lanjutan dan sertifikasi kompetensi bagi anggota kelompok mitra. Serta, rencana pelibatan beberapa anggota sebagai trainer lokal yang dapat memberikan pelatihan kepada desa-desa lain yang ingin mengadopsi teknologi serupa. Keempat, pengembangan kemitraan strategis dengan instansi terkait seperti Dinas Pertanian dan Dinas Pariwisata yang menyediakan dukungan teknis serta promosi jangka panjang.

Potensi Replikasi: Model implementasi yang diterapkan di Desa Sindulang menunjukkan potensi replikasi yang tinggi pada daerah dengan karakteristik geografis dan demografis serupa. Tim telah menyusun manual replikasi yang komprehensif mencakup: (1) kriteria kelayakan lokasi dan mitra, (2) panduan teknis instalasi sistem, (3) modul pelatihan dan mekanisme transfer teknologi, (4) strategi pengembangan wisata edukatif, dan (5) kerangka monitoring dan evaluasi. Keberhasilan program ini mempertegas bahwa integrasi teknologi tepat guna dengan pendekatan partisipatif dapat menjadi katalisator yang efektif untuk pemberdayaan masyarakat perdesaan. Kombinasi antara peningkatan produktivitas ekonomi, peningkatan kapasitas, dan pengembangan daya tarik wisata menciptakan model pembangunan desa yang holistik dan berkelanjutan. Model implementasi di Desa Sindulang membuktikan bahwa dengan pendekatan yang tepat, desa-desa di Indonesia dapat mentransformasi diri menjadi *smart village* yang mandiri, inovatif, dan berdaya saing tinggi.

4. SIMPULAN

Program pengabdian kepada masyarakat melalui implementasi sistem *smart watering* berbasis PLTS di Desa Sindulang memberikan kontribusi penting dalam pengembangan teknologi pertanian berkelanjutan dan pembangunan *smart village*. Kebaruan program terletak pada integrasi teknologi tepat guna dengan pendekatan partisipatif yang memberdayakan generasi milenial dua mitra Kelompok Tani Milenial dan Volunteer Kerenceng sebagai agen perubahan, sehingga menciptakan model kolaborasi efektif antara kelompok masyarakat dan institusi lokal. Kontribusi ilmiah dari program ini mencakup demonstrasi efektivitas sistem *smart watering* dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga 40% dan produktivitas pertanian sebesar 28%, serta keberhasilan transfer teknologi dengan tingkat adopsi operasional sistem sebesar 92%. Model ini juga memperlihatkan teknologi

modern dapat dipadukan dengan kearifan lokal dan dukungan pemerintah desa untuk membangun ekosistem pembelajaran dan inovasi yang berkelanjutan. Implementasi ini menegaskan potensi replikasi model *smart village* berbasis energi terbarukan dan teknologi digital di desa-desa dengan karakteristik serupa di Indonesia. Dengan demikian, kegiatan pengabdian ini menyediakan rujukan praktis dan konseptual bagi kebijakan pembangunan pedesaan yang mengutamakan pemberdayaan masyarakat melalui teknologi tepat guna.

5. SARAN

Untuk mendukung keberlanjutan penerapan teknologi energi terbarukan di Desa Sindulang, diperlukan pelatihan lanjutan bagi mitra agar mampu mengelola dan merawat teknologi secara mandiri. Pemerintah desa sebaiknya mengalokasikan dukungan dana dan menjadikan program ini bagian dari perencanaan pembangunan desa. Dosen dan mahasiswa pelaksana diharapkan terus melakukan pendampingan dan menyusun panduan sederhana agar teknologi mudah dipahami dan dapat direplikasi oleh masyarakat luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (DPPM) KEMDIKTISAINTEK atas dukungan dan pemberian dana untuk “Program Pengabdian kepada Masyarakat” tahun pendanaan 2025 ini. Dukungan ini sangat berarti dalam membantu kami melaksanakan program yang bermanfaat bagi masyarakat dan turut serta dalam peningkatan kualitas hidup serta pengembangan wilayah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sujianto *et al.*, “Pemberdayaan Masyarakat Desa Melalui Pengembangan Potensi Lokal di Desa Kesumbo Ampai,” *J. Pengabd. Kpd. Masy. Nusant.*, vol. 5, no. 4, pp. 6352–6359, 2024.
- [2] F. Inayah, H. A. Hikmah, and L. Hasanah, “Pengembangan Potensi Lokal Desa Sebagai Upaya dalam Pemberdayaan Masyarakat Desa Tipar,” *Pedamas (Pengabdian Kpd. Masyarakat)*, vol. 2, no. 2, pp. 799–808, 2023.
- [3] D. Halawa N, “Peran Teknologi Pertanian Cerdas (Smart Farming) untuk Generasi Pertanian Indonesia,” *J. Kridatama Sains Dan Teknol.*, vol. 6, no. 2, pp. 502–512, 2024.
- [4] S. Pinuji, N. D. Lestari, and M. I. Yudhistira, “Smart Village Initiative in Indonesia: Governance’s Perspective Using PESTLE Analysis,” *Tunas Agrar.*, vol. 7, no. 3, pp. 326–342, 2024, doi: 10.31292/jta.v7i3.311.
- [5] M. T. Bawole, “Persepsi Masyarakat Lokal terhadap Keberadaan Situs-Situs Bersejarah dan Ketersediaan Amenitas dalam Pengembangan Wisata Pusat Kota Manado,” *J. Hosp. dan Pariwisata*, vol. 5, no. 1, pp. 243–254, 2022, doi: 10.35729/jhp.v5i1.96.
- [6] Nunsina, Nurdin, E. Darnila, and Z. Fitri, “Implementasi Smart Village Berbasis IoT Dalam Meningkatkan Kemandirian Desa Di Kabupaten Bireuen 1,*3,4,” *J. Tek.*, vol. 19, no. 1, pp. 37–45, 2024.
- [7] V. Hartadi and I. Hidayah, “Modernisasi Irigasi Dan Upaya Menjaga Ketahanan Pangan,” pp. 1–11, 2024.
- [8] I. P. E. Rusmana, “Pengembangan Kapasitas Subak dalam Menghadapi Tantangan Pertanian Modern dan Perubahan Iklim di Bali,” *J. Abdimas Kartika Wijayakusuma*, vol. 6, no. 2, pp. 501–513, 2025, doi: 10.26874/jakw.v6i2.540.
- [9] M. Rifai, “Pengelolaan Terhadap Pemanfaatan Air Tanah di Kabupaten Demak,” *Matriks Tek. Sipil*, vol. 10, no. 1, p. 1, 2022, doi: 10.20961/mateksi.v10i1.50094.
- [10] D. Sindulang, “Peraturan Desa Sindulang Tentang Desa Sindulang Kecamatan Cimanggung Kabupaten Sumedang Tahun 2021,” 2021.
- [11] A. Rasyidin *et al.*, *Buku Pengelolaan SDH*. 2024.
- [12] S. Rini Kiki and W. Tri, “Persepsi Petani Terhadap Regenerasi Petani Muda di Era Modern (Studi Kasus di Kabupaten Bojonegoro),” vol. 4, no. 9, pp. 1409–1416, 2024.
- [13] T. N. Aziza, N. Surito, and N. Darmi, “Petani Milenial: Regenerasi Petani Di Sektor Pertanian,” *Forum Penelit. Agro Ekon.*, vol. 40, no. 1, p. 1, 2022, doi: 10.21082/fae.v40n1.2022.1-11.
- [14] E. Wahyu Abryandoko, M. Yusuf Dawud, I. Pamuji, and I. Sifa Bimananda, “Penyiraman Tanaman Otomatis Dengan Solar Panel Untuk Mendukung Energi Hijau Bagi Petani Di Desa Jumpu Kecamatan Sukosewu Kabupaten Bojonegoro,” *Apl. J. Apl. Ilmu-ilmu Agama*, vol. 24, no. 2, pp. 151–164, 2025, doi: 10.14421/aplikasia.v24i2.3882.
- [15] P. M. Amalia Silfi and S. Erna, “Pengembangan Agrowisata Merah Jambu Berbasis Wisata Edukasi di Kabupaten Karanganyar,” vol. 3, 2022.
- [16] D. D. Aned and M. Halimah, “Proses Perencanaan Pengembangan Agrowisata,” *Popul. J. Sos. dan Hum.*, vol. 9, no. 2020, pp. 107–117, 2024.
- [17] P. Widodo, “Pengembangan Smart Watering System Berbasis Artificial Inteligent Pada Tanaman Hidroponik,” vol. Februari-J, 2022.
- [18] Y. Simamora, M. S. Dewy, A. I. Silitonga, and M. F. Immanuel, “Penerapan sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis tenaga surya bagi petani kancang panjang di Desa Kota Datar,” vol. 9, pp. 2352–2363, 2025.
- [19] R. J. Sukarman, A. L. Nugraha, and S. Ramadhan, “Pemanfaatan Energi Panel Surya Untuk Smart Garden Berbasis Internet of Things Menggunakan Aplikasi Blynk,” *Transm. J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 27, no. 2, pp. 122–129, 2025, doi: 10.14710/transmisi.27.2.122-129.
- [20] F. Pijoh, Brahmana Duta P. K, and Purba Parulian Lasman, “Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Energi RamahLingkungan yang Berkelanjutan,” *Ind. Syst. Eng. Journals*, vol. 2, no. 2, pp. 201–207, 2024.
- [21] L. Jacobus, E. Setyowati, E. N. S. Patty, and F. Bokol, “Desain Sistem Pompa Air Tenaga Surya,” *Elektriess J. Sains dan Teknol. Elektro*, vol. 13, no. 01, pp. 1–8, 2023, doi: 10.47709/elektriess.v13i01.2283.
- [22] D. Aldo *et al.*, “Penerapan Teknologi IoT dan Energi Terbarukan untuk Meningkatkan Efisiensi Budidaya Ikan di Desa Kasegeran,” *J. JPM Pemberdayaan, Inov. dan Perubahan*, vol. 4, no. 5, pp. 96–104, 2024, doi: 10.59818/jpm.v4i5.836.
- [23] E. Garnia *et al.*, “Agro Edu Wisata Dalam Mewujudkan Smart Village Yang Berkelanjutan,” vol. 8, no. 2, 2024, doi: 10.32696/ajpkm.v.
- [24] Aseptia Surya Wardhana, A. Ayende, P. Pujiyanto, Roni Heru Priyanto, and Astrie Kusuma Dewi, “Pemanfaatan Panel Surya Untuk Pompa Irigasi Tanaman di Area Perhutani Jatirejo Cepu,” *ABDIKAN J. Pengabd. Masy. Bid. Sains dan Teknol.*, vol. 2, no. 4, pp. 547–557, 2023, doi: 10.55123/abdikan.v2i4.2691.
- [25] Duleman, Rajiman, and H. T. Wibowo, “Tingkat Penerapan Teknologi Ramah Lingkungan pada Budidaya Padi di Desa Pangebatan Kecamatan Bantarkawung Kabupaten Brebes,” vol. 5, no. January, pp. 978–979, 2023.
- [26] M. Al Haris, Dannu Purwanto, Ali Imron, RA. Qonita Syalsabilla Handayani, and Arya Praditya, “Implementasi Teknologi Ramah Lingkungan untuk Menunjang Sektor Pertanian di Desa Margohayu Karangawen Demak,” *LOSARI J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 6, no. 2, pp. 156–162, 2024, doi:

- 10.53860/losari.v6i2.349.
- [27] D. Andini, "Analisis Pelaksanaan Program Destinasi Agro Edu Wisata Kebun Bang Jani Terhadap Kesadaran Lingkungan Pengunjung (Generasi Muda) Di Kabupaten Bangkalan," *AGRINESIA J. Ilm. Agribisnis*, pp. 221–229, 2024, doi: 10.37046/agr.v0i0.25911.
- [28] H. Hutajulu, "The Effect of Infrastructure Investment on Economic Growth in Rural Areas : Case Study in Papua Province," *J. Manage.*, vol. 3, no. 2, pp. 310–326, 2024, [Online]. Available: <https://myjournal.or.id/index.php/JOM/article/view/190%0Ahttps://myjournal.or.id/index.php/JOM/article/download/190/189>
- [29] S. Wulandari and K. M. Afriyanto, "Perancangan Smart Sistem Reminder dan Monitoring Pertanian Terintegrasi Berbasis IoT," *J. Sci. Innov. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 7–14, 2023, doi: 10.47701/sintech.v3i1.2529.
- [30] A. A. Salsabila *et al.*, "Pemberdayaan Masyarakat Melalui Agroeduwisata di Mulyaharja, Bogor, Jawa Barat," *J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 3, no. 1, pp. 361–366, 2023.