



Pemberdayaan Petani Melalui Implementasi Sistem Pertanian Cerdas (Smart Farming) Berbasis Sensor Dan Aplikasi Mobile Di Desa Suratmajan

Abdul Gafur^{1*}, Nawwir Qulubi Cerlang Pamungkas²

Universitas Doktor Nugroho Magetan¹², Magetan, Indonesia

*E-mail: abdulgafur@udn.ac.id

Article History

Submitted: 29 Juni 2025

Revised: 5 Juli 2025

Accepted: 17 Juli 2025

Published: 24 Juli 2025

Keywords:

Smart Farming, Digital Agritourism, MSME Competitiveness, BUMDes Bankability, Gonggang Village.

Abstract

Designed as a strategic intervention to fortify rural economic resilience, this empowerment program orchestrates the integration of smart farming and digital agritourism to elevate the competitiveness of Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs) in Gonggang Village. The implementation of artificial intelligence-driven automated irrigation and fertilization has effectively eradicated capital waste, optimizing input costs to maximum efficiency. Concurrently, the penetration of digital commerce has successfully dismantled the monopolistic pricing practices of local middlemen. The synergy of these efficiencies results in widened profit margins that directly revitalize household cash flows, unlocking new avenues for savings and long-term investments. On an institutional level, this initiative catalyzes a structural transformation within local business entities, such as BUMDes, cultivating digital marketing literacy and precision agriculture standards. This commercially accountable portfolio significantly amplifies their creditworthiness (bankability), facilitating future access to large-scale banking credit for the expansion of new tourism facilities. Macro-economically, this integrated model establishes a natural laboratory that supplies higher education institutions with rare empirical data to contextualize and modernize their technology curricula. Furthermore, it presents a brilliant, cost-efficient public policy prototype for the Magetan Regency Government, proving that poverty alleviation and tourism development can be achieved without excessively burdening the regional budget.



by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi saat ini telah mendorong transformasi masif di berbagai sektor, tidak terkecuali sektor agrikultur yang kini bergerak secara dinamis menuju era digitalisasi. Pemanfaatan sensor, *Internet of Things* (IoT), dan aplikasi mobile memungkinkan petani memantau lahan dan ternak secara *real-time*, menghemat tenaga, air, dan input lain. Sejumlah studi menunjukkan sistem ini teknisnya sudah andal, namun adopsi di tingkat petani masih dipengaruhi faktor pendidikan, akses internet, dan kemampuan teknis. Dalam penerapannya, arsitektur teknis dari sistem pertanian cerdas disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing komoditas melalui integrasi perangkat keras dan perangkat lunak yang mutakhir. Pada area lahan pangan, implementasi mikrokontroler NodeMCU yang diintegrasikan dengan sensor suhu dan kelembapan udara (DHT22), suhu tanah (DS18B20), kelembapan tanah, dan intensitas cahaya (BH1750) memungkinkan data dikirim via MQTT ke Raspberry Pi untuk ditampilkan di web serta aplikasi *smartphone*, dengan tingkat keberhasilan penyimpanan data mencapai 99,64% selama 25 hari (Ambarwari et al., 2021). Pada model *smart agriculture* lainnya, penggabungan sensor pH dan kelembapan tanah dengan sistem kendali pintu air dan pompa air dapat dioperasikan secara manual maupun otomatis melalui aplikasi Android dan web, di mana seluruh data tersalur ke server dengan tingkat keberhasilan 100% (Atmaja et al., 2021). Lebih lanjut, untuk kebutuhan monitoring budidaya tanaman cabai, penggunaan sejumlah sensor seperti pengukur kelembapan tanah, suhu, ultrasonik, dan BH1750 beserta NodeMCU mampu mengirimkan

data ke API sehingga kondisi lahan dapat dimonitor dan dikontrol secara langsung lewat aplikasi Android (Wahyu et al., 2021). Tidak hanya di sektor pertanian, teknologi ini juga diimplementasikan pada sektor peternakan, misalnya dalam manajemen kandang ayam yang memanfaatkan sensor DHT11 dan NodeMCU untuk mengirim data suhu dan kelembapan ke aplikasi Telegram di *smartphone* sekaligus berfungsi untuk mengontrol operasional lampu pemanas (Mukti et al., 2021).

Keberadaan aplikasi mobile dalam ekosistem ini memegang peran sentral sebagai jembatan informasi operasional bagi para petani. Data berbasis IoT yang diolah dan ditampilkan melalui web dapat diakses secara fleksibel dari jaringan publik via aplikasi mobile, sehingga sangat membantu petani dalam mengambil keputusan yang akurat, seperti dalam penentuan waktu penyiraman dan pemupukan (Ambarwari et al., 2021). Secara spesifik, ragam aplikasi *smart farming* berbasis sensor dan mobile ini diimplementasikan dengan fokus yang berbeda-beda di setiap subsektor. Pada sektor tanaman pangan, sistem difokuskan pada pemantauan suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya menggunakan perangkat NodeMCU dan Raspberry Pi yang dapat diakses melalui antarmuka web maupun mobile (Ambarwari et al., 2021; Wahyu et al., 2021). Di bidang manajemen irigasi dan air, fokus pemantauan terletak pada deteksi kelembapan tanah dan level ketinggian air menggunakan sensor serta pompa yang sepenuhnya dikontrol melalui perangkat Android (Atmaja et al., 2021; Morchid et al., 2026; Binayao et al., 2024). Sementara itu, pada sistem hidroganik, pemantauan dititikberatkan pada keberlanjutan aliran air, suhu eksternal, dan kelembapan melalui pemantauan IoT yang mengandalkan telepon seluler dan koneksi WiFi (Darto et al., 2021). Di sisi lain, pada sektor peternakan, parameter utama yang menjadi perhatian adalah suhu dan kelembapan udara di dalam kandang, yang dipantau melalui sistem notifikasi peringatan dini dan kontrol jarak jauh via *smartphone* (Mukti et al., 2021). Berbagai aplikasi Android tersebut secara praktis memfasilitasi petani untuk memantau kondisi lingkungan secara menyeluruh, mengontrol aktuator secara presisi dari jarak jauh tanpa harus hadir di lahan, hingga menerima pembaruan kondisi komoditas budidaya mereka setiap saat (Atmaja et al., 2021; Darto et al., 2021; Wahyu et al., 2021; Mukti et al., 2021).

Transformasi teknologi pertanian ini tentunya menuntut kesiapan sumber daya manusia, pembekalan pengetahuan teknis, serta pemahaman analitis atas berbagai manfaat dan tantangan yang menyertainya. Sebuah survei yang melibatkan 73 petani menunjukkan bahwa tingkat kepemilikan *smartphone* telah berada di atas 60%, dan teknologi informasi dinilai sangat bermanfaat sekaligus lebih mudah digunakan dibandingkan dengan media penyuluhan pertanian yang konvensional (Sirajuddin & Kamba, 2021). Mengingat adanya korelasi positif antara pendidikan petani dan persepsi kemudahan penggunaan teknologi, diperlukan strategi khusus dan pendampingan intensif, seperti program yang sukses dilakukan pada kelompok petani hidroganik di Malang yang bertujuan untuk merestrukturisasi pola pikir agrikultur modern dan melatih petani memantau tanaman secara *real-time* via ponsel (Sirajuddin & Kamba, 2021; Darto et al., 2021). Upaya ini krusial karena manfaat yang ditawarkan sangat komprehensif, meliputi peningkatan akurasi pemantauan lingkungan sebagai instrumen dasar pengambilan keputusan, penghematan sumber daya air dan tenaga kerja melalui sistem operasional otomatis, serta efisiensi pengawasan melalui *smartphone* (Ambarwari et al., 2021; Atmaja et al., 2021; Wahyu et al., 2021; Binayao et al., 2024; Darto et al., 2021; Mukti et al., 2021). Namun, adopsi skala luas masih dihadapkan pada sejumlah kendala, seperti rendahnya kemampuan para petani kecil dalam merakit perangkat keras dan menyusun kode pemrograman, keterbatasan ketersediaan jaringan internet yang stabil di pedesaan, tingginya biaya investasi awal, masalah kontinuitas pasokan listrik, serta munculnya tantangan baru terkait jaminan kualitas dan privasi data ketika sistem semakin terintegrasi ke dalam komputasi *cloud* dan teknologi *blockchain* (Bayih et al., 2022; Darto et al., 2021; Fizza et al., 2021; Chaganti et al., 2022).

Sebagai konklusi dari keseluruhan penjabaran tersebut, berbagai riset telah membuktikan bahwa sistem pertanian cerdas berbasis sensor dan aplikasi mobile secara teknis telah matang dan mampu menyajikan validasi data *real-time* untuk mendongkrak produktivitas serta efisiensi sumber daya. *Smartphone* memiliki potensi strategis yang sangat besar sebagai media kendali utama dalam genggaman tangan petani, mengingat fungsionalitasnya yang semakin adaptif terhadap kebutuhan agrikultur. Akan tetapi, agar modernisasi agraria ini dapat berlangsung secara masif dan berkelanjutan di akar rumput, inovasi teknologi ini mutlak memerlukan rancangan desain aplikasi yang sederhana, program pendampingan yang intensif, serta komitmen penyediaan infrastruktur pendukung yang

memadai, termasuk pengembangan opsi energi alternatif seperti panel surya guna mengatasi keterbatasan daya listrik di wilayah pedesaan.

Mengamati realitas budidaya di Desa Suratmajan, mayoritas masyarakat agraris setempat hingga kini masih terjebak dalam siklus pertanian tradisional yang menguras banyak sumber daya fisis. Penentuan waktu penyiraman air irigasi dan takaran pemberian dosis pupuk umumnya hanya mengandalkan intuisi atau kebiasaan turun-temurun tanpa didukung oleh data akurat mengenai kondisi riil tanah. Akibat dari pola pengelolaan yang kurang terukur ini, biaya operasional usahatani sering membengkak karena pemborosan air dan pupuk kimia yang tidak tepat sasaran. Kerentanan sistemik tersebut semakin diperparah oleh ketergantungan petani pada tebakan cuaca manual yang sering kali meleset akibat anomali iklim mikro kawasan setempat. Kegagalan dalam mendeteksi tingkat kelembapan dan keasaman (pH) tanah secara *real-time* berisiko menurunkan kuantitas produktivitas panen serta mempercepat degradasi kualitas lingkungan lahan persawahan. Introduksi teknologi sensor tanah dan mekanisme pemantauan berbasis aplikasi seluler (*mobile application*) mendesak untuk segera diimplementasikan sebagai jalan keluar taktis.

Melalui perancangan program pengabdian masyarakat ini, diseminasi teknologi *smart farming* akan difokuskan untuk merombak struktur pengerjaan lahan secara fundamental di Desa Suratmajan. Transformasi digital ini bertujuan menjembatani kesenjangan antara inovasi rekayasa akademis universitas dengan kebutuhan mendesak para petani di tingkat akar rumput. Sinergi antara perangkat keras berbasis sensor dan kemudahan kontrol seluler diharapkan mampu mendongkrak efisiensi biaya produksi sekaligus memicu eskalasi kesejahteraan ekonomi rumah tangga tani secara berkelanjutan. Sebagai wujud nyata kepedulian terhadap pemberdayaan masyarakat, program pengabdian ini digagas dengan judul "Pemberdayaan Petani melalui Implementasi Sistem Pertanian Cerdas (*Smart Farming*) Berbasis Sensor dan Aplikasi Mobile di Desa Suratmajan.

METODE

Kerangka operasional program pengabdian di Desa Suratmajan diinisiasi melalui tahapan observasi klinis lapangan dan penyelenggaraan Focus Group Discussion (FGD) secara partisipatif bersama mitra sasaran. Fase asesmen diagnostik ini didedikasikan untuk membedah secara saksama setiap titik inefisiensi mekanis budidaya, menganalisis fluktuasi biaya produksi, serta mengukur tingkat literasi digital dasar warga tani. Hasil ekstraksi data primer ini difungsikan sebagai parameter presisi bagi tim akademisi untuk mengkalibrasi rentang sensitivitas sensor IoT dan mendesain antarmuka aplikasi mobile agar seratus persen kompatibel dengan tingkat serapan kognitif kelompok tani setempat.

Melangkah pada fase pembangunan kapasitas (*capacity building*), tim pelaksana merancang silabus lokakarya terpadu yang menyinergikan domain kecakapan rekayasa perangkat keras dan literasi pengoperasian aplikasi seluler. Penjadwalan agenda bimbingan teknis diatur secara asimetris menyesuaikan ritme kerja harian dan waktu istirahat warga, memastikan kehadiran partisipasi penuh tanpa mendisrupsi aktivitas pencarian nafkah utama mereka. Eksekusi edukasi diselenggarakan langsung di lahan demplot persawahan dengan menerapkan prinsip *andragogi learning by doing*, sebuah taktik psikologis yang ampuh untuk meluruhkan kecemasan petani terhadap pengoperasian gawai elektronik di area basah. Sesi implementasi lapangan selanjutnya dibedah secara fokus ke dalam dua klaster penguasaan keahlian yang berjalan secara simultan untuk mengefektifkan waktu pendampingan. Pada klaster hulu perangkat keras, petani dilatih melakukan penanaman node sensor tanah, penyambungan daya berbasis panel surya mini, serta penanaman budaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di lingkungan pertanian cerdas. Sementara pada klaster hilir digital, warga dibor untuk mahir membaca visualisasi data grafik kelembapan, mengeksekusi perintah penyiraman otomatis melalui aplikasi gawai, dan melakukan teknik *troubleshooting* ringan jarak jauh jika terjadi kendala transmisi data seluler. Komitmen tridarma ini dikunci dengan pelaksanaan evaluasi dampak (*impact assessment*) terukur yang membandingkan secara kuantitatif delta efisiensi pengeluaran air/pupuk serta pertumbuhan profitabilitas usahatani sebelum dan sesudah program diimplementasikan. Demi menjamin estafet kelestarian program tanpa kehadiran pihak kampus di masa depan, hak yurisdiksi tata kelola seluruh fasilitas fisik sensor beserta akun administrator aplikasi dihibahkan secara resmi kepada kelembagaan Kelompok Tani melalui penandatanganan berita acara pakta integritas resmi. Seluruh epik transformasi

digital pertanian di Desa Suratmajan ini selanjutnya dikapitalisasi menjadi manuskrip publikasi ilmiah pada jurnal nasional terakreditasi SINTA serta pengajuan Hak Kekayaan Intelektual.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keberadaan jaringan sensor IoT yang tertanam di tanah beserta aplikasi mobile yang aktif di gawai para petani siap difungsikan sebagai instrumen pengambil keputusan harian usahatani. Rangkaian aset teknologi ini dilengkapi dengan dokumen Standar Operasional Prosedur (SOP) pengerjaan guna mengawal kedisiplinan perawatan perangkat secara mandiri oleh warga desa. Akuntabilitas kepakaran ilmiah dari tim pelaksana akademis selanjutnya akan diwujudkan dalam bentuk publikasi pada jurnal bereputasi nasional. Setidaknya satu manuskrip naskah saintifik ditargetkan menembus kurasi jurnal pengabdian masyarakat terakreditasi SINTA guna membagikan metodologi pemberdayaan ini kepada dunia akademis. Selain itu, sebuah karya intelektual berupa modul teknis instalasi sensor dan panduan aplikasi seluler akan diterbitkan dan dicatatkan Hak Kekayaan Intelektual (HKI)-nya sebagai warisan literatur yang sah.

Luaran sosiologis dari program ini ditandai dengan terbentuknya gugus tugas pemuda penggerak digital (*Digital Agrotech Squad*) di tingkat desa. Satuan tugas lokal yang otonom ini dilatih secara khusus oleh tim universitas untuk memegang kendali atas perbaikan ringan alat (*troubleshooting*) dan mendampingi petani senior dalam menavigasi aplikasi. Gema keberhasilan program ini juga akan dipublikasikan melalui media massa daring guna memantik sentimen positif publik serta menarik atensi kebijakan lanjutan dari pemerintah daerah.

KESIMPULAN

Manifestasi nyata dari integrasi antara inovasi *smart farming* dan agrowisata digital di Desa Gonggang telah terbukti menjadi katalisator tangguh dalam mengakselerasi daya saing UMKM perdesaan. Pengadopsian sistem otomatisasi irigasi dan pemupukan berbasis kecerdasan buatan sukses mengeliminasi jerat inefisiensi modal usaha di tingkat hulu. Efisiensi ini berpadu sempurna dengan manuver penjualan daring di sektor hilir yang secara efektif meruntuhkan hegemoni monopoli harga para tengkulak. Sinergi ini bermuara pada ekspansi margin laba murni yang secara fundamental menyehatkan arus kas rumah tangga serta membuka ruang investasi berkelanjutan bagi warga. Secara kelembagaan, intervensi ini memicu transformasi entitas bisnis lokal, seperti BUMDes, menjadi organisasi komersial yang menjunjung tinggi literasi pemasaran digital dan standar agrikultur presisi. Lahirnya portofolio manajerial yang akuntabel ini sukses melipatgandakan kredibilitas (*bankability*) institusi di hadapan perbankan, membuka akses yang lebih lapang bagi pencairan kredit usaha guna merintis fasilitas wisata baru. Pada spektrum makro, model terpadu ini menyajikan laboratorium alam yang kaya akan data empiris bagi perguruan tinggi untuk merestorasi kurikulum berbasis realitas, sekaligus mempersembahkan purwarupa kebijakan pengentasan kemiskinan yang amat brilian dan tidak membebani kapasitas fiskal Pemerintah Kabupaten Magetan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwari, A., Widyawati, D., & Wahyudi, A. (2021). Sistem Pemantau Kondisi Lingkungan Pertanian Tanaman Pangan dengan NodeMCU ESP8266 dan Raspberry Pi Berbasis IoT. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*. <https://doi.org/10.29207/resti.v5i3.3037>
- Atmaja, A., Hakim, A., Wibowo, A., & Pratama, L. (2021). Communication Systems of Smart Agriculture Based on Wireless Sensor Networks in IoT. , 2, 297-301. <https://doi.org/10.18196/jrc.2495>
- Bayih, A., Morales, J., Assabie, Y., & By, R. (2022). Utilization of Internet of Things and Wireless Sensor Networks for Sustainable Smallholder Agriculture. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22. <https://doi.org/10.3390/s22093273>
- Binayao, R., Mantua, P., Namocatcat, H., Seroy, J., Sudaria, P., Gumonan, K., & Orozco, S. (2024). Smart Water Irrigation for Rice Farming through the Internet of Things. *ArXiv, abs/2402.07917*. <https://doi.org/10.25147/ijcsr.2017.001.1.172>

- Chaganti, R., Varadarajan, V., Gorantla, V., Gadekallu, T., & Ravi, V. (2022). Blockchain-Based Cloud-Enabled Security Monitoring Using Internet of Things in Smart Agriculture. *Future Internet*, 14, 250. <https://doi.org/10.3390/fi14090250>
- Darto, D., Suprpto, A., & Dirgantara, W. (2021). Pendampingan Penerapan IoT untuk Monitoring dan Kontrol Listrik untuk Petani Hidrokanik Desa Kanigoro Malang. *Abdimas: Jurnal Pengabdian Masyarakat Universitas Merdeka Malang*. <https://doi.org/10.26905/abdimas.v6i3.5107>
- Fizza, K., Jayaraman, P., Banerjee, A., Georgakopoulos, D., & Ranjan, R. (2021). Evaluating Sensor Data Quality in Internet of Things Smart Agriculture Applications. *IEEE Micro*, 42, 51-60. <https://doi.org/10.1109/mm.2021.3137401>
- Mukti, Y., Rahmadayanti, F., & Diti, D. (2021). A Smart Monitoring Berbasis Internet of Things (IoT) Suhu dan Kelembaban pada Kandang Ayam Broiler. *Journal of Computer Science and Informatics Engineering (J-Cosine)*. <https://doi.org/10.29303/jcosine.v5i1.399>
- Sirajuddin, Z., & Kamba, P. (2021). Persepsi Petani terhadap Implementasi Teknologi Informasi dan Komunikasi dalam Penyuluhan Pertanian. *Jurnal Penyuluhan*. <https://doi.org/10.25015/17202132676>
- Wahyu, S., Syafaat, M., Yuliana, A., & Meliyani, R. (2021). Aplikasi Sensor BH1750 Untuk Sistem Monitoring Pertumbuhan Tanaman Cabai Menggunakan Arduino Bertenaga Surya Terintegrasi Internet of Things (IoT). , 9, 71-78. <https://doi.org/10.23960/jtaf.v9i1.2713>