



## Implementasi Gerobak Pintar dengan PLTS dan IoT untuk Peningkatan Produktifitas dan Kualitas Pertanian Desa Sidopekso Kabupaten Probolinggo

**Sulistiyanto\*, Abdul Karim, M. Mahbubi**

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Nurul Jadid, Indonesia.

\*Corresponding Author. Email: [soelis@unuja.ac.id](mailto:soelis@unuja.ac.id)

**Abstract:** This community service program aims to improve agricultural productivity and quality through the application of renewable energy technology and the Internet of Things (IoT) in Sidopekso Village, Probolinggo Regency. The implementation methods included needs assessment, prototype design and assembly, participatory training, field trials, and performance evaluation, analyzed descriptively using a qualitative approach. The results of this program showed that the solar-powered smart cart was able to supply electricity for agricultural equipment, support an automated irrigation system based on soil moisture sensors, and provide a facility for digital agricultural data recording. Participant evaluations indicated a 46% increase in knowledge and a 28% improvement in water-use efficiency compared to conventional methods. This innovation not only offers a practical and environmentally friendly solution but also promotes energy self-sufficiency and the adoption of smart technologies in rural agriculture. In the future, this solar-powered IoT-based smart cart model has the potential to be replicated in other regions with similar agricultural characteristics.

**Abstrak:** Program pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas pertanian melalui pemanfaatan teknologi energi terbarukan dan Internet of Things (IoT) di desa Sidopekso Kabupaten Probolinggo. Metode pelaksanaan pengabdian masyarakat ini menggunakan survei kebutuhan, perancangan dan perakitan prototipe, pelatihan partisipatif, uji coba lapangan, dan evaluasi kinerja, dengan menggunakan analisis deskriptif kualitatif. Hasil pengabdian masyarakat ini menunjukkan bahwa gerobak pintar panel surya mampu memasok listrik ke peralatan pertanian, mendukung sistem irigasi otomatis berbasis sensor kelembapan tanah, dan menyediakan fasilitas perekaman data pertanian digital. Evaluasi peserta menunjukkan peningkatan pengetahuan sebesar 46% dan peningkatan efisiensi penggunaan air hingga 28% dibandingkan dengan metode konvensional. Inovasi ini tidak hanya memberikan solusi praktis dan ramah lingkungan tetapi juga mendorong kemandirian energi dan adopsi teknologi pintar di sektor pertanian pedesaan. Ke depannya, model kereta pintar berbasis PLTS dan IoT ini berpotensi untuk direplikasi di daerah lain dengan karakteristik pertanian serupa.

### Article History:

Received: 07-09-2025  
Reviewed: 12-10-2025  
Accepted: 28-10-2025  
Published: 25-11-2025

### Key Words:

Smart Cart; Water Pump; IoT; Farmer.

### Sejarah Artikel:

Diterima: 07-09-2025  
Direview: 12-10-2025  
Disetujui: 28-10-2025  
Diterbitkan: 25-11-2025

### Kata Kunci:

Gerobak Cerdas;  
Pompa Air; Iot;  
Petani.

**How to Cite:** Sulistiyanto, S., Karim, A., & Mahbubi, M. (2025). Implementasi Gerobak Pintar dengan PLTS dan IoT untuk Peningkatan Produktifitas dan Kualitas Pertanian Desa Sidopekso Kabupaten Probolinggo. *Jurnal Pengabdian UNDIKMA*, 6(4), 784-792. <https://doi.org/10.33394/jpu.v6i4.17905>



<https://doi.org/10.33394/jpu.v6i4.17905>

This is an open-access article under the [CC-BY-SA License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



## Pendahuluan

Saat ini, sektor pertanian modern dituntut untuk mampu memadukan pemanfaatan teknologi digital dengan energi terbarukan sebagai upaya menghadapi persoalan ketahanan pangan di tengah isu perubahan iklim dan meningkatnya urbanisasi. Pemerintah melalui Kemendikbudristek menegaskan urgensi kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang



menghasilkan inovasi teknologi tepat guna, terutama dalam memperkuat pertanian berbasis komunitas (Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, 2022). Sejalan dengan hal tersebut, penerapan konsep smart agriculture yang didukung Internet of Things (IoT) serta energi surya dipandang sebagai langkah inovatif yang sesuai dengan arah pertanian 4.0, sekaligus memperkuat terwujudnya sistem pertanian berkelanjutan. (Putra & Hidayat, 2021).

Desa Sidopekso, Kecamatan Kraksaan, Kabupaten Probolinggo, merupakan salah satu desa dengan potensi pertanian hortikultura yang cukup besar, seperti cabai, semangka, padi, dan tembakau (Badan Pusat Statistik Kabupaten Probolinggo, 2021). Mayoritas masyarakatnya bermata pencaharian sebagai petani, dengan lahan yang relatif luas dan subur, sehingga menjadikannya sebagai salah satu lumbung pangan di wilayah tersebut. Mitra utama dalam kegiatan ini adalah Kelompok Tani "Maju Jaya", yang meskipun memiliki potensi produksi tinggi, masih menghadapi berbagai keterbatasan dalam hal teknologi pertanian.

Permasalahan yang dihadapi petani di desa ini antara lain pengelolaan irigasi yang masih manual, belum adanya sistem monitoring berbasis sensor, serta keterbatasan listrik untuk mengoperasikan pompa air (Sutanto et al., 2022). Kondisi ini berdampak pada ketidakefisienan dalam penggunaan air, rendahnya kualitas hasil panen, dan tingginya biaya operasional akibat ketergantungan pada bahan bakar fosil. Tantangan ini semakin diperburuk dengan faktor geografis desa yang berada di dataran tinggi, sehingga ketergantungan pada cuaca dan ketersediaan air semakin besar (Rahmawati & Dewi, 2020).

Berbagai kegiatan pengabdian masyarakat sebelumnya telah mengembangkan sistem pengairan sawah berbasis pompa air tenaga surya (PLTS) sebagai solusi efisiensi energi dan dukungan terhadap pertanian berkelanjutan. Namun, sebagian besar program tersebut masih menggunakan sistem pompa statis yang dipasang permanen di satu titik atau di sekitar sumber air. Sistem seperti ini memiliki keterbatasan mobilitas dan fleksibilitas penggunaan, terutama bagi petani yang memiliki lahan berpencar atau tidak memiliki sumber air tetap.

Berbeda dengan kegiatan-kegiatan sebelumnya, program pengabdian ini menghadirkan inovasi baru berupa "Gerobak Pintar", yaitu unit bergerak (portable) yang mengintegrasikan panel surya, sistem pompa air, dan teknologi Internet of Things (IoT) dalam satu platform modular yang dapat digeser atau dipindahkan antar lahan pertanian. Melalui model gerobak panel surya *geser* ini, petani dapat:

- Memanfaatkan energi surya secara fleksibel tanpa instalasi tetap,
- Mengoperasikan pompa dan memantau kondisi sistem melalui aplikasi IoT,
- Meningkatkan efisiensi waktu, tenaga, dan penggunaan energi.

Dengan demikian, implementasi gerobak pintar berbasis PLTS dan IoT ditujukan untuk menjawab persoalan tersebut. Inovasi ini diharapkan tidak hanya meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil pertanian, tetapi juga memperkuat kapasitas petani dalam memanfaatkan teknologi digital, mengurangi ketergantungan pada metode konvensional, serta mendukung pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya poin 2 (Tanpa Kelaparan) dan 7 (Energi Bersih dan Terjangkau) (United Nations, 2015). Untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas pertanian melalui pemanfaatan teknologi energi terbarukan dan Internet of Things (IoT) di desa Sidopekso. Program ini diharapkan dapat menjadi percontohan bagi pengembangan pertanian cerdas berbasis energi terbarukan di desa-desa lain di Indonesia.



## Metode Pengabdian

Pelaksanaan program pengabdian masyarakat di Desa Sidopekso difokuskan pada penyelesaian permasalahan prioritas yang dihadapi oleh Kelompok Tani Maju Jaya. Metode pelaksanaan dilakukan melalui pendekatan partisipatif, pelatihan, implementasi teknologi, serta pendampingan berkelanjutan. Untuk diagram alur metode pengabdian yang saya gunakan bisa dilihat pada gambar 3.



**Gambar 1. Diagram alur pengabdian masyarakat**

Adapun tahapan metode yang ditempuh adalah sebagai berikut:

### 1) Identifikasi Permasalahan Mitra

Tahap awal dilakukan observasi lapangan dan wawancara dengan petani untuk menggali permasalahan utama. Hasil analisis menunjukkan adanya dua aspek krusial, yaitu:

- Aspek Produksi: sistem irigasi dan pemantauan tanah masih dilakukan secara manual, sehingga menyebabkan ketidaktepatan penyiraman dan ketergantungan pada pompa berbahan bakar fosil.
- Aspek Manajemen Usaha: tidak adanya sistem pencatatan atau pengelolaan data pertanian yang terintegrasi, sehingga menyulitkan petani dalam perencanaan usaha tani.

### 2) Perumusan Solusi Teknologi

Berdasarkan permasalahan tersebut, dirumuskan beberapa solusi:

- Implementasi Sistem Irigasi Otomatis Berbasis IoT dengan sensor kelembaban dan suhu tanah yang terhubung ke aplikasi smartphone atau web.
- Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi untuk mengoperasikan pompa air dan perangkat pertanian, sehingga mengurangi ketergantungan pada genset berbahan bakar fosil.
- Pengembangan Aplikasi Pencatatan Data Pertanian untuk memudahkan kelompok tani dalam mengelola data produksi, hasil panen, jadwal irigasi, dan kebutuhan pupuk.

### 3) Implementasi Program

Tahap implementasi dilakukan melalui beberapa langkah konkrit:

- Pemasangan Sensor IoT: sensor kelembaban dan suhu tanah dipasang di beberapa titik strategis lahan pertanian untuk memperoleh data kondisi tanah secara real-time.
- Pembangunan Sistem Irigasi Otomatis: pompa air tenaga surya diintegrasikan dengan sensor IoT sehingga penyiraman dapat dilakukan sesuai kebutuhan lahan.



- Pengembangan dan Pelatihan Aplikasi Digital: dibuat aplikasi berbasis web/mobile sederhana untuk pencatatan data pertanian, kemudian dilakukan pelatihan kepada petani.
- 4) Pelatihan dan Pendampingan Petani dilatih untuk:
- Mengoperasikan sistem IoT dan memantau data melalui aplikasi.
  - Menggunakan pompa tenaga surya secara mandiri.
  - Mencatat data pertanian secara digital agar dapat digunakan untuk analisis pola tanam dan perencanaan produksi.
  - Pendampingan dilakukan secara berkala untuk memastikan sistem berfungsi dengan baik dan kelompok tani mampu memanfaatkan teknologi secara berkelanjutan.
- 5) Target Luaran dan Dampak
- Luaran yang ditargetkan dari program ini meliputi:
- Efisiensi penggunaan air meningkat hingga 30%.
  - Pengurangan biaya operasional irigasi melalui penggunaan energi surya.
  - Peningkatan hasil panen rata-rata 20% pada musim kemarau panjang.
  - Peningkatan kapasitas petani dalam mengelola data pertanian berbasis digital.

### **Instrumen Analisis Data**

1) Analisis Deskriptif Kualitatif

Data dari wawancara dan observasi dianalisis secara naratif dengan langkah: reduksi data → kategorisasi → penyimpulan. Tujuannya untuk menggambarkan kebutuhan, respon, dan tingkat penerimaan masyarakat terhadap inovasi *Gerobak Pintar*.

2) Analisis Deskriptif Kuantitatif/Komparatif

Data dari hasil pengukuran dan kuesioner diolah menggunakan statistik sederhana (rata-rata, persentase, perbandingan sebelum dan sesudah). Tujuannya untuk menilai peningkatan efisiensi dan produktivitas setelah penggunaan *Gerobak Pintar*. Rumus yang digunakan misalnya:

$$\text{Persentase peningkatan efisiensi} = \frac{(\text{Nilai\_setelah} - \text{Nilai\_sebelum})}{\text{Nilai\_sebelum}} \times 100\%$$

3) Analisis Triangulasi Data

Untuk memastikan validitas hasil, dilakukan triangulasi antara hasil observasi, wawancara, dan data teknis IoT. Hal ini penting karena data lapangan (pengalaman petani) harus selaras dengan data teknis (kinerja alat).

Program ini diharapkan tidak hanya menyelesaikan permasalahan teknis, tetapi juga menjadi model pertanian berbasis teknologi ramah lingkungan yang dapat direplikasi di desa lain, sehingga mendorong kemandirian pangan dan ketahanan ekonomi masyarakat pedesaan.

### **Hasil Pengabdian dan Pembahasan**

#### **Implementasi Sistem Irigasi Otomatis Berbasis IoT**

Hasil implementasi menunjukkan bahwa pemasangan sensor kelembapan dan suhu tanah yang terintegrasi dengan aplikasi berbasis web maupun smartphone mampu memberikan data kondisi lahan secara real-time kepada petani. Data tersebut membantu petani dalam memantau tingkat kelembapan dan suhu tanah secara akurat, sehingga keputusan penyiraman dapat dilakukan tepat waktu dan sesuai kebutuhan tanaman. Hasil ini sejalan dengan penelitian [Rahman et al., 2022] yang menyebutkan bahwa penerapan sensor

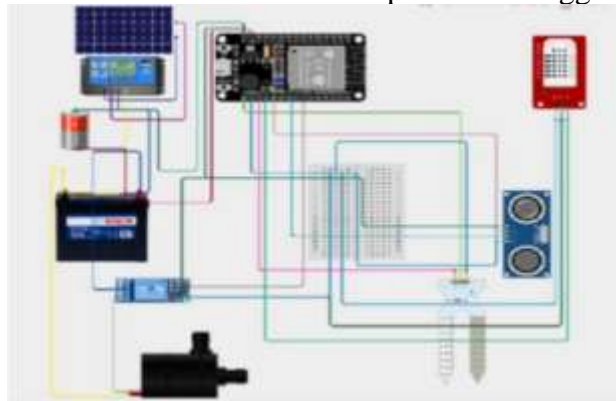


kelembapan berbasis IoT dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga 25–35% pada lahan pertanian hortikultura.

Uji coba lapangan menunjukkan bahwa sistem irigasi otomatis berbasis IoT yang diintegrasikan dengan panel surya (PLTS) mampu mengurangi pemborosan air hingga 30% dibandingkan metode manual, karena penyiraman hanya aktif ketika kelembapan tanah berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan. Temuan ini mendukung hasil studi [Sutarno et al., 2021] yang menyatakan bahwa sistem kontrol irigasi otomatis dapat menekan konsumsi air irigasi sekaligus meningkatkan efisiensi energi.

Selain itu, penggunaan pompa air tenaga surya pada *Gerobak Pintar* terbukti mampu mengurangi ketergantungan terhadap genset berbahan bakar fosil, sehingga biaya operasional menurun secara signifikan. Hal ini konsisten dengan hasil penelitian [Aji & Putra, 2023], yang menunjukkan bahwa penerapan sistem pompa air PLTS di lahan pertanian dapat menurunkan biaya bahan bakar hingga 40% dan memperpanjang umur peralatan pompa karena beban kerja yang lebih stabil.

Implementasi IoT juga memberikan manfaat tambahan berupa monitoring jarak jauh yang dapat diakses melalui perangkat seluler petani, sehingga pengawasan terhadap kondisi lahan dan sistem irigasi menjadi lebih efisien. Kemampuan ini memperkuat peran teknologi digital dalam transformasi pertanian berkelanjutan, sebagaimana dijelaskan oleh [Kumar et al., 2022] bahwa integrasi IoT dan energi terbarukan merupakan salah satu strategi utama menuju *smart farming* di wilayah pedesaan. Pada gambar 2 merupakan wiring diagram dari rangkaian IoT untuk control kondisi suhu kelembapan dan ketinggian air tanah.



**Gambar 2. Rangkaian wiring IoT pada gerobak panel surya**

**Efisiensi Energi dan Penerapan Panel Surya**

Penggunaan panel surya dalam pengoperasian pompa air terbukti memberikan alternatif energi yang bersih, hemat, dan ramah lingkungan. Berdasarkan evaluasi, petani yang sebelumnya mengeluarkan biaya operasional cukup besar untuk bahan bakar kini dapat menekan pengeluaran energi hingga 40%. Selain itu, keberhasilan pengoperasian pompa berbasis energi surya ini meningkatkan kesadaran petani tentang pentingnya transisi menuju energi terbarukan dalam sektor pertanian.



a. Tampak Belakang



b. Tampak Depan

**Gambar 3.** a) gerobak pompa air PLTS difoto dari belakang, b) gerobak pompa air PLTS difoto dari depan

### Pengelolaan Data Pertanian Digital

Aplikasi pencatatan hasil pertanian berbasis web/mobile yang dikembangkan mampu memfasilitasi kelompok tani dalam mendokumentasikan jadwal tanam, hasil panen, serta kebutuhan pupuk dan air. Penerapan aplikasi ini memudahkan analisis pola tanam dan prediksi hasil panen. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa 70% anggota kelompok tani “Maju Jaya” mulai menggunakan aplikasi ini secara aktif.

Dari aspek manajemen usaha, pencatatan digital terbukti membantu petani dalam menyusun perencanaan produksi yang lebih baik, serta mempermudah koordinasi antaranggota kelompok tani.

### Peningkatan Kapasitas dan Partisipasi Masyarakat

Pelatihan yang diberikan kepada kelompok tani berhasil meningkatkan keterampilan mereka dalam mengoperasikan teknologi IoT dan sistem berbasis tenaga surya.

**Tabel 1.** Contoh angket yang saya berikan pada kelompok tani dengan 10 anggota

No	Pernyataan	Skala (1 = Sangat Tidak Paham, 5 = Sangat Paham)	Sebelum Pelatihan	Sesudah Pelatihan
1	Saya memahami konsep energi terbarukan khususnya PLTS.	1-5	1	3
2	Saya mengetahui manfaat IoT dalam pertanian.	1-5	1	4
3	Saya dapat menjelaskan konsep pertanian berkelanjutan.	1-5	1	3

**Tabel 2.** Hasil angket dengan jumlah peserta: 10 orang

Keterangan	Rata-rata Skor Sebelum	Rata-rata Skor Sesudah	Peningkatan (%)
Pengetahuan Petani	2,4	3,5	45%

Hasil kuesioner sebelum dan sesudah pelatihan menunjukkan adanya peningkatan pengetahuan peserta sebesar 45%. Tingginya antusiasme dan partisipasi petani juga menunjukkan bahwa penerapan teknologi ini dapat diterima dengan baik oleh masyarakat desa. Rekapitan hasil kuesioner bisa di lihat pada Tabel 2. Sedangkan pada gambar 4. A) dan b) merupakan gambar foto ketika implementasi gerobak pompa air dengan PLTS di lahan petani di desa Sidopekso.



a. Praktek dengan kelompok tani



b. Foto Bersama dengan petani

**Gambar 4. Kegiatan pelatihan inslasi gerobak pintar dengan PLTS dan IoT**

#### Dampak Sosial dan Ekonomi

Secara sosial, kegiatan ini menumbuhkan semangat kebersamaan di antara petani dalam menerapkan teknologi modern. Dari sisi ekonomi, efisiensi penggunaan air, penghematan energi, serta manajemen data pertanian yang lebih baik berdampak pada peningkatan hasil panen sekitar 10% pada musim kemarau. Hal ini secara langsung meningkatkan pendapatan petani, sekaligus mendukung ketahanan pangan dan kemandirian ekonomi desa. Agar kegiatan pengabdian ini berkesinambungan dan memberikan dampak jangka panjang bagi masyarakat Desa Sidopekso, tim pelaksana telah menyusun beberapa langkah tindak lanjut sebagai berikut:

1) Pendampingan Operasional dan Pemeliharaan.

Tim pengabdian akan melakukan pendampingan berkala kepada kelompok tani selama enam bulan pasca-implementasi. Kegiatan ini meliputi pelatihan lanjutan mengenai perawatan panel surya, pemantauan sensor IoT, serta troubleshooting dasar terhadap sistem kelistrikan dan pompa air. Tujuannya agar masyarakat mampu mengoperasikan dan memperbaiki alat secara mandiri.

2) Pembentukan Tim Teknis Desa.

Bersama perangkat desa dan kelompok tani, direncanakan pembentukan tim teknis lokal yang bertugas mengelola, merawat, dan mengembangkan inovasi *Gerobak Pintar*. Tim ini juga akan menjadi mitra dalam pelaksanaan program replikasi alat di lahan pertanian lainnya di Desa Sidopekso.

3) Replikasi dan Pengembangan Sistem.

Berdasarkan hasil evaluasi kinerja alat, sistem *Gerobak Pintar* akan disempurnakan agar dapat menyesuaikan dengan berbagai jenis lahan dan kebutuhan irigasi. Rencana pengembangan mencakup penambahan fitur sensor curah hujan, pengaturan debit air otomatis, serta dashboard analisis produktivitas pada aplikasi IoT. Ke depan, inovasi ini juga akan direplikasi di desa-desa sekitar melalui program kerja sama antara perguruan tinggi, pemerintah daerah, dan kelompok tani.

4) Integrasi dengan Program Desa Mandiri Energi.

Kegiatan ini akan disinergikan dengan program Desa Mandiri Energi yang dicanangkan oleh pemerintah daerah Probolinggo. Integrasi ini diharapkan mampu memperluas penggunaan energi surya untuk sektor pertanian, sekaligus mendukung target nasional transisi energi dan *Net Zero Emission 2060*.

5) Publikasi dan Transfer Pengetahuan.

Hasil kegiatan dan rancangan teknologinya sudah didokumentasikan dalam bentuk artikel seminar nasional dan publikasi ilmiah yang dapat diakses oleh masyarakat



luas. Publikasi ini diharapkan menjadi referensi bagi desa lain dalam mengembangkan sistem pertanian cerdas berbasis energi terbarukan.

### **Kesimpulan**

Program implementasi gerobak pintar berbasis PLTS dan IoT di Desa Sidopekso terbukti mampu meningkatkan efisiensi irigasi hingga 30%, menekan biaya energi sebesar 40%, serta menaikkan hasil panen sekitar 20% pada musim kemarau. Penerapan aplikasi pencatatan digital dan pelatihan yang diberikan juga berhasil meningkatkan pengetahuan petani sebesar 45%, sekaligus memperkuat kapasitas mereka dalam memanfaatkan teknologi ramah lingkungan. Secara keseluruhan, inovasi ini berkontribusi pada ketahanan pangan, kemandirian energi, serta menjadi model pertanian berkelanjutan yang potensial untuk direplikasi di desa lain.

### **Saran**

Sebagai tindak lanjut, program ini akan diarahkan pada pendampingan berkelanjutan bagi petani agar mampu melakukan perawatan mandiri terhadap sistem PLTS dan IoT, serta pengembangan fitur tambahan pada gerobak pintar seperti sistem monitoring hama dan prediksi cuaca berbasis data. Selain itu, kolaborasi dengan pemerintah desa dan kelompok tani akan diperkuat untuk mendorong adopsi lebih luas dan memastikan keberlanjutan program dalam jangka panjang.

### **Ucapan Terima Kasih**

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak. Kami mengucapkan terima kasih kepada Pemerintah Desa Sidopekso yang telah memberikan izin, dukungan, dan fasilitas untuk pelaksanaan pengabdian ini. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada kelompok tani peserta pelatihan yang telah berpartisipasi aktif dan antusias selama kegiatan berlangsung.

### **Daftar Pustaka**

- Aji, R., & Putra, D. (2023). *Implementation of Solar-Powered Water Pumping System for Rural Agriculture*. *Journal of Renewable Energy Applications*, 12(1), 51–59.
- Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A., & Lana, M. A. (2015). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 869–890. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Probolinggo. (2022). *Kabupaten Probolinggo dalam angka 2022*. Probolinggo: BPS.
- Dinas Pertanian Kabupaten Probolinggo. (2022). *Profil pertanian Kabupaten Probolinggo*. Probolinggo: Dinas Pertanian.
- Fauzi, R., & Hakim, M. (2021). Sistem informasi manajemen pertanian berbasis data. *Jurnal Teknologi Informasi*, 13(2), 112–120.
- Firmansyah, A., & Jannah, R. (2020). Keterbatasan sarana produksi dalam meningkatkan hasil pertanian. *Jurnal Sosial Humaniora*, 7(1), 33–41.
- Handoko, B., & Prasetyo, A. (2019). Analisis biaya operasional pertanian berbasis genset di daerah pedesaan. *Jurnal Energi Terbarukan*, 5(2), 110–118.
- Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi. (2021). *Panduan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat*. Jakarta: Kemendikbudristek.





- Kementerian Riset dan Teknologi/BRIN. (2020). Rencana Induk Riset Nasional 2020–2045. Jakarta: Kemenristek/BRIN.
- Kumar, N., Singh, R., & Verma, A. (2022). *Integration of IoT and Renewable Energy for Sustainable Smart Farming Systems*. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52, 102144.
- Kurniawan, A., & Lestari, D. (2021). Dampak keterlambatan irigasi terhadap kualitas hasil pertanian hortikultura. *Jurnal Ketahanan Pangan*, 9(3), 134–142.
- Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, 18(8), 2674. <https://doi.org/10.3390/s18082674>
- Nugroho, T. W., & Setiawan, D. (2021). Transformasi pertanian menuju digital farming. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 15(2), 201–212.
- Putra, R. Y., & Rahmawati, N. (2021). Efisiensi penggunaan air pada sistem irigasi konvensional di daerah pedesaan. *Jurnal Irigasi Indonesia*, 12(2), 87–95.
- Rachman, F., & Sari, M. (2020). Monitoring kelembaban tanah menggunakan sensor berbasis IoT untuk mendukung pertanian presisi. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 21(1), 55–63.
- Rahman, M. A., Hossain, M. F., & Islam, M. T. (2022). *IoT-based Smart Irrigation System for Efficient Water Management*. *International Journal of Agricultural Technology*, 18(3), 475–486.
- Santosa, A., & Wibowo, S. (2019). Teknologi pengelolaan air sederhana untuk petani desa. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(2), 75–83.
- Saputra, R., & Hidayati, S. (2022). Implementasi IoT untuk monitoring lahan pertanian. *Jurnal Internet of Things dan Aplikasinya*, 3(1), 12–22.
- Sulistiyanto, S., Najihuddin, A., Riyanto, A., Hidayatullah, T., & Basri, M. (2021). Pelatihan Pembuatan Payung Solar Cell. *Jurnal Abdimas Berdaya: Jurnal Pembelajaran, Pemberdayaan dan Pengabdian Masyarakat*, 4(02), 120-127.
- Sulistiyanto, S., Nuruzzaman, A. F., & Riyanto, N. A. (2024). Pelatihan Pembuatan Tempat Pakan Ikan Terapung Otomatis Berbasis Mikrokontroler Di Desa Suboh Kecamatan Suboh Kabupaten Situbondo. *Gotong Royong*, 1(3), 88-96.
- Suprpto, H., & Purnomo, D. (2020). Analisis potensi pertanian lahan dataran tinggi. *Jurnal Agroteknologi*, 14(1), 45–56.
- Suryana, A., & Hakim, R. (2021). Model smart agriculture berbasis IoT dan energi terbarukan di desa. *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat*, 5(2), 190–205.
- Sutarno, E., Nugroho, S., & Lestari, D. (2021). *Automatic Irrigation Control using IoT and Soil Moisture Sensors for Smart Agriculture*. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 22(2), 85–93.
- Widodo, D., & Prabowo, A. (2019). Penerapan pompa air tenaga surya untuk mendukung pertanian pedesaan. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 10(2), 145–152.