

Implementasi Teknologi *Smart Farming* Berbasis IoT dan Energi Terbarukan untuk Mendukung *Green Economy*

Vera Noviana Sulistyawan^{1*}, Maharani Kusumaningrum²,
Alfa Faridh Suni³, Rizal Budi Santoso⁴, Anin Bimarhamah⁵,
Juliandheo Putra Prasetya⁶

¹⁻⁶ Universitas Negeri Semarang

* veranovianas@mail.unnes.ac.id

Abstrak

Kegiatan pengabdian ini dilatarbelakangi oleh tantangan yang dihadapi petani di Desa Sabranglor, terutama serangan hama yang berulang dan penggunaan pestisida kimia yang berlebihan. Tujuan utama kegiatan ini adalah untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan petani dalam penerapan teknologi *smart farming* berbasis *Internet of Things* dan energi terbarukan. Metode pelaksanaan meliputi persiapan, implementasi teknologi, sosialisasi dan pelatihan, serta pendampingan dan monitoring yang dilakukan secara partisipatif dengan melibatkan 38 petani dari Kelompok Tani Seneng. Hasil utama menunjukkan bahwa tingkat pemahaman peserta terhadap teknologi yang diajarkan mencapai 90 persen, dan manfaat yang diperoleh mencakup peningkatan kemampuan petani dalam mengendalikan hama secara berkelanjutan. Kesimpulan dari kegiatan ini menekankan pentingnya keterlibatan aktif masyarakat dalam penerapan teknologi pertanian modern, yang tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan.

Kata Kunci: *biopestisida, IoT, PLTS, smart farming*

Pendahuluan

Desa Sabranglor, yang terletak di Kecamatan Trucuk, Kabupaten Klaten, merupakan kawasan agraris dengan mayoritas penduduknya bekerja sebagai petani. Mereka mengandalkan hasil pertanian seperti padi dan jagung sebagai sumber mata pencaharian. Namun, mereka menghadapi berbagai tantangan yang menghambat produktivitas, salah satunya adalah serangan hama yang berulang, seperti wereng, penggerek batang, dan kutu putih pada tanaman padi, serta ulat grayak dan hama bulu pada tanaman jagung. Penggunaan pestisida kimia yang berlebihan untuk pengendalian hama telah menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan, serta meningkatkan resistensi hama, membuat metode ini semakin tidak efektif (Gusmarwani & Noviana Pratiwi, 2024; Siregar dkk., 2024).

Program pengabdian ini dirancang untuk mengatasi permasalahan hama yang dihadapi oleh petani di Desa Sabranglor melalui penerapan teknologi *Smart Farming* berbasis *Internet of Things* (IoT) dan energi terbarukan. Meskipun petani setempat sudah mulai menggunakan teknologi modern seperti mesin penanam padi dan traktor,

teknologi yang lebih maju seperti IoT dan energi terbarukan belum diimplementasikan secara maksimal. Salah satu kendala utama adalah akses listrik yang terbatas di lahan persawahan, yang menghambat adopsi teknologi pertanian berbasis listrik. Untuk menghadapi tantangan ini, diperlukan solusi yang lebih efektif dan ramah lingkungan. Untuk mengatasi tantangan ini, program ini mengusulkan penerapan teknologi *Smart Farming* yang menggunakan dua metode pengendalian hama: pertama, penyiraman biopestisida yang terbuat dari limbah organik untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman, dan kedua, teknologi pemancar ultrasonik untuk mengusir hama. Kedua metode ini didukung oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang terintegrasi dengan sistem IoT, memungkinkan petani untuk memantau dan mengoperasikan sistem tersebut melalui aplikasi Telegram (Idoje dkk., 2021)(Zulkarnain dkk., 2022). Dengan penerapan teknologi ini, diharapkan pengendalian hama menjadi lebih efektif dan ramah lingkungan, serta mengurangi ketergantungan petani pada pestisida kimia yang merugikan. Selain itu, program ini juga diharapkan dapat mendukung pengembangan ekonomi hijau (*green economy*) di desa tersebut, dengan meningkatkan pengetahuan masyarakat tentang teknologi modern dan penggunaan energi terbarukan (Aqilla, 2024).

Smart farming adalah strategi manajemen pertanian yang menggunakan teknologi untuk memantau dan menganalisis kebutuhan spesifik dari area dan tanaman tertentu, sehingga meningkatkan efisiensi dan hasil pertanian (Alfred dkk., 2021; Hashim dkk., 2024). Di era modern, *Internet of Things* (IoT) telah berkembang pesat sebagai teknologi yang memungkinkan perangkat untuk berkomunikasi dan beroperasi secara otomatis melalui jaringan internet, memainkan peran penting dalam meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil pertanian (Raja Gopal & Prabhakar, 2024; Y & Poornima, 2022). IoT memungkinkan integrasi sensor dan perangkat pintar untuk mengumpulkan data secara real-time, memantau kondisi lingkungan, dan mengoptimalkan proses seperti irigasi dan pengendalian hama. Penerapan energi terbarukan juga menjadi bagian tak terpisahkan dari pengembangan *smart farming*. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) telah menjadi solusi populer untuk menyediakan energi bersih dan berkelanjutan di sektor pertanian, terutama di daerah-daerah dengan akses listrik terbatas (Abdulghani dkk., 2024). Namun, untuk memaksimalkan kinerja PLTS dan memastikan operasional yang efisien, diperlukan monitoring fungsi perangkat PLTS menggunakan IoT (Abdulghani dkk., 2024)(Suni dkk., 2022). Dengan integrasi PLTS dan IoT, petani dapat mengelola sumber daya energi secara efektif dan mengurangi ketergantungan pada energi konvensional. Selain itu, biopestisida muncul sebagai solusi ramah lingkungan dalam pengelolaan hama. Penggunaan biopestisida berbasis limbah organik tidak hanya membantu mengurangi dampak negatif dari pestisida kimia, tetapi juga mendukung pertanian berkelanjutan dengan memanfaatkan limbah pertanian untuk kebutuhan pestisida (Mashuni dkk., 2024). Kombinasi penggunaan teknologi IoT dan biopestisida memberikan pendekatan yang holistik dalam mendukung produktivitas pertanian yang lebih efisien dan ramah lingkungan (Fernanda, 2024). Penerapan *smart farming* yang mengintegrasikan IoT, energi terbarukan, dan biopestisida merupakan pendekatan yang canggih dan berkelanjutan untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas hasil pertanian, sekaligus meminimalkan dampak lingkungan.

Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk membantu petani dalam mengendalikan hama secara efektif dan berkelanjutan dengan menerapkan teknologi *Smart Farming*

berbasis *Internet of Things* (IoT) dan energi terbarukan. Selain itu, kegiatan ini juga bertujuan untuk meningkatkan kapasitas petani dalam memanfaatkan teknologi modern, sehingga mereka dapat lebih adaptif terhadap tantangan pertanian di era digital. Manfaat yang diharapkan dari kegiatan ini mencakup peningkatan produktivitas pertanian melalui metode pengendalian hama yang lebih efisien dan ramah lingkungan, serta pengurangan ketergantungan pada pestisida kimia yang merusak lingkungan. Kegiatan ini juga mendukung pengembangan ekonomi hijau (*green economy*) dengan mempromosikan penggunaan energi terbarukan di sektor pertanian, yang diharapkan dapat berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat setempat.

Metode Pelaksanaan

Lokasi kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di Desa Sabranglor, Kecamatan Trucuk, Kabupaten Klaten, dengan fokus pada lahan pertanian yang dikelola oleh Kelompok Tani Seneng. Desa ini merupakan kawasan agraris yang sebagian besar penduduknya bekerja sebagai petani, sehingga memiliki potensi yang besar untuk penerapan teknologi *smart farming*. Kegiatan pengabdian akan dilaksanakan selama 4 bulan, dari Juni hingga September 2024. Lokasi kegiatan dapat dilihat pada peta gambar 1. Dengan kondisi geografis yang mendukung serta komunitas petani yang sudah terorganisir, Desa Sabranglor menjadi lokasi yang tepat untuk penerapan teknologi ini.

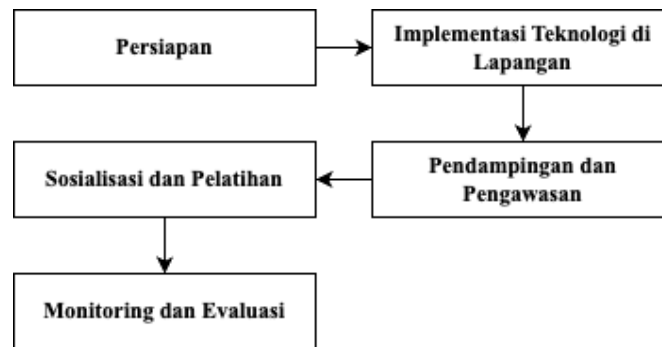


Gambar 1. Peta Desa Sabranglor

Mitra kegiatan dalam program pengabdian ini adalah Kelompok Tani Seneng, yang beranggotakan 152 petani. Mereka dipilih sebagai mitra karena kebutuhan mereka yang mendesak dalam menangani masalah hama yang berulang serta keterbukaan mereka terhadap adopsi teknologi baru. Pemilihan kelompok ini dilakukan melalui survei awal dan diskusi dengan perangkat desa serta pengurus kelompok tani. Kelompok Tani Seneng dianggap memiliki potensi yang besar dalam mengadopsi teknologi *smart*

farming berbasis *Internet of Things* (IoT) dan energi terbarukan, karena mereka telah menunjukkan minat untuk meningkatkan produktivitas pertanian dan memiliki keterampilan dasar dalam penggunaan alat pertanian modern.

Metode pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini melibatkan lima tahapan utama yang tertuang pada gambar 2.



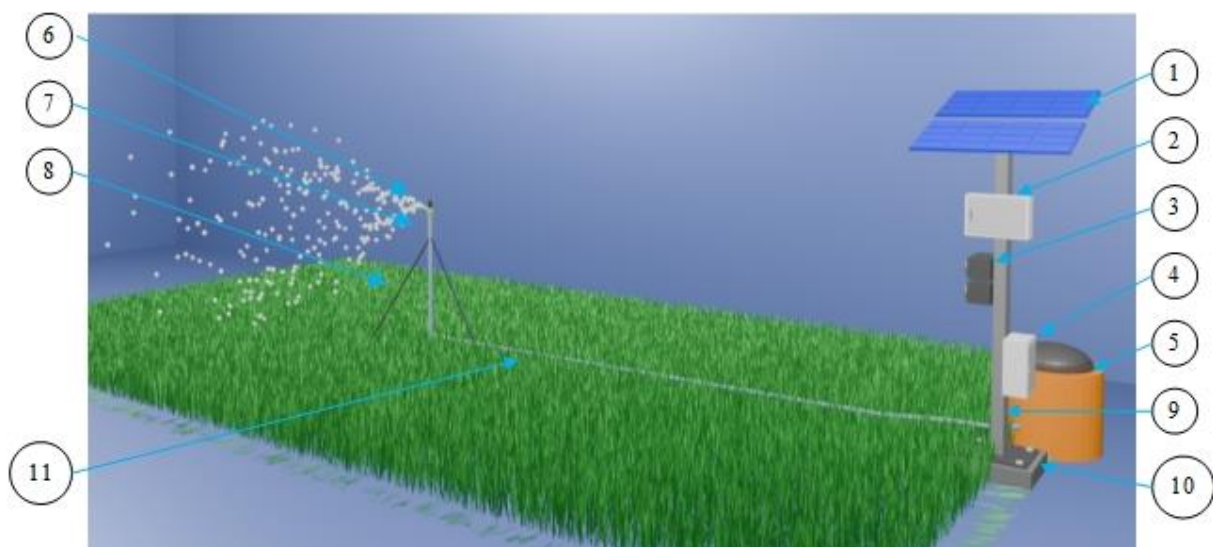
Gambar 2. Tahapan pelaksanaan

Persiapan

Tahap ini melibatkan identifikasi kebutuhan mitra, yaitu petani di Desa Sabranglor, serta pengumpulan data awal yang diperlukan untuk perencanaan program. Dalam fase ini, dilakukan juga persiapan perangkat dan materi yang akan digunakan selama kegiatan, termasuk koordinasi dengan pihak terkait dan pengaturan jadwal pelaksanaan.

Implementasi Teknologi di Lapangan

Pada tahap ini, teknologi *Smart Farming* berbasis *Internet of Things* (IoT) dan energi terbarukan diimplementasikan di lahan pertanian mitra. Desain teknologi yang diimplementasikan tertuang pada gambar 3. Demonstrasi langsung dilakukan untuk menunjukkan cara penggunaan teknologi, seperti penyiraman biopestisida dan pengoperasian pemancar ultrasonik.



Gambar 3. Desain teknologi yang akan diimplementasikan di lapangan

Keterangan:

1. Panel Surya Monocrystalline 100 WP 136 cm × 60 cm × 3,5 cm
2. Box Combiner PLTS 30 cm × 40 cm × 15 cm (terdapat Baterai, Solar Charge Controller)
3. Pemancar Ultrasonik 24 cm × 15 cm × 12 cm
4. Junction Box Panel Listrik 20 cm × 30 cm × 12 cm (terdapat ESP32, Modem, Relay, dll)
5. Tangki Biopestisida 300 liter (100 cm × 66 cm) (terdapat Pompa Celup)
6. Penyemprot Water Sprinkler 28 cm × 22 cm × 4 cm
7. Pipa PVC Penyemprot (3 meter × 1 inch)
8. Tiang Penyangga Penyemprot 3 meter
9. Tiang PLTS 4 cm × 8 cm (4 meter)
10. Pondasi Tiang PLTS
11. Selang Benang Nylon (20 meter × 1 inch)

Pendampingan dan Pengawasan

Pendampingan intensif dilakukan untuk memastikan petani dapat menggunakan teknologi secara mandiri. Tim pengabdian akan mengawasi proses implementasi, memberikan bantuan teknis, dan menjawab pertanyaan atau masalah yang muncul selama penerapan teknologi di lapangan.

Sosialisasi dan Pelatihan

Sosialisasi dilakukan untuk memperkenalkan teknologi baru kepada seluruh anggota kelompok tani. Pelatihan diadakan untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan petani dalam menggunakan sistem IoT dan PLTS, serta cara mengaplikasikan biopestisida dan teknologi pemancar ultrasonik.

Monitoring dan Evaluasi

Tahap ini mencakup monitoring berkala terhadap penggunaan teknologi dan pengukuran hasil yang dicapai, seperti pengurangan serangan hama dan peningkatan produktivitas. Evaluasi dilakukan melalui kuesioner, observasi langsung, dan analisis data, untuk menilai keberhasilan program dan merumuskan langkah perbaikan jika diperlukan.

Keberhasilan program pengabdian kepada Masyarakat ini diukur melalui beberapa indikator kunci, yaitu: (1) Tingkat pemahaman dan keterampilan petani dalam menggunakan teknologi IoT dan energi terbarukan; (2) Pengurangan tingkat serangan hama pada tanaman padi dan jagung, yang dapat diukur melalui pengamatan langsung dan data dari petani; (3) Penggunaan teknologi secara mandiri oleh petani, diukur dari seberapa baik petani dapat mengoperasikan sistem IoT dan PLTS melalui aplikasi Telegram tanpa bantuan eksternal.

Evaluasi dilakukan melalui beberapa teknik untuk mengukur ketercapaian indikator keberhasilan:

Kuesioner dan wawancara

Kuesioner diberikan sebelum dan setelah kegiatan pengabdian untuk mengukur perubahan pemahaman dan keterampilan petani terkait teknologi yang diterapkan. Wawancara dilakukan untuk mendapatkan umpan balik langsung dari mitra.

Observasi langsung

Pengamatan dilakukan di lapangan untuk melihat bagaimana petani mengimplementasikan teknologi dan mengidentifikasi masalah atau kendala yang dihadapi.

Pengukuran kuantitatif

Data terkait efisiensi penggunaan teknologi dikumpulkan dan dianalisis untuk mengevaluasi dampak nyata dari program ini.

Hasil dan Pembahasan

Persiapan

Kegiatan persiapan berhasil dilakukan dengan partisipasi aktif dari anggota kelompok. Informasi tentang tujuan, manfaat, dan teknologi yang akan diterapkan disampaikan dengan jelas, sehingga meningkatkan kesadaran dan antusiasme petani terhadap program ini. Dalam tahap persiapan, dilakukan kegiatan pengumpulan alat dan bahan serta menyiapkan komponen yang akan diimplementasikan di lapangan. Tahapan ini tertuang pada gambar 4.



Gambar 4. *Persiapan implementasi teknologi di lapangan*

Implementasi Teknologi di Lapangan

Pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan perangkat Internet of Things (IoT) berlangsung lancar tertuang pada gambar 5-9. Panel solar cell terpasang dengan baik, dan perangkat IoT berfungsi untuk melaksanakan perintah melalui telegram. Biopestisida organik juga berhasil diterapkan di lahan pertanian.



Gambar 5. Penerapan teknologi di sawah



Gambar 6. Proses implementasi teknologi smart farming



Gambar 7. *Tiang pemancar biopestisida*



Gambar 8. *Konfigurasi alat*



Gambar 9. *Teknologi smart farming yang diterapkan*

Pendampingan dan Pengawasan

Pendampingan dilakukan secara intensif setelah proses implementasi, dengan tim pengabdian memberikan arahan langsung kepada petani tertuang pada gambar 10-11. Semua perangkat berfungsi dengan baik, dan petani mampu melakukan pengawasan serta mengatasi kendala teknis yang muncul.



Gambar 10. Pendampingan



Gambar 11. Kegiatan pendampingan

1) Sosialisasi dan pelatihan

Kegiatan sosialisasi dilaksanakan dengan tujuan untuk memperkenalkan teknologi *Smart Farming* kepada para petani di Desa Sabranglor. Dalam sosialisasi ini, teknologi yang digunakan untuk pengendalian hama berbasis *Internet of Things* (IoT) dan energi terbarukan dijelaskan secara komprehensif. Sosialisasi ini juga menggarisbawahi pentingnya penggunaan teknologi ramah lingkungan dalam meningkatkan efektivitas pengelolaan hama. Kegiatan sosialisasi tertuang pada gambar 10.



Gambar 12. Sosialisasi kepada Kelompok Tani Seneng Desa Sabranglor

Pelatihan yang diadakan berfokus pada penerapan teknologi *Smart Farming* melalui dua metode pengendalian hama utama. Pertama, penyiraman biopestisida yang terbuat dari limbah organik, yang bertujuan untuk mengendalikan hama dan penyakit pada tanaman. Kedua, penggunaan teknologi pemancar ultrasonik yang dirancang untuk mengusir hama tanpa menggunakan bahan kimia berbahaya. Kedua metode ini didukung oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang terintegrasi dengan sistem IoT, sehingga memungkinkan petani untuk memantau dan mengoperasikan sistem pengendalian hama tersebut secara *real-time* melalui aplikasi Telegram. Kegiatan pelatihan tertuang pada gambar 11.



Gambar 13. Kegiatan pelatihan kepada Kelompok Tani Seneng Desa Sabranglor

Selain itu, dalam pelatihan ini petani juga diajarkan cara membuat biopestisida dari limbah organik secara mandiri, serta cara mengoperasikan seluruh sistem teknologi *Smart Farming* yang telah diimplementasikan. Pelatihan ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan dan pemahaman petani dalam menggunakan teknologi modern untuk meningkatkan produktivitas pertanian secara berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Monitoring dan Evaluasi

Kegiatan monitoring dan evaluasi dilakukan secara bertahap untuk memastikan implementasi teknologi *Smart Farming* berbasis *Internet of Things* (IoT) dan energi terbarukan berjalan sesuai dengan rencana. Monitoring dilakukan dengan melakukan pengawasan langsung di lapangan, memeriksa kesiapan perangkat, serta memastikan bahwa sistem pengendalian hama, baik melalui penyiraman biopestisida maupun pemancar ultrasonik, berfungsi dengan optimal. Selain itu, sistem IoT yang terhubung dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) juga dipantau secara berkala untuk memastikan efisiensi energi dan kestabilan sistem.

Evaluasi dilakukan untuk menilai ketercapaian target program, baik dari segi penerapan teknologi maupun dari respon dan partisipasi petani. Proses evaluasi ini melibatkan pengumpulan data dari 38 petani. Hasil evaluasi tertuang pada table 1.

Hasil evaluasi pelaksanaan kegiatan pengabdian menunjukkan berbagai tingkat manfaat yang signifikan. Secara keseluruhan, tingkat manfaat dari kegiatan ini mencapai 92,8%. Pemahaman petani terhadap materi teknologi smart farming yang telah diimplementasikan juga cukup baik, dengan tingkat pemahaman mencapai 90%. Teknologi smart farming berbasis IoT dan energi terbarukan yang diterapkan memberikan manfaat sebesar 85,6% bagi kelompok tani. Selain itu, pelatihan pembuatan biopestisida menunjukkan tingkat kebermanfaatan yang tinggi, yaitu 92,1%. Kemampuan petani dalam mengoperasikan teknologi yang diimplementasikan juga meningkat, dengan tingkat kemampuan mencapai 84,9%. Relevansi teknologi yang diterapkan terhadap kebutuhan petani tercatat sebesar 85,6%. Namun, petani melaporkan tingkat kemudahan dalam proses implementasi teknologi smart farming di lapangan hanya mencapai 78,3%, menunjukkan adanya tantangan yang perlu diatasi.

Tabel 1. Tabel hasil evaluasi

No.	Aspek evaluasi	Persentase
1	Tingkat manfaat dari pelaksanaan kegiatan pengabdian yang dirasakan oleh petani	92,8%
2	Tingkat pemahaman petani terhadap materi teknologi <i>smart farming</i> yang telah diimplementasikan	90%
3	Tingkat kemudahan yang dirasa oleh petani terhadap proses implementasi teknologi <i>smart farming</i> di lapangan	78,3%
4	Tingkat relevansi teknologi yang diterapkan terhadap kebutuhan petani	85,6%
5	Tingkat manfaat dari teknologi <i>smart farming</i> berbasis IoT dan energi terbarukan yang diterapkan terhadap kelompok tani	85,6%
6	Tingkat kemampuan petani dalam mengoperasikan teknologi yang diimplementasikan	84,9%
7	Tingkat kebermanfaatan dari kegiatan pelatihan pembuatan biopestisida	92,1%

Kesimpulan

Kegiatan pengabdian ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi *smart farming* berbasis IoT dan energi terbarukan, termasuk penggunaan biopestisida, telah memberikan manfaat sebesar 92,8 persen bagi petani di Desa Sabranglor. Teknologi ini tidak hanya meningkatkan pemahaman dan kemampuan petani sebesar 90 persen dalam mengoperasikan teknologi pertanian modern, tetapi juga mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia, sehingga mendukung keberlanjutan lingkungan. Secara teoritik, kegiatan ini berkontribusi pada pengembangan model pertanian yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Untuk kegiatan pengabdian selanjutnya, disarankan untuk memperluas area jangkauan dari kegiatan pengabdian.

Ucapan Terimakasih

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM) sebagai pemberi dana yang telah mendukung pelaksanaan kegiatan ini. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Diktiristek, Kemdikbudristek, Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan dukungan penuh, serta kepada Kelompok Tani Seneng Desa Sabranglor yang telah aktif berpartisipasi dalam program ini.

Referensi

- Abdulghani, T., Nazilah, S., Legiawan, M. K., Sulaeman, F. S., & Fahmi, M. (2024). Analysis And Implementation of the Internet of Things (IoT) in the Development of Monitoring Solar Power Plants (Plts) 600 WP. *Jurnal Teknik Informatika (JUTIF)*, 5(4), 673–684. <https://doi.org/10.52436/1.jutif.2024.5.4.2093>
- Alfred, R., Obit, J. H., Chin, C. P.-Y., Havaluddin, H., & Lim, Y. (2021). Towards Paddy Rice Smart Farming: A Review on Big Data, Machine Learning, and Rice Production Tasks. *IEEE Access*, 9(4), 50358–50380. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3069449>
- Aqilla, A. R. (2024). Ekonomi Hijau, Menyelamatkan Bumi, Meningkatkan Kesejahteraan. *Gudang Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 2(6), 491–494. <https://doi.org/10.59435/gjmi.v2i6.582>
- Fernanda, O. L. R. (2024). Strategi Inovatif Pemberantasan Hama Jagung Dengan Sistem Fuzzy Dan Iot Untuk Meningkatkan Produktivitas (Studi Kasus Pemberantasan Hama Jagung Di Ponorogo). *Kalijaga : Jurnal Penelitian Multidisiplin Mahasiswa*, 1(3), 66–73. <https://doi.org/10.62523/kalijaga.v1i3.15>
- Gusmarwani, S. R. & Noviana Pratiwi. (2024). Pelatihan Pembuatan Pestisida Alami Untuk Asosiasi Kelompok Wanita Tani Kecamatan Gabus Pati Jawa Tengah. *JNANADHARMA*, 2(2), 103–111. <https://doi.org/10.34151/jafst.v2i2.4633>
- Hashim, N., Ali, M. M., Mahadi, M. R., Abdullah, A. F., Wayayok, A., Mohd Kassim, M. S., & Jamaluddin, A. (2024). Smart Farming for Sustainable Rice Production: An Insight into Application, Challenge, and Future Prospect. *Rice Science*, 31(1), 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2023.08.004>

- Idoje, G., Dagiuklas, T., & Iqbal, M. (2021). Survey for smart farming technologies: Challenges and issues. *Computers & Electrical Engineering*, 92, 107104. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107104>
- Mashuni, M., Jahiding, M., Kadidae, L. O., & Handayani Hamid, F. (2024). PKM Penerapan Teknologi Pirolisis Untuk Produksi Biopestisida Dari Limbah Kulit Kakao. *Science and Technology: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(2), 73–79. <https://doi.org/10.69930/scitech.v1i2.33>
- Raja Gopal, S., & Prabhakar, V. S. V. (2024). Intelligent edge based smart farming with LoRa and IoT. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 15(1), 21–27. <https://doi.org/10.1007/s13198-021-01576-z>
- Siregar, E., Febriyossa, A., Nuzalifah, Y. U., Situmorang, E. P. O., & Ambarwaty, R. (2024). Etika Penggunaan Pestisida Dalam Budidaya Tanaman Jambu Air Madu Kesuma Deli (*Syzygium aqueum*). *Jurnal Pendidikan Biologi*, 9(2), 1117–1125.
- Suni, A. F., Djuniadi, D., Sunarko, B., & Wulansarie, R. (2022). Unjuk Kerja PLTS Untuk Operasional Sistem Penjernih Air di Rawa Pening. *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, 4(1), 17–22. <https://doi.org/10.30595/jrre.v4i1.14003>
- Y, A., & Poornima, A. S. (2022). IoT Enabled Smart Farming: A Review. 2022 6th *International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICICCS)*, 431–436. <https://doi.org/10.1109/ICICCS53718.2022.9788149>
- Zulkarnain, A. F., Wijaya, E. S., & Mustamin, N. F. (2022). Penerapan Teknologi Smart Farming Berbasis Internet Of Things Bagi Masyarakat Petani Jeruk Siam. *Batara Wisnu : Indonesian Journal of Community Services*, 2(1), 50–59. <https://doi.org/10.53363/bw.v2i1.47>