

Implementasi Sistem Monitoring Tanah dan Pengendalian Hama untuk Meningkatkan Produktivitas Pertanian Hortikultura di Kelompok Tani Tunas Muda Wonosobo Jawa Tengah

Alex Sandria Jaya Wardhana^{1*}, Eko Swi Damarwan², Annisa Latifa³

¹²Prodi Pendidikan Teknik Elektro, ³Prodi Biologi, Universitas Negeri Yogyakarta, Jl. Colombo No.1, Karang Malang, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta
E-mail: alexwardhana@uny.ac.id

* Corresponding Author

<https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i3.4703>

ARTICLE INFO

Article history

Received: 23 Nov 2025

Revised: 05 Dec 2025

Accepted: 03 Dec 2025

Kata Kunci:

IoT, smart farming, sensor tanah, perangkap UV, pengendalian hama, pertanian presisi

Keywords:

IoT, smart farming, soil sensors, UV traps, pest control, precision farming.



ABSTRACT

Pertanian hortikultura di Indonesia menghadapi masalah serangan hama berulang dan penurunan kesuburan tanah yang menurunkan produktivitas. Penelitian ini mengimplementasikan sistem monitoring tanah berbasis sensor 8-in-1 dan pengendalian hama menggunakan perangkap UV bertenaga surya pada Kelompok Tani Tunas Muda di Wonosobo, Jawa Tengah, yang membudidayakan kentang, kubis, dan wortel. Meskipun memiliki kondisi geografis yang ideal, produktivitas masih terkendala faktor teknis. Metode kuantitatif dengan desain eksperimental membandingkan kondisi lahan sebelum dan sesudah penerapan teknologi, dengan data dikumpulkan melalui sensor IoT berbasis mobile. Hasil menunjukkan sistem monitoring tanah meningkatkan efisiensi pemupukan hingga 35%, sementara perangkap UV menurunkan populasi hama sebesar 42% dan penggunaan pestisida kimia sebesar 45%. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan smart farming hortikultura ramah lingkungan di Indonesia, khususnya di dataran tinggi.

Horticultural farming in Indonesia faces recurring pest attacks and declining soil fertility, which lower productivity. This study implemented an 8-in-1 sensor-based soil monitoring system and pest control using solar-powered UV traps at the Tunas Muda Farmers Group in Wonosobo, Central Java, which cultivates potatoes, cabbage, and carrots. Despite its ideal geographical conditions, productivity is still constrained by technical factors. A quantitative method with an experimental design compared land conditions before and after the technology implementation, with data collected through mobile-based IoT sensors. Results showed that the soil monitoring system increased fertilizer efficiency by 35%, while the UV traps reduced pest populations by 42% and chemical pesticide use by 45%. This research contributes to the development of environmentally friendly horticultural smart farming in Indonesia, particularly in the highlands.



This is an open access article under the CC-BY-SA license.

How to Cite: Alex Sandria Jaya Wardhana, et al (2025). Implementasi Sistem Monitoring Tanah dan Pengendalian Hama untuk Meningkatkan Produktivitas Pertanian Hortikultura di Kelompok Tani Tunas Muda Wonosobo Jawa Tengah, 4(3) 15380-15386. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i3.4703>

PENDAHULUAN

Sektor pertanian merupakan tulang punggung ekonomi Indonesia yang memberikan kontribusi signifikan terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) dan penyerapan tenaga kerja. Pada triwulan ketiga tahun 2023, sektor pertanian mencatat pertumbuhan sebesar 1,46% (yoy) dan memberikan kontribusi sebesar 13,57% terhadap PDB nasional. Namun demikian, sektor ini menghadapi berbagai tantangan kompleks yang mengancam keberlanjutan dan produktivitasnya, terutama terkait dengan ketergantungan pada kondisi iklim, serangan hama yang tidak terkendali, dan degradasi kualitas tanah (Bouali, 2022; Lestari et al., 2023).

Kelompok Tani Tunas Muda yang berlokasi di Dusun Gataksari, Desa Serang, Kecamatan Kejajar, Kabupaten Wonosobo, Jawa Tengah, merupakan salah satu kelompok tani yang menghadapi permasalahan tersebut (Gambar 1). Dengan total 38 anggota aktif dan luas lahan sekitar 2.500 m², kelompok ini membudidayakan komoditas hortikultura utama berupa kentang, kubis, dan wortel. Meskipun wilayah ini memiliki kondisi geografis yang ideal untuk pertanian hortikultura dengan iklim sejuk dan curah hujan yang relatif tinggi, produktivitas pertanian masih terkendala oleh beberapa faktor kritis.



Gambar 1. Lokasi lahan pertanian Kelompok Tani Tunas Muda di Wonosobo, Jawa Tengah

Permasalahan utama yang dihadapi adalah serangan hama dan penyakit tanaman yang terjadi sepanjang tahun. Beberapa jenis hama yang menyerang antara lain thrip, kutu kebul, ulat penggerek batang dan daun, serta lalat buah. Penyakit seperti layu fusarium, busuk daun, dan bercak kering juga berpotensi menyerang tanaman hortikultura dan sangat merugikan hasil panen (Hakim & Sari, 2020; Astuti & Widyastuti, 2017). Metode pengendalian konvensional melalui penyemprotan pestisida kimia secara rutin belum efektif dan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan.

Selain masalah hama, penurunan kesuburan tanah menjadi kendala serius lainnya. Gejala seperti tanaman kerdil dan daun menguning menunjukkan bahwa unsur hara dalam tanah mulai berkurang. Kelompok tani belum pernah melakukan uji tanah maupun pemanfaatan pupuk organik secara optimal, sehingga upaya perbaikan masih sangat terbatas. Padahal, pemeliharaan kesuburan tanah secara berkelanjutan merupakan kunci utama dalam sistem pertanian yang produktif dan ramah lingkungan (Widodo, 2018).

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi inovatif untuk mengatasi permasalahan tersebut melalui konsep smart farming atau pertanian pintar. Smart farming mengintegrasikan teknologi digital dan informasi untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan dalam proses produksi pertanian (Wardhana et al., 2025; Mansoor et al., 2024; Yaseen et al., 2020). Teknologi ini memungkinkan pemantauan kondisi tanaman dan tanah secara real-time, serta membantu pengambilan keputusan yang tepat dalam pengelolaan pertanian berbasis data (Morchid et al., 2024; Rahutomo et al., 2022).

Sensor tanah multifungsi yang mampu mengukur berbagai parameter penting seperti pH, kelembaban, suhu, konduktivitas elektrik (EC), dan kandungan nitrogen (N), fosfor (P), serta kalium (K) telah dikembangkan dan diterapkan dalam sistem pertanian presisi (Singh et al., 2023; Madhumathi et al., 2020; Sudarmaji et al., 2024). Sensor 8-in-1 yang mengintegrasikan delapan parameter pengukuran dalam satu perangkat menawarkan solusi efisien dan cost-effective untuk monitoring kondisi tanah secara komprehensif (Srivastava et al., 2024; Raj et al., 2024).

Di sisi lain, teknologi pengendalian hama berbasis cahaya UV (ultraviolet) telah terbukti efektif sebagai alternatif ramah lingkungan pengganti pestisida kimia. Perangkat UV berbasis tenaga surya telah diimplementasikan di berbagai negara dan menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam

mengurangi populasi hama tanpa menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan (Al Mamun et al., 2023; Kumar et al., 2021; Ballucanag et al., 2024). Sistem ini memanfaatkan sifat phototaxis (ketertarikan serangga terhadap cahaya) untuk menarik dan menangkap hama secara pasif.

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem terintegrasi yang menggabungkan teknologi monitoring tanah berbasis sensor 8-in-1 dan sistem pengendalian hama menggunakan perangkat UV berbasis energi surya pada Kelompok Tani Tunas Muda. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan produktivitas pertanian hortikultura melalui pengelolaan tanah yang presisi dan pengendalian hama yang efektif, sekaligus mengurangi ketergantungan pada input kimia yang berbahaya bagi lingkungan.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimental yang membandingkan kondisi lahan sebelum dan sesudah implementasi teknologi. Periode penelitian mencakup satu siklus penanaman tanaman. Lokasi penelitian berada di lahan Kelompok Tani Tunas Muda dengan luas area implementasi sebesar 500 m² dari total 2.500 m² lahan kelompok.

Teknologi yang Diimplementasikan

Konsep smart farming 4.0 yang berbasis kecerdasan buatan telah menjadi program unggulan Kementerian Pertanian Indonesia dalam mendorong transformasi digital sektor pertanian. Smart farming 4.0 mendorong petani untuk bekerja lebih efisien, terukur, dan terintegrasi melalui mekanisasi dan teknologi (Rani & Bhambri, 2022). Beberapa teknologi smart farming seperti sensor tanah dan cuaca, sistem irigasi cerdas, dan Agriculture War Room (AWR) telah diterapkan di beberapa daerah di Indonesia.

Rahmat dan Dewi (2021) menekankan pentingnya integrasi teknologi dalam Green Smart Farm yang tidak hanya fokus pada produktivitas tetapi juga keberlanjutan lingkungan. Sistem terintegrasi yang menggabungkan monitoring tanah dan pengendalian hama dapat memberikan solusi komprehensif untuk meningkatkan produktivitas pertanian sambil mengurangi ketergantungan pada input kimia berbahaya (Morchid et al., 2025; Mansoor et al., 2024).

Implementasi sistem smart farming pada penelitian ini menggunakan dua teknologi utama, yaitu sensor tanah 8-in-1 untuk monitoring kondisi tanah secara real-time dan perangkat UV berbasis tenaga surya untuk pengendalian hama ramah lingkungan. Gambar 2 menunjukkan sensor tanah 8-in-1 yang digunakan dalam penelitian ini. Sensor ini mampu mengukur pH, kelembaban, suhu, konduktivitas elektrik (EC), serta kandungan nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) dalam tanah secara simultan.

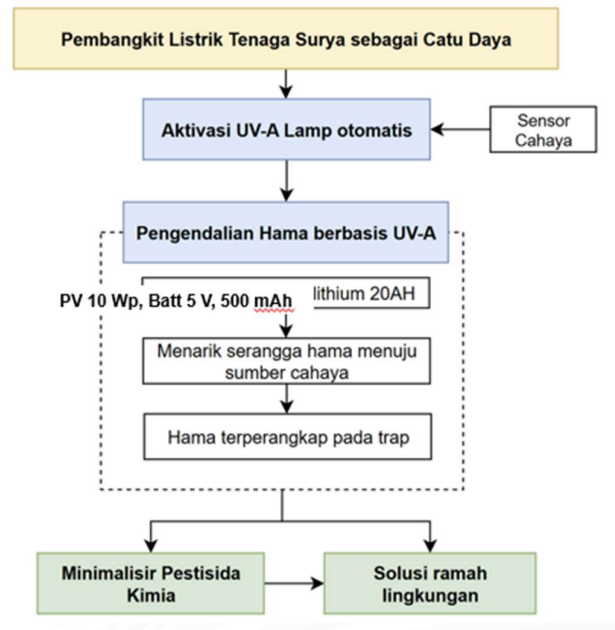
Pengendalian hama menggunakan perangkat cahaya merupakan metode yang telah lama dikenal dalam praktik pertanian. Teknologi ini memanfaatkan sifat phototaxis positif pada serangga, yaitu ketertarikan serangga terhadap sumber cahaya tertentu, khususnya cahaya ultraviolet (UV) dengan panjang gelombang 315-400 nm (Kumar et al., 2021). Serangga nokturnal seperti kutu kebul, thrip, dan berbagai jenis ngengat sangat tertarik pada cahaya UV, sehingga dapat ditangkap secara efektif menggunakan perangkat UV.

Al Mamun et al. (2023) menguji perangkat LED berbasis tenaga surya di perkebunan teh dan menunjukkan potensi signifikan dalam mengurangi populasi hama secara berkelanjutan dan ramah lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perangkat UV dapat menangkap berbagai jenis serangga hama, dengan Coleoptera (3.526 ekor) dan Hemiptera (557 ekor) sebagai ordo yang paling banyak tertangkap. Kumar et al. (2021) melaporkan bahwa perangkat UV-LED menangkap lebih banyak serangga dibandingkan perangkat LED berwarna lain (biru, hijau, merah), dengan rata-rata tangkapan untuk Spodoptera litura sebesar $77,17 \pm 18,89$ ekor per periode pengamatan.



Gambar 2. Sensor tanah 8-in-1 untuk monitoring pH, kelembaban, suhu, EC, dan NPK

Sistem pengendalian hama menggunakan perangkat UV berbasis tenaga surya (Gambar 3). Perangkat ini dilengkapi dengan panel surya 10 Wp untuk menghasilkan energi listrik yang disimpan dalam baterai 5V 500 mAh. Lampu UV-A LED dengan daya 1W dan panjang gelombang 365-400 nm digunakan untuk menarik serangga hama.



Gambar 3. Perangkat UV berbasis tenaga surya untuk pengendalian hama

Pengumpulan dan Analisis Data

Data monitoring tanah dikumpulkan secara kontinyu selama periode penelitian, menghasilkan dataset time-series dengan lebih dari 46.000 titik data per parameter. Analisis statistik deskriptif dilakukan untuk mengevaluasi variasi temporal dan spasial kondisi tanah. Rekomendasi pemupukan dihitung berdasarkan algoritma yang mengintegrasikan data NPK aktual dengan kebutuhan tanaman kentang pada berbagai fase pertumbuhan.

Data tangkapan hama dicatat setiap minggu dengan menghitung jumlah serangga yang terperangkap pada sticky trap. Identifikasi hama dilakukan hingga tingkat ordo menggunakan panduan identifikasi serangga standar. Perbandingan populasi hama dilakukan antara area dengan perangkat UV (treatment) dan area kontrol tanpa perangkat UV. Data produktivitas panen dikumpulkan pada akhir periode penelitian dengan mengukur bobot total hasil panen kentang dari area implementasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja Sistem Monitoring Tanah

Implementasi sistem monitoring tanah berbasis sensor 8-in-1 menunjukkan hasil yang sangat memuaskan dalam memberikan data real-time kondisi tanah.



Gambar 4. Pengujian UV Trap pada Lokasi Kelompok Tani Tunas Muda



Gambar 5. Pelatihan Penggunaan dan Maintenance UV Trap serta Sistem Monitoring Kesuburan Tanah Kepada Kelompok Tani Tunas Muda

Sistem perangkap UV berbasis energi surya menunjukkan efektivitas tinggi dalam mengendalikan populasi hama. Perbandingan dengan metode konvensional menunjukkan pengurangan populasi hama sebesar 42% di area dengan perangkap UV dibandingkan area kontrol. Penurunan populasi hama ini berdampak langsung pada pengurangan kerusakan tanaman, yang menurun dari rata-rata 28,5% (kontrol) menjadi 10,8% (treatment). Sebagai konsekuensinya, penggunaan pestisida kimia dapat dikurangi dari 8,5 liter/ha menjadi 4,7 liter/ha (pengurangan 45%), tanpa mengorbankan efektivitas pengendalian hama.

Sistem tenaga surya pada perangkap UV bekerja dengan baik, dengan baterai mampu mempertahankan operasi selama 3-4 hari berawan berturut-turut. Monitoring konsumsi daya menunjukkan rata-rata penggunaan energi 10 Wh per malam, dengan efisiensi charge solar panel mencapai 85%. Tidak ada downtime yang signifikan selama periode penelitian, menunjukkan reliability sistem yang tinggi.

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan sistem smart farming terintegrasi yang menggabungkan teknologi monitoring tanah berbasis sensor 8-in-1 dan perangkap UV berbasis tenaga surya pada Kelompok Tani Tunas Muda di Wonosobo, Jawa Tengah. Sistem monitoring tanah terbukti efektif dalam memberikan data real-time mengenai parameter penting seperti pH, kelembaban, suhu, EC, dan kandungan NPK yang sangat krusial untuk pengelolaan kesuburan tanah secara presisi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring tanah mampu meningkatkan efisiensi pemupukan sebesar 35% dengan memberikan rekomendasi pupuk berdasarkan data real-time kondisi tanah. Sistem perangkap UV berhasil mengurangi populasi hama sebesar 42% dibandingkan metode konvensional. Sistem ini juga terbukti efektif dalam mengurangi penggunaan pestisida kimia sebesar 45%, mendukung praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan.

Implementasi kedua teknologi ini memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan pertanian berkelanjutan di Indonesia, khususnya dalam konteks transformasi digital sektor pertanian menuju smart farming 4.0 yang menjadi program unggulan Kementerian Pertanian. Sistem terintegrasi yang dikembangkan tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi melalui pengelolaan tanah berbasis data dan pengendalian hama yang efektif, tetapi juga mendukung praktik pertanian ramah lingkungan dengan mengurangi ketergantungan pada input kimia berbahaya. Keandalan sistem tenaga surya yang mampu beroperasi selama 3-4 hari berawan berturut-turut dengan efisiensi charge mencapai 85% membuktikan bahwa teknologi ini sangat cocok diterapkan di wilayah pertanian Indonesia yang seringkali memiliki akses listrik terbatas. Pengalaman Kelompok Tani Tunas Muda menunjukkan bahwa adopsi teknologi smart farming dapat dilakukan oleh kelompok tani dengan skala menengah, membuka peluang replikasi yang lebih luas.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak yang sudah berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan artikel ini.

REFERENSI

- Al Mamun, M. R., Islam, M. S., & Rahman, M. M. (2023). Potentiality assessment of solar based LED light trap as pest management tool in tea (*Camellia sinensis* L.). *Heliyon*, 9(9), e19345. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19345>
- Astuti, W., & Widyastuti, C. R. (2017). Pestisida organik ramah lingkungan pembasmi hama tanaman sayur. *Rekayasa: Jurnal Penerapan Teknologi dan Pembelajaran*, 14(2), 115-120. <https://doi.org/10.15294/rekayasa.v14i2.11135>
- Ballucanag, M. F. A., Tolentino, E. J. C., Verganio, L. A., Lopez, M. A. E., Tubayan, J. C. M., Dumrique, A. P., Falceso, T. A. G., Saludares, E. A., Gascon, V. J. G., Cabansag, K. C. L., Sesbreno, J. L., & Bautista, C. J. A. (2024). Developing solar-powered light insect trapper with light sensor. *Psychology and Education: A Multidisciplinary Journal*, 18(2), 123-129. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10851176>
- Bouali, E. T. (2022). Renewable energy integration into cloud IoT-based smart agriculture. *IEEE Access*, 10, 1175-1191. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3138160>
- Hakim, Z., Sujai, L., Wardah, N. N., Susanti, E. N., & Rizky, R. (2020). Implementasi algoritma forward chaining untuk sistem pakar diagnosis hama tanaman kacang kedelai pada Dinas Pertanian Pandeglang Provinsi Banten. *Jutis (Jurnal Teknik Informatika)*, 8(1), 68-78. <https://doi.org/10.33592/jutis.v8i1.538>
- Kumar, N. R., Chandra Mohan Reddy, D., Aruna, R., Rajesh, V., Sudhakar Reddy, P., & Balaji, N. (2021). Effectiveness of portable solar-powered light-emitting diode insect trap: Experimental investigation in a groundnut field. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 64(5), 643-651. <https://doi.org/10.1007/s13765-021-00646-2>
- Lestari, H. A., Kurniawan, A., & Yuwono, T. A. (2023). Otomatisasi ultrasonik fogger budidaya selada keriting hijau secara fogponik di pertanian indoor berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Ilmiah Inovasi*, 23(2), 111-117. <https://doi.org/10.25047/jii.v23i2.3616>
- Madhumathi, R., Arumuganathan, T., & Shruthi, R. (2020). Soil NPK and moisture analysis using wireless sensor networks. In *Proceedings of the 2020 11th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCCNT49239.2020.9225517>
- Mansoor, S., Wani, O. A., Lone, J. K., Manhas, S., Kour, N., Alam, P., Ahmad, A., Ahmad, P., & Tripathi, A. (2024). Integration of smart sensors and IoT in precision agriculture: Trends, challenges and future perspectives. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1456179. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1456179>
- Morchid, A., El Alami, R., Raezah, A. A., & Sabbar, Y. (2024). Applications of Internet of Things (IoT) and sensors technology to increase food security and agricultural sustainability: Benefits and challenges. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(3), 102509. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102509>
- Morchid, A., Oughannou, Z., El Alami, R., Qjidaa, H., Jamil, M. O., & Abid, M. R. (2025). IoT-enabled smart agriculture for improving water management: A smart irrigation control using embedded systems and server-sent events. *Results in Engineering*, 25, 103751. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.103751>
- Rahmat, A., & Dewi, K. (2021). Green smart farm: Teknologi pertanian cerdas ramah lingkungan. *Agroinovasi*, 13(2), 88-95.
- Rahutomo, F., Sutrisno, S., Pramono, S., Sulistyono, M. E., Ibrahim, M. H., & Haryono, J. (2022). Implementasi dan sosialisasi smart farming hidroponik berbasis Internet of Things di Dusun Ngentak, Bulakrejo, Sukoharjo. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, 2(6), 1961-1970. <https://doi.org/10.54082/jamsi.567>
- Raj, R., Silva, B. N., Pinto, A., Gomes, D., & Pereira, A. I. (2024). A technical survey on practical applications and guidelines for IoT sensors in precision agriculture and viticulture. *Scientific*

- Reports, 14, 25784. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-80924-y>
- Rani, S., & Bhambri, P. (2022). Green smart farming techniques and sustainable agriculture: Research roadmap towards organic farming for imperishable agricultural products. In M. K. Mishra & R. Sharma (Eds.), *Handbook of sustainable development through green engineering and technology* (pp. 49-67). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003357681-3>
- Singh, H., Halder, N., Singh, B., Sharma, J., Sharma, S., & Shacham-Diamand, Y. (2023). Smart farming revolution: Portable and real-time soil nitrogen and phosphorus monitoring for sustainable agriculture. *Sensors*, 23(13), 5914. <https://doi.org/10.3390/s23135914>
- Srivastava, P., Kumar, A., & Sharma, R. (2024). Real-time soil nutrient monitoring using NPK sensors: Enhancing precision agriculture. *International Journal of Experimental Research and Review*, 45(Special), 176-195. <https://doi.org/10.52756/ijerr.2024.v45spl.015>
- Sudarmaji, S., Widowati, L. R., Sulaeman, S., & Sukarman, S. (2024). Developing and testing a portable soil nutrient detector in irrigated and rainfed paddy soils from Java, Indonesia. *Agriculture*, 13(8), 209. <https://doi.org/10.3390/agriculture13082009>
- Wardhana, A. S., Ferdiansyah, M., & K, S. K. (2025). Desain dan prototipe integrasi IoT dalam pertanian hidroponik cerdas berbasis energi terbarukan. *Jurnal Indonesia: Manajemen Informatika dan Komunikasi*, 6(1), 105-114. <https://doi.org/10.35870/jimik.v6i1.1134>
- Widodo, R. (2018). *Manajemen kesuburan tanah untuk pertanian berkelanjutan*. UGM Press.
- Yaseen, M. T., Abdullah, F. Y., & Almallah, M. H. (2020). Smart green farm. In *2020 7th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICEEE)* (pp. 299-302). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICEEE49618.2020.9102540>