

## Strategi Monitoring OPT Berbasis IoT Di Pertanian Padi : Telaah Literatur Kritis

Fatur Hidayatullah Irawan<sup>1</sup>, Priambudi Firman Fajari<sup>2</sup>, Mia Fajriany<sup>3</sup>, Nida Alya Zain<sup>4</sup>,  
Nazwa Aulia Agusti<sup>5</sup>, Yeni Budiawati<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten, Indonesia

---

### Article Info

#### Article history:

Received Juni 10, 2025

Revised Juni 11, 2025

Accepted Juni 12, 2025

---

### Kata Kunci:

*Internet of Things,*  
*Organisme Pengganggu*  
*Tanaman,*  
*Pertanian Padi*

---

### Keywords:

*Internet of Things,*  
*Plant Pest And Diseases,*  
*Rice Farming.*

---

### ABSTRAK

Artikel ini mengkaji penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam sistem monitoring organisme pengganggu tanaman (OPT) pada pertanian padi di wilayah tropis melalui telaah literatur kritis. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tantangan utama dan mengevaluasi efektivitas pada implementasi IoT serta menyoroti pentingnya strategi pengelolaan OPT yang terintegrasi, dengan mempertimbangkan kesiapan dan kapasitas petani dalam mengadopsi teknologi. Hasil kajian menunjukkan bahwa pemanfaatan berbagai sensor lingkungan, kamera, dan perangkat otomatis berbasis IoT mampu meningkatkan akurasi deteksi hama, memungkinkan pemantauan *real-time*, serta menurunkan intensitas serangan hama utama seperti wereng dan belalang. Selain itu, penggunaan sistem ini berkontribusi pada efisiensi kerja petani dan pengurangan penggunaan pestisida kimia, sehingga mendukung praktik pertanian yang lebih ramah lingkungan. Implementasi IoT masih menghadapi kendala, seperti keterbatasan infrastruktur digital, biaya awal yang tinggi, dan rendahnya literasi teknologi di kalangan petani. Pemanfaatan energi terbarukan, seperti panel surya, menjadi solusi potensial untuk menunjang keberlanjutan sistem di wilayah dengan akses listrik terbatas. Artikel ini menekankan pentingnya kolaborasi lintas sektor guna memperluas adopsi IoT secara efektif dalam mendukung transformasi pertanian padi yang lebih produktif dan berkelanjutan.

---

### ABSTRACT

*The article examines the application of Internet of Things (IoT) technology in monitoring systems for plant pests and diseases (PDD) in tropical rice farming through a critical literature review. The study aims to identify key challenges, evaluate the effectiveness of IoT implementation, and highlight the importance of integrated pest management strategies, considering farmers readiness and capacity to adopt the technology. The review reveals that the utilization of environmental sensors, cameras, and automated IoT-based traps enhances pest detection accuracy, enables real-time field monitoring, and reduces the severity of infestations by major pests such as brown planthoppers and locusts. Furthermore, IoT systems contribute to improved labor efficiency and reduced reliance on chemical pesticides, thereby promoting more environmentally sustainable agricultural practices. Despite these benefits, several barriers remain, including limited digital infrastructure, high initial investment costs, and low levels of technological literacy among farmers. The utilization of renewable energy, such as solar panels, is a potential solution to support system sustainability in areas with limited access to electricity. This article emphasizes the importance of cross-sector collaboration to effectively expand the adoption of IoT in supporting a more productive and sustainable transformation of rice farming.*

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



**Corresponding Author:**

Fatur Hidayatullah Irawan  
Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,  
Banten, Indonesia  
Email: nidaalyazain29@gmail.com

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki lahan serta produksi padi tergolong melimpah, namun para petani seringkali dihadapi dengan kendala atau tantangan yang mempengaruhi produktivitas pertaniannya, seperti menurunnya hasil panen padi, baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Dalam hal penurunan kualitas, biasanya disebabkan oleh faktor *human error* atau kesalahan petani sendiri dalam perawatan padinya [1]. Adanya organisme pengganggu tanaman (OPT) diperlukan pengelolaan yang efektif, yaitu dengan sistem monitoring yang sesuai dengan kondisi setempat dan dapat mendeteksi dini hama, penyakit, dan gulma secara cepat dan akurat. Perkembangan zaman yang semakin pesat dan adanya kemajuan teknologi generasi 4.0 *Internet of Things* (IoT) menawarkan solusi inovatif dalam monitoring Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) di pertanian tropis dengan memanfaatkan sensor dan perangkat yang terhubung secara *real-time* untuk mengumpulkan data lingkungan, mendeteksi keberadaan hama, serta mengotomatisasi tindakan pengendalian [2].

Berdasarkan laporan *Food and Agriculture Organization* (FAO) tahun 2021, gangguan akibat penyakit tanaman dan hama menyebabkan penurunan hasil produksi tanaman secara global hingga mencapai 40 persen. Setiap tahunnya, kerugian ekonomi dunia akibat penyakit tanaman diperkirakan melebihi 220 miliar dolar AS, ditambah lagi dengan kerugian dari serangga invasif yang mencapai sekitar 70 miliar dolar AS. Pemanfaatan sensor berbasis kecerdasan buatan (AI), sistem pemantauan ini dapat mengklasifikasikan hama dengan akurasi yang tinggi [3], yang menunjukkan bahwa sistem deteksi hama berbasis IoT mampu mencapai akurasi antara 70 hingga 98%. Meskipun demikian, ada beberapa tantangan dalam deteksi serangga imatur dan predator alami serta keterbatasan jarak efektif antara sensor di lapangan, yang perlu diatasi untuk meningkatkan efektivitasnya.

Implementasi IoT, seperti pada sistem *light trap* berbasis sensor dan notifikasi jarak jauh, terbukti mampu meningkatkan efisiensi penangkapan hama padi sekaligus mengurangi penggunaan pestisida kimia, sehingga mendukung pertanian yang lebih presisi dan ramah lingkungan [4]. Selain itu, penerapan IoT juga memungkinkan pemantauan parameter penting, seperti suhu, kelembaban, dan curah hujan, yang sangat mendukung membantu petani tropis dalam mengambil keputusan cepat dan akurat guna menghadapi tantangan OPT dan perubahan iklim, serta meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan pertanian (Keindra *et al.*, 2025). Serangan OPT dapat menurunkan produksi padi sawah secara nyata, sebagaimana hasil penelitian di Sumatera Utara yang menunjukkan bahwa luas serangan OPT berpengaruh signifikan terhadap penurunan produksi dan pendapatan petani (Nurhijjah, 2017). Perkembangan Revolusi Industri 4.0, membutuhkan inovasi teknologi pertanian yang dapat mendorong peningkatan produktivitas, khususnya dalam mengatasi ancaman Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) [5].

Meskipun teknologi pertanian menunjukkan hasil yang positif dalam pengendalian populasi hama, implementasi dan adopsi di lapangan masih memiliki kendala dalam keterbatasan infrastruktur dan kapasitas petani dalam pengoperasian teknologi tersebut. Secara keseluruhan, keterbatasan akses dan juga literasi teknologi di kalangan petani kecil merupakan suatu masalah spesifik yang perlu dikaji

dalam penerapan strategi penanganan OPT berbasis IoT. Tanpa didukung dengan kapasitas dan juga infrastruktur yang memadai, adopsi pada teknologi menjadi tidak optimal, sehingga tujuan peningkatan produktivitas padi dan penanganan OPT tidak akan tercapai. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Surbakti *et al.* [6], terkait penerapan sistem kontrol hama padi berbasis IoT di Sumatera Utara menunjukkan tantangan yang serupa.

Berdasarkan uraian dan permasalahan di atas, maka artikel ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi penting dan menentukan strategi terkait penelitian yang telah dilakukan tentang penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam sistem monitoring Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) terutama pada pertanian tropis, dengan fokus pada tanaman padi, serta mengidentifikasi dan memetakan berbagai tantangan yang dialami oleh petani dalam implementasi teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk mengendalikan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT).

## **2. METODE**

### **2.1 Sumber Data dan Strategi Pencarian**

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari pencarian literatur ilmiah dan dokumen yang relevan. Fokus utama yaitu pada publikasi yang membahas penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) pada komoditas padi. Sumber data diperoleh dari database terpercaya seperti *Google Scholar*, *ResearchGate*, serta website terverifikasi yang menyediakan laporan penelitian, dan publikasi ilmiah. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian literatur antara lain: “*Internet of Things*”, “IoT”, “padi”, “organisme pengganggu tanaman”, “monitoring OPT”, dan “pengendalian hama”. Penentuan kata kunci digunakan untuk memperdalam pencarian. Penyaringan dilakukan berdasarkan tahun publikasi (2020–2025), bahasa (Indonesia dan Inggris), serta jenis publikasi. Dari proses pencarian diperoleh total 24 artikel, dengan rincian:

- a. 18 artikel dari *Google Scholar*
- b. 2 artikel dari *ResearchGate*
- c. 4 artikel dari situs terverifikasi

Artikel-artikel tersebut dipilih karena memiliki keterkaitan langsung dengan fokus penelitian dan dianggap mampu memberikan kontribusi terhadap analisis teknologi monitoring OPT berbasis IoT di bidang pertanian tropis.

### **2.2 Kriteria Seleksi**

Pada penelitian ini kriteria seleksi dibagi menjadi kriteria inklusi dan kriteria eksklusi. Kriteria inklusi yang digunakan dalam telaah literatur kritis pada penelitian ini mencakup:

- a. Studi yang membahas penerapan IoT dalam pengendalian OPT pada tanaman padi
- b. Publikasi antara tahun 2020 hingga 2025
- c. Artikel ilmiah dalam bahasa Indonesia atau Inggris
- d. Mengandung metodologi yang jelas dan teruji
- e. Sumber berasal dari jurnal/situs yang terverifikasi

Sementara itu, kriteria eksklusi mencakup beberapa point, diantaranya yaitu:

- a. Studi yang tidak relevan dengan topik
- b. Artikel yang tidak menjelaskan penggunaan teknologi IoT
- c. Dokumen tanpa metodologi yang dapat ditelaah
- d. Sumber tidak ilmiah atau tidak terverifikasi
- e. Artikel berupa opini, editorial, atau artikel populer

f. Duplikasi studi dengan cakupan yang sama

### 2.3 Jumlah dan Jenis Studi yang Disertakan

Telaah literatur ini menggunakan enam artikel ilmiah sebagai sumber utama yang dipilih secara *purposive* berdasarkan kesesuaian topik dengan fokus kajian, yaitu pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam sistem monitoring dan pengendalian hama pada tanaman padi. Keenam artikel tersebut berasal dari jurnal nasional terakreditasi dan diterbitkan pada kurun waktu 2022 hingga 2025.

Tabel 1. Matriks Artikel yang digunakan dalam Studi

Nama Peneliti	Jenis Studi	Fokus Penelitian	Implementasi
Praseptiawan <i>et al.</i> (2022) [7]	Eksperimental	Sistem pengusir hama otomatis berbasis fuzzy Sugeno & Naive Bayes	Menunjukkan bahwa integrasi metode fuzzy dan Naive Bayes dapat meningkatkan akurasi dan respons otomatis terhadap keberadaan hama di lahan padi.
Rizki <i>et al.</i> (2025) [8]	Eksperimental	AI untuk deteksi & klasifikasi hama	Memberikan model deteksi berbasis kecerdasan buatan yang mampu mengidentifikasi jenis hama secara <i>real-time</i> dengan akurasi tinggi.
Ucik <i>et al.</i> (2024)	Eksperimental	Sensor Riddex Ultrasonic untuk pengusiran hama	Menguji efektivitas sensor ultrasonik dalam sistem pengusiran hama otomatis berbasis IoT, dengan hasil signifikan dalam pengurangan populasi hama.
Juliansyach <i>et al.</i> (2022) [9]	Pengabdian masyarakat	Pendampingan penggunaan alat IoT	Menyediakan pendekatan edukatif dan aplikatif bagi petani dalam mengoperasikan alat pengusir hama berbasis IoT, serta meningkatkan adopsi teknologi.
Surbakti <i>et al.</i> (2024) [6]	Pengabdian masyarakat	Sensor ultrasonik dan UV LED	Menyajikan implementasi teknologi gabungan (ultrasonik dan UV LED) di lahan pertanian Sumatera Utara, yang memperlihatkan pengurangan signifikan serangan OPT.
Raihan <i>et al.</i> (2024)	<i>Design thinking</i>	Prototipe <i>light trap</i> otomatis	Merancang sistem inovatif berbasis panel surya dan sensor notifikasi <i>real-time</i> yang dapat diadopsi sebagai solusi murah dan berkelanjutan untuk pengendalian wereng.

### 2.4 Teknis/Metode Analisis

Teknik atau metode analisis utama yang digunakan adalah :

1. Telaah Literatur Kritis
  - a. Mengumpulkan data sekunder, menelaah, dan sintesis dari berbagai hasil penelitian terdahulu terkait penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam monitoring Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) pertanian tropis pada komoditas padi, dari artikel jurnal, laporan penelitian, dan dokumen resmi yang relevan.
  - b. Analisis 6 artikel ilmiah yang mencakup studi eksperimental, pengabdian masyarakat, dan pendekatan dengan cara *design thinking*.
  - c. Pemilihan sumber dengan cara *purposive*, yaitu berdasarkan kesesuaian dengan topik, kredibilitas, relevansi terhadap isu pemanfaatan IoT dalam monitoring OPT.
2. Analisis Komparatif Studi Terdahulu

Membandingkan berbagai studi terdahulu untuk mengidentifikasi efektivitas dan efisiensi alat berbasis IoT dalam konteks pertanian tropis, implikasi hasil terhadap kebijakan, terhadap adopsi teknologi, dan pengembangan sistem yang lebih baik dari sebelumnya.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2. Matriks Artikel yang Digunakan dalam Studi

No	Judul	Author	Tahun	Teknologi yang Digunakan	Sasaran OPT	Efektivitas	Efisiensi
1	Sistem Informasi Monitoring Lahan Pertanian dan Pengusiran Hama Berbasis <i>Internet of Thing</i>	Mugi Praseptiawan, Meida Cahyo Untoro, dkk.	2022	Sensor pH, kelembaban, suhu, PIR, motor servo, ESP8266, Firebase, metode Fuzzy Sugeno & Naïve Bayes	Hama burung & belalang	Pengusiran hama burung efektif 67,8% (dalam ruangan), error sensor rendah (2,89%), akurasi rekomendasi fuzzy 87,5%	Monitoring & kontrol otomatis, pengurangan human error, sistem <i>real-time</i>
2	Implementasi IoT pada <i>Light Trap</i> untuk Efisiensi Pengendalian Hama Padi Secara <i>Real-Time</i>	Muhammad Raihan, Uti Elsyia Ammar Radifan, Firdaus, dkk.	2024	<i>Light trap</i> (lampu ungu/biru), sensor air, hall effect, GPS, ESP32, panel surya, notifikasi Telegram	Hama wereng, ngengat, walang sangit, & tikus	Efektif menarik & menangkap hama, penurunan hama signifikan, akurasi sensor air rata-rata 88%	Otomatis, monitoring jarak jauh, hemat energi (panel surya), pengurangan pestisida
3	Sistem Monitoring dan Pengendalian Hama Serangga pada Tanaman Padi Berbasis IoT	Muhammad Rizki, Juliandri	2025	Sensor, kamera webcam, AI ( <i>image recognition</i> ), motor stepper, Arduino, ESP32, sistem penyemprotan otomatis	Hama serangga pada padi	Deteksi <i>real-time</i> , penyemprotan tepat sasaran, pengurangan pestisida kimia	Otomatisasi, monitoring jarak jauh, penghematan tenaga & pestisida
4	Pencegahan Hama pada Tanaman Padi Menggunakan <i>Internet of Things</i> (IoT) Menggunakan Riddex Ultrasonic	Ning Ucik, Rahmad Zainul Abidin	2024	Sensor Riddex Ultrasonic, Arduino Wemos D1 Mini, App Inventor (notifikasi <i>smartphone</i> )	Hama tikus & wereng	Efektif mendeteksi & mengusir hama otomatis hingga jarak 20 m, monitoring <i>real-time</i>	Petani tidak perlu keliling sawah, monitoring dari rumah, pengurangan tenaga kerja
5	Pendampingan Kelompok Tani Karya Tani Desa Pecoro Kabupaten Jember dalam	Naufal Juliansyach, Amanda Roudatul Karomah, dkk	2024	Alat pengusir burung otomatis (suara 1,48–2,6 kHz), kontrol & monitoring via internet/ <i>smartp</i>	Hama burung pipit	Penurunan serangan burung hingga 80%	Penghematan tenaga, monitoring & kontrol jarak jauh, adopsi mudah oleh petani

No	Judul	Author	Tahun	Teknologi yang Digunakan	Sasaran OPT	Efektivitas	Efisiensi
	Pengendalian Hama Burung Berbasis IoT			<i>hone</i>			
6	Penerapan Sistem Kontrol Hama Padi dan Monitoring Sawah Berbasis <i>Internet of Things</i> di Sumatera Utara	Nurul Maulida Surbakti, Sri Dewi, Fanny Ramadhani, dkk.	2024	Sensor lingkungan, ultrasonik, LED UV, aplikasi mobile (KawalPadi), panel surya	Hama wereng & Belalang	Efektif menurunkan populasi Wereng & belalang, hasil uji: semua hama mati dalam 5–11 jam, kepuasan peserta >80%	Monitoring & kontrol <i>real-time</i> , pengurangan Pestisida, peningkatan keterampilan petani

Berdasarkan dari telaah literatur kritis mengenai strategi monitoring Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) berbasis IoT di pertanian padi, diperoleh kesimpulan bahwa teknologi ini memberikan dampak yang signifikan terhadap efektivitas dan efisiensi pengendalian OPT dibandingkan metode konvensional. Seluruh sistem yang dikaji terbukti mampu menurunkan populasi hama, seperti burung, wereng, belalang, tikus, dan ngengat secara efektif. Beberapa alat bahkan mencatat tingkat keberhasilan pengusiran hama hingga 80% serta akurasi sensor yang tinggi di atas 85%. Tidak hanya itu, sistem IoT juga memungkinkan pengendalian dan monitoring dilakukan secara *real-time* melalui aplikasi *smartphone*, sehingga mengurangi kebutuhan petani untuk terjun langsung ke lahan secara terus-menerus. Hal ini berdampak langsung pada efisiensi waktu dan tenaga kerja. Efektivitas alat-alat tersebut terlihat dari penurunan signifikan serangan hama, seperti burung, wereng, dan belalang, serta peningkatan hasil panen dan efisiensi kerja petani. Sistem yang selektif dalam penggunaan pestisida juga turut mendukung pertanian yang lebih ramah lingkungan. Namun, tantangan utama yang dihadapi adalah kebutuhan infrastruktur jaringan yang memadai di lahan pertanian, biaya awal investasi perangkat, serta perlunya pelatihan bagi petani dalam mengoperasikan sistem IoT. Maka, diperlukan pendampingan dan pelatihan kepada petani meningkatkan pemahaman serta keterampilan mereka dalam mengoperasikan teknologi baru ini.

Selain itu, penerapan IoT juga memungkinkan penggunaan pestisida secara lebih selektif dan tepat sasaran. Ini berbeda dengan metode konvensional yang cenderung menggunakan pestisida dalam jumlah besar dan menyebar secara merata, yang dapat merusak lingkungan. Melalui sensor dan sistem penyemprotan otomatis, pestisida hanya digunakan saat dibutuhkan, sehingga mendukung pertanian yang lebih ramah lingkungan. Beberapa artikel juga menunjukkan bahwa penerapan sistem berbasis IoT turut meningkatkan hasil panen, mengurangi risiko serangan hama secara drastis, dan membuka peluang bagi peningkatan keberlanjutan usaha tani di masa depan.

Meskipun begitu, sejumlah tantangan masih dihadapi dalam implementasi teknologi ini di lapangan. Keterbatasan infrastruktur jaringan internet di wilayah pertanian, biaya awal investasi alat IoT yang masih tergolong tinggi, serta minimnya literasi teknologi di kalangan petani menjadi hambatan utama. Dalam kondisi ini, sangat dibutuhkan pendekatan yang tidak hanya berorientasi pada teknologi, tetapi juga pada kesiapan sosial dan ekonomi para petani sebagai pengguna utama sistem ini. Oleh karena itu, diskusi mengenai implementasi teknologi harus disertai dengan pemahaman atas konteks lokal dan kondisi sumber daya manusia di wilayah pertanian.

Oleh karena itu, dibutuhkan upaya strategis yang terstruktur dan kolaboratif untuk memastikan keberhasilan implementasi teknologi IoT dalam pengendalian OPT. Pertama, peningkatan infrastruktur digital di kawasan pertanian mutlak diperlukan, termasuk perluasan jaringan internet dan penyediaan subsidi perangkat IoT. Kedua, pelatihan teknis dan pendampingan kepada petani menjadi sangat penting

agar mereka mampu memahami serta mengoperasikan teknologi ini secara mandiri. Ketiga, pengembangan aplikasi mobile berbasis lokal yang mudah digunakan dan sesuai dengan karakteristik petani pedesaan akan mempercepat proses adopsi teknologi. Selain itu, kolaborasi antara pemerintah, akademisi, *startup* teknologi pertanian, dan kelompok tani harus diperkuat agar proses transformasi digital pertanian berjalan secara menyeluruh dan berkelanjutan. Penelitian lanjutan untuk pengembangan alat serta algoritma yang sesuai dengan kondisi agroekosistem lokal juga perlu terus didorong.

Secara keseluruhan, integrasi teknologi IoT dalam pertanian padi tidak hanya merevolusi cara kerja petani, tetapi juga menjadi solusi potensial dalam meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan keberlanjutan pertanian di Indonesia. Dengan dukungan infrastruktur yang memadai, pelatihan yang intensif, dan kerjasama multipihak, teknologi ini memiliki potensi besar untuk menjadi bagian dari sistem pertanian masa depan yang lebih adaptif, cerdas, dan ramah lingkungan.

#### **4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil telaah literatur, dapat disimpulkan bahwa penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam monitoring Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) pada pertanian padi mampu meningkatkan akurasi deteksi, efisiensi pengendalian, serta mengurangi ketergantungan terhadap pestisida kimia. Sistem ini mendukung pemantauan secara *real-time* dan memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data. Namun, implementasi di lapangan masih terbatas oleh infrastruktur digital yang belum merata, tingginya biaya awal, serta literasi teknologi yang rendah di kalangan petani, sehingga diperlukan program pelatihan teknis yang berkelanjutan untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan petani dalam mengoperasikan perangkat IoT. Pemerintah dan pemangku kepentingan disarankan memperluas akses terhadap infrastruktur pendukung, seperti jaringan internet dan sumber energi terbarukan. Kolaborasi antara peneliti, penyuluh pertanian, serta sektor swasta perlu diperkuat guna mendorong inovasi yang sesuai dengan karakteristik agroekosistem lokal, sehingga adopsi IoT dapat berjalan lebih merata dan berkelanjutan.

#### **REFERENSI**

- [1] Hirakawa, S., Masuyama, H., Sudiarta, I. P., Suprpta, D. N., & Shiotsu, F. (2024). Initiatives and prospects for sustainable agricultural production in Karangasem Regency, Bali, Indonesia. *Sustainability (Switzerland)*, 16(2). <https://doi.org/10.3390/su16020517>
- [2] Sari, Y. N., & Sari, M. (2025). Inovasi Teknologi IoT untuk Mendukung Pertanian Berkelanjutan. *Jurnal Kolaboratif Sains*, 8(1), 271-273.
- [3] Kiobia, D. O., Mwitwa, C. J., Fue, K. G., Schmidt, J. M., Riley, D. G., & Rains, G. C. (2023). Tinjauan keberhasilan dan tantangan yang menghambat sistem deteksi hama serangga berbasis IoT untuk memperkirakan kesehatan agroekosistem dan produktivitas kapas.
- [4] Raihan, M., Radifan, U. E., Firdaus, & Wahyuni, E. S. (2024). Implementasi IoT pada Light Trap untuk Efisiensi Pengendalian Hama Padi secara Real-Time. *Centive*, 96.
- [5] Mayasari, K., Muljono, P., & Fatchiya, A. (2020). Kepuasan pengguna informasi pertanian dan strategi diseminasi teknologi pertanian melalui pemanfaatan aplikasi Itani. *Jurnal Penyuluhan*, 16(1), 174-184.
- [6] Surbakti, N. M., Dewi, S., Ramadhani, F., Septiana, D., & Pahlawan, R. (2024). Penerapan sistem kontrol hama padi dan monitoring sawah berbasis Internet of Things (IoT) di Sumatera Utara. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 8(4), 3951-3962.
- [7] Untoro, M. C., Praseptiawan, M., Ashari, I. F., Yunira, E. N., & Hidayat, R. (2023). Sistem pengendalian hama pada tanaman padi berbasis Internet of Things (IoT) dengan sumber energi panel surya. *Gaung Informatika*, 16(2), 87-91.
- [8] Rizki, M., & Juliandri. (2025). Sistem monitoring dan pengendalian hama serangga pada tanaman padi berbasis IoT. *JSSR*, 8(1), 779-785.
- [9] Juliansyach, N., et al. (2024). Pengendalian hama burung tanaman padi berbasis IoT. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 7(4).

- [10] Gonzalez, C. J., et al. (2021). Smart-IoT Platform to Monitor Microclimate Conditions in Tropical Regions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 835(1), 012011.