

Pengembangan sistem pertanian cerdas berbasis IOT untuk deteksi dini hama pada tanaman padi

Muhammad Irfan¹, Fatma Sari Hutagalung²

^{1,2}Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Indonesia

Email: irfansiddik23@gmail.com; fatmasari@umsu.ac.id

ABSTRAK

Serangan hama keong mas merupakan salah satu permasalahan serius yang dapat menurunkan produktivitas tanaman padi secara signifikan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pertanian cerdas berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk deteksi dini hama keong mas pada lahan persawahan. Sistem ini memanfaatkan kamera eksternal Logitech dengan algoritma pendeteksi objek YOLOv8, serta diintegrasikan dengan sensor DHT22, *soil moisture*, dan LDR untuk memantau kondisi lingkungan secara langsung (real-time). Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan pelaksanaan pengujian lapangan selama tiga hari di area persawahan Dolok Masihul. Evaluasi kinerja sistem dilakukan melalui observasi lapangan, pengujian fungsional, serta penyebaran kuesioner berbasis *Technology Acceptance Model* (TAM). Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengenali keberadaan hama keong mas dengan akurat pada berbagai kondisi pencahayaan serta memperoleh tingkat penerimaan pengguna sebesar 90,63%.

Kata Kunci: *IoT; keong mas; pemantauan cerdas; pertanian presisi; YOLOv8*

ABSTRACT

Golden apple snails represent a critical threat that drastically diminishes rice crop productivity. This study aims to develop an *Internet of Things* (IoT)-based smart farming system for the early detection of golden apple snail infestations in paddy fields. The system employs an external Logitech camera integrated with the YOLOv8 object detection model, supported by DHT22, *soil moisture*, and LDR sensors to monitor microclimate variables in real time. Applying the *Research and Development* (R&D) framework, field testing was conducted over three consecutive days in the rice fields of Dolok Masihul. System evaluation involved direct field observation, functional black-box assessments, and user perception surveys using the *Technology Acceptance Model* (TAM). The results demonstrate that the system successfully identifies golden apple snails accurately across varying ambient lighting conditions and attains an overall user acceptance rate of 90.63%.

Keyword: *IoT; golden apple snail; pest detection; precision agriculture; YOLOv8*

Corresponding Author:

Muhammad Irfan,

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara,

Jl. Kapten Mukhtar Basri No. 3, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Kota

Medan, Sumatera Utara 20238

Email: irfansiddik23@gmail.com



1. PENDAHULUAN

Pertanian padi merupakan sektor strategis yang berperan penting dalam mendukung ketahanan pangan di Indonesia. Namun, serangan hama seperti keong mas (*Pomacea canaliculata*) masih menjadi ancaman serius karena dapat merusak bibit padi pada fase awal pertumbuhan serta menurunkan produktivitas lahan secara drastis (Horgan et al., 2014). Metode deteksi dan pengendalian hama yang selama ini dilakukan secara manual dinilai kurang efisien, membutuhkan banyak waktu dan tenaga, serta berpotensi menimbulkan keterlambatan dalam penanganan dini (Santosa et al., 2023; Wardani & Saputri, 2025). Keterlambatan respons tersebut kerap mengakibatkan penurunan kualitas dan kuantitas panen yang merugikan para petani.

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan *computer vision* menghadirkan peluang baru dalam penerapan pertanian presisi (*precision agriculture*) (Alamsyah et al., 2024; Elijah et al., 2018; Patil & Kale, 2016). Pemanfaatan algoritma berbasis kecerdasan buatan seperti arsitektur YOLO (You Only Look

Once) dan deep learning terbukti mampu melakukan deteksi visual objek secara cepat, andal, dan real-time (Ferentinos, 2018; Hutauruk et al., 2020; Shafik et al., 2025; Ultralytics, 2023). Di sisi lain, integrasi sistem pemantauan visual dengan sensor lingkungan telemetri seperti sensor suhu, kelembapan udara, dan kelembapan tanah dapat menyajikan data iklim mikro lahan yang komprehensif untuk mendukung efisiensi operasional (Hidayat et al., 2022; Singh, 2022; Wolfert et al., 2017).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pertanian cerdas berbasis IoT yang dapat mendeteksi hama keong mas pada tanaman padi menggunakan model YOLOv8 serta memantau kondisi lingkungan secara real-time. Sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi pemantauan lahan, meminimalkan kerugian akibat serangan hama, serta memberikan kontribusi aplikatif dalam mendukung transformasi pertanian modern berbasis teknologi terbuka.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Konsep pertanian cerdas (*smart farming*) merupakan penerapan teknologi digital dan otomatisasi untuk meningkatkan efisiensi serta produktivitas budidaya pertanian secara berkelanjutan (Elijah et al., 2018; Singh, 2022; Wolfert et al., 2017). Implementasi teknologi ini umumnya mengandalkan *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan integrasi jaringan sensor telemetri nirkabel untuk memantau kondisi fisik iklim mikro lahan secara langsung (*real-time*) (Alamsyah et al., 2024; Patil & Kale, 2016). Parameter fisik seperti suhu udara, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya dapat dipantau secara kontinu guna mendukung pengambilan keputusan agronomis yang lebih presisi (Hidayat et al., 2022).

Salah satu kendala biologis utama yang sering mengancam produktivitas tanaman padi adalah infestasi hama keong mas (*Pomacea canaliculata*). Spesies invasif ini memiliki laju perkembangbiakan yang cepat dan daya rusak yang masif terhadap rumpun padi muda, terutama pada fase vegetatif awal setelah pindah tanam (Horgan et al., 2014). Pendekatan pemantauan manual di lahan persawahan membutuhkan tenaga ekstra, memakan waktu lama, serta rawan memicu keterlambatan tindakan mitigasi (Santosa et al., 2023; Wardani & Saputri, 2025). Oleh sebab itu, mekanisme deteksi dini otomatis sangat dibutuhkan guna menekan potensi penurunan hasil panen.

Seiring perkembangan kecerdasan buatan, pemanfaatan teknik computer vision dan deep learning terbukti efektif dalam memecahkan masalah identifikasi visual pada sektor pertanian (Ferentinos, 2018; Shafik et al., 2025). Model deteksi berbasis arsitektur *You Only Look Once* (YOLO) menawarkan keunggulan berupa kecepatan pemrosesan tinggi dan akurasi yang andal untuk deteksi secara langsung (Hutauruk et al., 2020). Generasi algoritma mutakhir seperti YOLOv8 menghadirkan peningkatan performa inferensi objek, sehingga sangat ideal diimplementasikan pada perangkat pemantau lapangan berbasis komputasi cepat (Ultralytics, 2023).

Selain aspek teknis, adopsi teknologi baru di lapangan memerlukan evaluasi terhadap tingkat penerimaan pengguna akhir. Kerangka kerja *Technology Acceptance Model* (TAM) menyediakan acuan teoritis yang teruji untuk mengukur dimensi kemanfaatan (*perceived usefulness*) dan kemudahan (*perceived ease of use*) suatu sistem informasi (Dako et al., 2024; Venkatesh & Davis, 2000). Walaupun penelitian seputar IoT pertanian dan visi komputer telah banyak dilakukan, integrasi antara YOLOv8 untuk lokalisasi hama keong mas dan sensor lingkungan IoT berbasis evaluasi TAM masih terbatas. Hal ini mempertegas pentingnya perancangan sistem pertanian cerdas terintegrasi dalam penelitian ini.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang bertujuan mengembangkan dan menguji efektivitas prototipe sistem terintegrasi. Tahapan penelitian mencakup analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi prototipe, uji coba lapangan, serta evaluasi penerimaan pengguna.

A. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini mencakup perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perangkat keras meliputi kamera eksternal Logitech untuk akuisisi citra visual, komputer jinjing (laptop) sebagai pemroses komputasi lokal, serta modul sensor telemetri yang terdiri dari sensor DHT22 (pengukur suhu dan kelembapan udara), sensor *soil moisture* (kelembapan tanah), dan sensor LDR (intensitas cahaya). Perangkat lunak mencakup algoritma *You Only Look Once* versi 8 (YOLOv8) untuk deteksi objek visual, antarmuka pemrograman aplikasi (API), serta antarmuka web lokal untuk menyajikan data kondisi lingkungan dan hasil deteksi secara langsung (*real-time*).

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Pengujian prototipe dilaksanakan secara langsung pada area persawahan padi di Dolok Masihul selama tiga hari pengamatan. Rentang waktu pengujian difokuskan pada variasi interval pencahayaan alami meliputi pagi, siang, dan sore hari guna mengetahui ketahanan model deteksi terhadap fluktuasi intensitas cahaya lingkungan.

C. Tahapan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian dirancang secara sistematis sebagai berikut:

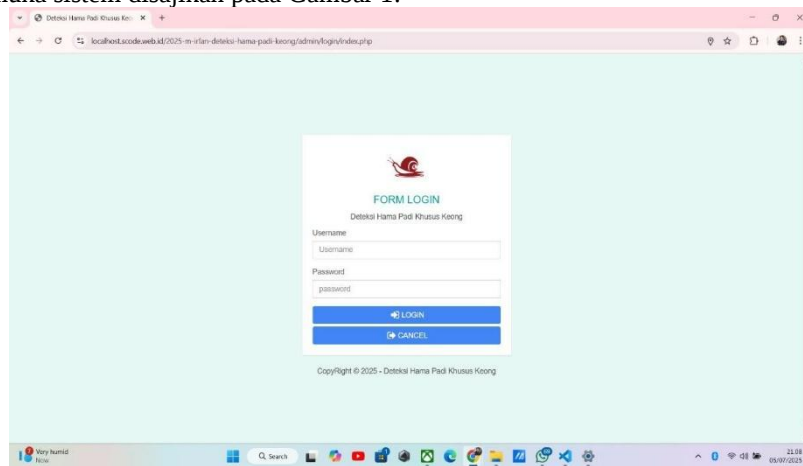
- 1) Analisis Kebutuhan: Mengidentifikasi permasalahan utama yang dihadapi petani terkait pola serangan hama keong mas (*Pomacea canaliculata*) serta kendala keterlambatan pada deteksi secara manual (Horgan et al., 2014).
- 2) Perancangan Sistem: Merancang skema arsitektur perangkat keras dan komunikasi sensor berbasis *Internet of Things* (IoT), alur inferensi model deteksi objek visual, serta tata letak antarmuka pengguna berbasis web (Alamsyah et al., 2024; Patil & Kale, 2016).
- 3) Implementasi Prototipe: Menghubungkan modul kamera Logitech dan rangkaian sensor mikroklimat ke unit pemroses, menyusun basis data pengujian, serta mengonfigurasi arsitektur YOLOv8 untuk inferensi visual hama secara otomatis (Hidayat et al., 2022; Hutaaruk et al., 2020; Ultralytics, 2023).
- 4) Uji Coba Lapangan: Menjalankan inferensi model deteksi hama keong mas secara langsung di lahan sawah serta mencatat respons pembacaan parameter lingkungan (suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan cahaya) pada berbagai kondisi cuaca dan waktu.
- 5) Evaluasi Sistem: Menilai fungsionalitas sistem melalui observasi langsung, pengujian *black-box*, serta penyebaran kuesioner adopsi teknologi menggunakan kerangka kerja *Technology Acceptance Model* (TAM) (Dako et al., 2024; Venkatesh & Davis, 2000).

D. Analisis Data

Data kuantitatif hasil pengujian deteksi dianalisis secara deskriptif untuk mengevaluasi stabilitas dan konsistensi deteksi objek visual pada berbagai variasi pencahayaan. Sementara itu, data persepsi pengguna yang dikumpulkan melalui kuesioner TAM dianalisis menggunakan pembobotan skala Likert dan dikonversi menjadi persentase untuk menentukan tingkat penerimaan, kemudahan, dan kemanfaatan sistem bagi pengguna akhir (Dako et al., 2024; Venkatesh & Davis, 2000).

E. Implementasi Sistem

Sistem deteksi hama padi yang dikembangkan mengintegrasikan kamera eksternal Logitech untuk akuisisi citra visual, algoritma YOLOv8 sebagai model deteksi objek, serta sensor DHT22, *soil moisture*, dan LDR sebagai instrumen pemantauan kondisi mikroklimat lahan. Seluruh data telemetri dan deteksi visual ditampilkan melalui antarmuka web lokal secara langsung (*real-time*). Antarmuka sistem menyediakan menu autentikasi dan panel kendali (*dashboard*) pemantauan yang dirancang ramah pengguna (*user-friendly*). Tampilan antarmuka sistem disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tampilan antarmuka web lokal sistem deteksi hama

F. Hasil Pengujian

Pengujian fungsional dan operasional sistem dilaksanakan selama tiga hari di lahan persawahan Dolok Masihul. Model YOLOv8 yang diintegrasikan berhasil melokalisasi dan mengidentifikasi keberadaan hama keong mas (*Pomacea canaliculata*) pada berbagai rentang kondisi pencahayaan alami, mencakup waktu pengamatan pagi, siang, dan sore hari. Hasil visualisasi inferensi model deteksi keong mas pada rumpun tanaman padi ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil deteksi keong mas pada tanaman padi menggunakan YOLOv8

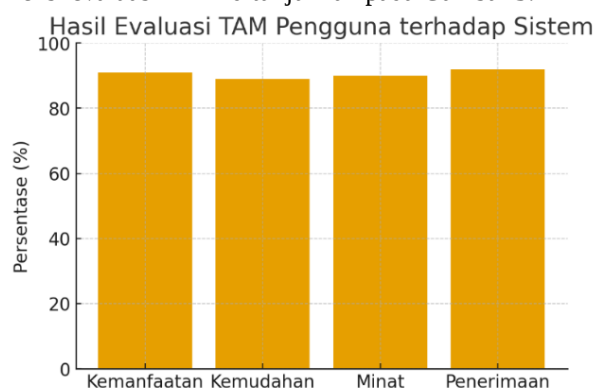
Bersamaan dengan deteksi visual, sensor telemetri lingkungan juga diuji untuk mengamati fluktuasi parameter mikroklimat sawah. Ringkasan data hasil pengukuran sensor lingkungan selama periode pengujian disajikan pada Tabel 1

Tabel 1. Hasil pengukuran sensor lingkungan selama pengujian

Hari	Waktu	Deteksi Kamera YOLOv8	Suhu (°C)	Kelembapan Udara (%)	Kelembapan Tanah (%)	Intensitas Cahaya (lux)
1	Sore	Terdeteksi	29,9	90,8	175	12
2	Siang	Terdeteksi	37,2	72,8	175	38
3	Pagi	Terdeteksi	34,2	77,5	175	15

G. Evaluasi Pengguna

Pengukuran tingkat kelayakan sistem dilakukan melalui pengisian kuesioner berbasis *Technology Acceptance Model* (TAM) oleh responden pengguna. Evaluasi mencakup empat dimensi utama, yaitu kemanfaatan (*perceived usefulness*), kemudahan (*perceived ease of use*), minat penggunaan (*attitude toward using*), dan penerimaan aktual (*actual system use*) (Dako et al., 2024; Venkatesh & Davis, 2000). Berdasarkan hasil rekapitulasi data kuesioner, sistem memperoleh rata-rata persentase penerimaan pengguna sebesar 90,63%. Visualisasi rincian dimensi evaluasi TAM ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hasil evaluasi TAM pengguna terhadap sistem

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Temuan empiris penelitian ini membuktikan bahwa pemanfaatan arsitektur YOLOv8 dalam kerangka kerja IoT mampu menghasilkan inferensi deteksi hama yang cepat, stabil, dan memiliki presisi visual yang memadai di kondisi lingkungan nyata (Hutauruk et al., 2020; Ultralytics, 2023). Penerapan teknik visi komputer dan *deep learning* ini terbukti efektif dalam memecahkan kendala identifikasi hama tanaman yang sebelumnya masih bergantung pada metode konvensional (Ferentinos, 2018; Shafik et al., 2025; Wardani & Saputri, 2025). Integrasi sensor lingkungan multi-parameter semakin memperkuat peranan sistem dalam merealisasikan konsep pertanian presisi (*precision agriculture*), di mana pemantauan mikroklimat tanah dan cuaca dapat menjadi indikator pendukung interpretasi dinamika populasi hama keong mas di lahan sawah (Elijah et al., 2018; Hidayat et al., 2022; Horgan et al., 2014; Singh, 2022; Wolfert et al., 2017).

Penerapan antarmuka web lokal terbukti mempermudah observasi telemetri secara *real-time*, sejalan dengan konsep adopsi IoT di sektor pertanian untuk sentralisasi data pemantauan (Alamsyah et al., 2024; Patil

(Muhammad Irfan)

& Kale, 2016). Di samping itu, perolehan skor evaluasi TAM sebesar 90,63% mengindikasikan tingkat kepuasan dan kesiapan adopsi teknologi yang sangat tinggi oleh pengguna akhir (Dako et al., 2024; Venkatesh & Davis, 2000).

Meskipun secara fungsional sistem beroperasi dengan baik, terdapat sejumlah keterbatasan teknis yang teridentifikasi selama uji coba lapangan. Jangkauan deteksi objek visual masih sangat bergantung pada sudut pandang (*field of view*) dan posisi statis kamera Logitech yang digunakan. Selain itu, arsitektur sistem saat ini masih mengandalkan peladen lokal (*local server*) dan komputer jinjing (*laptop*) tanpa adanya integrasi peladen komputasi awan (*cloud storage*) maupun mekanisme notifikasi pesan instan otomatis. Keterbatasan ini memberikan peluang strategis bagi penelitian selanjutnya untuk mengimplementasikan modul nirkabel mandiri berdaya rendah, seperti ESP32-CAM, serta memperluas cakupan area pemantauan lahan.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan sistem pertanian cerdas berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk deteksi dini hama keong mas (*Pomacea canaliculata*) pada tanaman padi. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan kamera eksternal dengan model deteksi objek YOLOv8 serta dilengkapi rangkaian sensor lingkungan (DHT22, *soil moisture*, dan LDR) untuk mendukung pemantauan mikroklimat lahan secara langsung (*real-time*). Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi keberadaan hama dengan baik pada berbagai kondisi pencahayaan alami (pagi, siang, dan sore hari). Selain itu, evaluasi penerimaan pengguna melalui kerangka *Technology Acceptance Model* (TAM) memperoleh persentase penerimaan yang sangat tinggi, yaitu sebesar 90,63%. Dengan demikian, sistem ini dapat menjadi solusi aplikatif awal dalam mendukung penerapan pertanian presisi (*precision agriculture*) berbasis teknologi cerdas.

REFERENSI

- Alamsyah, K. M., Ulung, P., Fattah, A. D., Muzakky, M. H., & Pratama, D. (2024). Analisis implementasi Internet of Things di berbagai bidang. *Jurnal Rekayasa Informatika*, 1(2), 116–121.
- Dako, R. D. R., Radjak, I. Z., Wiranto, I., Dako, A. Y., & Nasibu, I. Z. (2024). Evaluasi penerimaan sistem informasi ft.ung.ac.id dengan pendekatan metode TAM. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 6(1), 108–114. <https://doi.org/10.37905/jjee.v6i1.23381>
- Elijah, O., Rahman, T. A., Orikumhi, I., Leow, C. Y., & Hindia, M. N. (2018). An overview of Internet of Things (IoT) and data analytics in agriculture: Benefits and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(5), 3758–3773. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2844296>
- Ferentinos, K. P. (2018). Deep learning models for plant disease detection and diagnosis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 145, 311–318. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.01.009>
- Hidayat, A. A., Andre, H., & Angraini, R. (2022). The design of soil temperature and humidity monitoring systems with IoT-based LoRa technology. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 11(3), 164–172. <https://doi.org/10.25077/jnte.v11n3.1074.2022>
- Horgan, F. G., Stuart, A. M., & Kudavidanage, E. P. (2014). Impact of invasive apple snails on the functioning and services of natural and managed wetlands. *Acta Oecologica*, 54, 90–100. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2012.10.002>
- Hutauruk, J. S. W., Matulatan, T., & Hayaty, N. (2020). Deteksi kendaraan secara real time menggunakan metode YOLO berbasis Android. *Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan*, 9(1), 8–14. <https://doi.org/10.31629/sustainable.v9i1.1401>
- Patil, K. A., & Kale, N. R. (2016, December). A model for smart agriculture using IoT. In *2016 International Conference on Global Trends in Signal Processing, Information Computing and Communication (ICGTSPICC)* (pp. 543–545). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICGTSPICC.2016.7955360>
- Santosa, A. A., Fu'adah, R. Y. N., & Rizal, S. (2023). Deteksi penyakit pada tanaman padi menggunakan pengolahan citra digital dengan metode Convolutional Neural Network. *Journal of Electrical and System Control Engineering*, 6(2), 98–108. <https://doi.org/10.31289/jesce.v6i2.8198>
- Shafik, W., Tufail, A., De Silva, L. C., Haji Mohd Apeng, R. A. A., & Kim, K. H. (2025). Deep learning technique for plant disease classification and pest detection and model explainability elevating agricultural sustainability. *BMC Plant Biology*, 25(1), Article 1491. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-07377-x>
- Singh, A. K. (2022). Smart farming: Applications of IoT in agriculture. In *Handbook of smart materials, technologies, and devices: Applications of Industry 4.0* (pp. 1655–1687). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-84205-5_117
- Ultralytics. (2023). YOLOv8 documentation. <https://docs.ultralytics.com>
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the Technology Acceptance Model: Four longitudinal field studies. *Management Science*, 46(2), 186–204. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.186.11926>
- Wardani, K., & Saputri, W. (2025). Aplikasi mobile untuk identifikasi hama tanaman menggunakan teknik image processing. *Journal of Computer Science and Information Technology*, 1(3), 100–107. <https://doi.org/10.70716/jocsit.v1i3.341>
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming—A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>