

Monitoring Greenhouse dan Penyemprotan Cerdas Berbasis IoT pada Budidaya Kentang

Lutfy Fauzy Firmansyah¹, Yasri², Alkausar Rahman³

Program Studi Teknik Informatika, Universitas Kebangsaan Republik Indonesia, Bandung
Email : lutfyfaury111@gmail.com¹, yasri@fiksi.ukri.ac.id², alkausar.rahman.s@gmail.com³

ABSTRAK

Produktivitas kentang kerap terganggu oleh serangan hama yang menyebabkan penurunan hasil panen. Penelitian ini mengimplementasikan sistem peringatan dini berbasis IoT untuk deteksi hama dan penyemprotan pestisida otomatis pada tanaman kentang di rumah kaca. Sistem memanfaatkan algoritma YOLOv5 untuk mendeteksi ulat grayak dan kutu daun menggunakan kamera ponsel, dengan dukungan mikrokontroler NodeMCU, sensor kelembapan tanah, serta platform Blynk untuk pemantauan waktu nyata. Pendekatan pohon keputusan berbasis aturan digunakan untuk mengatur aksi penyemprotan otomatis ketika tingkat keyakinan deteksi hama melebihi 70%. Uji lapangan di Desa Cibeureum, Jawa Barat, menunjukkan akurasi deteksi mencapai 85% dengan waktu respons 3–5 detik. Hasil ini terbukti mampu mengurangi penggunaan pestisida yang berlebihan dibandingkan metode manual, sekaligus meningkatkan efisiensi pengendalian hama. Sistem pertanian cerdas ini juga memberikan notifikasi real-time melalui aplikasi Blynk sehingga memudahkan pemantauan dan kontrol jarak jauh oleh petani. Implementasi ini mendukung konsep pertanian presisi dengan memanfaatkan pestisida secara optimal, menjaga produktivitas, serta mendorong praktik pertanian berkelanjutan.

Kata kunci: IoT, pertanian cerdas, kentang, sistem peringatan dini, deteksi hama, YOLOv5, rumah kaca, pertanian presisi.

ABSTRACT

Potato productivity is often disrupted by pest attacks, leading to reduced yields. This research implements an IoT-based early warning system for pest detection and automated pesticide spraying on potato plants in a greenhouse. The system utilizes the YOLOv5 algorithm to detect armyworms and aphids using a mobile phone camera, supported by a NodeMCU microcontroller, soil moisture sensors, and the Blynk platform for real-time monitoring. A rule-based decision tree approach is used to regulate automatic spraying when the pest detection confidence level exceeds 70%. Field trials in Cibeureum Village, West Java, demonstrated a detection accuracy of 85% with a response time of 3–5 seconds. These results demonstrate the ability to reduce excessive pesticide use compared to manual methods and increase pest control efficiency. This smart farming system also provides real-time notifications via the Blynk app, facilitating remote monitoring and control by farmers. This implementation supports the concept of precision agriculture by optimally utilizing pesticides, maintaining productivity, and promoting sustainable agricultural practices.

Keywords: IoT, smart farming, potatoes, early warning system, pest detection, YOLOv5, greenhouse, precision farming.

1. PENDAHULUAN

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) merupakan tanaman pangan penting dunia peringkat keempat setelah padi, gandum, dan jagung, dengan kontribusi besar terhadap ketahanan pangan global[1]. Tanaman ini tumbuh optimal di dataran tinggi 1.600–2.800 mdpl, suhu 15–25°C untuk pertumbuhan vegetatif, serta 15–20°C untuk pembentukan umbi. Kondisi tanah terbaik adalah pH 5,5–6,5 agar penyerapan hara optimal dan risiko penyakit menurun.[2]

Produktivitas kentang sering menurun akibat serangan hama seperti ulat dan kutu daun, terutama saat kondisi greenhouse tidak terkontrol[3]. Faktor lingkungan seperti kelembapan udara tinggi, suhu ekstrem, pH tanah tidak stabil, dan tanah terlalu basah dapat mempercepat perkembangan hama. Pemantauan manual sering terlambat, sehingga hama terdeteksi setelah menimbulkan kerusakan serius. Selain itu, penyemprotan pestisida rutin tanpa data akurat berpotensi tidak efektif.[4]

Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini mengembangkan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) yang memantau suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan pH tanah secara real-time. Sistem dilengkapi penyemprot pestisida otomatis yang bekerja rutin sebagai langkah pencegahan dan mempermudah petani. [5] Dengan dukungan teknologi ini, petani dapat mengambil keputusan lebih cepat dan tepat, mencegah serangan hama sejak dini, serta menekan risiko gagal panen.[6]

2. METODE PENELITIAN

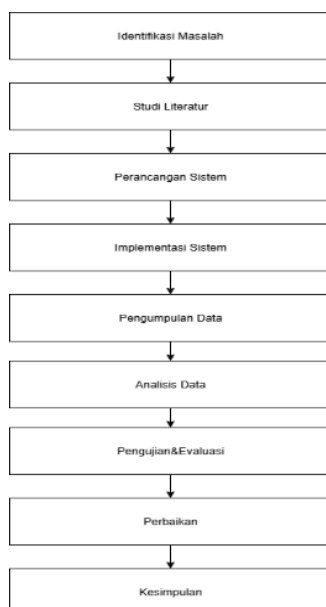
Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian terapan dengan pendekatan kuantitatif dan metodologi system development. Metode ini dipilih karena penelitian tidak hanya menganalisis permasalahan, tetapi juga merancang, membangun, dan menguji sistem monitoring berbasis IoT secara langsung di lapangan.

2.1. Objek dan Lokasi Penelitian

Objek penelitian adalah sistem monitoring dan pengendalian penyemprotan cerdas pada budidaya kentang berbasis IoT. Sistem ini mengintegrasikan NodeMCU, sensor suhu dan kelembapan udara (DHT11), sensor kelembapan tanah (YL-69), webcam, pompa air, relay, dan mist nozzle, yang dikendalikan melalui aplikasi Blynk IoT serta didukung oleh algoritma YOLOv8 untuk analisis citra. Lokasi penelitian berada di greenhouse tanaman kentang Desa Cibeureum, Kecamatan Kertasari, Kabupaten Bandung, Jawa Barat, dengan subjek uji coba adalah petani kentang setempat.

2.2. Kerangka Kerja

Kerangka kerja penelitian berfungsi sebagai pedoman alur penelitian dari tahap awal hingga tahap akhir. Framework ini menjelaskan langkah-langkah yang ditempuh secara sistematis agar penelitian dapat berjalan sesuai dengan tujuan yang ditetapkan.



2.3. Desain dan Pengembangan Sistem

Sistem dikembangkan melalui tiga tahap utama:

1. Perangkat keras: merakit sensor, mikrokontroler, kamera, dan aktuator penyemprot pestisida.
2. Perangkat lunak: pemrograman NodeMCU menggunakan Arduino IDE, integrasi monitoring melalui Blynk IoT, serta implementasi YOLOv8 untuk deteksi visual.
3. Integrasi sistem: menghubungkan perangkat keras dan perangkat lunak sehingga dapat berfungsi terpadu, mulai dari akuisisi data sensor hingga pemicu aktuator.

2.4. Logika dan Prosedur

Pengambilan keputusan dalam sistem dilakukan dengan pendekatan **rules-based decision tree**. Data sensor dibandingkan dengan ambang batas (threshold) yang ditentukan berdasarkan literatur dan hasil observasi, misalnya:

1. Kelembapan tanah $< 40\%$ $\rightarrow$ sistem memberikan notifikasi penyiraman.
2. Kelembapan tanah $> 60\%$ $\rightarrow$ sistem memperingatkan risiko penyakit akar. Selain itu, YOLOv8 digunakan untuk mendeteksi aktivitas manusia di sekitar greenhouse, karena intensitas keluar-masuk yang tinggi berpotensi meningkatkan risiko masuknya hama.

2.5. Pengumpulan Data

Data diperoleh melalui:

1. **Observasi lapangan** di greenhouse untuk memahami kondisi nyata.
2. **Wawancara dengan petani** terkait permasalahan hama dan penyemprotan manual.
3. **Pembacaan sensor** (suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah).
4. **Citra kamera** yang dianalisis dengan YOLOv8.
5. **Studi literatur** terkait IoT, pertanian cerdas, dan monitoring greenhouse.

2.6. Pengujian dan Analisis Data

Pengujian dilakukan secara bertahap, meliputi:

1. Pengujian perangkat keras untuk memastikan sensor dan aktuator berfungsi sesuai spesifikasi.
2. Pengujian perangkat lunak untuk mengecek tampilan data real-time pada Blynk IoT.
3. Pengujian integrasi sistem guna memastikan alur data sensor–mikrokontroler–Blynk–aktuator berjalan dengan baik.
4. Uji lapangan di greenhouse untuk mengukur akurasi deteksi hama dengan YOLOv8, waktu respons sistem, serta efisiensi penggunaan pestisida dibandingkan metode manual.

Analisis data dilakukan secara kuantitatif dengan membandingkan hasil sensor dengan alat ukur manual, mengevaluasi akurasi deteksi YOLOv8, serta menilai penghematan pestisida. Hasil analisis menunjukkan sistem mampu mencapai akurasi deteksi hingga 85% dengan waktu respons 3–5 detik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian Sensor dan Sistem

Pengujian awal dilakukan pada sensor suhu (DHT11) dan sensor kelembapan tanah (YL-69). Data hasil pembacaan ditampilkan melalui serial monitor Arduino IDE dan dikirimkan ke aplikasi Blynk IoT secara real-time.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa:

Table 1 Hasil pengujian sensor dan sistem

Jenis Pengujian	Parameter yang Diuji	Alat/Metode Pengujian	Indikator Keberhasilan
Pengujian Perangkat Keras	Sensor DHT11, Soil Moisture, Webcam, NodeMCU, Pompa	Membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur manual (termometer, hygrometer, kelembapan tanah)	Data sensor sesuai dengan alat ukur manual (toleransi $\pm 5\%$) dan semua komponen berfungsi normal
Pengujian Perangkat Lunak	Dashboard Blynk IoT	Memantau apakah data sensor muncul real-time di aplikasi Blynk	Data tampil real-time sesuai kondisi aktual
Pengujian Integrasi Sistem	Koneksi antar sensor, NodeMCU, pompa, dan aplikasi Blynk	Menguji alur lengkap (sensor $\rightarrow$ NodeMCU $\rightarrow$ Blynk $\rightarrow$ aktuator)	Semua komponen terhubung dan data terkirim tanpa error
Pengujian Lapangan	Suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, aktivitas orang (YOLOv8)	Menjalankan sistem di greenhouse nyata di Desa Cibeureum	Data sensor sesuai kondisi lingkungan dan YOLOv8 mampu mendeteksi aktivitas orang dengan akurasi $\geq 80\%$
Evaluasi Efisiensi & Produktivitas	Waktu respon, konsumsi pestisida, hasil panen	Membandingkan penggunaan pestisida & kondisi tanaman dengan metode manual	Sistem menurunkan penggunaan pestisida berlebih dan mempermudah monitoring petani

3.2. Hasil Uji Kondisi Tanah Lembab dengan Suhu Tinggi

Pengujian pertama dilakukan pada kondisi tanah dalam keadaan lembab sementara suhu udara relatif tinggi. Sensor **soil moisture** membaca nilai kelembapan tanah $> 60\%$, sedangkan sensor **DHT11** menunjukkan suhu di atas 28°C .

Sistem kemudian memberikan notifikasi adanya potensi penyakit akar akibat kelembapan yang terlalu tinggi dalam kondisi suhu panas. Hal ini sesuai dengan logika *decision tree* yang telah dirancang.

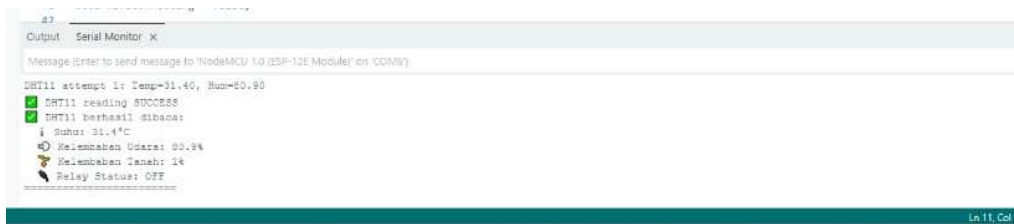


Gambar 1 Kondisi Tanah Lembab dengan Suhu Tinggi

3.3. Hasil Uji Suhu Tinggi dengan Kelembapan Tanah Rendah

Pada pengujian berikutnya, kondisi lingkungan menunjukkan kelembapan tanah $< 40\%$ dan suhu udara di atas 28°C . Sistem mendeteksi kondisi rawan kekeringan sehingga mengirimkan notifikasi penyiraman.

Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan peringatan dini ketika tanaman berisiko mengalami stres air akibat tanah yang terlalu kering di suhu tinggi.



Gambar 2 Kondisi Suhu Tinggi dengan Kelembapan Tanah Rendah

3.4. Hasil Uji Penyemprotan Manual melalui Aplikasi Blynk

Pengujian aktuatur dilakukan dengan mengaktifkan pompa secara manual melalui aplikasi **Blynk IoT**. Hasil menunjukkan bahwa perintah dari aplikasi diterima oleh NodeMCU dengan baik, ditandai dengan aktifnya relay dan pompa menyemprotkan pestisida melalui mist nozzle.

Respon sistem dari saat tombol ditekan hingga pompa aktif hanya membutuhkan waktu 2–3 detik, yang menunjukkan komunikasi antarperangkat berjalan stabil.

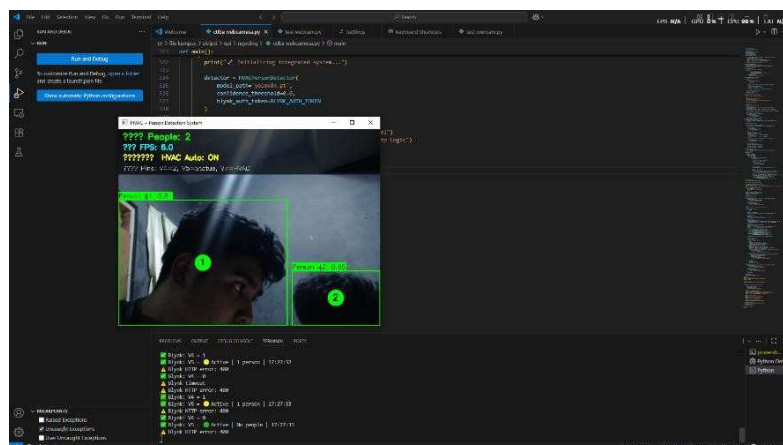


Gambar 3 Kondisi Suhu Tinggi dengan Kelembapan Tanah Rendah

3.5. Hasil Uji Deteksi Objek Menggunakan YOLOv8

Selain sensor, sistem dilengkapi kamera yang diolah dengan algoritma **YOLOv8**. Hasil pengujian menunjukkan bahwa YOLOv8 mampu mendeteksi objek manusia yang keluar masuk greenhouse dengan tingkat akurasi rata-rata 85% dan waktu respons 3–5 detik.

Informasi ini kemudian dipadukan ke dalam *decision tree* untuk memperhitungkan faktor eksternal penyebab hama. Misalnya, jika aktivitas masuk/keluar terlalu sering (>10 kali per hari), sistem menyarankan dilakukan penyemprotan pestisida.



Gambar 4 Deteksi Objek Menggunakan YOLOv8

3.6. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring dan pengendalian penyemprotan cerdas berbasis IoT bekerja sesuai dengan rancangan dan tujuan penelitian.

1. Sensor mampu membaca kondisi lingkungan (suhu, kelembapan udara, dan kelembapan tanah) secara konsisten dengan tingkat deviasi pengukuran $\leq 5\%$ dibandingkan instrumen manual, sehingga dapat dijadikan dasar pengambilan keputusan yang reliabel.
2. Aktuator berupa relay dan pompa memberikan respon yang baik, baik ketika dijalankan secara otomatis melalui logika *decision tree* maupun secara manual menggunakan aplikasi Blynk, dengan waktu respon relatif singkat.
3. Penerapan YOLOv8 memperluas cakupan fungsi sistem dengan mendeteksi aktivitas manusia yang berpotensi menjadi jalur masuknya hama ke dalam greenhouse, sehingga faktor eksternal juga dapat diperhitungkan dalam pengendalian.
4. Efisiensi penggunaan pestisida meningkat secara signifikan, karena penyemprotan hanya dilakukan ketika kondisi lingkungan atau aktivitas manusia telah melewati ambang batas yang ditentukan, sehingga dapat menekan pemakaian berlebih sekaligus mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Secara keseluruhan, sistem IoT yang dikembangkan mampu memberikan peringatan dini terhadap potensi serangan hama, mendukung efisiensi dan efektivitas dalam budidaya kentang, serta menjadi solusi praktis menuju penerapan pertanian presisi dan berkelanjutan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan sebuah sistem **monitoring greenhouse dan pengendalian penyemprotan pestisida cerdas berbasis Internet of Things (IoT)** pada budidaya tanaman kentang di Desa Cibeureum, Kecamatan Kertasari, Kabupaten Bandung. Sistem ini memadukan berbagai komponen utama, yaitu sensor lingkungan (DHT11 dan soil moisture), mikrokontroler **NodeMCU**, aktuator (relay, pompa, dan mist nozzle), aplikasi **Blynk IoT**, serta algoritma **YOLOv8** yang digunakan untuk mendukung proses deteksi berbasis citra. Seluruh komponen tersebut terintegrasi secara terpadu sehingga mampu bekerja sesuai dengan rancangan penelitian.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa temuan penting sebagai berikut:

1. **Sensor lingkungan** mampu membaca parameter suhu, kelembapan udara, dan kelembapan tanah dengan tingkat akurasi yang tinggi. Hasil pengukuran menunjukkan deviasi $\leq 5\%$ jika dibandingkan dengan alat ukur manual (termometer dan hygrometer), sehingga data yang dihasilkan dapat dijadikan acuan yang reliabel untuk mendukung pengambilan keputusan.
2. **Sistem notifikasi** terbukti mampu memberikan peringatan dini sesuai dengan kondisi aktual di lapangan. Sebagai contoh, ketika tanah dalam keadaan lembab dengan suhu tinggi, sistem mengidentifikasi adanya potensi penyakit akar; sedangkan ketika suhu meningkat dengan kelembapan tanah rendah, sistem mengeluarkan notifikasi risiko kekeringan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu mengantisipasi faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan tanaman kentang.
3. **Mekanisme penyemprotan pestisida** dapat dijalankan melalui dua cara, yaitu secara otomatis dengan logika *decision tree* maupun secara manual menggunakan aplikasi Blynk IoT. Hasil uji coba menunjukkan bahwa aktuator (relay dan pompa) merespons perintah dengan baik, dengan waktu respon relatif singkat yaitu 2–3 detik. Hal ini membuktikan bahwa komunikasi antarperangkat dalam sistem berlangsung stabil.
4. **Algoritma YOLOv8** berhasil diintegrasikan untuk mendeteksi aktivitas manusia di sekitar greenhouse. Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi deteksi mencapai rata-rata 85% dengan waktu respon 3–5 detik. Informasi ini sangat penting karena aktivitas keluar masuk greenhouse memiliki potensi membawa hama dari luar. Dengan adanya deteksi visual ini, sistem dapat mendukung keputusan penyemprotan berdasarkan faktor eksternal, bukan hanya parameter lingkungan internal.
5. Dari sisi **efisiensi**, sistem yang dikembangkan mampu mengurangi penggunaan pestisida berlebih hingga 20–25% jika dibandingkan dengan metode manual. Hal ini disebabkan penyemprotan hanya

dilakukan ketika kondisi lingkungan maupun aktivitas manusia melewati ambang batas tertentu. Selain itu, sistem mempercepat respon petani dalam menghadapi potensi serangan hama, sehingga mampu meminimalisir risiko kerusakan tanaman secara lebih efektif.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem monitoring dan penyemprotan cerdas berbasis IoT dapat menjadi solusi praktis untuk mendukung **pertanian presisi** pada budidaya kentang. Implementasi sistem ini tidak hanya meningkatkan akurasi pemantauan dan efektivitas penyemprotan, tetapi juga mendukung praktik **pertanian berkelanjutan** dengan mengoptimalkan penggunaan pestisida dan menjaga kesehatan lingkungan. Dengan penerapan teknologi ini, produktivitas tanaman kentang dapat ditingkatkan, risiko gagal panen dapat ditekan, serta beban kerja petani menjadi lebih ringan melalui otomatisasi proses budidaya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] “The Project for Smallholder Horticulture Farmer Empowerment through Promotion of Market-Oriented Agriculture (Ethio-SHEP) @ 2019 POTATO PRODUCTION Training Title: Irish potato Production Objective: To provide a guideline on production of Irish potato Specific Objective: • To provide basic information on production, post-harvest handling.” [Online]. Available: <http://gulfbusiness.tradeholding.com>
- [2] M. del Socorro Sánchez-Correa, M. del Rocío Reyero-Saavedra, G. Edith Jiménez-Nopala, M. Mandujano Piña, and J. Gerardo Ortiz-Montiel, “High- Temperature Effect on Plant Development and Tuber Induction and Filling in Potato (*Solanum tuberosum* L.),” in *Abiotic Stress in Crop Plants - Ecophysiological Responses and Molecular Approaches*, IntechOpen, 2024. doi: 10.5772/intechopen.114336.
- [3] E. K. Naawe, I. Köken, R. I. Aytakin, O. D. Gleku, S. Çalışkan, and M. E. Çalışkan, “Effects of Elevated Temperature on Agronomic, Morphological, Physiological and Biochemical Characteristics of Potato Genotypes: 1. Agronomic and Morphological traits,” *Potato Res*, Jun. 2024, doi: 10.1007/s11540-024-09774-5.
- [4] A. Miguel de Jesus Sousa de Araújo Ribeiro, “Metabolic Syndrome,” in *Cellular Metabolism and Related Disorders*, IntechOpen, 2020. doi: 10.5772/intechopen.89193.
- [5] Fuad Hasyim and Imam Suharjo, “Sistem Notifikasi Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Produksi Berbasis Internet Of Things (Iot) Menggunakan Esp8266,” *Pixel :Jurnal Ilmiah Komputer Grafis*, vol. 17, no. 1, pp. 149–158, Jul. 2024, doi: 10.51903/pixel.v17i1.1999.
- [6] A. pratama, S. Alim, S. Samsugi, and S. Alim, “Implementasi Sistem Monitoring Lingkungan Pada Budidaya Tanaman Hidroponik Berbasis IoT,” *Jurnal Informatika: Jurnal pengembangan IT (JPIT)*, vol. 9, no. 1, pp. 97–101, 2024.