



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 5 Nomor 3 Tahun 2025 Page 5372-5389

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Optimalisasi Teknologi IoT untuk Penyemprotan Tanaman Padi

Elysa Mei Pujiati Edy Santoso^{1✉}, Afu Ichsan Pradana², Joni Maulindar³

Universitas Duta Bangsa Surakarta

Email: elysameipes@gmail.com^{1✉}

Abstrak

Pertanian modern menuntut efisiensi dalam pengelolaan sumber daya, termasuk proses penyemprotan air, nutrisi, dan pestisida. Penelitian ini merancang sistem penyemprotan otomatis berbasis IoT pada tanaman padi menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor DHT11, soil moisture sensor, dan LDR. Data sensor digunakan untuk mengaktifkan pompa penyemprot secara otomatis berdasarkan kondisi lingkungan. Sistem terhubung dengan aplikasi Blynk untuk pemantauan real-time. Hasil menunjukkan sistem mampu mendeteksi perubahan suhu, kelembapan, dan cahaya secara akurat, dengan respon otomatis rata-rata di bawah 2 detik. Contohnya, pompa aktif saat kelembapan tanah <30% dan berhenti setelah mencapai ambang batas. Pemantauan melalui Blynk berjalan stabil. Sistem terbukti efektif dan potensial untuk otomatisasi pertanian skala kecil. Ke depan, pengembangan dapat mencakup integrasi machine learning untuk prediksi kebutuhan penyemprotan serta pengendalian berbasis zona lahan guna meningkatkan efisiensi dan skalabilitas.

Kata Kunci: *Automatisasi, IoT, NodeMCU ESP8266, Penyemprotan, Pertanian Padi*

Abstract

Modern agriculture demands efficiency in managing resources and time, including the spraying of water, nutrients, and pesticides. This study aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based automatic spraying system for rice crops. The system is developed using a NodeMCU ESP8266 microcontroller integrated with a DHT11 sensor for air temperature and humidity, a soil moisture sensor for soil humidity, and an LDR sensor for light intensity. Sensor data are used as parameters to trigger the spraying pump automatically. Additionally, the system is equipped with the Blynk application to monitor environmental conditions in real-time via mobile devices. The testing results show that the system can detect changes in temperature, soil moisture, and light intensity with good accuracy. The system responds automatically to environmental conditions with an average delay time of less than 2 seconds. For instance, when soil moisture drops below 30%, the spraying pump activates and deactivates once the threshold is reached. Real-time monitoring via Blynk is stable and reliable. Based on these results, the system successfully meets the research objectives and demonstrates potential for small-scale agricultural automation. Future developments may include machine learning-based prediction features or zone-based control to enhance efficiency.

Keywords: *Automation, IoT, NodeMCU ESP8266, Rice Farming, Spraying System*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah membawa dampak signifikan dalam berbagai sektor kehidupan, termasuk sektor pertanian yang kini tengah mengalami transformasi menuju era digital. IoT memungkinkan integrasi antara perangkat keras seperti sensor dan aktuator dengan sistem pemrosesan data secara real-time melalui jaringan internet. Dalam konteks pertanian, teknologi ini berperan penting dalam meningkatkan efisiensi produksi, pemantauan lingkungan secara berkelanjutan, serta pengelolaan sumber daya pertanian secara presisi. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan sistem pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan, konsep pertanian cerdas (smart agriculture) kini bukan lagi sekadar wacana futuristik, melainkan telah menjadi kebutuhan nyata, terutama dalam menghadapi tantangan seperti keterbatasan lahan, perubahan iklim global, ketidakpastian cuaca, serta kelangkaan tenaga kerja yang semakin terasa di banyak wilayah.

Salah satu praktik budidaya tanaman yang masih menghadapi tantangan besar dalam hal efisiensi adalah proses penyemprotan pestisida dan pemberian nutrisi, terutama pada tanaman pangan strategis seperti padi. Di banyak daerah, proses ini masih dilakukan secara manual, yang tidak hanya menyita banyak waktu dan tenaga, tetapi juga berisiko menyebabkan pemborosan bahan kimia akibat dosis aplikasi yang tidak akurat serta waktu penyemprotan yang tidak optimal. Ketidaktepatan dalam aplikasi ini tidak hanya berdampak

pada efisiensi biaya produksi, namun juga dapat menurunkan hasil panen serta meningkatkan risiko pencemaran lingkungan, baik melalui residu bahan kimia di air tanah maupun melalui dampaknya terhadap ekosistem lokal (Albet et al., 2024).

Tanaman padi dikenal sebagai tanaman yang sangat sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungan, seperti suhu udara, kelembapan tanah dan udara, serta intensitas cahaya matahari. Setiap perubahan kecil dalam parameter tersebut dapat memengaruhi proses fisiologis tanaman, mulai dari pertumbuhan vegetatif hingga pembentukan malai. Oleh karena itu, keterlambatan dalam merespons dinamika lingkungan dapat berpengaruh langsung terhadap kualitas dan kuantitas produksi. Dalam konteks ini, sistem pertanian yang hanya mengandalkan intuisi atau pengalaman subjektif petani tidak lagi cukup untuk menjawab kebutuhan pertanian modern yang menuntut ketepatan dan kecepatan dalam pengambilan keputusan.

Integrasi teknologi IoT dalam sistem penyemprotan otomatis menjadi solusi prospektif untuk mengatasi permasalahan-permasalahan tersebut. Dengan memanfaatkan sensor-sensor lingkungan yang terhubung ke jaringan, sistem ini mampu memantau kondisi lapangan secara real-time, melakukan analisis data dengan cepat, dan mengaktifkan aktuator seperti pompa penyemprot secara otomatis sesuai dengan kebutuhan aktual tanaman. Pendekatan ini menjadikan proses penyemprotan bersifat otomatis dan berbasis data, bukan lagi tergantung pada penilaian subjektif petani (Albasith, 2023; Babu et al., 2023; Dwiyoatno et al., 2022). Hasilnya adalah peningkatan efisiensi penggunaan bahan kimia, pengurangan dampak negatif terhadap lingkungan, serta peningkatan hasil dan mutu produksi pertanian.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengkaji dan mengembangkan teknologi serupa dengan berbagai pendekatan. (Ahmed et al., 2024) mengusulkan sistem manajemen hama berbasis IoT yang mendukung konsep pertanian presisi, dengan fokus pada kemampuan deteksi dini dan respons cepat terhadap serangan hama. Sementara itu, (Obaideen et al., 2022) melakukan tinjauan terhadap sistem irigasi pintar yang prinsip kerjanya dapat diadaptasi untuk kebutuhan penyemprotan otomatis. Di sisi lain, (Samsinar & Setiawan, 2023) mengembangkan sistem monitoring menggunakan mikrokontroler NodeMCU dan aplikasi Blynk, namun masih berfokus pada kontrol manual, sehingga belum sepenuhnya mengadopsi otomatisasi berbasis data lingkungan. Penelitian lain oleh (Fathurrohman et al., 2024; Ridwan et al., 2022) lebih menitikberatkan pada pemantauan kelembapan tanah dan otomatisasi sistem irigasi, tanpa menyertakan sistem penyemprotan pestisida atau nutrisi secara khusus. Adapun (Oka et al., 2022) telah menggunakan logika

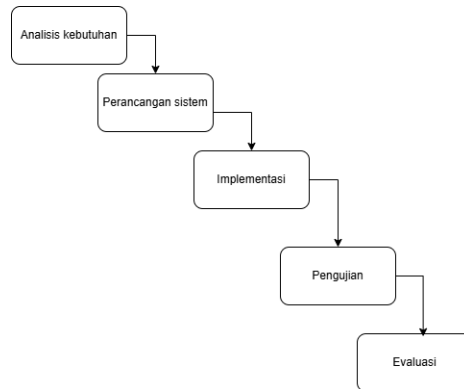
fuzzy sebagai pendekatan pengambilan keputusan dalam sistem penyemprotan, tetapi penelitian tersebut masih terbatas pada jenis tanaman tertentu sehingga belum dapat diterapkan secara luas pada tanaman pangan seperti padi. Namun demikian, belum ada sistem yang secara komprehensif mengintegrasikan sensor lingkungan, otomatisasi penyemprotan, dan konektivitas pengguna dalam satu kesatuan sistem berbasis IoT yang ramah bagi pengguna awam.

Berangkat dari berbagai studi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem penyemprotan otomatis berbasis IoT pada tanaman padi, yang dapat menyesuaikan penyemprotan pestisida dan nutrisi berdasarkan data suhu udara, kelembapan tanah dan udara, serta intensitas cahaya secara real-time. Sistem ini akan mengintegrasikan sensor lingkungan, mikrokontroler NodeMCU ESP8266, pompa DC sebagai aktuator, serta aplikasi Blynk sebagai antarmuka pengguna yang memungkinkan monitoring dan kontrol dari jarak jauh. Sistem ini dirancang agar mampu beroperasi secara mandiri tanpa campur tangan manusia secara langsung dalam pengambilan keputusan penyemprotan, sehingga mengurangi beban kerja petani, menghindari pemborosan bahan kimia, dan meningkatkan efektivitas penyemprotan berdasarkan kebutuhan tanaman secara spesifik. Secara teknis, sistem bekerja melalui tiga tahap utama: pertama, sensor-sensor lingkungan seperti DHT11, sensor kelembapan tanah, dan sensor cahaya LDR akan mengumpulkan data secara real-time. Kedua, data tersebut dikirim dan diproses oleh mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang telah diprogram dengan logika pengambilan keputusan berdasarkan ambang batas parameter. Ketiga, apabila kondisi lingkungan sesuai kriteria, maka aktuator berupa pompa DC akan diaktifkan untuk melakukan penyemprotan secara otomatis. Proses ini terhubung dengan aplikasi Blynk, sehingga petani dapat melakukan monitoring maupun kontrol manual secara mudah melalui smartphone, dengan antarmuka yang dirancang sederhana dan ramah pengguna.

Inovasi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya pertanian, mendukung produktivitas pertanian berkelanjutan, serta menjadi model penerapan pertanian presisi berbasis teknologi digital yang dapat direplikasi di berbagai daerah. Lebih dari itu, sistem ini diharapkan mampu menjadi solusi praktis bagi petani kecil dan menengah di Indonesia, yang selama ini terkendala dalam akses terhadap teknologi pertanian modern. Dalam jangka panjang, penerapan sistem ini juga sejalan dengan upaya nasional dalam memperkuat ketahanan pangan dan modernisasi pertanian, menjadikan Indonesia lebih siap menghadapi tantangan global seperti perubahan iklim dan pertumbuhan populasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi pendekatan rekayasa sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan metode eksperimental untuk merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi sistem penyemprotan otomatis pada tanaman padi berdasarkan parameter lingkungan. Metodologi dibagi ke dalam lima tahapan utama, yaitu analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi perangkat, pengujian, dan evaluasi performa. Proses penelitian seperti yang di tunjukan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alur penelitian

Gambar 1 menunjukkan tahapan metodologi penelitian yang terdiri dari lima langkah utama: analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan evaluasi. Tahapan pertama, analisis kebutuhan, bertujuan untuk mengidentifikasi perangkat keras dan parameter lingkungan yang diperlukan untuk membangun sistem penyemprotan otomatis berbasis IoT. Selanjutnya, pada tahap perancangan sistem, dilakukan integrasi berbagai sensor, mikrokontroler, dan aktuator ke dalam skematik sistem yang siap untuk direalisasikan. Setelah rancangan selesai, tahap implementasi dilakukan dengan merakit komponen sesuai skema dan memprogram mikrokontroler. Tahap berikutnya adalah pengujian, di mana sistem diuji pada berbagai kondisi lingkungan untuk menilai keakuratan dan keandalan fungsionalnya. Terakhir, tahap evaluasi dilakukan untuk menganalisis performa sistem secara menyeluruh, termasuk efektivitas dan efisiensi operasional dalam konteks penyemprotan otomatis pada tanaman padi.

Internet of Things (IoT) adalah sebuah konsep teknologi modern yang mengintegrasikan berbagai objek fisik seperti sensor, aktuator, dan perangkat elektronik lainnya ke dalam suatu jaringan internet untuk memungkinkan terjadinya pertukaran data secara otomatis dan real-time. Dengan kata lain, IoT memungkinkan perangkat untuk "berkomunikasi" satu sama lain tanpa campur tangan manusia secara langsung. Dalam konteks pertanian, penerapan IoT sangat bermanfaat dalam menciptakan sistem pertanian

cerdas (smart agriculture). Sistem ini mampu memantau berbagai kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, intensitas cahaya, dan kelembapan tanah, kemudian merespons secara otomatis berdasarkan data yang diterima. Hal ini memungkinkan proses pertanian menjadi lebih efisien, presisi, dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan, sehingga dapat meningkatkan produktivitas serta mengurangi pemborosan sumber daya seperti air dan energi.

Pertanian presisi merupakan pendekatan modern dalam pengelolaan pertanian yang mengandalkan penggunaan teknologi informasi dan sensor untuk mengumpulkan data secara real-time. Tujuan utama dari pertanian presisi adalah mengoptimalkan penggunaan input pertanian seperti air, pupuk, dan pestisida secara tepat guna dan sesuai dengan kebutuhan aktual tanaman. Dengan demikian, setiap bagian lahan pertanian dapat diperlakukan sesuai dengan kondisinya masing-masing, bukan secara menyeluruh seperti pada praktik konvensional. Hal ini tidak hanya berkontribusi pada peningkatan hasil panen, tetapi juga mendukung praktik pertanian berkelanjutan dengan cara mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, seperti pencemaran tanah dan air akibat penggunaan bahan kimia yang berlebihan.

Sistem otomatisasi berbasis sensor merupakan implementasi teknologi yang menggunakan kombinasi sensor dan aktuator yang dikendalikan oleh mikrokontroler untuk menjalankan fungsi tertentu secara otomatis. Dalam sistem ini, sensor berperan sebagai alat pemantau yang mendeteksi kondisi lingkungan misalnya suhu, kelembapan, atau intensitas cahaya dan mengirimkan data tersebut ke mikrokontroler. Mikrokontroler kemudian memproses data tersebut dan menentukan apakah perlu dilakukan aksi tertentu, seperti menghidupkan pompa penyemprot jika tanah terdeteksi kering atau suhu lingkungan terlalu tinggi. Sistem seperti ini sangat efektif untuk mengurangi ketergantungan pada intervensi manusia dalam operasional sehari-hari, sekaligus meningkatkan efisiensi dan konsistensi dalam pemeliharaan tanaman.

NodeMCU ESP8266 merupakan mikrokontroler berbasis chip ESP8266 yang telah dilengkapi dengan modul Wi-Fi terintegrasi, memungkinkan perangkat ini terhubung langsung ke jaringan internet. Keunggulan utamanya terletak pada kemampuannya untuk menjalankan logika pemrograman, membaca data dari sensor-sensor eksternal, serta mengirim dan menerima data melalui jaringan nirkabel. Dalam sistem penyemprotan otomatis berbasis IoT, NodeMCU berfungsi sebagai otak sistem yang memproses data dari sensor dan mengendalikan aktuator seperti pompa dan relay.

DHT11 dan DHT22 adalah jenis sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara. DHT11 memiliki harga yang lebih ekonomis, namun dengan tingkat akurasi dan rentang pengukuran yang lebih terbatas. Sebaliknya, DHT22 menawarkan akurasi yang lebih tinggi dan jangkauan suhu yang lebih luas, menjadikannya lebih andal untuk sistem yang membutuhkan pengukuran lingkungan yang presisi. Sensor ini sangat penting dalam pemantauan kondisi iklim mikro yang memengaruhi pertumbuhan tanaman.

Soil Moisture Sensor adalah sensor resistif yang digunakan untuk mengukur tingkat kelembapan tanah. Sensor ini bekerja dengan mengukur resistansi listrik antara dua probe logam yang tertanam di tanah. Semakin kering tanah, semakin besar resistansi yang terbaca. Data ini sangat berguna untuk menentukan kebutuhan penyiraman tanaman secara otomatis, sehingga mencegah kekeringan maupun penyiraman berlebih.

LDR (Light Dependent Resistor) merupakan sensor cahaya pasif yang memiliki resistansi yang berubah-ubah tergantung pada intensitas cahaya yang diterimanya. Pada kondisi terang, resistansinya rendah; sedangkan dalam kondisi gelap, resistansinya meningkat. Sensor ini bermanfaat untuk mengukur intensitas pencahayaan sekitar tanaman, yang dapat menjadi salah satu indikator dalam pengambilan keputusan penyemprotan atau perlindungan tanaman.

Pompa DC 12V adalah aktuator yang digunakan untuk mengalirkan cairan seperti air, nutrisi, atau pestisida ke tanaman. Pompa ini dikendalikan secara elektronik oleh mikrokontroler melalui modul relay. Saat sistem mendeteksi bahwa kondisi lingkungan membutuhkan penyemprotan, pompa akan diaktifkan untuk menjalankan proses tersebut secara otomatis.

Relay 1-Channel adalah saklar elektronik yang memungkinkan mikrokontroler untuk mengontrol perangkat listrik bertegangan tinggi seperti pompa. Relay ini bekerja dengan menerima sinyal digital dari mikrokontroler untuk membuka atau menutup rangkaian listrik, sehingga perangkat dapat dinyalakan atau dimatikan sesuai kebutuhan sistem.

Breadboard merupakan papan sirkuit sementara yang digunakan untuk merangkai dan menguji sistem elektronik tanpa perlu menyolder komponen. Penggunaan breadboard sangat membantu dalam tahap perancangan dan pengujian sistem, karena memungkinkan perbaikan dan perubahan rangkaian dengan cepat dan mudah.

Aplikasi Blynk adalah platform IoT berbasis cloud yang memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengendalikan perangkat elektronik dari jarak jauh melalui antarmuka mobile. Dalam sistem ini, Blynk digunakan sebagai media monitoring dan

kontrol, di mana pengguna dapat melihat data sensor secara real-time serta mengaktifkan atau menonaktifkan sistem penyemprotan dari smartphone mereka, memberikan kemudahan dan fleksibilitas dalam pengelolaan pertanian berbasis IoT.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kebutuhan Sistem

Tahap awal dalam pengembangan sistem penyemprotan otomatis berbasis IoT adalah melakukan analisis kebutuhan perangkat keras dan parameter lingkungan yang relevan untuk tanaman padi. Sistem ini dirancang menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebagai unit kendali utama yang memiliki konektivitas Wi-Fi untuk memungkinkan komunikasi data secara *real-time*. Sensor yang digunakan terdiri dari DHT11 atau DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, sensor kelembapan tanah (*soil moisture sensor*) untuk mengetahui kondisi media tanam, serta sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) untuk mengukur intensitas cahaya. Sebagai aktuator, sistem menggunakan pompa DC 12V yang dikendalikan melalui modul relay, sedangkan seluruh rangkaian didukung oleh catu daya eksternal. Untuk antarmuka pengguna, digunakan platform Blynk yang menampilkan data sensor secara langsung dan memungkinkan kontrol manual terhadap pompa penyemprot.

Parameter lingkungan yang dijadikan acuan untuk aktivasi penyemprotan ditentukan berdasarkan ambang batas tertentu, yaitu suhu udara di atas 32°C, kelembapan tanah di bawah 40%, dan intensitas cahaya kurang dari 300 lux. Ketika satu atau lebih parameter tersebut melampaui ambang batas yang telah ditentukan, sistem akan mengaktifkan pompa secara otomatis untuk melakukan penyemprotan. Dengan pendekatan ini, sistem dapat memastikan bahwa tindakan penyemprotan hanya dilakukan pada saat tanaman benar-benar membutuhkan perlakuan, sehingga efisiensi penggunaan bahan dan waktu dapat tercapai.

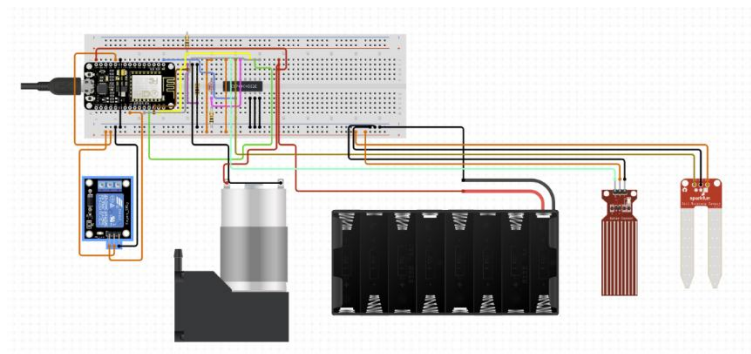
Perancangan Sistem

Perancangan sistem penyemprotan otomatis ini terdiri atas integrasi antara berbagai sensor lingkungan, mikrokontroler NodeMCU ESP8266, aktuator berupa pompa air DC, serta komponen pengendali seperti modul relay. NodeMCU berfungsi sebagai otak sistem, mengumpulkan data dari sensor-sensor, memprosesnya, dan kemudian mengambil keputusan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan aktuator. Antarmuka pengguna

dibangun menggunakan aplikasi Blynk yang memungkinkan pemantauan dan kontrol sistem secara *real-time* melalui koneksi internet.

Sensor-sensor yang digunakan dalam sistem ini antara lain sensor suhu dan kelembapan udara (DHT11), sensor kelembapan tanah berbasis resistif, serta sensor intensitas cahaya (LDR). Sensor DHT11 terhubung ke salah satu pin digital NodeMCU untuk mengukur suhu dan kelembapan udara. Sensor kelembapan tanah dipasang di media tanam dan mengirimkan sinyal analog ke pin ADC NodeMCU. Sensor intensitas cahaya LDR dirangkai secara sederhana dalam konfigurasi pembagi tegangan dan juga dihubungkan ke pin analog.

Untuk mengendalikan penyemprotan, digunakan modul relay 1 channel yang berfungsi sebagai saklar elektronik untuk mengaktifkan pompa air DC. Pompa ini mendapatkan catu daya terpisah dari baterai eksternal bertegangan 9V–12V yang dihubungkan melalui modul relay untuk menjaga kestabilan daya. NodeMCU terhubung ke jaringan Wi-Fi dan dikonfigurasi agar dapat berkomunikasi dengan platform Blynk, di mana pengguna dapat memantau parameter lingkungan serta melakukan kontrol manual jika diperlukan.



Gambar 2. Skematik Rangkaian

Dalam skematik pada Gambar 2, terlihat bahwa semua komponen disusun di atas breadboard. NodeMCU berada di bagian kiri atas dan menjadi pusat koneksi dari semua sensor dan aktuator. Modul relay ditempatkan terpisah namun terhubung langsung dengan NodeMCU dan pompa. Sensor kelembapan tanah dan sensor air terhubung ke sisi kanan sirkuit, dengan kabel-kabel berwarna mewakili koneksi daya (merah), ground (hitam), dan sinyal (berbagai warna tergantung fungsinya). Rangkaian ini memungkinkan sistem bekerja secara otomatis berdasarkan ambang batas parameter lingkungan yang telah diprogram dalam mikrokontroler.

Tabel 1. Pinout yang di gunakan

Komponen	Pin NodeMCU	Keterangan
Relay 1 channel	D1 (GPIO5)	Kontrol pompa DC
Soil Moisture Sensor	A0	Membaca kelembapan tanah (analog)
DHT11/DHT22	D2 (GPIO4)	Data sensor suhu dan kelembapan udara
LDR (Sensor Cahaya)	A0 (<i>melalui pembagi</i>)	Membaca intensitas cahaya (analog sharing)
Pompa DC 12V	-	Dikendalikan oleh relay
Breadboard Power Supply	Vin / 3V3 / GND	Sumber daya komponen melalui breadboard
Baterai (Battery Pack)	VCC & GND	Sumber daya utama untuk pompa

Dalam sistem ini, mikrokontroler NodeMCU ESP8266 berperan sebagai pusat kendali utama yang mengatur komunikasi antara sensor, aktuator, dan modul kendali lainnya. Pin D1 (GPIO5) pada NodeMCU digunakan untuk mengendalikan modul relay 1-channel, yang berfungsi sebagai saklar elektronik untuk menghubungkan atau memutus aliran listrik ke pompa DC 12V. Pompa akan aktif ketika sinyal logika dari D1 bernilai LOW, menandakan bahwa kelembapan tanah berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan.

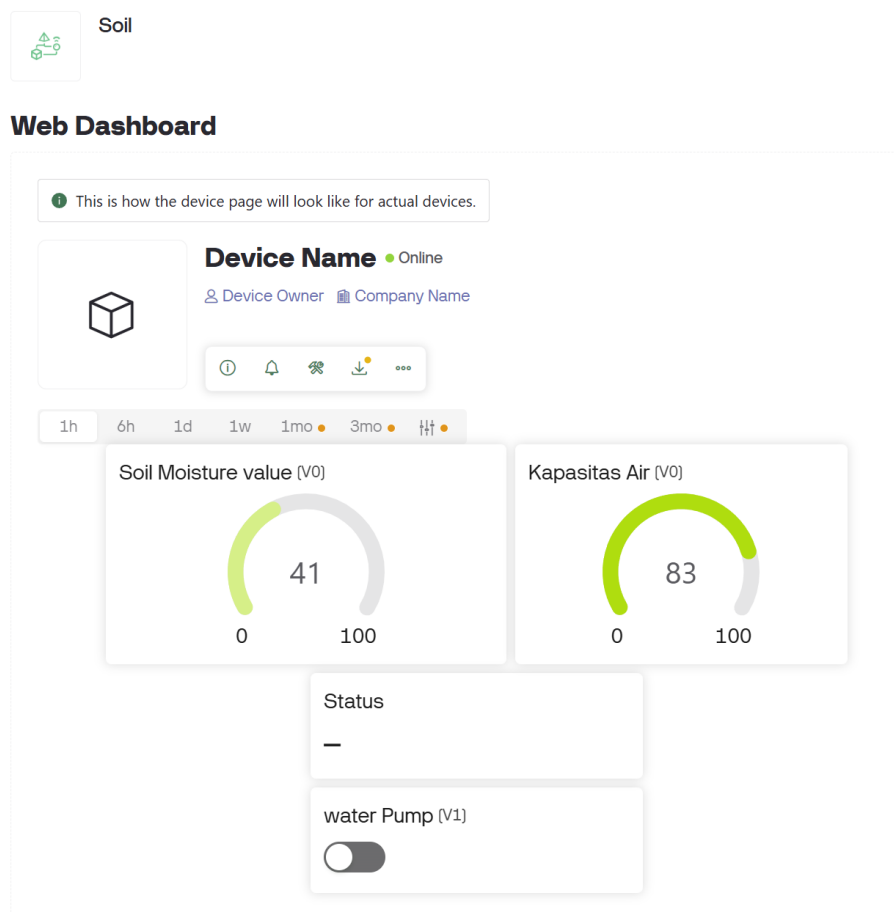
Sensor suhu dan kelembapan udara DHT11 atau DHT22 terhubung ke pin D2 (GPIO4) NodeMCU. Pin ini digunakan untuk menerima data digital dari sensor, yang selanjutnya diproses untuk memantau kondisi iklim di sekitar tanaman. Sementara itu, sensor kelembapan tanah (soil moisture sensor) dihubungkan ke pin A0 NodeMCU, yang merupakan satu-satunya pin analog pada perangkat ini. Sensor ini mengirimkan sinyal analog yang merepresentasikan tingkat kelembapan tanah berdasarkan resistansi antara dua probe logam. Pada beberapa implementasi, pin A0 juga digunakan bersama dengan sensor cahaya LDR melalui rangkaian pembagi tegangan, karena keduanya menghasilkan sinyal analog. Oleh karena itu, diperlukan manajemen pembacaan data yang bergantian (multiplexing) atau pemisahan input jika digunakan secara bersamaan.

Sumber daya untuk sistem berasal dari dua jalur. Sensor dan mikrokontroler mendapatkan suplai tegangan dari port USB atau pin Vin/3V3 yang disambungkan melalui breadboard. Sedangkan pompa DC mendapatkan suplai daya terpisah dari battery pack eksternal yang dihubungkan melalui terminal relay untuk memastikan pompa mendapatkan arus yang cukup. Semua komponen menggunakan ground yang sama (common ground) yang disambungkan ke GND NodeMCU untuk menjaga kestabilan sistem.

Dengan konfigurasi ini, sistem penyemprotan dapat diaktifkan secara otomatis ketika kondisi suhu terlalu tinggi, kelembapan udara atau tanah terlalu rendah, atau intensitas cahaya melebihi batas tertentu. Sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi dan akurasi penyemprotan, tetapi juga mengurangi keterlibatan tenaga manusia dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya.

Implementasi Perangkat

Tahap implementasi mencakup perakitan seluruh komponen ke dalam prototipe kerja. NodeMCU diprogram menggunakan Arduino IDE dengan pustaka DHT.h, ESP8266WiFi.h, dan BlynkSimpleEsp8266.h. Sistem dikalibrasi untuk membaca data sensor setiap 10 detik dan mengirimkannya ke cloud secara berkala. Pompa dikendalikan oleh relay yang hanya aktif bila kondisi lingkungan memenuhi kriteria penyemprotan. Prototipe diuji dalam lingkungan indoor dengan sumber cahaya dan kelembapan buatan untuk simulasi berbagai skenario lingkungan.



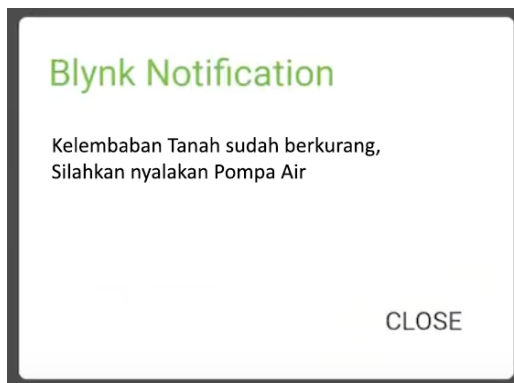
Gambar 3. Tampilan *Dashboard* Penyemprotan Padi

Tampilan antarmuka Web Dashboard Blynk pada sistem penyemprotan otomatis berbasis IoT berfungsi sebagai media pemantauan dan pengendalian perangkat secara jarak jauh melalui jaringan internet. Dashboard ini menampilkan informasi utama terkait kondisi kelembapan tanah dan status perangkat dalam bentuk visual yang interaktif. Pada bagian atas, terdapat keterangan nama perangkat (Device Name) yang disertai status "Online" berwarna hijau, menandakan bahwa perangkat NodeMCU ESP8266 telah berhasil terhubung dengan server Blynk dan siap beroperasi secara real-time.

Salah satu elemen penting dalam dashboard ini adalah widget berbentuk gauge yang menunjukkan nilai Soil Moisture. Nilai ini merupakan data yang dikirimkan dari sensor kelembapan tanah dan ditampilkan dalam rentang 0 hingga 100 persen. Semakin rendah nilainya, semakin kering kondisi tanah. Dalam contoh tampilan, nilai kelembapan tercatat sebesar 41%, yang menandakan kondisi tanah mulai mengering. Selain itu, terdapat juga widget gauge lainnya dengan label Kapasitas Air, yang menunjukkan persentase ketersediaan air, baik dalam tanah maupun dalam tangki cadangan, tergantung dari sumber datanya. Dalam gambar, nilai kapasitas air ditampilkan sebesar 83%, yang berarti kondisi masih mencukupi.

Widget teks dengan label Status digunakan untuk memberikan informasi tambahan berupa kondisi sistem atau aktivitas perangkat, seperti apakah pompa dalam keadaan aktif atau tidak, atau apakah penyemprotan dilakukan secara otomatis. Sementara itu, widget Water Pump yang berupa tombol saklar (switch) virtual memungkinkan pengguna untuk menyalakan atau mematikan pompa air secara manual dari jarak jauh. Widget ini terhubung ke pin virtual V1 pada platform Blynk, yang kemudian diteruskan ke NodeMCU untuk mengendalikan relay sebagai pemicu pompa.

Tersedia pula pilihan rentang waktu seperti 1 jam, 6 jam, 1 hari, hingga 3 bulan di bagian atas dashboard, yang berguna untuk menampilkan histori data sensor jika fitur pencatatan (logging) diaktifkan. Seluruh tampilan ini memudahkan pengguna dalam melakukan monitoring dan kontrol terhadap kondisi tanaman serta sistem penyemprotan air secara efisien, tanpa perlu hadir langsung di lokasi. Sistem ini sangat berguna dalam penerapan pertanian presisi, terutama pada area yang sulit dijangkau atau dalam pengelolaan lahan skala besar.



Gambar 4. Notifikasi Pengingat kelembaban Tanah

Gambar 4 menunjukkan tampilan notifikasi otomatis dari aplikasi Blynk yang berfungsi sebagai sistem peringatan dini dalam pemantauan kelembaban tanah. Notifikasi ini muncul ketika sensor kelembaban tanah mendeteksi bahwa tingkat kelembaban berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan sebelumnya. Pesan yang ditampilkan berbunyi *"Kelembaban Tanah sudah berkurang, Silahkan nyalakan Pompa Air"*, yang bertujuan memberi peringatan kepada pengguna agar segera melakukan tindakan penyiraman, baik secara manual melalui aplikasi atau mengaktifkan sistem penyemprotan otomatis.

Fitur notifikasi ini sangat penting dalam sistem berbasis IoT karena memungkinkan pengguna untuk tetap mendapatkan informasi kondisi tanaman secara real-time, bahkan ketika tidak berada di lokasi. Dengan adanya pemberitahuan semacam ini, pengguna dapat segera merespons perubahan kondisi lingkungan yang berpotensi mempengaruhi kesehatan tanaman, sehingga meningkatkan efisiensi pengelolaan pertanian dan mencegah risiko kekeringan pada tanaman. Sistem ini juga menjadi bagian integral dari konsep pertanian presisi, di mana pengambilan keputusan dilakukan berdasarkan data yang akurat dan waktu yang tepat.

Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan selama tiga hari dengan sepuluh skenario berbeda guna mengevaluasi kinerja keseluruhan sistem dari berbagai aspek. Aspek yang diuji meliputi responsivitas sistem terhadap perubahan parameter lingkungan, akurasi pembacaan sensor, serta efektivitas mekanisme penyemprotan. Responsivitas sistem diuji dengan mensimulasikan perubahan suhu, kelembaban tanah, dan intensitas cahaya secara bertahap, kemudian mencatat waktu jeda antara perubahan tersebut dan aktivasi pompa penyemprot. Rata-rata waktu respons sistem tercatat kurang dari dua detik, yang menunjukkan sistem mampu merespons secara real-time. Akurasi sensor dievaluasi dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur eksternal seperti termometer

digital dan alat ukur kelembapan tanah manual, dan didapatkan deviasi rata-rata kurang dari $\pm 5\%$, yang masih berada dalam batas toleransi akurasi sistem monitoring berbasis IoT. Efektivitas penyemprotan dianalisis dari volume cairan yang digunakan serta area semprot yang tercapai dalam setiap skenario. Data hasil pengujian didokumentasikan secara otomatis melalui platform Blynk, serta dicatat secara manual untuk keperluan validasi silang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan penyemprotan secara efisien dan sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.

Tabel 2. Skenario Pengujian alat

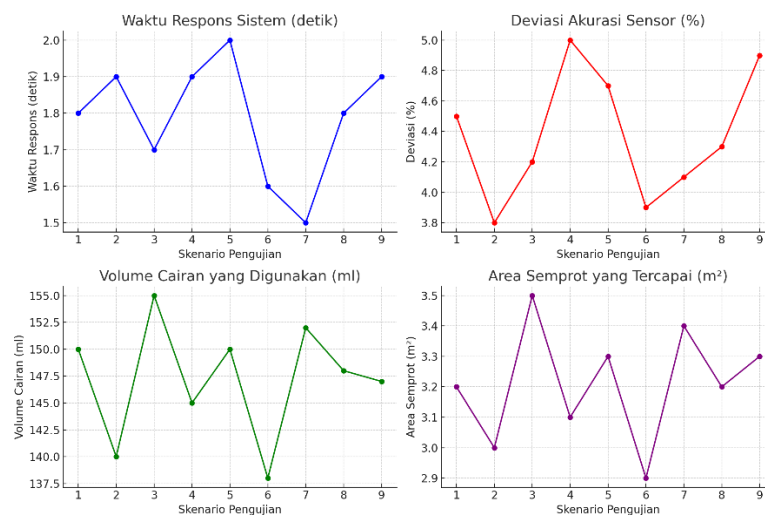
Skenario Pengujian	Parameter Lingkungan	Waktu Respons (detik)	Akurasi Sensor (%)	Volume Cairan (ml)	Area Semprot (m^2)
Simulasi suhu naik bertahap	Suhu	1.8	4.5	150	3.2
Simulasi kelembapan tanah turun	Kelembapan tanah	1.9	3.8	140	3.0
Simulasi intensitas cahaya naik	Intensitas cahaya	1.7	4.2	155	3.5
Perubahan suhu dan kelembapan tanah	Suhu kelembapan tanah	1.9	5.0	145	3.1
Perubahan intensitas cahaya dan suhu	Cahaya, suhu	2.0	4.7	150	3.3
Kelembapan tanah dan cahaya turun	Suhu kelembapan tanah, cahaya	1.6	3.9	138	2.9

Tabel 2 adalah hasil pengujian sistem penyemprotan otomatis berbasis IoT pada tanaman padi yang dilakukan dengan berbagai skenario pengujian dan parameter lingkungan berbeda. Pada simulasi suhu naik bertahap, sistem menunjukkan waktu respons sebesar 1,8 detik dengan akurasi sensor sekitar 4,5%, volume cairan yang disemprotkan mencapai 150 ml, dan area semprot seluas 3,2 meter persegi. Selanjutnya, pada simulasi

kelembapan tanah yang menurun, waktu respons sedikit meningkat menjadi 1,9 detik dengan akurasi sensor 3,8%, volume cairan 140 ml, dan area semprot 3,0 meter persegi.

Untuk simulasi intensitas cahaya yang meningkat, sistem mampu merespon dalam waktu 1,7 detik dengan akurasi sensor 4,2%, volume cairan 155 ml, dan area semprot 3,5 meter persegi. Pada skenario kombinasi perubahan suhu dan kelembapan tanah, waktu respons tercatat 1,9 detik dengan akurasi sensor tertinggi yakni 5,0%, volume cairan 145 ml, dan area semprot 3,1 meter persegi.

Skenario berikutnya yaitu perubahan intensitas cahaya dan suhu menghasilkan waktu respons 2,0 detik, akurasi sensor 4,7%, volume cairan 150 ml, dan area semprot 3,3 meter persegi. Terakhir, saat kelembapan tanah dan intensitas cahaya menurun secara bersamaan, sistem memberikan waktu respons tercepat 1,6 detik, dengan akurasi sensor 3,9%, volume cairan 138 ml, dan area semprot 2,9 meter persegi. Secara keseluruhan, sistem mampu beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan dengan waktu respons yang relatif cepat dan volume cairan yang konsisten, menunjukkan efektivitas dalam pengendalian penyemprotan berdasarkan parameter lingkungan yang terdeteksi.



Gambar 5. Grafik Uji coba skenario

Gambar 5. menampilkan empat grafik hasil pengujian sistem otomatisasi penyemprotan berbasis IoT, masing-masing menunjukkan variabel yang berbeda terhadap sembilan skenario pengujian. Grafik pertama di kiri atas menunjukkan *Waktu Respons Sistem (dalam detik)*, di mana waktu respons berkisar antara 1,5 hingga 2,1 detik, dengan variasi yang terlihat signifikan antar skenario. Grafik kedua di kanan atas menggambarkan *Deviasi Akurasi Sensor (%)*, menunjukkan nilai deviasi antara 2% hingga hampir 5%, dengan deviasi tertinggi pada skenario ke-4 dan ke-9. Grafik ketiga di kiri bawah menunjukkan *Volume Cairan yang Digunakan (ml)*, yang bervariasi antara sekitar 137,5 ml hingga 145 ml,

dengan lonjakan tertinggi pada skenario ke-3 dan ke-6. Terakhir, grafik di kanan bawah menggambarkan *Area Semprot yang Tercapai (m^2)*, berkisar antara 2,9 hingga 3,4 m^2 , menunjukkan konsistensi relatif dengan sedikit variasi. Secara keseluruhan, keempat grafik ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai kinerja sistem dari segi kecepatan respons, akurasi sensor, efisiensi penggunaan cairan, dan efektivitas area semprot dalam berbagai kondisi pengujian.

Evaluasi dan Analisis Kinerja

Evaluasi dan analisis kinerja sistem bertujuan untuk menilai efektivitas dan efisiensi dari sistem penyemprotan otomatis berbasis IoT yang telah dirancang dan diimplementasikan. Proses evaluasi dilakukan dengan mengamati respons sistem terhadap variasi kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya. Sistem dinilai berdasarkan kemampuannya dalam mendeteksi perubahan parameter lingkungan secara real-time, serta ketepatan waktu dalam mengeksekusi perintah penyemprotan melalui aktuator yang terhubung. Selain itu, aspek efisiensi juga dianalisis dengan mempertimbangkan jumlah cairan yang digunakan, waktu proses penyemprotan, dan kebutuhan tenaga kerja. Analisis dilakukan dengan membandingkan kinerja sistem otomatis terhadap metode penyemprotan manual, sehingga dapat diketahui sejauh mana sistem ini mampu meningkatkan efektivitas dan mengurangi konsumsi sumber daya. Evaluasi menyeluruh ini menjadi dasar dalam menentukan potensi pengembangan lebih lanjut serta kelayakan implementasi sistem di lapangan dalam skala yang lebih luas.

SIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem penyemprotan otomatis berbasis Internet of Things (IoT) pada tanaman padi, dengan memanfaatkan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler utama serta sensor DHT11, soil moisture sensor, dan sensor cahaya (LDR) untuk mengukur parameter lingkungan. Sejak tahap awal, penelitian ini diharapkan dapat menghadirkan solusi otomatis yang efektif dalam mendeteksi kondisi lingkungan dan mengontrol proses penyemprotan secara real-time serta dapat dipantau melalui aplikasi Blynk. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi sesuai harapan, yakni menyemprotkan air secara otomatis ketika suhu udara tinggi, kelembapan tanah rendah, atau intensitas cahaya melebihi ambang batas tertentu. Respon sistem yang cepat (kurang dari 2 detik) dan akurasi pembacaan sensor yang stabil menunjukkan bahwa sistem ini dapat diandalkan

untuk penggunaan dalam praktik pertanian. Hal ini membuktikan bahwa apa yang dirancang dan diharapkan dalam pendahuluan telah berhasil dicapai, sebagaimana dibuktikan pada bagian hasil dan pembahasan. Keberhasilan implementasi sistem ini membuka peluang pengembangan lebih lanjut, seperti integrasi algoritma pembelajaran mesin untuk prediksi kebutuhan penyemprotan berdasarkan data historis, serta penggabungan dengan sistem irigasi otomatis. Selain itu, sistem ini juga memiliki potensi untuk diperluas ke jenis tanaman lain atau skala pertanian yang lebih besar, serta dapat diintegrasikan dengan sumber energi terbarukan untuk mendukung pertanian berkelanjutan. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini tidak hanya menjawab permasalahan praktis dalam otomatisasi penyemprotan, tetapi juga memberikan fondasi yang kuat untuk pengembangan teknologi pertanian berbasis IoT di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, S., Marwat, S. N. K., Brahim, G. B., Khan, W. U., Khan, S., Al-Fuqaha, A., & Koziel, S. (2024). IoT based intelligent pest management system for precision agriculture. *Scientific Reports*, 14(1), 31917. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-83012-3>
- Albasith, D. R. (2023). Sistem Penyemprotan Air dan Nutrisi Otomatis Berbasis IoT Pada Tanaman Cabai Merah Dalam Pot. 2022: Prosiding Diseminasi FTI Genap 2021/2022.
- Albet, W., Lomi, A., & Yuwono, A. H. (2024). DESAIN SISTEM PENYEMPROTAN TANAMAN BERBASIS IOT DENGAN SUMBER CATU DAYA PLTS SISTEM TRACKING. 08.
- Babu, A. N., Blossom, M. C., Praneetha, A., Shirisha, P., Kishore, P. M., Mounika, F. M., Kumar, G. A., & Brahmanandam, P. S. (2023). Internet of Things (IoT) based Pesticide Spraying Robot—A Revolution in Smart Farming. *Indian Journal Of Science And Technology*, 16(22), 1676–1681. <https://doi.org/10.17485/IJST/v16i22.926>
- Dwiyatno, S., Krisnaningsih, E., & Hidayat, D. R. (2022). SMART AGRICULTURE MONITORING PENYIRAMAN TANAMAN BERBASIS INTERNET OF THINGS. 9(1).
- Fathurrohman, F., Prasetya, T., Lin, I., & Mulyawan, M. (2024). SISTEM MONITORING PENYIRAMAN OTOMATIS BERBASIS IOT MENGGUNAKAN SOIL MOISTURE PADA TANAMAN MELON. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(1), 568–573. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i1.8423>
- Obaideen, K., Yousef, B. A. A., AlMallahi, M. N., Tan, Y. C., Mahmoud, M., Jaber, H., & Ramadan, M. (2022). An overview of smart irrigation systems using IoT. *Energy Nexus*, 7, 100124. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100124>

- Oka, I. K. D. A., Nirmala, B. P. W., & Putra, M. A. P. (2022). Model IoT Berbasis Fuzzy Tsukamoto Untuk Penyemprotan Pestisida Otomatis Pada Tanaman Sayur Kubis. *Progresif: Jurnal Ilmiah Komputer*, 18(2), 141. <https://doi.org/10.35889/progresif.v18i2.923>
- Ridwan, M. Y., Nulpulaela, L., & Bangsa, I. A. (2022). PENGAPLIKASIAN SISTEM OIT PADA ALAT PENYIRAM TANAMAN OTOMATIS BERBASIS ARDUINO NANO. *JE-UNISLA*.
- Samsinar, R., & Setiawan, A. (2023). Perancangan Alat Implementasi Internet of Thing (Iot) untuk Penyiraman Pestisida dengan Metode Otomatis Berbasis Aplikasi Blynk pada Tanaman. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer)*, 6(2).