

Perancangan Sistem Monitoring Tanaman Berbasis IoT dan Fuzzy

^{1*}Muhammad Nadzirin Anshari Nur, ²Andri Irawan, ³Nita Zelfia Dinianti Luzi Mulyawati, ⁴Yuli Asri Rahman

¹⁻³ Teknik Elektro, Universitas Halu Oleo, Kota Kendari,

⁴ Teknik Elektro, Universitas Tadulako, Kota Palu

¹nadzirin@uho.ac.id

Article Info

Keyword:

Internet of Things
logika fuzzy,
bibit durian,
kelembapan tanah,
sistem monitoring.

Copyright © 2025 -SNTE
All rights reserved

ABSTRACT

Abstrak— Pertanian memegang peran strategis dalam ketahanan pangan dan pembangunan ekonomi berkelanjutan. Salah satu komoditas unggulan dengan potensi pasar tinggi adalah durian, yang produksinya di berbagai daerah Indonesia terus meningkat namun masih menghadapi tantangan produktivitas dan pengelolaan. Budidaya bibit durian memerlukan kondisi lingkungan yang terkontrol, terutama pH tanah, kelembapan, dan suhu, agar pertumbuhan optimal dapat tercapai. Penelitian ini bertujuan merancang sistem monitoring dan penyiraman otomatis bibit durian berbasis Internet of Things (IoT) yang dipadukan dengan logika fuzzy sebagai pendukung pengambilan keputusan. Sensor pH tanah, kelembapan tanah, kelembapan udara, dan suhu diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32 untuk mengirim data secara real-time ke platform web, yang dapat diakses melalui smartphone maupun komputer. Data sensor diproses menggunakan metode fuzzy untuk menentukan waktu dan durasi penyiraman otomatis melalui pompa air yang dikendalikan modul relay. Metode yang digunakan yaitu literatur review dengan mengkaji referensi dari beberapa penelitian dan sumber pustaka lainnya. Sistem dirancang untuk menjaga kelembapan media tanam pada kisaran 60–80% dan suhu sesuai kebutuhan bibit durian, sekaligus mengoptimalkan penggunaan air. Hasil perancangan menunjukkan bahwa penerapan IoT dan logika fuzzy diharapkan mampu menyediakan pemantauan jarak jauh yang efisien, mengurangi pemborosan sumber daya, serta memberikan solusi inovatif bagi pertanian modern, khususnya dalam pengelolaan bibit durian.

Corresponding Author:

Muhammad Nadzirin Anshari Nur,
Teknik Elektro, Universitas Halu Oleo, Kota Kendari Alamat Institusi.
Email: nadzirin@uho.ac.id

I. PENDAHULUAN

Pertanian berperan penting dalam ketahanan pangan, pengentasan kemiskinan, dan pembangunan ekonomi berkelanjutan. Komoditas unggulan menjadi fokus utama untuk meningkatkan produktivitas dan daya saing, dengan kesuburan tanah sebagai faktor kunci pertumbuhan usaha. Pengelolaan sumber daya alam dan pemanfaatan teknologi modern diperlukan

agar hasil pertanian optimal dan berkelanjutan. Permintaan global durian membuka peluang besar, terbukti dari produksi di Kabupaten Jombang yang melonjak dari 32.700 kw pada 2021 menjadi 337.446 kw pada 2022. Di Kecamatan Wonosalam, pasar durian masih sangat prospektif dengan harga durian premium mencapai Rp70.000 per buah dan kualitas reguler sekitar Rp20.000 per buah [1].

Budidaya durian optimal dilakukan di dataran rendah hingga 800 mdpl dengan iklim basah, suhu 25–32 °C, kelembapan udara 50–70%, dan intensitas cahaya 45–50%. Pada musim kemarau, suhu sering meningkat sehingga perawatan harus lebih intensif. Ketersediaan air yang terbatas dari sumur resapan menuntut pengelolaan air yang baik untuk menjaga kelembapan tanah ideal 60–80%, karena akar durian rentan terhadap genangan dan penyakit. Penelitian ini mengintegrasikan teknologi Internet of Things (IoT) untuk memantau kelembapan tanah dan mengontrol alat penyiraman melalui web server yang dapat diakses via smartphone atau computer [2]. Durian merupakan tanaman asli Asia Tenggara yang tumbuh baik di iklim tropis basah seperti Indonesia, Thailand, dan Malaysia. Meski Indonesia termasuk penghasil durian, pengelolaannya masih kurang optimal sehingga pasar banyak dipenuhi durian impor dari Thailand. Padahal, durian lokal berpotensi unggul jika kualitasnya ditingkatkan [3] [4].

Internet of Things (IoT) adalah teknologi yang memanfaatkan jaringan internet untuk menghubungkan pengguna dengan data dari berbagai sensor. Dalam pertanian, pemantauan kelembapan tanah dan suhu udara sangat penting karena perubahan alami dapat mengganggu stabilitas keduanya dan menurunkan hasil panen. Alat berbasis IoT dikembangkan untuk memantau dan mengendalikan kelembapan serta suhu tanah agar tetap stabil, sehingga proses pertanian lebih optimal. Sistem kendali dengan logika fuzzy membantu mengurangi konsumsi energi dan menghemat air, sekaligus menjadi alat pendukung keputusan yang efisien. Kombinasi IoT dan logika fuzzy ini menawarkan solusi inovatif untuk meningkatkan produktivitas pertanian modern [5].

Durian memiliki potensi besar sebagai komoditas unggulan Indonesia, namun pengelolaannya masih terbatas sehingga pasar kerap dipenuhi durian impor. Produktivitas bibit durian dipengaruhi faktor lingkungan seperti pH, suhu, dan kelembapan tanah, yang mudah berubah akibat kondisi cuaca. Untuk menjaga kondisi optimal media tanam dan meningkatkan efisiensi, diperlukan sistem pemantauan dan pengendalian yang andal. Teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan pemantauan real-time, sedangkan logika fuzzy membantu pengambilan keputusan penyiraman otomatis yang hemat energi dan air. Dengan integrasi keduanya, diharapkan pertumbuhan bibit durian lebih stabil, kualitas meningkat, dan daya saing durian lokal terhadap produk impor dapat diperkuat.

II. KAJIAN PUSTAKA DAN METODE

Feni Anggraeni dan Muhammad Rofiq (2024) merancang sistem penyiraman bibit jeruk siam berbasis IoT dengan NodeMCU ESP8266 dan sensor kelembapan YL-69. Data dikirim ke Firebase dan ditampilkan di aplikasi Android, sementara relay mengontrol katup solenoid untuk penyiraman otomatis. Pengujian sepuluh kali menunjukkan akurasi 70–90%, sehingga sistem ini efisien untuk pemantauan dan pengendalian kelembapan tanah jarak jauh, menjadi referensi penting bagi penelitian ini [6] Rinaldi, Yurni Oktarina, dan Tresna Dewi (2022) mengembangkan sistem penyiraman dan pemupukan otomatis berbasis IoT dengan logika fuzzy untuk meningkatkan efisiensi pertanian, khususnya tanaman cabai. Sistem memanfaatkan sensor soil moisture dan DHT-22 untuk memantau kelembapan dan suhu, mengaktifkan pompa bila kelembapan tanah <75% dan mematakannya jika <60%. Data ditampilkan pada LCD dan platform node-RED, dengan rata-rata error pengujian hanya 0,3%. Penelitian ini menjadi rujukan penting penerapan fuzzy logic pada

kendali input sensor dan output aktuator dalam pertanian modern [7] Muhammad Diffa Satria, Irawan Hadi, dan Suroso (2024) merancang alat penyiraman kangkung otomatis berbasis IoT dengan logika fuzzy Mamdani untuk menghemat air dan menjaga kondisi tanah. Sistem menggunakan sensor kelembapan tanah, suhu (DS18B20), kelembapan udara (DHT11), serta sensor ultrasonik untuk debit air, yang terhubung ke mikrokontroler ESP8266 dan aplikasi Blynk untuk pemantauan real-time. Fuzzy Mamdani menentukan waktu dan volume penyiraman optimal, menjaga kelembapan tanah dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Hasil uji menunjukkan efisiensi air yang baik dan pertumbuhan kangkung yang optimal, menjadikannya solusi pertanian cerdas yang berkelanjutan [8] .

A. pH Tanah dan kelembapan serta pengaruhnya terhadap tanaman

pH tanah merupakan faktor penting yang memengaruhi kesuburan dan pertumbuhan tanaman karena menentukan tingkat keasaman atau kebasaan tanah. Skala pH berkisar 0–14, dengan pH 6,0–8,0 tergolong netral, di atas 8,0 basa, dan di bawah 6,0 asam. Pengukuran pH, baik menggunakan alat elektronik untuk larutan maupun probe khusus untuk tanah, diperlukan untuk menilai kondisi kimia yang memengaruhi ketersediaan unsur hara. Penelitian Buckman dan Brady (1982) menunjukkan bahwa sebagian besar tanaman tumbuh optimal pada pH mendekati netral, sekitar pH 7, sehingga pemantauan pH tanah menjadi langkah krusial untuk mendukung produktivitas dan kesehatan tanaman [9] [10].

Suhu air yang terlalu tinggi dapat mengganggu pertumbuhan tanaman dan mikroorganisme, sehingga pemantauan kualitas tanah—kemampuannya mendukung kehidupan, mencegah erosi, dan menjaga sumber daya air maupun udara—menjadi sangat penting. Pemanfaatan teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan pemantauan dan pengelolaan pertanian secara otomatis, namun pengukuran kelembapan dan suhu saja belum cukup. Diperlukan sistem yang mampu menganalisis data secara real time dan merespons kondisi lapangan, di mana algoritma fuzzy menawarkan solusi efektif untuk pengambilan keputusan pada situasi yang tidak pasti [11] [12]. Kelembapan tanah adalah jumlah air yang mengisi pori-pori tanah di atas permukaan air tanah dan menjadi penentu ketersediaan air bagi tanaman serta organisme lain. Sumber air ini dapat berasal dari hujan, irigasi, atau pergerakan air tanah, sehingga kelembapan menjadi indikator penting bagi kesehatan dan kesuburan tanah serta proses ekologis dan pertanian [13].

B. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang memanfaatkan koneksi internet selalu aktif untuk menghubungkan berbagai perangkat dan bahkan makhluk hidup ke dalam jaringan lokal maupun global melalui sensor yang mengumpulkan dan mentransmisikan data secara real-time. Diperkenalkan oleh Kevin Ashton pada 1999, IoT memungkinkan berbagi data, kontrol jarak jauh, dan interaksi otomatis antarperangkat guna meningkatkan efisiensi dan berbagai layanan [6] [14] . Internet of Things (IoT) memanfaatkan internet sebagai penghubung otomatis antarperangkat untuk berbagi data dan mengubah objek fisik menjadi bentuk virtual yang dapat diakses tanpa intervensi manusia langsung. Dengan pengguna sebagai pengawas sistem, IoT memungkinkan pengendalian dan pemantauan jarak jauh, mempercepat pekerjaan, meningkatkan efisiensi, dan menghadirkan cara baru dalam berinteraksi serta menganalisis data dari berbagai perangkat [15].

C. Fuzzy Logic

Logika fuzzy, diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada 1965, merupakan metode komputasi lunak untuk menangani ketidakpastian dengan memanfaatkan derajat keanggotaan antara 0–1,

bukan nilai biner tegas seperti pada logika klasik. Berbasis teori himpunan fuzzy, konsep ini menggunakan variabel linguistik dan aturan if-then untuk menggabungkan atau menganalisis data, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih fleksibel dan realistis dalam kondisi yang kompleks dan tidak pasti [16].

D. Metode Penelitian

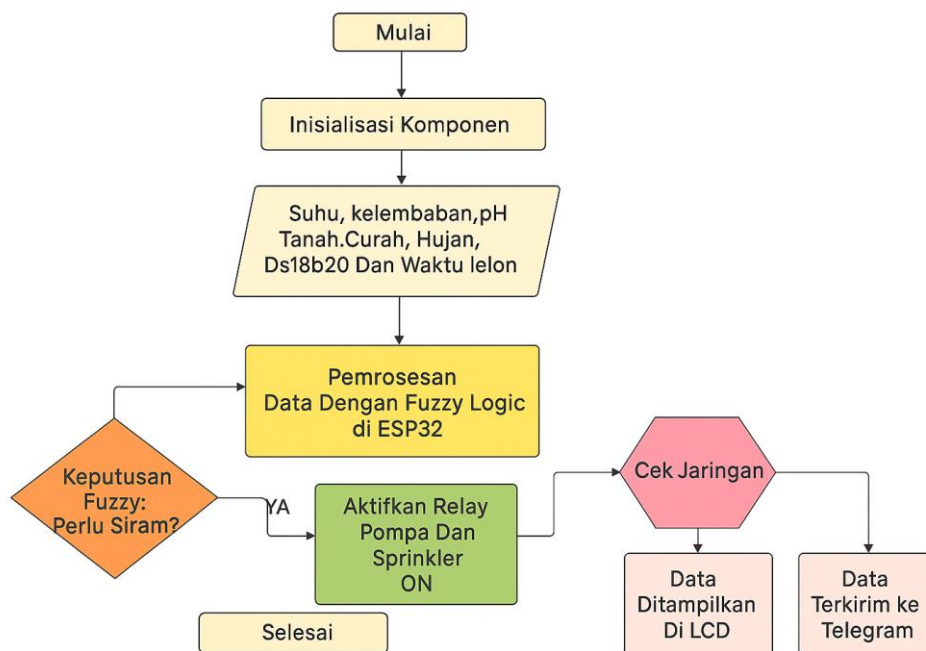
Tahap studi literatur dilakukan dengan menelusuri dan menganalisis berbagai referensi ilmiah yang relevan mengenai sistem kontrol pH, kelembapan, dan suhu serta penyiraman otomatis bibit durian berbasis Internet of Things (IoT) dan Fuzzy Logic. Sumber acuan meliputi jurnal, buku, prosiding konferensi, dan artikel penelitian dari lembaga terpercaya. Tujuannya adalah memahami konsep dasar sistem pemantauan IoT, pemanfaatan sensor pH dan kelembapan tanah, penerapan logika fuzzy dalam pengambilan keputusan otomatis, serta mengidentifikasi tantangan dan solusi pengembangan sistem monitoring dan penyiraman otomatis khususnya untuk bibit durian.

E. Metode Mamdani

Metode Mamdani (Max–Min) memproses data input menjadi output tegas melalui empat tahap utama: **fuzzifikasi**, yaitu mengubah input menjadi himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan linear naik/turun, segitiga, atau trapesium; **aplikasi aturan (implikasi)** dengan operator *Min* untuk menilai kekuatan setiap aturan if-then; **komposisi** hasil aturan dengan operator *Max* sehingga terbentuk satu himpunan fuzzy gabungan; dan **defuzzifikasi**, misalnya metode *centroid*, untuk mengubah keluaran fuzzy menjadi nilai crisp yang dapat dieksekusi [17].

III. HASIL PERANCANGAN

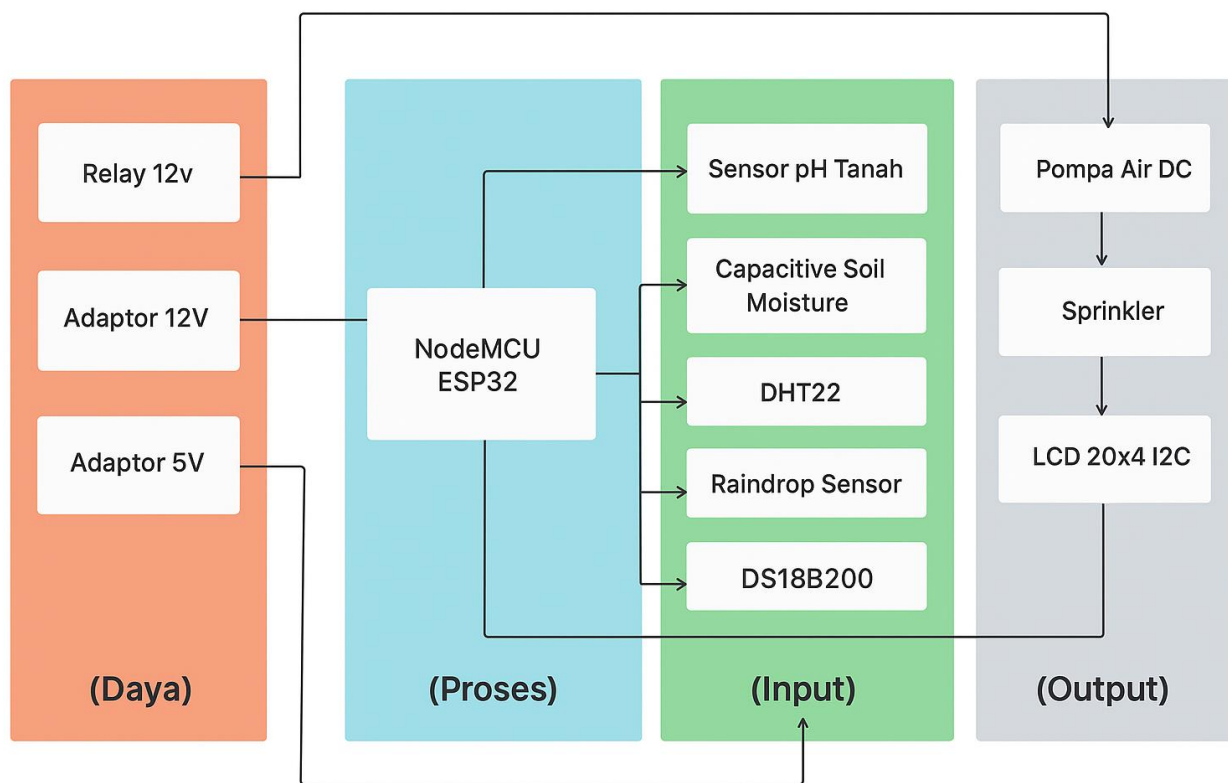
A. Rancangan Flowchart System



Gbr. 1 Flowchart System

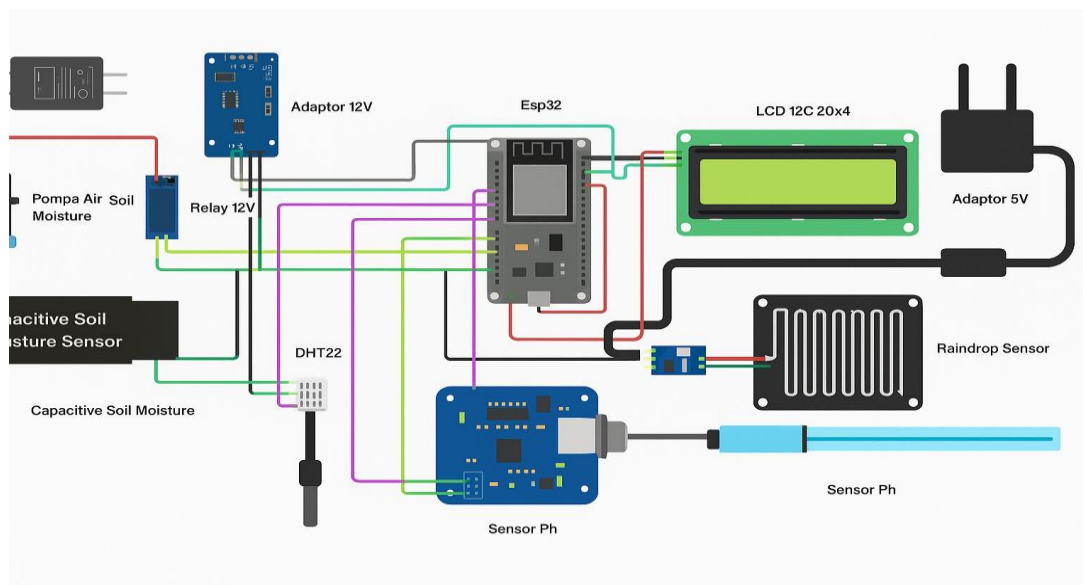
Saat sistem diaktifkan, ESP32 menghubungkan sensor pH, kelembapan tanah, suhu–kelembaban, suhu DS18B20, dan curah hujan ke jaringan Wi-Fi dan database IoT (MQTT/HTTP) untuk akuisisi dan penyimpanan data real-time. Data pH, kelembapan, suhu, dan curah hujan diverifikasi lalu diproses menggunakan Fuzzy Logic guna menentukan kebutuhan penyiraman. Jika kondisi memenuhi aturan, relay menyalakan pompa dan sprinkler; jika tidak, sistem tetap berhenti. Seluruh proses berjalan otomatis dan berulang sesuai interval yang ditetapkan, mengirim pembaruan ke platform IoT dan Telegram, sehingga penyiraman bibit durian berlangsung efisien, menjaga pH serta kelembapan tanah tanpa intervensi manual.

B. Rancangan Blok Diagram



Gbr. 2 Blok Diagram

Sistem kontrol penyiraman berbasis IoT dan logika fuzzy ini terdiri atas empat komponen utama: sumber daya, pemrosesan, input, dan output. Sumber daya menggunakan adaptor 12 V untuk menggerakkan relay pompa air DC dan adaptor 5 V untuk memasok daya ke NodeMCU ESP32 sebagai prosesor utama. ESP32 memproses data sensor, menjalankan logika fuzzy, dan terhubung ke internet untuk mendukung fitur IoT. Sensor input meliputi pH tanah, kelembapan tanah (capacitive), suhu–kelembaban udara (DHT22), curah hujan (Raindrop), waktu (RTC DS3231), dan suhu tanah presisi (DS18B20). Berdasarkan data ini, ESP32 mengontrol relay 12 V untuk mengaktifkan pompa dan sprinkler secara otomatis. Informasi hasil pemantauan—seperti pH, kelembapan, suhu udara dan tanah, kondisi hujan, serta waktu—ditampilkan pada LCD 20×4 I2C, sehingga sistem dapat menyiram tanaman sesuai kebutuhan sambil memberi umpan balik visual yang jelas.



Gbr. 3 Wiring diagram Sistem Monitoring

Gbr 3 memperlihatkan rancangan sistem kontrol dan penyiraman tanaman otomatis berbasis mikrokontroler NodeMCU ESP32 yang mendapat pasokan listrik dari PLN melalui dua adaptor, yakni 12 V dan 5 V. Adaptor 12 V berfungsi menyuplai modul relay yang mengendalikan pompa air DC, sedangkan adaptor 5 V digunakan untuk memberi daya langsung pada ESP32. Sebagai pusat kendali, ESP32 menerima dan memproses data dari berbagai sensor, di antaranya sensor pH tanah untuk mengukur tingkat keasaman media tanam, Capacitive Soil Moisture Sensor untuk memantau kelembapan tanah, sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, sensor DS18B20 untuk mendeteksi suhu media tanam secara presisi, sensor hujan (Raindrop Sensor) untuk mendeteksi keberadaan air hujan, serta RTC DS3231 sebagai penunjuk waktu aktual. Seluruh sensor memperoleh suplai daya melalui pin VIN (5 V) dan GND pada ESP32, sementara komunikasi data LCD 20×4 I2C dan RTC DS3231 menggunakan protokol I2C dengan jalur SDA terhubung ke pin GPIO21 dan SCL ke pin GPIO22. Sensor lainnya dihubungkan ke pin digital maupun analog sesuai kebutuhan pemrograman. Hasil pembacaan sensor diproses oleh ESP32 dan ditampilkan pada LCD 20×4, dan apabila terdeteksi kondisi tanah kering tanpa hujan, ESP32 secara otomatis mengaktifkan modul relay untuk menyalakan pompa air DC sehingga proses penyiraman berlangsung secara otomatis tanpa intervensi manual.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini merancang sistem monitoring dan penyiraman otomatis bibit durian berbasis Internet of Things (IoT) yang dipadukan dengan logika fuzzy sebagai pendukung pengambilan keputusan. Sistem memanfaatkan mikrokontroler NodeMCU ESP32 sebagai pusat kendali yang terhubung dengan berbagai sensor pH tanah, kelembapan tanah, suhu udara, suhu media tanam, dan sensor hujan, serta RTC DS3231 sebagai penunjuk waktu. Seluruh data sensor dikirim secara real-time ke platform web dan diolah dengan metode fuzzy Mamdani untuk menentukan waktu serta durasi penyiraman. Diharapkan bahwa integrasi IoT dan logika fuzzy mampu menjaga kelembapan tanah pada kisaran optimal 60–80% serta mengontrol suhu sesuai kebutuhan pertumbuhan bibit durian, sekaligus menampilkan informasi pemantauan pada LCD dan platform IoT secara efisien.

Penerapan teknologi ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam efisiensi pemakaian air dan energi, sekaligus mempermudah proses pemantauan jarak jauh melalui smartphone atau

komputer. Dengan kemampuan penyiraman otomatis yang responsif terhadap kondisi lingkungan, sistem ini mampu mengurangi intervensi manual dan meningkatkan keberlangsungan budidaya bibit durian, sehingga mendukung ketahanan pangan dan produktivitas pertanian modern. Pendekatan serupa berpotensi dikembangkan untuk berbagai komoditas lain yang memerlukan pengelolaan kelembapan dan suhu presisi, menjadi solusi inovatif menuju pertanian cerdas yang berkelanjutan.

REFERENSI

- [1] Risqi Firdaus Setiawan, "STRATEGI PENGEMBANGAN KOMODITAS UNGGULAN DURIAN DI KECAMATAN WONOSALAM KABUPATEN JOMBANG," vol. 21, pp. 1–23, 2024.
- [2] A. S. Sumarsono and M. A. Syari, "Sistem Pemantauan Kesuburan Tanaman Pohon Durian menggunakan Internet Of Things (IOT)," no. 4, pp. 211–220, 2024.
- [3] S. Land and D. Bawor, "Evaluasi Kesesuaian Lahan untuk Budidaya Durian Bawor di Kabupaten Banyumas Menggunakan SIG Berbasis IoT," vol. 13, no. 1, pp. 83–101, 2025, doi: 10.29303/jrpb.v13i1.1138.
- [4] D. Satria, Y. Kartika, Y. Vita, V. Dita, and A. Teguh, "Pendampingan Penerapan IoT Agriculture dalam Mendukung Peningkatan Produktivitas dan Pendapatan Petani Durian Wonosalam," vol. 8, no. 5, 2024.
- [5] N. Khairunisa, H. Sunardi, and F. Antony, "Implementasi Sistem Alarm Dan Monitoring Kelembaban Tanah Dan Suhu Terhadap Tanaman Cabai Berbasis Internet of Things (Iot) Menggunakan Logika Fuzzy," *J. Intell. Networks IoT Glob.*, vol. 2, no. 1, pp. 18–29, 2024, doi: 10.36982/jinig.v2i1.4437.
- [6] M. R. Feni Anggraeni1, "SISTEM MONITORING PENYIRAMAN BIBIT TANAMAN JERUK SIAM DENGAN MENGGUNAKAN MODUL NODEMCU ESP 8266 DAN SENSOR KELEMBABAN TANAH BERBASIS IOT," vol. 02, no. 01, 2024.
- [7] R. Rinaldi, T. Dewi, and Y. Oktarina, "Implementasi Fuzzy Logic dalam Mengendalikan Input dan Output pada Penyiraman dan Pupukan Tanaman Otomatis Berbasis IoT," *J. Appl. Smart Electr. Netw. Syst.*, vol. 3, no. 02, pp. 65–73, 2023, doi: 10.52158/jasens.v3i02.520.
- [8] S. Muhammad Diffa Satria, Irawan Hadi, "Alat Penyiraman Tanaman Kangkung Otomatis Berbasis IoT Dengan Logika Fuzzy Mamdani," vol. 3, no. 1, pp. 79–90, 2024.
- [9] F. Fathurrohman, T. Prasetya, I. Iin, and M. Mulyawan, "Sistem Monitoring Penyiraman Otomatis Berbasis Iot Menggunakan Soil Moisture Pada Tanaman Melon," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 8, no. 1, pp. 568–573, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i1.8423.
- [10] R. Syofiani, S. Diana Putri, and N. Karjunita, "Karakteristik Sifat Tanah Sebagai Faktor Penentu Potensi Pertanian Di Nagari Silokek Kawasan Geopark Nasional," *J. Agrium*, vol. 17, no. 1, 2020, doi: 10.29103/agrium.v17i1.2349.
- [11] S. Anto and Arie Atwa Magriyanti, "Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Tanah Sawah Dengan Parameter Suhu Dan Kelembaban Tanah Menggunakan Arduino Berbasis Internet Of Things (Iot)," *Elkom J. Elektron. dan Komput.*, vol. 15, no. 2, pp. 234–241, 2022, doi: 10.51903/elkom.v15i2.896.
- [12] K. Setiawan and R. F. Aula, "Penerapan IoT dengan Algoritma Fuzzy dan Mikrokontroler ESP32 dalam Monitoring Penyiraman Abstrak," vol. 5, no. 3, pp. 2915–2924, 2024.
- [13] A. P. Nanda *et al.*, "SISTEM OTOMATIS PENYIRAMAN TANAMAN BERBASIS SENSOR," vol. 15, no. 4, pp. 764–774, 2024.
- [14] M. F. Adam, D. Yusup, U. S. Karawang, T. Timur, K. Karawang, and P. Kendaraan, "SIMULASI SISTEM DATA LOGGING BERBASIS INTERNET OF THINGS UNTUK MELACAK AKTIVITAS KENDARAAN DENGAN APLIKASI ANDROID," vol. 8, no. 5, pp. 10646–10652, 2024.

- [15] B. Suhendar, T. D. Fuady, and Y. Herdian, “Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Controlling Suhu Ideal Tanaman Stroberi Berbasis Internet of Things (IoT),” *J. Ilm. Sains dan Teknol.*, vol. 5, no. 1, pp. 48–60, 2021, doi: 10.47080/sainstek.v5i1.1198.
- [16] M. G. S. Riandi Parsaulian Sitorus, Jaka Prayudha, “Sistem Monitoring Otomatis Pembibitan Stroberi Dalam Rumah Kaca Menggunakan Logika Fuzzy Berbasis Mikrokontroler,” *J. Sist. Komput. Triguna Dharma (JURSIK TGD)*, vol. 2, no. 2, pp. 79–88, 2023, doi: 10.53513/jursik.v2i2.7314.
- [17] M. Ema Julpia Aenun, “Implementasi Logika Fuzzy Metode Mamdani Pada Prediksi Biaya Pemakaian Listrik,” *UNNES J. Math.*, vol. 3, no. 3, pp. 57–65, 2022.