

Analysis Of An Automatic IoT- Based Chili Plant Watering System Using Fuzzy Logic And The Adaline Algorithm

Seli Puri Andani

Department of Inforamatics, Universitas Muhammadiyah Lampung, Bandar Lampung, Lampung

E-mail: selipuria@gmail.com

Sinta Wati

Department of Civil Engineering, Universitas Muhammadiyah Lampung, Bandar Lampung, Lampung

E-mail: wati.sinta0409@gmail.com

Rahmad Hidayat Lendrian

Department of Civil Engineering, Universitas Muhammadiyah Lampung, Bandar Lampung, Lampung

E-mail: rahmadhidayatlendrian1495@gmail.com

*Corresponding Author

Jackson

Department of electrical Engineering, Universitas Muhammadiyah Lampung, Bandar Lampung, Lampung

E-mail: jeckson@uml.ac.id

Received: Date Month, 2025; Accepted: 29 January, 2026; Published: 30 January, 2026

Abstract: Chili plants are high-value horticultural commodities whose growth and productivity are strongly influenced by water availability. Inaccurate irrigation practices can reduce crop yield and lead to inefficient water usage. This study proposes an automatic chili plant watering system based on the Internet of Things (IoT) that integrates soil moisture sensors, the Adaptive Linear Neuron (ADALINE) algorithm for sensor data validation, and fuzzy logic for irrigation decision-making. The system is developed using a NodeMCU microcontroller and is equipped with a web-based interface for real-time monitoring. Experimental results show that the proposed system is capable of classifying soil moisture levels into appropriate irrigation categories and automatically activating the water pump according to actual field conditions. Repeated tests conducted at different times demonstrate consistent and stable system performance. Therefore, the proposed system effectively improves irrigation accuracy, enhances water-use efficiency, and facilitates remote monitoring of chili plant conditions.

Keywords: Chili plants, Smart irrigation, Internet of Things (IoT), ADALINE algorithm, Fuzzy Logic, NodeMCU.

I. Introduction

Cabai (*Capsicum* sp.) merupakan salah satu komoditas hortikultura dengan nilai ekonomi tinggi dan memiliki peran strategis dalam sektor pertanian Indonesia [1]. Tanaman ini termasuk dalam famili *Solanaceae* dan berasal dari kawasan Amerika, khususnya Peru, sebelum menyebar ke berbagai wilayah dunia, termasuk Indonesia. Di antara berbagai spesies cabai, *Capsicum annuum* L. (cabai merah besar) dan *Capsicum frutescens* L. (cabai rawit) merupakan jenis yang paling banyak dibudidayakan di Indonesia, terutama di Pulau Jawa. Selain berperan sebagai komoditas pangan utama, cabai juga memiliki potensi ekonomi yang besar seiring dengan tingginya permintaan pasar, baik di tingkat domestik maupun internasional.

Ketersediaan air yang optimal merupakan salah satu faktor kunci dalam pertumbuhan dan produktivitas tanaman cabai. Ketidaksetepatan dalam pengelolaan penyiraman dapat menyebabkan penurunan hasil panen serta inefisiensi penggunaan sumber daya air. Dalam praktiknya, penyiraman tanaman cabai masih banyak dilakukan secara manual atau berbasis perkiraan, sehingga sulit menjamin kesesuaian antara kebutuhan air tanaman dan kondisi aktual lahan. Seiring dengan perkembangan teknologi, khususnya di bidang elektronika dan *Internet of Things* (IoT), penerapan sistem pertanian cerdas menjadi semakin relevan untuk menjawab permasalahan tersebut [2],[3].

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem penyiraman otomatis berbasis IoT dengan memanfaatkan sensor kelembaban tanah dan mikrokontroler [4], [5]. Namun, sebagian besar sistem tersebut masih mengandalkan metode pengendalian berbasis ambang batas (*threshold-based control*) atau logika fuzzy sederhana tanpa

mekanisme validasi data sensor [6]. Pendekatan ini berpotensi menghasilkan keputusan penyiraman yang kurang akurat akibat adanya noise, fluktuasi nilai sensor, atau kesalahan pembacaan data, terutama pada kondisi lingkungan yang dinamis [7]. Selain itu, penerapan algoritma pembelajaran adaptif untuk meningkatkan keandalan data sensor dalam sistem irigasi otomatis tanaman cabai masih relatif terbatas, khususnya dalam konteks pertanian di Indonesia.

Berdasarkan celah penelitian tersebut, penelitian ini mengusulkan sebuah sistem penyiraman otomatis tanaman cabai berbasis IoT yang mengintegrasikan algoritma Adaptive Linear Neuron (ADALINE) sebagai mekanisme validasi dan penyesuaian data sensor kelembaban tanah, serta metode Fuzzy Logic sebagai sistem pengambilan keputusan penyiraman [8]. Integrasi kedua metode ini bertujuan untuk menghasilkan keputusan penyiraman yang lebih stabil, adaptif, dan sesuai dengan kondisi aktual lahan. Sistem dikembangkan menggunakan mikrokontroler NodeMCU dan dilengkapi dengan antarmuka berbasis web untuk pemantauan kondisi kelembaban tanah secara *real-time* melalui jaringan WiFi [9].

Dengan pendekatan yang diusulkan, sistem ini diharapkan mampu memberikan solusi praktis dalam manajemen irigasi tanaman cabai, meningkatkan efisiensi penggunaan air, serta mengurangi ketergantungan pada penyiraman manual. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan dan penerapan teknologi IoT pada sektor pertanian presisi di Indonesia, khususnya dalam budidaya tanaman cabai.

2. Relate Works

2.1. Tanaman Cabai

Cabai merupakan tanaman hortikultura penting yang berasal dari Amerika Tengah dan telah tersebar luas ke berbagai wilayah di dunia, termasuk Indonesia. Tanaman ini pertama kali dibawa ke Indonesia oleh pelaut Portugis, Ferdinand Magellan, dan kini menjadi komoditas yang banyak dikonsumsi masyarakat karena kandungan gizinya yang tinggi, seperti vitamin A, B1, C, serta sejumlah mineral dan minyak atsiri [10]. Jenis cabai yang umum dikenal di Indonesia antara lain cabai besar, cabai rawit, dan paprika. Budidaya cabai yang intensif serta dukungan teknologi pascapanen sangat berpotensi membuka lapangan pekerjaan dan mendukung sektor agroindustri.

2.2. Sistem Penyiraman Tanaman

Penyiraman merupakan proses vital dalam budidaya tanaman yang bertujuan untuk menyediakan air sesuai kebutuhan pertumbuhan. Kegiatan ini bersifat rutin dan memerlukan perhatian intensif agar tanaman tidak mengalami kekeringan atau kelebihan air. Dalam konteks teknologi pertanian modern, sistem penyiraman otomatis menjadi solusi untuk efisiensi waktu dan tenaga, serta menjaga konsistensi kelembapan tanah [4], [11]. Otomatisasi penyiraman memungkinkan sistem berjalan secara berkelanjutan tanpa keterlibatan langsung manusia.

2.3. NodeMCU dan IoT (Internet of Things)

NodeMCU merupakan pengendali mikro berbasis ESP8266 yang memiliki kemampuan koneksi Wi-Fi, menjadikannya sangat cocok untuk penerapan Internet of Things (IoT). Platform ini mendukung pengembangan sistem otomatis berbasis jaringan dan dapat diprogram menggunakan berbagai bahasa pemrograman seperti Lua atau Arduino IDE [6]. Dalam sistem IoT, NodeMCU memungkinkan pengumpulan dan pengiriman data sensor ke server atau aplikasi pemantauan secara *real-time*. IoT memungkinkan interaksi antara manusia dan perangkat melalui jaringan internet, tanpa keterlibatan langsung antar manusia. Teknologi ini berkembang pesat sejak 1990-an dan terus mengalami peningkatan melalui integrasi sensor, RFID, topologi jaringan nirkabel, hingga protokol IPv6 [7]. Dalam konteks sistem penyiraman, IoT memungkinkan monitoring dan kontrol kondisi tanaman dari jarak jauh secara efisien.

2.4. Fuzzy Logic

Logika fuzzy merupakan pendekatan logika yang memungkinkan representasi nilai kebenaran dalam rentang kontinu [0,1], tidak terbatas hanya pada benar atau salah seperti pada logika klasik (crisp). Pendekatan ini sangat bermanfaat dalam sistem yang melibatkan ketidakpastian dan nilai-nilai linguistik seperti "tinggi", "rendah", "sedikit", dan "banyak" [5], [11]. Fungsi keanggotaan dalam logika fuzzy memetakan input ke derajat keanggotaan. Fungsi ini dapat direpresentasikan secara linear maupun menggunakan kurva seperti segitiga. Operasi dasar logika fuzzy seperti AND, OR, dan NOT dimodifikasi untuk mendukung nilai dalam rentang kontinu. Sistem Inferensi Fuzzy (Fuzzy Inference System/FIS) Mamdani sering digunakan karena mendekati cara manusia berpikir dan mengambil keputusan berbasis aturan linguistik.

2.4. Algoritma Adaline

Adaline (Adaptive Linear Neuron) merupakan jenis jaringan saraf tiruan yang menggunakan pendekatan linier untuk memodelkan hubungan antara input dan output. Adaline menggunakan algoritma pembelajaran Least Mean Square (LMS) untuk menyesuaikan bobot jaringan berdasarkan selisih antara output dan target [4]. Algoritma ini cocok diterapkan dalam

klasifikasi data dan sistem prediksi yang memerlukan pendekatan adaptif terhadap lingkungan yang berubah-ubah [12]. Adaline bekerja dalam dua tahap: pelatihan (training) dan pengujian (testing). Pada tahap pelatihan, bobot dan bias disesuaikan menggunakan nilai learning rate, sedangkan pada tahap pengujian, sistem menggunakan bobot dan bias hasil pelatihan untuk memproses data baru. Kombinasi Adaline dan logika fuzzy dapat memberikan sistem kontrol yang adaptif dan lebih presisi.

3. Method

Penelitian ini menggunakan pendekatan berbasis rekayasa (engineering approach) yang berfokus pada perancangan, implementasi, dan evaluasi sistem penyiraman otomatis tanaman cabai berbasis Internet of Things (IoT). Sistem yang dikembangkan mengintegrasikan algoritma Adaptive Linear Neuron (ADALINE) dan logika fuzzy untuk meningkatkan keandalan pemrosesan data sensor serta ketepatan pengambilan keputusan penyiraman. Sistem dirancang agar mampu memantau kondisi kelembaban tanah secara real-time dan mengendalikan proses irigasi secara otomatis sesuai dengan kondisi aktual lahan.

Position figures and tables at the center of the page. Figure captions should be Left-Aligned below the figures; table captions should be Left-Aligned above. Avoid placing figures and tables before their first mention in the text. Use the abbreviation "Fig. 1," even at the beginning of a sentence.

3.1. Arsitektur Sistem dan Akuisisi Data

Sistem penyiraman otomatis dirancang dengan memanfaatkan tiga buah sensor kelembaban tanah yang ditempatkan pada titik berbeda di area tanam. Penempatan multi-sensor bertujuan untuk memperoleh representasi kondisi kelembaban tanah yang lebih akurat dan mengurangi pengaruh kesalahan pembacaan akibat variasi lokal pada media tanam. Data dari sensor dikirimkan ke mikrokontroler NodeMCU yang berfungsi sebagai pengendali utama sistem sekaligus sebagai penghubung komunikasi dengan jaringan internet.

NodeMCU terhubung ke jaringan WiFi dan mengirimkan data kelembaban tanah ke platform IoT Thingster.io. Melalui platform ini, pengguna dapat memantau kondisi lahan dan status sistem penyiraman secara jarak jauh menggunakan antarmuka berbasis web yang menampilkan data secara *real-time*.

3.2. Validasi Data Sensor Menggunakan Algoritma ADALINE

Data kelembaban tanah yang diperoleh dari sensor selanjutnya diproses menggunakan algoritma Adaptive Linear Neuron (ADALINE). Pada penelitian ini, ADALINE digunakan sebagai mekanisme validasi dan klasifikasi data sensor untuk memastikan bahwa nilai yang digunakan dalam pengambilan keputusan berada dalam rentang yang sesuai dan stabil. Algoritma ini dilatih menggunakan metode *Least Mean Square* (LMS) dengan menyesuaikan bobot berdasarkan nilai referensi kelembaban tanah. Melalui proses pelatihan dan pengujian, ADALINE mampu mengurangi pengaruh noise dan fluktuasi data sensor sebelum data tersebut diteruskan ke sistem logika fuzzy. Dengan demikian, keputusan penyiraman yang dihasilkan menjadi lebih andal dan konsisten.

3.3. Pengambilan Keputusan Penyiraman Berbasis Logika Fuzzy

Setelah melalui tahap validasi menggunakan ADALINE, data kelembaban tanah diproses oleh sistem inferensi logika fuzzy sebagai dasar pengambilan keputusan penyiraman. Logika fuzzy digunakan karena kemampuannya dalam menangani ketidakpastian dan merepresentasikan kondisi lingkungan dalam bentuk variabel linguistik. Pada sistem ini, tingkat kelembaban tanah diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama, yaitu rendah, sedang, dan tinggi.

Berdasarkan kategori tersebut, sistem menentukan tindakan penyiraman berupa penyiraman dalam jumlah banyak, sedang, atau tidak melakukan penyiraman. Proses inferensi menggunakan metode Mamdani dengan aturan fuzzy yang disesuaikan dengan kebutuhan air tanaman cabai. Hasil inferensi kemudian digunakan untuk mengendalikan relay yang terhubung dengan pompa air.

3.3. Metode Pengujian dan Evaluasi Sistem

Pengujian sistem dilakukan dalam kondisi lingkungan sebenarnya untuk mengevaluasi kinerja, konsistensi, dan stabilitas sistem penyiraman otomatis. Pengujian dilakukan pada waktu yang berbeda, seperti pagi dan sore hari, untuk mengamati respons sistem terhadap perubahan kadar kelembaban tanah. Parameter evaluasi meliputi ketepatan klasifikasi tingkat kelembaban tanah, kesesuaian keputusan penyiraman, waktu tanggap sistem, serta kestabilan komunikasi data melalui jaringan IoT. Hasil pengujian digunakan untuk menilai efektivitas integrasi algoritma ADALINE dan logika fuzzy dalam meningkatkan akurasi dan keandalan sistem penyiraman otomatis tanaman cabai.

4. Result and Discussion

4.1. Hasil Perancangan Sistem

Penelitian ini berhasil merealisasikan sebuah sistem penyiraman otomatis tanaman cabai berbasis Internet of Things (IoT) dengan mengintegrasikan algoritma Adaline dan logika fuzzy sebagai inti pengambilan keputusan. Sistem dirancang untuk memantau dan mengendalikan kelembaban tanah secara adaptif melalui tiga buah *soil moisture sensor* yang ditempatkan pada titik pengukuran berbeda. Seluruh proses pengolahan data dikendalikan oleh mikrokontroler NodeMCU sebagai pusat komputasi dan komunikasi sistem.

Data kelembaban tanah yang diperoleh dari sensor tidak langsung digunakan sebagai dasar keputusan penyiraman, melainkan terlebih dahulu diproses menggunakan algoritma Adaline. Tahapan ini bertujuan untuk mengklasifikasikan dan memvalidasi data sensor sehingga mengurangi potensi kesalahan pembacaan akibat noise, variasi lingkungan, maupun perbedaan karakteristik sensor. Selanjutnya, hasil klasifikasi tersebut digunakan sebagai masukan pada sistem logika fuzzy untuk menentukan tingkat penyiraman yang sesuai dengan kondisi aktual tanah.

Implementasi fisik sistem dapat dilihat pada Gambar 1 yang menunjukkan susunan komponen utama, meliputi NodeMCU, modul relay, sensor kelembaban tanah, serta pompa air mini yang terintegrasi melalui rangkaian PCB. Desain ini memungkinkan sistem bekerja secara kompak, stabil, dan mudah diterapkan di lingkungan pertanian skala kecil hingga menengah.



Gambar 1 Desain IoT sensor kelembaban tanah.

4.2. Cara Kerja dan Analisis Sistem

Sistem bekerja dengan melakukan pembacaan kelembaban tanah secara kontinu melalui tiga sensor yang ditempatkan pada lokasi berbeda untuk memperoleh representasi kondisi tanah yang lebih akurat. Nilai kelembaban yang diperoleh kemudian diproses menggunakan logika fuzzy yang mengklasifikasikan kondisi tanah ke dalam tiga kategori utama, yaitu penyiraman banyak, penyiraman sedang, dan tidak menyiram. Analisis terhadap mekanisme kerja sistem menunjukkan bahwa penggunaan logika fuzzy memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih fleksibel dibandingkan metode berbasis ambang batas (*threshold*) konvensional. Hal ini disebabkan oleh kemampuan fuzzy logic dalam merepresentasikan kondisi transisi antar kategori kelembaban tanah, sehingga keputusan penyiraman tidak bersifat kaku dan lebih mendekati pola pengambilan keputusan manusia. Sistem beroperasi dengan suplai daya 12 volt yang disalurkan ke NodeMCU melalui adaptor, serta terhubung ke platform IoT Thinger.io melalui jaringan WiFi. Koneksi ini memungkinkan proses monitoring kelembaban tanah dilakukan secara real-time dan jarak jauh, yang secara signifikan meningkatkan efisiensi pengelolaan irigasi.

4.3. Cara Kerja dan Analisis Sistem

Klasifikasi kategori penyiraman berdasarkan tingkat kelembaban tanah ditunjukkan pada Tabel 1. Data tersebut memperlihatkan bahwa setiap sensor memiliki respon penyiraman yang berbeda sesuai dengan rentang nilai kelembaban tanah yang terdeteksi. Analisis tabel menunjukkan bahwa sistem mampu membedakan tingkat kebutuhan air berdasarkan variasi kondisi tanah di setiap titik pengukuran. Perbedaan kategori penyiraman antar sensor mencerminkan kemampuan sistem dalam menyesuaikan keputusan penyiraman terhadap heterogenitas kelembaban tanah, yang sering terjadi pada lahan pertanian.

Table 1. Data Fuzzy Kategori Penyiraman

Sensor	Kelembaban Tanah	Kategori Penyiraman
Soil Moisture 1	1% – 40%	Sedang
	40% – 80%	Sedikit
	80% – 100%	Tidak Menyiram
Soil Moisture 2	40% – 80%	Sedikit
	80% – 100%	Tidak Menyiram
Soil Moisture 3	1% – 40%	Banyak
	40% – 80%	Sedang
	80% – 100%	Tidak Menyiram

4.4. Pengujian dan Analisis Kinerja Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan mengamati pembacaan nilai kelembaban tanah secara langsung dari masing-masing sensor pada waktu yang berbeda. Hasil pengujian menunjukkan bahwa data yang dihasilkan oleh sensor bersifat stabil dan dapat diproses dengan baik oleh sistem. Pengujian sistem dilakukan pada dua waktu yang berbeda, yaitu pagi hari (pukul 08.00) dan sore hari (pukul 16.00), dengan tujuan untuk mengevaluasi konsistensi pembacaan sensor serta kemampuan sistem dalam menyesuaikan keputusan penyiraman terhadap perubahan kondisi kelembaban tanah sepanjang hari. Pada pengujian pagi hari, hasil pembacaan kelembaban tanah dari masing-masing sensor ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Pagi Hari

Sensor	Kelembaban Tanah	Kategori Penyiraman
Soil Moisture 1	32%	Sedang
Soil Moisture 2	42%	Sedang
Soil Moisture 3	51%	Sedang

Hasil pengujian pagi hari menunjukkan bahwa seluruh sensor berada pada rentang kelembaban sedang. Kondisi ini mengindikasikan bahwa pada pagi hari tanah masih memiliki kandungan air yang relatif mencukupi, yang kemungkinan berasal dari sisa penyiraman sebelumnya maupun kelembaban alami akibat embun malam. Sistem merespons kondisi tersebut dengan mengaktifkan penyiraman pada kategori sedang secara konsisten, yang menunjukkan bahwa keputusan yang dihasilkan oleh logika fuzzy telah sesuai dengan kondisi aktual lahan. Selanjutnya, pengujian sore hari dilakukan pada pukul 16.00 dengan hasil pembacaan sensor seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sore Hari

Sensor	Kelembaban Tanah	Kategori Penyiraman
Soil Moisture 1	44%	Sedang
Soil Moisture 2	60%	Sedang
Soil Moisture 3	84%	Tidak Menyiram

Hasil pengujian sore hari menunjukkan adanya variasi kelembaban tanah yang lebih signifikan antar titik pengukuran. Sensor ketiga mendeteksi kelembaban tanah yang tinggi, yaitu sebesar 84%, sehingga sistem memutuskan untuk tidak melakukan penyiraman pada area tersebut. Sementara itu, sensor pertama dan kedua masih berada pada rentang kelembaban sedang, sehingga sistem tetap mengaktifkan penyiraman sesuai kebutuhan. Secara keseluruhan, hasil pengujian pada dua waktu yang berbeda menunjukkan bahwa sistem mampu menyesuaikan keputusan penyiraman secara adaptif berdasarkan kondisi kelembaban tanah yang terdeteksi. Hal ini membuktikan bahwa integrasi algoritma Adaline dan logika fuzzy memungkinkan sistem untuk tidak melakukan penyiraman secara seragam, melainkan berdasarkan kondisi aktual lahan di setiap titik pengukuran.

2.5. Analisis Sistem Penyiraman Berbasis IoT

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, sistem penyiraman otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang dikembangkan mampu bekerja secara andal dan adaptif dalam memonitor serta mengendalikan kelembaban tanah tanaman cabai. Integrasi algoritma Adaline berperan penting dalam meningkatkan keandalan data sensor dengan melakukan klasifikasi dan validasi awal sebelum data diproses oleh sistem logika fuzzy. Pendekatan ini menghasilkan keputusan penyiraman yang lebih akurat dan sesuai dengan kondisi aktual lahan.

Keunggulan utama sistem terletak pada kemampuannya melakukan monitoring kelembaban tanah secara real-time serta mengontrol proses penyiraman secara otomatis tanpa memerlukan intervensi manual. Hal ini berkontribusi pada peningkatan efisiensi penggunaan air dan mengurangi risiko penyiraman berlebih maupun kekurangan air. Selain itu, pemanfaatan platform IoT memungkinkan petani untuk memantau kondisi tanaman dari jarak jauh, sehingga sistem menjadi lebih responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Meskipun demikian, sistem yang dikembangkan masih memiliki beberapa keterbatasan. Sistem sangat bergantung pada kestabilan koneksi internet, sehingga apabila terjadi gangguan jaringan atau perubahan konfigurasi WiFi, proses monitoring dan pengendalian tidak dapat berjalan secara optimal. Selain itu, parameter pengambilan keputusan penyiraman masih terbatas pada nilai kelembaban tanah, tanpa mempertimbangkan faktor lingkungan lain seperti suhu udara, kelembaban udara, intensitas cahaya, maupun kondisi cuaca. Jumlah sensor yang digunakan juga masih terbatas, sehingga cakupan pengukuran kelembaban tanah belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi lahan dalam skala yang lebih luas.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menambahkan parameter lingkungan lain untuk meningkatkan akurasi pengambilan keputusan penyiraman. Integrasi sensor suhu, kelembaban udara, dan curah hujan, serta penerapan metode kecerdasan buatan yang lebih kompleks seperti jaringan saraf tiruan multilayer atau pembelajaran mesin, dapat menjadi arah pengembangan yang potensial. Selain itu, pengembangan sistem ke arah *edge computing* atau *offline mode* juga dapat dipertimbangkan untuk mengurangi ketergantungan terhadap koneksi internet. Dengan pengembangan tersebut, sistem diharapkan dapat menjadi solusi yang lebih komprehensif dan berkelanjutan dalam mendukung penerapan pertanian presisi pada budidaya tanaman cabai.

4. Conclusion

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa sistem penyiraman otomatis tanaman cabai berbasis Internet of Things (IoT) berhasil mengintegrasikan algoritma Adaline dan logika fuzzy untuk memantau dan mengatur kelembaban tanah secara adaptif. Sistem ini menggunakan sensor kelembaban tanah (*soil moisture sensor*) yang terhubung ke mikrokontroler NodeMCU berbasis WiFi, memungkinkan pengguna memonitor kondisi kelembaban secara real-time melalui platform IoT. Keputusan penyiraman dilakukan menggunakan logika fuzzy, yang membagi tingkat kelembaban tanah ke dalam tiga kategori: penyiraman sedang (1%–40%), penyiraman sedikit (41%–80%), dan tidak menyiram (>80%). Algoritma Adaline berperan dalam memvalidasi data sensor sebelum diproses, sehingga meningkatkan akurasi dan keandalan sistem. Dibandingkan dengan pendekatan hardware konvensional yang hanya membaca nilai sensor, integrasi Adaline dan fuzzy logic menghasilkan sistem yang lebih cerdas, adaptif, dan terkontrol.

Sistem yang dikembangkan telah memenuhi tujuan penelitian, yaitu menyediakan solusi penyiraman otomatis yang efisien, responsif terhadap kondisi lingkungan, dan dapat dikendalikan serta dipantau dari jarak jauh, sehingga memiliki potensi signifikan dalam mendukung pertanian presisi pada budidaya tanaman cabai.

Sebagai pengembangan ke depan (*future work*), sistem ini dapat diperluas dengan menambahkan sensor lingkungan tambahan, seperti suhu udara, kelembaban udara, intensitas cahaya, dan curah hujan, untuk meningkatkan akurasi pengambilan keputusan penyiraman. Penerapan metode kecerdasan buatan yang lebih kompleks, misalnya jaringan saraf tiruan multilayer atau *machine learning*, dapat memperkuat kemampuan prediktif sistem terhadap perubahan kondisi lingkungan. Selain itu, pengembangan mode *offline* atau *edge computing* juga dapat dipertimbangkan untuk mengurangi ketergantungan pada koneksi internet dan meningkatkan ketahanan sistem. Dengan pengembangan tersebut, sistem diharapkan dapat menjadi solusi yang lebih komprehensif, adaptif, dan berkelanjutan dalam mendukung pertanian presisi.

Acknowledgment

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Apresiasi khusus disampaikan kepada institusi tempat penelitian dilakukan, serta rekan-rekan dan pembimbing yang telah memberikan masukan, saran, dan bantuan teknis selama proses perancangan dan pengujian sistem penyiraman otomatis tanaman cabai berbasis Internet of Things (IoT).

References

- [1] Halil, W. (2020). Budidaya Cabai. *Litbangtan Sulsel*.
- [2] M. Benzaouia, B. Hajji, A. Mellit, and A. Rabhi, "Fuzzy-IoT smart irrigation system for precision scheduling and monitoring," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 215, p. 108407, 2023, doi: 10.1016/j.compag.2023.108407.
- [3] M. J. Hoque, M. S. Islam, and M. Khaliluzzaman, "A Fuzzy Logic- and Internet of Things-Based Smart Irrigation System," *Engineering Proceedings*, vol. 58, no. 1, p. 93, 2023, doi: 10.3390/ecsa-10-16243.
- [4] A. Bushnag, "Smart agriculture: IoT-Based smart irrigation with advanced fuzzy logic control," *Expert Systems with Applications*, vol. 299, Part D, 2026, doi: 10.1016/j.eswa.2025.130168.
- [5] A. Morchid, H. Qjidaa, R. El Alami, S. Mobayen, and B. Bossoufi, "Smart irrigation-based Internet of Things and cloud computing technologies for sustainable farming," *Scientific Reports*, 2026, doi: 10.1038/s41598-026-35810-0.
- [6] H. Nasir, W. Wardi, and A. Jalil, "Optimization of rice field irrigation based on fuzzy logic and the Internet of Things through water level analysis," *Journal of Applied Informatics and Computing*, vol. 9, no. 6, 2025, doi: 10.30871/jaic.v9i6.11244.
- [7] M. R. Roziqin, A. Fauzan, and S. Z. N. Haq, "Rancang bangun penyiraman tanaman otomatis menggunakan ESP32 dan sensor kelembaban tanah," *Journal of Applied Informatics and Computing*, vol. 13, no. 3S1, 2025.
- [8] N. Aisyah, E. D. Ulhaq, A. Dharmawan, and R. Purbakawaca, "Design of an IoT-based smart irrigation system using soil moisture sensors for water efficiency," *Journal Online of Physics*, vol. 11, no. 1, 2025, doi: 10.22437/jop.v11i1.48928.
- [9] M. Syafiq, M. H. F. Abd Halim, A. A. Zainuddin, N. F. Ahmad, N. N. H. Rosdi, and F. Mazlan, "Agrilink: Design and evaluation of an IoT-based smart agriculture system for plant watering and humidification," *Malaysian Journal of Science and Advanced Technology*, vol. 5, no. 3, 2025.
- [10] B. Rahman, T. P. Mantoro, S. Andryana, and S. Bagus Wicaksono, "Optimizing plant watering efficiency via IoT: Fuzzy Sugeno method with ESP8266 microcontroller," *TEM Journal*, vol. 13, no. 3, pp. 1849–1857, 2024, doi: 10.18421/TEM133-13.
- [11] X. Liu, Z. Zhao, and A. Rezaeipanah, "Intelligent and automatic irrigation system based on internet of things using fuzzy control technology," preprint, 2025. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC12032210>
- [12] Prihatiningrum, C., Nafi'udin, A. F., & Habibullah, M. (2021). Identifikasi Teknik Pengendalian Hama Penyakit Tanaman Cabai di Desa Kebonlegi Kecamatan Kaliangkrik Kabupaten Magelang. *JURNAL PERTANIAN CEMARA*, 18(1). <https://doi.org/10.24929/fp.v18i1.1130>

Authors' Profiles



Seli Puri Andani, S.Kom., M.T.I.,

Seli Puri Andani, S.Kom., M.T.I., adalah dosen di bidang Teknologi Informasi yang memiliki minat pada pengembangan sistem berbasis web, Internet of Things (IoT), dan analisis data. Menyelesaikan pendidikan Sarjana Komputer pada tahun 2019 dan lulus Magister Teknologi Informatika pada tahun 2022. Aktif dalam penelitian dan publikasi ilmiah, serta terlibat dalam berbagai kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang berfokus pada penerapan teknologi untuk mendukung inovasi dan efisiensi di berbagai sektor.



Sinta Wati, S.T., M.T.

Sinta Wati, S.T., M.T., adalah dosen pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Lampung. Menyelesaikan pendidikan Sarjana Teknik Sipil pada tahun 2016 dan lulus Magister Teknik Sipil pada tahun 2023 dengan fokus keilmuan di bidang struktur. Aktif dalam kegiatan penelitian, publikasi ilmiah, dan pengabdian kepada masyarakat, khususnya yang berkaitan dengan analisis struktur, teknologi bahan konstruksi, serta pengembangan infrastruktur yang berkelanjutan.



Rahmad Hidayat Lendrian, S.T., M.T

Rahmad Hidayat Lendrian, S.T., M.T., adalah dosen di bidang Teknik Sipil dengan fokus pada perencanaan dan manajemen konstruksi. Menyelesaikan pendidikan Sarjana Teknik Sipil pada tahun 2017 dan lulus Magister Teknik Sipil pada tahun 2023. Aktif dalam penelitian terkait manajemen proyek, rekayasa struktur, serta pengembangan infrastruktur berkelanjutan, dan terlibat dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang berorientasi pada penerapan teknologi tepat guna di bidang konstruksi.



Jeckson, S.T., M.Pd.T.

Jeckson, S.T., M.Pd.T. adalah dosen Program Studi Teknik Elektro dengan bidang keahlian sistem kelistrikan, elektronika, dan pendidikan teknologi. Aktif dalam pengajaran, penelitian terapan, serta pengabdian kepada masyarakat.