

SISTEM MONITORING LINGKUNGAN BERBASIS IOT SEBAGAI REKOMENDASI WAKTU TANAM CABAI DI NAGARI SELAYO TANANG BUKIT SILEH

Asty Novfelia^{1*}, Busran Busran², Putri Mandarani³, Eko Kurniawanto Putra⁴, Anna Syahrani⁵

^{1,2,3,4,5}Institut Teknologi Padang; Jln. Gajah Mada Kandis, Kp. Olo, Kec. Nanggalo, Kota Padang, Sumatera Barat 25143, Telp. (0751) 7055202

Keywords:

Cabai; Curah Hujan;
Fuzzy Logic; Iot; Suhu
Dan Kelembapan;

Correspondent Email:

astynovelia@gmail.com

Abstrak – Pertanian merupakan sektor vital bagi masyarakat pedesaan, khususnya di Nagari Selayo Tanang Bukit Sileh, Kabupaten Solok, yang mengandalkan tanaman cabai sebagai komoditas utama. Namun, ketidakpastian kondisi lingkungan seperti kadar karbon dioksida (CO₂), curah hujan, suhu, dan kelembapan sering menyulitkan petani dalam menentukan masa tanam yang optimal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membangun sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat memberikan rekomendasi masa tanam cabai berdasarkan parameter lingkungan tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah logika fuzzy dengan model fuzzy database Tahani untuk mengolah data yang diperoleh dari sensor MQ-135 (CO₂), sensor raindrop (curah hujan), dan sensor DHT11 (suhu dan kelembapan). Data dikirimkan secara real-time menggunakan modul ESP8266 dan disimpan pada platform cloud. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memantau kondisi lingkungan dengan akurasi cukup baik dan menghasilkan rekomendasi masa tanam yang sesuai dengan kondisi aktual di lapangan. Pembahasan menunjukkan bahwa metode fuzzy logic efektif dalam mengakomodasi data yang bersifat kabur, sehingga mampu memberikan hasil yang fleksibel dan mendekati kenyataan. Kesimpulan, sistem ini dapat menjadi solusi praktis dan adaptif untuk membantu petani dalam pengambilan keputusan waktu tanam, serta meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian di daerah tersebut.



Copyright © JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. Agriculture is a vital sector for rural communities, especially in Nagari Selayo Tanang Bukit Sileh, Solok Regency, which relies on chili cultivation as its main commodity. However, the uncertainty of environmental conditions such as carbon dioxide (CO₂) levels, rainfall, temperature, and humidity often makes it difficult for farmers to determine the optimal planting time. The purpose of this study is to design and develop an Internet of Things (IoT)-based monitoring system that can provide recommendations for chili planting periods based on those environmental parameters. The method used in this research is fuzzy logic with the Tahani fuzzy database model to process data obtained from the MQ-135 sensor (CO₂), raindrop sensor (rainfall), and DHT11 sensor (temperature and humidity). Data is transmitted in real-time using the ESP8266 module and stored on a cloud platform. The test results show that the system is capable of monitoring environmental conditions with fairly good accuracy and producing planting time recommendations that match actual field conditions. The discussion demonstrates that the fuzzy logic method is effective in accommodating uncertain data, thus providing flexible and realistic results. In conclusion, this system can be a practical and adaptive solution to assist farmers in deciding planting times, as well as improve agricultural efficiency and productivity in the area.

1. PENDAHULUAN

Pertanian merupakan sektor penting yang memanfaatkan sumber daya alam seperti tanah, air, iklim, dan organisme untuk menghasilkan bahan pangan, pakan, serat, serta bioenergi yang dibutuhkan manusia. pertanian adalah kegiatan manusia dalam mengelola sumber daya alam untuk memenuhi kebutuhan hidup dan menjaga keseimbangan lingkungan secara berkelanjutan. Kegiatan pertanian juga menjadi mata pencaharian utama di daerah pedesaan dan berkontribusi terhadap ketahanan ekonomi lokal.[1]

Di Nagari Selayo Tanang Bukit Sileh, Kabupaten Solok, Provinsi Sumatera Barat, pertanian menjadi tulang punggung kehidupan masyarakat. Komoditas unggulan di daerah ini adalah tanaman cabai (*Capsicum annum*), yang memiliki nilai jual tinggi dan dapat dipanen berulang kali sepanjang musim tanam. Namun, keberhasilan dalam budidaya tanaman cabai sangat bergantung pada kondisi lingkungan, terutama curah hujan yang memengaruhi pemilihan waktu tanam, serta faktor-faktor seperti suhu, kelembapan, dan kadar karbon dioksida (CO_2) yang memengaruhi pertumbuhan tanaman.[2] [3].

Berdasarkan hasil observasi lapangan (2025), kelompok tani di Nagari ini menghadapi tantangan dalam menentukan waktu tanam yang tepat akibat curah hujan yang tidak menentu. Sementara itu, suhu udara yang fluktuatif, kelembapan yang tidak stabil, dan kadar CO_2 yang berubah-ubah turut mempengaruhi kualitas dan kecepatan pertumbuhan tanaman cabai. Para petani juga tidak memiliki alat atau sistem yang mampu memberikan data lingkungan secara akurat dan real time, sehingga keputusan pertanian sering didasarkan pada intuisi.

Dalam menjawab permasalahan tersebut, penggunaan teknologi monitoring lingkungan menjadi solusi potensial. Sistem berbasis sensor mampu merekam data suhu, kelembapan, curah hujan, dan CO_2 secara otomatis. Data curah hujan dapat dijadikan indikator utama untuk menentukan waktu tanam yang tepat, sedangkan data suhu, kelembapan, dan CO_2 dianalisis untuk mengetahui pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman cabai. Pemanfaatan teknologi pada pertanian dapat meningkatkan efisiensi, produktivitas, serta ketepatan pengelolaan kondisi pertumbuhan

tanaman. Dalam menghadapi permasalahan pada petani tersebut,

penerapan teknologi menawarkan solusi yang dapat membantu para petani. Salah satu solusi yang diusulkan dalam penelitian ini adalah pemasangan sensor di daerah penanaman cabai untuk mendeteksi parameter faktor yang telah disebutkan menjadi indikator untuk waktu penanaman tanaman cabai yang baik. Pendekatan ini tidak hanya memberikan informasi statis, tetapi juga pengumpulan data secara langsung melalui sensor. Pentingnya mendapatkan data secara langsung melalui sensor menjadi faktor utama dalam peningkatan kualitas informasi mengenai CO_2 , curah hujan, serta suhu dan kelembapan.[4] Selain itu, dengan mengumpulkan dan menganalisis data dari sensor-sensor tersebut, para petani dapat memperoleh wawasan mendalam mengenai kondisi lingkungan penanaman cabai mereka. Hal ini dapat mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat dalam menentukan waktu penanaman yang paling cocok untuk penanaman cabai. Penelitian ini juga memiliki tujuan untuk memberikan rekomendasi waktu penanaman tanaman cabai yang menggunakan metode Fuzzy Logic.

Selain Fuzzy Logic, metode seperti Machine Learning, regresi statistik, dan Analytic Hierarchy Process (AHP) juga dapat digunakan.[5] Namun, Machine Learning membutuhkan data historis besar, regresi kurang mampu menangani data samar, dan AHP bergantung pada penilaian subjektif. Fuzzy Logic lebih tepat karena fleksibel, tidak memerlukan banyak data, mampu mengolah ketidakpastian variabel cuaca, dan mudah dipahami oleh pengguna.[6]

Berbeda dengan metode lain, Fuzzy Logic unggul dalam mengolah data lingkungan yang tidak pasti tanpa memerlukan banyak data historis. Metode ini menggabungkan pengetahuan pakar dengan data sensor, mengubah nilai crisp menjadi derajat keanggotaan melalui fungsi keanggotaan. Menurut Saputra (2016), Fuzzy Logic efektif untuk pengambilan keputusan pada sistem dengan banyak variabel yang tingkat ketidakpastiannya tinggi. Hasil monitoring ditampilkan di website, sedangkan pengujian dan kalibrasi sensor MQ135, DHT11, dan Tipping Bucket dilakukan sesuai kebutuhan masing-masing sensor.[7]

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan tiga variabel utama, yaitu kadar CO₂, curah hujan, serta suhu dan kelembapan sebagai dasar sistem rekomendasi waktu tanam cabai berbasis fuzzy logic. Pemilihan variabel ini didasarkan pada penelitian sebelumnya.[8]

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Internet Of thing (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan gabungan dari dua kata, yaitu internet dan things. Kata internet merujuk pada jaringan komputer yang menggunakan protokol komunikasi, sedangkan things mengacu pada objek fisik.[9] Objek fisik ini, seperti sensor, mampu membaca data yang kemudian dapat dikirim melalui jaringan internet. Data hasil pembacaan sensor tersebut yang mudah dipahami oleh pengguna, sehingga memudahkan proses pertukaran informasi antara bahasa analog yang dihasilkan sensor dengan bahasa digital yang diproses oleh server atau aplikasi.[10]

2.2. Logika Fuzzy

Logika fuzzy merupakan metode yang mampu mengolah variabel dengan sifat samar atau tidak dapat didefinisikan secara pasti, seperti dingin, hangat, panas, dan sejenisnya. Dalam sistem fuzzy, variabel samar tersebut dinyatakan sebagai suatu himpunan, di mana anggotanya berupa nilai crisp yang memiliki derajat keanggotaan tertentu pada himpunan tersebut.[11]

Konsep logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh dari University of California pada tahun 1965. Logika fuzzy merupakan pengembangan dari logika klasik yang hanya mengenal dua nilai keanggotaan, yaitu 0 dan 1. Berbeda dengan logika klasik, logika fuzzy memungkinkan nilai kebenaran suatu pernyataan berada pada rentang antara sepenuhnya benar hingga sepenuhnya salah.[12]

2.3. ESP8266

ESP8266 adalah chip mikrokontroler yang dikembangkan oleh perusahaan Espressif Systems, dirancang khusus untuk mendukung konektivitas WiFi dalam berbagai aplikasi IoT (Internet of Things).[13] Chip ini dilengkapi dengan CPU 32-bit Tensilica Xtensa LX106 yang berjalan pada frekuensi hingga 80 MHz,

serta dilengkapi dengan memori RAM dan flash yang cukup untuk menjalankan aplikasi WiFi. ESP8266 menawarkan kemampuan untuk berfungsi sebagai mikrokontroler mandiri dengan kemampuan WiFi terintegrasi, atau dapat digunakan sebagai modul tambahan dalam sistem yang lebih kompleks.

2.4. Arduino Uno

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler sumber terbuka (open-source) berbasis chip ATmega328P, dirancang untuk memudahkan pengembangan elektronik dan pemrograman. Papan ini memiliki 14 pin digital (6 di antaranya memiliki kemampuan PWM), 6 pin analog, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, soket daya, header ICSP, dan tombol reset. Arduino Uno dapat diprogram menggunakan Arduino IDE, menjadikannya populer bagi pemula maupun profesional dalam proyek IoT, pendidikan, dan prototyping.[14]

2.5. Sensor MQ135

Sensor MQ-135 merupakan salah satu jenis sensor gas yang dirancang untuk mendeteksi keberadaan berbagai jenis gas berbahaya di udara, seperti amonia (NH₃), nitrogen oksida (NO_x), alkohol, benzena, asap, serta karbon dioksida (CO₂). Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip perubahan resistansi bahan semikonduktor (biasanya SnO₂ timah dioksida) yang sensitif terhadap gas-gas tersebut. Ketika udara bersih mengalir melalui sensor, resistansi bahan semikonduktor berada dalam keadaan stabil. Namun, ketika terdapat gas tertentu, resistansi sensor akan berubah secara signifikan sesuai konsentrasi gas di sekitarnya. Perubahan resistansi ini kemudian dikonversi menjadi sinyal listrik yang dapat dibaca oleh mikrokontroler seperti Arduino.

2.6. Sensor tipping bucket

Menurut Weathershack 2010, prinsip alat, air hujan ditampung pada bejana yang jungkit. bila air mengisi bejana penampung yang setara dengan curah hujan 0,5mm akan berjungkit dan air dikeluarkan. Tiap gerakan bejana berjungkit secara mekanis tercatat pada pias atau menggerakkan *counter* (penghitung) jumlah hitungan dikalikan 0,5mm adalah tinggi hujan yang terjadi. Curah hujan di bawah 0,5 mm tidak tercatat. Hal ini dikarenakan mode jungkit pada alat ini di desain hanya untuk

beban berat 0,5mm atau lebih. Semua alat penangkar hujan di atas harus diperhatikan penempatannya di lapangan terbuka bebas dari halangan.

2.7. DHT

Sensor DHT11 merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kelembapan udara dalam rentang 0% hingga 100% dengan tingkat akurasi sekitar $\pm 0,1\%$. Selain itu, sensor ini juga mampu mengukur suhu udara pada kisaran -40°C hingga 80°C dengan akurasi $\pm 0,1^\circ\text{C}$. [15]

2.8. Website

Website atau situs adalah kumpulan halaman yang berfungsi untuk menyajikan informasi dalam bentuk teks, gambar, video, animasi, suara, atau kombinasi dari berbagai media, baik yang bersifat statis maupun dinamis, dan tersusun dalam suatu struktur yang saling terhubung. [16] Setiap halaman dalam website terhubung melalui jaringan halaman yang disebut hyperlink, sementara teks yang digunakan sebagai penghubung antarhalaman disebut hypertext

3. METODE PENELITIAN

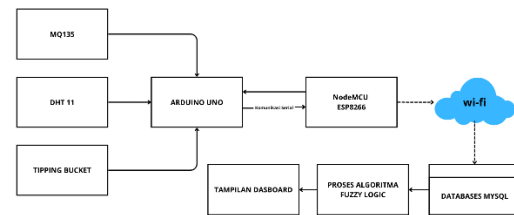
Penelitian ini dilakukan melalui pengumpulan dan analisis data, yang mencakup pengukuran kinerja perangkat lunak dan perangkat keras. Sensor MQ135, Sensor DHT11, Sensor Tipping bucket, dan website merupakan beberapa alat yang digunakan dalam penelitian ini

3.1. Perancangan system

Rancangan alat ini untuk monitoring CO_2 , curah hujan, suhu dan kelembapan sebagai rekomendasi waktu penanaman tanaan cabai menggunakan metode fuzzy logic yang nantinya hasil rekomendasi dan hasil monitoring akan di tampilkan secara real time melalui website

3.2. Blok Diagram

Blok diagram merupakan alat bantu perancangan sistem secara global yang dapat terlihat keseluruhan, keterkaitan, dan interaksi antara subsistem

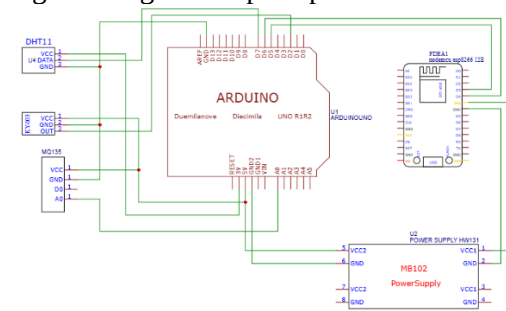


Gambar 1 Block Diagram

Pada gambar 1 di atas. Sensor CO_2 , suhu dan kelembapan, curah hujan dibaca oleh Arduino Uno (akuisisi & penggabungan data). Data dari Uno dikirim ke ESP8266 lalu lewat access point (Wi-Fi) menuju sistem ke server. Server menyimpan ke database, menjalankan fuzzy logic berdasarkan input sensor, dan menghasilkan rekomendasi waktu penanaman cabai yang ditampilkan ke aplikasi atau dashboard

3.3. Skematik rangkaian

Berikut merupakan skema rangkaian alat yang akan digunakan pada penelitian ini



Gambar 2 Skema Rangkaian

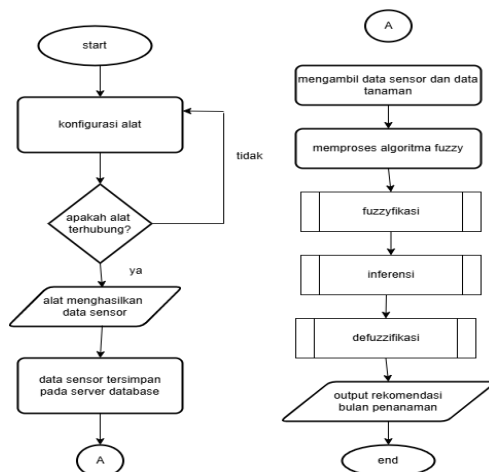
3.4. Rancangan interface



Gambar 3 Rancangan Interfaces

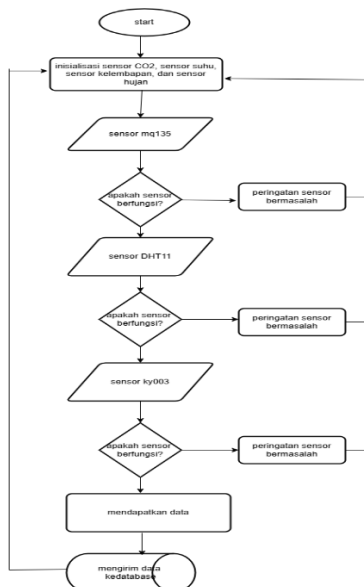
3.5. Flowchart

Berikut merupakan flowchart untuk sistem pada penelitian yang di jelaskan dalam gambar di bawah ini.



Gambar 4 Flowchart Sistem

Pada gambar 4 merupakan flowchart sistem yang menunjukkan proses berjalannya alat penelitian ini. perangkat dikonfigurasi (Wi-Fi/kalibrasi) akan mengecek koneksi. Jika terhubung, alat membaca sensor CO₂, suhu, kelembapan, dan curah hujan, kemudian mengirimkannya berkala ke database. Di server, data diproses dengan Fuzzy Logic mulai dari fuzzifikasi (mengubah nilai sensor jadi derajat keanggotaan), inferensi (menerapkan aturan), hingga defuzzifikasi (menghasilkan skor). Hasil akhirnya adalah rekomendasi bulan/masa tanam cabai yang ditampilkan ke aplikasi, dan siklus ini berulang selama alat aktif.



Gambar 5 Flowchart Alat

Pada gambar 5 merupakan flowchart alat yang menunjukkan proses pengecekan sensor sebelum pengiriman data. Sistem dimulai

dengan inisialisasi sensor CO₂ (MQ135), suhu–kelembapan (DHT11), dan hujan (KY-003/tipping bucket). Masing-masing sensor diuji: jika tidak berfungsi, sistem memberi peringatan sensor bermasalah; jika berfungsi, lanjut ke sensor berikutnya. Setelah semua ok, perangkat mengambil data, lalu mengirimkannya ke database. Proses ini berjalan berulang pada tiap siklus pembacaan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian data sensor

Pengujian data sensor menguji berbagai sensor yang mengukur CO₂, curah hujan, suhu dan kelembapan. Selama proses ini, data dari sensor dikirim server untuk dipantau dan dianalisis.

A. Pengujian sensor Tipping bucket

Dalam 6 percobaan sensor berhasil mengukur intensitas hujan. Pada pengujian ini dilakukan Kalibrasi dilakukan untuk menentukan seberapa besar curah hujan (dalam milimeter) yang dihasilkan oleh setiap tipping. Rumus yang digunakan untuk menghitung curah hujan adalah sebagai berikut:

$$\text{Curah Hujan (mm)} = \frac{\text{jumlah tipping (ml)} \times \text{Volume pertipping (ml)}}{\text{luas corong (cm}^2\text{)}} \times 10$$

Rumus ini digunakan untuk mengonversi volume air yang tertampung menjadi satuan curah hujan berdasarkan luas permukaan corong penampung.

Tabel 1 Hasil pengujian sensor Tipping Bucket

No	Jumlah tipping	Volume pertipping (mm)	Status hujan
1	3	0.99	Hujan Ringan
2	9	2.97	Hujan Sedang
3	15	4.95	Hujan Deras
4	30	9.90	Hujan sangat Deras
5	60	19.80	Hujan Sangat Deras

B. Pengujian Sensor DHT11

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor DHT11 dalam mengukur suhu dan kelembapan udara dengan membandingkan hasil bacaan terhadap alat referensi yaitu HTC-1 (termohigrometer digital).

Tabel 2 hasil kalibrasi kelembapan

Jam	Suhu DHT11(°C)	Suhu HTC-1 (°C)	Selisih (°C)	RH DHT11 (%)	RH HTC-1 (%)
12.26	27.60	27.80	-0.20	78.0	+18.0
12.41	27.60	27.40	+0.20	78.0	+19.0
12.56	27.40	27.30	+0.10	78.0	+16.0
13.29	27.60	27.10	+0.50	76.0	+6.00
13.44	27.00	28.0	+1.00	78.0	+8.00

Dari hasil pengujian pada Tabel 2. Terlihat selisih terlihat selisih yang cukup jauh sehingga perlu di kalibrasi. Berikut hasil kalibrasi kelembaban

C. Pengujian sensor mq135

Pengujian pengujian sensor mq135 dengan membandingkannya dengan datasheet yang ada.

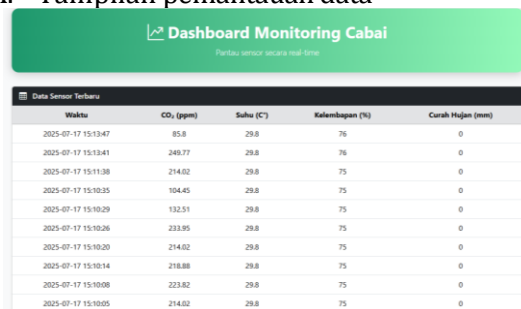
Tabel 3 pengujian sensor MQ135

No.	Rs/Ro	Ppm
1	3.73	3.94
2	3.63	4.21
3	3.66	3.99
4	3.73	3.94
5	3.56	4.42

4.2. Tampilan hasil web

Hasil monitoring ini ditampilkan pada sebuah dashboard web untuk mempermudah monitoring sistem yang mana dapat melihat rekomendasi masa tanam tanaman cabai dari hasil data monitoring sensor.

A. Tampilan pemantauan data



Waktu	CO ₂ (ppm)	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Curah Hujan (mm)
2025-07-17 15:13:47	85.8	29.8	76	0
2025-07-17 15:13:41	249.77	29.8	76	0
2025-07-17 15:11:38	214.02	29.8	75	0
2025-07-17 15:10:35	104.45	29.8	75	0
2025-07-17 15:10:29	132.51	29.8	75	0
2025-07-17 15:10:26	233.95	29.8	75	0
2025-07-17 15:10:20	214.02	29.8	75	0
2025-07-17 15:10:14	218.88	29.8	75	0
2025-07-17 15:10:08	223.82	29.8	75	0
2025-07-17 15:10:05	214.02	29.8	75	0

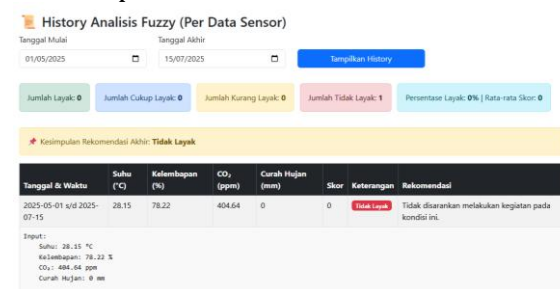
Gambar 6 Halaman Pemantauan Data

B. Tampilan grafik sensor



Gambar 7 Grafik Sensor Terbaru

C. Tampilan halaman rekomendasi



Gambar 8 Halaman Rekomendasi

5. KESIMPULAN

Prototype yang dirancang bekerja baik menghasilkan rekomendasi kelayakan lahan berbasis suhu, kelembapan, CO₂, dan curah hujan. Sistem menerapkan fuzzy Mamdani secara lengkap—fuzzifikasi, inferensi 81 aturan, dan defuzzifikasi—untuk mengklasifikasikan kondisi menjadi Layak, Cukup Layak, Kurang Layak, atau Tidak Layak. Uji Mei–Juli 2025 di Nagari Selayo Tanang Bukit Sileh menunjukkan rata-rata **Layak** dengan skor 87,57%, sehingga lingkungan sangat baik untuk budidaya cabai. Metode ini efektif menangani ketidakpastian data sensor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada Bapak Busran dan Ibuk Putri atas seluruh bimbingan, arahan, dan dukungan yang telah diberikan selama keseluruhan proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Dadi, “Pembangunan Pertanian dan sistem Pertanian Organik,” *J. Educ. Dev.*, vol. 9, no. 3, pp. 566–572, 2021.
- [2] I. Widowati, A. Dhamira, H. Anggrasari, and R. N. Seleky, “Climatic Factors and Its Effect on Chili Production: One Step Forward Combating Climate Change,” *BIO Web Conf.*, vol. 69, pp. 1–7, 2023, doi: 10.1051/bioconf/20236904001.
- [3] P. N. Safiroh W.P, G. F. Nama, and M. Komarudin, “Sistem Pengendalian Kadar PH dan Penyiraman Tanaman Hidroponik Model Wick System,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 10, no. 1, 2022, doi: 10.23960/jitet.v10i1.2260.
- [4] K. Singh, K. A. Momin, M. Nishal, C. Sultania, and M. Rao, “Agri-Guard: IoT-Based Network for Agricultural Health

- Monitoring with Fault Detection,” *Int. Conf. Internet Things, Big Data Secur. IoTBDS - Proc.*, pp. 223–230, 2025, doi: 10.5220/0013209500003944.
- [5] M. J. Mohammed, “Literature Review of Fuzzy Set Theory: Applications and Methodologies,” *J. Econ. Adm. Sci.*, vol. 31, no. 146, pp. 197–216, 2025, doi: 10.33095/9p0k98.
- [6] Ezenwobodo and S. Samuel, “International Journal of Research Publication and Reviews,” *Int. J. Res. Publ. Rev.*, vol. 04, no. 01, pp. 1806–1812, 2022, doi: 10.55248/gengpi.2023.4149.
- [7] S. G. -, M. C. -, S. M. -, A. B. -, S. santra -, and D. S. G. -, “IoT-based Smart Weather Monitoring System,” *Int. J. Sci. Technol.*, vol. 16, no. 2, pp. 1–20, 2025, doi: 10.71097/ijst.v16.i2.5614.
- [8] T. D. Hendrawati and K. Algifary, “Pengembangan Sistem Kontrol dan Monitoring pada Irigasi Tanaman Cabe Berbasis Node Nirkabel dan Internet of Things (IoT) menggunakan Metode Fuzzy Logic,” ... *Semin. Nas. Teknol. ...*, pp. 4–7, 2022.
- [9] D. Bandyopadhyay and J. Sen, “Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization,” *Wirel. Pers. Commun.*, vol. 58, no. 1, pp. 49–69, 2011, doi: 10.1007/s11277-011-0288-5.
- [10] T. Zachariah, N. Klugman, and P. Dutta, *ThingSpeak in the Wild: Exploring 38K Visualizations of IoT Data*, vol. 1, no. 1. Association for Computing Machinery, 2022. doi: 10.1145/3560905.3567766.
- [11] S. Thaker and V. Nagori, “Analysis of Fuzzification Process in Fuzzy Expert System,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 132, pp. 1308–1316, 2018, doi: 10.1016/j.procs.2018.05.047.
- [12] A. . Rindengan and A. . L. Yohanes, *Sistem Fuzzy*. 2019.
- [13] M. Mehta, “ESP8266 : A Breakthrough in Wireless Sensor Networks and Internet of Things,” *Int. J. Electron. Commun. Eng. Technol.*, vol. 6, no. 8, pp. 7–11, 2015.
- [14] M. Anang Sucipto and S. Bagus Prakoso, “Rancang Bangun Alat Penetas Telur Otomatis berbasi Arduino,” *J. FORTECH*, vol. 3, no. 1, pp. 43–50, 2022, doi: 10.56795/fortech.v3i1.106.
- [15] Y. K. Yonatan, A. T. Mukti, R. N. Firmansyah, and Paduloh, “Analisa Penerapan Sensor Suhu Menggunakan Arduino Uno di dalam Sistem Pertanian GreenHouse: Sensor DHT22,” *J. Eng. Environmental Energy Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 39–46, 2025, doi: 10.31599/jhvtjv90.
- [16] E. Nurlailah and K. R. Nova Wardani, “Perancangan Website Sebagai Media Informasi Dan Promosi Oleh-Oleh Khas Kota Pagaram,” *JUPI (Jurnal Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Inform.*, vol. 8, no. 4, pp. 1175–1185, 2023, doi: 10.29100/jupi.v8i4.4006.