

**SISTEM PREDIKSI IRIGASI OTOMATIS
MENGUNAKAN ADAPTIVE NEURO FUZZY
INFERENCE SYSTEM (ANFIS) PADA SMART
FARMING**

Tugas Akhir

**diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar sarjana**

**dari Program Studi Teknologi Informasi Kota Surabaya
Fakultas Informatika
Universitas Telkom**

1202200022

Salman



**Program Studi Sarjana Teknologi
Informasi**

Fakultas Informatika

Universitas Telkom

(Kota Surabaya)

2024

LEMBAR PENGESAHAN

SISTEM PREDIKSI IRIGASI OTOMATIS MENGGUNAKAN ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS) PADA SMART FARMING

AUTOMATIC IRRIGATION PREDICTION SYSTEM USING ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS) IN SMART FARMING

NIM :1202200022

Salman

Tugas akhir ini telah diterima dan disahkan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar pada Program Studi Sarjana Teknologi Informasi

Fakultas Informatika

Universitas Telkom

Surabaya, 13 Agustus 2024

Menyetujui

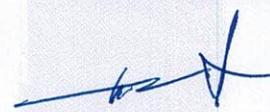
Pembimbing I,



Dr. Helmy Widyantara, S.Kom., M.Eng.

NIP: 19790001

Pembimbing II,



Muhammad Adib Kamali, S.T., M.Eng.

NIP: 2297007

Ketua Program Studi Sarjana
Teknologi Informasi,



Bernadus Anggoro

NIP: 23929009



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya, Salman, menyatakan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir saya dengan judul SISTEM PREDIKSI IRIGASI OTOMATIS MENGGUNAKAN ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS) PADA SMART FARMING beserta dengan seluruh isinya adalah merupakan hasil karya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Saya siap menanggung risiko/sanksi yang diberikan jika di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam buku TA atau jika ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya,

Surabaya, 12 Agustus 2024

Yang Menyatakan



Salman

SISTEM PREDIKSI IRIGASI OTOMATIS MENGGUNAKAN ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS) PADA SMART FARMING

Salman¹, Helmy Widyantara², Muhammad Adib Kamali³

^{1,2,3}Fakultas Informatika, Universitas Telkom, Bandung

¹salmann@student.telkomuniversity.ac.id,

²helmiwidyantara@telkomuniversity.ac.id,

³adibmkamali@telkomuniversity.ac.id,

Abstrak

Ketidakpastian terkait kelembapan tanah dan suhu lingkungan merupakan tantangan utama dalam mencapai pertumbuhan optimal tanaman melon di wilayah tropis. Tanaman melon sangat peka terhadap perubahan suhu dan kelembapan, di mana suhu ideal berkisar antara 27-35°C dan kelembapan relatif sekitar 70-80%. Ketidaksiuaian kondisi tersebut sering menyebabkan distribusi air yang tidak merata, berisiko menyebabkan gagal panen dan penurunan produktivitas. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem prediksi irigasi otomatis berbasis Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) yang dapat memantau dan mengatur kondisi lingkungan, terutama suhu dan kelembapan tanah, untuk tanaman melon. Sistem ini mengumpulkan data secara real-time dari sensor dan menggunakan model ANFIS untuk memprediksi kebutuhan irigasi, yang kemudian dieksekusi oleh pengontrol otomatis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini berhasil meningkatkan efisiensi penggunaan air dan mempertahankan kondisi tanah yang optimal, dengan nilai *Mean Squared Error* (MSE) sebesar 8,624. Dengan tingkat akurasi prediksi 95% dan nilai support 200, sistem ini terbukti dapat mengurangi risiko gagal panen dan meningkatkan produktivitas tanaman, sekaligus berkontribusi terhadap pengembangan sistem pertanian pintar yang adaptif di wilayah tropis. Selain itu, penelitian ini menawarkan wawasan baru dalam optimalisasi penggunaan sumber daya air dan pengelolaan lingkungan pertanian yang lebih efisien.

Kata Kunci: irigasi cerdas, ANFIS, efisiensi air, kelembapan tanah, suhu lingkungan, pertanian tropis.

Abstract

Uncertainty related to soil moisture and environmental temperature poses a significant challenge in achieving optimal melon plant growth in tropical regions. Melon plants are highly sensitive to changes in temperature and moisture, with an ideal temperature range of 27-35°C and relative humidity of around 70-80%. Inadequate conditions often lead to uneven water distribution, which risks crop failure and reduced productivity. This study aims to develop an automatic irrigation prediction system based on the Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) that can monitor and regulate environmental conditions, particularly temperature and soil moisture, for melon cultivation. The system collects real-time data from sensors and uses the ANFIS model to predict irrigation needs, which are then executed by an automatic controller. The results demonstrate that the system successfully improves water use efficiency and maintains optimal soil conditions, with a Mean Squared Error (MSE) value of 8.624. With a prediction accuracy rate of 95% and a support value of 200, the system has proven to reduce the risk of crop failure and enhance plant productivity, while contributing to the development of adaptive smart agriculture systems in tropical regions. Additionally, this research offers new insights into optimizing water resource usage and more efficient agricultural environmental management.

Keywords: smart irrigation, ANFIS, water efficiency, soil moisture, environmental temperature, tropical agriculture.

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Ketergantungan wilayah perkotaan terhadap hasil pertanian dari wilayah perdesaan dan terbatasnya lahan pertanian di wilayah perkotaan menuntut masyarakat wilayah perkotaan melakukan inovasi menyediakan produk pertanian. Menghadapi tantangan krisis pangan, masyarakat perkotaan memulai inovasi dengan praktik budidaya produk pertanian atau disebut *Urban Farming*. Pada era teknologi saat ini, penerapan *Smart Farming* menjadi salah satu solusi cerdas dengan memanfaatkan *Internet of Things* dan *Artificial Intelligence* untuk memudahkan pekerjaan petani. Salah satu tanaman yang sering dibudidayakan adalah tanaman melon. Selain karena produktivitas buah melon terus meningkat dengan harga nilai jual yang tinggi, buah melon juga menjadi salah satu buah favorit masyarakat Indonesia karena rasanya yang manis dan teksturnya yang lembut. Namun, dalam membudidayakan

tanaman melon faktor lingkungan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan serta hasil tanaman.

Melon merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki permintaan tinggi di pasar domestik maupun internasional. Tanaman melon memiliki karakteristik pertumbuhan yang sensitif terhadap kondisi lingkungan, terutama kebutuhan air. Suhu yang optimal bagi pertumbuhan tanaman melon berkisar antara 27-35 °C [1]. Suhu di atas 35 °C dapat menyebabkan fertilitas pada pollen, sehingga dapat mempengaruhi keberhasilan dalam polinasi tanaman melon [2]. Tanaman melon membutuhkan kelembaban sekitar 70-80%. Apabila kelembaban terlalu tinggi maka dapat mengundang berbagai macam hama dan penyakit yang bisa mengurangi mutu buah [3]. Dalam proses pertumbuhannya, tanaman memerlukan kecukupan air dan unsur hara. Air berfungsi sebagai media reaksi enzimatik, berperan dalam fotosintesis, serta menjaga turgiditas sel dan kelembaban tanaman. Kuantitas air yang dibutuhkan tanaman berbeda-beda sesuai dengan jenis dan lingkungan tempat tanaman itu hidup. Kandungan air di dalam tanah juga mempengaruhi kelarutan unsur hara dan menjaga suhu tanah [4]. Oleh karena itu, pengelolaan irigasi yang tepat menjadi krusial dalam budidaya melon untuk mencapai hasil panen optimal.

Namun saat ini, banyak sistem *smart farming* hanya mengandalkan metode *threshold* (batasan) untuk memberikan tindak lanjut dari hasil monitoring data yang didapatkan dari sensor. Dalam konteks pertanian tropis, muncul beberapa tantangan unik yang perlu diatasi untuk memaksimalkan hasil panen. Pada metode penyiraman konvensional, beberapa tanaman tidak mendapatkan asupan air secara merata, alat yang digunakan untuk menyiram biasanya tidak bertahan lama karena terbuat dari material yang mudah rusak sehingga harus selalu diganti secara berkala, selain itu pengecekan suhu dan kelembaban hanya dilakukan secara berkala dan tidak setiap saat dipantau [5]. Sehingga muncul permasalahan petani sulit memperhatikan kondisi kelembaban tanah karena membutuhkan waktu yang lebih lama, tidak efisiensi waktu penyiraman dikarenakan petani harus menyiram tanaman satu persatu secara manual dan memperbesar kemungkinan tanaman melon tidak dapat tumbuh dengan baik yang menyebabkan berkurang nya hasil panen.

Berdasarkan permasalahan yang tersebut diatas, perlu adanya sistem prediksi irigasi otomatis yang dapat memprediksi kondisi lingkungan tanaman melon sehingga mengurangi risiko gagal panen akibat kekurangan maupun kelebihan air dan meningkatkan produktivitas tanaman. Metode ANFIS (*Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System*) cocok digunakan karena menggabungkan kecerdasan buatan dan teori fuzzy dalam suatu sistem inferensi adaptif sehingga ia mampu belajar dari data pelatihan untuk menghasilkan model prediktif yang akurat dan adaptif. Dengan kemampuan ini, ANFIS dapat menyesuaikan diri dengan perubahan kondisi tanah dan tanaman, memberikan solusi yang lebih dinamis dibandingkan dengan metode tradisional. Data suhu dan kelembaban tanah yang digunakan untuk pelatihan dan prediksi model ANFIS diperoleh melalui sensor yang ditempatkan di lapangan.

Penggunaan metode ANFIS pada penelitian terdahulu salah satunya dilakukan oleh Matsniya, Azimatul pada tahun 2023 menggunakan model ANFIS untuk sistem prediksi produksi tembakau dan menghasilkan MAPE kurang dari 10% yang menunjukkan bahwa model ANFIS sangat akurat [6]. Pada penelitian prediksi waktu penyiraman tanaman cabai dengan metode ANFIS untuk menghitung kebutuhan air harian tanaman cabai menunjukkan bahwa model ANFIS mampu mencapai tingkat akurasi sebesar 90,7% jika dibandingkan dengan hasil pengukuran referensi [7]. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Andayani, Dkk. Tahun 2024 menggunakan metode ANFIS untuk prediksi penggunaan pupuk untuk hasil panen maksimal tanaman sachal inchi didapatkan akurasi prediksi ANFIS sebesar 96% [8].

Pada penelitian ini, mengambil studi kasus tanaman melon pada Greenhouse Telkom University Surabaya. Metode ANFIS digunakan untuk memprediksi irigasi yang dibutuhkan tanaman melon berdasarkan suhu lingkungan dan kelembaban tanah. Sistem mengambil data sensor suhu dan kelembaban tanah untuk dikirim ke cloud database untuk diolah dan dianalisis secara real-time. Dengan demikian, sistem ini memanfaatkan teknologi cloud untuk mengintegrasikan dan menyimpan data, memungkinkan pemantauan kondisi pertanian secara efisien dan terpusat.

Topik dan Batasannya

Adapun topik pembahasan penelitian ini yaitu bagaimana mengatasi tantangan ketidakpastian dalam kelembaban tanah dan suhu lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan optimal tanaman melon di tanah tropis dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya air, khususnya dalam konteks penyiraman tanaman, untuk mencegah gagal panen dan memastikan pertumbuhan yang maksimal. Oleh karena itu, batasan masalah pada penelitian yaitu tanaman melon di iklim tropis.

Tujuan

Tujuan tugas akhir ini yaitu menerapkan ANFIS sebagai model prediktif untuk memonitor dan mengatur kondisi lingkungan, khususnya suhu dan kelembaban tanah, dalam pertanian tanaman melon di tanah tropis, dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya air dengan memanfaatkan hasil prediksi ANFIS, sehingga

mengurangi risiko gagal panen dan meningkatkan produktivitas tanaman.

2. Studi Terkait

Beberapa penelitian terdahulu yang telah dijadikan referensi penulisan penelitian ini, antara lain :

Penelitian pertama yang dilakukan oleh Indra Hermawan dkk. Yang membuat Pengendalian Sistem Irigasi menggunakan algoritma decision tree. Komponen yang digunakan pada penelitian tersebut diantaranya 3 Arduino Uno, Sensor Humidity, Sensor Ultrasonic, Sensor Waterflow, Antena Transmister NRF24L01 [9].

Penelitian kedua membicarakan tentang implementasi smart greenhouse dengan penerapan Fuzzy Logic. Penekanan penelitian ini adalah pada pengaturan sistem penyiraman tanaman dan tingkat pencahayaan, yang menggunakan sensor suhu, sensor Kelembaban Tanah, sensor Tingkat Air, sensor LDR, dan RTC DS3231 yang dikontrol oleh mikrokontroler Arduino Mega 2560. Hasil uji coba menunjukkan tingkat akurasi sebesar 98,3% untuk kontrol fuzzy pada pompa air dan 99,6% untuk kontrol fuzzy pada lampu LED Strip [10].

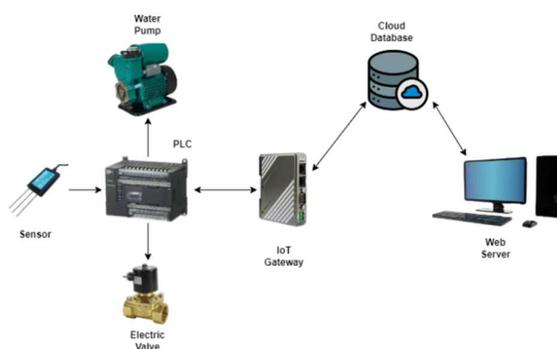
Penelitian ketiga menggunakan Arduino uno sebagai mikrokontroler serta sensor ultrasonic untuk mengukur tinggi air yang telah didistribusikan. Sedangkan motor servo digunakan untuk melakukan buka dan tutup otomatis pada pintu air irigasi berdasarkan jarak yang didapatkan oleh sensor ultrasonic [11].

Fokus utama dari penelitian keempat ini terletak pada pengembangan sistem irigasi cerdas yang mengadopsi metode fuzzy rule-based untuk mengukur ketinggian air serta mendeteksi endapan lumpur. Sistem ini disertai dengan teknologi komunikasi yang lebih ekonomis. Temuan penelitian menunjukkan bahwa sistem tersebut berhasil beroperasi dengan baik dan efisien dalam mengatur pintu air serta mendeteksi endapan lumpur [12].

Penelitian kelima merupakan pengembangan sistem irigasi yang bertujuan memprediksi waktu penyiraman tanaman cabai dengan menerapkan metode Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS). Sistem ini dirancang dengan sederhana dan terjangkau, mengintegrasikan Internet of Things (IoT) dan kecerdasan buatan dalam konteks pertanian presisi. Struktur sistem melibatkan perangkat sensor dan aktuator, sementara metode ANFIS digunakan untuk menghitung kebutuhan air harian tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ANFIS mampu mencapai tingkat akurasi sebesar 90,7% jika dibandingkan dengan hasil pengukuran referensi [7].

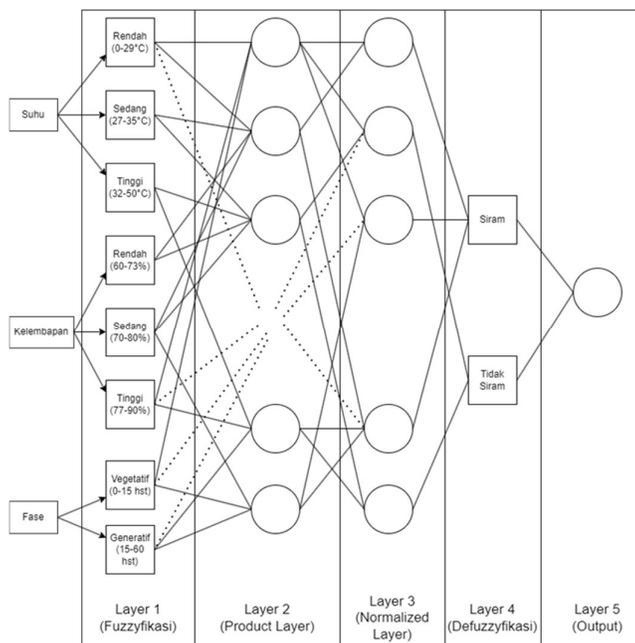
Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya dengan penambahan atau pembaharuan fitur – fitur guna memperbaiki sistem yang sudah ada. Pembaharuannya diantaranya pada penelitian ini menggunakan PLC (Programable Logic Controller) yang memiliki ketahanan yang lebih dibandingkan microcontroller. Sebuah PLC mampu menjadi pengendali untuk membaca sensor maupun penggerak actuator. Sensor yang digunakan pada penelitian ini menjangung untuk mendapatkan variable yang dibutuhkan untuk melakukan prediksi kapan dinyalakan sistem irigasi.

3. Sistem yang Dibangun



Gambar 3.1 Alur Diagram Sistem

Berdasarkan alur diagram sistem pada Gambar 3.1, pemrosesan data berdasarkan kelembapan dan suhu tanah ditangkap oleh sensor *Soil Moisture* dan diterima oleh PLC sebagai pusat kendali. PLC membutuhkan *IoT Gateway* untuk mengirimkan data menuju *cloud database*. Sedangkan data hari setelah tanam dimasukkan melalui web untuk disimpan pada *database*. Setelah seluruh data terkumpul pada *cloud database*, *server* mengambil data untuk diolah menggunakan ANFIS yang telah ditetapkan.



Gambar 3.2 Arsitektur ANFIS

Berdasarkan arsitektur Gambar 3.2, hasil menggunakan ANFIS adalah Siram atau Tidak Siram.

Tabel 3.1 Keanggotaan Fuzzy

Parameter	Kategori 1	Rentang Nilai 1	Kategori 2	Rentang Nilai 2	Kategori 3	Rentang Nilai 3
Suhu	Rendah	0 - 29°C	Sedang	27 - 35°C	Tinggi	32 - 50°C
Kelembapan	Rendah	60 - 73%	Sedang	70 – 80%	Tinggi	77 – 90%
Fase	Vegetatif	0 – 15 HST	Generatif	15 – 60 HST		

Tabel 3.1 perlu di konversi menjadi *gaussian member function* menggunakan rumus karena fungsi keanggotaan *Gaussian* sering lebih disukai dalam algoritma ANFIS karena sifat *smoothness*, diferensiasi yang baik, dan kemampuan yang lebih baik dalam menangani ketidakpastian dan representasi data yang lebih akurat. Perhitungan rumus dari *triangle* menjadi *Gaussian* terdapat pada persamaan 1 dan 2.

$$Mean (\mu) = \frac{a + b + c}{3} \tag{1}$$

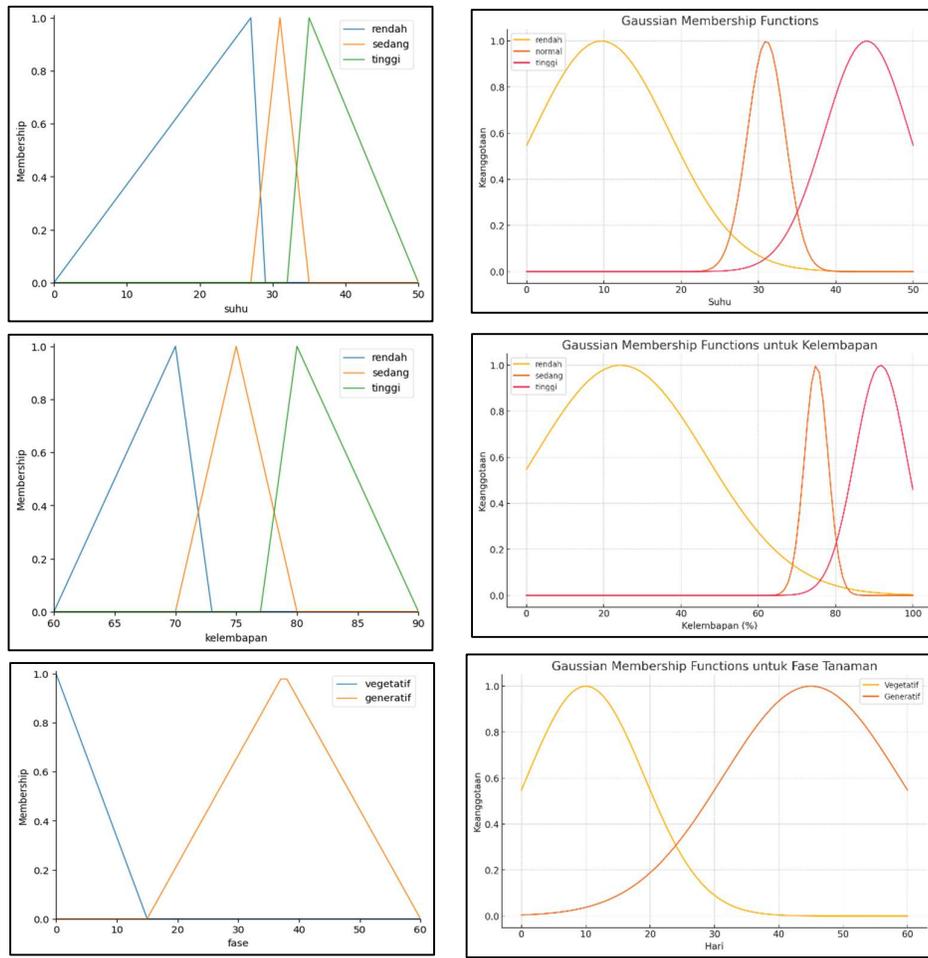
$$Sigma (Standar Deviasi) \sigma = \frac{b - a}{3.29} \tag{2}$$

Dari perhitungan tersebut keanggotaan fuzzy menjadi seperti pada Tabel 3.2 dengan keterangan bahwa a,b,c = titik fungsi keanggotaan fuzzy, b adalah puncak segitiga, dan a adalah batas kiri segitiga

Tabel 3.2 Tabel Keanggotaan Fuzzy dengan Gaussian

Parameter	Kategori 1	Mean 1	Sigma 1	Kategori 2	Mean 2	Sigma 2	Kategori 3	Mean 3	Sigma 3
Suhu	Rendah	9.666°C	8.814	Sedang	31°	2.431	Tinggi	44°C	5.471
Kelembapan	Rendah	24.333%	22.183	Sedang	75%	3.039	Tinggi	91.666 %	6.866
Fase	Vegetatif	10.0 HST	9.118	Generatif	45 HST	13.677			

Perhitungan tersebut diinterpretasikan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Grafik Fungsi Keanggotaan

Layer Fuzzifikasi bertanggung jawab untuk mengubah input crisp (tegas) menjadi nilai fuzzy berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Pada penelitian ini, digunakan fungsi keanggotaan Gaussian yang memiliki karakteristik kurva halus dan kontinu, yang dinyatakan pada persamaan 3:

$$\mu_{A_{ij}}(x_i) = \exp\left(-\frac{(x_i - c_{ij})^2}{2\sigma_{ij}^2}\right) \tag{3}$$

$\mu_{A_{ij}}$ Merupakan derajat keanggotaan input x_i terhadap fungsi keanggotaan ke-j pada variabel ke-i. Sedangkan c_{ij} adalah mean dan σ_{ij}^2 adalah standar deviasi / sigma.

$$w_k = \mu_{A_{1k}}(x_1) \cdot \mu_{A_{2k}}(x_2) \cdot \mu_{A_{3k}}(x_3) \tag{4}$$

Setelah input difuzzifikasi, Layer Produk menghitung kekuatan dari masing-masing aturan fuzzy. Kekuatan aturan fuzzy ini diperoleh dengan mengambil produk dari nilai derajat keanggotaan yang relevan. Persamaan ke-4 digunakan untuk menghitung kekuatan aturan ke - k

$$\bar{w}_k = \frac{w_k}{\sum_{j=1}^N w_j} \tag{5}$$

Layer Normalisasi bertugas untuk menormalkan kekuatan aturan yang dihasilkan dari Layer Produk. Tujuan dari normalisasi ini adalah untuk memastikan bahwa total kekuatan aturan fuzzy adalah 1, yang memungkinkan penggabungan aturan secara proporsional. Pada persamaan ke - 5 \bar{w}_k merupakan kekuatan aturan ke-k yang telah dinormalisasi. N adalah jumlah total aturan fuzzy.

$$f_k = \bar{w}_k \cdot (p_k x_1 + q_k x_2 + r_k x_3 + \delta_k) \tag{6}$$

Setelah normalisasi, Layer Defuzzifikasi menghasilkan output crisp dari setiap aturan fuzzy yang telah dinormalisasi. Pada penelitian ini, digunakan model defuzzifikasi berbasis linear, di mana output dari aturan ke-k dihitung menggunakan persamaan ke - 6.

$$y = \sum_{k=1}^N f_k \tag{7}$$

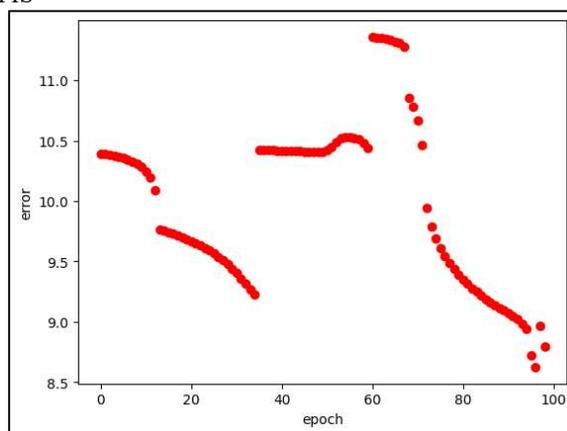
Layer Output menjumlahkan semua output dari Layer Defuzzifikasi untuk menghasilkan prediksi akhir dari model ANFIS. Output akhir ini mencerminkan keputusan sistem berdasarkan semua aturan fuzzy yang berlaku. Persamaan ke - 7 digunakan untuk menghitung output akhir.

Pada tahap pelatihan, model ANFIS menggunakan metode backpropagation untuk menyesuaikan parameter fungsi keanggotaan dan aturan fuzzy dengan tujuan meminimalkan error antara output prediksi dan output yang diinginkan. Proses ini terjadi di semua layer yang mempengaruhi parameter, terutama Layer Fuzzifikasi dan Layer Defuzzifikasi.

Apabila hasil dari ANFIS adalah “Siram” Maka PLC akan menyalakan Water Pump dan Electric Valve untuk mengalirkan air agar irigasi terjadi. Namun, jika hasil dari ANFIS adalah “Tidak Siram” maka PLC tidak akan menyalakan keduanya dan tidak akan terjadi proses irigasi. Selain itu pada bagian web server kita juga dapat melakukan controlling secara manual untuk menyalakan Water Pump dan Electric Valve karena pada web server juga ditampilkan hasil dari ANFIS untuk memudahkan mengetahui apa yang dihasilkan oleh perhitungan ANFIS.

4. Evaluasi

4.1 Hasil Pemodelan ANFIS



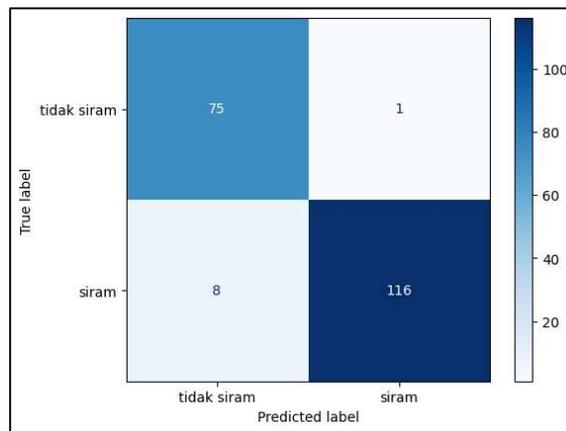
Gambar 4.1 Hasil Pengujian

Dari grafik Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa Nilai MSE terendah terletak pada epoch ke-98 dengan nilai MSE sebesar 8,624. Nilai error ini menunjukkan bahwa model telah mendekati konvergensi, namun masih ada ruang untuk perbaikan. Mean Square Error (MSE) dipilih sebagai metrik pengecekan error dalam model ANFIS karena beberapa alasan utama. Pertama, MSE memiliki sifat yang mudah dihitung dan memberikan bobot lebih pada kesalahan besar melalui pemangkatan kuadrat, sehingga membantu model untuk meminimalkan kesalahan yang paling signifikan. Selain itu, MSE kompatibel dengan algoritma optimasi berbasis gradient descent yang digunakan dalam proses backpropagation, karena fungsi ini bersifat lancar dan diferensial, memudahkan pembaruan parameter model. Kejelasan interpretasi dari MSE sebagai rata-rata dari kuadrat kesalahan.

Tabel 4.1 Nilai error selama pelatihan model ANFIS

Epoch	Nilai Error
1	10.393987434274045
2	10.387950417094249
3	10.381384911034004
...	...
98	8.624074334588045
99	8.965609513119876
100	8.793258673538576

Nilai error yang diperoleh menunjukkan bahwa model ANFIS mampu belajar dari data dan menghasilkan prediksi yang cukup baik meskipun memiliki nilai error 8.624, beberapa faktor yang dapat menyebabkan hal tersebut seperti kualitas data pelatihan, inisialisasi parameter, dan jumlah epoch yang mungkin masih belum cukup untuk mencapai konvergensi optimal. Penggunaan fungsi keanggotaan Gaussian dalam model ini memberikan fleksibilitas dalam representasi data, namun masih perlu disempurnakan untuk mencapai akurasi yang lebih baik.



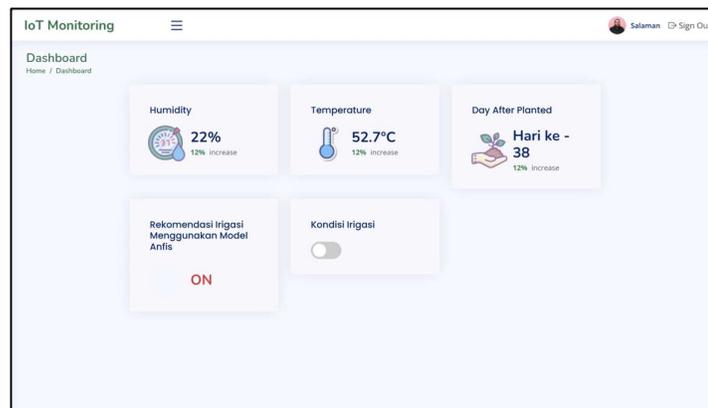
Gambar 4.2 Confussion Matrix

Tabel 4.2 Hasil Evaluasi

	Precision	Recall	F1-Score	Support
Tidak Siram	0,99	0,99	0,94	76
Siram	0,99	0,94	0,96	124
Accuracy			0,95	200

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa model ANFIS memiliki performa yang sangat baik dalam memprediksi kebutuhan irigasi. Nilai akurasi yang tinggi (95%) mengindikasikan bahwa sebagian besar prediksi model adalah benar. Presisi yang sangat tinggi (99%) menunjukkan bahwa ketika model memprediksi "siram", prediksi tersebut hampir selalu benar. Namun, recall yang sedikit lebih rendah (94%) menunjukkan bahwa model cenderung melewatkan beberapa kasus "siram", seperti yang terlihat dari 8 False Negatives pada gambar confusion matrix pada gambar 4.2.

4.2 Dashboard Website Monitoring dan Controlling PLC



Gambar 4.3 Tampilan Dashboard Website Monitoring dan Controlling PLC

Setelah mendapat rekomendasi pada halaman web switich dapat ditekan untuk menyalakan pompa dan valve pada PLC untuk menjalankan sistem irigasi namun untuk saat ini masih terjadi kekurangan yaitu transmisi data yang cukup memakan waktu ±5-10 detik setelah switch ditekan action pada PLC baru terjadi. Latency ini terjadi karena IoT Gateway perlu melakukan konversi terlebih dahulu dari data yang awalnya bertipe local word (LW) menjadi tipe address D (Data Register) pada PLC. Konversi ini diperlukan karena tipe data yang dapat digunakan untuk dalam operasi matematika adalah address D sedangkan LW hanya digunakan untuk menyimpan data sementara.

5 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemodelan ANFIS, kesimpulan yang dapat diambil adalah bahwa model ANFIS

menunjukkan performa yang sangat baik dalam memprediksi kebutuhan irigasi otomatis. Nilai *Mean Squared Error* (MSE) terendah tercapai pada *epoch* ke-98 dengan nilai sebesar 8,624, yang menunjukkan bahwa model ini telah dioptimalkan untuk meminimalkan kesalahan prediksi. Selain itu, model memiliki keseimbangan yang baik antara *precision* dan *recall*. Dengan akurasi keseluruhan sebesar 95%, model ini terbukti sangat efektif dalam memprediksi kondisi irigasi yang diperlukan, menjadikannya solusi yang andal untuk penerapan *smart farming* di lapangan. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu, dapat dilakukan penelitian terkait tanaman yang lain terutama untuk tanaman pokok seperti padi dan jagung. Penelitian selanjutnya direkomendasikan juga untuk memperbaiki delay transmisi yang terjadi sehingga membuat device menjadi lebih presisi.

Daftar Pustaka

- [1] E. W. Minarni and Z. Ulinnuha, "Pengaruh perbedaan jarak tanam terhadap pertumbuhan dan kualitas melon pada sistem hidroponik NFT," *Agritech*, 2023. [Online]. Available: <https://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/AGRITECH/index>. Accessed on: Aug. 11, 2024.
- [2] B. L. Pulela, M. M. Maboko, P. Soundy, and S. O. Amoo, "Development, yield and quality of cantaloupe and honeydew melon in soilless culture in a non-temperature controlled high tunnel," *International Journal of Vegetable Science*, vol. 26, no. 3, pp. 292–301, 2020.
- [3] M. Cahyadiati and S. Ashari, "The effect of harvesting and curing time to the viability of melon seeds (*Cucumis melo* L.)," *Jurnal Produksi Tanaman*, vol. 7, no. 4, pp. 698–705, 2019.
- [4] B. S. Daryono and S. D. Maryanto, *Keanekaragaman dan potensi sumber daya genetik melon*. Yogyakarta, Indonesia: UGM Press, 2018.
- [5] A. F. Zulkarnain, E. S. Wijaya, and N. F. Mustamin, "Penerapan teknologi smart farming berbasis Internet of Things bagi masyarakat petani jeruk siam," *Batara Wisnu: Indonesian Journal of Community Services*, vol. 2, no. 1, pp. 50–59, 2022.
- [6] A. Matsniya, A. Riski, and A. Kamsyakawuni, "Penerapan adaptive neuro fuzzy inference system (ANFIS) dalam prediksi produksi tembakau di Jember," *InComTech: Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, vol. 13, no. 1, p. 51, Apr. 2023, doi: 10.22441/incomtech.v13i1.15655.
- [7] G. T. Michael, M. Turnip, E. Muniarti, E. Sitompul, and A. Turnip, "Development of an irrigation system for predicting watering time with ANFIS method for chili plants," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1083, no. 1, p. 012081, Institute of Physics, 2022. doi: 10.1088/1755-1315/1083/1/012081.
- [8] S. A. Andayani et al., "Pengintegrasian teknologi internet of things dalam optimalisasi pemupukan organik untuk pertumbuhan dan hasil panen sacha inchi," *Jurnal Agrikultura*, vol. 2024, no. 1, pp. 71–89.
- [9] A. Kurniawan, I. Hermawan, and M. Agustin, "Pemantauan dan pengendalian pintu air berbasis komunikasi radio full duplex dengan algoritma decision tree," *Multinetics*, vol. 9, no. 1, pp. 13–26, 2023.
- [10] D. Kurniawan, A. Witanti, and others, "Prototype of control and monitor system with fuzzy logic method for smart greenhouse," *Indonesian Journal of Information Systems*, vol. 3, no. 2, pp. 116–127, 2021.
- [11] S. Samsugi, Z. Mardiyansyah, and A. Nurkholis, "Sistem pengontrol irigasi otomatis menggunakan mikrokontroler Arduino UNO," *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam*, vol. 1, no. 1, pp. 17–22, 2020.
- [12] I. H. I. Hermawan and D. A. Fachrudin, "Rancang bangun sistem irigasi cerdas menggunakan metode fuzzy rule-based untuk otomatisasi pintu air dan pendeteksian endapan," *Jurnal Komputer Terapan*, vol. 8, no. 1, pp. 1–11, 2022.

Lampiran



Gambar rangkaian PLC.