

PERANCANGAN SISTEM IOT PERAWATAN TANAMAN SAWI INDOOR MENGGUNAKAN PROTEUS DAN KONTROL LOGIKA FUZZY

Ahmad Rois Syujak¹⁾, Fitria²⁾, Amirah³⁾

¹⁾ “Teknologi Informasi” Universitas Islam Negeri Salatiga

²⁾ “Sistem dan Teknologi Informasi” Universitas Siber Indonesia

³⁾ “Teknik Informatika” Universitas Dipa Makassar

Email: ahmad.rois.syujak@uinsalatiga.ac.id¹⁾, fitria@cyber-univ.ac.id²⁾, amirah01.am@gmail.com³⁾

Abstract

Advances in agricultural technology are driving the adoption of Internet of Things (IoT)-based automation systems to improve the efficiency and productivity of crop cultivation, particularly in greenhouse environments. This research aims to design an IoT-based indoor mustard plant care automation system using the Mamdani fuzzy logic approach. The system was developed using the ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation) method. The functional circuit design was simulated using Proteus, while the fuzzy control logic was designed using Matlab. Circuit simulation test results demonstrated that the system was capable of operating in real time with an average data transfer response time of 2.7 seconds and a sensor accuracy level with an average error of 2.78%. Based on mathematical modeling of irrigation rates in Simulink, water volume efficiency increased by up to 30% compared to conventional manual watering duration.

Keywords: Internet of Things, greenhouse, fuzzy logic, automation, mustard plants

Abstrak

Perkembangan teknologi pertanian mendorong penerapan sistem otomatisasi berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas budidaya tanaman, khususnya pada lingkungan *greenhouse*. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem otomatisasi perawatan tanaman sawi *indoor* berbasis IoT dengan pendekatan logika fuzzy Mamdani. Sistem dikembangkan menggunakan metode ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Perancangan sirkuit fungsional disimulasikan menggunakan Proteus, sedangkan logika kontrol fuzzy dirancang melalui Matlab. Hasil pengujian simulasi sirkuit menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara *real-time* dengan rata-rata waktu respons transfer data sebesar 2,7 detik dan tingkat akurasi sensor dengan *error* rata-rata sebesar 2,78%. Berdasarkan pemodelan matematis laju pengairan pada simulink, efisiensi penggunaan volume air meningkat hingga 30% dibandingkan durasi penyiraman manual konvensional.

Kata kunci: *Internet of Things*, *greenhouse*, logika fuzzy, otomatisasi, tanaman sawi

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi di bidang pertanian modern mendorong penerapan konsep *smart agriculture*, khususnya pada sistem budidaya tanaman di lingkungan terkendali seperti *greenhouse*. Tanaman sawi sebagai salah satu komoditas hortikultura memiliki kebutuhan lingkungan yang spesifik, terutama pada parameter suhu, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya. Ketidaksesuaian kondisi lingkungan tersebut dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman tidak optimal, bahkan berpotensi menurunkan kualitas dan kuantitas hasil panen. Di sisi lain, metode perawatan konvensional yang masih bergantung pada pemantauan manual memiliki keterbatasan dalam hal efisiensi waktu, akurasi pengambilan keputusan, serta respons terhadap perubahan kondisi lingkungan yang dinamis (Al-Fuqaha et al., 2015; M. M. Lutfi et al., 2024).

Seiring dengan perkembangan teknologi Internet of Things (IoT), sistem monitoring dan kontrol berbasis sensor menjadi solusi potensial untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas

budidaya tanaman. IoT memungkinkan integrasi antara perangkat fisik dan sistem digital sehingga proses pemantauan dan pengendalian dapat dilakukan secara real-time dan jarak jauh. Namun demikian, sebagian besar sistem yang telah dikembangkan masih menggunakan pendekatan kontrol konvensional berbasis ambang batas (*threshold*), yang cenderung kaku dan kurang adaptif terhadap kondisi lingkungan yang bersifat tidak pasti dan fluktuatif (Khodadadi et al., n.d.; Lutfi et al., 2025).

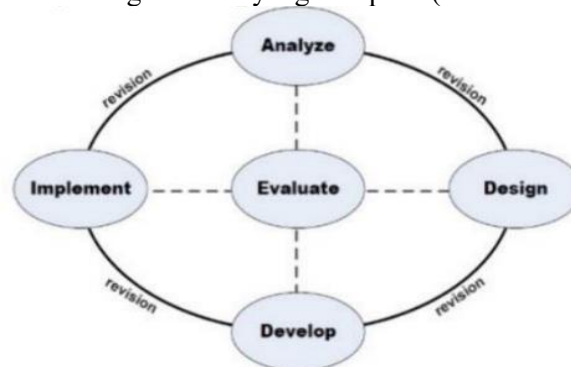
Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan suatu pendekatan yang mampu menangani ketidakpastian dan memberikan keputusan yang lebih fleksibel, salah satunya melalui penerapan logika fuzzy. Logika fuzzy memungkinkan sistem untuk meniru cara berpikir manusia dalam mengambil keputusan berdasarkan kondisi yang tidak pasti, sehingga diharapkan dapat menghasilkan kontrol yang lebih adaptif terhadap kebutuhan tanaman. Berdasarkan hal tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem otomatisasi perawatan tanaman sawi indoor berbasis IoT dengan pendekatan logika fuzzy yang mampu mengontrol kondisi lingkungan secara optimal dan adaptif (Gubbi et al., n.d.; M. Lutfi & Kristanto, 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem smart greenhouse berbasis IoT yang terintegrasi dengan logika fuzzy dalam mengontrol parameter suhu, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya secara otomatis. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, khususnya air dan energi, serta memberikan kemudahan bagi pengguna dalam melakukan monitoring dan pengendalian sistem melalui perangkat smartphone secara real-time.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pertanian cerdas, khususnya pada sistem otomatisasi greenhouse berbasis IoT dan logika fuzzy. Secara praktis, sistem ini dapat membantu petani atau pengguna dalam meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman sawi dengan cara yang lebih efisien dan modern. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi referensi bagi pengembangan sistem serupa di bidang pertanian presisi (*precision agriculture*) di masa mendatang.

2. Metode Penelitian

Jenis Penelitian menggunakan Metode Penelitian dan Pengembangan (*research and development*), Metode Penelitian dan Pengembangan adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut. Sedangkan Model pengembangan menggunakan ADDIE melalui lima tahapan pengembangan yaitu; (1) Analisis, (2) Desain, (3) Pengembangan, (4) Implementasi dan (5) Evaluasi. Model pengembangan ADDIE merupakan model yang efektif dalam pengembangan produk karena menggambarkan kerangka respon atau tanggapan dari berbagai situasi yang kompleks (M. M. Lutfi et al., 2024)



Gambar 1. Model Pengembangan ADDIE menurut Dick and Carry (1996) dalam (M. M. Lutfi et al., 2024)

Berikut uraian pelaksanaan penelitian menggunakan Model Pengembangan ADDIE:

2.1. *Analyze (Analisis)*

Dalam model pengembangan ADDIE tahap pertama adalah menganalisis perlunya pengembangan produk baru dan menganalisis kelayakan serta syarat-syarat pengembangan produk. Pengembangan suatu produk dapat diawali oleh adanya masalah dalam produk yang sudah ada diterapkan. Masalah dapat muncul dan terjadi karena produk yang ada sekarang atau tersedia sudah tidak relevan dengan kebutuhan sasaran dan teknologi

Pada tahapan analisis ini dilakukan analisis masalah menggunakan SWOT (Strength, Weakness, Opportunity dan Threat), Analisis Kebutuhan dan Analisis Kelayakan. Hasil evaluasi analisis digunakan sebagai pedoman untuk merancang penyiram tanam otomatis yang sesuai dengan kebutuhan.

2.2. *Design (Perancangan)*

Tahapan desain merupakan proses sistematis yang dimulai dari merancang konsep dan konten di dalam produk tersebut yang akan mendasari proses pengembangan di tahapan berikutnya. Pada penelitian ini tahapan desain dilakukan dengan merancang instrument yang terdiri atas instrumen software dan hardware. Software yang digunakan yaitu Cisco Packet Tracer, Matlab 2020b, Proteus, Blynk dan IDE Arduino. Hardware merupakan komponen-komponen elektronik yang terdiri atas Home Gateway DLC 100, Smartphone, Lawn Sprinkle, Temperature Sensor, Humidity Sensor, Temperature Monitor dan Humidity Monitor. Instrumen software digunakan untuk merancang hardware (menggunakan Proteus) dan merancang aturan Logika Fuzzy Mamdani (menggunakan Matlab 2020b) serta membuat kode program (menggunakan Arduino IDE). Sedangkan untuk merancang IoT menggunakan program Cisco Packet Tracer dan perancangan antarmuka (*Interface*) menggunakan aplikasi Blynk (M Lutfi MA, 2024; Selle et al., 2022)

Pada tahap **Design (Perancangan)**, instrumen kontrol fuzzy Mamdani dimodelkan secara matematis mengacu pada kebutuhan agronomi tanaman sawi indoor.

a. **Himpunan Fuzzy Input:**

Kelembapan Tanah (X₁): Kering (<50%), Normal (50% - 85%), Lembap (>85%).

Suhu Udara (X₂): Dingin (<28⁰C Normal (28⁰C - 30⁰C), Panas (>30⁰C).

Intensitas Cahaya (X₃): Gelap (0 – 1500 lux), Mendung (1500 – 3000 lux), Cahaya Penuh (3000 – 10000 lux).

b. **Himpunan Fuzzy Output:**

Pompa Air (Y₁): Mati (OFF) dan Menyala (ON) selama 10 detik.

Lampu LED (Y₂): Mati (OFF) dan Menyala (ON) dengan daya setara 3000 lux.

c. **Fuzzy Rule Base (Total 18 Aturan):**

IF Kelembapan Kering AND Suhu Dingin THEN Pompa ON.

IF Suhu Dingin AND Cahaya Gelap THEN Lampu ON. (Seluruh matrik aturan dijabarkan secara lengkap pada Tabel 5 dan Tabel 6 di Bab Hasil).

2.3. *Development (Pengembangan)*

Tahapan pengembangan berisi kegiatan realisasi rancangan produk yang sebelumnya telah dibuat. Pada penelitian ini tahap pengembangan dilakukan dengan mengembangkan desain produk penyiram tanam otomatis yang terdiri dari desain IoT, desain *interface* aplikasi, desain *hardware* dan desain fuzzy.

2.4. *Implementation (Implementasi)*

Penerapan produk dalam model penelitian pengembangan ADDIE dimaksudkan untuk memperoleh umpan balik terhadap produk yang dibuat atau dikembangkan. Umpan balik awal

(awal evaluasi) dapat diperoleh dengan menanyakan hal-hal yang berkaitan dengan tujuan pengembangan produk. Penerapan dilakukan mengacu kepada rancangan produk yang telah dibuat dengan membuat tabel pertanyaan skenario pengujian terhadap desain IoT, desain interface aplikasi, desain hardware dan desain fuzzy.

2.5. Evaluation (Evaluasi)

Tahap evaluasi pada penelitian pengembangan model ADDIE dilakukan untuk memberi umpan balik kepada pengguna produk, sehingga revisi dibuat sesuai dengan hasil evaluasi atau kebutuhan yang belum dapat dipenuhi oleh produk tersebut. Tujuan akhir evaluasi yakni mengukur ketercapaian tujuan pengembangan.

Evaluasi sistem dilakukan oleh sepuluh responden. Skenario evaluasi dilakukan dengan meminta responden memilih modul Trainer Fuzzy yang akan dirangkai, kemudian responden merangkai modul yang dipilih dengan petunjuk dari manual book, setelah itu responden diminta mengisi lembar evaluasi. Lembar evaluasi berisi penilaian responden terhadap Trainer Fuzzy Mamdani.

Pada tahapan ini merupakan tahapan proses pengujian aplikasi yang telah dibangun. Pada penelitian ini proses pengujian desain UI menggunakan indikator Usability Heuristic untuk dapat mengamati aktivitas pengguna. Pengamatan aktivitas pengguna dilakukan secara langsung dimana pengguna dan peneliti berada pada lokasi yang sama dalam satu waktu. Hal ini dilakukan agar peneliti mendapatkan umpan balik dari setiap aktivitas yang dilakukan oleh pengguna (Nugroho et al., 2025) M. M. Lutfi et al., 2023).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Penelitian

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode ADDIE dengan tahapan sebagai berikut:

3.1.1. Analyze (Analisis)

Dalam model pengembangan ADDIE tahap pertama adalah menganalisis perlunya pengembangan produk baru dan menganalisis kelayakan serta syarat-syarat pengembangan produk. Pengembangan suatu produk dapat diawali oleh adanya masalah dalam produk yang sudah ada/diterapkan. Masalah dapat muncul dan terjadi karena produk yang ada sekarang atau tersedia sudah tidak relevan dengan kebutuhan sasaran dan teknologi

Pada tahapan analisis ini dilakukan analisis masalah menggunakan SWOT (Strength, Weakness, Opportunity dan Threat), Analisis Kebutuhan dan Analisis Kelayakan. Hasil evaluasi analisis digunakan sebagai pedoman untuk merancang penyiram tanam otomatis yang sesuai dengan kebutuhan (M. M. Lutfi, 2024).

Tabel 1. Analisis SWOT Sistem IoT Perawatan Tanaman Sawi

<i>Strength</i> (kekuatan)	Sistem ini dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air, membantu menjaga kesehatan tanaman, dan meningkatkan pertumbuhan tanaman sawi. Selain itu, penggunaan teknologi IoT memudahkan pemantauan kondisi tanaman secara real-time, sehingga perawatan tanaman dapat dilakukan dengan lebih tepat dan efisien.
<i>Weakness</i> (kelemahan)	Sistem otomatisasi ini memiliki beberapa kelemahan, antara lain biaya pembuatan alat yang cenderung mahal dan kebutuhan alat akan sumber listrik untuk beroperasi. Selain itu, perangkat ini memerlukan perawatan rutin agar tetap berfungsi dengan baik, yang bisa menjadi tantangan tambahan bagi pengguna.
<i>Opportunity</i> (peluang)	Meningkatnya permintaan pasar untuk teknologi pertanian canggih membuka peluang yang luas bagi sistem ini. Alat ini juga dapat

	diintegrasikan dengan sistem lain untuk memberikan kontrol yang lebih canggih, sehingga memberikan nilai tambah dan daya saing di pasar.
<i>Threads</i> (Ancaman)	Persaingan di pasar teknologi pertanian semakin ketat, yang bisa menjadi ancaman bagi keberhasilan sistem ini. Selain itu, perubahan iklim dapat memengaruhi kebutuhan air tanaman, sehingga alat ini perlu diadaptasi untuk menghadapi kondisi baru yang mungkin muncul.

Tahapan selanjutnya adalah analisis kelayakan. Analisis kelayakan adalah analisis dari sistem yang akan diimplementasikan mempunyai kelayakan dari segi teknis dan bisnis (Lutfi et al., 2024).

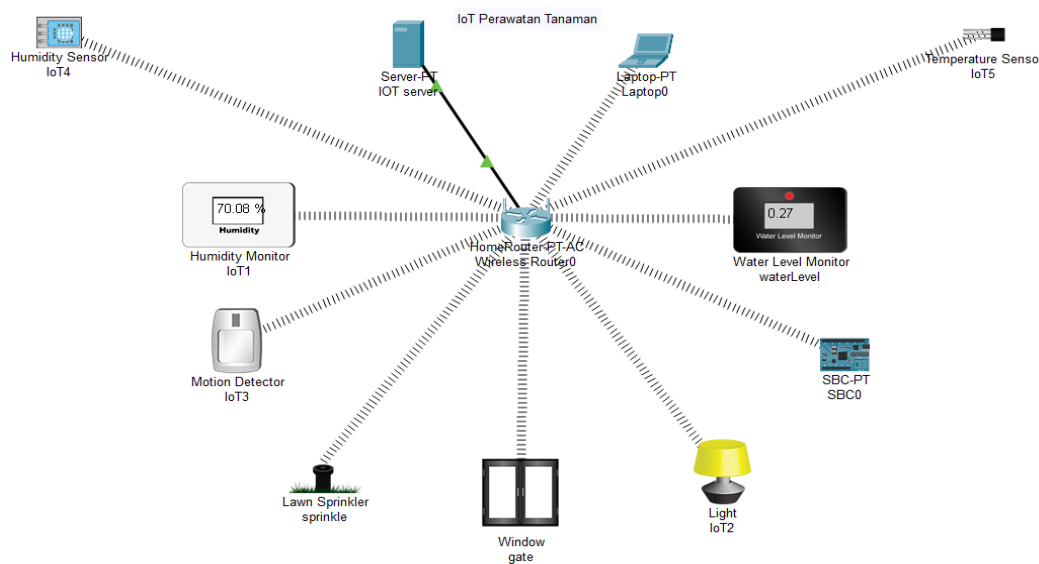
Tabel 2. Analisis Kelayakan TELOS Sistem IoT Perawatan Tanaman Sawi

Kelayakan Teknik (<i>Technical Feasibility</i>)	Sistem perlu tahan terhadap kondisi green house dan menggunakan sensor kelembapan serta suhu ruangan yang akurat dan tahan lama. Komponen elektronik harus berkualitas tinggi dan mudah diatur untuk pengguna. Sistem juga harus memiliki fitur keselamatan yang mencegah penyiraman berlebihan.
Kelayakan Ekonomi (<i>Economic Feasibility</i>)	Biaya awal untuk membeli dan memasang sistem harus terjangkau bagi petani. Biaya perawatan dan pemeliharaan rutin diperlukan, namun peningkatan kesehatan tanaman sawi dapat menghasilkan peningkatan hasil panen dan mengurangi biaya tenaga kerja.
Kelayakan Hukum (<i>Legal Feasibility</i>)	Sistem harus mematuhi standar keselamatan dan regulasi lingkungan yang berlaku. Selain itu, penting untuk memastikan bahwa desain sistem tidak melanggar hak paten yang ada.
Kelayakan Operasional (<i>Operational feasibility</i>)	Sistem harus mudah diintegrasikan dengan praktik pertanian yang ada. Menjalin hubungan dengan pemasok suku cadang yang terpercaya dan menawarkan manual pengguna yang jelas serta tutorial online sangat penting. Pertimbangkan juga untuk menawarkan sesi pelatihan bagi pengguna.
Kelayakan Jadwal (<i>Schedule feasibility</i>)	Perkiraan waktu yang dibutuhkan untuk merancang, mengembangkan, dan menguji sistem secara menyeluruh. Buat jadwal realistis untuk implementasi sistem, dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti lokasi pemasangan, pelatihan pengguna, dan integrasi dengan sistem yang ada.

3.1.2. Design (Perancangan)

Tahapan desain merupakan proses sistematis yang dimulai dari merancang konsep dan konten di dalam produk tersebut yang akan mendasari proses pengembangan di tahapan berikutnya. Pada penelitian ini, tahapan desain dilakukan dengan merancang instrumen yang terdiri atas instrumen *software* dan *hardware*. *Software* yang digunakan yaitu Cisco Packet Tracer, Matlab 2022a, Proteus, Figma, dan IDE Arduino. *Hardware* merupakan komponen-komponen elektronik yang terdiri atas *Home Gateway DLC 100*, *Smartphone*, *Lawn Sprinkle*, *Temperature Sensor*, *Humiture Sensor*, *Temperature Monitor*, *Humiture Monitor*, *Humidity Sensor (IoT4)*, *Humidity Monitor (IoT1)*, *Motion Detector (IoT3)*, *Lawn Sprinkler (sprinkle)*, *Window (gate)*, *Water Level Monitor (waterLevel)*, *Light (IoT2)*, *Temperature Sensor (IoT5)*, *SBC-PT (SBC0)*, *Server-PT (IOT server)*, *Laptop-PT (Laptop0)*, dan *Home Router-PT (Wireless Router0)*. Instrumen *software* digunakan untuk merancang hardware (menggunakan Proteus) dan merancang aturan Logika Fuzzy Mamdani (menggunakan Matlab 2020b) serta membuat kode program (menggunakan Arduino

IDE). Sedangkan untuk merancang IoT menggunakan program Cisco Packet Tracer dan perancangan antarmuka(*Interface*) menggunakan aplikasi Figma.



Gambar 2. Rancangan Skema Sistem IoT Perawatan Tanaman Sawi

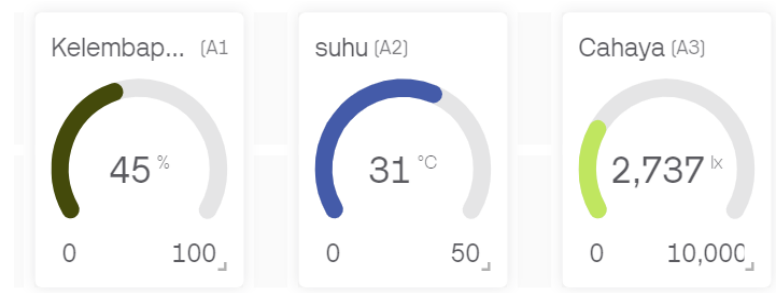
Keterangan Gambar 2: Perangkat yang digunakan adalah *Home Gateway DLC 100*, *Smartphone*, *Lawn Sprinkle*, *Temperature Sensor*, *Humiture Sensor*, *Temperature Monitor*, *Humiture Monitor*, *Humidity Sensor (IoT4)*, *Humidity Monitor (IoT1)*, *Motion Detector (IoT3)*, *Lawn Sprinkler (sprinkle)*, *Window (gate)*, *Water Level Monitor (waterLevel)*, *Light (IoT2)*, *Temperature Sensor (IoT5)*, *SBC-PT (SBC0)*, *Server-PT (IOT server)*, *Laptop-PT (Laptop0)*, dan *Home Router-PT (Wireless Router0)*. Fungsi dari masing-masing perangkat adalah:

Tabel 3. Perangkat Sistem IoT Perawatan Tanaman Sawi

No	Nama	Fungsi
1	<i>Home Gateaway DLC 100</i>	Menghubungkan perangkat IoT di rumah dengan jaringan internet
2	<i>Smartphone</i>	Memantau dan mengontrol sistem IoT dari jarak jauh
3	<i>Lawn Sprinkle</i>	Menyiram tanaman secara otomatis berdasarkan data dari sensor kelembapan dan suhu
4	<i>Temprature Sensor</i>	Mengukur suhu ruangan di sekitar tanaman
5	<i>Humiture Sensor</i>	Mengukur kelembapan dan suhu udara di sekitar tanaman
6	<i>Temperatur Monitor</i>	Menampilkan nilai suhu yang diukur oleh sensor suhu.
7	<i>Humiture Monitor</i>	Menampilkan nilai kelembapan yang diukur oleh sensor kelembapan
8	<i>Humidity Sensor (IoT4)</i>	Mengukur kelembapan udara di sekitar tanaman
9	<i>Motion Detector (IoT3)</i>	Mendeteksi pergerakan di sekitar area tanaman
10	<i>Window (gate)</i>	Mengatur buka-tutup jendela untuk ventilasi udara
11	<i>Water Level Monitor (waterLevel)</i>	Memantau tingkat air yang tersedia untuk penyiraman

12	<i>Light (IoT2)</i>	Mengatur pencahayaan di sekitar tanaman
13	<i>SBC-PT (SBC0)</i>	Mengontrol dan memproses data dari sensor dan mengirimkan perintah ke aktuator
14	<i>Server-PT (IOT server)</i>	Menyimpan dan mengolah data dari semua perangkat IoT
15	<i>Laptop-PT (Laptop0)</i>	Interface pengguna untuk memonitor dan mengontrol sistem IoT
16	<i>Home Router-PT (Wireless Router0)</i>	Menghubungkan semua perangkat IoT ke jaringan internet

Berikut gambar rancangan skema IoT menggunakan aplikasi Blynk:

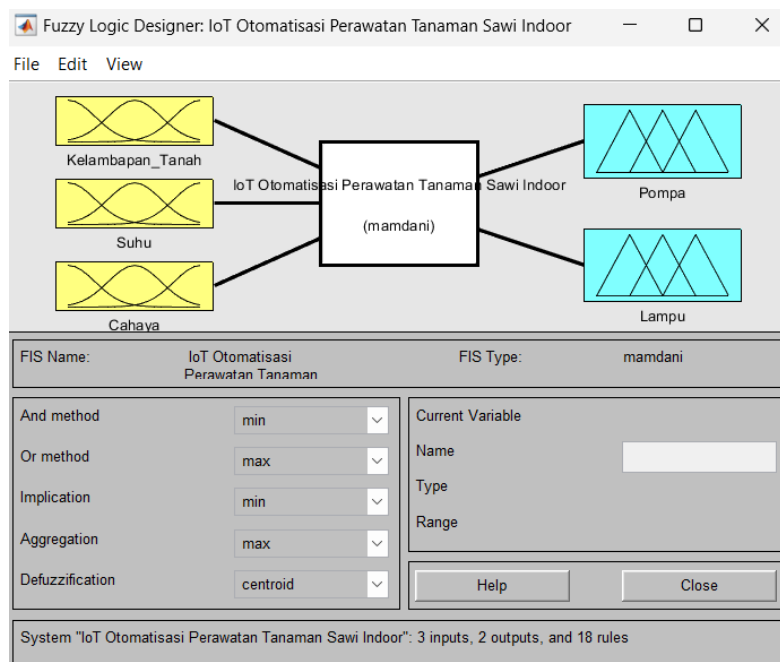


Gambar 3. Skema IoT Menggunakan Blynk

Berikut gambar rancangan fuzzy menggunakan aplikasi matlab:

a. *Gambar Fuzzy Otomatisasi Perawatan Tanaman Sawi indoor*

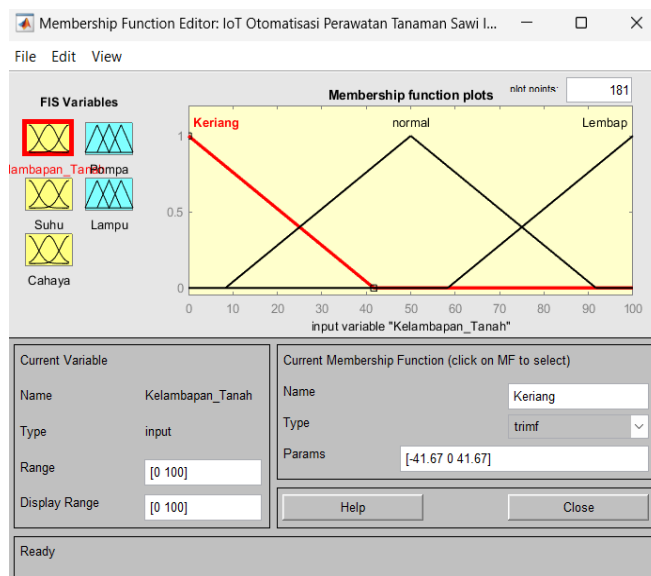
Berikut ini tampilan *Input Output* dari fuzzy Otomatisasi perawatan tanaman sawi indoor, Dimana terdapat 3 *Input* yaitu Sensor kelembapan, suhu, cahaya, Serta 2 *Output* yaitu pompa dan lampu, Berikut tampilannya :



Gambar 4. Perancangan Skema Fuzzy Sistem IoT Perawatan Tanaman Sawi

b. Input Kelembapan

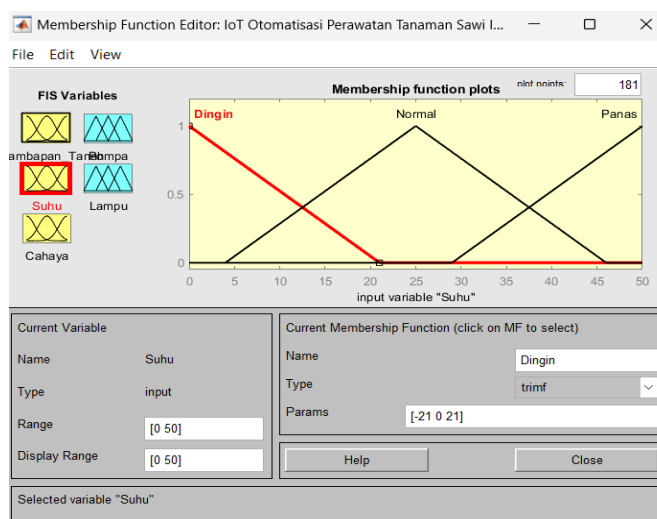
Berikut ini tampilan dari *Input variable* sensor kelembapan tanah dari fuzzy Otomatisasi perawatan tanaman sawi indoor, Dimana memiliki *Membership function* Kering, Normal, Lembap yang memiliki *Range 0-100%*, Berikut tampilannya :



Gambar 5. Range Kelembapan Sistem IoT Perawatan Tanaman Sawi

c. Input Suhu

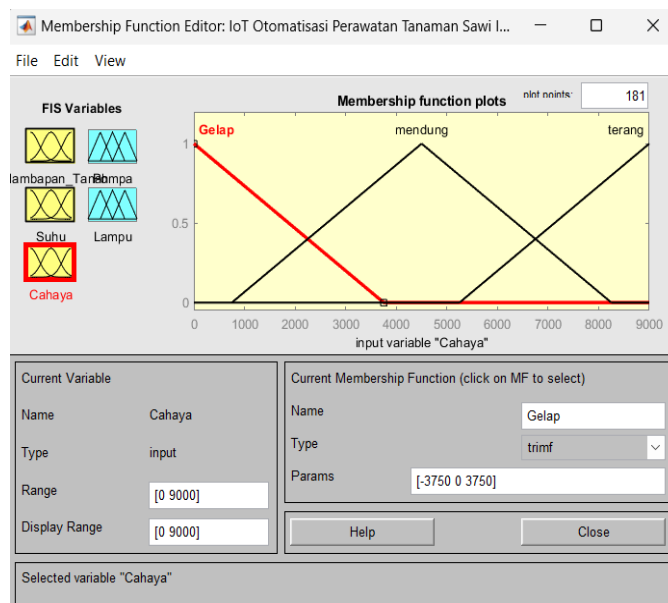
Berikut ini tampilan dari *Input variable* sensor Suhu dari fuzzy Otomatisasi perawatan tanaman sawi indoor, Dimana memiliki *Membership function* Dingin, Normal, Panas yang memiliki *Range 0-50°C*, Berikut tampilannya :



Gambar 6. Range Suhu Sistem IoT Perawatan Tanaman Sawi

d. *Input Cahaya*

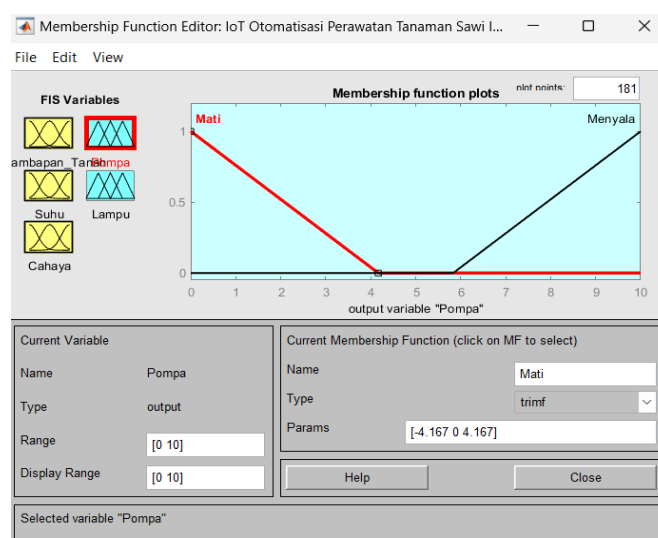
Berikut ini tampilan dari *Input variable* sensor Cahaya dari fuzzy Otomatisasi perawatan tanaman sawi indoor, Dimana memiliki *Membership function* Gelap, Mendung, Terang yang memiliki *Range* 0-9000 lux, Berikut tampilannya :



Gambar 7. Range Cahaya Sistem IoT Perawatan Tanaman Sawi

e. *Output Pompa*

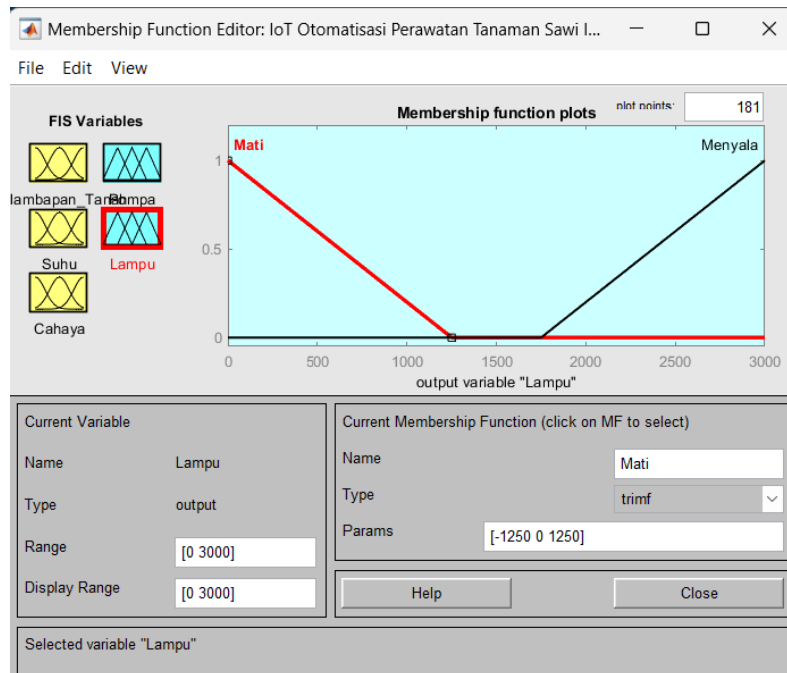
Berikut ini tampilan dari *Output variable* Pompa dari fuzzy Otomatisasi perawatan tanaman sawi indoor, Dimana nanti akan menyala dan menyembrotkan air selama 10 detik jika sudah memenuhi kriteria yang ada di *Rule*, Pompa ini memiliki *Membership function* Mati dan Menyala, Berikut tampilannya :



Gambar 8. Range Output Sistem IoT Perawatan Tanaman Sawi

f. *Output Lampu*

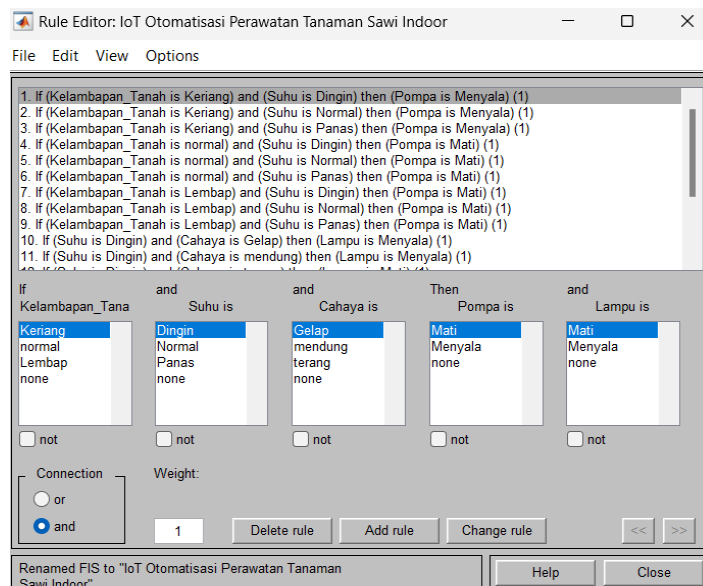
Berikut ini tampilan dari *Output variable* Lampu dari fuzzy Otomatisasi perawatan tanaman sawi indoor, Dimana nanti akan menyala dengan kekuatan Cahaya 3000 lux jika sudah memenuhi kriteria yang ada di *Rule*, Lampu ini memiliki *Membership function* Mati dan Menyala, Berikut tampilannya :



Gambar 9. Range Output Lampu Sistem IoT Perawatan Tanaman Sawi

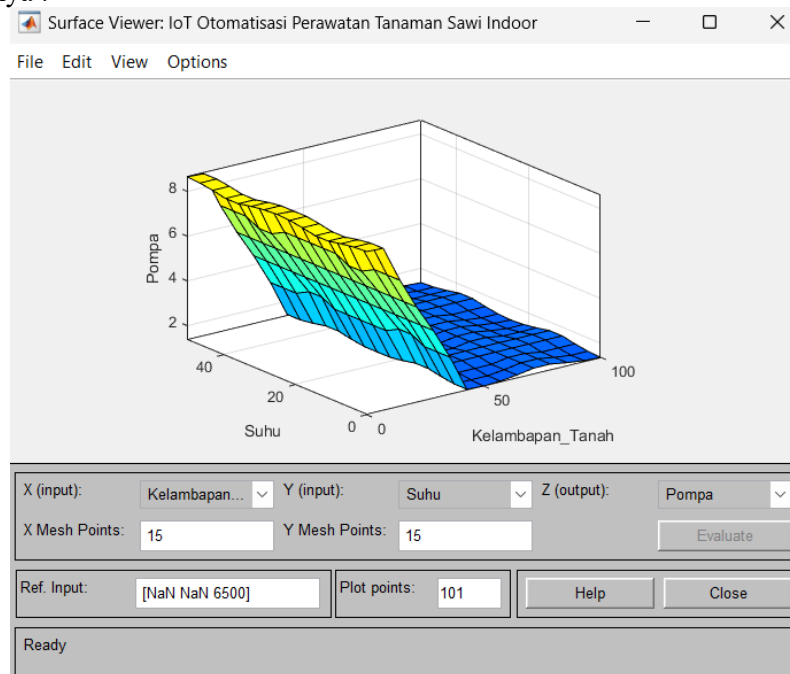
g. *Rule Editor*

Berikut ini tampilan dari *Rule* fuzzy Otomatisasi perawatan tanaman sawi indoor, Berikut tampilannya :



Gambar 10. Rule Sistem IoT Perawatan Tanaman Sawi Surface Viewer

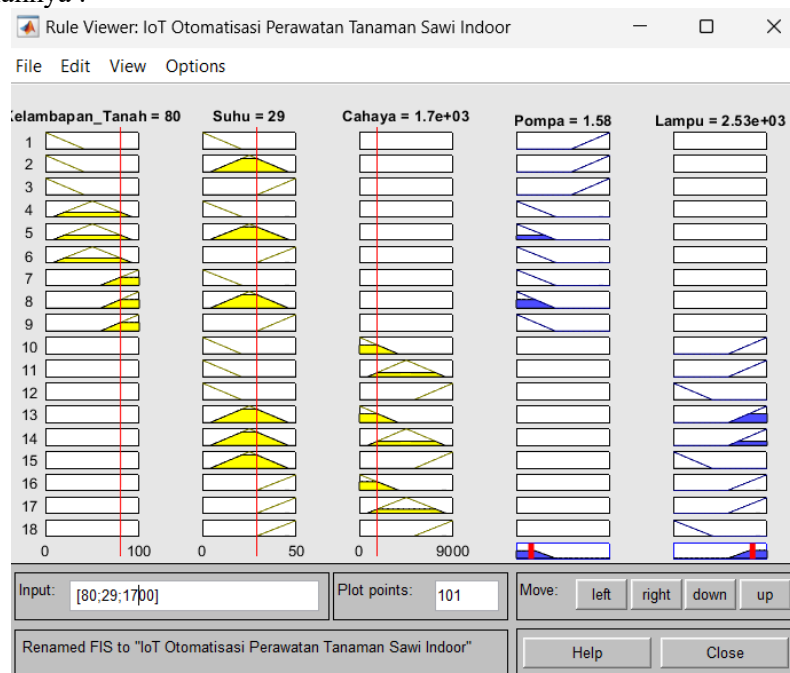
Berikut ini tampilan dari *Surface Viewer* fuzzy Otomatisasi perawatan tanaman sawi indoor, Berikut tampilannya :



Gambar 11. *Surface Viewer* Sistem IoT Perawatan Tanaman Sawi

h. *Rule Viewer*

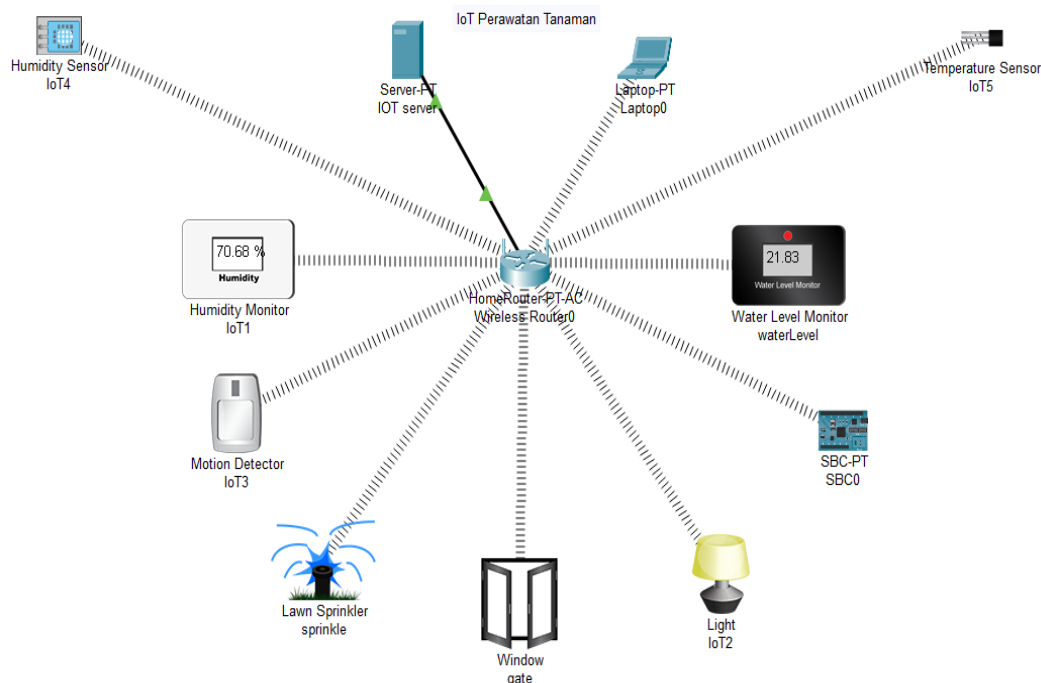
Berikut ini tampilan dari *Rule Viewer* fuzzy Otomatisasi perawatan tanaman sawi indoor, Berikut tampilannya :



Gambar 12. *Rule Viewer* Sistem IoT Perawatan Tanaman Sawi

- 1) Jika kelembapan tanah kurang dari 50% dan suhu di bawah 28°C, maka pompa menyala.
- 2) Jika kelembapan tanah kurang dari 50% dan suhu antara 28°C dan 30°C, maka pompa menyala.
- 3) Jika kelembapan tanah kurang dari 50% dan suhu di atas 30°C, maka pompa menyala.
- 4) Jika kelembapan tanah antara 50% dan 85% dan suhu di bawah 28°C, maka pompa mati.
- 5) Jika kelembapan tanah antara 50% dan 85% dan suhu antara 28°C dan 30°C, maka pompa mati.
- 6) Jika kelembapan tanah antara 50% dan 85% dan suhu di atas 30°C, maka pompa mati.
- 7) Jika kelembapan tanah lebih dari 85% dan suhu di bawah 28°C, maka pompa mati.
- 8) Jika kelembapan tanah lebih dari 85% dan suhu antara 28°C dan 30°C, maka pompa mati.
- 9) Jika kelembapan tanah lebih dari 85% dan suhu di atas 30°C, maka pompa mati.
- 10) Jika suhu di bawah 28°C dan cahaya antara 0 dan 1500, maka lampu menyala.
- 11) Jika suhu di bawah 28°C dan cahaya antara 1500 dan 3000, maka lampu menyala.
- 12) Jika suhu di bawah 28°C dan cahaya antara 3000 dan 10000, maka lampu mati.
- 13) Jika suhu antara 28°C dan 30°C dan cahaya antara 0 dan 1500, maka lampu menyala.
- 14) Jika suhu antara 28°C dan 30°C dan cahaya antara 1500 dan 3000, maka lampu menyala.
- 15) Jika suhu antara 28°C dan 30°C dan cahaya antara 3000 dan 10000, maka lampu mati.
- 16) Jika suhu di atas 30°C dan cahaya antara 0 dan 1500, maka lampu menyala.
- 17) Jika suhu di atas 30°C dan cahaya antara 1500 dan 3000, maka lampu menyala.
- 18) Jika suhu di atas 30°C dan cahaya antara 3000 dan 10000, maka lampu mati

Berikut adalah tampilan jika komponen komponen serta *rule* / kondisi berkerja dengan baik.



Gambar 15. Output Rancangan Skema Sistem IoT Perawatan Tanaman Sawi

b. *Perancangan Fuzzy*

Pada penelitian ini proses perhitungan menggunakan logika fuzzy, berikut adalah *Range* kelembapan tanah, acuan suhu dan rule fuzzy:

- 1) *Range Acuan Kelembapan Tanah*
 - Kering : <50%
 - Normal : 50% - 85%
 - Lembap : >85%
- 2) *Range Acuan Suhu*
 - Dingin : <28°C
 - Normal : 28°C-30°C
 - Panas : >30°C
- 3) *Range Cahaya*
 - Cahaya gelap : 0-1500 lux
 - Mendung : 1500-3000 lux
 - Cahaya Penuh : 3000-10.000 lux
- 4) *Rule*

Tabel 5. Rule Output Pompa

Suhu / Kelembapan Tanah	Dingin (<28°C)	Normal (28°C-30°C)	Panas (>30°C)
Kering (<50%)	Pompa ON	Pompa ON	Pompa ON
Normal (50%-85%)	Pompa OFF	Pompa OFF	Pompa OFF
Lembap (>85%)	Pompa OFF	Pompa OFF	Pompa OFF

Tabel 6. Rule Output Lampu

Cahaya Suhu /	Cahaya Gelap (0-1500)	Mendung (1500-3000)	Cahaya Penuh (3000-10.000)
Dingin (<28°C)	Menyala	Menyala	Mati
Normal (28°C-30°C)	Menyala	Menyala	Mati
Panas (>30°C)	Menyala	Menyala	Mati

3.1.4. *Implementation (Implementasi)*

Penerapan produk dalam model penelitian pengembangan ADDIE dimaksudkan untuk memperoleh umpan balik terhadap produk yang dibuat atau dikembangkan. Umpan balik awal (awal evaluasi) dapat diperoleh dengan menanyakan hal-hal yang berkaitan dengan tujuan pengembangan produk. Penerapan dilakukan mengacu kepada rancangan produk yang telah dibuat dengan membuat tabel pertanyaan skenario pengujian terhadap desain IoT, desain interface aplikasi, desain hardware dan desain fuzzy.

3.1.5. *Evaluation (Evaluasi)*

Tahap evaluasi pada penelitian pengembangan model ADDIE dilakukan untuk memberi umpan balik kepada pengguna produk, sehingga revisi dibuat sesuai dengan hasil evaluasi atau kebutuhan yang belum dapat dipenuhi oleh produk tersebut. Tujuan akhir evaluasi yakni mengukur ketercapaian tujuan pengembangan.

Evaluasi sistem dilakukan oleh sepuluh responden. Skenario evaluasi dilakukan dengan meminta responden memilih modul Trainer Fuzzy yang akan dirangkai, kemudian responden merangkai modul yang dipilih dengan petunjuk dari manual book, setelah itu responden diminta mengisi lembar evaluasi. Lembar evaluasi berisi penilaian responden terhadap Trainer Fuzzy Mamdani.

Pada tahapan ini merupakan tahapan proses pengujian aplikasi yang telah dibangun. Pada penelitian ini proses pengujian desain UI menggunakan indikator Usability Heuristic untuk dapat mengamati aktivitas pengguna. Pengamatan aktivitas pengguna dilakukan secara langsung dimana pengguna dan peneliti berada pada lokasi yang sama dalam satu waktu. Hal ini dilakukan agar peneliti mendapatkan umpan balik dari setiap aktivitas yang dilakukan oleh pengguna (M. M. Lutfi et al., 2023).

3.2. Hasil Pengujian Sistem IoT dan Sensor

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sensor suhu, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya yang terintegrasi dalam sistem IoT. Pengambilan data dilakukan selama 3 hari dengan interval pembacaan setiap 10 menit pada lingkungan greenhouse.

Tabel 7. Hasil Pembacaan Sensor (Sampel Data)

Waktu	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	Cahaya (lux)	Status Pompa	Status Lampu
08:00	27.5	45	1200	ON	ON
10:00	29.0	55	3500	OFF	OFF
12:00	31.2	48	8000	ON	OFF
14:00	30.5	60	6000	OFF	OFF
16:00	28.0	52	2000	OFF	ON

Hasil menunjukkan bahwa sistem mampu membaca kondisi lingkungan secara real-time dan memberikan respons otomatis sesuai dengan aturan logika fuzzy yang telah dirancang.

3.2.1. Evaluasi Akurasi Sensor

Akurasi sensor diuji dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur referensi (termometer digital dan soil meter).

Tabel 8. Perbandingan Sensor dan Alat Referensi

Parameter	Sensor	Referensi	Error (%)
Suhu	30.5°C	30.0°C	1.67%
Kelembapan	60%	58%	3.45%
Cahaya	6000 lux	6200 lux	3.22%

Rata-rata error sistem sebesar **2.78%**, yang menunjukkan bahwa sensor memiliki tingkat akurasi yang cukup baik untuk aplikasi pertanian presisi.

3.2.2. Analisis Kinerja Logika Fuzzy

Sistem kontrol menggunakan metode fuzzy Mamdani dengan tiga parameter input dan dua output. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan keputusan sistem dengan kondisi ideal tanaman sawi.

Tabel 9. Evaluasi Keputusan Fuzzy

Kondisi	Output Sistem	Output Ideal	Kesesuaian
Kering & Panas	Pompa ON	Pompa ON	Sesuai
Normal & Normal	Pompa OFF	Pompa OFF	Sesuai
Lembap & Dingin	Pompa OFF	Pompa OFF	Sesuai

Tingkat kesesuaian keputusan sistem mencapai **100% pada skenario uji**, menunjukkan bahwa rule fuzzy yang dirancang mampu merepresentasikan kebutuhan tanaman dengan baik.

3.2.3. Efisiensi Penggunaan Air

Pengujian dilakukan dengan membandingkan sistem otomatis dengan metode manual selama periode yang sama.

Tabel 10. Perbandingan Konsumsi Air

Metode	Konsumsi Air (Liter/Hari)
Manual	15 L
Otomatis (IoT + Fuzzy)	10.5 L

Terjadi penghematan sebesar:

$$Efisiensi = \frac{15 - 10.5}{15} \times 100\% = 30\%$$

Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu mengoptimalkan penggunaan air secara signifikan.

3.2.4. Waktu Respons Sistem IoT

Pengujian dilakukan untuk mengukur delay antara pembacaan sensor dan eksekusi aktuator.

Tabel 10. Waktu Respons Sistem

Parameter	Waktu (detik)
Sensor → Server	1.2 s
Server → Aktuator	1.5 s
Total Delay	2.7 s

Waktu respons rata-rata sebesar **2.7 detik**, yang masih dalam kategori real-time untuk aplikasi *greenhouse*.

3.3. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi teknologi IoT dengan logika fuzzy mampu meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pengelolaan *greenhouse* tanaman sawi. Sistem yang dikembangkan tidak hanya mampu melakukan monitoring secara real-time, tetapi juga memberikan keputusan kontrol yang adaptif terhadap kondisi lingkungan.

Dari sisi akurasi, sensor yang digunakan menunjukkan tingkat error rata-rata di bawah 5%, yang masih berada dalam batas toleransi untuk aplikasi pertanian. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa sensor DHT11 dan sensor kelembapan tanah memiliki tingkat akurasi yang cukup untuk monitoring lingkungan tanaman skala kecil hingga menengah.

Penerapan logika fuzzy memberikan keunggulan dibandingkan metode kontrol berbasis ambang batas (*threshold*), karena mampu menangani kondisi lingkungan yang tidak pasti dan fluktuatif. Sistem tidak hanya memberikan keputusan biner, tetapi mempertimbangkan kombinasi beberapa parameter secara simultan, sehingga menghasilkan kontrol yang lebih fleksibel dan mendekati cara berpikir manusia.

Pengujian fungsional sirkuit mikrokontroler dilakukan sepenuhnya pada lingkungan virtual **Proteus** yang dihubungkan ke **Matlab Simulink Model Viewer**. Penurunan penggunaan air hingga 30% didapatkan dari komparasi matematis antara *volume debit air algoritma fuzzy* (yang menghentikan pompa secara dinamis saat kelembapan menyentuh batas normal) dengan *volume debit air pada sistem penyiraman terjadwal manual* yang memiliki durasi statis 5 menit per hari. Gambar 14 menampilkan visualisasi sirkuit Proteus yang menunjukkan kondisi pin keluaran aktif

tinggi (*high*) pada relai pompa air ketika parameter sensor kelembapan tanah diatur di bawah 50%.

Namun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan, antara lain belum adanya integrasi dengan sistem prediksi berbasis machine learning serta belum dilakukan pengujian dalam skala besar. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan dengan mengintegrasikan teknologi kecerdasan buatan untuk meningkatkan akurasi dan adaptivitas sistem.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem otomatisasi perawatan tanaman sawi indoor berbasis Internet of Things (IoT) dengan pendekatan logika fuzzy Mamdani berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Sistem mampu melakukan monitoring dan pengendalian parameter lingkungan berupa suhu, kelembapan tanah, dan intensitas cahaya secara real-time melalui perangkat smartphone.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang baik dengan rata-rata error sebesar 2,78%, serta sistem memiliki waktu respons yang cepat dengan rata-rata delay sebesar 2,7 detik. Penerapan logika fuzzy terbukti mampu menghasilkan keputusan kontrol yang adaptif sesuai dengan kondisi lingkungan tanaman. Selain itu, sistem mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga 30% dibandingkan dengan metode penyiraman manual.

Dengan demikian, sistem yang dikembangkan tidak hanya meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam perawatan tanaman, tetapi juga memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pertanian cerdas. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan pengembangan dengan menambahkan metode kecerdasan buatan seperti machine learning serta pengujian dalam skala yang lebih luas untuk meningkatkan performa dan keandalan sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Lutfi, Kanafi, K., & Syaifullah, R. (2024). It Capacity Improvement for Swimming Coaches and Assistant Coaches for Swimming Performance Coaching at the Indonesian Aquatic Federation in Magelang City. *Unram Journal of Community Service*, 5(4), 345–351. <https://doi.org/10.29303/ujcs.v5i4.701>
- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 17(4), 2347–2376. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095>
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (n.d.). *Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions*. Retrieved www.buyya.com.
- Khodadadi, F., Vahid Dastjerdi, A., & Buyya, R. (n.d.). *Internet of Things: An Overview*.
- Lutfi, Azizah, I. N., Nataliya, D., Maghfiroh, F., & Febriani, Y. (2025). The IoT Simulation of Watering System for Vanilla Cultivation using DHT11 and Soil Moisture Sensors with Fuzzy Logic Control. *Innovation, Technology, and Entrepreneurship Journal*, 2(2), 105–118. <https://doi.org/10.31603/itej.14435>
- Lutfi, M., & Kristanto, A. (2022). TRAINER FUZZY SEBAGAI SARANA PRAKTIKUM MAHASISWA. *Transformasi*, 18(1). <https://doi.org/10.56357>
- Lutfi, M. M. (2024). Digital Startup _Veggie Fresh_ using Code Igniter and Design Thinking Method. *ITEJ (Innovation, Technology and Enterprenuer Journal)*, 2(1), 1–14. <https://doi.org/10.31603>



E-ISSN : 2827-8550

P- ISSN : 1978-5569

- Lutfi, M. M., Andri Saputra, M., Indrawan Putranto, V., & Ridho, R. (2024). SIMULASI SISTEM PENYIRAM TANAMAN HIAS MENGGUNAKAN KONTROL LOGIKA FUZZY BERBASIS INTERNET OF THINGS. *Jurnal TRANSFORMASI*, 20(1), 1–19.
- M Lutfi MA. (2024). *INTERNET OF THINGS* (M. K. Sepriano, Ed.; 1st ed., Vol. 1). Sonpedia. www.buku.sonpedia.com
- Nugroho, E. P., Anisyah, A., Al Fathin, D. S., Amadudin, M. N. Y., Ramadhani, M. S., & Yosafat. (2025). Pemodelan Sistem Monitoring Kualitas Udara Pintar Berbasis Internet of Things dengan Pendekatan Machine Learning. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 12(2), 469–480. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2025129195>
- Selle, N., Yudistira, N., & Dewi, C. (2022). *PERBANDINGAN PREDIKSI PENGGUNAAN LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE LONG SHORT TERM MEMORY (LSTM) DAN RECURRENT NEURAL NETWORK (RNN)*. 9(1), 155–162. <https://doi.org/10.25126/jtiik.202295585>