SKRIPSI

PERBANDINGAN LOGIKA FUZZY MAMDANI DENGAN THRESHOLDING PADA SISTEM IOT PENYIRAM TANAMAN SAWI

DISUSUN OLEH

NATASYA MAZAIYA

2209020187

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI

FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2026

PERBANDINGAN LOGIKA *FUZZY* MAMDANI DENGAN *THRESHOLDING* PADA SISTEM *IOT* PENYIRAM TANAMAN SAWI

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer (S.Kom) dalam Program Studi Tenologi Informasi. Pada Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

NATASYA MAZAIYA
2209020187

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026

LEMBAR PENGESAHAN

Judul skripsi	: Perbandingan Logika Fuzzy Mamdani Dengan Thresholding Pada Sistem iot Penyiram Tanaman Sawi
NAMA	: Natasya Mazaiya
NPM	: 2209020187
Program Studi	: Teknologi Informasi

Menyetujui

Komisi Pembimbing

(Mulkan Azhari,S.Kom.,M.Kom.)

NIDN. 0108129402

Ketua Program Studi

Fatma Sari Hutagalung, S.Kom, M.Kom

NIDN. 0117019301

Dekan

(Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom.)

NIDN. 0127099201

PERNYATAAN ORISINALITAS

PERBANDINGAN LOGIKA *FUZZY* MAMDANI DENGAN *THRESHOLDING* PADA SISTEM *IOT* PENYIRAM TANAMAN SAWI

SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, Juni 2026

Yang membuat pernyataan



Natasya Mazaiya

NPM. 2209020187

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Natasya Mazaiya
NPM	2209020187
Program Studi	: Teknologi Informasi
Karya Ilmiah	: Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bedas Royalti Non-Eksekutif *(Non-Exclusive Royalty free Right)* atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

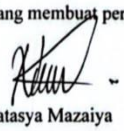
PERBANDINGAN LOGIKA *FUZZY* MAMDANI DENGAN *THRESHOLDING* PADA SISTEM *IOT* PENYIRAM TANAMAN SAWI

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, Juni 2026

Yang membuat pernyataan



Natasya Mazaiya

NPM. 2209020187

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Natasya Mazaiya
NPM	2209020187
Program Studi	: Teknologi Informasi
Karya Ilmiah	: Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bedas Royalti Non-Eksekutif *(Non-Exclusive Royalty free Right)* atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

PERBANDINGAN LOGIKA *FUZZY* MAMDANI DENGAN *THRESHOLDING* PADA SISTEM *IOT* PENYIRAM TANAMAN SAWI

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, Juni 2026

Yang membuat pernyataan

Natasya Mazaiya

NPM. 2209020187

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap	: Natasya Mazaiya
Tempat dan Tanggal Lahir	: Medan, 01 Maret 2004
Alamat Rumah	: JL. Setia Luhur Gg Melati
No. 48E	
Telepon/Faks/HP	083152584882
E-mail	: Mazaiyanatasya@gmail.com
Instansi Tempat Kerja	: -
Alamat Kantor	: -

DATA PENDIDIKAN

SD	: Swasta Ikal Medan	TAMAT: 2015
SMP	: Panca Budi Medan	TAMAT: 2018
SMA	: Panca Budi Medan	TAMAT: 2021

KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan kurunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "Perbandingan Logika Fuzzy Mamdani Dengan Thresholding Pada Sistem IoT Penyiram Tanaman Sawi ". Penulis menyampaikan berterima kasih kepada berbagai pihak atas dukungan serta doa dalam proses penyelesaian skripsi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Akrim, M.Pd., Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU).
2. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom. Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
3. Ibu Dr. Firahmi Rizky, S.Kom., M.Kom. Wakil Dekan I Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi
4. Bapak Mhd. Basri, S.Si, M.Kom**.** Wakil Dekan III Wakil Dekan III Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi.
5. Ibu Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom. Ketua Program Studi Teknologi Informasi.
6. Bapak Okvi Nugroho, S.Kom., M.Kom. Sekretaris Program Studi Teknologi Informasi.
7. Bapak Mulkan Azhari,S,Kom.,M.Kom. Selaku Dosen Pembimbing Skripsi Penulis Terimakasih atas bimbingan, arahan, dan dukungan yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini sehingga dapat diselesaikan dengan baik.

8. Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada kedua orang tua tercinta atas doa, dukungan, kasih sayang tiada henti. dua orang yang sangat berjasa dalam hidup penulis, dua orang yang menjadi sumber kekuatan disetiap langkah penulis, dua orang yang selalu mengusahakan anak perempuan pertamanya ini untuk bisa menempuh pendidikan setinggi-tingginya Terima kasih yang tak terhingga kepada papa dan mama yang telah memberikan kasih sayang dan dukungan, memberikan banyak motivasi, nasehat, dan selalu mendoakan disetiap langkah penulis. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat mama dan papa bahagia. sehat selalu dan panjang umur karena mama dan papa harus selalu ada disetiap perjuangan dan pencapaian hidup penulis.
9. Untuk adikku tercinta, Najwa dan Diffhend, terima kasih atas doa, dukungan, dan semangat yang selalu kalian berikan selama proses penyusunan skripsi ini. Kehadiran dan perhatian kalian menjadi motivasi bagi penulis untuk menyelesaikan penelitian ini dengan baik. Penulis sangat menghargai setiap dukungan yang diberikan. Semoga segala kebaikan yang kalian berikan mendapatkan balasan yang terbaik. Penulis juga berharap kalian selalu diberikan kesehatan, kebahagiaan, dan kesuksesan dalam meraih cita-cita.
10. Kepada sahabat terbaik penulis Febri dan Luvi perjumpaan kita di bangku perkuliahan adalah anugerah yang tak pernah penulis duga. Kalian bukan sekadar teman, melainkan sahabat yang selalu hadir di setiap fase perjalanan hidup penulis.Terima kasih untuk setiap tawa yang menguatkan, cerita yang menemani, dan kebersamaan yang membuat segala lelah terasa

lebih ringan. Kehadiran kalian bukan hanya mengisi hari-hari selama perkuliahan, tetapi juga meninggalkan jejak hangat yang akan selalu penulis ingat. Semoga persahabatan ini tetap terjaga, melampaui jarak, waktu, dan kesibukan yang akan datang.

11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu memberikan pemikiran demi kelancaran dan keberhasilan penyusunan skripsi ini.
12. Dan yang terakhir untuk diri saya sendiri, Natasya Mazaiya terima kasih karena sudah mampu melewati semua proses hingga skripsi ini dapat diselesaikan. Terima kasih telah tetap bertahan, terus berusaha, dan tidak menyerah meskipun ada banyak rasa lelah, tekanan, dan tantangan yang harus dihadapi. Perjalanan ini mungkin tidak mudah, tetapi setiap langkah yang telah dilalui menjadi bukti bahwa usaha tidak pernah mengkhianati hasil. Semoga pencapaian ini menjadi pengingat untuk selalu percaya pada kemampuan diri sendiri dan terus melangkah menuju impian yang lebih besar.

PERBANDINGAN LOGIKA *FUZZY* MAMDANI DENGAN *THRESHOLDING* PADA SISTEM *IOT* PENYIRAM TANAMAN SAWI

ABSTRAK

Tanaman sawi memerlukan pengelolaan kelembapan tanah yang optimal agar dapat tumbuh dengan baik. Penyiraman secara manual sering kali menyebabkan ketidaktepatan pemberian air sehingga berpotensi menurunkan kualitas pertumbuhan tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem penyiraman otomatis tanaman sawi berbasis Internet of Things (IoT) serta membandingkan kinerja metode Thresholding dan Logika Fuzzy Mamdani dalam menjaga kelembapan tanah dan mengendalikan proses penyiraman. Sistem yang dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP8266, sensor soil moisture sebagai pengukur kelembapan tanah, sensor DHT21 sebagai pengukur suhu udara, relay, dan pompa air yang terhubung dengan platform monitoring berbasis IoT. Pengujian dilakukan selama tiga hari dengan sembilan sesi pengamatan pada kondisi lingkungan yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Thresholding menghasilkan keputusan penyiraman berdasarkan nilai ambang kelembapan tanah sebesar 700 dengan durasi tetap 10 detik, sedangkan metode Fuzzy Mamdani menghasilkan durasi penyiraman yang lebih adaptif antara 0 hingga 14,94 detik sesuai kondisi kelembapan tanah dan suhu lingkungan. Berdasarkan hasil pengujian, metode Fuzzy Mamdani memiliki kemampuan pengendalian yang lebih fleksibel dan proporsional dibandingkan metode Thresholding karena mampu menyesuaikan durasi penyiraman berdasarkan kondisi aktual lingkungan. Dengan demikian, metode Fuzzy Mamdani dinilai lebih efektif dalam mendukung sistem penyiraman otomatis tanaman sawi berbasis IoT.

Kata Kunci : Internet of Things (IoT), Logika Fuzzy Mamdani, Thresholding, Penyiraman Otomatis, Kelembapan Tanah, Tanaman Sawi.

COMPARISON OF MAMDANI FUZZY LOGIC AND THRESHOLDING METHODS FOR AN IOT BASED AUTOMATIC MUSTARD GREENS WATERING SYSTEM

ABSTRACT

Mustard greens require optimal soil moisture management to achieve proper growth. Manual irrigation often results in inaccurate water distribution, which may reduce plant growth quality. This research aims to design and develop an Internet of Things (IoT)-based automatic irrigation system for mustard greens and to compare the performance of the Thresholding and Mamdani Fuzzy Logic methods in maintaining soil moisture and controlling the irrigation process. The developed system utilizes an ESP8266 microcontroller, a soil moisture sensor to measure soil moisture levels, a DHT21 sensor to measure air temperature, a relay module, and a water pump connected to an IoT-based monitoring platform. Testing was conducted over three days with nine observation sessions under different environmental conditions. The results show that the Thresholding method determines irrigation decisions based on a soil moisture threshold value of 700 with a fixed irrigation duration of 10 seconds. In contrast, the Mamdani Fuzzy Logic method produces a more adaptive irrigation duration ranging from 0 to 14.94 seconds according to soil moisture and ambient temperature conditions. Based on the testing results, the Mamdani Fuzzy Logic method demonstrates more flexible and proportional control performance than the Thresholding method because it can adjust irrigation duration according to actual environmental conditions. Therefore, the Mamdani Fuzzy Logic method is considered more effective in supporting an IoT-based automatic irrigation system for mustard greens.

Keywords: Internet of Things (IoT), Automatic Irrigation System, Mustard Greens, Mamdani Fuzzy Logic, Thresholding, Soil Moisture.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i
PERNYATAAN ORISINALITAS ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS iii
RIWAYAT HIDUP iv
KATA PENGANTAR v
ABSTRAK viii
ABSTRACT ix
DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang Masalah 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Batasan Masalah 4
1.4 Tujuan Penelitian 5
1.5 Manfaat Penelitian 5
BAB II LANDASAN TEORI 6
2.1 Sistem Irigasi Otomatis 6
2.2 Internet of things (IoT) 6
2.3 Tanaman Sawi (Brassica Juncea) 8
2.4 Perangkat Keras (HARDWARE) 9
2.4.1 Sensor Kelembapan Tanah 9
2.4.2 Sensor DHT21 11
2.4.3 Mikrokontroler ESP8266 12
2.4.4 Modul Relay 13
2.4.5 Pompa Air 14
2.4.6 Adaptor 12V 3A 14
2.4.7 Modul XL4015 Regulator Tegangan (Step-Down DC–DC Buck Converter) 15
2.4.8 Box Project 17
2.5 Metode Pengambilan Keputusan 18
2.5.1 Metode Thresholding 18
2.5.2 Logika fuzzy Mamdani 19
2.6 Perbandingan Thresholding Dan Fuzzy Mamdani 21
2.7 Monitoring Dan Pencatatan Data Real-Time 22
2.8 Ringkasan Penelitian Terdahulu 22
2.9 Analisis Gap 24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 26
3.1 Tahapan Awal Penelitian 26
3.2 Kebutuhan Fungsi Sistem 26
3.3 Teknik Pengumpulan Data 27
3.3.1 Observasi 27
3.3.2 Studi Pustaka 27
3.3.3 Eksperimen 27
3.4 Prosedur Alur Penelitian 27

3.5 Analisis Kebutuhan Software 28
3.5.1 Analisis Kebutuhan Perangkat Keras (HARDWARE) 29
3.5.2 Analisis Kebutuhan Perangkat lunak (software) 31
3.6 Perancangan Rangkaian 33
3.6.1 Arsitektur Rangkaian Sistem 34
3.6.2 Perancangan Rangkaian Antar Komponen 35
3.6.3 Prinsip Kerja Sistem 36
3.7 Diagram Blok Sistem 37
3.8 Flowchart Sistem 38
3.9 Jadwal Penelitian 40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 41
4.1 Hasil Perancangan Sistem 41
4.2 Implementasi Perangkat Keras 42
4.3 Hasil Pengujian Dan Analisis Sistem 44
4.3.1 Skenario dan Periode Pengujian 44
4.3.2 Hasil Pengujian Sensor Kelembapan Tanah dan Suhu 44
4.3.3 Hasil Pengujian Logika Fuzzy Mamdani 45
4.3.4 Hasil Pengujian Metode Thresholding 47
4.3.5 Perbandingan Thresholding dan Fuzzy Mamdani 48
4.3.6 Sistem Monitoring Data Real-Time 49
4.4 Pembahasan 50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 52
5.1 Kesimpulan 52
5.2 Saran 52
DAFTAR PUSTAKA 55
LAMPIRAN 58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ringkasan Penelitian Terdahulu 23
Tabel 3.1 Analisis Kebutuhan Hardware 29
Tabel 3.2 Analisis Kebutuhan Software 31
Tabel 3.3 Analisis Kebutuhan Bahan Perancangan 32
Tabel 3.4 Jadwal Penelitian 40
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor Kelembapan Tanah dan Suhu 44
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Logika Fuzzy Mamdani 46
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Metode Thresholding 47
Tabel 4.4 Perbandingan Kinerja Metode Thresholding dan Fuzzy Mamdani 48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tanaman Sawi 8
Gambar 2.2 Sensor Kelembapan Tanah 10
Gambar 2.3 Sensor DHT21 11
Gambar 2.4 Sensor Mikrokontroler ESP8266 12
Gambar 2.5 Modul Relay 5v 13
Gambar 2.6 Pompa Air DC 12 Volt 14
Gambar 2.7 Adaptor 12V 3A 15
Gambar 2.8 Xl4015 Regulator Tegangan 16
Gambar 2.9 Box Project 17
Gambar 2.10 Diagram Logika Fuzzy Mamdani 20
Gambar 3.1 Prosedur Penelitian 28
Gambar 3.2 Perancangan Rangkaian Sistem 33
Gambar 3.3 Diagram Blok Sistem 38
Gambar 3.4 Flowchart Sistem 39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Tanaman sawi merupakan salah satu jenis sayuran hortikultura yang secara luas dikembangkan oleh masyarakat, berkat siklus panennya yang relatif singkat serta permintaan pasar yang konsisten. Keberhasilan kultivasi tanaman sawi sangat bergantung pada faktor lingkungan, terutama kondisi air dan kelembapan tanah. Kelembapan tanah yang terlalu rendah dapat memicu stres air pada tanaman, sehingga menghambat pertumbuhan vegetatif, sedangkan kelembapan tanah yang berlebihan dapat mengurangi aerasi tanah dan meningkatkan risiko pembusukan akar. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengelolaan irigasi tanaman sawi harus dilakukan dengan presisi dan pengukuran yang akurat agar kelembapan tanah tetap dalam rentang optimal yang sesuai dengan kebutuhan fisiologis tanaman (Vahidi et al., 2025).

Dalam praktik budidaya konvensional, proses irigasi tanaman umumnya masih dilakukan secara manual, berdasarkan kebiasaan petani atau estimasi visual terhadap kondisi tanah. Pendekatan ini memiliki keterbatasan karena tidak mampu mengukur kebutuhan air tanaman secara akurat dan real-time. Akibatnya, irigasi dapat dilakukan secara berlebihan, yang mengakibatkan pemborosan air, atau sebaliknya dilakukan secara insufisien, sehingga tanaman mengalami kekeringan. Permasalahan ini diperburuk oleh fluktuasi cuaca dan kondisi lingkungan yang tidak stabil, yang dapat mempercepat perubahan kelembapan tanah. Oleh karena itu, diperlukan sistem irigasi yang mampu melakukan pengendalian otomatis berdasarkan data aktual kondisi tanah dan lingkungan, sehingga efisiensi air dapat

ditingkatkan dan kualitas pertumbuhan tanaman sawi dapat dipertahankan (Gupta et al., 2025).

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan perangkat seperti sensor dan mikrokontroler saling terhubung untuk melakukan pemantauan dan pengendalian sistem secara otomatis dan real-time. Dalam bidang pertanian, IoT digunakan untuk membaca parameter lingkungan seperti kelembapan tanah serta mengendalikan proses penyiraman secara otomatis, sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dan mempermudah monitoring kondisi tanaman (Aisyah et al., 2025).

Dalam pengembangan sistem IoT irigasi, metode pengambilan keputusan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air merupakan faktor kunci yang menentukan performa sistem. Salah satu metode pengendalian yang paling umum digunakan adalah metode thresholding atau kendali berbasis ambang batas. Metode thresholding beroperasi berdasarkan prinsip sederhana, yaitu pompa air akan diaktifkan ketika nilai kelembapan tanah berada di bawah ambang batas tertentu, dan pompa akan dinonaktifkan ketika nilai kelembapan tanah telah mencapai batas atas yang ditentukan. Metode ini banyak diaplikasikan karena mudah diimplementasikan pada mikrokontroler, tidak memerlukan komputasi yang kompleks, serta sesuai untuk sistem IoT berskala kecil (Ranjan, 2023).

Penetapan nilai ambang kelembapan tanah pada metode thresholding memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tingkat efisiensi sistem irigasi, sehingga diperlukan proses kalibrasi yang akurat agar sistem dapat beroperasi secara optimal pada berbagai kondisi lingkungan. Sebagai alternatif, metode logika fuzzy Mamdani banyak digunakan dalam sistem irigasi otomatis karena

mampu merepresentasikan proses pengambilan keputusan yang menyerupai cara berpikir manusia melalui penggunaan variabel linguistik seperti kering, lembap, dan basah. Berbeda dengan kendali berbasis ambang yang bersifat kaku, logika fuzzy mempertimbangkan derajat keanggotaan suatu kondisi dalam beberapa kategori, sehingga menghasilkan keputusan penyiraman yang lebih fleksibel dan adaptif. Keluaran dari metode fuzzy Mamdani umumnya berupa pengaturan durasi atau volume irigasi yang disesuaikan dengan tingkat kelembapan tanah, sehingga mampu meningkatkan kestabilan sistem pengendalian serta efisiensi penggunaan air. Penelitian menunjukkan bahwa penerapan logika fuzzy pada sistem irigasi berbasis IoT yang terintegrasi dengan jaringan komunikasi dan layanan cloud dapat memberikan kontrol yang lebih stabil serta meningkatkan efisiensi penggunaan air dibandingkan sistem konvensional (Artetxe et al., 2024).

Metode thresholding digunakan untuk mengontrol penyiraman berdasarkan nilai ambang batas kelembapan tanah yang telah ditentukan, sehingga sistem bekerja secara sederhana dan efisien. Namun, metode ini bersifat kaku karena hanya menghasilkan keputusan biner berdasarkan batas tertentu. Sebaliknya, metode logika fuzzy Mamdani mampu memberikan keputusan yang lebih adaptif dengan mempertimbangkan kondisi kelembapan tanah secara bertahap melalui variabel linguistik seperti kering, lembap, dan basah. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem berbasis fuzzy mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air serta memberikan kontrol yang lebih adaptif terhadap kondisi lingkungan (Gupta et al., 2025) .

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana merancang dan membangun sistem penyiraman otomatis tanaman sawi berbasis *Internet of Things* (IoT) serta membandingkan kinerja metode thresholding dan logika *fuzzy* Mamdani dalam menjaga kestabilan kelembapan tanah, efisiensi penggunaan air, dan frekuensi kerja pompa

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada sistem penyiraman otomatis untuk tanaman sawi.
2. Sistem penyiraman dirancang menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT).
3. Parameter utama yang digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan penyiraman adalah kelembapan tanah.
4. Penelitian dilakukan dalam bentuk perancangan dan pengujian prototipe sistem penyiraman otomatis.
5. Pengujian sistem difokuskan pada kinerja penyiraman berdasarkan data kelembapan tanah, tanpa membahas secara mendalam aspek pertumbuhan biologis tanaman sawi.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan dari rumusan masalah di atas, adapun tujuan penelitian yang dapat dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membangun sistem IoT penyiram tanaman sawi berbasis sensor kelembapan tanah.

2. Menerapkan metode thresholding dan logika fuzzy Mamdani pada sistem penyiraman otomatis tanaman sawi.
3. Menganalisis dan membandingkan kinerja metode thresholding dan logika fuzzy Mamdani dalam menjaga kestabilan kelembapan tanah serta efisiensi penggunaan air.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Akademis

   Penelitian ini diharapkan mampu memperkaya literatur ilmiah dalam ranah sistem cerdas dan *Internet of Things* (IoT), terutama mengenai komparasi antara metode logika *fuzzy* Mamdani dan thresholding pada aplikasi Penyiraman tanaman. Temuan dari penelitian ini berpotensi menjadi sumber acuan untuk kajian lanjutan yang mengkaji sistem irigasi otomatis berbasis IoT.

2. Manfaat Praktis

   Penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif solusi dalam penerapan sistem penyiraman tanaman sawi yang lebih efisien dan terkontrol dengan memanfaatkan teknologi IoT. Selain itu, hasil penelitian ini dapat membantu pengguna dalam memilih metode pengambilan keputusan penyiraman yang lebih sesuai sehingga penggunaan air dapat dilakukan secara lebih optimal.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Irigasi Otomatis

Sistem irigasi otomatis merupakan sistem pengairan yang beroperasi secara mandiri dengan memanfaatkan sensor dan aktuator untuk menyalurkan air sesuai kebutuhan tanaman tanpa keterlibatan manusia secara langsung. Sistem ini dirancang untuk mengatasi keterbatasan metode penyiraman konvensional yang cenderung kurang efisien karena hanya mengandalkan perkiraan atau jadwal tetap. Dengan memanfaatkan pembacaan kelembapan tanah secara *real-time*, sistem mampu mengendalikan pompa air secara otomatis sehingga kondisi kelembapan tanah dapat dipertahankan dalam rentang yang optimal bagi pertumbuhan tanaman.

Integrasi *Internet of Things* (IoT) semakin memperkuat kinerja sistem irigasi otomatis melalui konektivitas antara sensor, mikrokontroler, dan aktuator ke jaringan internet yang memungkinkan pemantauan serta pengendalian jarak jauh. Sensor seperti *soil moisture* dan DHT21 digunakan untuk mendeteksi parameter lingkungan berupa kelembapan tanah, suhu, dan kelembapan udara, kemudian data tersebut dikirimkan ke platform monitoring secara *real-time*. Penerapan sistem irigasi berbasis IoT dinilai mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air karena proses penyiraman dilakukan berdasarkan kondisi lingkungan aktual, sekaligus berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas tanaman (Morchid et al., 2024).

2.2 *Internet of things (IoT)*

Internet of Things (IoT) merupakan konsep teknologi yang menghubungkan berbagai perangkat fisik yang dilengkapi sensor dan aktuator

melalui jaringan internet untuk melakukan pertukaran data, pemantauan, serta pengendalian secara otomatis. Dalam bidang pertanian, IoT berperan penting dalam mengumpulkan data lingkungan seperti kelembapan tanah, suhu udara, dan kelembapan udara secara *real-time*, sehingga mendukung proses pengambilan keputusan yang lebih presisi terkait kebutuhan air tanaman. Data yang diperoleh sensor kemudian diproses oleh mikrokontroler dan dikirimkan ke platform digital, memungkinkan pengguna memantau kondisi lahan melalui perangkat seperti smartphone atau komputer tanpa harus berada langsung di lokasi.

Penerapan IoT pada sistem irigasi otomatis memberikan keunggulan dibandingkan metode konvensional karena sistem tidak hanya melakukan pemantauan kondisi lingkungan, tetapi juga mengeksekusi proses penyiraman secara otomatis berdasarkan data yang diperoleh. Integrasi sensor kelembapan tanah (*soil moisture*), sensor suhu, serta aktuator seperti pompa dan katup air dengan jaringan komunikasi berbasis Wi-Fi maupun *cloud computing* memungkinkan pengendalian dan pemantauan sistem dilakukan dari jarak jauh. Dengan demikian, penggunaan IoT berkontribusi dalam meningkatkan efisiensi pemanfaatan air dan sumber daya lainnya, sekaligus mengurangi potensi pemborosan yang umum terjadi pada sistem irigasi manual.

Pemanfaatan IoT dalam manajemen irigasi modern telah menjadi salah satu pendekatan strategis dalam optimalisasi penggunaan air dan penerapan pertanian berkelanjutan. Berbagai studi menunjukkan bahwa integrasi sensor kelembapan tanah dengan sistem pemantauan *real-time* berbasis IoT mampu meningkatkan akurasi pengelolaan air serta mendukung peningkatan produktivitas pertanian

melalui sistem pencatatan dan pelaporan data yang terintegrasi secara digital (Aisyah et al., 2025).

2.3 Tanaman Sawi (Brassica Juncea)

Tanaman sawi (*Brassica juncea L.*) termasuk salah satu komoditas sayuran daun yang banyak dibudidayakan karena memiliki siklus panen yang relatif singkat, kandungan gizi yang tinggi, serta permintaan pasar yang konsisten. Pertumbuhan dan produktivitas tanaman sawi sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, khususnya ketersediaan air dan tingkat kelembapan tanah, sehingga manajemen irigasi yang efektif menjadi komponen penting dalam proses budidayanya. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pengaturan kebutuhan air melalui penerapan teknik irigasi yang tepat, seperti *drip irrigation*, mampu meningkatkan produktivitas sekaligus efisiensi penggunaan air, terutama apabila media tanam dipadukan dengan bahan organik yang dapat meningkatkan kapasitas retensi air dalam tanah (Anika et al., 2025).



Gambar 2.1 Tanaman Sawi

Tanaman sawi memiliki sistem perakaran yang relatif dangkal sehingga sangat responsif terhadap fluktuasi kadar air di dalam tanah. Perubahan kelembapan yang tidak stabil berpotensi menghambat pertumbuhan vegetatif,

terutama pada pembentukan dan perkembangan daun, serta dapat menurunkan kualitas hasil panen. Kelembapan tanah yang berlebihan juga meningkatkan risiko munculnya penyakit tanaman akibat kondisi media yang terlalu lembap. Oleh karena itu, pengelolaan irigasi yang dilakukan secara presisi menjadi aspek krusial dalam budidaya sawi, khususnya pada penerapan sistem pertanian berbasis teknologi. Implementasi sistem penyiraman otomatis yang terintegrasi dengan sensor kelembapan tanah memungkinkan pengaturan suplai air dilakukan secara adaptif sesuai kebutuhan aktual tanaman. Pendekatan ini berkontribusi dalam menjaga stabilitas kondisi tanah, meningkatkan efisiensi penggunaan air, serta mendukung peningkatan kualitas dan kuantitas produksi tanaman sawi secara berkelanjutan (Pacchiarelli et al., 2025).

2.4 Perangkat Keras (*HARDWARE*)

2.4.1 Sensor Kelembapan Tanah

Sensor kelembapan tanah (*soil moisture sensor*) merupakan komponen penting dalam sistem irigasi otomatis karena berfungsi mendeteksi kadar air dalam tanah sebagai indikator kebutuhan penyiraman. Sensor ini bekerja dengan mengukur perubahan karakteristik fisik tanah, seperti resistansi atau kapasitansi, yang berkaitan langsung dengan kandungan air di dalamnya. Integrasi sensor kelembapan tanah dengan mikrokontroler serta jaringan IoT memungkinkan proses pembacaan data dilakukan secara *real-time*, sehingga sistem dapat mengambil keputusan secara otomatis untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air sesuai kondisi aktual tanah. Penerapan sensor *soil moisture* pada sistem irigasi berbasis IoT terbukti mampu meningkatkan ketepatan pemantauan

kelembapan tanah serta efisiensi penggunaan air melalui respons otomatis terhadap data yang diperoleh secara *real-time* (Frisky Ardianto et al., 2025).



Gambar 2.2 Sensor Kelembapan Tanah

Pemanfaatan sensor kelembapan tanah dalam sistem irigasi cerdas juga berkontribusi terhadap pengelolaan sumber daya air yang lebih berkelanjutan karena data yang dikumpulkan dapat dianalisis untuk merancang strategi irigasi yang lebih adaptif terhadap dinamika lingkungan. Selain itu, kombinasi sensor *soil moisture* dengan perangkat IoT lainnya, seperti DHT21 untuk pengukuran suhu dan kelembapan udara, memungkinkan sistem menyusun perhitungan kebutuhan air yang lebih komprehensif. Pendekatan ini penting dalam meningkatkan produktivitas pertanian sekaligus mengurangi pemborosan air, karena sistem tidak hanya bergantung pada satu parameter, tetapi mempertimbangkan kondisi lingkungan secara menyeluruh. Penelitian mengenai pengembangan sistem irigasi tetes berbasis IoT menunjukkan bahwa pemanfaatan sensor *soil moisture* mampu memantau kelembapan tanah dengan tingkat akurasi yang baik serta mengendalikan proses penyiraman secara otomatis berdasarkan data lingkungan yang terukur (Faulianur & Mumtazi, 2025).

2.4.2 Sensor DHT21

Sensor DHT21 merupakan sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara sehingga dapat diterapkan pada sistem pemantauan kondisi lingkungan secara *real-time*. Pada pengembangan sistem pemantauan, DHT21 dimanfaatkan untuk mendeteksi suhu ruangan dengan tingkat akurasi yang baik serta menunjukkan pola pembacaan yang konsisten dan stabil pada berbagai kondisi pengujian, sehingga dapat dijadikan komponen sensor untuk akuisisi data suhu dan kelembapan dalam suatu sistem berbasis mikrokontroler (Karim et al., 2024).



Gambar 2.3 Sensor DHT21

Dalam implementasi sistem berbasis IoT, data suhu dan kelembapan yang dibaca oleh sensor DHT21 dapat digunakan sebagai parameter penting untuk proses monitoring dan pengambilan keputusan pada sistem kontrol. Penggunaan DHT21 sebagai sensor suhu dan kelembapan juga diterapkan pada sistem monitoring yang memerlukan pemantauan kondisi lingkungan karena kedua parameter tersebut berpengaruh terhadap kinerja dan efisiensi sistem yang diamati, dan data sensor dapat diintegrasikan untuk memudahkan analisis serta pemantauan (Aditya Putra et al., 2024).

2.4.3 Mikrokontroler ESP8266

ESP8266, yang umumnya digunakan dalam bentuk *development board* NodeMCU, merupakan salah satu mikrokontroler yang banyak dimanfaatkan dalam pengembangan sistem *Internet of Things (IoT)* karena telah dilengkapi dengan modul Wi-Fi terintegrasi. Keunggulan ini memungkinkan perangkat untuk melakukan komunikasi data melalui jaringan internet tanpa memerlukan modul tambahan. Dalam implementasi sistem IoT, ESP8266 berfungsi sebagai pusat pemrosesan data yang bertugas membaca input dari sensor, menjalankan algoritma atau logika pengendalian, serta mengirimkan data hasil pembacaan ke platform monitoring secara *real-time* penggunaan NodeMCU ESP8266 dalam sistem monitoring berbasis IoT mampu mentransmisikan data secara stabil dan andal ke platform digital, sehingga perangkat ini dinilai efektif untuk aplikasi pengawasan dan pengendalian jarak jauh
(Wibowo et al., 2024).



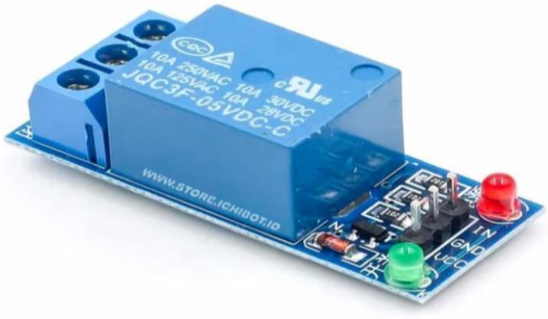
Gambar 2.4 Sensor Mikrokontroler ESP8266

Dalam konteks sistem penyiraman otomatis, ESP8266 memiliki peran strategis sebagai pengendali utama yang memproses data dari sensor, seperti sensor kelembapan tanah dan sensor suhu, kemudian menghasilkan keputusan

penyiraman berdasarkan metode pengendalian tertentu mengenai sistem penyiraman berbasis IoT yang memanfaatkan mikrokontroler ESP8266 menunjukkan bahwa perangkat ini mampu mengintegrasikan pembacaan sensor dengan metode pengambilan keputusan, sehingga proses penyiraman dapat dilakukan secara lebih terukur dan efisien. Kemampuan tersebut membuktikan bahwa ESP8266 tidak hanya mendukung akuisisi data lingkungan secara *real-time*, tetapi juga mampu mengimplementasikan algoritma pengendalian dalam sistem pertanian cerdas berbasis IoT (Rahman et al., 2024).

2.4.4 Modul Relay

Penggunaan relay dalam sistem kontrol pompa dapat dikombinasikan dengan metode pengendalian seperti logika fuzzy maupun algoritma adaptif yang mempertimbangkan parameter lingkungan, misalnya suhu dan kelembapan udara. Integrasi sensor kelembapan tanah, relay, dan pompa air pada sistem IoT memungkinkan penyiraman dilakukan secara otomatis saat kelembapan tanah berada di bawah batas tertentu, sehingga kondisi tanah tetap optimal. Sistem ini terbukti responsif dan stabil serta dapat mengurangi ketergantungan pada penyiraman manual (Al-Jufri et al., 2023).



Gambar 2.5 Modul Relay 5v

2.4.5 Pompa Air

Pompa air merupakan aktuator utama yang berfungsi menyalurkan air dari sumber menuju media tanam dalam sistem irigasi otomatis. Pada sistem berbasis IoT, pengoperasian pompa dikendalikan oleh mikrokontroler melalui modul relay yang berperan sebagai saklar elektronik untuk menghubungkan maupun memutus aliran listrik ke pompa. Penggunaan relay diperlukan karena mikrokontroler seperti ESP8266 tidak memiliki kemampuan untuk mengalirkan daya secara langsung ke perangkat pompa, sehingga relay berfungsi sebagai penghubung yang memungkinkan sinyal kontrol bertegangan rendah mengendalikan perangkat bertegangan dan berdaya lebih tinggi. Penerapan sistem irigasi otomatis yang mengintegrasikan sensor kelembapan tanah dan pengendalian pompa melalui relay terbukti mampu mengatur distribusi air secara otomatis dan *real-time*, sehingga dapat mengurangi pemborosan air serta meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya dalam pertanian cerdas (Pebriani Daulay et al., 2024).



Gambar 2.6 Pompa Air DC 12 Volt

2.4.6 Adaptor 12V 3A

Adaptor DC 12V 3A merupakan perangkat catu daya yang berfungsi mengubah tegangan listrik arus bolak-balik (AC) 220V dari jaringan listrik menjadi tegangan arus searah (DC) sebesar 12 volt. Dalam sistem penyiraman otomatis berbasis Internet of Things (IoT), adaptor 12V digunakan sebagai

sumber daya utama untuk mengoperasikan perangkat yang membutuhkan tegangan 12V, seperti pompa air DC. Penggunaan adaptor dengan kapasitas arus maksimum 3 amper bertujuan untuk memastikan suplai daya yang stabil dan mencukupi saat pompa bekerja, sehingga sistem dapat beroperasi tanpa mengalami penurunan tegangan yang dapat mengganggu kinerja perangkat (Hasani & Wulandari, 2023).



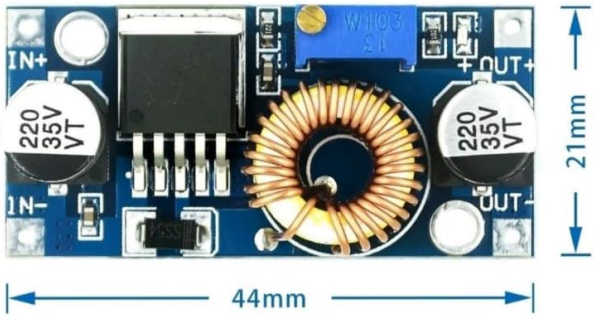
Gambar 2.7 Adaptor 12V 3A

Adaptor 12V digunakan sebagai sumber catu daya utama untuk menjalankan beban aktuator serta rangkaian kendali. Tegangan 12V dari adaptor tersebut selanjutnya dapat diturunkan menggunakan modul regulator atau *step down converter* menjadi 5V sesuai kebutuhan mikrokontroler dan modul relay. Hal ini menunjukkan bahwa adaptor 12V memiliki peran penting dalam menjaga kestabilan suplai daya serta mendukung integrasi antara komponen bertegangan tinggi (pompa) dan komponen logika bertegangan rendah dalam sistem IoT (Melvi et al., 2023).

2.4.7 Modul XL4015 Regulator Tegangan (*Step-Down DC–DC Buck Converter*)

Modul regulator tegangan merupakan rangkaian *buck converter* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan *direct current* (DC) dari level yang lebih

tinggi menjadi level yang lebih rendah dengan efisiensi yang tinggi, stabilitas yang baik, dan riak tegangan (*voltage ripple*) yang rendah. Konverter jenis *buck* bekerja berdasarkan prinsip *switching* dan *pulse width modulation* untuk menghasilkan tegangan keluaran yang sesuai kebutuhan komponen elektronik dalam sistem kendali, seperti mikrokontroler dan sensor yang membutuhkan tegangan lebih rendah daripada sumber utama. implementasi *buck converter* sebagai pengkondisi tegangan input dapat mengurangi riak tegangan dan menjaga kestabilan tegangan keluaran, sehingga peningkatan efisiensi sistem dapat dicapai dalam jangka waktu operasi yang Panjang (Arham et al., 2025).

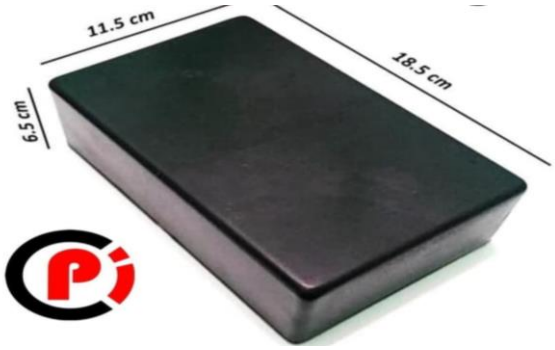


Gambar 2.8 Xl4015 Regulator Tegangan

Dalam konteks sistem penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT), *buck converter* seperti modul XL4015 dipilih sebagai regulator tegangan untuk menurunkan tegangan dari adaptor 12V menjadi tegangan kerja yang lebih rendah (misalnya 5V) yang dibutuhkan oleh mikrokontroler dan perangkat pendukung lain. Modul ini berperan penting sebagai pengkondisi daya yang memastikan tegangan kerja komponen tetap stabil meskipun terjadi variasi beban atau perubahan kondisi input, sehingga mendukung keandalan sistem secara keseluruhan (Ilman et al., 2025).

2.4.8 Box Project

Box project merupakan komponen fisik yang berfungsi sebagai pelindung dan wadah bagi seluruh rangkaian elektronik pada sistem penyiraman otomatis berbasis Internet of Things (IoT), seperti mikrokontroler ESP8266, modul relay, pompa, serta komponen catu daya. Penempatan box yang tertutup dapat melindungi perangkat dari paparan debu, kelembapan udara, dan percikan air selama operasi penyiraman, sehingga mencegah kerusakan pada komponen dan mengurangi risiko gangguan kelistrikan. Dalam konteks IoT pada pertanian modern, jaringan perangkat yang bekerja di lingkungan outdoor menuntut rancangan perangkat keras yang mampu bertahan dalam kondisi lingkungan yang beragam agar sistem dapat bekerja secara stabil dan tahan lama (Alamsyah et al., 2024).



Gambar 2.9 Box Projek

Selain fungsi proteksi, box project juga berperan dalam menjaga kerapian susunan perangkat sehingga memudahkan perawatan, pengujian, dan pemeliharaan sistem secara keseluruhan. Penelitian mengenai penerapan smart agriculture berbasis IoT di Indonesia menunjukkan bahwa sistem otomatis yang memanfaatkan sensor, mikrokomputer, dan aktuator perlu didukung oleh rangkaian yang aman serta terlindungi untuk memastikan kontinuitas pemantauan

dan kendali tanaman secara real-time, termasuk dalam hal pemrosesan dan transmisi data dari dan ke perangkat kontrol pusat . Dengan demikian, meskipun box project bukan bagian dari logika pengambilan keputusan, komponen ini memiliki peran penting dalam keberlangsungan operasional sistem IoT penyiraman tanaman sawi (Nanda et al., 2024).

2.5 Metode Pengambilan Keputusan

2.5.1 Metode Thresholding

Metode thresholding merupakan pendekatan kendali sederhana yang banyak diterapkan pada sistem irigasi otomatis untuk menentukan waktu pengaktifan dan penghentian pompa air berdasarkan nilai kelembapan tanah. Metode ini bekerja dengan menetapkan nilai ambang batas tertentu, sehingga pompa akan menyala ketika kelembapan tanah berada di bawah batas yang ditentukan dan akan berhenti setelah mencapai tingkat kelembapan yang diinginkan. Penerapan thresholding pada sistem irigasi berbasis IoT dinilai efisien karena proses pengendaliannya hanya memerlukan perbandingan nilai sensor dengan ambang batas, sehingga tidak membutuhkan komputasi yang kompleks dan sesuai untuk perangkat dengan sumber daya terbatas. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa penggunaan dua ambang batas dapat meningkatkan efisiensi penyiraman serta menjaga kelembapan tanah tetap optimal bagi pertumbuhan tanaman (Oyedele et al., 2023).

Pendekatan thresholding memungkinkan sistem merespons perubahan kondisi lingkungan secara otomatis tanpa intervensi manual, sehingga dapat mengurangi pemborosan air dan kebutuhan tenaga kerja. Nilai ambang biasanya ditentukan berdasarkan kebutuhan tanaman dan kondisi lingkungan setempat,

kemudian diprogram ke dalam mikrokontroler untuk mengendalikan aktuator seperti relay dan pompa air. Berbagai penelitian pada sistem irigasi otomatis berbasis IoT menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam mengatur penyiraman sesuai kondisi aktual, sehingga menjadi solusi yang praktis dan efisien dalam pemanfaatan sumber daya (Mandakini, 2023).

2.5.2 Logika fuzzy Mamdani

Logika fuzzy Mamdani merupakan salah satu metode inferensi fuzzy terkemuka yang sering diterapkan dalam proses pengambilan keputusan dalam sistem kendali otomatis. Pendekatan ini secara efektif mensimulasikan penalaran manusia dalam mengambil tindakan dari kondisi yang tidak pasti atau kontinu, seperti kelembaban tanah dan berbagai faktor lingkungan. Dalam sistem irigasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT), logika fuzzy Mamdani digunakan untuk mengubah input sensor, seperti sensor kelembaban tanah, menjadi keputusan kendali yang mencakup durasi dan frekuensi irigasi, melalui tahapan termasuk fuzzifikasi, inferensi, dan defuzifikasi.

Tahapan utama dalam implementasi logika fuzzy Mamdani adalah sebagai berikut:

3. *Fuzzifikasi*

   Proses ini mengubah nilai numerik pasti dari sensor menjadi derajat keanggotaan fuzzy, berdasarkan fungsi keanggotaan linguistik seperti kering, sedang, dan basah.

4. *RuleBase*

   Pada tahap ini, aturan produksi (*IF–THEN*) dirumuskan untuk

memfasilitasi Keputusan pengendalian. Misalnya: *IF* (jika) kelembaban tanah rendah dan suhu tinggi *THEN* (maka) durasi irigasi lebih lama.

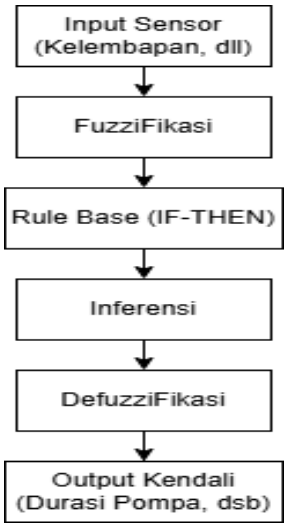
5. *Inferensi*

   Melibatkan penggabungan hasil *fuzzifikasi* dengan aturan yang telah ditetapkan untuk menghasilkan *output fuzzy*

6. Defuzzifikasi

   Tahap ini mengubah output fuzzy menjadi nilai numerik yang pasti yang dapat berfungsi sebagai keputusan akhir sistem, seperti durasi aktivasi pompa. Metode defuzzifikasi yang umum digunakan adalah metode centroid.

Penerapan logika fuzzy Mamdani dalam sistem irigasi otomatis telah terbukti efektif dalam mengatasi ketidakpastian data sensor dan menyesuaikan respons kontrol terhadap kebutuhan lapangan yang sebenarnya. Hal ini disebabkan oleh kemampuan sistem fuzzy untuk melakukan interpolasi di berbagai kondisi lingkungan tanpa batasan nilai yang kaku, sehingga membuatnya lebih adaptif dibandingkan dengan metode ambang batas (Adiwilaga et al., 2024).



Gambar 2.10 Diagram Logika Fuzzy Mamdani

2.6 Perbandingan Thresholding Dan Fuzzy Mamdani

Metode thresholding dan logika fuzzy Mamdani merupakan dua pendekatan yang umum digunakan dalam sistem irigasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT). Kedua metode tersebut memiliki karakteristik yang berbeda, baik dari segi konsep pengendalian, tingkat kompleksitas, maupun efektivitas dalam mengatur penyiraman berdasarkan data kelembapan tanah.

Metode thresholding bekerja dengan menetapkan nilai ambang batas tertentu sebagai dasar pengambilan keputusan. Sistem akan mengaktifkan pompa air ketika nilai kelembapan tanah berada di bawah ambang yang ditentukan dan mematikannya ketika kelembapan telah mencapai batas yang diinginkan. Pendekatan ini relatif sederhana, mudah diimplementasikan, serta tidak membutuhkan komputasi yang kompleks, sehingga cocok diterapkan pada perangkat IoT dengan sumber daya terbatas.

Berbeda dengan thresholding, logika fuzzy Mamdani menggunakan variabel linguistik seperti kering, lembap, dan basah dalam menentukan keputusan penyiraman. Metode ini melibatkan tahapan fuzzifikasi, pembentukan aturan (rule base), inferensi, serta defuzzifikasi untuk menghasilkan output yang lebih adaptif. Dengan mempertimbangkan derajat keanggotaan setiap kondisi, logika fuzzy Mamdani mampu memberikan respons pengendalian yang lebih fleksibel terhadap perubahan lingkungan, sehingga dapat meningkatkan stabilitas penyiraman dan efisiensi penggunaan air pada sistem irigasi otomatis berbasis IoT (Adiwilaga et al., 2024).

2.7 Monitoring Dan Pencatatan Data Real-Time

Monitoring pada sistem penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) berfungsi untuk menampilkan kondisi kelembapan tanah dan status kerja aktuator (pompa/relay) secara real-time sehingga pengguna dapat mengetahui kapan sistem melakukan penyiraman dan bagaimana kondisi media tanam saat itu. Pada penelitian ini, data dari sensor kelembapan tanah dibaca oleh mikrokontroler ESP8266, kemudian dikirim melalui jaringan internet ke platform monitoring sebagai antarmuka pengguna, sehingga proses pemantauan dapat dilakukan dari jarak jauh melalui perangkat seluler maupun komputer. Penerapan monitoring berbasis aplikasi juga mendukung pemberian informasi/umpan balik terkait kondisi tanah dan proses penyiraman secara kontinu (’Aziz, 2021).

Selain menampilkan data secara langsung, monitoring juga berperan dalam pencatatan (logging) data untuk kebutuhan evaluasi penelitian, terutama saat membandingkan metode thresholding dan logika fuzzy Mamdani. Pencatatan data kelembapan tanah dan status penyiraman memungkinkan peneliti melakukan analisis seperti kestabilan kelembapan tanah, frekuensi penyiraman, serta respons sistem terhadap perubahan kondisi media tanam. Dengan adanya data historis, hasil pengujian tiap metode dapat dibandingkan secara lebih objektif dan terukur, serta memudahkan penarikan kesimpulan mengenai metode yang lebih efektif untuk sistem penyiraman otomatis (Winda, 2023).

2.8 Ringkasan Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem irigasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT) dengan berbagai metode pengambilan keputusan. Metode yang umum digunakan antara lain metode thresholding yang

berbasis ambang batas dan logika fuzzy Mamdani yang lebih adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan. Namun, sebagian besar penelitian tersebut hanya menerapkan satu metode pengendalian tanpa melakukan perbandingan langsung antara kedua metode dalam satu sistem yang sama. Untuk memperjelas posisi penelitian yang dilakukan, ringkasan penilitian terdahulu disajikan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Ringkasan Penelitian Terdahulu

No	**Judul dan Peneliti**	**Pembahasan**	**Metode**	**Kelebihan / Kekurangan**
1	Smart Irrigation Using Fuzzy Logic (Hidayat et al., 2023)	Penelitian ini menerapkan logika fuzzy dalam pengendalian kelembapan tanah untuk menjaga kestabilan media tanam secara otomatis.	Fuzzy Mamdani	**Kelebihan:** Adaptif terhadap perubahan kondisi tanah. **Kekurangan:** Membutuhkan konfigurasi aturan yang tepat.
2	IoT-Based Soil Moisture Threshold System (Putra et al., 2023)	Sistem penyiraman otomatis berbasis IoT yang mengaktifkan pompa berdasarkan nilai ambang batas kelembapan tanah.	Thresholding	**Kelebihan:** Sederhana dan efisien secara komputasi. **Kekurangan:** Keputusan bersifat biner.
3	Automatic Irrigation Control Using Threshold Method (Oyedele et al., 2023)	Sistem kontrol irigasi otomatis menggunakan metode ambang batas untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air.	Thresholding	**Kelebihan:** Mudah diterapkan pada mikrokontroler. **Kekurangan:** Kurang fleksibel pada kondisi dinamis.
4	Sistem	Mengembangkan	Fuzzy	**Kelebihan:**

	Penyiraman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Logika Fuzzy Mamdani (Adiwilaga et al., 2024)	sistem penyiraman otomatis berbasis IoT dengan kontrol adaptif menggunakan logika fuzzy Mamdani.	Mamdani	Pengendalian lebih fleksibel dan presisi. **Kekurangan:** Kompleksitas perhitungan lebih tinggi.
5	Sistem Irigasi Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Sensor Soil Moisture (Pebriani Daulay et al., 2024)	Sistem penyiraman otomatis yang bekerja secara real-time berdasarkan pembacaan sensor kelembapan tanah.	Thresholding	**Kelebihan:** Implementasi sederhana. **Kekurangan:** Tidak mempertimbangkan variasi gradual kelembapan tanah.
6	IoT-Based Irrigation System with Adaptive Fuzzy Control (Rahman et al., 2024)	Sistem irigasi cerdas berbasis IoT yang menggunakan fuzzy untuk meningkatkan presisi penyiraman.	Fuzzy Mamdani	**Kelebihan:** Respons adaptif terhadap kondisi lingkungan. **Kekurangan:** Membutuhkan proses tuning parameter.
7	Smart Irrigation Monitoring System Berbasis IoT (Morchid et al., 2024)	Sistem monitoring dan pencatatan data real-time untuk mengevaluasi kinerja penyiraman otomatis.	IoT Monitoring	**Kelebihan:** Mendukung evaluasi berbasis data historis. **Kekurangan:** Tidak membandingkan metode pengendalian.

2.9 Analisis Gap

Berdasarkan hasil kajian penelitian terdahulu, beberapa penelitian telah mengembangkan sistem irigasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT) dengan pendekatan metode yang berbeda. Penelitian yang dilakukan oleh Hidayat et al. (2023), Adiwilaga et al. (2024), serta Rahman et al. (2024) menerapkan logika fuzzy Mamdani dalam pengendalian penyiraman untuk menghasilkan keputusan

yang lebih adaptif terhadap perubahan kondisi kelembapan tanah. Metode ini mampu memberikan respons yang lebih fleksibel dibandingkan sistem berbasis ambang tetap.

Sementara itu, penelitian oleh Putra et al. (2023), Oyedele et al. (2023), serta Pebriani Daulay et al. (2024) menggunakan metode thresholding dalam pengendalian penyiraman. Metode ini memiliki keunggulan dalam kesederhanaan implementasi dan efisiensi komputasi, namun keputusan yang dihasilkan bersifat biner sehingga kurang responsif terhadap perubahan kondisi tanah secara bertahap. Selain itu, penelitian Morchid et al. (2024) telah mengembangkan sistem monitoring dan pencatatan data secara real-time, namun tidak membahas perbandingan metode pengambilan keputusan yang digunakan.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa penelitian terdahulu masih menerapkan metode pengendalian secara terpisah tanpa melakukan analisis komparatif antara metode thresholding dan logika fuzzy Mamdani dalam satu sistem yang sama. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi celah tersebut dengan membandingkan kedua metode dalam sistem IoT penyiraman otomatis tanaman sawi guna menentukan metode yang lebih efektif berdasarkan parameter kestabilan kelembapan tanah, frekuensi kerja pompa, dan efisiensi penggunaan air.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Awal Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan prototype-based iterative *development,* yaitu pengembangan sistem dilakukan melalui pembuatan prototipe awal, lalu diuji, dievaluasi, dan diperbaiki secara berulang hingga sistem penyiraman otomatis bekerja sesuai target. Tahapan iteratif dilakukan karena sistem IoT membutuhkan penyesuaian (kalibrasi sensor, ketepatan keputusan penyiraman, stabilitas koneksi, dan kestabilan kelembapan tanah)

3.2 Kebutuhan Fungsi Sistem

Kebutuhan fungsional sistem dalam penelitian ini meliputi kemampuan perangkat untuk melakukan pembacaan nilai kelembapan tanah secara periodik melalui sensor *soil moisture* sebagai parameter utama dalam penentuan keputusan penyiraman. Data hasil pembacaan sensor selanjutnya diolah oleh mikrokontroler (misalnya ESP8266/NodeMCU) untuk menentukan keputusan penyiraman berdasarkan dua skenario metode, yaitu *Thresholding* dan logika fuzzy Mamdani. Keputusan yang dihasilkan sistem digunakan untuk mengendalikan aktuator berupa pompa air melalui modul relay, baik dalam bentuk kondisi ON/OFF maupun durasi penyiraman apabila diterapkan. Di samping itu, sistem diharapkan mampu melakukan monitoring pemantauan jarak jauh dengan menampilkan nilai kelembapan tanah serta status operasi pompa secara *real-time* melalui platform IoT, sekaligus melakukan pencatatan data (*logging*) yang memuat waktu pembacaan, nilai kelembapan tanah, dan status/durasi penyiraman sebagai dasar analisis serta perbandingan kinerja kedua metode.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

3.3.1 Observasi

Observasi dilakukan untuk mengetahui pola penyiraman tanaman sawi secara konvensional, kondisi media tanam, dan permasalahan yang sering muncul (misalnya tanah terlalu kering atau terlalu basah). Hasil observasi digunakan untuk menetapkan kebutuhan rentang kelembapan tanah yang diinginkan serta skenario pengujian prototipe.

3.3.2 Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan menelaah buku, artikel ilmiah/jurnal, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan sistem penyiraman otomatis berbasis IoT, sensor kelembapan tanah, metode *thresholding*, serta logika fuzzy Mamdani dalam pengambilan keputusan kontrol.

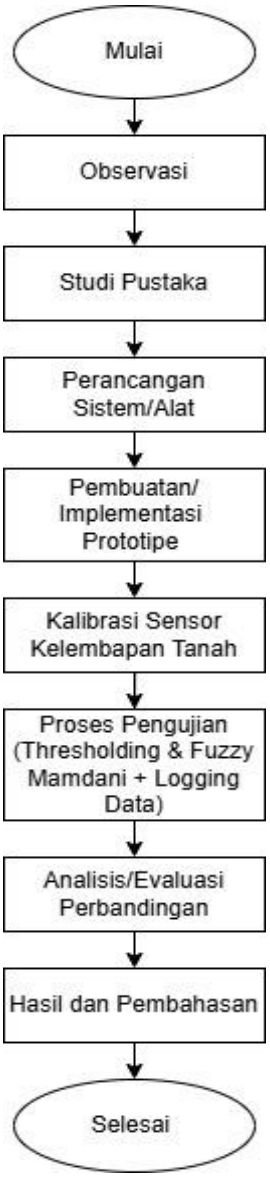
3.3.3 Eksperimen

Eksperimen dilakukan melalui pembuatan prototipe, pengujian fungsional, kalibrasi sensor, dan pengujian sistem pada dua mode (thresholding dan fuzzy Mamdani). Data hasil pengujian dicatat untuk membandingkan kinerja kedua metode pada kondisi uji yang setara.

3.4 Prosedur Alur Penelitian

Prosedur alur penelitian ini menjelaskan tahapan pelaksanaan penelitian secara sistematis dan berurutan, yang diawali dengan kegiatan observasi serta studi pustaka sebagai dasar penyusunan kebutuhan sistem. Tahap berikutnya meliputi perancangan dan pembuatan prototipe sistem penyiraman otomatis berbasis IoT. Setelah prototipe selesai, dilakukan kalibrasi sensor kelembapan tanah, kemudian sistem diuji menggunakan dua metode, yaitu *thresholding* dan

logika fuzzy Mamdani, dengan disertai proses pencatatan data (*logging*). Data yang diperoleh dari pengujian selanjutnya dianalisis untuk membandingkan kinerja kedua metode, kemudian disusun hasil dan pembahasan hingga diperoleh kesimpulan penelitian.



Gambar 3.1 Alur Penelitian

3.5 Analisis Kebutuhan *Software*

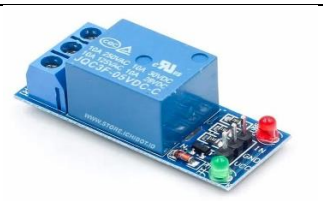
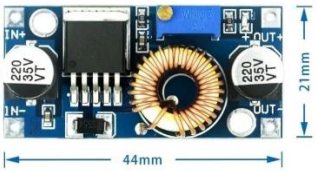
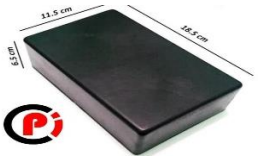
Menganalisa kebutuhan pada sistem dikerjakan untuk memahami kebutuhan spesifikasi dari sebuah perancangan yang akan dibuat. Tahapan ini juga akan menjelaskan tentang fungsi *hardware* dan *software* apa saja yang digunakan.

3.5.1 Analisis Kebutuhan Perangkat Keras (HARDWARE)

Untuk membuat sistem penyiram tanaman sawi, alat yang dipakai terdiri dari:

Tabel 3.1 Analisis Kebutuhan Hardware

NO	Hardware	Fungsi
1	Laptop Asus Vivobook 	Digunakan sebagai media dalam pembuatan laporan serta perancangan logika alat
2	ESP8266 	Sebagai mikrokontroler/pusat kendali untuk memproses data sensor dan mengirim data melalui Wi-Fi ke platform IoT
3	Sensor *Soil Moisture* 	Mengukur nilai kelembapan tanah sebagai parameter utama pengambilan keputusan penyiraman
4	Sensor DHT21 	Mengukur suhu dan kelembapan udara (sebagai data monitoring/pendukung, jika digunakan)
5	Modul Relay	Berfungsi sebagai saklar elektronik

		untuk mengendalikan pompa air (ON/OFF) berdasarkan perintah mikrokontroler
6	Pompa Air DC 	Mengalirkan air untuk proses penyiraman tanaman
7	Adaptor/Catu Daya 	Sumber daya listrik untuk pompa dan rangkaian (sesuai kebutuhan sistem)
8	Modul Step-Down XL4015 	Menurunkan/menstabilkan tegangan agar sesuai kebutuhan komponen tertentu
9	Box project 	Pelindung rangkaian agar lebih rapi dan aman dari air/kelembapan

Semua komponen Hardware ini dibutuhkan agar sistem bisa dirancang dengan sesuai keperluan yang di targetkan oleh peneliti.

3.5.2 Analisis Kebutuhan Perangkat lunak (software)

Perangkat lunak digunakan untuk mendukung proses perancangan, pemrograman mikrokontroler, monitoring sistem IoT, serta pencatatan data (*logging*) sebagai dasar analisis perbandingan metode.

Tabel 3.2 Analisis Kebutuhan Software

NO	Software	Fungsi
1	Arduino IDE	Digunakan sebagai media platform pengembangan untuk mengunggah program ke ESP8266
2	Platform IoT (HTML)	Digunakan sebagai media pengiriman informasi dalam bentuk pesan teks (notifikasi) mengenai nilai kelembapan tanah dan status pompa (ON/OFF).
3	Draw.io	Digunakan untuk membuat diagram alur penelitian, diagram blok sistem, dan flowchart program.
4	Microsoft Word	Digunakan untuk penyusunan laporan/proposal dan dokumentasi penelitian.

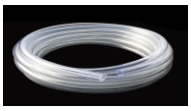
3.5.3 Analisis Kebutuhan Bahan Perancangan

Selain perangkat keras dan perangkat lunak, penelitian ini juga memerlukan bahan pendukung yang digunakan sebagai objek uji dan media implementasi sistem. Bahan perancangan tersebut digunakan untuk

merealisasikan pengujian prototipe sistem penyiraman otomatis berbasis IoT pada tanaman sawi.

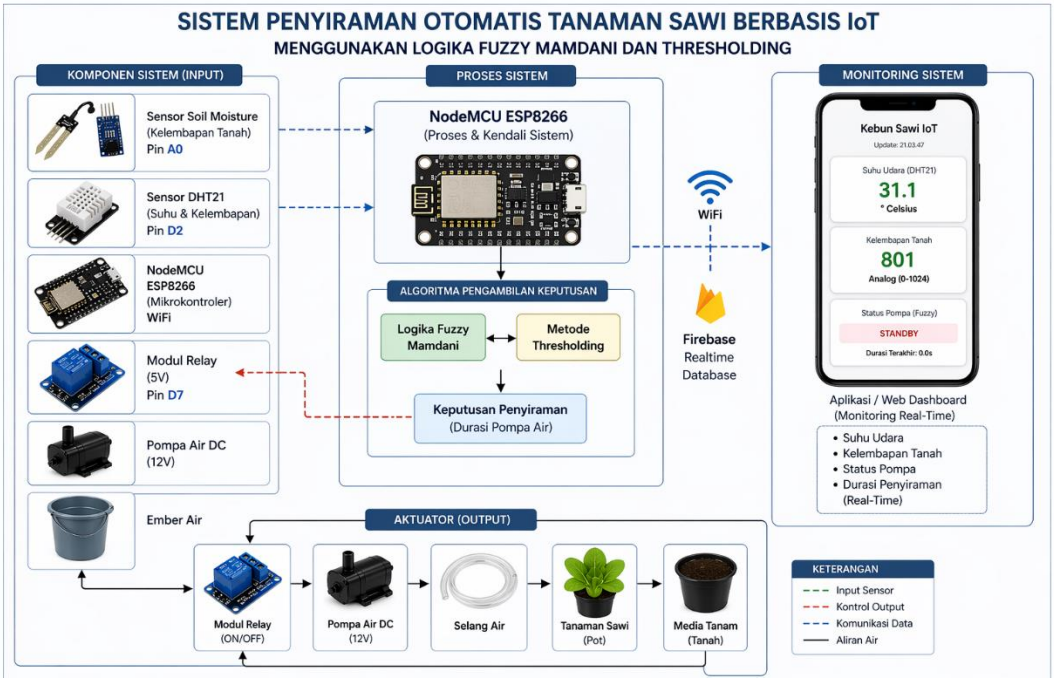
Tabel 3.3 Analisis Kebutuhan Bahan Perancangan

NO	Bahan	Fungsi
1	Tanaman Sawi (Brassica Juncea) 	Sebagai objek penelitian yang akan diuji menggunakan sistem penyiraman otomatis
2	Tanah/Media Tanam 	Media tempat penanaman sawi dan lokasi penempatan sensor soil moisture
3	Pot Bunga 	Wadah untuk menanam sawi sekaligus tempat implementasi sistem penyiraman
4	Air 	Media penyiraman yang dialirkan melalui pompa
5	Penampung Air 	Tempat penyimpanan air sebelum dialirkan ke tanaman

6	Selang/Pipa Air 	Media penyaluran air dari penampung menuju tanaman

3.6 Perancangan Rangkaian

Perancangan rangkaian sistem dilakukan untuk menghubungkan seluruh komponen perangkat keras pada sistem penyiraman otomatis tanaman sawi berbasis Internet of Things (IoT). Rangkaian ini dirancang agar sensor mampu membaca kondisi kelembapan tanah, mikrokontroler dapat memproses data menggunakan metode thresholding dan logika fuzzy Mamdani, serta pompa air dapat dikendalikan secara otomatis sesuai hasil pengolahan data. Selain itu, sistem juga dirancang untuk mendukung monitoring dan pencatatan data secara real-time melalui koneksi internet.



Gambar 3.2 Perancangan Rangkaian Sistem

Diagram perancangan sistem menunjukkan alur kerja sistem penyiraman otomatis tanaman sawi berbasis *IoT* yang terdiri dari bagian input, proses, dan output. Pada bagian input, sensor soil moisture digunakan untuk membaca kelembapan tanah melalui pin A0, sedangkan sensor DHT21 digunakan untuk membaca suhu dan kelembapan udara melalui pin D2 pada NodeMCU ESP8266. Data dari kedua sensor tersebut kemudian dikirim ke NodeMCU sebagai pengendali utama untuk diproses lebih lanjut.

Pada bagian proses, NodeMCU mengolah data menggunakan metode logika fuzzy Mamdani untuk menentukan durasi penyiraman berdasarkan kondisi lingkungan. Hasil pengolahan tersebut digunakan untuk mengontrol modul relay melalui pin D7 yang berfungsi sebagai saklar untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air. Pompa kemudian mengalirkan air dari ember melalui selang menuju pot tanaman sawi sesuai kebutuhan. Selain itu, sistem juga terhubung ke jaringan WiFi untuk mengirimkan data ke Firebase Realtime Database sehingga informasi seperti suhu, kelembapan tanah, dan status pompa dapat dipantau secara real-time melalui sistem monitoring.

3.6.1 Arsitektur Rangkaian Sistem

Secara umum, sistem penyiraman otomatis ini terdiri dari tiga bagian utama, yaitu input, proses, dan output yang saling terintegrasi dalam satu sistem IoT.

1. Bagian Input
    a. Sensor Soil Moisture digunakan untuk membaca tingkat kelembapan tanah pada media tanam sawi.

b. Sensor DHT21 digunakan untuk membaca suhu dan kelembapan udara sebagai data pendukung monitoring.

2. Bagian Proses

a. Mikrokontroler ESP8266 (NodeMCU) berfungsi sebagai pusat kendali sistem yang menerima data dari sensor dan memprosesnya menggunakan metode thresholding dan logika fuzzy Mamdani.

b. ESP8266 juga bertugas mengirimkan data hasil pembacaan sensor ke platform IoT (HTML) untuk monitoring dan logging.

3. Bagian Output

a. Relay Module berfungsi sebagai saklar elektronik untuk mengendalikan pompa air.

b. Pompa Air DC berfungsi sebagai aktuator yang mengalirkan air ke tanaman sawi ketika sistem mendeteksi kondisi tanah kering.

c. Platform IoT (HTML) berfungsi sebagai media monitoring jarak jauh untuk menampilkan nilai kelembapan tanah dan status pompa secara real-time.

3.6.2 Perancangan Rangkaian Antar Komponen

Berikut penjelasan hubungan antar komponen utama dalam sistem penyiraman otomatis:

1. ESP8266 dengan Sensor Soil Moisture

a. Pin analog sensor soil moisture dihubungkan ke pin ADC pada ESP8266.

b. Sensor membaca nilai kelembapan tanah dalam bentuk sinyal analog.

c. Data tersebut diproses oleh ESP8266 untuk menentukan keputusan penyiraman.

2. ESP8266 dengan Relay Module
   a. Relay module dihubungkan ke salah satu pin digital ESP8266.
   b. Relay berfungsi sebagai saklar elektronik yang menghubungkan atau memutus arus listrik ke pompa air.
   c. Penggunaan relay memungkinkan pemisahan antara rangkaian kontrol (tegangan rendah) dan rangkaian daya (tegangan lebih tinggi).
3. Relay Module dengan Pompa Air
   a. Pompa air terhubung ke relay dan sumber daya 12V.
   b. Pompa akan aktif ketika relay menerima sinyal dari ESP8266 dan berhenti saat sinyal dimatikan.
4. ESP8266 dengan Platform IoT
   a. ESP8266 terhubung ke jaringan Wi-Fi.
   b. Data kelembapan tanah dan status pompa dikirimkan ke Telegram untuk monitoring dan logging.
5. Catu Daya Sistem
   a. Adaptor 12V digunakan sebagai sumber daya utama.
   b. Modul step-down digunakan untuk menyesuaikan tegangan agar sesuai dengan kebutuhan ESP8266 dan komponen lainnya.

3.6.3 Prinsip Kerja Sistem

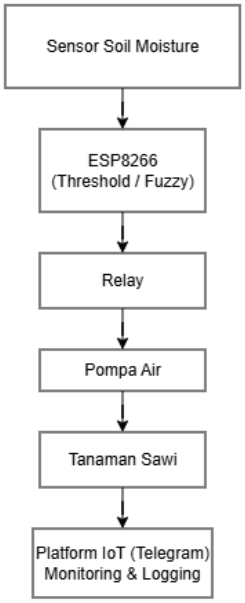
Prinsip kerja sistem penyiraman otomatis dimulai saat sistem dinyalakan dan ESP8266 melakukan inisialisasi seluruh sensor serta koneksi Wi-Fi. Sensor

soil moisture membaca nilai kelembapan tanah secara berkala dan mengirimkan data ke ESP8266 untuk diproses menggunakan dua metode pengambilan keputusan, yaitu thresholding dan logika fuzzy Mamdani. Pada metode thresholding, sistem membandingkan nilai kelembapan dengan ambang batas yang telah ditentukan. Sedangkan pada metode fuzzy Mamdani, sistem melakukan proses fuzzifikasi, pembentukan aturan (rule base), inferensi, dan defuzzifikasi untuk menentukan keputusan penyiraman yang lebih adaptif.

Apabila nilai kelembapan tanah berada di bawah kondisi optimal, ESP8266 akan mengaktifkan relay sehingga pompa air menyala dan mengalirkan air ke tanaman sawi. Pompa akan berhenti ketika kelembapan tanah telah mencapai kondisi yang diinginkan. Selain pengendalian otomatis, sistem juga mengirimkan data nilai kelembapan tanah dan status pompa ke platform IoT untuk monitoring dan pencatatan data secara real-time. Data tersebut kemudian digunakan untuk proses analisis dan perbandingan kinerja antara metode thresholding dan logika fuzzy Mamdani.

3.7 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem digunakan untuk menjelaskan alur kerja sistem penyiraman otomatis tanaman sawi berbasis Internet of Things (IoT) secara fungsional. Diagram ini menggambarkan hubungan antara blok input, proses, dan output yang saling terintegrasi dalam satu kesatuan sistem pengendalian otomatis.



Gambar 3.3 Diagram Blok Sistem

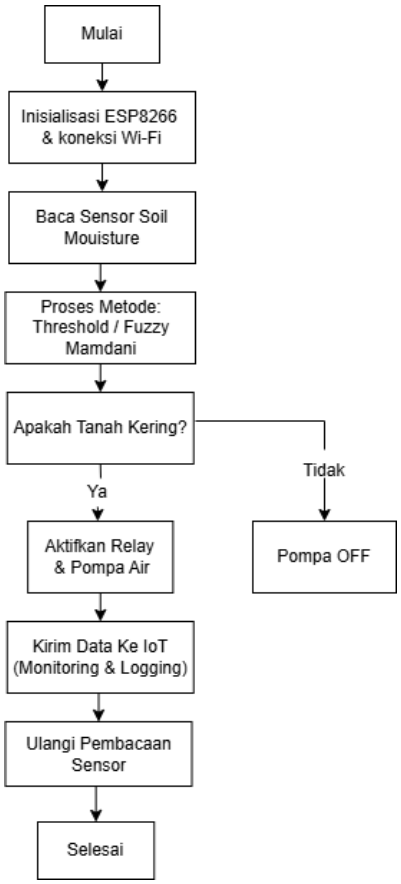
Diagram blok tersebut menunjukkan bahwa sensor *soil moisture* berfungsi sebagai sumber input utama yang membaca tingkat kelembapan tanah pada media tanam sawi. Data hasil pembacaan dikirimkan ke mikrokontroler ESP8266 untuk diproses menggunakan metode thresholding dan logika fuzzy Mamdani sebagai dasar pengambilan keputusan penyiraman.

Hasil pemrosesan kemudian diteruskan ke modul relay yang berfungsi sebagai saklar elektronik untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air DC. Pompa air akan menyiram tanaman ketika kelembapan tanah berada di bawah kondisi optimal. Selain itu, mikrokontroler juga mengirimkan data kelembapan tanah dan status pompa ke platform IoT (HTML) melalui jaringan Wi-Fi untuk keperluan monitoring dan pencatatan data (*logging*) secara real-time.

3.8 Flowchart Sistem

Flowchart sistem digunakan untuk menggambarkan alur kerja program pada sistem penyiraman otomatis tanaman sawi berbasis Internet of Things (IoT). Flowchart ini menunjukkan tahapan proses mulai dari inisialisasi sistem,

pembacaan sensor, proses pengambilan keputusan menggunakan metode thresholding dan logika fuzzy Mamdani, hingga pengendalian pompa dan pengiriman data ke platform monitoring.



Gambar 3.4 Alur Sistem

Flowchart tersebut menjelaskan bahwa sistem dimulai dengan proses inisialisasi mikrokontroler dan koneksi ke jaringan Wi-Fi. Setelah sistem aktif, sensor *soil moisture* membaca nilai kelembapan tanah secara berkala. Data yang diperoleh kemudian diproses menggunakan metode thresholding atau logika fuzzy Mamdani untuk menentukan keputusan penyiraman. Apabila kondisi tanah terdeteksi kering, sistem akan mengaktifkan relay sehingga pompa air menyala dan melakukan penyiraman. Sebaliknya, jika kelembapan tanah berada dalam kondisi optimal, pompa tetap dalam keadaan tidak aktif. Setiap hasil pembacaan

dan status pompa dikirimkan ke platform IoT untuk monitoring dan pencatatan data secara real-time, kemudian sistem kembali melakukan pembacaan sensor secara berulang.

3.9 Jadwal Penelitian

Tabel 3.4 Jadwal Penelitian

No	Nama Kegiatan	Bulan Ke																											
		Januari				Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pengajuan Judul				■																								
2	Penulisan Bab I-III					■	■	■	■	■	■																		
3	Seminar Proposal											■																	
4	Perakitan Alat												■	■	■	■	■	■	■										
5	Penulisan Bab IV-V																			■	■	■	■	■	■	■			
6	Sidang Meja Hijau																										■		

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan Sistem

Pada penelitian ini telah dilakukan perancangan sistem penyiraman otomatis tanaman sawi berbasis *Internet of Things* (IoT) yang bertujuan untuk mengontrol proses penyiraman secara otomatis berdasarkan kondisi lingkungan. Sistem ini menggunakan *NodeMCU* ESP8266 sebagai pusat kendali yang terhubung dengan sensor soil moisture pada pin analog A0 untuk membaca kelembapan tanah dan sensor DHT21 pada pin digital D2 untuk membaca suhu udara. Selain itu, sistem juga menggunakan modul relay pada pin D7 untuk mengontrol pompa air serta tambahan saklar pada pin D6 yang berfungsi sebagai pengontrol tambahan sebelum proses penyiraman dilakukan.

Secara umum, sistem bekerja dengan membaca nilai kelembapan tanah dan suhu udara, kemudian data tersebut diproses menggunakan metode logika fuzzy Mamdani untuk menentukan durasi penyiraman. Apabila kondisi tanah terdeteksi kering, sistem akan mengaktifkan saklar sebagai tahap awal, kemudian pompa air akan menyala untuk melakukan penyiraman sesuai durasi yang telah ditentukan. Setelah proses penyiraman selesai, pompa dan saklar akan dimatikan secara otomatis. Air dialirkan dari ember melalui pompa dan selang menuju pot tanaman sawi. Hasil perancangan alat secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



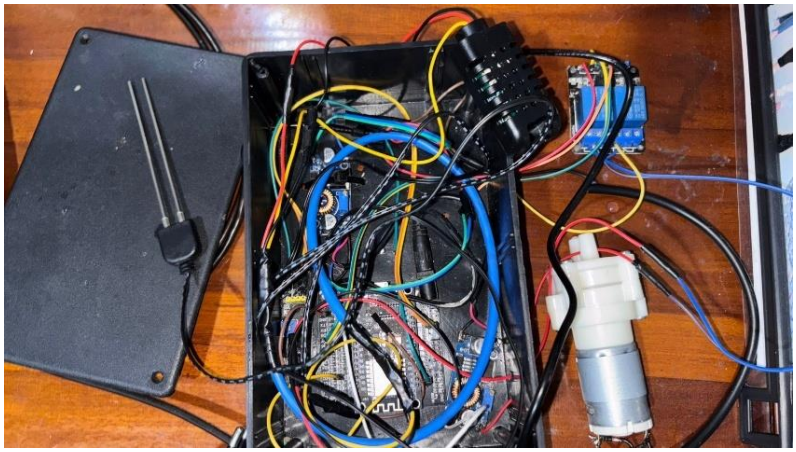
Gambar 4.1 Hasil Perancangan Sistem Penyiraman Otomatis

Berdasarkan Gambar 4.1, terlihat bahwa seluruh komponen sistem telah terintegrasi dengan baik antara sensor, mikrokontroler, dan aktuator. Sensor soil moisture ditempatkan pada media tanam untuk membaca kelembapan tanah secara langsung, sedangkan sensor DHT21 digunakan untuk membaca suhu lingkungan. Relay berfungsi sebagai penghubung antara mikrokontroler dan pompa air, sedangkan saklar berfungsi sebagai pengontrol tambahan yang aktif sebelum pompa menyala dan nonaktif setelah penyiraman selesai. Dengan demikian, sistem penyiraman otomatis yang telah dirancang dapat bekerja sesuai dengan tujuan penelitian.

4.2 Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras dilakukan untuk mewujudkan sistem penyiraman otomatis tanaman sawi berbasis *Internet of Things* (IoT) ke dalam bentuk alat yang dapat digunakan secara langsung. Pada tahap ini, seluruh komponen yang telah dirancang dirangkai dan diintegrasikan menjadi satu kesatuan sistem yang utuh. Proses ini bertujuan agar setiap komponen dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang telah ditentukan serta saling terhubung dengan baik.

Perangkat keras yang digunakan terdiri dari *NodeMCU* ESP8266 sebagai pusat kendali, sensor soil moisture pada pin analog A0 untuk membaca kelembapan tanah, sensor DHT21 pada pin digital D2 untuk membaca suhu lingkungan, modul relay pada pin D7 untuk mengontrol pompa air, serta saklar pada pin D6 sebagai pengontrol tambahan sebelum pompa diaktifkan. Seluruh komponen dirangkai dan ditempatkan dalam satu wadah (box) agar sistem lebih rapi, aman, dan mudah dalam pengoperasian.



Gambar 4.2 Implementasi Perangkat Keras Sistem

Berdasarkan Gambar 4.2, terlihat bahwa seluruh komponen telah terpasang dan terhubung dengan baik dalam satu sistem. *NodeMCU* berfungsi sebagai pengendali utama yang mengolah data dari sensor, kemudian memberikan perintah ke relay untuk mengaktifkan pompa air. Saklar digunakan sebagai pengontrol tambahan sebelum pompa menyala dan akan kembali nonaktif setelah proses penyiraman selesai. Dengan demikian, sistem yang telah diimplementasikan dapat bekerja sesuai dengan perancangan dan siap untuk dilakukan tahap pengujian.

4.3 Hasil Pengujian Dan Analisis Sistem

4.3.1 Skenario dan Periode Pengujian

Pengujian sistem dilakukan secara terjadwal pada tiga hari pengujian, yaitu tanggal 1 Juni 2026, 6 Juni 2026, dan 7 Juni 2026, dengan masing-masing hari dibagi menjadi tiga sesi pengamatan: Pagi (07.00 WIB), Siang (13.00 WIB), dan Sore (17.00 WIB), sehingga diperoleh sembilan titik data pengujian. Pemilihan tiga sesi waktu tersebut dimaksudkan untuk merepresentasikan variasi kondisi suhu dan kelembapan tanah yang umum terjadi dalam satu siklus harian, mulai dari kondisi sejuk pada pagi hari hingga kondisi terik pada siang dan sore hari.

Pada setiap sesi, sistem membaca nilai suhu udara melalui sensor DHT21 dan nilai kelembapan tanah melalui sensor soil moisture, kemudian kedua data tersebut diproses menggunakan dua metode pengambilan keputusan secara terpisah, yaitu metode Thresholding dan Logika Fuzzy Mamdani, untuk dibandingkan kinerjanya pada kondisi data yang setara.

4.3.2 Hasil Pengujian Sensor Kelembapan Tanah dan Suhu

Tabel 4.1 menyajikan hasil pengujian sensor kelembapan tanah dan suhu pada sembilan sesi pengujian selama tiga hari.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor Kelembapan Tanah dan Suhu

No	Tanggal	Sesi	Suhu (°C)	Kelembapan Tanah	Status Tanah
1	01 Juni 2026	Pagi (07:00)	23.5	360	Lembap
2	01 Juni 2026	Siang (13:00)	32.0	790	Kering
3	01 Juni 2026	Sore	29.5	855	Kering

No	Tanggal	Sesi	Suhu (°C)	Kelembapan Tanah	Status Tanah
		(17:00)			
4	06 Juni 2026	Pagi (07:00)	21.0	300	Lembap
5	06 Juni 2026	Siang (13:00)	27.0	718	Kering
6	06 Juni 2026	Sore (17:00)	25.5	745	Kering
7	07 Juni 2026	Pagi (07:00)	24.5	400	Lembap
8	07 Juni 2026	Siang (13:00)	33.5	830	Kering
9	07 Juni 2026	Sore (17:00)	31.0	865	Kering

Berdasarkan Tabel 4.1, sensor DHT21 mencatat suhu udara dalam rentang 21,0°C hingga 33,5°C, sedangkan sensor kelembapan tanah memberikan nilai analog antara 300 hingga 865. Nilai kelembapan tanah di atas 700 dikategorikan sebagai kondisi "Kering", sedangkan nilai 700 ke bawah dikategorikan sebagai "Lembap". Pola pengujian menunjukkan bahwa sesi Siang dan Sore secara konsisten memiliki nilai kelembapan tanah lebih tinggi (lebih kering) dibandingkan sesi Pagi pada ketiga hari pengujian, sejalan dengan suhu udara yang juga lebih tinggi pada sesi tersebut.

4.3.3 Hasil Pengujian Logika Fuzzy Mamdani

Tabel 4.2 menyajikan hasil pengujian metode Logika Fuzzy Mamdani pada sembilan sesi pengujian, mencakup derajat keanggotaan masing-masing himpunan fuzzy input dan hasil defuzzifikasi durasi pompa.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Logika Fuzzy Mamdani

No	Sesi	μKering	μIdeal	μBasah	μDingin	μNormal	μPanas	Durasi (s)	Status Pompa
1	01 Juni Pagi	0.00	1.00	0.90	0.30	0.38	0.00	2.29	Menyiram
2	01 Juni Siang	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	14.64	Menyiram
3	01 Juni Sore	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	14.72	Menyiram
4	06 Juni Pagi	0.00	1.00	1.00	0.80	0.00	0.00	0.00	Standby
5	06 Juni Siang	0.09	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	14.09	Menyiram
6	06 Juni Sore	0.39	0.00	0.00	0.00	0.88	0.00	14.38	Menyiram
7	07 Juni Pagi	0.00	1.00	0.50	0.10	0.63	0.00	2.32	Menyiram
8	07 Juni Siang	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	14.17	Menyiram
9	07 Juni Sore	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	14.94	Menyiram

Berdasarkan Tabel 4.2, metode Fuzzy Mamdani menghasilkan durasi penyiraman yang bervariasi secara proporsional terhadap kondisi tanah dan suhu. Pada kondisi tanah sangat kering disertai suhu panas (7 Juni 2026, sesi Sore: tanah=865, suhu=31,0°C), sistem menghasilkan durasi penyiraman terpanjang yaitu 14,94 detik. Sebaliknya, pada kondisi tanah lembap disertai suhu dingin (6 Juni 2026, sesi Pagi: tanah=300, suhu=21,0°C), derajat keanggotaan himpunan "mati" mendominasi sehingga sistem menghasilkan durasi 0,00 detik (pompa tidak aktif). Pada kondisi tanah ideal dengan suhu normal (1 dan 7 Juni 2026, sesi Pagi), sistem tetap menghasilkan durasi penyiraman singkat (2,29 dan 2,32 detik) akibat aktifnya aturan "ideal AND normal → sebentar", menunjukkan

kemampuan sistem memberikan penyiraman ringan pemeliharaan meskipun kondisi tanah belum tergolong kering.

4.3.4 Hasil Pengujian Metode Thresholding

Tabel 4.3 menyajikan hasil pengujian metode Thresholding pada data sesi pengujian yang sama, menggunakan nilai ambang kelembapan tanah 700 dan durasi penyiraman tetap 10 detik setiap kali pompa diaktifkan.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Metode Thresholding

No	Tanggal	Sesi	Kelembapan Tanah	Keputusan (Ambang 700)	Durasi & Status Pompa
1	01 Juni 2026	Pagi (07:00)	360	≤ 700 (Lembap)	0,0 detik - Standby
2	01 Juni 2026	Siang (13:00)	790	> 700 (Kering)	10,0 detik - Menyiram
3	01 Juni 2026	Sore (17:00)	855	> 700 (Kering)	10,0 detik - Menyiram
4	06 Juni 2026	Pagi (07:00)	300	≤ 700 (Lembap)	0,0 detik - Standby
5	06 Juni 2026	Siang (13:00)	718	> 700 (Kering)	10,0 detik - Menyiram
6	06 Juni 2026	Sore (17:00)	745	> 700 (Kering)	10,0 detik - Menyiram
7	07 Juni 2026	Pagi (07:00)	400	≤ 700 (Lembap)	0,0 detik - Standby
8	07 Juni 2026	Siang (13:00)	830	> 700 (Kering)	10,0 detik - Menyiram
9	07 Juni 2026	Sore (17:00)	865	> 700 (Kering)	10,0 detik - Menyiram

Berdasarkan Tabel 4.3, metode Thresholding menghasilkan keputusan biner : pompa aktif dengan durasi tetap 10 detik apabila nilai kelembapan tanah melebihi 700, dan pompa tidak aktif (0 detik) apabila nilai kelembapan tanah berada pada atau di bawah 700. Berbeda dengan Fuzzy Mamdani, metode ini tidak membedakan tingkat keparahan kekeringan tanah maupun pengaruh suhu udara baik pada kondisi tanah=790 maupun tanah=865, sistem memberikan durasi penyiraman yang sama persis (10 detik), meskipun kedua kondisi tersebut memiliki tingkat kekeringan yang berbeda.

4.3.5 Perbandingan Kinerja Metode Thresholding dan Fuzzy Mamdani

Tabel 4.4 merangkum perbandingan kinerja kedua metode berdasarkan hasil pengujian pada sembilan sesi selama tiga hari, mencakup frekuensi aktivasi pompa, total durasi penyiraman, rata-rata durasi per aktivasi, variasi (standar deviasi) durasi, dan estimasi volume air yang digunakan (diasumsikan debit pompa 1 liter/menit sesuai spesifikasi pompa DC 12V yang digunakan).

Tabel 4.4 Perbandingan Kinerja Metode Thresholding dan Fuzzy Mamdani

Parameter	Thresholding	Fuzzy Mamdani
Jumlah sesi pengujian	9	9
Frekuensi aktivasi pompa	6 kali	8 kali
Total durasi penyiraman	60.00 detik	91.55 detik
Rata-rata durasi per aktivasi	10.00 detik	11.44 detik
Standar deviasi durasi aktif	0.00	5.28
Estimasi volume air terpakai	1.00 liter	1.53 liter
Rentang durasi (min–maks)	0,00 – 10,00 detik	0,00 – 14,94 detik

Tabel 4.4 menunjukkan temuan yang bernuansa pada perbandingan kedua

metode. Dari sisi frekuensi, Fuzzy Mamdani lebih sering mengaktifkan pompa (8 dari 9 sesi) dibandingkan Thresholding (6 dari 9 sesi), karena Fuzzy Mamdani tetap memberikan penyiraman ringan pada kondisi tanah mendekati ideal yang belum terdeteksi "kering" oleh ambang batas Thresholding. Namun dari sisi total volume air, Thresholding menggunakan total durasi yang sedikit lebih rendah (60,00 detik atau 1,00 liter) dibandingkan Fuzzy Mamdani (91,55 detik atau 1,53 liter) pada skenario pengujian ini.

Standar deviasi durasi aktif menunjukkan perbedaan karakteristik yang lebih mendasar: Thresholding memiliki standar deviasi 0,00 karena selalu memberikan durasi tetap (10 detik) setiap kali aktif tanpa mempertimbangkan tingkat keparahan kekeringan, sedangkan Fuzzy Mamdani memiliki standar deviasi 5,28 yang mencerminkan kemampuannya menyesuaikan durasi penyiraman secara proporsional mulai dari penyiraman ringan 2,29 detik pada kondisi mendekati ideal, hingga 14,94 detik pada kondisi tanah sangat kering disertai suhu panas. Dengan demikian, keunggulan Fuzzy Mamdani terletak pada presisi dan proporsionalitas respons terhadap kondisi aktual tanaman, bukan semata-mata pada efisiensi volume air total.

4.3.6 Sistem Monitoring Data Real-Time

Sistem dilengkapi dengan kemampuan monitoring data secara real-time yang memungkinkan pemantauan kondisi kelembapan tanah, suhu, serta status pompa melalui antarmuka berbasis web yang terhubung dengan Firebase Realtime Database. Data suhu, kelembapan tanah, dan durasi penyiraman pada setiap sesi pengujian ditampilkan secara langsung pada antarmuka monitoring, sehingga memudahkan proses pencatatan dan analisis perbandingan kinerja kedua metode.

Dokumentasi tampilan antarmuka monitoring untuk setiap sesi pengujian disertakan pada bagian Lampiran.

4.4 Pembahasan

Hasil pengujian pada sembilan sesi selama tiga hari menunjukkan bahwa kedua metode memiliki karakteristik kinerja yang berbeda dan saling melengkapi. Metode Thresholding terbukti sederhana dan dapat diprediksi, karena hanya mempertimbangkan satu parameter (kelembapan tanah) dengan satu nilai ambang tetap, sehingga keputusan yang dihasilkan selalu konsisten namun bersifat kaku tidak membedakan antara tanah yang baru saja melewati ambang kering (kelembapan 718) dengan tanah yang sudah sangat kering (kelembapan 865), keduanya tetap diberi durasi penyiraman yang sama yaitu 10 detik.

Sebaliknya, metode Logika Fuzzy Mamdani menunjukkan kemampuan adaptif dengan mempertimbangkan dua parameter sekaligus (kelembapan tanah dan suhu udara), menghasilkan durasi penyiraman yang proporsional terhadap tingkat keparahan kondisi tanah. Pada kasus kelembapan tanah 718 (baru melewati ambang kering), Fuzzy Mamdani menghasilkan durasi 14,09 detik, sementara pada kelembapan tanah 865 (sangat kering) menghasilkan durasi 14,94 detik menunjukkan gradasi respons meskipun selisihnya pada kasus pengujian ini relatif kecil karena kedua kondisi sama-sama berada pada zona keanggotaan "kering" yang tinggi.

Temuan bahwa Thresholding menggunakan total volume air sedikit lebih rendah pada skenario pengujian ini (1,00 liter berbanding 1,53 liter) perlu dimaknai secara hati-hati. Volume air yang lebih rendah pada Thresholding bukan

disebabkan oleh efisiensi algoritma, melainkan karena metode ini tidak memberikan penyiraman sama sekali pada kondisi tanah yang belum melewati ambang batas, termasuk pada kondisi mendekati ideal yang sebenarnya masih dapat memperoleh manfaat dari penyiraman ringan pemeliharaan. Logika Fuzzy Mamdani, dengan mempertimbangkan variabel suhu tambahan, mampu mendeteksi kebutuhan penyiraman ringan pada kondisi tersebut, sehingga total volume yang digunakan sedikit lebih tinggi namun dengan distribusi yang lebih responsif terhadap kondisi lingkungan aktual.

Secara keseluruhan, hasil pengujian ini memperkuat temuan pada kajian pustaka bahwa metode Thresholding unggul dalam kesederhanaan dan konsistensi implementasi, sedangkan Logika Fuzzy Mamdani unggul dalam presisi dan adaptivitas respons terhadap kondisi lingkungan yang bervariasi, sejalan dengan penelitian Artetxe et al. (2024) dan Adiwilaga et al. (2024) yang menyatakan bahwa logika fuzzy memberikan kontrol irigasi yang lebih stabil dan adaptif dibandingkan sistem berbasis ambang batas tetap.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan membangun sistem penyiraman otomatis tanaman sawi berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sensor kelembapan tanah, sensor suhu DHT21, dan modul relay. Dalam penerapannya pada pengujian sembilan sesi, metode Thresholding bekerja berdasarkan satu nilai ambang dengan durasi penyiraman tetap (aktif 6 kali dengan estimasi penggunaan air 1,00 liter), sedangkan logika Fuzzy Mamdani beroperasi lebih adaptif dengan mempertimbangkan parameter suhu dan kelembapan, menghasilkan durasi penyiraman yang bervariasi (aktif 8 kali dengan estimasi 1,53 liter). Berdasarkan perbandingan kinerja kedua metode, metode Thresholding lebih cocok digunakan untuk sistem yang mengutamakan kesederhanaan, namun logika Fuzzy Mamdani terbukti lebih unggul dalam memberikan respons yang presisi dan proporsional terhadap kondisi aktual tanaman, sehingga lebih ideal untuk menjaga kestabilan lingkungan tanam meskipun tercatat menggunakan volume air sedikit lebih banyak.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, beberapa saran yang dapat diajukan untuk pengembangan lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Pengujian dengan Periode dan Frekuensi yang Lebih Panjang: Penelitian ini menggunakan sembilan sesi pengujian pada tiga hari berbeda. Penelitian lanjutan disarankan memperpanjang periode pengujian

(misalnya satu siklus tanam penuh) dengan frekuensi pembacaan yang lebih sering, guna memperoleh gambaran kinerja sistem yang lebih komprehensif pada berbagai kondisi cuaca.

2. Penambahan Parameter Lingkungan: Sistem saat ini menggunakan kelembapan tanah dan suhu udara sebagai parameter utama. Penambahan sensor lain seperti kelembapan udara, intensitas cahaya, atau pH tanah dapat meningkatkan akurasi dan adaptivitas sistem dalam menentukan kebutuhan penyiraman yang lebih presisi.
3. Optimasi Rule Base dan Fungsi Keanggotaan Fuzzy: Penelitian lanjutan dapat mengoptimalkan parameter fungsi keanggotaan dan rule base pada Logika Fuzzy Mamdani, misalnya menggunakan pendekatan Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS), agar durasi penyiraman yang dihasilkan lebih akurat merepresentasikan kebutuhan aktual tanaman pada berbagai kombinasi kondisi tanah dan suhu.
4. Evaluasi Dampak terhadap Pertumbuhan Tanaman: Penelitian ini berfokus pada kinerja sistem berdasarkan data kelembapan tanah dan tidak membahas dampak langsung terhadap pertumbuhan biologis tanaman sawi. Penelitian lanjutan disarankan mengevaluasi pengaruh kedua metode penyiraman terhadap parameter pertumbuhan tanaman secara langsung, seperti tinggi tanaman, jumlah daun, dan hasil panen.
5. Pengujian pada Kondisi Lingkungan yang Lebih Beragam: Sistem disarankan diuji pada berbagai kondisi iklim dan jenis tanah yang berbeda untuk mengevaluasi konsistensi kinerja kedua metode di luar kondisi

pengujian pada penelitian ini, termasuk pada daerah dengan suhu rendah maupun curah hujan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

’Aziz, Y. (2021). *RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN PENYIRAMAN TAMAN JALAN OTOMATIS BERBASIS IoT*. *18*(2), 85–93.

Aditya Putra, S., Shiddiq Adz-Dzikri, I., Permadi, G., & Harapan Bersama Tegal, P. (2024). Sistem Monitoring Dan Data Logger Produksi Gas Metana Pada Biodigester Berbasis Mikrokontroler Esp32 Microcontroller-Based Monitoring and Data Logging System for Methane Gas Production in Biodigesters Using Esp32. *DISPROTEK: Jurnal Teknik Informatika, Sistem Informasi, Teknik Elektro, Teknik Industri, Teknik Sipil, Dan Akuakultur*, *15*(2), 144–151.

Adiwilaga, A., Firmansyah, R. M., & Muthmainah, R. I. F. (2024). Journal of Computer Engineering , Electronics and Information Technology (COELITE) Prototype Design of Automatic Irrigation System for Precision Agriculture Application Using Mamdani Fuzzy Logic Controller. *Journal of Computer Engineering, Electronics and Information Technology (COELITE)*, *3*(2), 77–88.

Aisyah, N., Ulhaq, D., Dharmawan, A., & Purbakawaca, R. (2025). Design of an Iot-Based Smart Irrigation System Using Soil Moisture Sensors for Water Efficiency. *JoP*, *11*(1), 89–97.

Al-Jufri, H. Y. P., Novianti, O., Muhammad, G., Adytya, R., & Pramudhita, A. N. (2023). Otomatisasi Pertanian Dengan Sensor Soil Moisture, Sensor Cahaya, Led Grow Lamps, Dan Pompa Air Untuk Pertumbuhan Tanaman Optimal. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, *11*(3), 484–488. https://doi.org/10.23960/jitet.v11i3.3192

Alamsyah, R., Ryansyah, E., Permana, A. Y., & Mufidah, R. (2024). Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Logika Fuzzy Dengan Teknologi Internet of Things Berbasis Esp8266 Dan Aplikasi Blynk. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, *12*(2), 862–868. https://doi.org/10.23960/jitet.v12i2.4007

Anika, N., Mutmainah, S., Kusmali, M., Harmiansyah, H., Marpaung, D. S. S., & Ridwan, R. (2025). Water Productivity of Mustard Green (Brassica juncea L.) Under Drip Irrigation Systems and Organic Matter Addition. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, *14*(2), 677. https://doi.org/10.23960/jtep-l.v14i2.677-684

Arham, T. K., Ageng, M., Yusuf, M., Syakur, A., & Munadi, M. (2025). Implementasi Konverter Buck Sebagai Pengkondisi Tegangan Input Pada Zvs. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, *14*(1), 7–16. https://doi.org/10.14710/transient.v14i1.7-16

Artetxe, E., Barambones, O., Martín Toral, I., Uralde, J., Calvo, I., & del Rio, A. (2024). Smart IoT Irrigation System Based on Fuzzy Logic, LoRa, and Cloud

Integration. *Electronics (Switzerland)*, *13*(10). https://doi.org/10.3390/electronics13101949

Faulianur, R., & Mumtazi, R. (2025). *Sistem Monitoring Kelembapan Tanah Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Integrasi Google Spreadsheet dan MIT App Inventor untuk Optimasi Irigasi Tetes pada Perkebunan Palawija*. *14*(2).

Frisky Ardianto, A., Setyaningtyas Rahmasari, E., & Putra Pratama, A. (2025). Smart Irrigation System Berbasis IoT dengan Sensor Soil Moisture dan DHT22 Menggunakan Sumber Daya Terbarukan. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Bisnis*, 500–511. https://doi.org/10.47701/2p6nej88

Gupta, S., Chowdhury, S., Govindaraj, R., Amesho, K. T. T., Shangdiar, S., Kadhila, T., & Iikela, S. (2025). Smart agriculture using IoT for automated irrigation, water and energy efficiency. *Smart Agricultural Technology*, *12*(January). https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.101081

Hasani, M. I., & Wulandari, S. (2023). Implementasi Internet of Things (IoT) Pada Sistem Otomatisasi Penyiraman Tanaman Berbasis Mobile. *ILKOMNIKA: Journal of Computer Science and Applied Informatics*, *5*(3), 149–161. https://doi.org/10.28926/ilkomnika.v5i3.573

Ilman, S. M., Author, U. S. S., & Mulyono, N. M. (2025). Desain Dan Implementasi Konverter Dc-Dc Buck Dengan Daya Keluaran 50W. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, *13*(3S1), 2830–7062. https://journal.eng.unila.ac.id/index.php/jitet/article/view/7568

Karim, A. M., Sumaedi, A., & Sobri. (2024). Rancang Bangun Sistem Pemantauan Suhu Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno Untuk Lingkungan Ruangan Gedung Kantor. *Journal Information & Computer*, *2*(2), 131–140. https://doi.org/10.32493/jicomisc.v2i2.36794

Mandakini, C. (2023). Automatic Irrigation and Crop Monitoring System Using IoT and Deep Learning. *Advances in Computational Sciences and Technology*, *16*(1), 1–11. https://doi.org/10.37622/acst/16.1.2023.1-11

Melvi, M., Ulvan, A., Sidiq, M. R., & Batubara, M. A. M. (2023). Rancang Bangun Sistem Monitoring Ketinggian Muka Air Laut Menggunakan Arduino Pro Mini dan NodeMCU ESP8266. *Jurnal Teknologi Riset Terapan*, *1*(1), 25–35. https://doi.org/10.35912/jatra.v1i1.1794

Morchid, A., Jebabra, R., Khalid, H. M., El Alami, R., Qjidaa, H., & Ouazzani Jamil, M. (2024). IoT-based smart irrigation management system to enhance agricultural water security using embedded systems, telemetry data, and cloud computing. *Results in Engineering*, *23*(August), 102829. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102829

Nanda, A. P., Mahdi, M. I., Studi, P., Informasi, S., Studi, P., Informasi, S., Studi, P., & Informasi, S. (2024). Sistem Otomatis Penyiraman Tanaman Berbasis Sensor. *Jurnal Teknologia*, *15*(4), 764–774. http://dx.doi.org/10.31602/tji.v15i4.16300

Oyedele, A., Olayanju, G., Oyedele, T., Oyedele, K., Ewumi, T., & Ogunlana, F. (2023). Determination of Groundwater Flow Pattern in the basement complex terrain of Ado-Ekiti, Southwestern Nigeria. *Indonesian Journal of Geography*, *55*(1), 41–50. https://doi.org/10.22146/ijg.56539

Pacchiarelli, A., Silvestri, C., Muganu, M., & Cristofori, V. (2025). Influence of the Plant Training System on Yield and Nut Traits of European Hazelnut (Corylus avellana L.) Cultivar Nocchione. *Agronomy*, *15*(2), 1–14. https://doi.org/10.3390/agronomy15020345

Pebriani Daulay, D., Yogi, & Ridho Tri Rokhandi. (2024). Smart Farming Automatic Irrigation System Berbasis Iot Dalam Optimalisasi Suplai Air Lahan Pada Perkebunan Di Desa Pondok Meja. *J-Innovation*, *13*(2), 78–85. https://doi.org/10.55600/jipa.v13i2.293

Rahman, B., Mantoro, T., Andryana, S., & Wicaksono, S. B. (2024). Optimizing Plant Watering Efficiency via IoT: Fuzzy Sugeno Method with ESP8266 Microcontroller. *TEM Journal*, *13*(3), 1849–1857. https://doi.org/10.18421/TEM133-13

Ranjan, S. (2023). Smart Irrigation System Using I . O . T. *IJCRT*, *11*(5).

Vahidi, M., Shafian, S., & Frame, W. H. (2025). Precision Soil Moisture Monitoring Through Drone-Based Hyperspectral Imaging and PCA-Driven Machine Learning. *Sensors*, *25*(3). https://doi.org/10.3390/s25030782

Wibowo, L., Wahyusari, R., Yuwono, T., & Shofia, A. (2024). IoT-based high-accuracy monitoring system for on-grid photovoltaic power system using NodeMCU ESP8266 and PZEM004T. *Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*, *15*(2), 230–241. https://doi.org/10.55981/j.mev.2024.823

Winda, A. amdad P. P. (2023). Jurnal Teknik Indonesia. *Jurnal Teknik Indonesia*, *2*(4), 14–28.

LAMPIRAN

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <FirebaseESP8266.h>
#include <DHT.h>

#define WIFI_SSID "Mazaiya"
#define WIFI_PASSWORD "Natasya0103"

#define FIREBASE_HOST "sayur-a13ef-default-rtdb.asia-southeast1.firebasedatabase.app"
#define FIREBASE_AUTH "vH93RG3RVJYGICtcv5QhPGsojMuPLPJP974cQUYT"

FirebaseData fbdo;
FirebaseAuth auth;
FirebaseConfig config;
#define saklar D6
#define DHTPIN D2
#define DHTTYPE DHT21
#define wifi D4
DHT dht(DHTPIN,DHTTYPE);

#define SOIL A0

#define RELAY D7
```

```
//---------------------------------------------------
// Membership Basah
//---------------------------------------------------
float basah(float x){

if(x<=200) return 1;

if(x>=400) return 0;

return (400-x)/200.0;

}

//---------------------------------------------------
// Membership Lembab
//---------------------------------------------------
float lembab(float x){

if(x<=300 || x>=700) return 0;

if(x<500)
return (x-300)/200.0;

return (700-x)/200.0;

}
```

```
//-----------------------------------------------
// Membership Kering
//-----------------------------------------------
float kering(float x){

if(x<=600) return 0;

if(x>=800) return 1;

return (x-600)/200.0;

}

//-----------------------------------------------
// Defuzzy Mamdani
//-----------------------------------------------
float fuzzyPompa(int soil){

float b=basah(soil);
float l=lembab(soil);
float k=kering(soil);

float mati=max(b,l);

float hidup=k;

float hasil=((mati*0)+(hidup*100))/(mati+hidup+0.0001);

return hasil;

}

void setup(){

Serial.begin(115200);
dht.begin();
pinMode(wifi,OUTPUT);
pinMode(RELAY,OUTPUT);
pinMode(saklar,OUTPUT);
digitalWrite(RELAY,HIGH);
digitalWrite(saklar,HIGH);
digitalWrite(wifi,HIGH);
WiFi.begin(WIFI_SSID,WIFI_PASSWORD);

while(WiFi.status()!=WL_CONNECTED){

delay(500);

Serial.print(".");
digitalWrite(wifi,LOW);
digitalWrite(saklar,LOW);
}

config.host=FIREBASE_HOST;
config.signer.tokens.legacy_token=FIREBASE_AUTH;

Firebase.begin(&config,&auth);

dht.begin();

}
```

```
void loop(){

int soil=analogRead(SOIL);

float suhu=dht.readTemperature();

//float hum=dht.readHumidity();
  Serial.print("Suhu: "); Serial.print(suhu);
  Serial.print(" | Tanah: "); Serial.print(soil);
float output=fuzzyPompa(soil);
  Serial.print(" | Durasi Pompa: "); Serial.println(output);
bool pompa=false;

if(output>=50){

pompa=true;

digitalWrite(RELAY,LOW);

}
else{

pompa=false;

digitalWrite(RELAY,HIGH);

}

Firebase.setInt(fbdo,"/Sawi/KelembabanTanah",soil);

Firebase.setFloat(fbdo,"/Sawi/Suhu",suhu);

//Firebase.setFloat(fbdo,"/Sawi/KelembabanUdara",hum);

Firebase.setFloat(fbdo,"/Sawi/FuzzyOutput",output);
```

```
Firebase.setString(fbdo,"/Sawi/Pompa",pompa?"HIDUP":"MATI");

Serial.print("Soil : ");
Serial.print(soil);

Serial.print(" Output : ");
Serial.print(output);

Serial.print(" Pompa : ");

if(pompa)
Serial.println("HIDUP");
else
Serial.println("MATI");

delay(3000);

}
```

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <FirebaseESP8266.h>
#include <DHT.h>

// 1. Konfigurasi WiFi & Firebase
#define WIFI_SSID "NAMA_WIFI_ANDA"
#define WIFI_PASSWORD "PASSWORD_WIFI"
#define FIREBASE_HOST "proyek-sawi-default-rtdb.firebaseio.com"
#define FIREBASE_AUTH "TOKEN_RAHASIA_FIREBASE_ANDA"

// 2. Konfigurasi Sensor & Pin
#define DHTPIN 4         // Pin D2
#define DHTTYPE DHT21     // Sensor AM2301
#define SOIL_PIN A0       // Pin Analog A0
#define RELAY_POMPA 13     // Pin D7


// 3. Threshold (Ambang Batas)
const int batasLembabTanah = 40; // Jika < 40%, siram
const float batasSuhuPanas = 30.0; // Jika > 30°C, nyalakan kipas

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
FirebaseData firebaseData;
FirebaseConfig config;
FirebaseAuth auth;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(RELAY_POMPA, OUTPUT);
  pinMode(RELAY_KIPAS, OUTPUT);

  // Default matikan relay (Low/High tergantung jenis relay Anda)
  digitalWrite(RELAY_POMPA, HIGH);
  digitalWrite(RELAY_KIPAS, HIGH);

  dht.begin();

  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }

  config.host = FIREBASE_HOST;
  config.signer.tokens.legacy_token = FIREBASE_AUTH;
  Firebase.begin(&config, &auth);
  Firebase.reconnectWiFi(true);
}
```

```
void loop() {
  // Membaca Sensor
  float suhu = dht.readTemperature();
  int nilaiAnalog = analogRead(SOIL_PIN);
  // Konversi analog ke persen (0-100%). Sesuaikan nilai 1024 & 400 berdasarkan kalibrasi
  int lembabTanah = map(nilaiAnalog, 1024, 400, 0, 100);
  lembabTanah = constrain(lembabTanah, 0, 100);

  if (isnan(suhu)) {
    Serial.println("Gagal baca sensor DHT!");
    return;
  }

  // --- Logika Thresholding ---

  // Kontrol Pompa (Berdasarkan Kelembaban Tanah)
  if (lembabTanah < batasLembabTanah) {
    digitalWrite(RELAY_POMPA, LOW); // Nyalakan (Active Low Relay)
    Firebase.setString(firebaseData, "/sawi/status_pompa", "1");
  } else {
    digitalWrite(RELAY_POMPA, HIGH); // Matikan
    Firebase.setString(firebaseData, "/sawi/status_pompa", "0");
  }

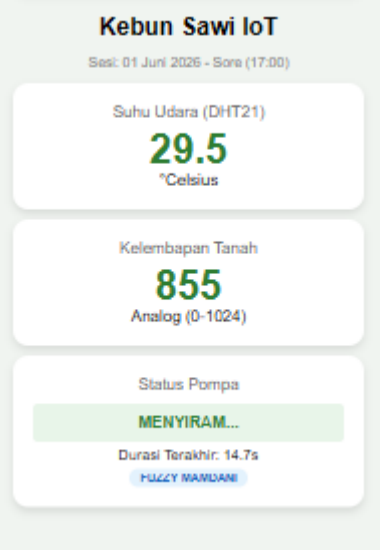


  // Kirim Data Log ke Firebase
  Firebase.setFloat(firebaseData, "/sawi/suhu", suhu);
  Firebase.setInt(firebaseData, "/sawi/tanah", lembabTanah);

  Serial.printf("Suhu: %.2f°C | Tanah: %d%%\n", suhu, lembabTanah);

  delay(5000); // Update setiap 5 detik
}
```

Tanggal	Waktu	Dokumentasi
1 Juni 2026	**Pagi** (07.00 WIB)	

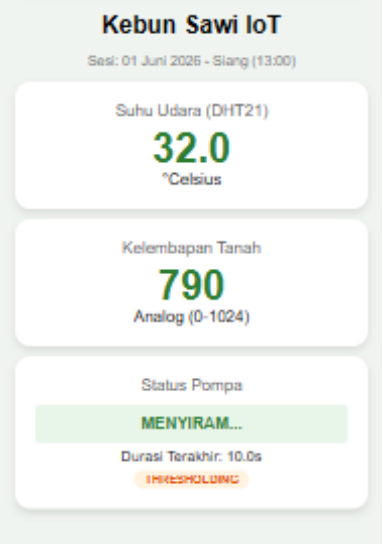
Tanggal	Waktu	Dokumentasi
	Siang (13.00 WIB)	
	Sore (17.00 WIB)	

Tanggal	Waktu	Dokumentasi
6 Juni 2026	**Pagi** (07.00 WIB)	
	Siang (13.00 WIB)	

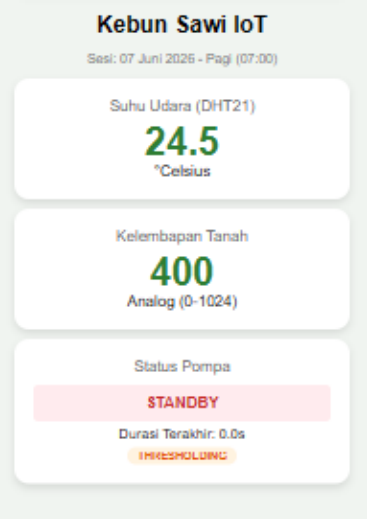
Tanggal	Waktu	Dokumentasi
	Sore (17.00 WIB)	
7 Juni 2026	**Pagi** (07.00 WIB)	

Tanggal	Waktu	Dokumentasi
	Siang (13.00 WIB)	
	Sore (17.00 WIB)	

Tanggal	Waktu	Dokumentasi
1 Juni 2026	**Pagi** (07.00 WIB)	

Tanggal	Waktu	Dokumentasi
		
	Siang (13.00 WIB)	
	Sore (17.00 WIB)	

Tanggal	Waktu	Dokumentasi
		
6 Juni 2026	**Pagi** (07.00 WIB)	

Tanggal	Waktu	Dokumentasi
	Siang (13.00 WIB)	
	Sore (17.00 WIB)	
7 Juni 2026	**Pagi** (07.00 WIB)	

Tanggal	Waktu	Dokumentasi
	Siang (13.00 WIB)	
	Sore (17.00 WIB)	

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI, PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH

UMSU

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

umsumedan umsumedan umsumedan umsumedan

KEPUTUSAN DEKAN
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Nomor : 02/KEP/II.3.AU/UMSU-09/F/2026

Tentang :
PENGANGKATAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI
PRODI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

بسم الله الرحمن الرحيم

Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, setelah:

Menimbang :
1. Bahwa sehubungan dengan pelaksanaan Tugas Akhir Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara;
2. Bahwa untuk memenuhi maksud tersebut perlu diterbitkan surat keputusan Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Mengingat :
1. Undang-undang Republik Indonesia No. 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;
2. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
3. Pedoman Perguruan Tinggi Muhammadiyah;
4. Statuta Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
5. Keputusan Rektor No. 1001/KEP/II.3-AU/UMSU/D/2025 tanggal 25 Oktober 2025 tentang Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi informasi UMSU Masa Jabatan 2025-2029
6. Keputusan Rektor No. 624/KEP/II.3.AU/UMSU/D/2025 tentang Prodi Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi UMSU Masa Jabatan 2025-2029

MEMUTUSKAN

Menetapkan :

KESATU : Menetapkan nama-nama dalam lampiran surat keputusan ini sebagai Dosen Pembimbing Prodi Teknologi Informasi Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi UMSU.

KEDUA : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan, dan akan ditinjau serta diperbaiki kembali jika terdapat kekeliruan di kemudian hari.

Ditetapkan di : Medan
Pada tanggal : 16 Rajab 1447 H
05 Januari 2026 M

Dekan,

Ilfi Al-Khowarizmi., M.Kom
NIDN : 0127099201

Tembusan:
1. Yth. Wakil Dekan I & III UMSU di Medan.-
2. Ka. Prodi TI dan Sek. Prodi TI.-
3. Pertinggal.

BAN-PT MQA STARS

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
umsumedan umsumedan umsumedan umsumedan

Lampiran Dosen Pembimbing Prodi Teknologi Informasi
Nomor : 02/KEP/II.3.AU/UMSU-09/F/2026
Tanggal : 16 Rajab 1447 H /05 Januari 2026 M

PENGANGKATAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI
PRODI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NO	NAMA	NPM	JUDUL	DOSEN
1	Abdul Faki Daharo	2209020231	Rancang Bangun Sistem IoT Pendeteksi Keaslian dan Nominal Uang untuk Penyandang Tunanetra Menggunakan Sensor UV GY-ML8511 dan TCS3200 Berbasis ESP32	Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom
2	Salwa Sakila Harahap	2209020074	Analisis Forensik Cryptocurrency Wallet Tracing untuk Mengungkap Aliran Dana pada Kasus Penipuan Siber dan perkembangan inovasi keuangan digital di Indonesia menggunakan android	Dr. Al-Khowarizmi, M.Kom.
3	Mhd. Adam Nugraha	2209020209	Perancangan dan Implementasi Sistem IoT Mengintegrasikan ESP32, Sensor Suhu, Sensor Tegangan, dan Modul Ping Checker untuk Monitoring Gangguan Jaringan Perusahaan Multi Cabang Secara Real-Time tanpa Pelaporan Manual dan Dapat Diakses Secara Remote	Mhd. Basri, S.Si. M.Kom
4	Natasya Mazaiya	2209020187	Rancang Bangun IoT Glove untuk Deteksi Bahasa Isyarat Menggunakan Sensor Flex dan Algoritma Decision Tree	Mulkan Azhari, S.Kom.,M.Kom.
5	Setya Eka Ardhini	2209020271	"Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Kelapa Sawit Berbasis Ekstraksi Fitur Citra Digital Menggunakan Algoritma catboost."	Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom
6	Intan Syazidah	2209020113	"Rancang Bangun Alat Sistem Pendeteksi Gerakan Sujud Berbasis IoT Menggunakan Sensor Tekanan dan Notifikasi Real-Time"	Mhd. Basri, S.Si. M.Kom
7	Salsha Utami	2209020216	Penerapan Dalam Pembangunan Sistem Prediksi Permintaan Barang di Pasar Tradisional dengan optimasi Manajemen Stok menggunakan algoritma Ensemble Learning	Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom

Medan, 16 Rajab 1447 H
05 Januari 2026 M

Dekan

Dr. Al-Khowarizmi., M.Kom
NIDN : 0127099201

PERBANDINGAN LOGIKA FUZZY MAMDANI DENGAN THRESHOLDING PADA SISTEM IOT PENYIRAM TANAMAN SAWI

ORIGINALITY REPORT

30%	24%	18%	17%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	journal.cib.institute Internet Source	2%
2	Submitted to Konsorsium PTS Batch 5 Student Paper	1%
3	docplayer.info Internet Source	1%
4	Submitted to STKIP Sumatera Barat Student Paper	1%
5	repository.umsu.ac.id Internet Source	1%
6	repository.upi.edu Internet Source	1%
7	journal.eng.unila.ac.id Internet Source	1%
8	Insan Mahtuah, Lili Kasmini, Mukhroji Mukhroji, Teuku Muhammad Mirza Keumala. "Sistem Smart Garden Berbasis Arduino Uno Untuk Mengoptimalkan Penggunaan Air Di Taman Universitas Bina Bangsa Getsempena", Indonesian Journal of Multidisciplinary on Social and Technology, 2026 Publication	1%
9	repositori.unibos.ac.id Internet Source	1%
10	jurnal.fp.unila.ac.id Internet Source	1%
11	jurnal.larisma.or.id Internet Source	<1%
12	repository.pnj.ac.id Internet Source	<1%
13	jurnal.politeknikaceh.ac.id Internet Source	<1%

14	Submitted to Universitas Mercu Buana Student Paper	<1%
15	journal.appipgri.id Internet Source	<1%
16	multidisipliner.org Internet Source	<1%
17	ejournal.unipas.ac.id Internet Source	<1%
18	journal.lembagakita.org Internet Source	<1%
19	Submitted to Universitas Dinamika Student Paper	<1%
20	Submitted to Universitas Muhammadiyah Palembang Student Paper	<1%
21	id.123dok.com Internet Source	<1%
22	openjournal.unpam.ac.id Internet Source	<1%
23	Muhammad Cahyo Putra Ramadhan, Fajerin Biabdillah, Agusma Wajiansyah. "GROWTECH: PENYIRAMAN OTOMATIS BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN NODEMCU V3 ESP8266", Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 2025 Publication	<1%
24	journal.gpp.or.id Internet Source	<1%
25	ejournal3.undip.ac.id Internet Source	<1%
26	ejournal.unisnu.ac.id Internet Source	<1%
27	journal.aira.or.id Internet Source	<1%
28	www.mdpi.com Internet Source	<1%
29	Submitted to Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung Student Paper	<1%

30	Submitted to Universitas Gunadarma Student Paper	<1 %
31	etheses.uin-malang.ac.id Internet Source	<1 %
32	rama.uniku.ac.id Internet Source	<1 %
33	repo.darmajaya.ac.id Internet Source	<1 %
34	Stephano Caesar Wenston Ngangi, Aditya Lapu Kalua, Jelly Ribka Danaly Lumingkewas, Eric Alfonsius. "Sistem Irigasi Drip Otomatis Menggunakan Metode Extreme Programming Berbasis Internet of Things", CHAIN: Journal of Computer Technology, Computer Engineering, and Informatics, 2026 Publication	<1 %
35	Submitted to Universitas Budi Luhur Student Paper	<1 %
36	Submitted to Politeknik Negeri Bandung Student Paper	<1 %
37	Submitted to Universitas Islam Syekh-Yusuf Tangerang Student Paper	<1 %
38	Submitted to West Valley College (Canvas LTI 1.3) Student Paper	<1 %
39	juma.umko.ac.id Internet Source	<1 %
40	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	<1 %
41	Rangga Adi Nugraha, RR Hajar Puji Sejati. "IMPLEMENTASI SISTEM PEMANTAUAN PENYIRAMAN TANAMAN CABAI BERBASIS IOT", Djtechno: Jurnal Teknologi Informasi, 2024 Publication	<1 %
42	Submitted to Universitas Pendidikan Ganesha Student Paper	<1 %
43	Ahmad Umar Farisi -, Anton Breva Yunanda -. "RANCANG BANGUN SISTEM GREENHOUSE BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) UNTUK PERTUMBUHAN TANAMAN MELON PADA LAHAN SEMPIT", Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 2026 Publication	<1 %

44	Olumuyiwa Oluyemi Oso, Oluwaseun Samuel Ogungbemi, Olubukola Oredolapo Afolabi, Hussein Omeiza Aliu. "Groundwater potential mapping of the basement complex terrain of Ekiti State, Nigeria", Water Science, 2026 Publication	<1 %
45	Submitted to Politeknik Penerbangan Surabaya Student Paper	<1 %
46	Submitted to Universitas Negeri Jakarta Student Paper	<1 %
47	Putri Yunita Wahyuti, Misbahuddin Misbahuddin, Sukartono Sukartono, Husnitalia Mayantika. "Integrasi Smart Agriculture untuk Peningkatan Penyimpanan Air dan Mitigasi Kekeringan", RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business, 2025 Publication	<1 %
48	journal.unigha.ac.id Internet Source	<1 %
49	repository.lib.pcr.ac.id Internet Source	<1 %
50	Rupina Rupina, Mira Mira. "Perancangan dan Implementasi Sistem Monitoring dan Prediksi Ketinggian Air pada Tandon Berbasis Nodemcu Menggunakan Metode Fuzzy Logic Perumahan Bukit Tinggi Residence", RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business, 2026 Publication	<1 %
51	Submitted to University Politehnica of Bucharest Student Paper	<1 %
52	Venansius Kleruk, Supatman -. "PROTOTYPE MONITORING PENYIRAMAN OTOMATIS PADA TANAMAN DI TAMAN KOTA BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN SOFTWARE ARDUINO IDE", Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 2026 Publication	<1 %
53	Afrizal Martin, Kanti Lestari, Mardiyanto Mardiyanto. "TRANSFORMASI DIGITAL UMKM SANGGAR TAPIS PRINGSEWU: IMPLEMENTASI E-COMMERCE ANDROID UNTUK PENINGKATAN DAYA SAING", Technologia : Jurnal Ilmiah, 2026 Publication	<1 %
54	Submitted to Institut Teknologi Sumatera Student Paper	<1 %
55	Submitted to Universitas Negeri Surabaya The State University of Surabaya Student Paper	<1 %
	j-las.lemkomindo.org	

56	Internet Source	<1 %
57	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	<1 %
58	repository.ulb.ac.id Internet Source	<1 %
59	Submitted to Universitas Kristen Wira Wacana Sumba Student Paper	<1 %
60	Submitted to Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Student Paper	<1 %
61	e-journal.stmiklombok.ac.id Internet Source	<1 %
62	repository.unisma.ac.id Internet Source	<1 %
63	Submitted to Konsorsium Perguruan Tinggi Swasta Indonesia II Student Paper	<1 %
64	Submitted to LPPM Student Paper	<1 %
65	Submitted to Universitas Merdeka Malang Student Paper	<1 %
66	Elisha Elikem Kofi Senoo, Lia Anggraini, Jacqueline Asor Kumi, Luna Bunga Karolina et al. "IoT Solutions with Artificial Intelligence Technologies for Precision Agriculture: Definitions, Applications, Challenges, and Opportunities", Electronics, 2024 Publication	<1 %
67	Submitted to Universitas Islam Riau Student Paper	<1 %
68	Submitted to UNIVERSITAS BUDI LUHUR Student Paper	<1 %
69	Submitted to Universitas Pembangunan Panca Budi Student Paper	<1 %
70	Submitted to Universitas Putera Batam Student Paper	<1 %
71	Wahyu Firmansyah, Lukman Rosyidi, Sirojul Munir. "Utilization of the Internet of Things in Smart Garden Systems for Plant Control and Monitoring", DBESTI: Journal of Digital Business and Technology Innovation, 2025 Publication	<1 %

72	jurnal.umsu.ac.id Internet Source	<1%
73	library.universitaspertamina.ac.id Internet Source	<1%
74	repository.unama.ac.id Internet Source	<1%
75	Submitted to Universitas Muhammadiyah Jember Student Paper	<1%
76	Submitted to Universitas Terbuka Student Paper	<1%
77	adoc.pub Internet Source	<1%
78	journal.lembagakita.com Internet Source	<1%
79	lib.unnes.ac.id Internet Source	<1%
80	123dok.com Internet Source	<1%
81	Dino Hermansyah. "Penentuan Status Mutu Air Sungai Kapuas Menggunakan Metode Storet dan Logika Fuzzy Mamdani", PRISMA FISIKA, 2022 Publication	<1%
82	Famoboro Gulo, Serius Halawa, Lustantri Mendrofa, Santi Trimurni Buulolo, Ofelius Laia. "Perancangan Sistem Penyiraman Otomatis Arduino Uno di Badan Pusat Statistik Kota Gunungsitoli", JURNAL FASILKOM, 2025 Publication	<1%
83	journal.uin-alauddin.ac.id Internet Source	<1%
84	api.eurokd.com Internet Source	<1%
85	cdn.juris.id Internet Source	<1%
86	johannessimatupang.wordpress.com Internet Source	<1%
87	journal.universitaspahlawan.ac.id Internet Source	<1%

88	jurnal.polinema.ac.id Internet Source	<1%
89	pt.slideshare.net Internet Source	<1%
90	repository.itk.ac.id Internet Source	<1%
91	repository.polibatam.ac.id Internet Source	<1%
92	text-id.123dok.com Internet Source	<1%
93	Ghifar Javad H Aziz, David Naista. "Implementasi Kendali PI pada Single Axis Solar Tracker untuk Smart Lamp Berbasis IoT", CHAIN: Journal of Computer Technology, Computer Engineering, and Informatics, 2026 Publication	<1%
94	Gunawan Budi Sulistyo, Lina Ayu Safitri, Sri Kiswati, Bayu Kresna Adjie, Muhammad Naufal Zul Fauzi. "Penerapan Sistem Smart Garden Berbasis Internet of Things pada Tanaman Anggrek di Kelompok Wanita Tani Indah Lestari", JPPM (Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat), 2024 Publication	<1%
95	Hendi Nur Wahyudi, Mulyadi Mulyadi. "Rencang Bangun Alat Pendeteksi Aroma Urine untuk Fasilitas Umum pada Panti Jompo", J-Eltrik, 2026 Publication	<1%
96	Miftakhur Roziqin Author, Apfrizal Fauzan Kabes, Siti Zaenab Nurul Haq Author. "RANCANG BANGUN PENYIRAMAN TANAMAN CABE OTOMATIS MENGGUNAKAN ESP32 DAN SENSOR KELEMBAPAN TANAH", Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 2025 Publication	<1%
97	Puput Indrayani, Sahat Parulian Sitorus, Rahmadani Pane. "Penerapan Internet Of Things Dalam Pemisahan Telur Ayam Di Pt.Nasha Poultry Indonesia", Jurnal Minfo Polgan, 2025 Publication	<1%
98	Tundo, Sodik, Kiki Setiawan, Raisah Fajri Aula. "Penerapan IoT dengan Algoritma Fuzzy dan Mikrokontroler ESP32 dalam Monitoring Penyiraman", Jurnal Indonesia : Manajemen Informatika dan Komunikasi, 2024 Publication	<1%
99	bagawanabiyasa.wordpress.com Internet Source	<1%
	conference.usm.ac.id	

100	Internet Source	<1%
101	ejournal.amikompurwokerto.ac.id Internet Source	<1%
102	ejournal.unira.ac.id Internet Source	<1%
103	eprints.ums.ac.id Internet Source	<1%
104	he01.tci-thaijo.org Internet Source	<1%
105	jurnal.smpharapanananda.sch.id Internet Source	<1%
106	jurnal.stmikelrahma.ac.id Internet Source	<1%
107	repository.ar-raniry.ac.id Internet Source	<1%
108	repository.umy.ac.id Internet Source	<1%
109	www.greenpeace.org Internet Source	<1%
110	Aeltri Jeacfky Gozal Go, Fajerin Biabdillah, Agusma Wajiansyah. "SMART AGRICULTURE: PEMANFAATAN SENSOR DHT11 BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) UNTUK PEMANTAUAN SUHU DAN KELEMBAPAN UDARA", Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 2026 Publication	<1%
111	Shylvester Simanjuntak, Hikmatul Amri. "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Dan KontrolKadar Asap Rokok Menggunakan Metode Fuzzy Logic", INOVTEK - Seri Elektro, 2026 Publication	<1%
112	Rizky Pamungkas, Aulia Ullah, Ahmad Faizal, Hilman Zarory. "Sistem Penyiraman Pintar dan Monitoring Tanaman Sawi Otomatis Berbasis Esp 32 dan Sensor Kelembapan Tanah Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani", JURNAL Al-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI, 2025 Publication	<1%