

**SISTEM IRIGASI CERDAS UNTUK TANAMAN GREENHOUSE
MENGUNAKAN LOGIKA FUZZY MAMDANI DAN
PREDIKSI CUACA BERBASIS IOT**

DISUSUN OLEH

FAHRI KURNIAWAN

2109020030



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

MEDAN

2025

**SISTEM IRIGASI CERDAS UNTUK TANAMAN GREENHOUSE
MENGUNAKAN LOGIKA FUZZY MAMDANI DAN
PREDIKSI CUACA BERBASIS IOT**

SKRIPSI

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

FAHRI KURNIAWAN

NPM. 2109020030

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI FAKULTAS ILMU KOMPUTER
DAN TEKNOLOGI INFORMASI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SUMATERA UTARA MEDAN 2025**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Sistem Irigasi Cerdas Untuk Tanaman Greenhouse
Menggunakan Logika Fuzzy Mamdani dan Prediksi
Cuaca Berbasis IOT

Nama Mahasiswa : Fahri Kurniawan

NPM : 2109020030

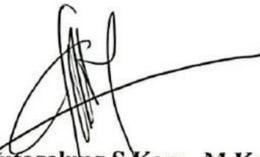
Program Studi : Teknologi Informasi

Menyetujui
Dosen Pembimbing



**(Mahardika Abdi Prawira Tanjung S.Kom.,
M.Kom.)**
NIDN. 0117088902

Ketua Program Studi



(Fatma Sari Hutagalung S.Kom., M.Kom.)
NIDN. 0117019301

Dekan



(Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom.)
NIDN. 0127099201

PERNYATAAN ORISINALITAS

SISTEM IRIGASI CERDAS UNTUK TANAMAN GREENHOUSE MENGUNAKAN LOGIKA FUZZY MAMDANI DAN PREDIKSI CUACA BERBASIS IOT

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

Medan, September 2025

Yang membuat pernyataan



Fahri Kurniawan

NPM. 2109020030

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS**

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

Nama : Fahri Kurniawan
NPM : 2109020030
Program Studi : Teknologi Informasi
Karya Ilmiah : Sistem Irigasi Cerdas Untuk Tanaman Greenhouse
Menggunakan Logika Fuzzy Mamdani dan
Prediksi Cuaca Berbasis IoT

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:

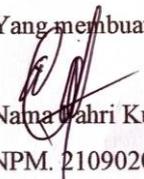
Sistem Irigasi Cerdas Untuk Tanaman Greenhouse
Menggunakan Logika Fuzzy Mamdani dan Prediksi Cuaca Berbasis IoT

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, Oktober 2025

Yang membuat pernyataan


Nama Fahri Kurniawan

NPM. 2109020030

RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Fahri Kurniawan
Tempat dan Tanggal Lahir : Desa Selemak 07 Juni 2003
Alamat Rumah : Jl.Lasimin Dusun III Desa Selemak
Telepon/Faks/HP : 083179093699
E-mail : fahrikurniawan946@gmail.com
Instansi Tempat Kerja : -
Alamat Kantor : -

DATA PENDIDIKAN

SD : SD Negeri 106798 TAMAT: 2015
SMP : SMP Negeri 1 Hamparan Perak TAMAT: 2018
SMA : SMA Negeri 1 Hamparan Perak TAMAT: 2021

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah, Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan penulis kesehatan dan kesempatan khususnya kepada penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan judul “Sistem Irigasi Cerdas Untuk Tananan Greenhouse Menggunakan Logika Fuzzy Mamdani dan Prediksi Cuaca Berbasis IOT” sebagai salah satu syarat kelulusan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Penulis tentunya berterima kasih kepada berbagai pihak dalam dukungan serta doa dalam penyelesaian skripsi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Agussani, M.AP., 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 Fatma Sari Hutagaulung S.Kom., M.Kom. Ketua Program Studi Teknologi Informasi.
4. Bapak Muhammad Basri S.Kom., M.Kom. Sekretaris Program Studi

Teknologi Informasi

5. Bapak Mahardika Abdi Prawira Tanjung S.Kom., M.Kom. selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar membimbing, mengarahkan, dan memberikan masukan yang sangat berharga dalam proses penyusunan skripsi ini
6. Seluruh dosen dan staf akademik khususnya di Program Studi Teknologi Informasi yang telah memberikan ilmu, pengetahuan, dan pengalaman selama masa studi.
7. Kedua orang tua tercinta saya yaitu Bapak Siswanto dan Ibu Srimaharani yang selalu memberikan doa, motivasi, dan dukungan moral maupun material.
8. Kedua Saudara saya yaitu Iqbal Maulana S.T dan Mu'ammarr Khadafi yang juga turut ikut memberikan doa, motivasi, dan masukan kepada saya.
9. Sahrianti selaku pasangan yang telah menemani saya dari mulai awal perkuliahan sampai dengan saat ini yang juga selalu memberikan saran dan masukan kepada saya.
10. Semua pihak yang terlibat langsung ataupun tidak langsung yang tidak dapat penulis ucapkan satu-persatu yang telah membantu penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan

manfaat bagi pembaca dan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dan saya sangat berharap skripsi saya bisa menjadi landasan pendidikan terkait dengan ilmu Iot dan logika fuzzy.

Medan, 8 September 2025

Penulis

SISTEM IRIGASI CERDAS UNTUK TANAMAN *GREENHOUSE*
MENGUNAKAN LOGIKA *FUZZY* MAMDANI DAN
PREDIKSI CUACA BERBASIS *IOT*

ABSTRAK

Sistem irigasi modern menjadi solusi penting dalam meningkatkan efisiensi penggunaan udara pada pertanian, terutama di lingkungan rumah kaca yang membutuhkan kontrol presisi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem irigasi cerdas berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan sensor kelembaban tanah YL-69, sensor suhu dan kelembaban udara DHT11, serta mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan bot Telegram sebagai media kontrol jarak jauh. Metode logika fuzzy Mamdani diterapkan untuk menentukan durasi penyiraman berdasarkan kondisi kelembaban tanah dan prediksi cuaca sederhana. Pengujian dilakukan pada tanaman seledri dengan media polybag di rumah kaca Ammar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca kondisi lingkungan secara real-time, melakukan penyiraman otomatis pada interval dua jam, serta menjalankan perintah manual melalui Telegram dengan baik. Sistem ini terbukti dapat mengurangi pemborosan udara dan memberikan kemudahan bagi pengguna dalam menghubungkan serta mengendalikan penyiraman tanaman dari jarak jauh.

Kata Kunci: IoT, Irigasi Cerdas, Logika Fuzzy, Rumah Kaca, Telegram Bot

*SMART IRRIGATION SYSTEM FOR GREENHOUSE PLANTS USING
MAMDANI FUZZY LOGIC AND IOT-BASED
WEATHER PREDICTION*

ABSTRACT

Modern irrigation systems play an important role in improving water use efficiency in agriculture, especially in greenhouse environments that require precise control. This study aims to design and implement a smart irrigation system based on the Internet of Things (IoT) using a YL-69 soil moisture sensor, a DHT11 temperature and humidity sensor, and an ESP32 microcontroller connected to a Telegram bot as a remote control interface. The Mamdani fuzzy logic method is applied to determine the watering duration based on soil moisture conditions and simple weather prediction. Testing was carried out on celery plants cultivated in polybag media at Ammar's greenhouse. The results show that the system can read environmental conditions in real time, perform automatic watering at two-hour intervals, and execute manual commands via Telegram successfully. This system has proven effective in reducing water waste and providing users with convenience in monitoring and controlling plant irrigation remotely.

Keywords: IoT, Smart Irrigation, Fuzzy Logic, Greenhouse, Telegram Bot

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
RIWAYAT HIDUP	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II	8
LANDASAN TEORI	8
2.1 Penelitian Terdahulu	8
2.2 Sistem Irigasi Cerdas	11
2.3 Internet of Things (IoT)	12
2.4 Logika Fuzzy	13
2.5 Prediksi Cuaca	13
2.6 Tanaman Greenhouse(Rumah Kaca)	14
2.7 Mikokontroller	16
2.8 Sensor dan Aktuator.....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Data Penelitian	18
3.2 Alat dan Bahan.....	19
3.3 Perancangan Alat	21
3.4 Perancangan Perangkat Lunak.....	23
3.5 Perancangan Sistem	25
3.5.1 Dekripsi Sistem	25
3.5.2 Diagram Sistem.....	26
3.6 Perancangan Logika Fuzzy	28

3.6.1	Metode fuzzy mamdani.....	28
3.7	Integrasi Prediksi Cuaca.....	34
3.8	Waktu Penelitian.....	36
BAB IV	PEMBAHASAN	38
4.1	Hasil Pengujian Sensor dan Konektivitas	38
4.2	Klasifikasi Cuaca Berdasarkan Data Historis	39
4.3	Hasil Penelitian	41
4.3.1	Implementasi Perangkat Keras.....	41
4.4	Pembuatan dan Pengujian Sistem Irigasi Cerdas	44
4.4.1	Pengujian Sistem Irigasi Cerdas	44
4.4.2	Pembuatan Sistem Irigasi Cerdas.....	44
4.5	Pengujian dan Analisis Data	45
4.6	Penerapan Program Perangkat Lunak	46
4.7	Pembahasan.....	51
4.7.1	Fitur Sistem Irigasi Cerdas.....	51
4.7.2	Keefektifan sistem.....	53
4.7.3	Kehandalan Sistem.....	53
4.8	Pengujian Alat.....	54
4.8.1	Analisis Pengujian Alat.....	57
BAB V	59
PENUTUP	59
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	8
Tabel 2. 2 Fuzzy set penyiraman	31
Tabel 2. 3 Aturan dasar fuzzy	31
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan.....	20
Tabel 3. 2 Fuzzy set kelembapan tanah	29
Tabel 3. 3 Fuzzy set cuaca	30
Tabel 3. 4 Waktu penelitian	36
Table 4. 1 Rangkuman Data Historis Cuaca Bulan Juni 2025	40
Table 4. 2 Tabel Perbandingan saat hujan pada bulan Juni	40
Table 4. 3 Perbandingan saat mendung di bulan Juni	40
Table 4. 4 Perbandingan saat panas di bulan Juni.....	40
Table 4. 5 Data parameter untuk menentukan cuaca	41
Table 4. 6 Tabel Hasil Pengujian	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Data Urban Farming.....	15
Gambar 3. 1 Perancangan alat.....	21
Gambar 3. 2 Perancangan Perangkat Lunak	23
Gambar 3. 3 Flowchart sistem	26
Gambar 3. 4 Flowchart Fuzzy	33
Gambar 3. 5 Flowchart prediksi cuaca.....	35
Gambar 4. 1 Deployment Diagram	41
Gambar 4. 2 Pengujian Penyiraman.....	55
Gambar 4. 3 Pengujian Penyiraman Manual Dari Bot Telegram	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Irigasi merupakan salah satu aspek penting dalam budidaya tanaman untuk mendukung pertumbuhan yang optimal. Khususnya, tanaman yang dibudidayakan dalam pot dan polybag memiliki kebutuhan air yang berbeda dibandingkan dengan tanaman yang ditanam langsung di tanah terbuka. Media tanam yang terbatas pada pot dan polybag menyebabkan kelembapan tanah mengalami fluktuasi yang cepat. Hal ini disebabkan oleh volume air yang lebih sedikit serta intensitas penguapan yang lebih tinggi, sehingga pengaturan penyiraman yang tepat menjadi sangat krusial. Penyiraman yang tidak terjadwal dengan baik dapat menyebabkan kondisi yang tidak ideal, seperti kekurangan air yang menghambat pertumbuhan tanaman atau kelebihan air yang berpotensi menyebabkan pembusukan akar dan gangguan kesehatan tanaman. (Andalia Roza et al., 2023)

Sistem irigasi cerdas yang dikembangkan ini secara khusus ditujukan bagi petani urban, pekebun kecil, dan pengelola tanaman pot serta polybag yang berada di ruang terbatas seperti rumah, balkon, greenhouse, ataupun kebun kecil. Media tanam pot dan polybag memerlukan perawatan khusus mengingat keterbatasan volume media tanam yang menyebabkan kebutuhan penyiraman seringkali sangat berbeda dengan tanaman yang ditanam langsung di tanah terbuka. Dalam konteks ini, penyiraman yang terlalu sedikit akan mempercepat keringnya media tanam dan menyebabkan stres tanaman, sedangkan penyiraman berlebih berpotensi menimbulkan masalah fisiologis pada akar tanaman dan meningkatkan risiko

penyakit. Oleh karena itu, sistem yang mampu memberikan penyiraman otomatis yang tepat durasi dan frekuensi akan sangat membantu meningkatkan produktivitas dan kesehatan tanaman dalam pot dan polybag.(Tarigan et al., 2023)

Greenhouse atau rumah kaca adalah bangunan yang dirancang khusus untuk menumbuhkan tanaman dalam kondisi lingkungan yang terkontrol. Struktur ini umumnya terbuat dari rangka besi,baja atau kayu yang dilapisi kaca atau plastik tembus cahaya, sehingga memungkinkan cahaya matahari masuk sekaligus melindungi tanaman dari hujan, angin, dan hama. Rumah kaca memungkinkan pengaturan suhu, kelembapan, dan sirkulasi udara agar tanaman dapat tumbuh optimal sepanjang tahun, terlepas dari kondisi iklim di luar ruangan(Abu et al., 2022)..Seiring dengan meningkatnya minat terhadap greenhouse atau rumah kaca, banyak masyarakat kota mulai menanam tanaman menggunakan greenhouse sebagai aktivitas sampingan atau hobi produktif. Berdasarkan studi yang dilakukan oleh beberapa lembaga pertanian dan laporan Badan Pusat Statistik (BPS), mayoritas pelaku urban farming di perkotaan bukanlah petani profesional, melainkan individu yang memiliki pekerjaan utama seperti pegawai, mahasiswa, atau pelaku usaha kecil. Keterbatasan waktu dan tenaga menjadi salah satu tantangan utama dalam merawat tanaman secara konsisten, khususnya dalam hal penyiraman.

Teknologi Internet of Things (IoT) hadir sebagai inovasi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Sistem irigasi otomatis berbasis IoT memungkinkan proses penyiraman tanaman greenhouse dilakukan secara otomatis berdasarkan data real-time dari sensor kelembapan tanah dan suhu lingkungan. Dengan bantuan mikrokontroler seperti ESP32 dan koneksi internet, sistem ini dapat

mengatur penyiraman secara cerdas dan efisien tanpa memerlukan intervensi manual harian dari pengguna. Sebagai bagian dari pengembangan sistem irigasi cerdas, metode prediksi cuaca dikembangkan secara mandiri dengan mengklasifikasikan data real-time dari sensor, suhu, dan kelembapan udara yang terpasang di dalam greenhouse. Ketiga parameter ini dipilih karena sangat memengaruhi kondisi iklim mikro yang berdampak pada kebutuhan air tanaman greenhouse atau rumah kaca (Saragih & Kurniawan, 2025). Data sensor diklasifikasikan menggunakan algoritma khusus untuk mendeteksi kondisi cuaca lokal, sehingga prediksi yang dihasilkan lebih akurat dibandingkan data cuaca eksternal umum. Hasil klasifikasi ini kemudian digunakan sebagai input tambahan pada sistem irigasi cerdas berbasis logika fuzzy Mamdani untuk mengatur penyiraman secara otomatis dan adaptif, seperti menunda irigasi saat prediksi menunjukkan kelembapan tinggi atau kemungkinan hujan, sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dan menjaga kesehatan tanaman secara optimal.

Dalam pengoperasiannya, sistem ini memanfaatkan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali yang mengelola input sensor serta eksekusi aktuator pompa atau katup air berdasarkan hasil inferensi dari logika fuzzy dan data prediksi cuaca. Dengan kemampuan IoT, data kondisi tanaman dan lingkungan dapat dipantau secara real-time melalui aplikasi smartphone atau web, memberikan kemudahan bagi pengguna untuk melakukan monitoring dan pengendalian jarak jauh tanpa perlu hadir secara fisik di lokasi. (Rahayu et al., 2024) Hal ini menjadi nilai tambah bagi pekebun urban yang memiliki keterbatasan waktu untuk merawat tanaman secara manual. Penelitian ini dilaksanakan di Greenhouse

Ammar yang terletak di Adansari kelurahan Terjun kecamatan Medan Marelan. Greenhouse ini merupakan fasilitas modern yang digunakan untuk budidaya tanaman pot dan polybag dalam lingkungan yang terkendali. Penelitian berlangsung pada periode bulan maret 2025-agustus 2025, dengan fokus pada pengembangan sistem irigasi cerdas berbasis IoT yang mampu menyesuaikan penyiraman berdasarkan data mikroklimat lokal di dalam rumah kaca. Pemilihan lokasi Greenhouse Ammar didasarkan pada kondisi lingkungan yang representatif sebagai model urban farming di ruang terbatas, sehingga hasil penelitian dapat diterapkan secara luas pada skala kecil dan menengah.

Penelitian mengenai irigasi otomatis berbasis IoT dengan penerapan logika fuzzy dan data cuaca telah dilakukan pada berbagai tanaman, seperti cabai, bunga matahari, dan sayuran daun dengan hasil peningkatan efisiensi penggunaan air serta kemudahan pengelolaan irigasi (Adiwilaga et al., 2024;). Namun, penelitian yang mengintegrasikan ketiga teknologi tersebut secara menyeluruh dengan fokus pada tanaman pot dan polybag di lingkungan greenhouse masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini diangkat dengan judul **“Sistem Irigasi Cerdas untuk Tanaman Greenhouse Menggunakan Logika Fuzzy Mamdani dan Prediksi Cuaca Berbasis IoT”** sebagai upaya inovatif untuk mengisi kekosongan riset tersebut dan memberikan kontribusi praktis yang aplikatif bagi pengembangan pertanian skala kecil dan urban farming.

Dengan tujuan merancang, mengembangkan, serta menguji sistem irigasi otomatis yang mampu mempertimbangkan kondisi kelembapan tanah dan prediksi cuaca lokal, diharapkan sistem ini dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air secara signifikan. Inovasi sistem ini juga diproyeksikan dapat mendorong

pengelolaan irigasi yang lebih cerdas dan adaptif pada tanaman pot dan polybag, mendukung pertanian ramah lingkungan dan pengurangan beban kerja manual bagi petani modern.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang sistem irigasi cerdas berbasis IoT yang dapat memantau kebutuhan air pada tanaman greenhouse?
2. Bagaimana logika fuzzy dapat digunakan untuk menentukan kebutuhan penyiraman tanaman?
3. Bagaimana prediksi cuaca dapat diintegrasikan dalam sistem untuk meningkatkan efisiensi penyiraman?
4. Bagaimana implementasi sistem irigasi cerdas dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan air pada tanaman greenhouse?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan utama, maka batasan masalah yang diterapkan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada greenhouse sebagai representasi budidaya skala kecil atau urban farming.
2. Sistem menggunakan logika fuzzy mamdani dengan aturan yang telah ditentukan, tanpa penerapan metode kecerdasan buatan lain seperti machine learning.
3. Metode yang digunakan dalam prediksi cuaca hanya berdasarkan kelembapan, suhu dan data historis.

4. Sistem diuji secara lokal dan tidak membahas aspek komersialisasi.

1.4 Tujuan Penelitian

Agar penelitian memiliki arah yang jelas maka harus ada tujuannya, berikut beberapa tujuannya:

1. Merancang dan mengembangkan sistem irigasi cerdas berbasis IoT yang mampu mengukur kelembapan tanah pada tanaman greenhouse secara real time untuk membantu proses penyiraman.
2. Mengimplementasikan logika fuzzy sebagai metode pengambilan keputusan dalam menentukan kebutuhan penyiraman tanaman berdasarkan data sensor kelembapan tanah dan prediksi cuaca.
3. Mengintegrasikan prediksi cuaca ke dalam sistem irigasi untuk mengoptimalkan penyiraman dan menghindari penyiraman yang tidak diperlukan.
4. Menganalisis sistem dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air dan mengurangi ketergantungan terhadap penyiraman secara manual.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilakukan agar memiliki beberapa manfaat yaitu sebagai berikut:

1. Membantu petani rumahan atau penghobi tanaman dalam pot dan polybag untuk mengelola kebutuhan air tanaman secara otomatis dan efisien.
2. Mengurangi pemborosan air dengan penyiraman yang disesuaikan berdasarkan kondisi tanah dan prediksi cuaca.
3. Mengurangi beban penyiraman manual tanaman greenhouse, sehingga menghemat tenaga dan waktu.

4. Menambah wawasan dan referensi terkait implementasi IoT, logika fuzzy dan prediksi cuaca dalam sistem irigasi cerdas.

BAB II
LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian Terdahulu

Berikut adalah tabel penelitian terdahulu

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul (Disarikan)	Hasil Penelitian	Kekurangan
Prasetyo et al. (2020)	Sistem irigasi otomatis berbasis logika fuzzy dan NodeMCU ESP8266	Mampu mengatur durasi penyiraman otomatis berdasarkan kelembaban dan suhu; meningkatkan efisiensi air dan pertumbuhan tanaman.	Tidak memanfaatkan data eksternal (cuaca) sehingga kurang adaptif terhadap kondisi lingkungan luar seperti hujan.
Adiwilaga et al. (2022)	Prototipe irigasi fuzzy berbasis Arduino dengan input suhu dan kelembaban tanah	Menjaga kelembapan tanah lebih stabil, sistem merespons perubahan kondisi lingkungan secara dinamis.	Belum mendukung konektivitas jarak jauh (non-IoT), pengontrolan masih terbatas secara lokal.
Rahayu et al. (2024)	Sistem irigasi otomatis berbasis IoT untuk bunga matahari	Hemat air hingga 30%, mempercepat pertumbuhan tanaman, cocok untuk petani urban.	Tidak mempertimbangkan faktor cuaca atau prediksi hujan, hanya mengandalkan sensor

Peneliti	Judul (Disarikan)	Hasil Penelitian	Kekurangan
Faturrahman et al. (2024)	Irigasi otomatis berbasis fuzzy dengan prediksi cuaca dan LoRa	Menunda penyiraman saat hujan diprediksi, hemat air hingga 40%, cocok untuk wilayah pasokan air terbatas.	Kompleksitas sistem tinggi; memerlukan integrasi API, dan jaringan LoRa yang tidak selalu tersedia di semua lokasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Prasetyo et al. (2020) bertujuan untuk mengatasi ketidakteraturan dalam penyiraman tanaman yang dilakukan secara manual. Mereka mengembangkan sistem irigasi otomatis berbasis logika fuzzy dan NodeMCU ESP8266. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mengatur durasi penyiraman secara otomatis berdasarkan input sensor kelembaban tanah dan suhu, yang meningkatkan efisiensi penggunaan air serta pertumbuhan tanaman secara signifikan. Prasetyo menyimpulkan bahwa logika fuzzy memberikan kemampuan adaptif yang lebih tinggi dibanding sistem threshold biasa. (Walid & Makruf, 2025).

Adiwilaga et al. (2022) mengembangkan prototipe sistem irigasi menggunakan logika fuzzy berbasis Arduino untuk menentukan durasi penyiraman berdasarkan suhu dan kelembaban tanah. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa sistem mampu merespons secara dinamis terhadap perubahan kondisi lingkungan. Penyiraman yang dilakukan berdasarkan nilai fuzzy menghasilkan kelembaban tanah yang lebih stabil dibandingkan metode fixed time. Penelitian ini dilakukan untuk menghadirkan solusi irigasi presisi di lahan sempit dan variatif.

Rahayu et al., (2024) membangun sistem irigasi otomatis untuk tanaman bunga matahari menggunakan sensor kelembaban tanah dan mikrokontroler berbasis IoT. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kesulitan petani dalam melakukan penyiraman tepat waktu akibat kesibukan lain. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mengurangi penggunaan air hingga 30% serta meningkatkan pertumbuhan tanaman lebih cepat selama masa vegetatif. Rahayu menyimpulkan bahwa sistem otomatis ini sangat membantu bagi petani urban yang memiliki keterbatasan waktu. Sebuah sistem irigasi otomatis telah dikembangkan dengan menggabungkan data cuaca dari APOpenWeather, sehingga dapat mencegah terjadinya penyiraman berlebih ketika hujan diperkirakan akan turun. Sistem ini memanfaatkan logika fuzzy untuk mengolah data dari sensor dan prediksi cuaca, serta menggunakan komunikasi LoRa agar dapat terhubung dalam jarak jauh. Berdasarkan hasil pengujian, sistem ini mampu menunda penyiraman ketika hujan diprediksi, sehingga konsumsi air berkurang hingga 40% dibandingkan sistem tanpa prediksi cuaca. Inovasi ini sangat bermanfaat, khususnya di wilayah yang memiliki pasokan air terbatas dan curah hujan yang tidak menentu. (Faturrahman et al., 2024.).

Kesimpulan dari berbagai penelitian tersebut menunjukkan bahwa kombinasi IoT, logika fuzzy, dan prediksi cuaca memberikan dampak positif terhadap efisiensi sistem irigasi cerdas. Sistem yang dibangun dengan pendekatan ini mampu merespons kondisi lingkungan secara dinamis, menghemat penggunaan air, serta memberikan kenyamanan bagi pengguna dalam pengelolaan tanaman. Namun pada penelitian yang pengkaji lakukan dengan pemanfaatan logika fuzzy mamdani dalam melakukan penyiraman dan memanfaatkan prediksi

cuaca melalui data historis yang dibuat secara local. Monitoring jarak jauh bisa dilakukan dengan menggunakan koneksi internet. Namun tidak adanya koneksi internet tidak membatasi dalam melakukan penyiraman cerdas karena sistem prediksi cuaca dilakukan secara manual dan lokal tanpa memerlukan koneksi internet.

2.2 Sistem Irigasi Cerdas

Pengairan atau irigasi merupakan suatu upaya pemberian air dan pengaturan air dalam menunjang pertanian. Secara umum metode pemberian air irigasi terdiri dari 4 jenis, yaitu irigasi permukaan, irigasi bawah permukaan, irigasi curah (sprinkler irrigation), dan irigasi tetes (drip irrigation). Irigasi tetes merupakan cara pemberian air di sekitar atau sepanjang area tanaman dengan cara meneteskan air melalui selang berlubang dengan debit air yang rendah. Irigasi tetes biasanya digunakan pada tanaman hortikultura (buah-buahan, sayuran, tanaman obat dan tanaman hias). Irigasi tetes sering digunakan di daerah dengan kelangkaan air permanen, topografi lahan yang tidak beraturan dengan drainase yang relatif buruk, tanah dengan tingkat infiltrasi rendah seperti tanah liat, dan tanaman yang ditempatkan di dalam pelindung plastik atau greenhouse. (Tarigan et al., 2023)

Sistem irigasi yang pengkaji gunakan adalah sistem irigasi tetes (drip irrigation), sistem irigasi cerdas merupakan sistem penyiraman tanaman yang bekerja secara otomatis dengan mempertimbangkan berbagai parameter lingkungan seperti kelembaban tanah, dan cuaca. Sistem ini biasanya menggunakan sensor, mikrokontroler, koneksi internet, dan algoritma cerdas seperti logika fuzzy untuk menentukan waktu dan durasi penyiraman secara efisien. Menurut (Nugraha & Novantara, 2025) sistem irigasi cerdas mampu

mengurangi pemborosan air dan meningkatkan efisiensi pertumbuhan tanaman karena dapat menyesuaikan kebutuhan air berdasarkan kondisi aktual lingkungan dan prediksi berdasarkan data historis.

2.3 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep di mana berbagai perangkat fisik saling terhubung melalui internet untuk bertukar data secara otomatis. Pada sistem irigasi, IoT menghubungkan sensor dan aktuator dengan pengendali secara real-time, memungkinkan pemantauan dan pengaturan penyiraman secara otomatis. Mikrokontroler seperti ESP32 digunakan untuk membaca data sensor kelembaban tanah, kelembapan udara dan suhu, lalu mengirimkan data tersebut ke platform untuk pemantauan dan pengendalian jarak jauh secara efisien (Arief et al., 2024). Dalam konteks irigasi sistem berbasis IoT, IoT berperan penting dalam menghubungkan data kelembaban tanah dengan data prediksi cuaca yang dihasilkan dari beberapa sensor yaitu kelembapan udara dan suhu, sistem ini pun menggunakan logika fuzzy untuk keperluan penjadwalan penyiraman yang efisien. IoT juga memberikan kemudahan pemeliharaan sistem karena administrator dapat mengakses dashboard monitoring dari mana saja selama terhubung ke internet. Sistem dapat dikonfigurasi untuk mengirimkan notifikasi jika terjadi gangguan seperti koneksi gagal, komponen rusak, atau akses tidak sah. Hal ini memberikan nilai tambah dalam hal keamanan, efisiensi operasional, dan kemudahan pengelolaan. Secara keseluruhan, penerapan IoT dalam sistem irigasi cerdas ini menjadikan proses manajemen penyiraman menjadi lebih cerdas, tepat waktu dan tepat sesuai kondisi lingkungan. IoT bukan hanya memungkinkan

otomatisasi, tetapi juga menghadirkan peluang integrasi dan analisis data jangka panjang yang bermanfaat bagi pengambilan keputusan

2.4 Logika Fuzzy

Logika fuzzy adalah metode pengambilan keputusan yang didasarkan pada prinsip derajat kebenaran, bukan logika biner. Dalam sistem irigasi otomatis, logika fuzzy digunakan untuk menentukan kapan dan seberapa banyak penyiraman dilakukan berdasarkan data input dari sensor, seperti kelembaban tanah dan suhu udara. Penggunaan metode Fuzzy Mamdani dalam sistem ini terbukti mampu menjaga kelembaban tanah secara optimal, bahkan di bawah kondisi suhu lingkungan yang bervariasi. Sistem ini tidak hanya mempertimbangkan satu faktor, tetapi juga memperhitungkan suhu lingkungan untuk menentukan durasi penyiraman yang paling efisien. Dengan demikian, metode fuzzy mamdani memungkinkan sistem untuk merespons perubahan lingkungan secara lebih fleksibel dan akurat. Sistem fuzzy ini mengadaptasi durasi penyiraman berdasarkan logika yang menggabungkan input kelembaban dan suhu, sehingga menghindari penyiraman berlebihan atau kurang yang umum terjadi pada metode penyiraman manual.. (Rizky Pamungkas, Aulia Ullah, Faizal & Zarory, 2025).

2.5 Prediksi Cuaca

Prediksi cuaca merupakan komponen penting dalam perancangan sistem irigasi otomatis yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air serta menyesuaikan kebutuhan tanaman dengan kondisi lingkungan yang dinamis. Pada umumnya, prediksi cuaca dilakukan melalui pemanfaatan Application Programming Interface (API) dari layanan cuaca daring seperti OpenWeather. Namun, dalam penelitian ini, pendekatan yang digunakan berbeda, yakni dengan

mengembangkan metode prediksi cuaca lokal berbasis data aktual dari sensor suhu, dan kelembapan udara. Sistem ini tidak bergantung pada koneksi internet atau penyedia data eksternal, melainkan melakukan analisis mandiri terhadap kondisi atmosferik mikro di sekitar tanaman secara real-time.

Data yang dikumpulkan dari sensor akan diproses dan diklasifikasikan menggunakan logika fuzzy untuk mengidentifikasi potensi cuaca seperti cerah, mendung, atau hujan berdasarkan pola perubahan nilai suhu kelembapan udara dan. Hasil prediksi ini menjadi parameter pendukung dalam pengambilan keputusan penyiraman, seperti menunda penyiraman apabila terdeteksi indikasi akan turun hujan. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan kemandirian sistem, tetapi juga mengurangi ketergantungan terhadap infrastruktur digital eksternal, sehingga lebih cocok diterapkan di wilayah dengan konektivitas terbatas. Selain itu, metode ini memberikan keuntungan dari sisi biaya operasional dan kontinuitas sistem, menjadikannya alternatif yang layak dan efisien dalam pengembangan sistem irigasi cerdas berbasis Internet of Things (IoT) di skala rumah tangga maupun urban farming. Integrasi data prediksi cuaca ke dalam sistem logika fuzzy meningkatkan ketepatan pengambilan keputusan sehingga dapat mengoptimalkan penggunaan air dan menghindari pemborosan. (Pogasang & , Gunawan, 2024).

2.6 Tanaman Greenhouse(Rumah Kaca)

Greenhouse atau rumah kaca adalah suatu bangunan yang dirancang khusus untuk menciptakan kondisi lingkungan yang terkendali, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Greenhouse umumnya berbentuk rumah atau bangunan tertutup yang menggunakan bahan transparan, seperti kaca atau

plastik, agar cahaya matahari tetap dapat masuk sebagai sumber energi fotosintesis



Gambar 2. 1 Data Urban Farming

Gambar di atas menampilkan data mengenai perkembangan petani milenial dan praktik urban farming di Indonesia pada tahun 2023. Urban farming merupakan kegiatan pertanian yang dilakukan di wilayah perkotaan dengan memanfaatkan lahan terbatas, seperti pekarangan rumah, rooftop, atau greenhouse. Metode ini menjadi solusi tepat bagi masyarakat perkotaan yang ingin bercocok tanam tanpa memerlukan lahan luas. Menurut data, jumlah petani berusia 19–39 tahun yang menggunakan teknologi digital dan modern mencapai lebih dari 16 juta orang, terdiri dari 14.943.232 laki-laki dan 1.840.823 perempuan. Fakta ini menunjukkan bahwa generasi muda mulai aktif berkontribusi dalam dunia pertanian berbasis teknologi, termasuk dalam skema

pertanian urban.

Selain itu, terdapat 12.919 rumah tangga yang menjalankan kegiatan urban farming dan 13.019 unit usaha pertanian perorangan yang berbasis urban farming. Ini menegaskan bahwa praktik ini semakin diminati, terutama karena kemudahan implementasi dan skalabilitasnya di lingkungan rumah. Metode menanam menggunakan greenhouse menjadi pilihan utama karena praktis, hemat tempat, dan mudah dikontrol dalam aspek penyiraman dan pemupukan. Greenhouse atau rumah kaca dibuat untuk memaksimalkan masuknya cahaya matahari. Melalui pendekatan ini, penelitian menjadi sangat relevan. Penggunaan teknologi IoT dalam pengambilan keputusan berbasis data cuaca dan kondisi tanah.

2.7 Mikokontroller

Mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai pusat kendali utama dalam sistem irigasi cerdas, yang menghubungkan sensor kelembaban tanah, modul komunikasi internet, dan perangkat lain secara simultan. Dengan dukungan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, ESP32 sangat cocok untuk aplikasi berbasis Internet of Things (IoT). Dalam sistem ini, ESP32 menerima data kelembaban tanah dari sensor dan memproses data dari sensor suhu dan kelembapan udara untuk menghasilkan prediksi cuaca yang tepat berdasarkan data real time, kemudian memproses kedua data tersebut menggunakan logika fuzzy untuk menentukan durasi penyiraman yang optimal. Selain itu, mikrokontroler juga mengontrol pompa air serta mengirimkan status sistem dan data pemantauan ke suatu aplikasi di smartphone secara real-time.

2.8 Sensor dan Aktuator

Dalam sistem irigasi cerdas berbasis IoT, sensor dan aktuator berperan penting sebagai penghubung antara sistem dengan lingkungan fisik. Sensor berfungsi sebagai perangkat input yang mendeteksi kondisi lingkungan, seperti kelembapan tanah, dan mengubahnya menjadi sinyal listrik yang dapat diproses oleh mikrokontroler. Sedangkan aktuator bertindak sebagai perangkat output yang menerima perintah dari mikrokontroler untuk melakukan tindakan fisik, misalnya mengaktifkan pompa air untuk penyiraman tanaman. Pada sistem ini, sensor kelembapan tanah digunakan untuk mengukur kadar air dalam media tanam, memberikan data real-time yang menjadi dasar pengambilan keputusan penyiraman. Sensor kelembapan tanah yang digunakan memiliki prinsip kerja pengukuran resistansi atau kapasitansi yang sensitif terhadap kadar air di dalam tanah. Data dari sensor ini kemudian dikombinasikan dengan data cuaca yang diperoleh melalui sensor kelembapan udara dan suhu berdasarkan data historis lokal dan diproses menggunakan logika fuzzy Mamdani untuk menentukan durasi penyiraman yang optimal. Keberadaan sensor ini sangat penting untuk memastikan bahwa penyiraman hanya dilakukan saat tanah benar-benar membutuhkan air, sehingga menghindari pemborosan air dan meningkatkan efisiensi sistem (Santoso & Setiawati, 2023). Selain itu, aktuator berupa pompa air berfungsi menjalankan perintah mikrokontroler untuk membuka atau menutup aliran air sesuai hasil inferensi fuzzy. Kombinasi sensor dan aktuator ini memungkinkan sistem beroperasi secara otomatis tanpa perlu pengawasan manual, sehingga sangat mendukung otomatisasi pertanian modern yang ramah lingkungan dan hemat sumber daya. (Rahayu et al., 2024)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua jenis utama, yaitu data primer dan data sekunder, yang keduanya memiliki peran penting dalam tahap perancangan, implementasi, serta evaluasi kinerja sistem irigasi otomatis. Data primer diperoleh melalui pengujian langsung pada tanaman yang ditanam dalam pot dan polybag di greenhouse Amar. Pengujian ini meliputi pemantauan kondisi lingkungan menggunakan sensor kelembaban tanah dan suhu udara yang terpasang pada media tanam. Data dikumpulkan secara otomatis melalui sistem irigasi yang telah dikembangkan oleh peneliti, dengan frekuensi pencatatan yang terjadwal untuk memastikan akurasi dan konsistensi data. Parameter yang diukur meliputi tingkat kelembaban media tanam dalam berbagai kondisi cuaca, durasi dan waktu aktifnya pompa air, serta respons sistem dalam menyesuaikan durasi penyiraman berdasarkan input logika fuzzy. Selain itu, dilakukan pencatatan log secara real-time saat sistem menerima data prediksi cuaca dari API OpenWeather, yang kemudian dianalisis untuk melihat pengaruhnya terhadap keputusan penyiraman. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi keandalan sistem dalam mengelola kebutuhan air tanaman secara adaptif dan efisien.

Sementara itu, data sekunder dikumpulkan dari berbagai sumber literatur yang beragam dan terpercaya, seperti jurnal ilmiah terkini, laporan penelitian terdahulu yang relevan, serta dokumentasi teknis modul mikrokontroler populer seperti ESP32 yang menjadi basis perangkat keras sistem. Referensi mengenai algoritma

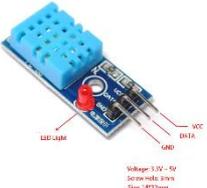
logika fuzzy juga menjadi acuan penting dalam merancang sistem pengambilan keputusan yang adaptif dan akurat. Selain itu, dokumentasi penggunaan API cuaca dari OpenWeather dimanfaatkan sebagai sumber data prediksi cuaca yang dapat diintegrasikan dalam sistem irigasi otomatis..Semua literatur ini digunakan sebagai dasar teoritis yang kuat untuk mendukung pengambilan keputusan dalam desain dan pengembangan sistem, sekaligus berfungsi sebagai pembanding terhadap pendekatan-pendekatan lain yang telah diterapkan dalam penelitian serupa di bidang pertanian cerdas dan otomasi irigasi. Dengan mengkaji berbagai sumber tersebut, peneliti dapat memastikan bahwa sistem yang dikembangkan tidak hanya inovatif dan efektif, tetapi juga sesuai dengan standar teknologi terkini dan kebutuhan praktis di lapangan. Selain itu, penggunaan data sekunder ini membantu mengidentifikasi celah penelitian yang belum banyak dibahas, sehingga memberikan kontribusi baru dalam pengembangan teknologi irigasi berbasis IoT dan logika fuzzy (Saragih & Kurniawan, 2025).

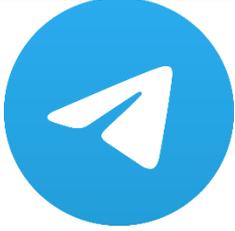
Secara keseluruhan, kombinasi data primer dan sekunder ini memungkinkan peneliti untuk melakukan analisis yang komprehensif, mulai dari pengembangan konsep, implementasi teknis, hingga evaluasi performa sistem irigasi otomatis. Pendekatan ini diharapkan dapat menghasilkan sistem yang tidak hanya berfungsi secara optimal, tetapi juga dapat diandalkan dan mudah diadaptasi dalam berbagai kondisi lingkungan dan kebutuhan pertanian urban(*Urban Farming*).

3.2 Alat dan Bahan

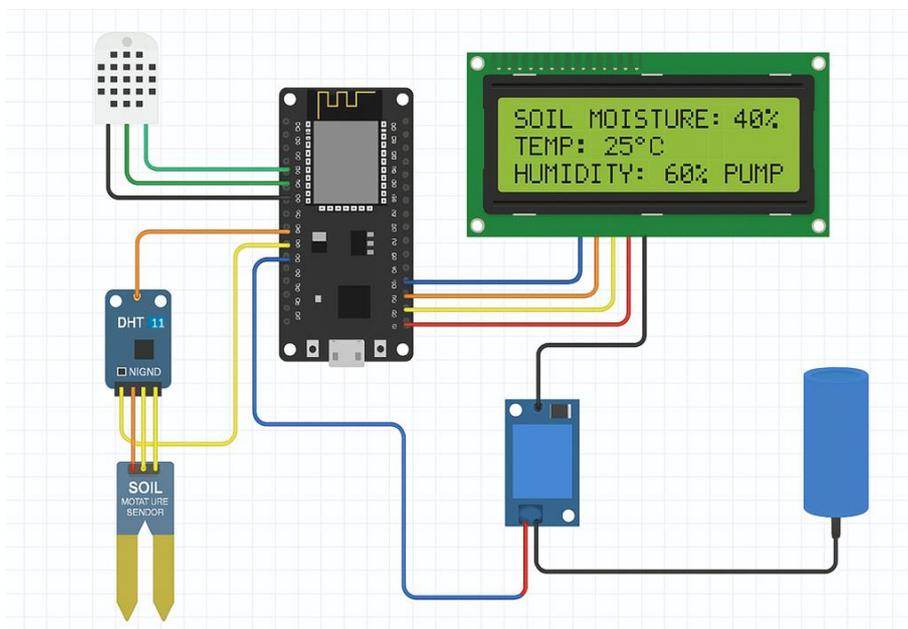
Alat yang digunakan untuk membangun prototype sistem irigasi ini meliputi,berikut:

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan

No	Gambar	Nama Alat/Bahan	Fungsi
1		ESP32	Mikrokontroler utama untuk mengendalikan sistem
2		Soil moisture sensor(yl-69)	Mendeteksi dan membaca kelembapan tanah pada pot atau poybag
3		Pump	Pompa air kecil untuk menyiram tanaman sesuai yang dibutuhkan
4		Modul Relay 5v	Untuk mengoptimalkan arus utama ke pompa otomatis.
5		Breadboard/Kabel Jumper	Perakitan Sistem
7		Sensor kelembapan udara dan suhu (DHT11)	Sensor ini untuk membaca data kelembapan udara dan suhu

8		Telegram	Untuk melakukan perintah manual dari pengguna maka digunakan bot telegram
---	---	----------	---

3.3 Perancangan Alat



Gambar 3. 1 Perancangan alat

1. Inisialisasi Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan komponen utama yang mengendalikan seluruh sistem. Langkah awal perancangan dimulai dengan inisialisasi ESP32 melalui pemrograman menggunakan Arduino IDE. ESP32 dipilih karena telah dilengkapi dengan Wi-Fi bawaan, memudahkan integrasi dengan firebase. Setelah koneksi internet terhubung, ESP32 dikonfigurasi untuk membaca sinyal analog dari sensor dan mengendalikan output digital ke relay.

2. Integrasi Sensor Kelembapan Tanah

Sensor kelembapan tanah dihubungkan ke salah satu pin analog ESP32. Pada tahap ini, sensor diuji untuk memastikan bahwa output nilai analog yang dihasilkan mencerminkan tingkat kekeringan tanah secara akurat. Nilai ini nantinya akan menjadi input logika fuzzy, yang menentukan apakah pompa perlu diaktifkan atau tidak.

3. Prediksi Cuaca Dengan Sensor DHT 11

Setelah sensor bekerja dengan baik, sistem akan melakukan pemrosesan data kelembapan dan suhu untuk menentukan prediksi cuaca yakni berdasarkan data yang dihasilkan dan data historis yang sudah diklasifikasikan sebelumnya.

4. Implementasi Logika Fuzzy

Pada tahap ini, data dari sensor kelembapan tanah dan prediksi cuaca diproses menggunakan logika fuzzy. Alih-alih pengambilan keputusan biner (on/off), logika fuzzy memungkinkan keputusan yang lebih fleksibel seperti "tanah agak kering" atau "cuaca mungkin hujan". Dari hasil fuzzifikasi, sistem akan menentukan apakah perlu mengaktifkan pompa, dan jika iya, berapa lama durasinya.

5. Pengendalian Pompa melalui Modul Relay

Setelah keputusan fuzzy dihasilkan, ESP32 akan mengirim sinyal digital ke modul relay. Relay ini bertindak sebagai saklar elektronik untuk menghubungkan daya ke pompa air mini. Jika pompa perlu aktif, relay akan menutup sirkuit dan mengaktifkan pompa selama waktu tertentu yang telah ditentukan.

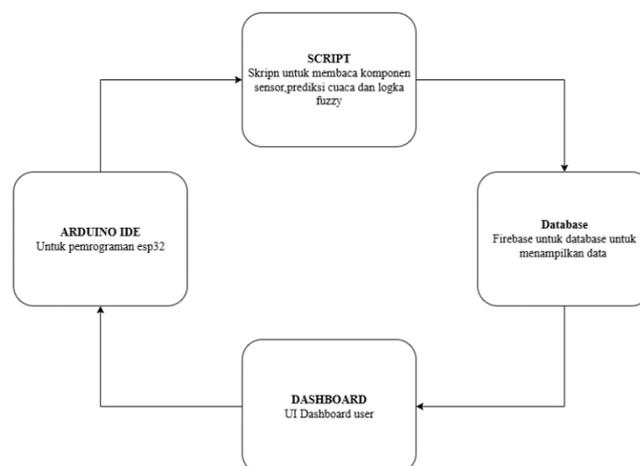
6. Penyiraman Tanaman oleh Pompa Mini

Pompa mini akan menyiram tanaman saat menerima daya melalui relay. Pompa ini dirancang untuk kebutuhan kecil dan menggunakan arus DC, menjadikannya hemat daya dan mudah dikendalikan. Pompa mini 12v ini memiliki kekuatan untuk memompa air dengan kecepatan 1,4 liter per menit. Maka dari itu penyiraman berlangsung sesuai hasil logika fuzzy dan dapat dihentikan otomatis.

7. Perakitan Sistem dengan Breadboard dan Kabel Jumper

Seluruh rangkaian dirakit menggunakan breadboard untuk mempermudah proses pengembangan dan pengujian. Kabel jumper digunakan untuk menghubungkan pin ESP32 dengan sensor, relay, dan komponen lainnya. Perakitan dilakukan secara sistematis untuk meminimalkan kesalahan koneksi dan memastikan aliran data dan daya berjalan sesuai kebutuhan.

3.4 Perancangan Perangkat Lunak



Gambar 3. 2 Perancangan Perangkat Lunak

1. Arduino IDE merupakan lingkungan pemrograman sumber terbuka yang sederhana namun sangat fleksibel, dan banyak digunakan dalam

pengembangan sistem tertanam berbasis mikrokontroler. Dalam proyek ini, Arduino IDE digunakan untuk memprogram modul ESP32 yang menjadi otak utama sistem irigasi otomatis. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah C/C++ dengan struktur yang ringkas dan mudah dipahami

Melalui Arduino IDE, pengguna dapat:

- a. Mengimpor library seperti WiFi.h, HTTPClient.h, dan ArduinoJson.h
- b. Mengatur pin-pin untuk sensor dan relay
- c. Melakukan proses kompilasi dan unggah kode langsung ke board ESP32
- d. Melihat data sensor secara langsung menggunakan fitur serial monitor

ESP32 dipilih karena memiliki kemampuan Wi-Fi bawaan yang memungkinkan pengambilan data dari internet dan koneksi ke platform IoT.

2. Skrip Pembacaan Sensor Kelembapan Tanah dan Prediksi Cuaca

Setelah board ESP32 diprogram, perangkat akan menjalankan skrip yang bertugas membaca data kelembapan udara dan suhu untuk prediksi cuaca. Setelah itu data prediksi cuaca di kombinasikan dengan data kelembapan tanah menggunakan logika fuzzy.

ESP32 kemudian mengekstrak data penting seperti:

- a. Kondisi cuaca (cerah, mendung, hujan)
- b. Kelembapan tanah (persentase (%))

3. Fuzzyfikasi (Logika Fuzzy)

Tahapan ini merupakan inti dari pengambilan keputusan sistem irigasi otomatis. Data kelembapan dan prediksi cuaca yang telah diperoleh akan diproses menggunakan metode logika fuzzy. Logika fuzzy digunakan karena

mampu menangani nilai-nilai tak pasti dan input linguistik, seperti "kering", "lembap", "cerah", atau "mendung". Berdasarkan aturan yang telah ditentukan (rule base), sistem akan menentukan durasi penyiraman.

3.5 Perancangan Sistem

Perancangan sistem irigasi cerdas ini bertujuan untuk membangun sebuah sistem otomatisasi penyiraman tanaman yang responsif terhadap kondisi lingkungan, khususnya untuk tanaman yang dibudidayakan di dalam pot dan polybag. Sistem ini menggabungkan tiga komponen utama: Internet of Things (IoT), logika fuzzy, dan prediksi cuaca. Dengan pendekatan ini, proses penyiraman dapat dilakukan secara adaptif dan efisien, tanpa perlu intervensi manual.

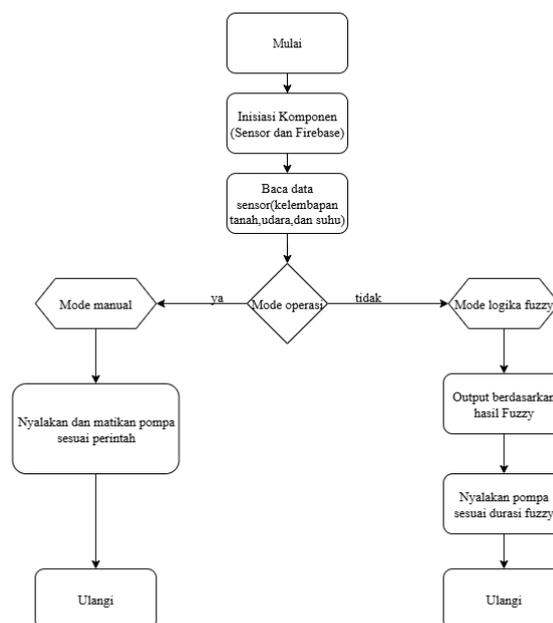
3.5.1 Deskripsi Sistem

Sistem irigasi yang dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali. ESP32 menerima input dari sensor kelembapan tanah serta memanggil data prediksi cuaca secara real-time dari OpenWeatherMap API. Kedua data tersebut diproses menggunakan metode logika fuzzy Mamdani untuk menentukan durasi penyiraman yang tepat. Hasil keputusan berupa perintah aktivasi pompa air selama waktu tertentu, tergantung kondisi kelembapan tanah dan cuaca. Sistem juga terhubung ke platform mobile aps, sehingga pengguna dapat memantau status sensor dan pompa secara langsung melalui aplikasi seluler atau web.

Pendekatan ini sesuai dengan penelitian Angga Ariawan (2024) yang mengembangkan sistem irigasi cerdas berbasis IoT menggunakan ESP32 dan logika fuzzy Mamdani. Dalam penelitian tersebut, aturan inferensi fuzzy

menggabungkan data suhu dan kelembaban untuk menentukan durasi irigasi secara adaptif dengan hasil yang mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air (Angga Ariawan, 2024). Selain itu, penelitian oleh Juliarni Pogasang et al. (2024) juga menerapkan sistem irigasi otomatis berbasis IoT dan logika fuzzy Mamdani pada tanaman tomat, yang menunjukkan tingkat keberhasilan otomatisasi hingga 99,5% dan deviasi pengukuran kelembaban yang sangat kecil (Pogasang et al., 2024). Lebih lanjut, penelitian oleh (Muttaqi et al., 2024) menggunakan sensor kelembaban tanah YL-69 dan sensor suhu DHT11 yang diproses dengan logika fuzzy Mamdani pada mikrokontroler ESP32, menghasilkan sistem penyiraman otomatis dengan akurasi 91,6% dan kemampuan monitoring real-time melalui aplikasi Blynk (Muttaqi et al., 2024) Sistem ini terbukti efektif dalam mengoptimalkan durasi penyiraman berdasarkan kondisi lingkungan secara dinamis.

3.5.2 Diagram Sistem



Gambar 3. 3 Flowchart sistem

a. Mulai

Mulai, proses diawali saat sistem dinyalakan dan mulai membaca data dari berbagai sensor dan sumber eksternal.

b. Sensor kelembapan tanah

Modul sensor kelembapan tanah akan membaca kadar air yang tersedia di media tanam. Data ini akan digunakan sebagai input utama dalam fuzzyfikasi

c. Sensor suhu dan kelembapan udara

Sensor ini membaca suhu dan kelembapan udara secara real-time untuk keperluan prediksi cuaca

d. Pengecekan mode

Untuk penyiraman tanaman disini disediakan 2 mode yaitu mode manual dan mode logika fuzzy

Mode Manual

e. Pengguna mengatur pompa secara langsung lewat aplikasi melalui firebase

f. Ulangi

Sistem melakukan looping selama waktu yang ditentukan

Mode Logika Fuzzy

g. Sistem mengeluarkan output berdasarkan logika fuzzy

h. Sistem menghitup dan matikan pompa sesuai output fuzzy

i. Ulangi

Setelah proses penyiraman selesai, sistem kembali ke awal untuk memulai siklus monitoring berikutnya sesuai waktu yang ditentukan.

3.6 Perancangan Logika Fuzzy

Logika fuzzy Mamdani digunakan dalam sistem ini sebagai metode pengambilan keputusan untuk menentukan durasi penyiraman air pada tanaman pot dan polybag. Pendekatan Mamdani dipilih karena kemampuannya dalam menangani ketidakpastian dan data linguistik secara efektif, sehingga sangat cocok untuk kondisi lingkungan yang variatif dan tidak selalu dapat diprediksi secara eksak, seperti kelembapan tanah dan kondisi cuaca. Metode ini memungkinkan sistem untuk mengolah input sensor dan data prediksi cuaca secara simultan melalui aturan fuzzy yang terstruktur, kemudian menghasilkan output durasi penyiraman yang adaptif dan presisi. Penelitian oleh (Ariawan, 2024) menunjukkan bahwa penerapan logika fuzzy Mamdani pada sistem irigasi cerdas berbasis ESP32 mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air dengan pengambilan keputusan yang responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan secara real-time. Selain itu, (Muttaqi et al., 2024) juga membuktikan efektivitas metode Mamdani dalam menghasilkan durasi penyiraman yang akurat dan sistem monitoring yang handal melalui aplikasi IoT.

3.6.1 Metode fuzzy mamdani

Fuzzy Inference Sistem (FIS) merupakan suatu kerangka kerja yang memanfaatkan teori himpunan fuzzy dan logika fuzzy untuk melakukan penarikan kesimpulan atau pengambilan keputusan berbasis aturan fuzzy. Dalam implementasinya, FIS setidaknya terdiri dari dua aturan fuzzy untuk menghasilkan keputusan yang diinginkan. Secara umum, terdapat dua metode utama dalam FIS, yaitu metode Mamdani dan metode Sugeno. Perbedaan mendasar antara kedua metode ini terletak pada bentuk output yang dihasilkan serta proses komposisi

aturan dan defuzzifikasinya. Pada metode Mamdani, output yang dihasilkan berupa himpunan fuzzy yang kemudian di-defuzzifikasi menjadi nilai crisp, sehingga lebih mudah diinterpretasikan secara linguistik. Sementara itu, metode Sugeno menghasilkan output dalam bentuk fungsi linear atau konstanta, yang lebih efisien secara komputasi namun kurang interpretatif. Oleh karena itu, metode Mamdani lebih banyak digunakan pada sistem pendukung keputusan yang membutuhkan keluaran linguistik, sedangkan metode Sugeno lebih cocok untuk aplikasi yang memerlukan perhitungan matematis secara langsung. (Feizollahzade, 2020).

Berikut Langkah-langkah logika fuzzy mamdani

1. Fuzzyfikasi

Fuzzyfikasi adalah proses menetapkan himpunan fuzzy dari setiap variabel input dan output menggunakan *membership function*. *Membership function* atau Fungsi Keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. (Wardhani & Haerani, 2011)

a) Variabel Input

Kelembapan Tanah
Kering
Lembap
Basah

Tabel 3. 2 Fuzzy set kelembapan tanah

Cuaca
Cerah
Mendung
Hujan

Tabel 3. 3 Fuzzy set cuaca

Tabel 3.2 merupakan input atau saat ini *membership function* dari set kelembapan tanah yang terdiri dari 3 variabel linguistik, yakni kering(70-100), sedang(30-69) dan basah(0-29). Selanjutnya table 3.3 merupakan inputan atau yang saat ini disebut *membership function* dari fuzzy set cuaca yang juga terdiri dari 3 variabel linguistik, yakni cerah(clear), mendung(cloudy) dan hujan(rain). Fungsi keanggotaan ini berperan penting dalam tahap fuzzifikasi, di mana nilai-nilai input numerik diubah menjadi derajat keanggotaan pada himpunan fuzzy yang sesuai dengan kategori linguistik tersebut. Menurut Wardhani dan Haerani (2011), pemilihan fungsi keanggotaan yang tepat, seperti fungsi segitiga atau trapesium, sangat menentukan akurasi dan performa sistem fuzzy secara keseluruhan. Fungsi keanggotaan ini memetakan setiap nilai input ke dalam rentang antara 0 hingga 1, yang merepresentasikan tingkat keanggotaan nilai tersebut dalam suatu kategori fuzzy. Dengan demikian, penggunaan *membership function* yang sesuai memungkinkan sistem untuk menangani ketidakpastian dan variabilitas data lingkungan secara efektif dalam pengambilan keputusan irigasi. (Wardhani & Haerani, 2011)

b) Variabel output

Tabel 2. 2 Fuzzy set penyiraman

Durasi Penyiraman
Sangat Lama
Lama
Sedang
Sebentar
Tidak Menyiram

2. Menetapkan aturan fuzzy (*Rule-based Fuzzy*)

Dengan menggunakan fungsi implikasi yang dikenal sebagai min, pendekatan Fuzzy Mamdani membentuk aturan dasar fuzzy. Berdasarkan setiap variabel input yang tercantum pada Tabel 4 aturan dasar fuzzy, sembilan aturan dasar fuzzy dibuat. Pada hal ini operator AND (&) menyatakan hubungan dari setiap-setiap input. Berikut ditunjukkan oleh Tabel 3,5 aturan dasar fuzzy sebagai berikut.

Tabel 2. 3 Aturan dasar fuzzy

Aturan
Jika tanah kering cuaca cerah, pompa aktif sangat lama
Jika tanah lembap cuaca cerah pompa aktif lama
Jika tanah kering cuaca mendung, pompa aktif sedang
Jika tanah lembap cuaca mendung, pompa aktif sebentar
Jika tanah basah, lembap dan kering cuaca hujan pompa
Jika tanah basah, lembap dan kering cuaca hujan pompa tidak aktif

3. Defuzzyfikasi

Defuzzyfikasi merupakan tahap akhir dalam sistem logika fuzzy yang berfungsi untuk mengubah keluaran fuzzy berupa himpunan fuzzy menjadi nilai crisp (tegas) yang dapat digunakan sebagai keputusan akhir, misalnya durasi penyiraman pada sistem irigasi cerdas. Pada metode Mamdani, teknik defuzzyfikasi yang paling umum digunakan adalah metode centeroid atau Center Of Area(COA).Metode ini menghitung titik pusat area di bawah kurva fungsi keanggotaan output fuzzy, sehingga menghasilkan nilai tunggal yang merepresentasikan keluaran sistem secara keseluruhan. Dengan demikian, metode centroid memberikan hasil yang lebih akurat dan representatif dibandingkan metode defuzzyfikasi lainnya..

$$y^* = \frac{\int \mu_{output}(y) \cdot y \, dy}{\int \mu_{output}(y) \, dy}$$

Dimana:

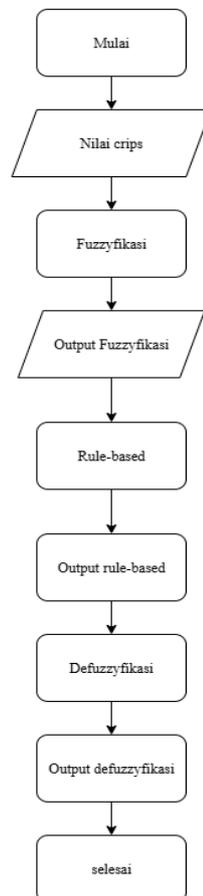
y^* = nilai output crisp hasil defuzzyfikasi

$\mu_{output}(y)$ = fungsi keanggotaan fuzzy output pada nilai y

y = variabel output (misalnya durasi penyiraman dalam detik)

Menurut penelitian dalam jurnal (Santoso & Setiawati, 2023), metode centroid merupakan solusi yang efektif dalam mengambil titik pusat daerah fuzzy sehingga memberikan hasil nilai output yang mudah dipahami dan akurat untuk aplikasi pengambilan keputusan berbasis fuzzy (Santoso & Setiawati, 2023)Penelitian lain juga menunjukkan bahwa metode centroid memiliki tingkat keberhasilan yang lebih tinggi dibandingkan metode lain seperti Mean of Maxima (MOM) dalam

berbagai aplikasi sistem inferensi fuzzy (Amaliatul & Sitepu, 2007). Berikut merupakan flowchart dari logika fuzzy yang dirancang oleh pengkaji.



Gambar 3. 4 Alur Logika Fuzzy

1. Mulai

Proses dimulai, menandakan awal dari eksekusi sistem logika fuzzy.

2. Nilai Crips

Sistem menerima nilai crisp (nilai input pasti) dari sensor atau sumber data lain.

Contoh: Kelembapan tanah 70%, cuaca cerah

3. Fuzzyfikasi

Proses mengubah nilai crisp menjadi nilai fuzzy berdasarkan fungsi keanggotaan.

Contoh: kelembapan tanah 70% dikategorikan sebagai “kering”,

4. Output Fuzzyfikasi

Hasil fuzzyfikasi berupa derajat kedalaman untuk setiap kategori

5. Berbasis aturan

Sistem menerapkan aturan (aturan) berdasarkan logika fuzzy yang telah ditentukan.

Contoh:

Jika kelembapan “kering” DAN cuaca “cerah” → pompa dinyalakan sangat lama

6. Output Rule-based

Hasil dari penerapan aturan berupa output fuzzy

7. Defuzzyfikasi

Proses mengubah hasil fuzzy menjadi nilai crisp kembali.

8. Output Defuzzyfikasi

Nilai akhir yang sudah dalam bentuk crisp dan siap digunakan oleh sistem atau aktuator.

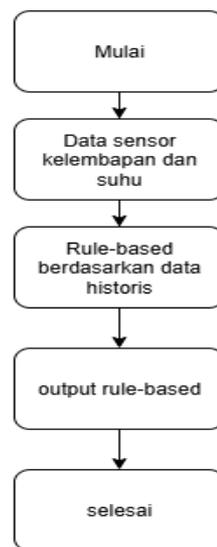
9. Selesai

Proses berakhir setelah output dikirim atau dijalankan

3.7 Integrasi Prediksi Cuaca

Untuk mengimplementasikan integrasi prediksi cuaca disini pengkaji menggunakan kelembapan dan suhu data terkini yang di di atur berdasarkan data

historis yang terjadi di wilayah penelitian. Pendekatan ini memungkinkan sistem menyesuaikan durasi penyiraman secara adaptif berdasarkan kondisi cuaca saat ini dan prediksi cuaca sehingga mengoptimalkan penggunaan air dan mencegah pemborosan. Berikut beberapa langkah-langkah implementasi integrasi prediksi cuaca sebagai berikut:



Gambar 3. 5 Alur prediksi cuaca

1. Mulai

Sistem memulai proses

2. Data Sensor

Sistem membaca data kelembapan udara dan suhu dari sensor dht 11

3. Aturan dasar

Data yang diperoleh diproses berdasarkan aturan yang sudah ditentukan sebelumnya. Aturan ini dibuat berdasarkan data historis di wilayah yang akan digunakan, disini pengkaji menggunakan wilayah di greenhouse amar yaitu di medan marelan.

4. Keluaran aturan

Sistem menghasilkan keluaran sesuai dengan aturan yang sudah dibuat dan nantinya keluaran ini akan digunakan untuk proses berikutnya.

3.8 Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini direncanakan berlangsung selama empat bulan, dimulai pada bulan maret 2025 sampai dengan agustus 2025. Jadwal ini mencakup seluruh tahapan penelitian mulai dari persiapan alat dan bahan, pengumpulan data, pelaksanaan eksperimen, hingga analisis data dan penulisan laporan. Adapun rincian waktu pelaksanaan kegiatan penelitian dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. 4 Waktu penelitian

No	Kegiatan	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus
1	Persiapan alat dan bahan						
2	Pengumpulan data						
3	Pelaksanaan Eksperimen						
4	Analisis data						
5	Penulisan laporan						

Penelitian ini berlangsung selama enam bulan dalam satu tahun akademik, dengan jadwal kegiatan yang disusun secara rinci dalam bentuk tabel untuk memudahkan pemantauan dan pengendalian waktu. Tahapan awal meliputi persiapan alat dan bahan, seperti pengadaan mikrokontroler, sensor kelembaban tanah, dan perangkat pendukung lainnya. Persiapan ini juga mencakup pengujian awal agar semua komponen berfungsi dengan baik sebelum digunakan dalam eksperimen. Setelah itu, dilakukan pengumpulan data dengan memasang sensor

pada tanaman dalam pot dan polybag untuk merekam kondisi kelembaban tanah secara real-time sebagai input sistem irigasi otomatis.

Selanjutnya, tahap pelaksanaan eksperimen dilakukan dengan menguji sistem irigasi berdasarkan data sensor dan integrasi prediksi cuaca. Data hasil eksperimen kemudian dianalisis menggunakan metode logika fuzzy untuk mengevaluasi efektivitas sistem dalam menentukan durasi penyiraman secara adaptif dan efisien. Tahap akhir adalah penyusunan laporan yang memuat seluruh hasil penelitian secara sistematis, mulai dari latar belakang, metodologi, hasil, pembahasan, hingga kesimpulan. Penjadwalan yang terstruktur ini memastikan seluruh tahapan penelitian berjalan sesuai rencana dan tepat waktu, sehingga hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Sensor dan Konektivitas

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa perangkat keras dan perangkat lunak yang dirancang dapat berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian. Pengujian mencakup kinerja mikrokontroler ESP32, sensor kelembapan tanah, sensor suhu dan kelembapan udara, serta integrasi dengan jaringan nirkabel. Selain itu, sistem juga diuji terkait konektivitas dengan bot Telegram sebagai media untuk menjalankan sistem secara manual. Hasil pengujian ini diharapkan dapat menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pemantauan kondisi lingkungan dan memberikan respon penyiraman secara otomatis berdasarkan parameter yang ditentukan. Berikut merupakan hasil dari pengujian tiap sensor secara singkat :

1. Mikrokontroler ESP32:
 - a. Mengontrol keseluruhan sistem berdasarkan input dari TCS3200.
 - b. Memiliki konektivitas Wifi dan Bluetooth, memungkinkan pengiriman data secara nirkabel
2. Modul Wifi
 - a. Terintegrasi dalam ESP32 untuk menghubungkan kotak amal ke internet dan mengirim data donasi ke server. b.
 - b. Modul Wifi berfungsi dengan baik dan stabil dalam pengiriman data.
3. Sensor DHT11
 - a. Digunakan untuk membaca suhu dan kelembapan udara secara real-time untuk keperluan pendeteksian cuaca.

- b. Sensor berhasil membaca suhu dan kelembapan udara yang mampu mendeteksi cuaca dengan akurasi yang cukup.
4. Sensor YL-69
- a. Digunakan untuk membaca kelembapan tanah secara real-time.
 - b. Sensor berjalan dengan baik.
5. Tampilan LCD
- a. Menampilkan status wifi, lalu
 - b. Menampilkan prediksi cuaca dan kelembapan tanah serta pompa off atau on

4.2 Klasifikasi Cuaca Berdasarkan Data Historis

Prediksi cuaca yang akan digunakan dalam penelitian ini menggunakan data cuaca yang diklasifikasikan berdasarkan parameter kondisi cuaca yang sudah terjadi. Klasifikasi cuaca pada penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan data historis yang diperoleh dalam periode waktu 1 bulan tepatnya pada bulan juni. Metode klasifikasi didasarkan pada pola kondisi lingkungan, di mana nilai rata-rata suhu dan kelembapan pada suatu hari dibandingkan dengan kategori cuaca yang telah ditentukan. Sebagai contoh, kondisi suhu tinggi dengan kelembapan rendah cenderung diklasifikasikan sebagai “cerah”, sedangkan suhu sedang dengan kelembapan tinggi lebih sering menunjukkan kondisi “mendung” atau “hujan”. Dengan cara ini, sistem dapat memprediksi kecenderungan cuaca berikutnya berdasarkan karakteristik suhu dan kelembapan yang dominan pada periode sebelumnya.

Table 4. 1 Rangkuman Data Historis Cuaca Bulan Juni 2025

Waktu	suhu	kelembapan	cuaca
Siang hari	<31	>70	Hujan
Siang hari	31-32	>60	Mendung
Siang hari	>31	<60	Panas

Sumber:weather atlas.com

Berdasarkan tabel diatas maka diperlukan penyesuain deteksi suhu dan kelembapan dari sensor DHT11 dengan suhu dan kelembapan yang ada di weather-atlas.com.Disini peneliti akan menunjukkan perbandingan hasil dari suhu dan kelembapan dari sensor DHT11 dengan weather-atlas pada siang hari.

Table 4. 2 Tabel Perbandingan saat hujan pada bulan Juni

	suhu	kelembapan	cuaca
Weather-atlas	<31	>90	Hujan
Sensor DHT!!	31-32	>90	Hujan

Table 4. 3 Perbandingan saat mendung di bulan Juni

	suhu	kelembapan	cuaca
Weather-atlas	>30	>70	Mendung
Sensor DHT!!	>31	>70	Mendung

Table 4. 4 Perbandingan saat panas di bulan Juni

	suhu	kelembapan	cuaca
Weather-atlas	>31	<70	Panas
Sensor DHT!!	>32	<70	Panas

Dari 3 tabel diatas dapat disimpulkan bahwa hasil dari sensor DHT11 yang digunakan memiliki nilai lebih tinggi dari data cuaca di weather-atlas yaitu bernilai lebih tinggi 2 poin dari weather atlas, maka dari itu saya simpulkan pada tabel dibawah ini

Table 4. 5 Data parameter untuk menentukan cuaca

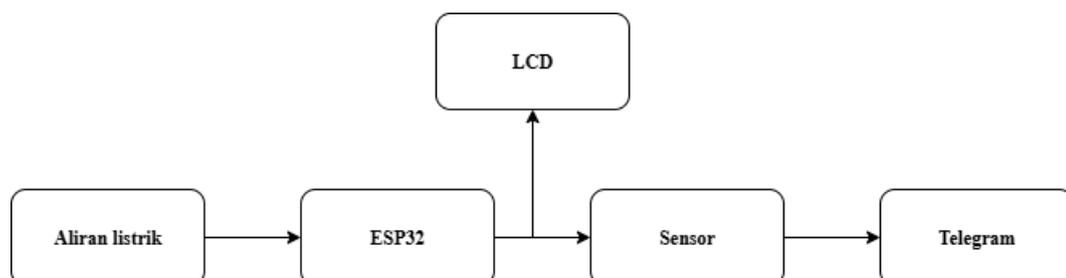
Waktu	suhu	kelembapan	cuaca
Siang hari	<31	>80	Hujan
Siang hari	31-32	>75	Mendung
Siang hari	>30	<60	Panas

Tabel diatas merupakan tabel dari data yang digunakan untuk menentukan cuaca pada penelitian yang pengkaji lakukan, data tersebut dipastikan valid dan dapat dibuktikan oleh pengkaji.

4.3 Hasil Penelitian

Hasil rancangan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya menjadi landasan utama dari temuan dalam penelitian ini. Perancangan sistem bertujuan untuk menguji apakah sistem dapat berfungsi dengan optimal dalam memenuhi tujuan penelitian. Gambar berikut menunjukkan alat yang telah dirakit dan digunakan dalam implementasi sistem tersebut

4.3.1 Implementasi Perangkat Keras



Gambar 4. 1 Deployment Diagram

Gambar di atas memperlihatkan hubungan kerja antar komponen dalam sistem kotak amal cerdas berbasis Internet of Things (IoT). Sistem ini menggunakan sensor DHT11 untuk prediksi cuaca dan sensor YL-69 untuk deteksi kelembapan tanah sebagai bagian utama, sebagaimana ditunjukkan dalam diagram deployment. Dalam perancangan sistem irigasi cerdas ini berikut panduan untuk melakukan integrasi antara esp32 dengan komponen-komponen yang digunakan.

1. Koneksi ESP32 ke sensor DHT 11

Pin DHT 11

- a. VCC : 3.3V
- b. GND : GND
- c. DAT : Data

Koneksi ke ESP32

- a. VCC -> 3.3 V(ESP32)
- b. GND->GND(ESP32)
- c. DAT->GPIO4(ESP32)

2. Koneksi ESP32 ke sensor YL-69

Pin YL-69

- d. VCC : 3.3V
- e. GND : GND
- f. AO: Data(pin data analog)

Koneksi ke ESP32

- d. VCC -> 3.3 V(ESP32)
- e. GND->GND(ESP32)

f. AO->GPIO36(ESP32)

3. Koneksi ESP32 ke OLED Display (I2C)

Pin LCD OLED

g. VCC : 3.3V

h. GND : GND

i. SCA: Data

j. SCL: CLOCK

Koneksi ke ESP32

g. VCC -> 3.3 V(ESP32)

h. GND->GND(ESP32)

i. SCA->GPIO21(ESP32)

j. SCL->GPIO22(ESP32)

4. Koneksi ESP32 ke Pompa Air melalui Relay

Pin Relay

a. VCC : Tegangan kerja modul relay

b. GND :GND

c. IN : Pin kontrol relay dari ESP32

d. NO : Biasanya Terbuka

e. COM : Common

Koneksi ke ESP32

a. VCC → 5V (ESP32)

b. GND → GND (ESP32)

c. IN → GPIO5(ESP32)

4.4 Pembuatan dan Pengujian Sistem Irigasi Cerdas

4.4.1 Pengujian Sistem Irigasi Cerdas

Setelah proses alat selesai dibuat maka langkah berikutnya adalah proses pengujian. Pada proses pengujian bagian menjadi 2 yaitu:

1. Sensor dapat membaca data sesuai dengan desain.
2. Pemilihan lokasi atau penempatan komponen berada pada posisi yang tepat agar sistem bekerja optimal.

Dapat disimpulkan bahwa sistem Irigasi Cerdas dirancang dengan mengintegrasikan komponen mekanis, seperti pompa air dan selang distribusi, serta komponen elektronik, seperti sensor suhu dan kelembaban tanah. Perangkat ini menggunakan beberapa elemen utama, antara lain mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, sensor DHT11 untuk pemantauan suhu dan kelembaban udara, sensor kelembaban tanah, modul relay sebagai pengontrol pompa air,serta komponen pendukung seperti daya (power supply) dan layar OLED untuk menampilkan informasi.

4.4.2 Pembuatan Sistem Irigasi Cerdas

Proses perakitan sistem irigasi cerdas dilakukan melalui beberapa tahapan untuk mempermudah implementasi, mulai dari persiapan alat dan bahan, integrasi komponen sistem, perakitan perangkat, pengujian masing-masing komponen, tahap akhir (finishing), hingga uji coba keseluruhan sistem. Pada tahap awal, pemilihan komponen yang sesuai dengan kebutuhan kotak amal dilakukan melalui kajian dan pencatatan yang cermat. Secara umum, tahapan pembuatan sistem irigasi ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Tahapan persiapan bahan

Pada tahap awal, memilih komponen yang memenuhi persyaratan kotak Amal membutuhkan penelitian dan catatan.

2. Perangkat pembelian

Komponen-komponen seperti ESP32,DHT 11,YL-69, LCD OLED, relay, pompa, kabel jumper dan saklar, baut, dan bahan dari kayu.

3. Percobaan tahap penyambungan

Komponen dan sensor Untuk menguji sensor dan notifikasi Telegram biasa, sambungkan komponen dengan kabel dan percobaan pada Arduino IDE.

4. Tahapan pembuatan

Menurut hasil percobaan sebelumnya, komponen alat-alat di rekatkan ke bahan kayu menggunakan baut, dan komponen di sambungkan.

5. Penutupan

Komponen dipasang dan diletakkan sesuai dengan rancangan desain

4.5 Pengujian dan Analisis Data

1. Pengujian Sensor DHT11 dan Sensor Kelembaban Tanah

- a. Sensor DHT11 mampu membaca suhu dan kelembaban udara dengan baik meskipun terdapat margin error ± 2 °C yang sudah disesuaikan pengkaji.

- b. Sensor kelembaban tanah dapat mendeteksi tingkat kelembaban media tanam dengan konsistensi yang cukup stabil, sehingga data dapat digunakan sebagai dasar pengendalian pompa.

2. Pengujian Koneksi Internet (IoT)
 - a. Modul WiFi pada ESP32 berfungsi dengan baik dalam mengirimkan data sensor ke server IoT.
 - b. Data suhu, kelembaban udara, dan kelembaban tanah berhasil diterima pada platform IoT tanpa adanya kehilangan data.
3. Pengujian Tampilan OLED
 - a. Layar OLED menampilkan informasi suhu, kelembaban udara, serta status pompa dengan benar sesuai dengan data yang dikirimkan oleh ESP32.
 - b. Tidak ditemukan kesalahan tampilan atau keterlambatan dalam memperbarui data pada layar.
4. Pengujian Pompa Air melalui Relay
 - a. Relay dapat mengaktifkan dan menonaktifkan pompa air secara otomatis berdasarkan kondisi kelembaban tanah yang terdeteksi.
 - b. Sistem bekerja sesuai logika perancangan, yaitu pompa aktif ketika tanah kering dan berhenti saat kelembaban tanah telah tercapai.
5. Pengujian Koneksi BOT Telegram
 - a. Bot telegram dengan sistem dapat terkoneksi dengan baik.
 - b. Perintah dari bot telegram dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan sistem.

4.6 Penerapan Program Perangkat Lunak

Pemrograman yang digunakan dalam sistem Irigasi Cerdas dilakukan dengan menjalankan source code menggunakan bahasa pemrograman C/C++ melalui Arduino IDE, yang telah disusun oleh penulis sesuai

kebutuhan sistem. Berikut ini merupakan penjelasan berbagai source code yang digunakan menggunakan pseudocode

1. Inisialisasi Sistem

Mulai program

Inisialisasi Serial Monitor

Inisialisasi pin Relay sebagai output, pastikan Pompa OFF

Inisialisasi sensor DHT11

Inisialisasi LCD (16x2)

Tampilkan "Sistem Irigasi" di LCD

Sambungkan ESP32 ke WiFi

Jika berhasil → tampilkan "WiFi Terhubung" di LCD

Inisialisasi koneksi Telegram Bot

Inisialisasi NTP Client (waktu GMT+7)

Set waktu terakhir penyiraman = sekarang - 2 jam

2. Fungsi Prediksi Cuaca

FUNCTION prediksiCuaca(suhu, rh):

IF data tidak valid THEN RETURN "Mendung"

IF rh < 60 AND suhu > 30 THEN RETURN "Cerah"

ELSE IF rh>80AND suhu>30THEN RETURN "Mendung"

ELSE RETURN "Hujan"

END FUNCTION

3. Fungsi Fuzzy Durasi Penyiraman

FUNCTION fuzzyDurasi(soil%, cuaca):

IF soil% < 30 THEN

IF cuaca == "Cerah" RETURN 60 detik

IF cuaca == "Mendung" RETURN 40 detik

IF cuaca == "Hujan" RETURN 10 detik

ELSE IF soil% 30–59 THEN

IF cuaca == "Cerah" RETURN 40 detik

IF cuaca == "Mendung" RETURN 20 detik

IF cuaca == "Hujan" RETURN 5 detik

ELSE IF soil% \geq 60 THEN

IF cuaca == "Cerah" RETURN 10 detik

ELSE RETURN 0

RETURN 0

END FUNCTION

4. Fungsi Kendali Pompa

FUNCTION mulaiPompaDetik(detik):

Jika detik \leq 0 \rightarrow RETURN

Jika pompa sedang aktif \rightarrow RETURN

Catat waktu mulai & durasi

Nyalakan pompa

END FUNCTION

FUNCTION servisPompa():

 Jika pompa aktif DAN waktu sekarang \geq waktu mulai + durasi:

 Matikan pompa

 Set status pompa = OFF

END FUNCTION

5. Fungsi Handle Telegram

Cek pesan baru dari bot Telegram

UNTUK setiap pesan:

 Jika chat_id salah → abaikan

 Jika pesan == "/start" → kirim daftar perintah

 Jika pesan == "/status":

 Baca sensor suhu, kelembaban, soil

 Prediksi cuaca

 Kirim data status ke Telegram

 Jika pesan == "/manual10":

 mulaiPompaDetik(10)

 Kirim notifikasi ke Telegram

 Jika pesan == "/manual30":

 mulaiPompaDetik(30)

 Kirim notifikasi ke Telegram

ULANGI jika ada pesan baru

6. Loop Utama

LOOP:

Update waktu dari NTP

// Cek Telegram setiap 2 detik

Jika sudah lewat 2 detik sejak cek terakhir:

 handleTelegram()

// Baca sensor

suhu = dht.readTemperature()

rh = dht.readHumidity()

soil% = bacaSoilPersen(raw)

cuaca = prediksiCuaca(suhu, rh)

// Tampilkan ke Serial Monitor

Cetak suhu, kelembaban, soil, cuaca

// Tampilkan ke LCD

Baris 1 = "Cuaca: <cuaca>"

Baris 2 = "Soil: <soil>% Pompa:<ON/OFF>"

// Penyiraman otomatis tiap 2 jam

Jika pompa tidak aktif DAN sudah 2 jam sejak penyiraman terakhir:

 durasi = fuzzyDurasi(soil%, cuaca)

Jika durasi > 0:

Nyalakan pompa selama durasi

Kirim laporan ke Telegram

Update lastRun = waktu sekarang

// Cek apakah pompa harus dimatikan

servisPompa()

Delay singkat 500 ms

ULANGI

4.7 Pembahasan

4.7.1 Fitur Sistem Irigasi Cerdas

1. Fitur Pengendalian Penyiraman

Sistem irigasi cerdas dilengkapi dengan aktuator berupa pompa udara yang dikendalikan oleh relay. Proses penyiraman tanaman dapat berjalan secara otomatis berdasarkan hasil pengukuran kelembaban tanah, suhu, dan kelembaban udara, serta klasifikasi kondisi cuaca. Selain itu, pengguna juga dapat mengendalikan penyiraman secara manual melalui perintah bot Telegram sebagai opsi tambahan. Fitur ini memastikan tercapainya sistem penggunaan, baik dalam mode otomatis maupun manual, sehingga penyiraman lebih tepat guna dan sesuai kebutuhan tanaman.

2. Sinkronisasi Waktu Otomatis

Untuk mendukung pengambilan keputusan, sistem terhubung dengan Network Time Protocol (NTP) sehingga mampu menyesuaikan waktu

secara otomatis. Sinkronisasi waktu ini berperan penting dalam pencatatan data sensor, pengiriman laporan ke Telegram, serta penjadwalan penyiraman. Dengan adanya fitur ini, sistem dapat beroperasi secara konsisten dan terjadwal tanpa ketergantungan pada pengaturan waktu manual.

3. Prediksi Cuaca berdasarkan Data Historis

Sebagai pengembangan lebih lanjut, sistem memanfaatkan data historis cuaca lalu dilakukan klasifikasi kondisi cuaca harian. Data suhu dan kelembaban udara dari periode sebelumnya dihitung rata-rata atau dianalisis berdasarkan kecenderungan yang paling sering muncul. Informasi ini digunakan untuk membantu memprediksi kondisi cuaca berikutnya sehingga sistem penyiraman lebih adaptif terhadap perubahan lingkungan.

4. Implementasi Logika Fuzzy Mamdani

Untuk menentukan lama penyiraman, digunakan logika fuzzy Mamdani dengan input berupa kelembaban tanah dan kondisi cuaca. Aturan fuzzy (rule base) yang telah ditetapkan memungkinkan sistem menghasilkan keputusan yang lebih fleksibel dibandingkan logika biner. Hasil inferensi fuzzy kemudian melalui proses defuzzifikasi sehingga menghasilkan keluaran tegas berupa lama penyiraman dalam satuan waktu atau kategori (sangat lama, lama, sedang, sebentar, tidak disiram).

5. Integrasi Notifikasi Telegram

Setiap aktivitas sistem, seperti hasil pembacaan sensor, keputusan penyiraman, hingga laporan klasifikasi cuaca, dikirimkan secara real-time

melalui bot Telegram. Fitur ini memudahkan pengguna untuk memantau kondisi tanaman tanpa harus berada di lokasi, sekaligus meningkatkan transparansi serta kemudahan dalam sistem pengelolaan irigasi.

4.7.2 Keefektifan sistem

1. Akurasi Sensor Kelembaban Tanah dan DHT11 : Sensor kelembaban tanah dan sensor DHT11 (suhu dan kelembaban udara) mampu memberikan data yang konsisten sesuai kondisi aktual. Hasil pembacaan sensor cukup stabil sehingga dapat dijadikan dasar dalam pengambilan keputusan penyiraman.
2. Integrasi Prediksi Cuaca : Klasifikasi cuaca berdasarkan data historis suhu dan kelembaban udara terbukti membantu sistem dalam menyesuaikan keputusan penyiraman. Oleh karena itu, penyiraman tidak hanya bergantung pada kelembaban tanah, tetapi juga mempertimbangkan kondisi lingkungan.
3. Implementasi Logika Fuzzy Mamdani : Penggunaan logika fuzzy Mamdani memungkinkan pengambilan keputusan penyiraman yang lebih fleksibel dibandingkan metode biner. Hasil defuzzifikasi menunjukkan variasi lama penyiraman yang sesuai dengan kondisi tanaman.

4.7.3 Keandalan Sistem

1. Stabilitas Sistem : Selama pengujian jangka waktu tertentu, sistem mampu bekerja secara stabil dengan koneksi internet yang terjaga. Proses pembacaan sensor, pengiriman data, dan eksekusi pompa berjalan tanpa gangguan berarti.

2. Keamanan dan Pemantauan Data : Data hasil pengukuran sensor serta keputusan penyiraman dikirimkan melalui bot Telegram secara real-time. Hal ini memberikan transparansi dan memudahkan pemantauan oleh pengguna. Walaupun sistem belum menerapkan enkripsi tingkat lanjut, keamanan relatif terjaga karena pengiriman dilakukan langsung melalui platform resmi Telegram.
3. Reabilitas Perangkat Keras : Komponen utama seperti ESP32, relay, dan pompa menunjukkan performa yang dapat diandalkan. Tidak ditemukan error fatal selama pengoperasian, sehingga sistem dapat digunakan secara kontinyu untuk mendukung perawatan tanaman.

4.8 Pengujian Alat

Alat di lakukan pengujian langsung di salah satu jenis tanaman di greenhouse ammar, pengujian dilakukan di siang hari saat cuaca panas dan tanaman buth disiram. Berikut beberapa gambar yang akan ditampilkan dalam pengujian.



Gambar 4. 2 Greenhouse Ammar

Gambar diatas merupakan Greenhouse ammar tempat pengkaji melakukan penelitian dan percobaan berdasarkan satu jenis tanaman yang dibudidayakan di greenhouse ini. Berikut ini akan ditampilkan pengujian alat pada satu tanaman yang dibudidayakan greenhouse ammar.



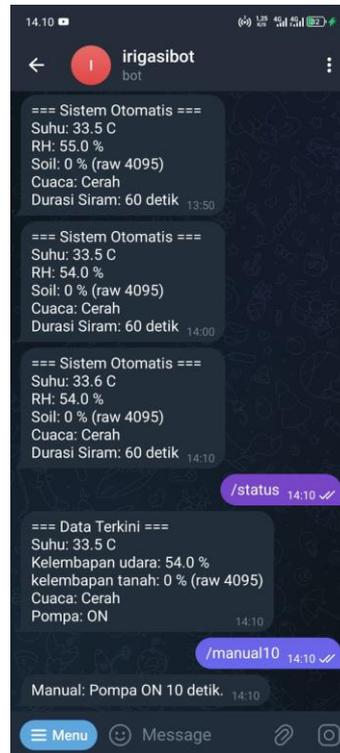
Gambar 4. 3 Pengujian Penyiraman

Pengujian penyiraman dilakukan pada tanaman seledri atau yang biasa disebut daun sop dengan menggunakan media tanam polybag yang ditempatkan di Greenhouse Ammar. Pengujian yang dilakukan meliputi beberapa aspek, yaitu:

1. Pada saat sistem pertama kali dijalankan, penyiraman otomatis berhasil dilakukan, kemudian dilanjutkan secara berkala setiap interval 2 jam.
2. Interval penyiraman otomatis setiap 2 jam berhasil dieksekusi dengan baik selama proses pengujian.
3. Perintah manual melalui aplikasi Telegram dapat dieksekusi dengan baik oleh sistem, meliputi:
 - a. /status : berhasil menampilkan informasi kondisi terkini yang terdeteksi oleh sistem.
 - B. /manual10 : berhasil menjalankan pompa untuk penyiraman selama 10

detik sesuai perintah.

C. /manual40 : berhasil menyelesaikan penyiraman selama 40 detik sesuai perintah.



Gambar 4. 4 Pengujian Penyiraman Manual Dari Bot Telegram

Dari gambar dan penjelasan diatas maka dihasilkan dari pengujian sistem ini,sebagai berikut:

1. Sistem berjalan dengan baik:

Hasil pengujian menunjukkan bahwa perintah penyiraman manual dapat dieksekusi oleh sistem melalui perantara Bot Telegram, di mana ESP32 merespons instruksi sesuai dengan waktu yang telah diinput pengguna.

2. Respons sistem:

Respon dari ESP32 terhadap perintah penyiraman melalui Bot Telegram berjalan cepat dan tanpa adanya jeda yang signifikan, sehingga sistem dinilai cukup responsif dalam mengeksekusi perintah manual.

3. Menambahkan reliabilitas/konsistensi:

Dari beberapa kali percobaan, penyiraman manual berhasil dilakukan dengan tingkat keberhasilan 100%, menandakan bahwa integrasi Bot Telegram dan ESP32 dapat diandalkan.

4. Kemudahan pengguna:

Pengguna cukup mengirimkan perintah melalui aplikasi Telegram tanpa perlu berinteraksi langsung dengan perangkat, sehingga sistem mempermudah proses kontrol penyiraman tanaman.

4.8.1 Analisis Pengujian Alat

Analisis pengujian alat ini bertujuan untuk mengetahui apakah sistem berjalan dengan baik dan melakukan eksekusi dengan tepat sasaran.

Table 4. 6 Tabel Hasil Pengujian

No	Jenis Pengujian	Kondisi Uji	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Penyiraman otomatis awal	Sistem dinyalakan pertama kali	Pompa menyala sesuai durasi hasil logika fuzzy	Berhasil
2	Interval penyiraman otomatis	Interval 2 jam setelah sistem berjalan	Pompa aktif sesuai jadwal, penyiraman berlangsung sesuai durasi fuzzy	Berhasil
3	Perintah	Mengirim	Sistem merespon dengan	Berhasil

	Telegram – /status	perintah dari Telegram	menampilkan suhu, kelembapan, soil, dan status pompa	
4	Perintah Telegram – /manual10	Mengirim perintah untuk penyiraman 10 detik	Pompa menyala 10 detik, lalu mati otomatis	Berhasil
5	Perintah Telegram – /manual30	Mengirim perintah untuk penyiraman 40 detik	Pompa menyala 30 detik, lalu mati otomatis	Berhasil
6	Prediksi cuaca	Input sensor suhu & kelembapan	Sistem mengklasifikasi cuaca: cerah/mendung/hujan sesuai kondisi sensor	Berhasil
7	Tampilan LCD	Menampilkan data sensor & status pompa	LCD menampilkan cuaca, soil moisture, dan status pompa real-time	Berhasil
8	Notifikasi Telegram otomatis	Saat penyiraman otomatis dilakukan	Bot mengirim pesan notifikasi lengkap ke Telegram	Berhasil

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai sistem irigasi cerdas untuk tanaman greenhouse menggunakan logika fuzzy Mamdani dan prediksi cuaca berbasis IoT, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan Sistem Berjalan Sesuai Tujuan

Sistem yang dirancang dengan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama dapat bekerja dengan baik dalam menghubungkan berbagai sensor, aktuator, serta komunikasi dengan aplikasi Bot Telegram. Hal ini menunjukkan bahwa rancangan perangkat keras dan perangkat lunak berhasil diimplementasikan secara terpadu.

2. Sensor Memberikan Data yang Akurat dan Konsisten

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor kelembaban tanah (Soil Moisture Sensor), sensor suhu dan kelembaban udara (DHT11), serta modul pendukung lainnya mampu memberikan data yang akurat untuk dijadikan input pada sistem fuzzy. Data sensor terbaca secara real-time, tersimpan, dan dapat ditampilkan kepada pengguna melalui media monitoring.

3. Logika Fuzzy Mamdani Membantu Pengambilan Keputusan

Penerapan metode logika fuzzy Mamdani terbukti efektif dalam menentukan durasi penyiraman tanaman berdasarkan parameter lingkungan yang diperoleh. Sistem tidak hanya bergantung pada satu nilai

ambang (threshold), tetapi mampu menyesuaikan intensitas penyiraman secara lebih adaptif. Dengan demikian, penyiraman menjadi lebih efisien, karena air diberikan sesuai dengan kebutuhan tanaman pada kondisi tertentu.

4. Integrasi IoT Mendukung Kontrol dan Monitoring Jarak Jauh

Konektivitas sistem melalui jaringan Wi-Fi memungkinkan pengguna untuk melakukan monitoring maupun kontrol penyiraman secara manual menggunakan Bot Telegram. Fitur ini mempermudah pengguna dalam mengakses sistem dari lokasi yang berbeda, sekaligus meningkatkan fleksibilitas dalam pengelolaan irigasi.

5. Efisiensi Penggunaan Air Tercapai

Dengan adanya kombinasi sensor, logika fuzzy, dan prediksi cuaca, sistem dapat mengurangi pemborosan penggunaan air. Penyiraman tidak dilakukan secara berlebihan, melainkan disesuaikan dengan kelembaban tanah dan kondisi cuaca yang diprediksi. Hal ini sangat bermanfaat untuk mendukung pertanian berkelanjutan, khususnya di lingkungan greenhouse.

6. Sistem Memiliki Keandalan dan Stabilitas yang Baik

Selama pengujian, sistem menunjukkan performa yang stabil tanpa adanya gangguan berarti. Komunikasi data antar perangkat berjalan lancar, eksekusi penyiraman berlangsung sesuai aturan yang telah ditentukan, dan koneksi internet cukup stabil untuk menunjang sistem IoT.

Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa sistem irigasi cerdas berbasis logika fuzzy Mamdani dan IoT dapat menjadi alternatif solusi dalam mengoptimalkan pengelolaan air untuk tanaman greenhouse

5.2 Saran

1. Pengembangan Parameter Sensor Tambahan

Penelitian berikutnya dapat menambahkan sensor intensitas cahaya (LDR/Light Sensor) atau sensor curah hujan, sehingga keputusan penyiraman menjadi lebih komprehensif. Dengan bertambahnya variabel input, aturan fuzzy dapat diperluas dan hasil penyiraman menjadi lebih akurat.

2. Integrasi Aplikasi Mobile atau Web

Saat ini sistem hanya memanfaatkan Bot Telegram sebagai media kontrol dan monitoring. Untuk penelitian selanjutnya, dapat dibuat aplikasi mobile berbasis Android/iOS atau dashboard web-based yang menyajikan data sensor, status penyiraman, dan laporan penggunaan air secara lebih interaktif serta mudah dipahami oleh pengguna.

3. Pengujian pada Berbagai Jenis Tanaman

Sistem ini masih diuji secara terbatas pada satu jenis tanaman. Pada penelitian mendatang, sebaiknya dilakukan pengujian pada berbagai jenis tanaman dengan kebutuhan air yang berbeda-beda. Dengan demikian, dapat dirancang aturan fuzzy yang lebih spesifik dan sesuai dengan karakteristik tiap tanaman di greenhouse.

4. Integrasi dengan Database Cloud untuk Analisis Historis

Penelitian dapat dikembangkan dengan menambahkan penyimpanan data historis pada layanan cloud. Hal ini memungkinkan pengguna melakukan analisis tren, membuat prediksi kebutuhan air, serta mengevaluasi efektivitas sistem dalam jangka panjang.

5. Penggunaan Energi Terbarukan

Agar sistem lebih ramah lingkungan, penelitian selanjutnya dapat menambahkan catu daya berbasis panel surya. Dengan demikian, sistem dapat bekerja secara mandiri tanpa bergantung pada listrik PLN, sehingga mendukung konsep smart farming yang berkelanjutan.

6. Penerapan Sistem Skala Lebih Besar

Penelitian ini masih dilakukan pada skala kecil di greenhouse. Pada penelitian lanjutan, sistem dapat diuji dalam skala yang lebih luas untuk mengetahui kinerja, stabilitas, serta efisiensi air pada area pertanian komersial.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu, N. S., Bukhari, W. M., Firdaus, M. A., & Sukri, N. M. (2022). Smart Indoor Plantation System Using Soil Moisture Sensor and Light Dependent Resistor Sensor. *International Journal of Robotics and Control Systems*, 2(4), 721–738. <https://doi.org/10.31763/ijrcs.v2i4.845>
- Amaliatul, A., & Sitepu, S. (2007). *Perbandingan Metode Defuzzifikasi Dalam Sistem Inferensi Fuzzy Metode Mamdani Untuk Penentuan Kerentanan Rawan Banjir (Studi Kasus : Kota Medan)*. 175–184.
- Andalia Roza, N., Ns Leli Herawati, Mk., Farah Dhiba, Mk., Ns Wirda Faswita, Mk., Purwaningsih, Mk., Deni Susyanti, M., Nina Olivia, Mk., Kipa Jundapri, Mb., Ns Sri Wahyuni, Mk., Ns Zakiah Rahman, Mk., & Erita Gustina, Mk. (2023). *Tahta Media Group*. 1–50.
- Ariawan, A. (2024). *Smart Sprout : Irigasi Cerdas Berbasis AIoT untuk Pertanian Modern dan Ramah Lingkungan*. 7(2). <https://doi.org/10.32877/bt.v7i2.1841>
- Arief, Z., Zarory, H., & Mursyitah, D. (2024). *Rancang bangun sistem pemantauan dan penyiraman pintar tanaman cabai pada greenhouse menggunakan Fuzzy Mamdani berbasis Blynk IoT*. 21(2), 271–284.
- Faturrahman, D., Septian, A. F., Mukhtar, D. A., & Gimnastiyar, G. (n.d.). *ID : 02 Implementasi LDR (LoRa Drip Sistem Irrigation) Sebagai Sistem Penyiraman Drip Otomatis Berbasis LoRa Pada Tanaman Sawi Implementation of LDR (LoRa Drip System Irrigation) as an Automatic Drip Irrigation System Based on LoRa for Mustard Greens Plants*.
- Muttaqi, B., Ningsih, P. W., Informatika, T., Komputer, F. I., Duta, U., Surakarta, B., Informasi, S., Komputer, F. I., Duta, U., & Surakarta, B. (2024).

Penerapan Logika Fuzzy Mamdani dalam Sistem Penyiraman Cerdas untuk Pertanian. 8(2), 111–120.

Nugraha, N., & Novantara, P. (2025). SISTEM PENGONTROLAN NUTRISI HIDROPONIK UNTUK TANAMAN MENTIMUN BERBASIS LOGIKA FUZZY DAN IOT. *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, 30, 9–19.
<https://doi.org/10.35760/ik.2025.v30i1.13855>

Pogasang, J., & Gunawan, L. S. (2024). *Sistem Cerdas Irigasi Menggunakan Metode Fuzzy Logic Pada Tanaman Tomat Berbasis IOT*. 2(2), 90–93.

Rahayu, A. U., Taufiqurrahman, I., & Mutiarasari, N. R. (2024). *Smart Irrigation System with Fuzzy Logic on Sunflower Plants Based on Internet of Things*.

Rizky Pamungkas, Aulia Ullah, Faizal, A., & Zarory, H. (2025). *Sistem Penyiraman Pintar Dan Monitoring Tanaman Sawi Otomatis Berbasis Esp 32 Dan Sensor Kelembaban Tanah Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani*.

Santoso, N. A., & Setiawati, W. (2023). Penerapan Metode Logika Fuzzy dalam Menentukan Harga Gabah pada Petani. *REMIK: Riset Dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer*, 7(3), 1355–1366.
<https://www.jurnal.polgan.ac.id/index.php/remik/article/view/12694>

Saragih, K. A., & Kurniawan, R. (2025). *Sistem Penyiraman Otomatis Berbasis IoT dengan Logika Fuzzy Sugeno untuk Pengendalian Kelembaban Tanah di Greenhouse*. 808–819. <https://doi.org/10.33364/algorithm/v.23-1.2327>

Tarigan, J., Bukit, M., & Yilu, N. (2023). RANCANG BANGUN SISTEM IRIGASI TETES OTOMATIS UNTUK BUDIDAYA TANAMAN TERONG UNGU (*SOLANUM MELONGENA L.*) BERBASIS INTERNET OF THINGS (*IoT*). 8(2).

Walid, M., & Makruf, M. (2025). *Sistem Cerdas Irigasi Sprinkler Pada Tanaman Bawang Berbasis IOT Menggunakan Logika Fuzzy*. *VIII*, 71–76.

Wardhani, L. K., & Haerani, E. (2011). Analisis Pengaruh Pemilihan Fuzzy Membership Function Terhadap Output Sebuah Sistem Fuzzy Logic. *Sntiki Iii*, 326–333

LAMPIRAN


MAMJAS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 8622400 - 86224567 Fax. (061) 8625474 - 6631003

Unggul | Cerdas | Terpercaya
Website: www.umsumedan.ac.id Email: 666@umsumedan.ac.id Instagram: [umsumedan](https://www.instagram.com/umsumedan) Facebook: [umsumedan](https://www.facebook.com/umsumedan) YouTube: [umsumedan](https://www.youtube.com/umsumedan)

BERITA ACARA PERMINTAAN PERGANTIAN DOSEN PEMBIMBING

Nama	: Fahri Kurniawan
Npm	: 2109020030
Program Studi	: Teknologi Informasi
Nama Dosen pembimbing Sebelumnya	: Wilda Rina Hsb M.Kom
Alasan	: Dosen pembimbing sangat sulit untuk diminta melakukan bimbingan karena memiliki jadwal yang padat. Selain itu, dosen jarang merespons pesan yang dikirim, sehingga proses komunikasi dan konsultasi menjadi terhambat dan mengakibatkan keterlambatan dalam penulisan skripsi

Ganti = Mbahardika

Medan 17 Juli 2025

Pemohon Mahasiswa ybs.  (Fahri Kurniawan)	Disetujui oleh Kepala Program Studi Teknologi Informasi  (Fatma Sari Hutagalung, M.Kom)
---	---



Turnitin

ORIGINALITY REPORT

17 %
SIMILARITY
INDEX

14 %
INTERNET
SOURCES

9 %
PUBLICATIONS

8 %
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1 repository.uin-suska.ac.id 2%
Internet Source

2 Submitted to Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara 2%
Student Paper

3 ejurnal.undana.ac.id 1%
Internet Source

4 repository.umsu.ac.id 1%
Internet Source

5 repository.ub.ac.id 1%
Internet Source

6 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%

7 id.123dok.com <1%
Internet Source

8 repository.dinamika.ac.id <1%
Internet Source

eprints.itn.ac.id

9	Internet Source	<1%
10	iptek.its.ac.id Internet Source	<1%
11	elib.pnc.ac.id Internet Source	<1%
12	repositori.usu.ac.id Internet Source	<1%
13	jurnal.kdi.or.id Internet Source	<1%
14	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	<1%
16	Submitted to Universitas Nahdlatul Ulama Lampung Student Paper	<1%
17	etd.repository.ugm.ac.id Internet Source	<1%
18	Tundo, Anisah Nurul Azhar, Kiki Setiawan, Raisah Fajri Aula. "Penerapan IoT dalam Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan pada Lahan Bawah Tanah (Basement) Masjid Al-Barkah", Jurnal JTIK (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi), 2024 Publication	<1%
	Submitted to Universitas Pendidikan Indonesia Student Paper	<1%
	jurnal.itg.ac.id	<1%

19	Internet Source	<1%
20	Submitted to Universitas Pertamina Student Paper	<1%
21	fikti.umsu.ac.id Internet Source	<1%
22	Fariz Abdillah Haq, Andri Pramuntadi, Dhina Puspasari Wijaya, Dita Danianti. "Perancangan Sistem Pemantauan Kelembaban Tanah, Kelembaban Udara, dan Suhu Udara pada Lahan Pembibitan Kakao Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Internet of Things (Studi Kasus: Pembibitan Efendi Farm)", Jurnal Teknik Industri Terintegrasi, 2024 Publication	<1%
23	Submitted to Universitas Maritim Raja Ali Haji Student Paper	<1%
24	eprints.utdi.ac.id Internet Source	<1%
25	repository.unama.ac.id Internet Source	<1%
26	text-id.123dok.com Internet Source	<1%
27	Submitted to unimal Student Paper	<1%
28	123dok.com Internet Source	<1%

29	Dzaki Fajri Arrafi. "PEMANFAATAN TELEMETRI UNTUK SISTEM PENGENDALI SUHU PADA KUMBUNG JAMUR BERBASIS LORA", Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 2025 Publication	<1%
30	library.poltekkesdepkes-sby.ac.id Internet Source	<1%
31	dokumen.iain-manado.ac.id Internet Source	<1%
32	Submitted to Institut Teknologi Sumatera Student Paper	<1%
33	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 AI-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI, 2025 Publication	<1%
	www.liputan6.com Internet Source	
34	Submitted to LL Dikti IX Turnitin Consortium Student Paper	<1%
35	Submitted to Universitas Pendidikan Ganesha Student Paper	<1%
36	Submitted to Universitas Putera Batam Student Paper	<1%
37	Submitted to Universitas Budi Luhur	<1%

38	Student Paper	<1%
39	Submitted to Universitas Malikussaleh Student Paper	<1%
40	Wachdijono Wachdijono, Siti Wahyuni, Umi Trisnaningsih. "SOSIALISASI URBAN FARMING MELALUI BUDIDAYA TANAMAN SAYURAN SECARA VERTIKULTUR DAN HIDROPONIK DI KELURAHAN KALIJAGA, KECAMATAN HARJAMUKTI, KOTA CIREBON", QARDHUL HASAN: MEDIA PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT, 2019 Publication	<1%
	eprints.umm.ac.id Internet Source	
41	repository.uhn.ac.id Internet Source	<1%
42	Bagas Muttaqi, Nurchim Nurchim, Pipin Widya Ningsih. "Penerapan Logika Fuzzy	<1%
43	Mamdani dalam Sistem Penyiraman Cerdas untuk Pertanian", Generation Journal, 2024 Publication	<1%
	journal.unibos.ac.id Internet Source	
44	Andrean Nugraha Fajero, Hanny Haryanto, T. Sutojo, Edy Mulyanto. "Logika Fuzzy untuk Perilaku Dinamis pada Sistem Crafting dalam Game Pembelajaran	<1%
45	Aritmatika", Jurnal Eksplora Informatika, 2020	<1%

Publication

46	<p>Hinijati Widjaja, Eko Adhy Setiawan, Herika Herika, Muhammad Ridwan Widyotomo.</p> <p>"PENYULUHAN DAN PELATIHAN PEMBUATAN VERTICAL GARDEN DI LAHAN TERBATAS RW 05 DESA KUTABARU KAB. TANGERANG", Community Development Journal : Jurnal Pengabdian Masyarakat, 2025</p> <p>Publication</p>	<1%
----	---	-----

belajar-mikrokontroler2017.blogspot.com

Internet Source

47	<p>ejournal.akprind.ac.id</p> <p>Internet Source</p>	<1%
----	--	-----

48	<p>jalote.wordpress.com</p> <p>Internet Source</p>	<1%
----	--	-----

49	<p>epsilontel.com</p> <p>Internet Source</p>	<1%
----	--	-----

50	<p>ilmiichwanul.blogspot.com</p> <p>Internet Source</p>	<1%
----	--	-----

51	<p>jom.fti.budiluhur.ac.id</p> <p>Internet Source</p>	<1%
----	--	-----

52	<p>jurnal.unprimdn.ac.id</p> <p>Internet Source</p>	<1%
----	--	-----

53	<p>jurnalelectron.org</p> <p>Internet Source</p>	<1%
----	--	-----

54	<p>lppm.unjani.ac.id</p> <p>Internet Source</p>	<1%
----	--	-----

55	<p>Internet Source</p>	<1%
----	------------------------	-----

56	repository.unj.ac.id Internet Source	<1%
57	www.coursehero.com Internet Source	<1%
58	www.rumahjurnal.or.id Internet Source	<1%
59	Muhammad Nur Aslam, Sarif Surejo, Erni Unggul Sedyta Utami. "Penerapan Metode Fuzzy Mamdani dalam Prediksi Cuaca di Tegal", RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business, 2025 Publication	<1%
60	Steven Witman. "Penerapan Metode Irigasi Tetes Guna Mendukung Efisiensi Penggunaan Air di Lahan Kering", JURNAL TRITON, 2021 Publication	<1%
60	Submitted to Universitas Sumatera Utara Student Paper	<1%
61	digilib.uin-suka.ac.id Internet Source	<1%
62	digilib.uinsby.ac.id Internet Source	<1%
63	etheses.uin-malang.ac.id Internet Source	<1%
64	jurnal.umj.ac.id Internet Source	<1%
65	Internet Source	<1%
66	pdffox.com Internet Source	<1%

67

68

69

70

71

72

73

pohonalam.com

Internet Source

www.lavidasecretadelaspalabras.com

Internet Source

Ihda Rahmadaniar, Arya Prabudi Jaya Priana, Bayu Widodo, Fikri Fadilah et al. "SMART AQUASCAPES DENGAN KONTROL SUHU, PENGATUR PH, DAN PAKAN OTOMATIS",

Elektrika, 2024

Publication

Mochtar Yahya, Danang Erwanto. "Design of Temperature and Humidity Control Systems in Quail Puppies Cages Using Fuzzy Logic Method", JEEE-U (Journal of Electrical and

Electronic Engineering-UMSIDA), 2020

Publication

repo.unand.ac.id

Internet Source

www.repository.trisakti.ac.id

Internet Source

Pujiyanto, Fajar. "Smart Smoking Room Berbasis Logika Fuzzy", Universitas Islam Sultan Agung (Indonesia), 2022

Publication