

**SISTEM MONITORING DAN KONTROL PENYIRAMAN TANAMAN
OTOMATIS MENGGUNAKAN *INTERNET OF THINGS*
DAN METODE *FUZZY MAMDANI***

SKRIPSI

Oleh :
MUHAMMAD ILMAN NURHADI
NIM. 18650038



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

**SISTEM MONITORING DAN KONTROL PENYIRAMAN TANAMAN
OTOMATIS MENGGUNAKAN *INTERNET OF THINGS*
DAN METODE *FUZZY MAMDANI***

SKRIPSI

Diajukan kepada:
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)

Oleh :
MUHAMMAD ILMAN NURHADI
NIM. 18650038

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2024**

HALAMAN PERSETUJUAN

**SISTEM MONITORING DAN KONTROL PENYIRAMAN TANAMAN
OTOMATIS MENGGUNAKAN *INTERNET OF THINGS*
DAN METODE *FUZZY MAMDANI***

SKRIPSI

Oleh :
MUHAMMAD ILMAN NURHADI
NIM. 18650038

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 17 Oktober 2024

Pembimbing I,



Dr. Muhammad Faisal, M.T
NIP. 19740510 200501 1 007

Pembimbing II,



Dr. Ir. Fachrul Kurniawan, M.MT, IPU
NIP. 19771020 200912 1 001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang




Dr. Ir. Fachrul Kurniawan, M.MT, IPU
NIP. 19771020 200912 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

SISTEM MONITORING DAN KONTROL PENYIRAMAN TANAMAN OTOMATIS MENGGUNAKAN *INTERNET OF THINGS* DAN METODE *FUZZY MAMDANI*

SKRIPSI

Oleh :
MUHAMMAD ILMAN NURHADI
NIM. 18650038

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal: 20 November 2024

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji : Dr. Yunifa Miftachul Arif, M.T
NIP. 19830616 201101 1 004

Anggota Penguji I : Ajib Hanani, M.T
NIP. 19840731 202321 1 013


Anggota Penguji II : Dr. Muhammad Faisal, M.T
NIP. 19740510 200501 1 007

Anggota Penguji III : Dr. Ir. Fachrul Kurniawan, M.MT, IPU
NIP. 19771020 200912 1 001

()
()
()
()

Mengetahui dan Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang




Dr. Ir. Fachrul Kurniawan, M.MT, IPU
NIP. 19771020 200912 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Ilman Nurhadi
NIM : 18650038
Fakultas / Program Studi : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika
Judul Skripsi : Sistem Monitoring Dan Kontrol Penyiraman
Tanaman Otomatis Menggunakan *Internet Of Things* Dan Metode *Fuzzy Mamdani*

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini merupakan hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 12 Desember 2024
Yang membuat pernyataan,



Muhammad Ilman Nurhadi
NIM.18650038

MOTTO

**“Langkah Kecil Setiap Hari Membawa Pada Hasil Yang
Besar”**

HALAMAN PERSEMBAHAN

**Puji Syukur kehadiran Allah SWT, shalawat dan salam kepada Rasul-Nya
Penulis persembahkan sebuah karya ini kepada:**

Kepada orang tua penulis, Bapak Nartodi, S.Sos dan Ibu Haitul Masnawati, S.Pd yang senantiasa menyayangi dan selalu memberikan segala bentuk dukungan, motivasi agar penulis mampu menyelesaikan skripsi. Kepada keluarga besar penulis dari pihak Ayah maupun pihak Ibu yang senantiasa bangga dan menyemangati penulis dalam melaksanakan kuliah.

Kepada bapak Dr. Muhammad Faisal, M.T selaku dosen pembimbing I dan bapak Dr. Ir. Fachrul Kurniawan, M.MT, IPU dosen pembimbing II yang telah dengan sabar membimbing dan memberikan pengarahan agar dapat menyelesaikan skripsi. Serta seluruh dosen di prodi Teknik Informatika Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mengajarkan ilmu-ilmu baru bagi penulis.

Teman-teman Teknik Informatika angkatan 2018 Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim Malang yang selalu memberikan semangat dan dukungan kepada penulis. Serta seluruh orang yang pernah terlibat dan membantu baik secara langsung maupun secara tidak langsung, penulis mengucapkan banyak terima kasih.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah rabbilalamin, segala puji syukur ke hadirat Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas skripsi yang berjudul “Sistem Monitoring Dan Kontrol Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan *Internet Of Things* Dan Metode *Fuzzy Mamdani*” Dengan baik dan lancar. Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi syarat kelulusan bagi mahasiswa Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Keberhasilan penulisan skripsi ini tidak lepas dari dorongan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. M. Zainuddin, M.A. selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Prof. Dr. Sri Harini, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Ir. Fachrul Kurniawan, M.MT, IPU selaku Ketua Program Studi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang sekaligus dosen pembimbing II yang juga bersedia meluangkan waktunya dalam memberikan arahan dan membimbing kepada peneliti sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini
4. Dr. Muhammad Faisal, M.T selaku dosen pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktunya dalam membimbing dan memberikan dorongan, arahan dan saran kepada peneliti sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

5. Dr. Yunifa Miftachul Arif, M. T selaku Dosen Penguji 1 dan Ajib Hanani, M.T selaku Dosen Penguji 2 yang telah memberikan ilmu, kritik, saran, dan masukan untuk penulis agar penulis dapat menyelesaikan dan mengerjakan tugas skripsi dengan baik.
6. Roro Inda Melani, M.T, M.Sc selaku dosen wali yang senantiasa membantu serta turut memberikan motivasi dan ilmu untuk penulis selama menjalani masa studi pada Program Studi Teknik Informatika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
7. Bapak Nartodi, S.Sos dan Haitul Masnawati, S.Pd selaku kedua orang tua penulis serta Keluarga besar saya yang selalu mendukung, memberikan motivasi, memberikan semangat dan doa sehingga penulis bisa mengerjakan skripsi dengan lancar dan diberikan kemudahan kelancaran dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Segenap civitas akademik Jurusan Teknik Informatika, dan seluruh dosen yang telah memberikan ilmu dan arahan semasa kuliah.
9. Teman-teman Teknik Informatika Angkatan 2018 yang telah mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi. Cika Nurqueen Paradis yang senang hati mendukung penulis dengan memberikan saran dan kritik terhadap penulisan skripsi.
10. Diri saya sendiri yang mampu terus maju dan semangat walaupun terdapat beberapa kendala dan halangan ditengah-tengah perjalanan pengerjaan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih masih terdapat kekurangan. Maka dari itu penulis dengan senang hati menerima segala saran dan kritik yang membangun. Disamping itu penulis juga berharap skripsi ini bermanfaat bagi semua orang yang membacanya.

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Malang, 12 Desember 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
البحث مستخلص	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Pernyataan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II STUDI PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terkait	5
2.2 Landasan Teori	7
2.2.1 <i>Internet of Things</i>	7
2.2.2 NodeMCU-ESP8266	9
2.2.3 Sensor Kelembapan Tanah	11
2.2.4 Sensor Suhu DHT11	13
2.2.5 Relay	14
2.2.6 Pompa Air	15
2.2.7 Tanaman Bunga Telang	16
2.2.8 Logika <i>Fuzzy Mamdani</i>	17
2.2.9 Himpunan <i>Fuzzy Mamdani</i>	17
2.2.10 Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy Mamdani</i>	19
BAB III DESAIN DAN PENELITIAN	23
3.1 Desain Penelitian	23
3.1.1 Analisis Masalah	24
3.1.2 Pengumpulan Data	25
3.1.2 Kebutuhan Sistem	26
3.2 Perancangan Sistem	27
3.3 Desain Logika <i>Fuzzy Mamdani</i>	30
3.3.1 <i>Crisp</i> Input	31
3.3.2 <i>Fuzzyfikasi</i>	31
3.3.3 <i>Fuzzy</i> Input	32
3.3.4 <i>Inference System</i>	35

3.3.5 <i>Fuzzy</i> Output	40
3.3.6 <i>Defuzzyfikasi</i>	40
3.3.7 <i>Crisp</i> Output	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1 Hasil	43
4.1.1 Pengujian Alat	43
4.1.2 Pengujian Sistem	47
4.1.3 Pengujian <i>Fuzzy</i> Pada Mikrokontroler	50
4.2 Pembahasan.....	55
4.2.1 Rangkaian Keseluruhan.....	55
4.2.2 Data Tanaman.....	57
4.2.3 <i>Dashboard</i>	59
4.2.4 Integrasi Islam	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 NodeMCU ESP8266	10
Gambar 2. 2 Sensor YL-69	12
Gambar 2. 3 Sensor DHT11	14
Gambar 2. 4 Relay.....	15
Gambar 2. 5 Pompa Air 5V.....	15
Gambar 2. 6 Bunga Telang	16
Gambar 2. 7 Diagram Kurva Naik	19
Gambar 2. 8 Diagram Kurva Turun	20
Gambar 2. 9 Diagram Kurva Segitiga.....	21
Gambar 2. 10 Diagram Kurva Trapesium.....	22
Gambar 3. 1 Diagram Blok Alur Penelitian.....	24
Gambar 3. 2 Perancangan Sistem.....	28
Gambar 3. 3 <i>Flowchart</i> Sistem	29
Gambar 3. 4 Skema Metode <i>Fuzzy Mamdani</i>	31
Gambar 3. 5 Fungsi Keanggotaan Variabel Suhu	33
Gambar 3. 6 Fungsi Keanggotaan Variabel Kelembapan Tanah.....	34
Gambar 3. 7 Fungsi Keanggotaan Variabel Output Penyiraman.....	35
Gambar 3. 8 Hasil <i>Fuzzy Rule</i>	37
Gambar 3. 9 <i>Membership</i> Suhu.....	38
Gambar 3. 10 <i>Membership</i> Kelembapan Tanah.....	39
Gambar 3. 11 Hasil Komposisi	40
Gambar 4. 1 Rangkaian Suhu	44
Gambar 4. 2 Rangkaian Kelembapan Tanah.....	45
Gambar 4. 3 Keseluruhan Rangkaian	55
Gambar 4. 4 Rangkaian NodeMCU	56
Gambar 4. 5 Tanaman Menggunakan Sistem IoT	58
Gambar 4. 6 Tanaman Menggunakan Sistem Manual.....	58
Gambar 4. 7 Tanaman Tidak Dirawat.....	58
Gambar 4. 8 <i>Dashboard</i>	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Terkait	6
Tabel 2. 2 Spesifikasi NodeMCU-ESP8266	11
Tabel 3. 1 Perangkat Keras dan Perangkat Lunak	27
Tabel 3. 2 Jenis Variabel <i>Fuzzy</i>	32
Tabel 3. 3 Nilai Linguistik	32
Tabel 3. 4 Hasil Aturan <i>Fuzzy</i>	36
Tabel 4. 1 Kalibrasi Sensor Suhu Dan Kelembapan Tanah	45
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Sistem	47
Tabel 4. 3 <i>Confusion Matrix</i>	49

ABSTRAK

Nurhadi, Muhammad Ilman. 2024. **Sistem Monitoring Dan Kontrol Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan *Internet Of Things* Dan Metode *Fuzzy Mamdani***. Skripsi. Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. M. Faisal, M.T (II) Dr. Ir. Fachrul Kurniawan, M.MT, IPU

Kata Kunci: *Fuzzy*, *Internet Of Things*, *NodeMCU*, Tanaman

Bunga telang merupakan tanaman yang memiliki manfaat fungsional bagi tubuh. Bunga telang dapat diolah menjadi minuman teh yang berkhasiat untuk mengobati berbagai penyakit seperti diabetes, kanker, insomnia, demam, batuk dan lain sebagainya. Saat ini masyarakat masih banyak yang mengalami kesulitan dalam hal perawatan tanaman, penyiraman tanaman yg masih melakukan penyiraman dengan sistem manual akan menghabiskan waktu, tenaga dan perhatian. Apabila tidak dirawat dengan rutin maka akan menyebabkan tanaman mati. Dengan sistem monitoring dan kontrol tanaman dengan menggunakan *Internet Of Things* akan mempermudah kinerja masyarakat agar lebih efisien. Penyiraman tanaman otomatis menggunakan sensor suhu dan kelembapan tanah yang dihubungkan ke *NodeMCU*. Kedua sensor tersebut mengambil data dari tanaman bunga telang diproses menggunakan *NodeMCU* dan Logika *Fuzzy Mamdani*. Pembacaan data dan hasil pengolahan perhitungan *fuzzy* dari kedua sensor tersebut dikirimkan ke *ThingSpeak* yang telah dirancang untuk menampilkan dan memantau data di website. Sensor-sensor telah diuji untuk mendapatkan presentase error sensor memiliki hasil yang sesuai dan sistem berjalan dengan baik. Sensor suhu DHT11 dibandingkan dengan termometer memiliki rata-rata error sebesar 0.50%, sedangkan sensor kelembapan tanah YL-69 dibandingkan dengan hygrometer memiliki rata-rata error sebesar 0.32%. Hasil pengujian metode *fuzzy* yang terdapat pada aplikasi Arduino IDE dapat dibandingkan dengan hasil metode *fuzzy* dari aplikasi matlab menggunakan metode *confusion matrix* mendapatkan nilai akurasi sebesar 80.95%, dapat disimpulkan bahwa hasil *confusion matrix* pada penelitian ini akurat.

ABSTRACT

Nurhadi, Muhammad Ilman. 2024. **Automatic Plant Watering Monitoring and Control System Using *Internet Of Things* and *Fuzzy Mamdani Method***. Thesis. Department of Informatics Engineering. Faculty of Science and Technology Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Advisor:(I) Dr. M. Faisal, M.T (II) Dr. Ir. Fachrul Kurniawan, M.MT, IPU

Butterfly pea flower is a plant that has functional benefits for the body. Butterfly pea flowers can be processed into a tea drink which is efficacious for treating various diseases such as diabetes, cancer, insomnia, fever, coughs and so on. Currently, many people still experience difficulties in caring for plants, watering plants that are still watered using a manual system will waste time, energy and attention. If it is not cared for regularly it will cause the plant to die. With a monitoring and plant automation system using the Internet of Things, it will make people's performance more efficient. Automatic plant watering uses temperature and soil moisture sensors connected to the NodeMCU. The two sensors take data from telang flower plants, processed using NodeMCU and Mamdani Fuzzy Logic. The data reading and fuzzy calculation processing results from the two sensors are sent to ThingSpeak which has been designed to display data on the website. The sensors have been tested to obtain the sensor error percentage, the results are appropriate and the system runs well. The DHT11 temperature sensor compared to a thermometer has an error of 0.50%, while the YL-69 soil moisture sensor compared to a hygrometer has an error of 0.32%. The results of testing the fuzzy method contained in the Arduino IDE application can be compared with the results of the fuzzy method from the Matlab application using the confusion matrix method to get an accuracy value of 80.95%. It can be concluded that the results of the confusion matrix in this study are accurate.

Key words: *Fuzzy, Internet Of Things, NodeMCU, Plant*

البحث مستخلص

نورهادي، محمد إلمان. 2024. " نظام آلي لرصد ومراقبة ربي النباتات باستخدام إنترنت الأشياء وطريقة فوزي ممداني ". أطروحة. قسم هندسة المعلومات كلية العلوم والتكنولوجيا. بجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانغ. الم (1) د. م. فيصل، م. ت. (2) د. فخر الكرنويان، مهندس، ماجستير، خب

الكلمات الرئيسية : نبات، NodeMCU، فوزي، إنترنت الأشياء

زهرة البازلاء الفراشة نبات له فوائد وظيفية للجسم. يمكن معالجة زهور البازلاء الفراشة وتحويلها إلى مشروب شاي فعال لعلاج أمراض مختلفة مثل مرض السكري والسرطان والأرق والحمى والسعال وما إلى ذلك. في الوقت الحالي، لا يزال العديد من الأشخاص يواجهون صعوبات في العناية بالنباتات، فمحطات الري التي لا تزال تُروى باستخدام نظام يدوي ستضيع الوقت والطاقة والاهتمام. إذا لم يتم الاعتناء بها بانتظام، فسوف يؤدي ذلك إلى موت النبات. ومن خلال نظام المراقبة وأتمتة المصانع باستخدام إنترنت الأشياء، سيجعل NodeMCU أداء الأشخاص أكثر كفاءة. يستخدم الري التلقائي للنباتات أجهزة استشعار لدرجة الحرارة ورطوبة التربة متصلة بـ NodeMCU. فوزي ممداني. NodeMCU يأخذ المستشعران البيانات من نباتات زهرة تيلانج، والتي تتم معالجتها باستخدام الذي تم تصميمه لعرض البيانات ومراقبتها على *ThingSpeak* البيانات ونتائج معالجة الحسابات الغامضة من المستشعرين إلى مواقع الويب. تم اختبار الحساسات للحصول على نسبة الخطأ في الحساس وكانت النتائج مناسبة والنظام يعمل بشكل جيد. يحتوي YL-69 مقارنة بمقياس الحرارة على خطأ بنسبة 0.50%، بينما يحتوي مستشعر رطوبة التربة DHT11 مستشعر درجة الحرارة Arduino IDE مقارنة بمقياس الرطوبة على خطأ قدره 0.32%. يمكن مقارنة نتائج اختبار الطريقة الضبابية الموجودة في تطبيق باستخدام طريقة مصفوفة الارتباك للحصول على قيمة دقة 80.95% مصفوفة Matlab مع نتائج الطريقة الضبابية من تطبيق الارتباك في هذه الدراسة دقيقة.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi berkembang dengan kecepatan yang sangat tinggi dari waktu ke waktu. Dengan berkembangnya teknologi, semakin mudah bagi masyarakat untuk memperoleh informasi yang terbaru dan dapat menggunakan alat *Internet of Things* untuk sistem otomatisasi. *Internet of Things* adalah jaringan atau objek yang diinstal dengan perangkat lunak, sensor, dan teknologi lainnya tujuan menghubungkan perangkat dan sistem lain serta bertukar data melalui Internet. Saat ini *Internet of Things (IoT)* telah banyak digunakan dan diterapkan di berbagai sektor. Salah satu contohnya adalah dalam sektor pertanian *Internet of Things (IoT)* dapat berfungsi untuk memantau atau memonitoring kelembapan tanah dan suhu dan berbagai jenis hal pada sebuah tanaman sehingga dapat mempermudah petani dan masyarakat dalam melaksanakan kegiatan sehari-hari dan membantu manusia menjadi lebih ringan, mudah dan efisien dalam bekerja. Keunggulan teknologi, aksesibilitas, penghematan sumber daya, peningkatan optimalisasi operasional, pemantauan keamanan, dan perlindungan penipuan termasuk manfaat integrasi IoT di sektor agrikultur (Elijah et al., 2018).

Salah satu negara yang memiliki sumber daya alam melimpah adalah Indonesia. Indonesia memiliki area pertanian yang luas, seperti padi, jagung, kedelai, buah-buahan, sayuran, dan berbagai macam tanaman hias. Dalam sektor pertanian dan perkebunan, Indonesia memiliki peran yang sangat signifikan dalam keseluruhan ekonomi negara. Hal ini terlihat dari banyaknya masyarakat yang

bekerja di bidang pertanian. Secara geografis, Indonesia terletak di wilayah tropis dengan curah hujan yang sangat tinggi dan terdapat berbagai jenis tanaman mampu tumbuh subur, berkembang dengan cepat dan dan memberikan hasil buah yang melimpah (Yuminarti, 2021).

Perawatan tanaman di Indonesia banyak digemari masyarakat karena setiap tanaman memiliki keunggulan tersendiri. Saat ini masyarakat masih banyak yang mengalami kesulitan dalam hal perawatan tanaman, khususnya dalam hal penyiraman tanaman yg masih melakukan penyiraman dengan sistem manual akan menghabiskan waktu, tenaga dan perhatian. Selain itu, banyak masyarakat yang bekerja dan memiliki kesibukan setiap hari sehingga tanaman tidak terawat secara rutin. Jika tidak mendapatkan perawatan secara teratur, tanaman bisa mati salah satunya contohnya yaitu tanaman bunga telang (*Clitoria Ternatea*). Bunga telang adalah tumbuhan yang memiliki banyak keuntungan untuk kesehatan. Manusia memanfaatkan bunga telang dengan cara membuatnya menjadi teh yang bermanfaat untuk menyembuhkan berbagai penyakit, termasuk diabetes, kanker, insomnia, demam, batuk dan lain sebagainya. Bunga telang membutuhkan perawatan khusus diantaranya dilakukan pemberian nutrisi setiap sebulan sekali, penyiraman dilakukan secara rutin dalam sehari sekali. Tanaman bunga telang perlu dirawat khusus dan dilakukan pengawasan pemantauan untuk tumbuh dengan baik, termasuk pengawasan suhu, kelembapan tanah yang tepat dan penyiraman yang cukup. Bunga telang dapat tumbuh antara suhu 25°C - 31°C dan kelembapan tanah antara 550 pH - 900 pH (Kalsum, 2023).

Berdasarkan permasalahan tersebut, dalam hal perawatan tanaman dibutuhkan sistem otomatisasi untuk melakukan penyiraman, pengaturan suhu dan kelembapan tanah menggunakan *Internet of Things* (IoT) dan metode *fuzzy mamdani* untuk mengendalikan sistem kontrol. Dengan memanfaatkan logika *fuzzy mamdani* yang merupakan dasar matematis untuk berpikir *fuzzy*, sistem ini menjadi lebih mudah untuk dipahami dan tidak memerlukan waktu lama untuk dipelajari. Penggunaan metode ini bertujuan agar ketika terdapat masalah pada perangkat keras, sistem dapat terus beroperasi dan berjalan berdasarkan informasi yang sudah ada (Sudrajat, 2008).

1.2 Pernyataan Masalah

Mengacu pada latar belakang yang ada, didapatkan pernyataan masalah berupa bagaimana memonitoring dan mengontrol penyiraman tanaman bunga telang secara otomatis berdasarkan tingkat kelembapan tanah dan suhu menggunakan *Internet of Things* (IoT) metode *fuzzy mamdani*?

1.3 Tujuan Penelitian

Mengacu pernyataan masalah tersebut peneliti diharuskan untuk mencapai tujuan penelitian, tujuan penelitian tersebut untuk mengetahui bahwa sistem dapat melakukan penyiraman tanaman secara otomatis dan memonitoring kelembapan tanah, suhu pada tanaman bunga telang dengan menggunakan *Internet of Things* (IoT) dan metode *fuzzy mamdani*. Hal tersebut agar tanaman terawat dan tumbuh dengan baik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan peneliti dari penelitian ini yaitu

1. Penyiraman tanaman secara otomatis dapat memudahkan manusia dalam merawat tanaman.
2. Dengan sistem monitoring, manusia dapat memantau tanaman tersebut.
3. Tanaman akan tumbuh subur dan terjaga kelembapan tanahnya.

1.5 Batasan Penelitian

Mengingat luasnya permasalahan penelitian yang terkait, penulis membatasi permasalahan agar tidak ada penyimpangan dari tujuan penelitian. Berikut ini Batasan masalah:

1. Jenis tanaman yang digunakan pada penelitian ini yaitu bunga telang.
2. Penyiraman tanaman secara otomatis dilakukan apabila tanah kering.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian hasil riset (Andrianto, 2019) yang berjudul “Penerapan IoT Pada Perawatan Tanaman di Dalam Rumah”. Dalam penelitiannya menggunakan metode *fuzzy* yang mana hasil output sesuai dengan peraturan *fuzzy* yang di program mikrokontroler. Sensor cahaya digunakan untuk mengatur intensitas cahaya bagi tanaman, sementara sensor kelembapan tanah digunakan untuk menjaga kadar air di dalam tanah. Sensor kelembapan dan sensor intensitas cahaya sebagai bahan input, sedangkan sensor *WiFi* sebagai bahan output ketika mikrokontroler dapat diatur. Sistem ini akan mengeluarkan output air apabila tanah dalam keadaan kering dan lampu nyala cahaya terlalu redup.

Penelitian yang berjudul “Rancang Bangun *Embedded* Sistem Penyiraman Otomatis Pada Tanaman Hias Menggunakan Metode Logika *Fuzzy*” yang dilakukan oleh (Zulfa, 2014), Metode *fuzzy* digunakan untuk mengelola dan mengendalikan keadaan lingkungan yang terbaik bagi pertumbuhan tanaman krisan. Peneliti menggunakan sensor kelembapan tanah dan udara, yang mana sensor tersebut bahan input yang akan diolah pada Arduino dan metode *fuzzy* untuk mendapatkan skor nilai acuan. Jika suhu melewati batas yang ditentukan, Arduino akan mengirimkan perintah ke relay agar akulator bisa dihidupkan. Untuk mengetahui nilai suhu dan kelembapan tanah ditampilkan dalam LCD secara *realtime*.

(Bhardwaj et al., 2018) dalam penelitiannya yang berjudul “*Automatic Plant Watering System Using IoT*”, peneliti menggunakan Arduino Uno sebagai komponen dasar untuk membuat sistem penyiraman tanaman secara otomatis. Sistem ini memiliki sensor kelembapan tanah dan relay yang terhubung dengan board Arduino Uno. Sensor akan ditempatkan di dalam tanah yang akan memeriksa kadar air tanah dan akan mengirimkan informasi tersebut ke board Arduino Uno, kemudian ke modul relay yang akan menghidupkan/mematikan motor untuk menyiram tanaman sesuai kebutuhan. Alat ini dapat menyiram tanaman dua kali sehari, apabila kandungan air di bawah nilai yang diinginkan maka air akan disuplay sampai mencapai jumlah nilai yang diinginkan.

Dalam penelitian (Mursalin & Sunardi, 2020) menggunakan metode *Fuzzy* dan sensor kelembapan tanah untuk menyiram tanaman secara otomatis. Sistem dibuat dengan Arduino untuk menunjukkan hasil dari pembacaan sistem, yang mana data tersebut dapat dicek dari kontrol respon yang digunakan. Selanjutnya, sistem ini diolah dengan metode *fuzzy*. Input yang digunakan untuk penelitian ini yaitu sensor kelembapan tanah. Apabila nilai kelembapan tanah di atas 600pH maka sistem melakukan penyiraman tanaman otomatis dan apabila nilai kelembapan tanah di bawah 600 pH maka sistem tidak dapat menyiram tanaman secara otomatis. Tabel 2.1 berikut ini merupakan tabel perbedaan penelitian terkait.

Tabel 2. 1 Perbedaan Penelitian Terkait

No.	Nama Peneliti dan Judul Peneliti	Hasil Penelitian	Perbedaan
1.	Andrianto, Miko (2019) “Penerapan IoT Pada Perawatan Tanaman di Dalam Rumah”	Penelitian ini menerapkan metode <i>Black Block pada pengujian</i> . Hasil pengujian tanaman romusa mini dengan alat penyiraman tanaman otomatis menunjukkan bahwa tanaman tumbuh dan berkembang dengan baik.	- Pengujian metode <i>Black Block</i> - Pengujian menggunakan metode <i>confusion matrix</i>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian Terkait

No.	Nama Peneliti dan Judul Peneliti	Hasil Penelitian	Perbedaan
2.	Zulfa, Alfina (2014) “Rancang Bangun <i>Embedded System</i> Penyiraman Otomatis Pada Tanaman Hias Menggunakan Metode Logika <i>Fuzzy</i> ”	Perbandingan hasil pengujian metode <i>fuzzy</i> melalui simulasi menggunakan Matlab dan Microsoft Visual Studio menunjukkan perbedaan yang sangat kecil. Secara umum, proses pengujian telah berlangsung dengan baik, karena data yang diperoleh hanya menunjukkan sedikit perbedaan hasil.	<ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan sensor kelembapan tanah dan LCD untuk menampilkan data - Menggunakan sensor suhu dan kelembapan tanah, <i>ThingSpeak</i> untuk menampilkan data
3.	Bhardwaj, Swapnil Dhir, Saru Hooda, Madhurima (2018) “ <i>Automatic Plant Watering System using IoT</i> ”	Sistem ini memiliki sensor kelembapan tanah dan relay yang terhubung dengan board Arduino Uno. Sensor akan ditempatkan di dalam tanah yang akan memeriksa kadar air tanah dan akan mengirimkan informasi tersebut ke board Arduino Uno, kemudian ke modul relay yang akan menghidupkan/mematikan motor untuk menyiram tanaman sesuai kebutuhan. Alat ini akan menyirami tanaman sehari dua kali.	<ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan Arduino dan tidak terdapat metode - Menggunakan NodeMCU metode <i>fuzzy Mamdani</i>
4.	Mursalim, Satria Bimo Sunardi, Hastha (2020) “Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Sensor Kelembapan Tanah”	Proses pengujian berjalan dengan baik. Penelitian ini terdapat dua jenis pengujian yaitu pengujian fungsional yang menguji setiap komponen alat yang dipakai dan pengujian kinerja yang mengevaluasi performa sistem penyiraman tanaman.	<ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan sensor LM35 dan sensor SEN0057 - Menggunakan sensor DHT11 dan YL-69

2.2 Landasan Teori

2.2.1 *Internet of Things*

Kevin Asthon awalnya mengembangkan *Internet of Things* pada tahun 1997 sebagai bagian dari proyek *Procter dan Gamble* yang menggunakan tag RFID untuk

mengontrol rantai pasokan (Edukarya, 2020). Perkembangan *Internet of Things* dimulai dari inovasi Kevin Asthon yaitu RFID yang dapat melakukan pelacakan barang menggunakan gelombang radio dari jarak jauh, Selanjutnya konsep ini berkembang melalui proyek tampilan data berbentuk bola berwarna, menandai awal penggunaan *Internet Protocol* (IP) untuk jaringan *smart object* pada tahun 2008, hingga pengenalan IPv6 pada tahun 2011, yang memungkinkan identifikasi perangkat dan lokasi dalam jaringan internet. Di masa sekarang teknologi *Internet of Things* (IoT) terus mengalami kemajuan pesat dengan semakin banyak perusahaan besar seperti *Microsoft*, *Oracle* dan lainnya. Perusahaan tersebut yang mulai merawat dan mengembangkan penerapannya dalam berbagai bidang. (Subani et al., 2021). Dalam bidang teknologi terutama dalam hal *Internet of Things* dapat memberikan dampak besar pada dunia informasi. Ini terjadi karena *Internet of Things* memiliki banyak peluang yang perlu dimengerti dan dieksplorasi.

Internet of Things yang biasanya disingkat IoT dapat diartikan sebagai kemampuan berbagai perangkat untuk saling bertukar informasi melalui jaringan internet. Teknologi ini digunakan berbagai objek yang memiliki identitas unik dan alamat IP untuk saling terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan. *Internet of Things* (IoT) adalah sebuah sistem yang menghubungkan berbagai perangkat fisik seperti peralatan rumah tangga, kendaraan, mesin industri ke internet melalui sensor dan perangkat lunak. Dengan adanya koneksi ini, perangkat-perangkat tersebut dapat saling berkomunikasi dengan data tanpa perlu campur tangan manusia (Kurniawan et al., 2018). Dengan menggunakan IoT perangkat-perangkat ini dapat saling bertukar informasi, memproses data, dan bekerja sama untuk menjalankan

tugas tertentu secara otomatis (Mambang, 2021).

Sebuah jaringan dapat disebut sebagai *Internet of Things* (IoT) jika menghubungkan objek yang tidak dikendalikan langsung oleh manusia ke internet (Fragastia et al., 2019). Proyek *Internet of Things* dapat digunakan di gedung-gedung untuk mengelola dan mengontrol alat elektronika seperti lampu ruangan yang dapat dikontrol secara jarak jauh menggunakan jaringan komputer dan juga lampu yang dapat dikendalikan secara online melalui mobile. Berdasarkan hal tersebut, *Internet of Things* dapat mudah digunakan untuk memonitoring dan mengontrol lampu dimanapun dan kapanpun dengan jaringan internet yang memadai (Efendi, 2018).

Internet of Things (IoT) dapat berfungsi menggunakan tiga bagian penting dari strukturnya yaitu objek nyata yang dilengkapi dengan modul IoT, alat untuk terhubung ke internet seperti modem dan router nirkabel dan pusat data cloud yang digunakan untuk menyimpan aplikasi data. Cara *Internet of Things* (IoT) beroperasi adalah dengan memanfaatkan sistem di mana setiap perintah menghasilkan interaksi otomatis antar perangkat IoT yang saling terhubung tanpa bantuan manusia dan dalam jangkauan yang jauh melalui jaringan internet (Efendi, 2018).

2.2.2 NodeMCU-ESP8266

NodeMCU-ESP8266 atau *Node MicroController* digunakan dalam penelitian ini. NodeMCU adalah *Unit* suatu rangkaian yang menggunakan IC mikrokontroler berfungsi untuk membaca data dari sensor dan mengirimkannya ke situs website. NodeMCU dilengkapi dengan fitur *WiFi* yang memungkinkan perangkat ini terhubung ke jaringan internet secara nirkabel. Selain itu, NodeMCU

menggunakan firmware *open source* kode sumbernya dapat digunakan oleh siapa saja sesuai kebutuhan. Fitur *WiFi* dan *firmware* memudahkan pengguna dalam belajar pemrograman sehingga dapat diterapkan dalam berbagai bidang teknologi. NodeMCU digunakan dalam project *Internet Of Things* memiliki kemampuan untuk berkomunikasi melalui jaringan *WiFi*. ESP 8266 memiliki *chip WiFi* yang berukuran kecil dan memiliki kemampuan untuk menghubungkan perangkat ke jaringan *WiFi*. LUA, bahasa pemrograman yang digunakan oleh NodeMCU memiliki kemiripan dalam metode dan struktur dengan C++, memudahkan pengguna untuk mengimplementasikan (Hidayatollah, 2020). Gambar 2.1 berikut ini merupakan NodeMCU ESP8266 yang digunakan.



Gambar 2.1 NodeMCU ESP8266

Berikut adalah kelebihan NodeMCU ESP8266.

1. Bahasa pemrograman NodeMCU cukup praktis dan sederhana karena NodeMCU dilengkapi dengan berbagai *library* yang lengkap dan mudah digunakan.
2. Mempunyai kemampuan jaringan *WiFi* yang dapat terhubung ke internet tanpa memerlukan modul tambahan.
3. NodeMCU mendukung protocol jaringan standar seperti HTTP, MQTT dan WebSocket.

4. NodeMCU dilengkapi flash memory yang cukup besar 4Mb.
5. Harga NodeMCU salah satu mikrokontroler berbasis *WiFi* yang relative murah.

Berikut adalah kekurangan NodeMCU ESP8266.

1. NodeMCU memiliki pin GPIO yang jumlahnya terbatas.
2. NodeMCU hanya memiliki satu pin ADC (*Analog to Digital Converter*) yang membatasi kemampuannya untuk membaca sensor lebih dari satu secara bersamaan.
3. NodeMCU hanya memiliki 64 KB RAM data dan 80 KB RAM instruksi tidak cukup untuk aplikasi yang membutuhkan banyak *buffer* atau penyimpanan data sementara.

Menurut (Manullang et al., 2021) NodeMCU-ESP8266 memiliki spesifikasi yang ditunjukkan pada tabel 2.2

Tabel 2. 2 Spesifikasi NodeMCU-ESP8266

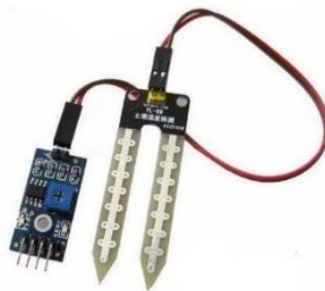
Parameter	Keterangan
Tegangan Input	3.3 – 5V
Jumlah GPIO	17 Pin
Memori Flash	16 MB
RAM	64 KB, 80 KB
Konsumsi Daya	10 mA – 170 mA
Frekuensi Operasi	24.8 GHz -22.5 GHz
Port USB	Micro USB
WiFi	IEE 802.11 b/g/n
Jumlah Kanal PWM	10 Kanal
Chip USB	CH340G
Kecepatan Clock	40/26/24 MHz

2.2.3 Sensor Kelembapan Tanah

Sensor kelembapan tanah merupakan salah satu sensor yang digunakan mengukur dan mendeteksi kadar air di dalam tanah. Sensor kelembapan tanah YL-69 dibuat dengan ukuran yang sangat kecil (nanometer) karena dengan ukuran yang

lebih mini, penggunaan dan konsumsi energi menjadi lebih efisien (Anggara et al., 2018). Sensor ini sangat ideal untuk memantau kelembapan tanaman hias atau mengukur kadar air di halaman maupun lahan pertanian. Sensor ini dilengkapi dengan dua probe, yaitu probe yang mengalirkan arus melalui tanah dan probe yang mengukur tingkat kelembapan tanah dengan membaca nilai resistensinya. Ketika tanah mengandung banyak air, listrik dapat mengalir dengan mudah dan nilai resistensinya rendah. Sebaliknya, ketika tanah kekurangan air dan menjadi kering, arus listrik sulit mengalir, sehingga nilai resistensinya tinggi. (Sulistiawan, 2017).

Penelitian ini menggunakan jenis sensor kelembapan tanah YL-69. Sensor ini dapat mendeteksi dan membaca nilai kelembapan tanah di sekitar tanaman. Sensor YL-69 dilengkapi dengan modul probe yang di dalamnya terdapat IC LM393 yang berfungsi untuk melakukan proses perbandingan dengan offset rendah, stabil, dan akurat (Erwanto, 2021). Sensor kelembapan tanah YL-69 mampu mengukur kelembapan tanah dapat dipakai untuk menyiram tanaman secara otomatis apabila nilai kelembapan mencapai nilai yang telah ditentukan. Sensor YL-69 terdapat tiga buah pin yaitu Analog, Ground dan Power. Sensor YL-69 dalam penggunaannya membutuhkan daya sebesar 3.3V atau 5V (MAJID, 2016). Gambar 2.2 berikut merupakan sensor YL-69 yang digunakan dalam penelitian ini.



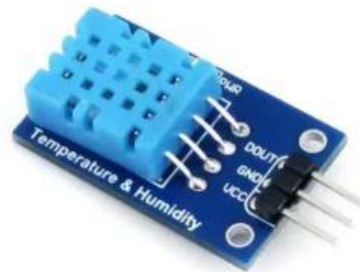
Gambar 2. 2 Sensor YL-69

2.2.4 Sensor Suhu DHT11

Sensor suhu DHT11 digunakan dalam penelitian ini sebagai alat utama untuk mendeteksi suhu dan kelembapan. Sensor ini dirancang agar dapat dengan mudah dihubungkan ke mikrokontroler, seperti NodeMCU, sehingga sangat cocok untuk aplikasi berbasis IoT. DHT11 mampu berfungsi dengan optimal baik di lingkungan dalam ruangan maupun luar ruangan, terutama pada lingkungan dengan tingkat kelembapan yang tinggi (Mardana et al., 2016). Dalam penelitian ini, sensor DHT11 dipilih karena kemampuannya yang andal dalam pengukuran suhu serta kemudahan integrasinya dengan sistem. Sensor DHT11 merupakan alat yang dapat mengukur dua parameter secara bersamaan yaitu suhu dan kelembapan udara. Sensor ini memiliki Batasan tegangan 5V. Kemampuan DHT11 untuk mengukur kelembapan dan suhu juga disebabkan oleh biaya produksi yang rendah, tetapi memiliki respons yang cepat dari mikrokontroler 8 bit (Asair, 2018). Sensor DHT11 dapat membaca suhu antara -40°C sampai 85°C dengan akurasi $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ dan dapat membaca kelembapan udara 0% sampai 100% dengan akurasi $\pm 3\%$ (Bürgler et al., 2018).

Sensor DHT11 menghasilkan pembacaan data yang akurat dan sederhana dengan kemampuan membaca suhu dan kelembapan udara secara cepat serta minim kesalahan. Umumnya sensor DHT11 mempunyai fungsi kualitas yang sangat akurat. Kinerja sensor suhu menunjukkan stabilitas yang sangat baik untuk periode yang panjang. Proses pengiriman hasil data ke pin output menggunakan kawat dua arah. Sistem dua kabel satu arah ini memungkinkan penggunaan yang cepat dan mudah. Sensor ini tergolong cukup kompleks karena terdiri dari tiga sistem, namun

penggunaannya sangat praktis. Data dari sensor DHT11 dapat diperoleh hanya dengan menghubungkannya ke pin output. Beberapa keunggulan sensor ini meliputi bentuknya kecil, konsumsi energi yang rendah dan kemampuan mengirim sinyal hingga jarak dua puluh meter. Karena keunggulan tersebut, sensor ini sering dimanfaatkan dalam berbagai jenis penggunaan (Fachrudin, 2022). Gambar 2.3 berikut merupakan bentuk dari sensor suhu DHT11 yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2. 3 Sensor DHT11

2.2.5 Relay

Penelitian ini menggunakan relay yang sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.4. Relay sebagai komponen utama untuk mengatur aliran listrik dan berfungsi sebagai saklar elektronik yang dioperasikan berdasarkan prinsip elektromagnetik. Komponen ini memiliki tiga komponen dasar: elektromagnetik, kontak mekanis dan bagian *common*. Tombol dioperasikan dengan prinsip elektromagnetik, yang memungkinkan aliran listrik pada tegangan lebih tinggi dikendalikan oleh arus listrik kecil atau daya rendah. Relay dengan elektromagnet 5V dan 50 mA dapat menggerakkan armature relay dan menghantarkan arus listrik sebesar 220V dengan arus 2A (Raden Mas Wahyu, 2021).



Gambar 2. 4 Relay

2.2.6 Pompa Air

Pompa air adalah perangkat yang berfungsi untuk memindahkan air dari satu tempat ke tempat lain dengan menggunakan energi dari tenaga listrik. Gradien tekanan antara bagian masukan dan bagian keluaran merupakan dasar pengoperasian alat. Gradien tekanan menyebabkan aliran air masuk melalui sisi masukan (hisap) dan terdorong keluar melalui sisi keluaran (tekanan) karena adanya perubahan tekanan tersebut. Pompa air arduino 5V merupakan pompa kecil yang dapat diproses menggunakan daya listrik 5 volt, pada umumnya diperoleh dari sumber daya baterai atau catu daya yang terhubung ke arduino. Pompa digunakan berbagai proyek yang melibatkan pengendalian air atau cairan lainnya (Syafrudin, 2019).



Gambar 2. 5 Pompa Air 5V

Pompa air arduino 5 Volt ini memiliki tegangan maksimum 6 Volt DC, dengan batas minimum 2.5 Volt. Kapasitas alirannya mencapai 120 liter per jam dengan

batas minimum 80 liter per jam. Diameter outlet dalam dan luarnya adalah 4.7 mm (0.18 inci) dan 7.5 mm (0.3 inci) masing-masing. Pompa ini beroperasi optimal pada tegangan antara 3 hingga 5 Volt dan mengonsumsi daya antara 0.4 hingga 1.5 Watt. Arus listrik yang digunakan adalah 120 hingga 330 mA.

2.2.7 Tanaman Bunga Telang

Clitoria Ternatea nama latin tanaman bunga telang yang merupakan anggota keluarga *Fabaceae* dan banyak ditemukan di negeri Fabales. *Fabaceae* dikenal dengan ciri buah berupa polong dan tumbuh di daerah tropis Asia Tenggara. Penyebaran bunga telang yang semakin luas membuat tanaman ini banyak dimanfaatkan untuk bahan pangan, pakan ternak, penghijauan, dan obat-obatan tradisional. Dengan jumlah spesies sekitar 110 spesies, *famili Fabaceae* memiliki jumlah spesies tumbuhan obat terbanyak yang ditemukan di hutan tropis Indonesia. Selain itu, karena mengandung karbohidrat, protein, lemak, vitamin, dan unsur mikro *fabaceae* sering digunakan sebagai sumber makanan. (Hawari et al., 2022). Gambar 2.6 berikut bentuk dari tanaman bunga telang.



Gambar 2. 6 Bunga Telang

2.2.8 Logika Fuzzy Mamdani

Prof. Lotfi A. Zadeh menemukan logika *fuzzy* di tahun 1965. Beliau merupakan seorang ilmuwan asal Iran yang menjabat sebagai dosen tertinggi di *University of California* di Berkeley. Logika *fuzzy* adalah salah satu cabang dari Kecerdasan Buatan (AI) yang memiliki kemampuan untuk meniru cara berpikir manusia dalam bentuk algoritma yang kemudian diproses dan dijalankan oleh mesin (Mursalin & Sunardi, 2020). Jenis teori himpunan yang dikenal sebagai logika samar mempunyai fungsi nilai keanggotaan 0 dan 1 untuk setiap anggota himpunan. Banyak permasalahan terdapat di logika *fuzzy* termasuk pengendalian proses, klasifikasi, pencocokan pola, dan pengambilan keputusan yang memerlukan penerapan logika *fuzzy* (Permadi et al., 2021). Logika *fuzzy* adalah suatu pendekatan yang dapat diterapkan dalam proses pengambilan keputusan dengan menggunakan aturan (*rule*) untuk menyelesaikan masalah non-linear melalui persamaan logika yang diperoleh dari identifikasi kasus. Metode ini biasanya menggunakan variabel linguistik dan nilai keanggotaan untuk menunjukkan hal-hal di dunia nyata (Silva & Muliantara, 2022).

Menurut buku “Komputer Masa Depan Pengenalan *Artificial Intelligence*”, Profesor Lotfi A. Zadeh menciptakan logika *fuzzy*, yang dikenal dengan logika samar. Nilai keanggotaan 0 dan 1 digunakan untuk menilai suatu kondisi seperti tinggi, usia, berat dan keadaan lainnya yang sulit untuk dipastikan dengan tepat.

2.2.9 Himpunan Fuzzy Mamdani

Menurut jurnal Aryanto (Mardana et al., 2016), Himpunan *fuzzy* adalah suatu pengelompokan variabel bahasa (*linguistic variable*) dan pengelompokan

nilai keanggotaan yang dimilikinya. Derajat keanggotaan suatu nilai dalam himpunan memiliki nilai 0.0 hingga 1.0. Lambang $A[x]$ mewakili himpunan *crisp* yang memiliki bentuk berbeda dalam himpunan *fuzzy*. Huruf A memiliki dua nilai yaitu angka satu (1) merupakan anggota himpunan dan angka nol (0) merupakan bukan anggota himpunan.

Terdapat dua cara untuk menyatakan notasi himpunan *fuzzy*. Pertama dengan menggunakan pasangan berurutan elemen pertama menunjukkan nama atau elemen dan elemen kedua menunjukkan seberapa besar tingkat keanggotaan item tersebut dalam himpunan dan dinyatakan dengan angka antara 0 dan 1. Notasi himpunan *fuzzy* dapat dilihat pada persamaan 2.1 (Kholil, 2020):

$$\tilde{A} = \mu_{\tilde{A}}(X_1) / X_1 + \mu_{\tilde{A}}(X_2) / X_2 + \dots + \mu_{\tilde{A}}(X_n) / X_n = \sum_{i=1}^n \mu_{\tilde{A}}(X_i) / X_i \quad (2.1)$$

Himpunan *fuzzy* juga disebut dengan convex, yang mana sifat convex memiliki fungsi derajat keanggotaan yang bersifat monoton, baik meningkat maupun menurun atau monoton meningkat terlebih dahulu kemudian diikuti oleh monoton menurun (Kholil, 2020). Himpunan *fuzzy* memiliki dua kelompok yaitu (Jufriadi et al., 2020)

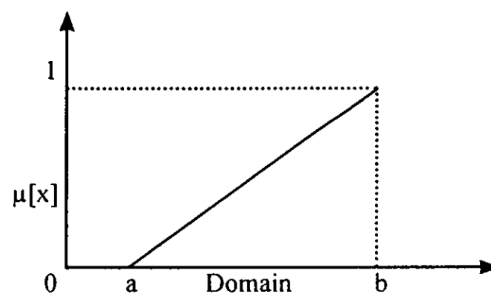
1. Linguistik merupakan kelompok yang dikatakan Linguistik apabila mencerminkan sebuah kondisi melalui penggunaan bahasa seperti sejuk, panas, dingin dan lain sebagainya yang berhubungan dengan variabel suhu.
2. *Numeric* merupakan kelompok yang dapat dikatakan *numeric* apabila suatu kelompok yang berhubungan dengan bentuk variabel yaitu 10,35,40 dan lain sebagainya. Contoh dari *numeric* ini yaitu hening, pelan, sedang dan seterusnya.

2.2.10 Fungsi Keanggotaan *Fuzzy Mamdani*

Berdasarkan penelitian (Simanjutak, 2015), Fungsi keanggotaan yang sering disebut juga dengan istilah fungsi keanggotaan adalah kurva atau grafik yang menunjukkan bagaimana titik-titik data masukan diubah menjadi derajat kesatuan suatu daerah. Nilai dari fungsi keanggotaan antara nol (0) hingga satu (1). Nilai keanggotaan variabel x disimbolkan dengan $\mu(x)$. Aturan (*rule*) nilai keanggotaan berperan menjadi bobot dalam menilai pengaruhnya saat proses inferensi dilakukan. Beberapa jenis fungsi keanggotaan dapat diterapkan di antaranya.

A. Representasi Linear

Representasi linear menggambarkan hubungan antara input dan derajat keanggotaan dalam himpunan *fuzzy* dengan garis lurus. Representasi linier sering digunakan untuk mengatasi ide-ide yang ambigu. Pada himpunan *fuzzy* terdapat dua kriteria linier. Pertama, Himpunan naik akan bergeser ke kanan menuju nilai masukan lain yang derajat pengumpulannya lebih tinggi jika berisi nilai masukan dengan derajat pengumpulan nol (0). Representasi linear memudahkan pemodelan hubungan antara input dan derajat keanggotaan dalam bentuk yang sederhana dan mudah dianalisis. Gambar 2.7 menunjukkan diagram linear dengan arah naik (Simanjutak, 2015)

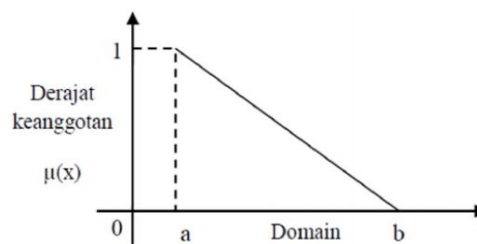


Gambar 2. 7 Diagram Kurva Naik

Berikut kurva keanggotaan linear naik.

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2.2)$$

Kedua, himpunan kurva menurun terjadi ketika nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi berada di sisi kiri kemudian turun secara bertahap mengarah ke nilai domain yang memiliki tingkat keanggotaan lebih minim. Gambar 2.8 menunjukkan diagram linear dengan arah turun (Simanjutak, 2015).



Gambar 2. 8 Diagram Kurva Turun

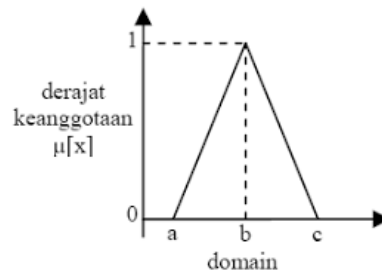
Berikut kurva keanggotaan linear turun.

$$\mu[x] = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ (b-x)/(b-a) & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (2.3)$$

B. Representasi Kurva segitiga

Representasi kurva segitiga adalah model yang menggabungkan dua garis lurus linear. Kurva segitiga sering digunakan dalam sistem *fuzzy* untuk menggambarkan derajat keanggotaan yang berubah secara bertahap. Bagian pertama dari kurva segitiga adalah garis yang naik menunjukkan peningkatan derajat keanggotaan seiring dengan meningkatnya nilai input. Setelah mencapai puncak kurva turun menunjukkan penurunan derajat keanggotaan seiring nilai

input meningkat lebih jauh. Gambar 2.9 berikut ini menunjukkan diagram linear dengan bentuk segitiga.



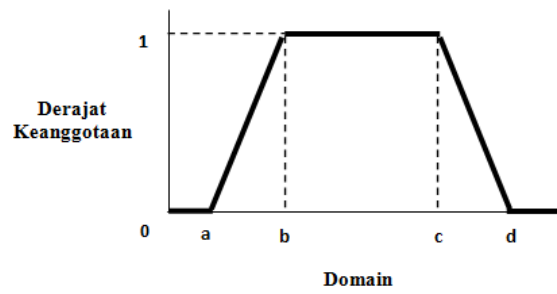
Gambar 2. 9 Diagram Kurva Segitiga

Terdapat tiga variabel dalam diagram kurva segitiga. Masing-masing dari tiga variabel fungsi keanggotaan a , b , dan c menentukan koordinat x dari tiga titik sudut yang membentuk kurva segitiga. Fungsi keanggotaan representasi kurva segitiga adalah sebagai berikut (Simanjutak, 2015).

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x - a)/(b - a) & a \leq x \leq b \\ (x - a)/(b - a) & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.4)$$

C. Representasi Kurva Trapesium

Dalam sistem *fuzzy* digram kurva trapesium digunakan untuk mengukur nilai derajat keanggotaan yang berubah secara bertahap. Kurva ini memiliki empat variabel: a , b , c , dan d , yang masing-masing menentukan titik-titik pada sumbu horizontal yang menggambarkan perubahan nilai input. Pada kurva trapesium setelah mencapai puncak, nilai derajat keanggotaan tetap konstan yaitu satu di garis bagian atas kurva sebelum garis menurun. nilai input yang memiliki derajat keanggotaan satu, yang menunjukkan rentang nilai input di mana derajat keanggotaan tetap maksimum. Gambar 2.10 berikut ini menunjukkan diagram linear dengan bentuk trapesium.



Gambar 2. 10 Diagram Kurva Trapesium

Persamaan fungsi keanggotaan diagram kurva trapesium adalah sebagai berikut (Simanjutak, 2015).

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x - a)/(b - a) & a \leq x \leq b \\ 1; & a \leq x \leq c \\ (d - x)/(d - c) & x \geq d \end{cases} \quad (2.5)$$

BAB III

DESAIN DAN IMPLEMENTASI

Penelitian ini akan membangun sistem monitoring penyiraman tanaman menggunakan *Internet of Things* dan metode *fuzzy Mamdani*. Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah bunga telang (*Clitoria ternatea*). Bunga telang (*Clitoria ternatea*) salah satu tanaman memiliki manfaat yang melimpah bagi kesehatan tubuh seperti meningkatkan daya ingat, menjaga kesehatan kulit, dan mengurangi stres. Dengan adanya sistem monitoring manusia dapat dengan mudah mengontrol dan memantau kondisi tanaman, seperti kelembapan tanah, suhu.

3.1 Desain Penelitian

Dalam setiap penelitian, dibutuhkan desain sistem atau rencana yang jelas agar proses penelitian berjalan dengan terstruktur dan sistematis. Desain sistem membantu peneliti dalam menentukan langkah-langkah yang harus diambil selama penelitian. Terdapat dua jenis pendekatan dalam penelitian yaitu kuantitatif dan kualitatif. Penelitian kuantitatif fokus pada pengumpulan data yang bersifat angka dan dapat diukur secara objektif seperti jumlah, persentase, atau hasil yang dapat dihitung. Sedangkan penelitian kualitatif lebih fokus pada pengumpulan data yang bersifat deskriptif dan menggali pemahaman mendalam tentang suatu fenomena. Dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif karena data yang digunakan dapat diukur dan dianalisis secara statistik untuk mendapatkan hasil yang lebih terukur dan objektif. Diagram blok alur penelitian dari penelitian di gambarkan pada gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3. 1 Diagram Blok Alur Penelitian

3.1.1 Analisis Masalah

Analisis masalah diperlukan dalam penelitian demi memahami persoalan yang dihadapi, kemudian peneliti harus memecahkan permasalahan tersebut. Saat ini masyarakat masih banyak yang mengalami kesulitan dalam hal perawatan tanaman khususnya dalam hal penyiraman tanaman yang masih melakukan penyiraman dengan sistem manual akan menghabiskan waktu dan tenaga dan perhatian. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini membangun sebuah sistem monitoring penyiraman tanaman berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan metode *fuzzy*. Tujuan dibangunnya sistem tersebut untuk menjaga kelembapan tanah pada tanaman dan dapat meringankan masyarakat dalam hal penyiraman tanaman.

3.1.2 Pengumpulan Data

Tujuan pengumpulan data adalah untuk mengumpulkan informasi yang relevan untuk memenuhi maksud dan tujuan penelitian. Data primer dan sekunder merupakan dua kategori data yang digunakan dalam penelitian ini.

A. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari sumber atau objek yang sedang diteliti, tanpa melalui perantara atau sumber lain. Menurut (Putra, 2020) sumber primer merujuk pada pihak atau tempat yang langsung memberikan data kepada pengumpul data, tanpa adanya interpretasi atau modifikasi dari pihak ketiga. Berdasarkan penelitian ini data primer yang didapatkan dari pengelola budidaya bunga telang. Bunga telang membutuhkan perawatan khusus diantaranya setelah menanam bunga telang pemberian pupuk dilakukan dalam satu Minggu sekali selama satu Bulan dan Bulan selanjutnya pemberian pupuk sekali dalam satu Bulan, penyiraman dilakukan secara rutin apabila tanah dalam keadaan kering, bunga telang dapat tumbuh antara suhu 25°C - 31°C. Penanaman bunga telang dilakukan dengan memilih bibit tanaman sehat berumur tiga bulan dan meletakkannya di pot yang telah ditentukan. Bunga telang dilakukan dengan memeriksa secara rutin setiap hari, memperhatikan kondisi tanaman. Jika ada organisme yang merusak, maka organisme tersebut harus dihilangkan.

B. Data Sekunder

Data sekunder adalah informasi yang dikumpulkan melalui perantara seperti individu lain atau dokumen, bukan langsung dari pengumpul data.. Penulis memperoleh data sekunder dari dokumen-dokumen usaha, buku, atau kajian

literatur yang memberikan informasi terkait dengan topik penelitian. Berdasarkan penelitian ini data sekunder didapatkan dari jurnal dan penelitian terkait mengenai sistem otomatisasi dan pemantauan, logika *fuzzy*, otomatisasi sistem, sensor suhu, sensor kelembapan tanah pada tanaman bunga telang (*Clitoria ternatea*). Bunga telang diolah menjadi teh yang memberikan berbagai manfaat untuk kesehatan seperti diabetes, kanker, insomnia, demam, batuk dan lain sebagainya. Dalam penelitian ini menggunakan tumbuhan bunga telang berusia dua bulan karena pada usia dua bulan bunga telang berada dalam tahap pertumbuhan yang cepat, terutama pada daun dan proses pembentukan bunga. Pada penelitian ini fokus untuk menyiram tanaman otomatis menggunakan metode *fuzzy mamdani*.

Penanaman bunga telang memerlukan syarat khusus agar tanaman dapat berkembang dengan baik dan menghasilkan bunga yang maksimal. Berikut syarat khusus untuk menanam bunga telang (Kalsum, 2023).

1. Kelembapan tanah yang diperlukan tanaman bunga telang berkisar antara 550 pH – 900 pH.
2. Suhu udara yang diperlukan bunga telang yaitu 25°C - 31°C.
3. Pemupukan bunga telang setiap sebulan sekali, penyiraman dilakukan secara rutin ketika tanah kering.

3.1.2 Kebutuhan Sistem

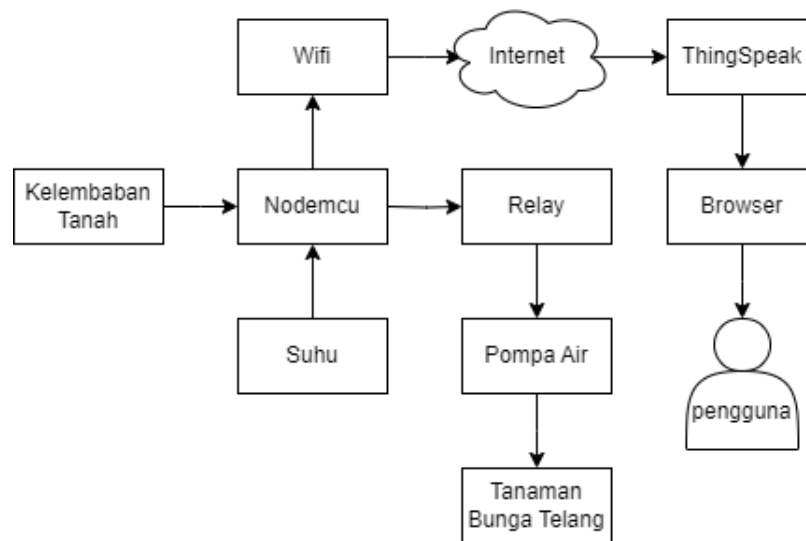
Untuk membangun suatu sistem dibutuhkan komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang saling melengkapi agar sistem dapat beroperasi sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 3. 1 Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

NO	Perangkat Keras	Perangkat Lunak
1.	Laptop dengan spesifikasi merk Asus Tuf <i>Gaming</i> FX505DU, Ram 16GB dan <i>prosesor</i> AMD Ryzen 7 3750H with Radeon Vega Mobile Gfx	<i>Microsoft Windows</i> 11 64 bit
2.	Sensor Kelembapan Tanah (YL-69)	IDE Arduino UNO
3.	Sensor Suhu (DHT11)	<i>Platform</i> IOT
4.	NodeMCU <i>Wifi Module</i>	
5.	Pompa Air	
6.	<i>Relay</i>	

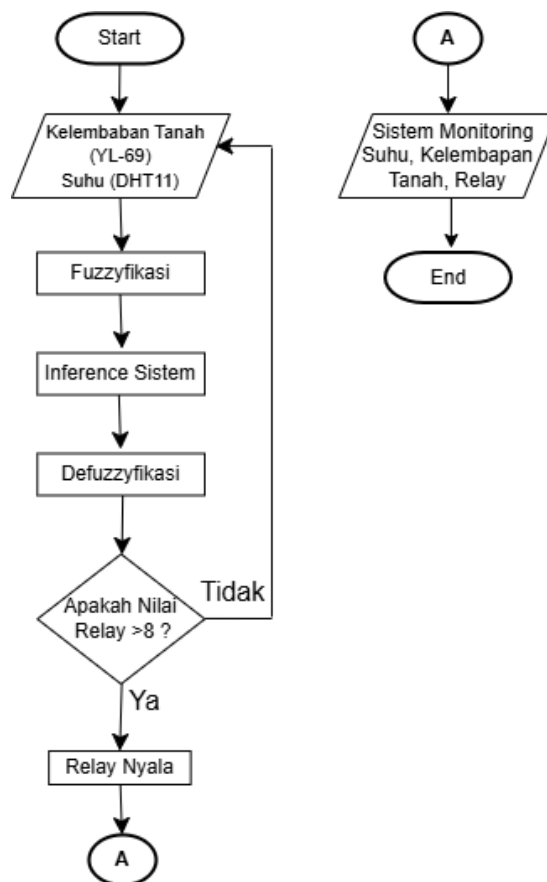
3.2 Perancangan Sistem

Perancangan sistem sangat penting dalam penelitian karena memungkinkan peneliti untuk menciptakan alat yang sesuai dengan tujuan penelitian. Proses perancangan ini harus mempertimbangkan beberapa hal seperti pemilihan komponen yang tepat, harga yang ekonomis dan kemudahan dalam memperoleh komponen-komponen tersebut di pasaran. Selain itu, perancangan juga bertujuan untuk menyelesaikan masalah yang ada dengan menggabungkan prinsip-prinsip elektronik dan mekanik (Nugraha, 2022). Dalam melakukan perancangan, peneliti biasanya mengacu pada berbagai referensi seperti buku teori dan data sheet yang menyediakan informasi tentang teori-teori perancangan serta spesifikasi komponen yang akan digunakan. Buku ini juga penting untuk membantu dalam proses percobaan dan pengujian alat yang dirancang. Perancangan sistem menggambarkan cara kerja rangkaian alat untuk penyiraman tanaman otomatis yang berbasis *Internet of Things* sebagaimana pada gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3. 2 Perancangan Sistem

Rancangan sistem penyiraman tanaman bertujuan memberikan kemudahan kepada masyarakat dalam melakukan penyiraman. Sistem penyiraman tersebut dilakukan secara otomatis serta sistem dapat dipantau melalui website. Sistem penyiraman tanaman menggunakan dua sensor yaitu sensor kelembapan tanah dan sensor suhu sebagai bahan input. Kedua sensor tersebut diproses menggunakan NodeMCU dan Logika *fuzzy mamdani*. NodeMCU berfungsi sebagai penerima data yang dikirim dari sensor kelembapan tanah dan sensor kemudian menginstruksikan. Pompa air menyala apabila tanah kering. Pembacaan data dan hasil pengolahan perhitungan *fuzzy* dari data sensor diteruskan ke website yang sudah dibuat dengan menggunakan internet untuk menampilkan data.

Gambar 3.3 *Flowchart* Sistem

Penelitian ini menggunakan *flowchart* sistem seperti pada gambar 3.3 yang menunjukkan alur program sistem penyiraman tanaman otomatis dan menggambarkan langkah-langkah yang diambil dalam proses otomatisasi penyiraman, sehingga memudahkan pemahaman tentang bagaimana sistem bekerja. Proses dimulai dengan *Start*, dilanjutkan dengan membaca data input sensor kelembaban tanah (YL-69) dan suhu (DHT11). Data tersebut diolah menggunakan sistem logika *fuzzy Mamdani*. Proses *fuzzifikasi* untuk mengolah input. Aturan *fuzzy* ini diimplementasikan melalui sistem inferensi yang menghasilkan output. Output kemudian diubah ke dalam bentuk numerik menggunakan proses *defuzzifikasi*. Hasil dari *defuzzifikasi* menentukan nilai dan

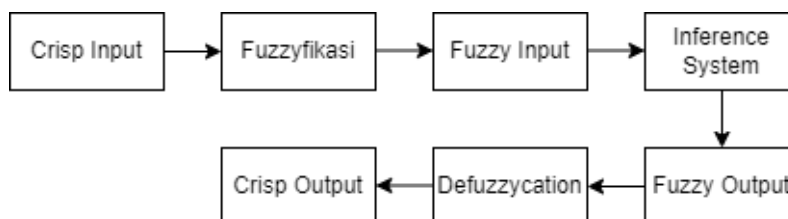
kontrol relay. Nilai output kurang dari 8 maka relay mati, apabila output bernilai 8 atau lebih relay nyala. Hal ini menunjukkan bahwa sistem telah mendeteksi kondisi tanah yang kering dan memerlukan penyiraman. Selanjutnya, data dari sensor suhu dan kelembapan tanah akan dikirim ke *ThingSpeak*. Proses monitoring dan pengontrolan ini akan terus berulang secara terus-menerus, sehingga menjaga kelembapan tanah tetap ideal.

3.3 Desain Logika *Fuzzy Mamdani*

Studi ini menerapkan model *fuzzy* tipe *mamdani*. Proses penyiraman air otomatis dilakukan dengan menggunakan perhitungan *fuzzy* yang mempertimbangkan dua variabel input utama yaitu suhu dan kelembapan tanah. Adapun variabel output yang digunakan yaitu relay untuk mengontrol dan mengendalikan pompa air.

Proses perhitungan logika *fuzzy mamdani* dimulai dengan menentukan nilai *crisp* atau data tegas yang diperoleh dari sensor sebagai input awal. Selanjutnya, tahap *fuzzifikasi* yaitu proses mengubah nilai tegas tersebut menjadi nilai fungsi keanggotaan dalam himpunan *fuzzy* untuk menentukan tingkat keanggotaan pada kategori tertentu seperti rendah, sedang, atau tinggi. Selanjutnya, *inference system* digunakan untuk memproses nilai fungsi keanggotaan tersebut berdasarkan aturan-aturan (*if-then statements*) yang telah ditentukan. Tahap ini bertujuan menjelaskan hubungan antara variabel input dan output serta melakukan penalaran untuk menghasilkan keputusan dalam bentuk nilai *fuzzy*. Langkah terakhir *defuzzifikasi* untuk mengubah nilai *fuzzy* yang dihasilkan oleh *inference system* menjadi nilai *crisp* kembali, sehingga output tersebut dapat digunakan untuk mengontrol sistem

atau perangkat tertentu (Abrori & Prihamayu, 2015). Gambar 3.4 berikut ini menunjukkan langkah-langkah metode *fuzzy* Mamdani yang digunakan dalam studi ini.



Gambar 3. 4 Skema Metode *Fuzzy Mamdani*

3.3.1 *Crisp Input*

Crisp input atau nilai tegas adalah nilai pasti yang diterima sistem dari sensor. Nilai ini belum memiliki tingkat keburaman (*fuzzy*) dan masih dalam bentuk angka atau parameter yang jelas dan pasti. Sensor YL-69 untuk mengukur kelembapan tanah memberikan nilai 300 pada skala 0-1000. Dalam sistem ini, nilai 30 adalah *crisp* input yang menunjukkan bahwa tanah kering. Sensor DHT11 untuk mengukur suhu menghasilkan nilai 28°C. Nilai 28°C adalah *crisp* input yang menunjukkan suhu normal. Nilai-nilai tersebut akan digunakan dalam proses *fuzzifikasi* untuk diubah menjadi nilai *fuzzy* yang dapat diproses oleh sistem *fuzzy* (Sudrajat, 2008).

3.3.2 *Fuzzyfikasi*

Fuzzyfikasi langkah pertama dalam melakukan proses perhitungan himpunan *fuzzy*. *Fuzzifikasi* adalah proses mengubah nilai tegas menjadi fungsi keanggotaan dalam himpunan *fuzzy*. Nilai input ditransformasikan dari bentuk tegas ke bentuk *fuzzy* secara linguistik melalui proses *fuzzifikasi* (Saragi et al., 2022). Dua variabel

input yang digunakan dalam penelitian ini adalah suhu dan kelembapan tanah.

Variabel *fuzzy* adalah variabel yang berfungsi untuk membangun sistem berbasis logika *fuzzy*. *Fuzzifikasi* berperan dalam menetapkan variabel input, output, dan himpunan *fuzzy* yang terkait. Dalam penelitian ini variabel yang digunakan yaitu suhu, kelembapan tanah, dan relay sebagaimana ditunjukkan pada tabel 3.2. Nilai linguistik adalah konsep dalam logika *fuzzy* yang digunakan untuk merepresentasikan keadaan atau kondisi tertentu melalui istilah yang mudah dipahami manusia. Berdasarkan tabel 3.3 penelitian ini menggunakan nilai linguistik pada suhu yaitu rendah, normal dan tinggi. Tabel jenis variabel *fuzzy* dan nilai linguistik adalah sebagai berikut.

Tabel 3. 2 Jenis Variabel *Fuzzy*

Jenis Variabel	Nama Variabel
Input	Suhu
	Kelembapan Tanah
Output	Relay

Tabel 3. 3 Nilai Linguistik

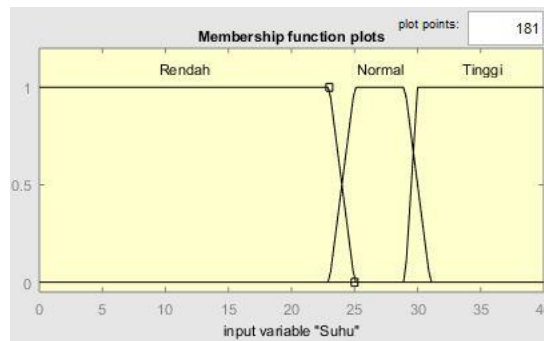
Nama Variabel	Nilai Linguistik
Suhu	Rendah, Normal, Tinggi
Kelembapan Tanah	Kering, Normal, Lembap
Relay	Nyala, Mati

3.3.3 *Fuzzy* Input

Fuzzy input merupakan hasil dari proses *Fuzzyfikasi*. *Crisp* input (nilai tegas) dari sensor diubah menjadi representasi *fuzzy*. *Fuzzy* input memiliki derajat keanggotaan dalam satu atau lebih himpunan (Paradis, 2023). berikut fungsi keanggotaan dari variabel suhu, kelembapan tanah dan relay.

A. Variabel Suhu

Menurut (Kalsum, 2023) suhu bunga telang diklasifikasikan menjadi tiga yaitu rendah (0°C - 25°C), Normal (23°C - 31°C) dan panas (29°C - 40°C). Masing masing variabel tersebut memiliki fungsi keanggotaannya masing-masing. Gambar 3.5 menggambarkan grafik input variabel suhu beserta fungsi keanggotannya.



Gambar 3. 5 Fungsi Keanggotaan Variabel Suhu

keanggotaan rendah berada pada bagian kiri dalam kurva memiliki persamaan berikut ini.

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 0 \text{ atau } x \geq 25 \\ 1; & 0 \leq x \leq 22 \\ (25 - x)/(25 - 22) & 22 \leq x \leq 25 \end{cases} \quad (3.1)$$

keanggotaan normal berbentuk kurva trapesium memiliki persamaan berikut ini.

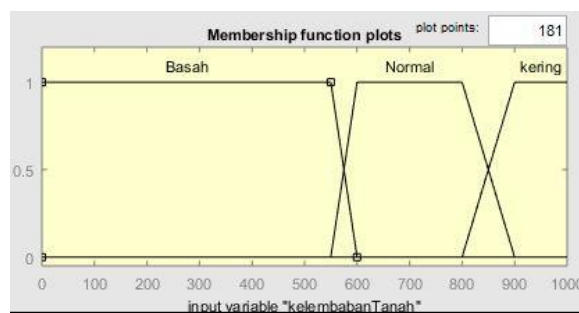
$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 23 \\ 1; & 25 \leq x \leq 29 \\ (x - 23)/(25 - 23) & 23 \leq x \leq 25 \\ (29 - x)/(29 - 25) & 29 \leq x \leq 25 \end{cases} \quad (3.2)$$

keanggotaan tinggi berbentuk bahu kanan pada kurva memiliki persamaan berikut ini.

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 29 \\ \frac{x-29}{31-29} & 29 \leq x \leq 31 \\ 1; & x \geq 31 \end{cases} \quad (3.3)$$

B. Variabel Kelembapan Tanah

Menurut (Kalsum, 2023), Kelembapan Tanah bunga telang diklasifikasikan menjadi tiga yaitu basah (0 pH – 600 pH), normal (550 pH – 900 pH) dan kering (≥ 800 pH). Masing masing variabel tersebut memiliki fungsi keanggotaannya masing-masing. Gambar 3.6 menggambarkan grafik input variabel kelembapan tanah beserta fungsi keanggotannya.



Gambar 3. 6 Fungsi Keanggotaan Variabel Kelembapan Tanah

keanggotaan basah berada pada bagian kiri dalam kurva memiliki persamaan berikut ini.

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 0 \text{ atau } x \geq 600 \\ 1; & 0 \leq x \leq 550 \\ (600 - x)/(600 - 550) & 550 \leq x \leq 600 \end{cases} \quad (3.4)$$

keanggotaan normal berbentuk kurva trapesium memiliki persamaan berikut ini.

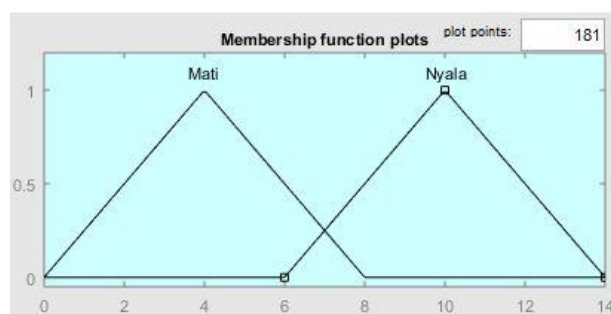
$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 550 \\ 1; & 600 \leq x \leq 800 \\ (x - 550)/(600 - 550) & 550 \leq x \leq 600 \\ (800 - x)/(800 - 600) & 800 \leq x \leq 900 \end{cases} \quad (3.5)$$

keanggotaan kering berada pada bagian kanan dalam kurva memiliki persamaan berikut ini.

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 800 \\ (x - 800)/(900 - 800) & 800 \leq x \leq 900 \\ 1; & x \geq 900 \end{cases} \quad (3.6)$$

C. Relay

Relay output adalah bagian dari sistem penyiraman tanaman yang bekerja berdasarkan data suhu dan kelembapan tanah. Relay dalam penelitian ini berfungsi sebagai output yang mengatur pengendalian pompa untuk menyiram tanaman. Pompa akan dihidupkan atau dimatikan berdasarkan kebutuhan tanaman yang ditentukan oleh data input yang diterima. Terdapat dua nilai linguistik dari relay yaitu nyala (*on*) dan mati (*off*). Pembacaan hasil sensor suhu dan kelembapan tanah kemudian diolah dengan menggunakan metode *fuzzy* dengan untuk mendapatkan hasil nilai relay (Mu'afiq, 2021). Gambar 3.7 berikut ini merupakan grafik fungsi keanggotaan output pada relay.



Gambar 3. 7 Fungsi Keanggotaan Variabel Output Penyiraman

3.3.4 Inference System

Setelah menentukan mendapatkan hasil *crisp* input langkah selanjutnya adalah menentukan aturan (*rule based*). *Rule based* dalam logika *fuzzy* adalah sebuah struktur aturan yang menghubungkan input dengan output kemudian digunakan untuk menentukan hasil berdasarkan hubungan yang telah ditetapkan. Berikut tabel 3.4 hasil *rule based* dalam studi ini.

Tabel 3. 4 Hasil Aturan *Fuzzy*

IF	Suhu	Kelembapan Tanah	Relay penyiraman
R1	Rendah	Basah	Mati
R2	Rendah	Normal	Mati
R3	Rendah	Kering	Nyala
R4	Normal	Basah	Mati
R5	Normal	Normal	Mati
R6	Normal	Kering	Nyala
R7	Tinggi	Basah	Mati
R8	Tinggi	Normal	Mati
R9	Tinggi	Kering	Nyala

Berdasarkan tabel 3.4 *fuzzy* menghasilkan *rule* seperti di bawah ini.

R1. If (suhu is rendah) and (kelembapan_tanah is basah) then (Relay_penyiraman is mati)

R2. If (suhu is rendah) and (kelembapan_tanah is normal) then (Relay _penyiraman is mati)

R3. If (suhu is rendah) and (kelembapan_tanah is kering) then (Relay _penyiraman is nyala)

R4. If (suhu is normal) and (kelembapan_tanah is basah) then (Relay _penyiraman is mati)

R5. If (suhu is normal) and (kelembapan_tanah is normal) then (Relay _penyiraman is mati)

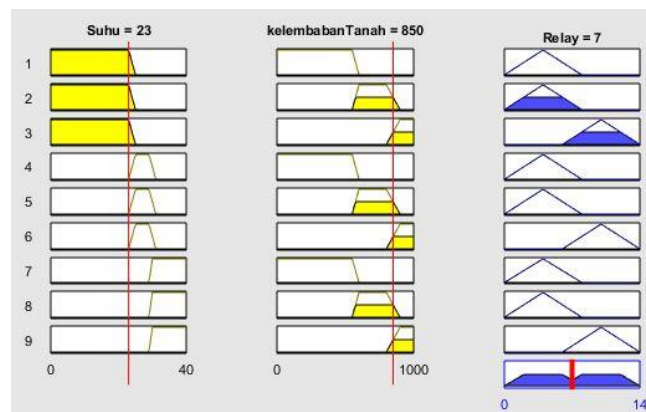
R6. If (suhu is normal) and (kelembapan_tanah is kering) then (Relay _penyiraman is nyala)

R7. If (suhu is tinggi) and (kelembapan_tanah is basah) then (Relay _penyiraman is mati)

R8. If (suhu is tinggi) and (kelembapan_tanah is normal) then (Relay _penyiraman is mati)

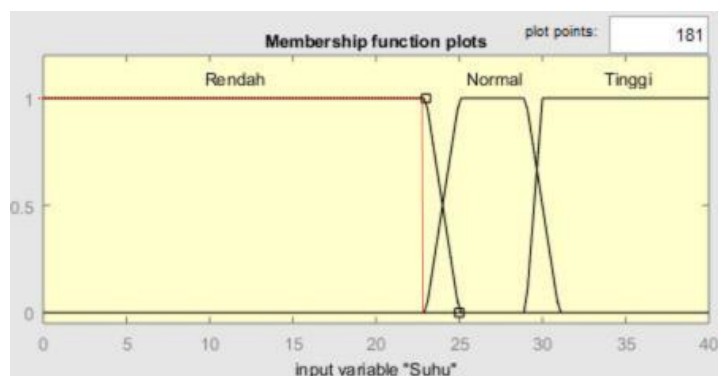
R9. If (suhu is tinggi) and (kelembapan_tanah is basah) then (Relay _penyiraman is nyala)

Berdasarkan gambar 3.8 menunjukkan bahwa aturan *rule based* hasil perhitungan yang memenuhi syarat perhitungan input yaitu suhu 23°C, kelembapan tanah 850 dan relay 7 yaitu pada *rule based* nomor dua dan tiga.



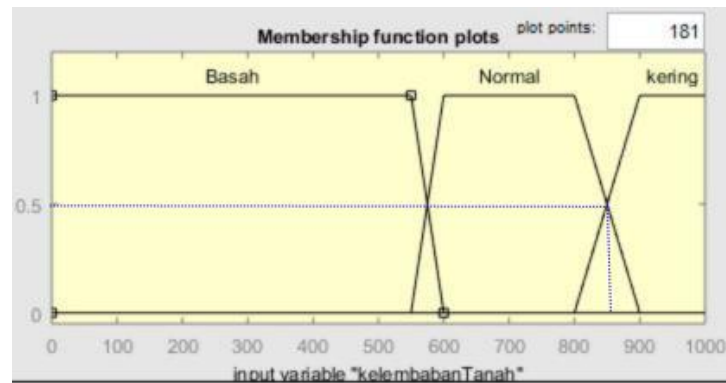
Gambar 3. 8 Hasil *Fuzzy Rule*

Langkah selanjutnya perhitungan implikasi merupakan proses untuk memperoleh output berdasarkan aturan *IF-THEN* yang telah ditetapkan. Penelitian ini menggunakan fungsi MIN diambil nilai terkecil dari nilai *fuzzyfikasi*. Berikut menggambarkan fungsi keanggotaan sensor suhu dan kelembaban tanah (Rindengan & Langi, 2019).



Gambar 3. 9 Membership Suhu

Gambar 3.9 merupakan nilai keanggotaan (*membership function*) untuk variabel suhu dalam sistem logika *fuzzy*. Variabel suhu dibagi ke dalam tiga kategori linguistik, yaitu rendah, normal, dan tinggi dengan rentang nilai antara 0 hingga 40 derajat. Fungsi keanggotaan rendah memiliki bentuk trapesium, di mana derajat keanggotaan bernilai 1 untuk suhu di bawah 23°C dan menurun secara linear hingga 25°C. Fungsi normal memiliki bentuk trapesium, dengan derajat keanggotaan maksimum 1 pada suhu sekitar 25°C dan menurun ke nol pada suhu 29°C dan 31°C. Sementara itu, fungsi keanggotaan Tinggi memiliki bentuk trapesium, di mana derajat keanggotaan mulai naik dari suhu 29°C, mencapai nilai maksimum pada suhu 30°C, dan tetap 1 untuk suhu di atas 31°C. Representasi ini memungkinkan sistem logika *fuzzy* untuk mengklasifikasikan suhu berdasarkan derajat keanggotaannya ke dalam himpunan rendah, normal, atau tinggi dan mengambil keputusan yang sesuai berdasarkan kondisi suhu lingkungan.



Gambar 3. 10 Membership Kelembapan Tanah

Gambar 3.10 merupakan fungsi keanggotaan (*membership function*) pada sensor kelembapan tanah YL-69 yang digunakan dalam sistem logika *fuzzy*. Variabel input kelembapan tanah dibagi menjadi tiga kategori linguistik yaitu basah, normal, dan kering dengan rentang nilai antara 0 hingga 1000. Fungsi keanggotaan basah memiliki bentuk trapesium, di mana derajat keanggotaan bernilai 1 untuk kelembapan di bawah 550 dan menurun secara linear hingga 600. Kategori normal memiliki bentuk trapesium dengan nilai maksimum keanggotaan 1 pada sekitar 600–800 dan menurun secara simetris ke nol pada nilai 500 dan 800. Sementara itu, fungsi keanggotaan kering memiliki bentuk trapesium, yang mulai naik dari kelembapan 700, mencapai derajat keanggotaan maksimum pada nilai 800, dan tetap 1 untuk nilai di atasnya.

Berikut perhitungan implikasi berdasarkan persamaan 3.7.

$$\mu(A \cap B)(y) = \text{MIN}(\mu A(y), \mu B(y)) \quad (3.7)$$

R2. If (suhu is rendah) and (kelembapan_tanah is normal) then (Relay _penyiraman is mati)

$$\begin{aligned} R2 &= \text{MIN} (\mu \text{ rendah}[23], \mu \text{ normal}[850]) \\ &= \text{MIN} (1 , 0.5) \end{aligned}$$

$$= 0.5 \text{ (Nilai terkecil)}$$

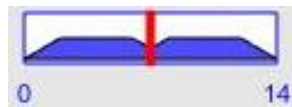
R3. If (suhu is rendah) and (kelembapan_tanah is kering) then (Relay _penyiraman is nyala)

$$R3 = \text{MIN} (\mu \text{ rendah}[23], \mu \text{ kering}[850])$$

$$= \text{MIN} (1, 0.5)$$

$$= 0.5 \text{ (Nilai terkecil)}$$

Proses penentuan aturan komposisi, yang melibatkan penggabungan seluruh kesimpulan dari setiap aturan yang ada dan memilih tingkat perlindungan tertinggi terhadap setiap hasil penerapan fungsi yang diterapkan.. Gambar 3.11 berikut ini merupakan hasil aturan komposisi menggunakan aplikasi matlab.



Gambar 3. 11 Hasil Komposisi

3.3.5 Fuzzy Output

Fuzzy Output adalah hasil dari proses *Inference System* menentukan aturan-aturan *fuzzy* dan memberikan representasi *fuzzy* dari keputusan atau tindakan berdasarkan aturan-aturan *fuzzy* yang diterapkan pada input yang telah *defuzzifikasi*. *Fuzzy output* dinyatakan dalam bentuk derajat keanggotaan untuk masing-masing kategori atau himpunan *fuzzy*.

3.3.6 Defuzzyfikasi

Proses *defuzzyfikasi* ini menggunakan metode *centroid* yang diperoleh dengan cara menentukan titik pusat dari area *fuzzy mamdani* berdasarkan fungsi keanggotaan relay (nyala dan mati). Luas setiap area hasil komposisi aturan dapat

dihitung dengan cara menentukan luas berdasarkan bentuk masing-masing area dari hasil komposisi aturan tersebut. Nilai tengah diperoleh hasil perhitungan luas yang ditambahkan dengan rentang minim setiap fungsi keanggotaan relay penyiraman. Berikut perhitungan luas dan nilai tengah dari fungsi keanggotaan relay penyiraman (Rindengan & Langi, 2019).

A. Fungsi keanggotaan mati

Panjang segitiga = titik akhir – titik pertama

$$= 8 - 0 = 8$$

Luas segitiga = $\frac{\text{Panjang} \times \text{Tinggi}}{2}$

$$= \frac{8 \times 1}{2} = 4$$

Titik Pusat = $8 + 4 = 12$

B. Fungsi keanggotaan nyala

Panjang segitiga = titik akhir – titik pertama

$$= 14 - 6 = 8$$

Luas segitiga = $\frac{\text{Panjang} \times \text{Tinggi}}{2}$

$$= \frac{8 \times 1}{2} = 4$$

Titik Pusat = $8 + 4 = 12$

3.3.7 Crisp Output

Setelah nilai luas dan titik pusat didapatkan maka langkah terakhir yaitu perhitungan *Crisp* Output. Nilai ini digunakan oleh NodeMCU untuk mengendalikan relay yang mengatur pompa air, sehingga sistem dapat melakukan

penyiraman otomatis sesuai kebutuhan tanaman. Berikut persamaan *crisp* input metode centroid (Rindengan & Langi, 2019)

$$Y = \frac{\sum_{a=1}^n \text{rule}^{[a]} \times \text{Centroid}^{[a]} \times L^{[a]}}{\sum_{a=1}^n X L^{[a]}} \quad (3.8)$$

Keterangan:

Y = Nilai output

Centroid = Nilai tengah atau titik pusat dari fungsi keanggotaan output relay penyiraman

L = Luas daerah dari fungsi keanggotaan output relay penyiraman

Berikut perhitungan *defuzzyfikasi* menggunakan metode centroid pada penelitian ini.

$$\begin{aligned} Y &= \frac{\sum_{a=1}^2 \text{rule}^{[a]} \times \text{Centroid}^{[a]} \times L^{[a]}}{\sum_{a=1}^n X L^{[a]}} & (3.9) \\ &= \frac{\sum_1^2 0.4^{[a]} \times 24^{[a]} \times 8^{[a]}}{\sum_1^2 X 8^{[a]}} \\ &= \frac{0.8 \times 192}{72} \\ &= \frac{0.8 \times 8}{3} \\ &= \frac{6,4}{3} = 2.13 \end{aligned}$$

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil penelitian yang mencakup pengujian alat dan sistem dan pengujian logika *fuzzy* pada mikrokontroler. Pengujian dilakukan dengan menggunakan dua sensor yang terdapat pada perangkat keras. Dalam pengujian ini dilakukan uji coba terhadap keseluruhan sistem pada rangkaian mikrokontroler. Data yang diperoleh mikrokontroler diproses menggunakan metode *fuzzy*. Pengujian alat ini dilakukan untuk memastikan mikrokontroler dan rangkaian sistem proses perhitungan *fuzzy* berfungsi dengan baik dan sesuai harapan.

4.1 Hasil

4.1.1 Pengujian Alat

Tujuan pengujian alat untuk menentukan dan menilai keakuratan sistem logika *fuzzy*. Jumlah tanaman bunga telang sebanyak tiga tanaman yaitu tanaman yang tidak dirawat, tanaman yang dirawat secara manual dan tanaman yang diterapkan dengan sistem yang telah dibuat. Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui kinerja setiap sensor dan menentukan tingkat kesalahan rata-rata dari sensor suhu dan kelembapan tanah. Pengujian alat ini diharapkan menghasilkan kinerja yang optimal dengan seluruh komponen bekerja sesuai fungsinya. Tingkat kesalahan pembacaan sensor dihitung berdasarkan selisih antara output pembacaan alat dan hasil pengukuran dari alat ukur manual.



Gambar 4. 1 Rangkaian Suhu

Gambar 4.1 merupakan rangkaian sensor suhu yang di letakkan pada permukaan media tanah dari tanaman yang diuji. Pengujian sistem penyiraman tanaman otomatis pada rangkaian suhu menggunakan sensor DHT11 dilakukan selama 7 hari dengan pembacaan data setiap lima detik untuk memastikan stabilitas dan keakuratan sistem dalam jangka waktu panjang. Sensor DHT11 secara konsisten membaca suhu udara dan mengirimkan data ke NodeMCU. Hasil pengujian sensor suhu menunjukkan sistem mampu membaca perubahan suhu secara real-time dan menjalankan proses penyiraman dengan cepat dan tepat, sehingga memastikan kondisi lingkungan tanaman tetap ideal.



Gambar 4. 2 Rangkaian Kelembapan Tanah

Gambar 4.2 merupakan rangkaian sensor kelembaban tanah YL-69 yang ditancapkan pada media tanah dari tanaman yang diuji. Penelitian ini dilakukan pengujian selama 7 hari dengan pembacaan data setiap lima detik. Sensor YL-69 membaca kadar kelembaban tanah dan mengirimkan data ke NodeMCU. Hasil pengujian sensor YL-69 menunjukkan sistem mampu membaca perubahan suhu secara real-time dan menjalankan proses penyiraman dengan cepat dan tepat, sehingga dapat menjaga kelembaban tanah dalam kondisi optimal.

Tabel 4. 1 Kalibrasi Sensor Suhu Dan Kelembapan Tanah

No	Suhu			Kelembapan Tanah		
	DHT	Termometer	Error	YL-69	Hygrometer	Error
1	28.40	28.30	0,35	232	230	0.86
2	27.90	27.70	0.72	229	228	0.43
3	28.70	28.50	0.70	229	228	0.43
4	28.40	28.30	0.35	226	225	0.43
5	27.90	27.70	0.72	233	231	0.85
6	28.10	28.00	0,35	227	225	0.88
7	28.90	28.80	0.35	235	234	0.43
8	27.60	27.40	0.72	229	229	0
9	27.60	27.50	0.36	232	231	0.43
10	27.90	27.70	0.72	234	233	0.43

Lanjutan Tabel 4.1 Kalibrasi Sensor Suhu Dan Kelembapan Tanah

No	Suhu			Kelembapan Tanah		
	DHT	Termometer	Error	YL-69	Hygrometer	Error
11	28.50	28.40	0,35	776	775	0.12
12	28.50	28.40	0.35	770	772	0,25
13	28.00	28.10	0.35	760	761	0.13
14	27.80	27.90	0.35	867	866	0.11
15	27.60	27.70	0.36	973	974	0.10
16	27.60	27.80	0.71	951	952	0.10
17	26.70	26.50	0.75	945	944	0.10
18	24.80	24.70	0.40	716	715	0.13
19	24.90	24.70	0.80	760	758	0.26
20	25.00	24.90	0.40	763	764	0.13
21	25.30	25.40	0.39	770	772	0.25
Rata-rata error(%)			0.50	Rata-rata error(%)		0.32

Informasi yang terdapat pada tabel 4.1 merupakan output kalibrasi sensor suhu dibandingkan dengan termometer kemudian sensor kelembapan tanah dibandingkan dengan hygrometer. Data tersebut kemudian dihitung untuk memperoleh persentase error dan nilai rata-rata error. Nilai error dihitung dengan menggunakan perhitungan *relative error* pada kedua data tersebut. Hasil perhitungan error pada data pertama sensor suhu DHT11 dan termometer adalah 0,35%, sedangkan dari sensor kelembapan tanah YL-69 adalah 0,86%. Berikut merupakan perhitungan error menggunakan nilai sebenarnya pada data pertama yang diperoleh dari sensor suhu DHT11 dan termometer (Mursalin & Sunardi, 2020).

$$Error = \frac{DHT11 - Termometer}{Termometer} \times 100\%$$

$$Error = \frac{28.40 - 28.30}{28.30} \times 100\%$$

$$Error = 0,35$$

Hasil perbandingan rata-rata nilai sensor suhu dengan nilai termometer sebesar 0,50%. Berikut merupakan analisis error rata-rata milik sensor DHT11 dan termometer.

$$Rata - rata Error = \frac{\Sigma error}{\Sigma Data uji}$$

$$Rata - rata Error = \frac{10.55}{21}$$

$$Rata - rata Error = 0,50$$

4.1.2 Pengujian Sistem

Pengujian dengan metode *fuzzy* untuk mengukur kinerja sistem penyiraman otomatis sebagaimana yang ditunjukkan data dalam tabel 4.2. Penelitian ini terdiri dari dua input yaitu suhu dan kelembapan tanah. Metode *fuzzy* untuk menghasilkan output yang mengatur penyiraman secara otomatis. Untuk memastikan tujuan penelitian dapat terpenuhi, maka output yang dihasilkan Matlab akan diukur terhadap hasil pengujian yang diperoleh melalui metode *fuzzy*.

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Sistem

No	Waktu	Input		Keterangan Output		Ket
		Suhu	Kelembapan tanah	Mikrokontroler	Matlab	
1	Pagi	26.70	980	ON	ON	TP
	Siang	30.10	850	OFF	ON	FN
	Malam	25.10	860	OFF	OFF	TN
2	Pagi	26.70	950	OFF	OFF	TN
	Siang	29.90	860	ON	ON	TP
	Malam	24.90	840	OFF	OFF	TN
3	Pagi	26.70	1000	OFF	OFF	TN
	Siang	30.10	830	ON	OFF	FP

Lanjutan Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Sistem

No	Waktu	Input		Keterangan Output		Ket
		Suhu	Kelembapan tanah	Mikrokontroler	Matlab	
	Malam	25.00	850	OFF	OFF	TN
4	Pagi	26.70	870	OFF	Off	TN
	Siang	30.10	880	ON	ON	TP
	Malam	24.80	830	OFF	OFF	TN
5	Pagi	26.70	940	OFF	ON	FN
	Siang	30.10	840	ON	ON	TP
	Malam	24.80	850	OFF	OFF	TN
6	Pagi	26.70	860	OFF	OFF	TN
	Siang	29.70	850	OFF	OFF	TN
	Malam	25.10	820	ON	OFF	FP
7	Pagi	26.70	890	OFF	OFF	TN
	Siang	30.10	860	ON	ON	TP
	Malam	24.90	800	OFF	OFF	TN

Pada tabel 4.2 menyajikan data hasil pengujian keseluruhan sistem, di mana output sistem penyiraman, suhu dan kelembapan tanah yang diproses menggunakan hasil dari logika *fuzzy* yang diproses mikrokontroler diukur sesuai pada output yang dihasilkan dari aplikasi matlab. Mikrokontroler *On* menunjukkan bahwa relay nyala dan melakukan proses penyiraman, apabila Mikrokontroler *Off* menunjukkan bahwa relay mati dan tidak menyiram tanaman. Matlab *On* menunjukkan bahwa dalam proses program matlab aktif berdasarkan nilai input sensor. Matlab *Off* menunjukkan bahwa program matlab tidak aktif dalam pengendalian sistem. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur tingkat keakuratan sistem logika *fuzzy* yang dirancang, dengan membandingkan output perangkat dengan hasil perhitungan dari matlab. Sistem secara keseluruhan diuji menggunakan metode fuzzy Mamdani untuk mengevaluasi tingkat akurasi sistem yang telah dibangun.

Tingkat keakuratan dihitung memanfaatkan *confusion matrix* pada setiap fitur yang diuji. *Confusion matrix* salah satu metode evaluasi untuk mengukur kinerja atau tingkat akurasi dari sistem yang telah dibuat (Abiyoga, 2018). *Confusion Matrix* membantu memahami seberapa baik model dalam melakukan prediksi. Perhitungan tingkat akurasi dan error dapat dihitung menggunakan *Confussion Matrix*. Tabel 4.3 berikut ini digunakan untuk perhitungan dalam mengukur *accuracy*.

Tabel 4. 3 *Confusion Matrix*

<i>ACTUAL</i>	Prediksi	
	<i>Positive (ON)</i>	<i>Negative (OFF)</i>
<i>Positive (ON)</i>	<i>True Positive (TP)</i>	<i>False Negative (FN)</i>
<i>Negative (OFF)</i>	<i>False Positive (FP)</i>	<i>True Negative (TN)</i>

Keterangan:

TP = *True Positive* adalah jumlah prediksi yang benar untuk poin positif, prediksi relay nyala sesuai dengan actual bahwa relay nyala

TN = *True Negative* adalah jumlah prediksi yang benar untuk poin negatif, relay mati sesuai dengan actual bahwa relay mati

FP = *False Positive* adalah jumlah prediksi poin positif tetapi data sebenarnya negatif, prediksi relay nyala tetapi actual relay mati

FN = *False Negative* adalah jumlah prediksi poin negatif tetapi data sebenarnya positif, prediksi relay mati tetapi actual relay nyala

Berdasarkan tabel 4.2 dapat disimpulkan bahwa jumlah poin TP yaitu 5, jumlah poin FP yaitu 2, jumlah poin FN yaitu 2 dan jumlah point TN yaitu 12. Jumlah poin tersebut akan dilakukan akurasi dengan rumus berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} &= \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\% \\
 &= \frac{5 + 12}{5 + 12 + 2 + 2} \times 100\% \\
 &= 80.95\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan *confusion matrix* akurasi diketahui nilai akurasi sebesar 80.95%, dapat disimpulkan bahwa hasil *confusion matrix* pada penelitian ini menghasilkan nilai yang akurat.

4.1.3 Pengujian *Fuzzy* Pada Mikrokontroler

Pendekatan *fuzzy mamdani* digunakan dalam penelitian ini dan di program pada mikrokontroler dengan memanfaatkan platform arduino IDE dan bahasa C++. Langkah awal dalam perhitungan metode *fuzzy* adalah *fuzzyfikasi* untuk menentukan derajat keanggotaan pada sensor suhu serta kelembapan tanah menggunakan data dari kedua sensor tersebut. Berikut *source code* untuk menghitung nilai keanggotaan setiap variabel *fuzzy*.

```

START

INITIALIZE fuzzy logic system

INITIALIZE temperature fuzzy input
DEFINE fuzzy sets for temperature:
    rendah = FuzzySet(0, 0, 23, 25)
    normalsuhu = FuzzySet(23, 25, 29, 31)
    tinggi = FuzzySet(29, 30, 40, 40)

ADD fuzzy set rendah TO temperature
ADD fuzzy set normalsuhu TO temperature
ADD fuzzy set tinggi TO temperature

ADD temperature TO fuzzy logic system

INITIALIZE soilMoisture fuzzy input
DEFINE fuzzy sets for soil moisture:
    basah = FuzzySet(0, 0, 550, 600)
    normalTanah = FuzzySet(550, 600, 800, 900)
    kering = FuzzySet(800, 900, 1000, 1000)

ADD fuzzy set kering TO soilMoisture
ADD fuzzy set normalTanah TO soilMoisture

```

```

ADD fuzzy set basah TO soilMoisture

ADD soilMoisture TO fuzzy logic system

INITIALIZE relayControl fuzzy output
DEFINE fuzzy sets for relay control:
    mati = FuzzySet(0, 0, 4, 8)
    nyala = FuzzySet(6, 10, 10, 14)

ADD fuzzy set mati TO relayControl
ADD fuzzy set nyala TO relayControl

ADD relayControl TO fuzzy logic system

END

```

Kode *fuzzyfikasi* pada sistem logika *fuzzy* untuk mengendalikan relay berdasarkan input sensor. Input suhu dan kelembapan tanah didefinisikan dengan menggunakan *fuzzy set* yang berbeda. Output untuk mengendalikan relay juga didefinisikan dengan *fuzzy set*. Berdasarkan sistem ini dapat membuat keputusan berdasarkan tingkat suhu dan kelembapan yang diukur. Input *fuzzy* suhu membuat objek *FuzzyInput* bernama *temperature*. Tiga *fuzzy set* dikelompokkan dengan kondisi suhu rendah untuk suhu antara 0 °C hingga 25 °C, normal suhu untuk suhu antara 23 °C hingga 31 °C, dan tinggi untuk suhu antara 29 °C hingga 40 °C derajat. Input *fuzzy* kelembapan tanah membuat objek *FuzzyInput* bernama *soilMoisture*. Tiga *fuzzy set* dikelompokkan dengan kondisi kelembapan tanah basah untuk kelembapan antara 0 pH hingga 600 pH, normalTanah untuk kelembapan antara 550 pH hingga 900 pH dan kering untuk kelembapan antara 800 pH hingga 1000 pH. Output *fuzzy* untuk mengendalikan relay dengan membuat objek *FuzzyOutput* bernama *relayControl*. Dua *fuzzy set* dikelompokkan dengan kondisi kontrol relay

mati untuk kondisi relay mati (0 hingga 8) dan nyala untuk kondisi relay menyala (6 hingga 14).

Proses selanjutnya dalam sistem kontrol *fuzzy* adalah *inferensi* dan *defuzzifikasi*. *Inference fuzzy* digunakan untuk mengambil keputusan sesuai dengan aturan yang sudah ditentukan dalam sistem logika *fuzzy*. Pada tahap ini, input yang diterima, seperti suhu dan kelembapan tanah, dihubungkan pada *fuzzy ruled* yang relevan dalam memperoleh hasil yang sesuai. Langkah selanjutnya adalah *defuzzifikasi* untuk mengubah hasil output *fuzzy* menjadi nilai yang lebih jelas dan praktis. Proses *inference* dan *defuzzifikasi* diimplementasikan dalam kode program berikut.

```

START

// Definisikan Aturan Fuzzy Mamdani (9 aturan)

// Aturan 1: Jika suhu rendah dan kelembapan tanah basah, maka relay mati
CREATE antecedent ifrendahAndbasah
JOIN ifrendahAndbasah WITH AND(rendah, basah)
CREATE consequent thenmati1
ADD output(mati) TO thenmati1
CREATE fuzzyRule1 USING (ifrendahAndbasah, thenmati1)
ADD fuzzyRule1 TO fuzzy

// Aturan 2: Jika suhu rendah dan kelembapan tanah normal, maka relay mati
CREATE antecedent ifrendahAndnormalTanah
JOIN ifrendahAndnormalTanah WITH AND(rendah, normalTanah)
CREATE consequent thenmati2
ADD output(mati) TO thenmati2
CREATE fuzzyRule2 USING (ifrendahAndnormalTanah, thenmati2)
ADD fuzzyRule2 TO fuzzy

// Aturan 3: Jika suhu rendah dan kelembapan tanah kering, maka relay nyala
CREATE antecedent ifrendahAndkering
JOIN ifrendahAndkering WITH AND(rendah, kering)
CREATE consequent thennyala1
ADD output(nyala) TO thennyala1

```

```

CREATE fuzzyRule3 USING (ifrendahAndkering, thennyala1)
ADD fuzzyRule3 TO fuzzy

// Aturan 4: Jika suhu normal dan kelembaban tanah basah, maka relay mati
CREATE antecedent ifnormalsuhuAndbasah
JOIN ifnormalsuhuAndbasah WITH AND(normalsuhu, basah)
CREATE consequent thenmati3
ADD output(mati) TO thenmati3
CREATE fuzzyRule4 USING (ifnormalsuhuAndbasah, thenmati3)
ADD fuzzyRule4 TO fuzzy

// Aturan 5: Jika suhu normal dan kelembaban tanah normal, maka relay mati
CREATE antecedent ifnormalsuhuAndnormalTanah
JOIN ifnormalsuhuAndnormalTanah WITH AND(normalsuhu, normalTanah)
CREATE consequent thenmati4
ADD output(mati) TO thenmati4
CREATE fuzzyRule5 USING (ifnormalsuhuAndnormalTanah, thenmati4)
ADD fuzzyRule5 TO fuzzy

// Aturan 6: Jika suhu normal dan kelembaban tanah kering, maka relay nyala
CREATE antecedent ifnormalsuhuAndkering
JOIN ifnormalsuhuAndkering WITH AND(normalsuhu, kering)
CREATE consequent thennyala2
ADD output(nyala) TO thennyala2
CREATE fuzzyRule6 USING (ifnormalsuhuAndkering, thennyala2)
ADD fuzzyRule6 TO fuzzy

// Aturan 7: Jika suhu tinggi dan kelembaban tanah basah, maka relay mati
CREATE antecedent iftinggiAndbasah
JOIN iftinggiAndbasah WITH AND(tinggi, basah)
CREATE consequent thenmati5
ADD output(mati) TO thenmati5
CREATE fuzzyRule7 USING (iftinggiAndbasah, thenmati5)
ADD fuzzyRule7 TO fuzzy

// Aturan 8: Jika suhu tinggi dan kelembaban tanah normal, maka relay mati
CREATE antecedent iftinggiAndnormalTanah
JOIN iftinggiAndnormalTanah WITH AND(tinggi, normalTanah)
CREATE consequent thenmati6
ADD output(mati) TO thenmati6
CREATE fuzzyRule8 USING (iftinggiAndnormalTanah, thenmati6)
ADD fuzzyRule8 TO fuzzy

// Aturan 9: Jika suhu tinggi dan kelembaban tanah kering, maka relay nyala

```

```
CREATE antecedent iftinggiAndkering
JOIN iftinggiAndkering WITH AND(tinggi, kering)
CREATE consequent thennyala3
ADD output(nyala) TO thennyala3
CREATE fuzzyRule9 USING (iftinggiAndkering, thennyala3)
ADD fuzzyRule9 TO fuzzy

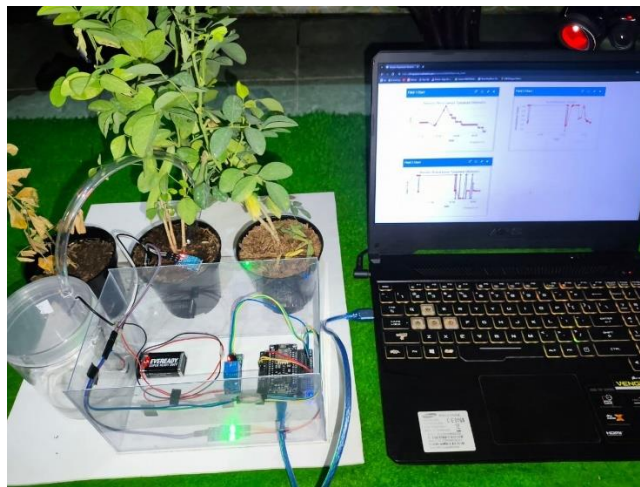
END
```

Kode proses *inference system* menetapkan sembilan aturan *fuzzy*, relay akan diaktifkan atau dimatikan berdasarkan nilai dari sensor suhu dan kelembapan tanah. Setiap aturan terdiri dari *antecedent* (bagian "*if*") dan *consequent* (bagian "*then*"). Suhu diklasifikasikan ke dalam tiga *fuzzy set* yaitu rendah (0°C – 25°C), normal (23°C – 31°C), dan tinggi (29°C – 40°C). Kelembapan tanah juga dibagi menjadi tiga *fuzzy set* yaitu basah (0 pH–600 pH), normal (550 pH–900 pH), dan kering (800 pH–1000 pH). Output sistem berupa dua status relay yang dinyatakan dalam *fuzzy set* mati (0–8) dan nyala (6–14). Aturan ini menghubungkan kondisi input *fuzzy*, yaitu suhu dan kelembapan tanah, dengan tindakan output yang mengontrol status relay. Pada aturan pertama, jika suhu rendah dan kelembapan tanah basah, maka relay akan mati. Kode program dengan menggabungkan dua *fuzzy set* (rendah dan basah) menggunakan operator *AND*. Output yang dihasilkan adalah mati. Dengan menggunakan parameter ini, sistem dirancang untuk memastikan efisiensi penggunaan air dan energi, menghindari penyiraman yang tidak perlu, serta menjaga kondisi lingkungan.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Rangkaian Keseluruhan

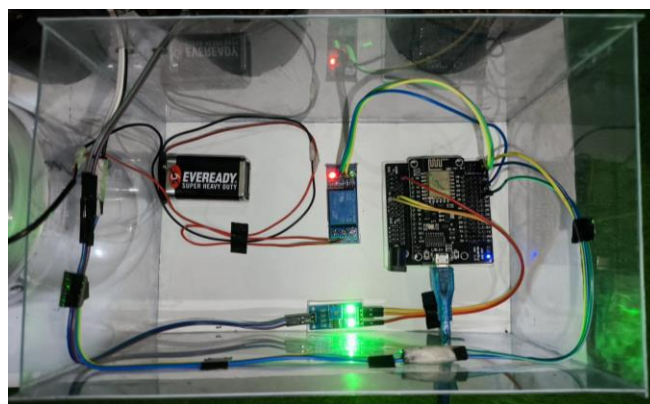
Rangkaian keseluruhan terdapat sensor suhu dan kelembapan tanah akan mengambil data dan diproses pada NodeMCU menggunakan proses perhitungan *fuzzy*, setelah proses perhitungan *fuzzy* NodeMCU mengirim perintah pada relay untuk melakukan proses penyiraman. Pembacaan data dan hasil pengolahan perhitungan *fuzzy* dari kedua sensor tersebut akan dikirimkan melalui NodeMCU, Selanjutnya, data dikirimkan ke website yang telah dikembangkan secara online menggunakan *platform ThingSpeak*. *WiFi* digunakan untuk mentransfer data yang diproses NodeMCU ke server situs web. Website menampilkan informasi data sensor suhu, kelembapan tanah dan relay dalam bentuk grafik.



Gambar 4. 3 Keseluruhan Rangkaian

Pada gambar 4.3 terdapat rangkaian keseluruhan dari sistem penyiraman tanaman otomatis. Dalam keseluruhan rangkaian tersebut terdapat tiga tanaman bunga telang yaitu tanaman yang diterapkan dengan sistem yang telah dibuat, tanaman yang tidak dirawat dan tanaman yang dirawat secara manual. Kemudian

terdapat rangkaian pada kotak yang didalamnya terdapat NodeMCU sebagai mikrokontroler, relay yang berfungsi untuk mengendalikan pompa nyala atau mati, sensor suhu yang berfungsi untuk membaca nilai suhu dan sensor kelembaban tanah untuk mengukur nilai kelembaban tanah. Pada bagian layar monitor terdapat tampilan dashboard yang menunjukkan nilai suhu dan kelembaban tanah dalam bentuk grafik.



Gambar 4. 4 Rangkaian NodeMCU

Bentuk kotak rangkaian pada gambar 4.4 merupakan rangkaian NodeMCU dari sistem penyiraman tanaman otomatis. NodeMCU sebagai pusat kendali yang dihubungkan dengan sensor YL-69, sensor DHT11, dan relay untuk mengatur proses penyiraman secara otomatis. Sensor YL-69 yang terdiri dari probe dan modul kontrol memiliki tiga kabel yaitu VCC di sambungkan ke pin 3.3V-NodeMCU, pin GND YL-69 ke pin GND-NodeMCU, dan A0 ke pin analog NodeMCU. Sensor DHT11 memiliki tiga kabel yaitu VCC ke pin 3.3V-NodeMCU, GND DHT11 ke GND NodeMCU. Relay yang digunakan untuk mengontrol pompa air memiliki tiga kabel utama yaitu VCC ke 3.3V, GND relay ke GND NodeMCU dan input sinyal kontrol (IN) dihubungkan ke pin D2 pada NodeMCU. Semua kabel

diatur dengan rapi untuk memastikan koneksi yang stabil. NodeMCU memproses data dari sensor selanjutnya mengendalikan relay dan memastikan penyiraman dilakukan saat kelembapan tanah berada di bawah ambang batas tertentu.

4.2.2 Data Tanaman

Penelitian ini menggunakan tanaman bunga telang sebagai objek penelitian. Tiga pot yang berisi media tanah masing-masing ditanami satu tanaman bunga telang. Untuk meneliti efektivitas sistem otomatisasi, ketiga tanaman dibagi menjadi tiga kelompok perlakuan. Kelompok pertama adalah tanaman yang dirawat dengan sistem otomatisasi yang telah dikembangkan. Kelompok kedua adalah tanaman yang dibiarkan tanpa perawatan, berfungsi sebagai kelompok kontrol. Sementara kelompok ketiga adalah tanaman yang dirawat secara manual sebagai pembanding dengan sistem otomatisasi. Pemilihan tanaman bunga telang dan metode pengelompokan ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas sistem otomatisasi dalam menunjang pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan metode perawatan lainnya. Pada gambar 4.5 menunjukkan Tanaman bunga telang tidak dirawat terdapat daun layu, tanah kering hingga tanaman mati. Gambar 4.6 menunjukkan tanaman yang dirawat dengan sistem manual tumbuh dengan lambat dan tidak berbunga. Gambar 4.7 menunjukkan tanaman yang dirawat dengan sistem yang telah dibuat tumbuh dengan cepat, berbunga dan lebih tinggi dibandingkan tanaman yang dirawat dengan sistem manual. Berikut gambar hasil tanaman yang dijadikan objek pengujian pada penelitian ini.



Gambar 4. 5 Tanaman Menggunakan Sistem IoT



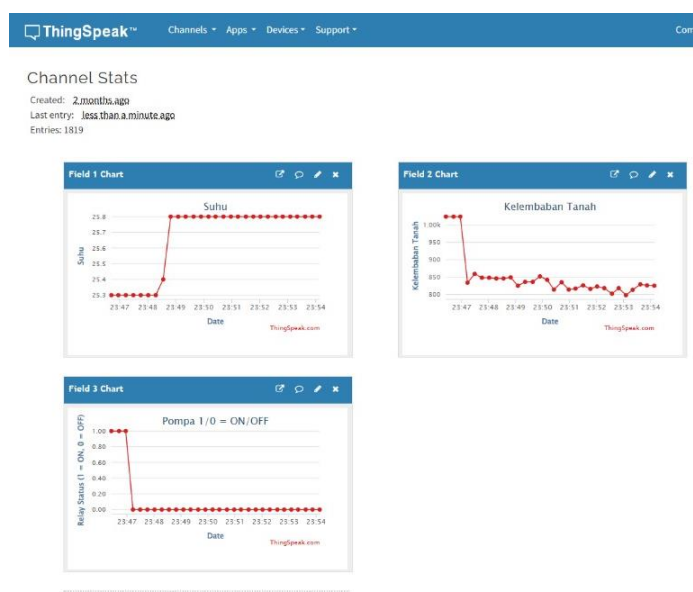
Gambar 4. 6 Tanaman Menggunakan Sistem Manual



Gambar 4. 7 Tanaman Tidak Dirawat

4.2.3 Dashboard

Dashboard dibangun menggunakan bahasa pemrograman C++ pada platform Arduino IDE yang nantinya akan dikirimkan ke *ThingSpeak* untuk menampilkan data diwebsite. Pada website ini terdapat data dari sensor suhu, kelembapan tanah dan relay yang akan ditampilkan dalam bentuk grafik. Tampilan tersebut menampilkan grafik pembacaan sensor secara *real-time* per detik, waktu pembacaan dan hasil sensor yang diperoleh dari sensor suhu, kelembapan tanah dan relay. Data ditampilkan secara real-time. Berdasarkan data yang diambil sensor suhu bernilai 25 °C, Sensor kelembapan tanah bernilai 800 pH – 1000 pH dan relay bernilai 0 (relay *Off*) dan 1 (relay *On*). Adapun tampilannya terdapat pada gambar 4.8 berikut.



Gambar 4. 8 *Dashboard*

4.2.4 Integrasi Islam

Dengan kemajuan teknologi yang terus berkembang pesat seiring waktu, manusia diberi anugerah akal untuk berpikir. Oleh karena itu, kita sebaiknya

mengikuti kemajuan teknologi yang ada dan berkontribusi di dalamnya. Sebagai bentuk refleksi atas ciptaan Allah Subhanahu wa ta'ala di bumi ini, peneliti telah membuat sistem kontrol penyiraman tanaman. Integrasi Islam terbagi menjadi tiga aspek yaitu.

A. Integrasi Islam Berhubungan Dengan Allah

Tanaman adalah makhluk hidup yang memiliki keterkaitan erat dengan kehidupan manusia. Salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman adalah kelembapan tanah. Kelembapan tanah harus dijaga ketersediaan air dan keseimbangan air agar tanaman terawat dan dapat tumbuh dengan baik. Allah berfirman dalam Al-Qur'an surah Al-An'am ayat 99

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنْ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ انظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ إِنَّ فِي ذَلِكَُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ

“Dan Dialah yang menurunkan air dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan, maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau, Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang kurma, mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (Kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya pada waktu berbuah, dan menjadi masak. Sungguh, pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman”. (QS. Al-An'am:99).

(Al-Qur'an, 2019) Surah Al-An'am ayat 99 menjabarkan bahwa Allah menurunkan hujan yang memungkinkan tumbuhnya berbagai macam tanaman. Tanaman-tanaman ini memiliki berbagai warna, rasa, aroma, dan keistimewaan yang berbeda-beda. Ayat ini menggambarkan kekuasaan Allah dalam menciptakan berbagai macam tumbuhan yang bermanfaat dan indah di dunia. Kitab tafsir dari

ulama Muhammad Quraish Shihab pada Surah Al-An'am ayat 99 menjabarkan bahwa tanaman yang berbuah melalui beberapa tahap pertumbuhan sampai akhirnya matang. Ketika buah sudah matang, di dalamnya terkandung berbagai zat penting seperti protein, gula, karbohidrat, dan tepung. Zat hijau yang terdapat di daun berfungsi untuk menyerap sinar matahari. Ayat ini juga menyatakan bahwa air hujan merupakan sumber air yang murni (Shihab, 2015).

B. Integrasi Islam Berhubungan Dengan Manusia

Sistem ini dibuat untuk membantu pekerjaan manusia dalam menyiram tanaman secara otomatis, sehingga pekerjaan manusia menjadi lebih mudah dan efisien. Berdasarkan kitab Madarik at-Tanzil wa Haqaiq at-Takwil, karya ulama Abdullah bin Ahmad bin Mahmud an-Nasafi menjelaskan bahwa Allah telah menciptakan tanaman sebagai sumber makanan yang penuh dengan manfaat. Manusia diperintahkan Allah Subhanahu wa ta'ala untuk merawat tanaman dengan cara menanam, menyiram dengan air dan memberikan pupuk supaya mendapatkan hasil yang maksimal dari bibit tumbuhan yang telah diciptakan-Nya (Abdullah, 1998). Hal ini sebagaimana dijelaskan dalam kitab Madarik at-Tanzil wa Haqaiq at-Takwil

وما عملته أيديهم أي ومما عملته أيديهم من الغرس والسقي والتلقيح وغير ذلك من الأعمال إلى أن يبلغ الثمر منتهاه ، يعني أن الثمر في نفسه فعل الله وخلقه وفيه آثار من كد بني آدم

“Dan dari apa yang mereka usahakan, maksudnya adalah dari apa yang manusia kerjakan seperti menanam , menyirami, menyerbukkan tanaman dan selainnya dari perbuatan yang membuat buah-buahan matang sempurna. Pada dasarnya tumbuhnya buah-buahan adalah perbuatan dan ciptaan Allah akan tetapi di dalamnya tetap ada kerja keras dari manusia”. (An-Nasafi Abdullah, Madarik at-Tanzil wa Haqaiq at-Takwil).

Allah Subhanahu wa ta'ala berfirman dalam Al-Qur'an surah yasin ayat 34-35 sebagai berikut

وَجَعَلْنَا فِيهَا جَنَّاتٍ مِنْ نَخِيلٍ وَأَعْنَابٍ وَفَجَّرْنَا فِيهَا مِنَ الْعُيُونِ لِيَأْكُلُوا مِنْ ثَمَرِهِ وَمَا عَمِلَتْهُ أَيْدِيهِمْ أَفَلَا يَشْكُرُونَ

“Dan kami telah jadikan padanya kebun-kebun kurma dan anggur, dan Kami pancarkan padanya beberapa mata air, supaya mereka dapat makan dari buahnya, dan dari apa yang diusahakan oleh tangan mereka. Maka apakah mereka tidak bersyukur?”. (QS. Yasin: 34-35)

(Al-Qur'an, 2019) surah yasin ayat 34 dapat dijelaskan bahwa Allah menciptakan kebun kurma dan anggur sebagai salah satu bentuk nikmat-Nya dan kebun itulah yang menjadi sumber makanan yang sangat bermanfaat bagi manusia. Selain itu, Allah menciptakan mata air untuk sumber kehidupan makhluk hidup dan kesuburan tanaman. (Al-Qur'an, 2019) surah yasin ayat 35 dapat dijelaskan bahwa pentingnya usaha dan kerja keras dalam mendapatkan rezeki. Ayat ini mengingatkan kita untuk selalu bersyukur atas semua pemberian dan berkah yang telah diberikan oleh Allah karena segala yang kita miliki adalah anugerah dari-Nya. Dalam penerapan teknologi, kita harus menyadari bahwa kemampuan kita untuk menciptakan dan menggunakan teknologi adalah bagian dari nikmat Allah. Oleh karena itu, penggunaannya harus dilakukan dengan rasa syukur dan tanggung jawab.

Menurut tafsir ulama Muhammad Quraish Shihab, Surah Yasin ayat 34-35 menjelaskan bahwa ayat tersebut menggambarkan keesaan dan kekuasaan Allah. Salah satu tanda besar dari-Nya adalah ketika tumbuhan yang mati dan kering dapat dihidupkan kembali dengan turunnya air yang kemudian menumbuhkan tumbuhan dan menghasilkan biji-bijian. Bukti kekuasaan Allah di bumi terlihat dari adanya

kebun-kebun yang bisa ditanami berbagai tanaman penghasil makanan, seperti kurma dan anggur, serta mata air yang mengalir menjadi sungai-sungai yang sangat penting untuk kehidupan di bumi. Allah menciptakan dan memberikan semua itu kepada manusia agar mereka dapat menikmati buahnya dan hasil dari usaha mereka sendiri. Menyangkal nikmat-Nya adalah sikap yang tidak layak bagi orang yang berpikiran sehat. (Shihab, 2015).

C. Integrasi Islam Berhubungan Dengan Lingkungan

Sistem otomatisasi penyiraman tanaman juga mencerminkan tanggung jawab terhadap lingkungan dengan mengoptimalkan penggunaan sumber daya alam. Membantu dalam penggunaan air secara efisien sehingga tanaman dapat tumbuh subur dan memberikan manfaat tanpa adanya pemborosan air. Menanam tanaman merupakan perbuatan mulia yang dihitung sebagai sedekah, dengan pahala yang terus mengalir dan mengajarkan umat Muslim tentang pentingnya menjaga dan merawat lingkungan, memberikan manfaat yang luas bagi semua makhluk hidup, serta menjalankan tanggung jawab sebagai khalifah di bumi yang menjaga dan merawat ciptaan Allah Subhanahu wa ta'ala. Hal ini sebagaimana dijelaskan dalam hadis HR. Bukhari dan Muslim no.2321

مَا مِنْ مُسْلِمٍ يَغْرِسُ غَرْسًا أَوْ يَزْرَعُ زَرْعًا فَيَأْكُلُ مِنْهُ طَيْرٌ أَوْ إِنْسَانٌ أَوْ بَحِيْمَةٌ إِلَّا كَانَ بِهِ صَدَقَةٌ

“Tidaklah seorang Muslim menanam pohon ataupun menanam tanaman kemudian burung, manusia, hewan ternak memakan darinya melainkan ia mendapatkan sedekah”. (HR.Muslim).

Menurut tafsir ulama Imam An-Anawawi dalam hadis HR. Bukhari dan Muslim no.2321 menjelaskan bahwa keutamaan aktivitas menanam pohon atau

tanaman sebagai bentuk amal jariyah yang berpahala berkelanjutan, selama manfaatnya dirasakan oleh makhluk hidup lainnya, baik manusia, hewan, maupun burung. Hadis HR. Bukhari dan Muslim no.2321 mengajarkan bahwa sedekah tidak terbatas pada pemberian langsung, tetapi juga mencakup kontribusi terhadap keberlanjutan ekosistem dan lingkungan. hadis HR. Bukhari dan Muslim no.2321 mendorong umat untuk menghormati alam, menjaga keseimbangan ekologi dan bertanggung jawab sebagai pemimpin di bumi untuk menjaga dan merawat lingkungan serta makhluk hidup lainnya sebagai khalifah di bumi sebagai bentuk ibadah kepada Allah (An-Anawawi, 2011).

Integrasi islam dalam sistem penyiraman air otomatis menunjukkan integrasi yang harmonis antara ajaran Islam dan penerapan teknologi dalam kehidupan modern, khususnya melalui sistem otomatisasi penyiraman tanaman. Dalam hubungan dengan Allah, Surah Al-An'am ayat 99 mengajarkan manusia untuk bersyukur atas nikmat air hujan dan proses penciptaan tumbuhan sebagai tanda kebesaran-Nya, sebagaimana dijelaskan oleh Muhammad Quraish Shihab. Dalam hubungan dengan manusia, sistem penyiraman air otomatis mempermudah petani, sesuai tafsir Abdullah An-Nasafi yang menekankan kerja keras sebagai sunnatullah. Hubungan dengan lingkungan menunjukkan melalui efisiensi penggunaan air, yang mendukung keseimbangan ekosistem dan memperkuat peran manusia sebagai khalifah di bumi, sebagaimana ditegaskan dalam hadis HR. Bukhari dan Muslim no. 2321. Keseluruhannya menjelaskan bahwa teknologi adalah nikmat Allah yang harus digunakan dengan rasa syukur dan tanggung jawab,

menjadikannya sarana untuk memberi manfaat kepada sesama, melestarikan lingkungan, dan mendekatkan diri kepada Allah.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian “Sistem Monitoring Dan Kontrol Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan *Internet of Things* (IoT) Dan Metode *Fuzzy Mamdani*” telah berhasil memonitoring, mengontrol sesuai dengan rancangan penelitian dan telah memenuhi tujuan dari penelitian ini. Hasil kalibrasi sensor suhu DHT11 dengan termometer mendapatkan rata-rata error 0,50% dan kalibrasi sensor kelembapan tanah YL-69 dengan hygrometer mendapatkan rata-rata error 0,32%. NodeMCU mengirimkan dan memantau data melalui platform IoT *ThingSpeak*. Metode *fuzzy Mamdani* yang diimplementasikan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa C++ mampu menghasilkan keputusan penyiraman yang adaptif sesuai kebutuhan tanaman. Pengujian sistem penyiraman otomatis menggunakan *confusion matrix* memiliki tingkat akurasi 80.95%, membuktikan bahwa sistem berjalan dengan baik dan akurat.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian “Sistem Monitoring Dan Kontrol Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan *Internet of Thing* Dan Metode *Fuzzy Mamdani*” untuk mengembangkan dan memperluas manfaat sistem ini, peneliti memberikan saran untuk penelitian berikutnya.

1. Diharapkan pada penelitian selanjutnya, untuk menambahkan sensor tambahan seperti sensor nutrisi untuk memungkinkan sistem menyesuaikan penyiraman berdasarkan kebutuhan nutrisi tanaman secara lebih spesifik.

2. Mengembangkan sistem ini untuk diterapkan pada skala yang lebih besar, seperti pertanian komersial atau taman kota, dengan mempertimbangkan faktor skalabilitas dan keberlanjutan dalam jangka panjang.
3. Diharapkan pada penelitian selanjutnya, mampu mengembangkan sistem dengan menggunakan aplikasi android/*blink*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. (1998). *Kitab Madarik at-Tanzil wa Haqaiq at-Takwil* Juz III.
- Abiyoga. (2018). *Rancang Bangun Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Peminatan*. 7–21
- Abrori, M., & Prihamayu, A. H. (2015). *Aplikasi Logika Fuzzy Metode Mamdani Dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Produksi*. *Kaunia*, XI(2), 91–99.
- Al-Qur'an. (2019). *Al-Qur'an dan Terjemahan*. Surat Al-An'am ayat 99, Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, Departemen Agama RI, XI(2).
- Al-Qur'an. (2019). *Al-Qur'an dan Terjemahan*. Surat Yasin ayat 34-35, Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an, Departemen Agama RI, XI(2).
- An-Nawawi, Imam. (2011). *Kitab Syarah Shahih Muslim Jilid 11*
- Andrianto, M. (2019). *Penerapan iot pada perawatan tanaman di dalam rumah*. 3(1), 173–180.
- Anggara, B. T., Rohmah, M. F., & Sugianto. (2018). *Sistem Pengukur Kelembapan Tanah Pertanian dan Penyiraman Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT)*. 1–8.
- Asair. (2018). *Digital Temperature & Humidity Module DHT11 User Manual*. *Asair*, 1–12.
- Bhardwaj, S., Dhir, S., & Hooda, M. (2018). *Automatic Plant Watering System using IoT*. 2018 Second International Conference on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT), 659–663.
- Bürgler, T., Krogmann, F., & Polak, J. (2018). *Combined Humidity- and Temperature Sensor*. *September*, 139–149. https://doi.org/10.1007/5346_2011_7
- Edukarya, T. M. (2020). *Internet Of Things Dan Komputasi Edge*.
- Efendi, Y. (2018). *Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile*. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 4(2), 21–27. <https://doi.org/10.35329/jiik.v4i2.41>
- Elijah, O., Rahman, T. A., Orikumhi, I., Leow, C. Y., & Hindia, M. N. (2018). *An Overview of Internet of Things (IoT) and Data Analytics in Agriculture: Benefits and Challenges*. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(5), 3758–3773. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2844296>

- Erwanto, I. (2021). *Perawatan Bunga Secara Otomatis Pada Tanaman Bonsai Ficus (Beringin) Berbasis IoT*. 6–18.
- Fachrudin, A. (2022). *Sistem Pengendalian Suhu Dan Kelembapan Pada Kandang Ayam Broiler Halaman*. 2005–2003 ,8.5.2017 ,٧٧٨٧.
- Fragastia, V. A., Rahmad, I. F., Studi, P., Industri, T., Studi, P., Informatika, T., Utama, U. P., Deli, M., & Utara, S. (2019). *Penerapan Internet Of Things (IoT) Untuk Mendeteksi Kadar Alkohol Pada Pengendara Mobil*. 1, 11–19.
- Hawari, H., Pujiasmanto, B., & Triharyanto, E. (2022). *Morfologi dan kandungan flavonoid total bunga telang (Clitoria ternatea L.) di berbagai ketinggian. Kultivasi*, 21(1), 88–96. <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v21i1.36327>
- Hidayatollah, F. Y. A. (2020). *Smart Drip Irrigation System untuk Budidaya Tanaman Cabai Berbasis Internet of Thing Menggunakan Metode Fuzzy Logic*. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 1–78. <http://etheses.uin-malang.ac.id/id/eprint/23727>
- Jufriadi, J., Nurcahyo, G. W., & Sumijan, S. (2020). *Logika Fuzzy dengan Metode Mamdani dalam Menentukan Tingkat Peminatan Tipe Motor Honda*. Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis, 3, 7–11. <https://doi.org/10.37034/infec.v3i1.60>
- Kalsum, U. (2023). *Karakterisasi Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Bunga Telang Biru Dan Bunga Telang Putih*. Jurnal Pertanian Presisi (Journal of Precision Agriculture), 7(1), 74–85. <https://doi.org/10.35760/jpp.2023.v7i1.8601>
- Kholil, M. (2020). *Terminologi Pada Himpunan Fuzzy*.
- Kurniawan, F., Nurhayati, H., Arif, Y. M., Harini, S., Nugroho, S. M. S., & Hariadi, M. (2018). *Smart Monitoring Agriculture Based on Internet of Things*. Proceedings - 2nd East Indonesia Conference on Computer and Information Technology: Internet of Things for Industry, EIconCIT 2018, 363–366. <https://doi.org/10.1109/EIconCIT.2018.8878510>
- MAJID, M. Y. (2016). *Rancang Bangun Alat Monitoring Pada Tanaman Hias Menggunakan Esp32 Berbasis Aplikasi Android*. 1–23.
- Mambang. (2021). *Buku Ajar Teknologi Komunikasi Internet (Internet of Things)* (Issue April).
- Manullang, A. B. P., Saragih, Y., & Hidayat, R. (2021). Implementasi Nodemcu Esp8266 Dalam Rancang Bangun Sistem Keamanan Sepeda Motor Berbasis Iot. *Jurnal Informatika & Rekayasa Elektronika*, 4(2), 163–170. <http://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/jireISSN.2620-6900>

- Mardana, F. Y., Informatika, J. T., Sains, F., Teknologi, D. A. N., Islam, U., Maulana, N., & Ibrahim, M. (2016). *Otomasi dan monitoring suhu dan pencahayaan ruang menggunakan metode fuzzy mamdani*.
- Mu'afiq, M. (2021). *Sistem Monitoring Dan Otomasi Penyiraman , Pengatur Ph , Dan Pengatur Suhu Berbasis Internet Of Things Pada Greenhouse Menggunakan Logika Fuzzy*.
- Mursalin, S. B., & Sunardi, H. (2020). *Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Sensor Kelembapan Tanah Menggunakan Logika Fuzzy*. 11(01), 47–54.
- Nugraha, A. (2022). *Perancangan Sistem Informasi Penjualan Alat Gunung pada Wigote Adventure Lifestyle*. Jurnal Riset Dan Aplikasi Mahasiswa Informatika (JRAMI), 3(02), 315–321. <https://doi.org/10.30998/jrami.v3i02.4166>
- Paradis, C. N. (2023). *Sistem Informasi Kualitas Air Layak Konsumsi Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani*. 13(1), 104–116.
- Permadi, H. S., Ridwan, M., & Rismaningsih, F. (2021). *Implementasi Logika Fuzzy pada Alat Cuci Tangan Otomatis Portabel dengan Sistem Monitoring Berbasis Android*. Jurnal Buana Informatika, 12(2), 106. <https://doi.org/10.24002/jbi.v12i2.4768>
- Putra, E. K. (2020). *Sistem Monitoring Kualitas Air pada Budidaya Bibit Ikan Hias Menggunakan Metode Fuzzy Mamadani Berbasis Internet of Things*.
- Raden Mas Wahyu, S. (2021). *Rancang Bangun Alat Pintu Geser Otomatis Menggunakan Motor DC 24 V*. 9(1), 38–45.
- Rindengan, A. J., & Langi, Y. A. R. (2019). *Sistem Fuzzy*. Program Studi Sistem Informasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Saragi, D. M., Hamami, F., & Mulyana, T. (2022). *Implementasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan Sistem Penyiraman Otomatis Tanaman Anthurium*. Jurnal Sistem Komputer Dan Informatika (JSON), 4(1), 146. <https://doi.org/10.30865/json.v4i1.4895>
- Shihab, M. Q. (2015). *Tafsir Al-mishbah jilid 7*. 1–572.
- Silva, F. C. S. Da, & Muliantara, A. (2022). *Implementasi Logika Fuzzy Tsukamoto Pada Sistem Penentuan Suhu AC Dalam Suatu Ruangan*. 1(November), 31–38.
- Simanjutak, M. (2015). *Analisis Galat Fungsi Keanggotaan Fuzzy Pada Metode Mamdani Dan Metode Sugeno*. Tesis, 1–88.

- Subani, M., Ramadhan, I., Syah Putra, A., & Al Muslim, A. (2021). *Perkembangan Internet of Think (IOT) dan Instalasi Komputer Terhadap Perkembangan Kota Pintar di Ibukota DKI Jakarta*. IKRA-ITH INFORMATIKA : Jurnal Komputer Dan Informatika, 5(1), 88–93. <https://journals.upi-yai.ac.id/index.php/ikraith-informatika/article/view/918>
- SUDRAJAT. (2008). *Dasar Himpunan Fuzzy*. Jurusan Matematika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjadjaran Bandung, 1(1).
- Sulistiawan, M. H. (2017). *Sensor Kelembapan Tanah Multi Point Nirkabel Final Project Soil Moisture Sensor Multi Point Wireless With Faculty Of Science And Technology*.
- Syafrudin. (2019). *Perancangan Sistem Penyiraman Otomatis Tanaman Bawang Merah Dengan Metode Fuzzy Sugeno Berbasis Arduino Uno* (Vol. 561, Issue 3).
- Yuminarti, O. U. (2021). *Bab 10 penentuan jenis usaha dan peluang usaha komoditas pertanian spesifik lokasi*. 1–17.
- Zulfa, A. (2014). *Rancang Bangun Embedded System Penyiraman Otomatis Pada Tanaman Hias Menggunakan Metode Logika Fuzzy*.