

**RANCANG BANGUN ALAT PEMANTAU DAN PENGENDALI KONDISI
LINGKUNGAN BUDIDAYA JAMUR TIRAM MENGGUNAKAN
LOGIKA *FUZZY* BERBASIS IoT**

(Skripsi)

Oleh:

**RIZKI WAHYUDI
NPM. 2015031099**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN ALAT PEMANTAU DAN PENGENDALI KONDISI LINGKUNGAN BUDIDAYA JAMUR TIRAM MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY BERBASIS IoT

Oleh

Rizki Wahyudi

Teknologi *Internet of Things* (IoT) telah menghadirkan inovasi dalam bidang pertanian. Kondisi lingkungan pada kumbung jamur dapat dipantau dan dikendalikan secara otomatis menggunakan teknologi IoT. Jamur tiram merupakan salah satu komoditas pertanian yang bernilai ekonomis tinggi dan memiliki potensi pasar yang luas. Keberhasilan budidaya jamur tiram sangat dipengaruhi oleh kualitas lingkungan, terutama suhu dan kelembapan udara. Penelitian ini merancang prototipe alat pemantau dan pengontrol suhu serta kelembapan berbasis IoT, dengan menggunakan sensor suhu dan sensor kelembapan sebagai parameter utama serta satu aktuator berupa pompa kabut (*humidifier*). Data dari sensor diproses oleh mikrokontroler ESP32 dan ditampilkan secara *real-time* pada platform *Thingspeak*. Sistem ini menerapkan metode logika *fuzzy* untuk menentukan durasi operasional *humidifier* dalam menjaga kondisi ideal kumbung jamur tiram. Lingkungan budidaya jamur tiram yang optimal berada pada rentang suhu 26—29°C dan kelembapan 70—90%. Hasil pengujian sensor menunjukkan rata-rata selisih pengukuran sensor suhu sebesar 0,54°C dan sensor kelembapan sebesar 0,7%. Selain itu, pengujian terhadap *output* logika *fuzzy* berdasarkan aturan yang telah ditentukan menunjukkan akurasi sistem sebesar 97,1%.

Kata Kunci: Jamur Tiram, *Internet of Things*, Logika *fuzzy*, *Thingspeak*

ABSTRACT

DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN IOT-BASED ENVIRONMENTAL MONITORING AND CONTROL SYSTEM FOR OYSTER MUSHROOM CULTIVATION USING FUZZY LOGIC

BY

Rizki Wahyudi

The advancement of Internet of Things (IoT) technology has introduced significant innovations in the agricultural sector. In oyster mushroom cultivation, environmental conditions within the growing chamber (kumbung) can be automatically monitored and regulated through IoT-based systems. Oyster mushrooms represent a high-value agricultural commodity with substantial market potential. The success of their cultivation is highly dependent on environmental quality, particularly temperature and humidity. This study presents the design and development of a prototype IoT-based system for monitoring and controlling temperature and humidity, utilizing temperature and humidity sensors as primary input parameters and a misting pump (humidifier) as the actuator. Sensor data are processed using an ESP32 microcontroller and visualized in real time on the Thingspeak platform. A fuzzy logic control algorithm is implemented to determine the operational duration of the humidifier in order to maintain optimal environmental conditions within the cultivation chamber. Optimal environmental parameters for oyster mushroom cultivation range between 26—29°C for temperature and 70—90% for relative humidity. Experimental results indicate that the temperature sensor exhibits an average deviation of 0.54°C, while the humidity sensor shows a deviation of 0.7%. Additionally, the fuzzy logic system achieved an accuracy rate of 97.1% in controlling environmental conditions based on predefined rules.

Keywords: Oyster Mushroom, Internet of Things, Fuzzy Logic, Thingspeak.

**RANCANG BANGUN ALAT PEMANTAU DAN PENGENDALI KONDISI
LINGKUNGAN BUDIDAYA JAMUR TIRAM MENGGUNAKAN
LOGIKA *FUZZY* BERBASIS IoT**

Oleh:

RIZKI WAHYUDI

Skripsi

**Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2025

Judul Skripsi

: RANCANG BANGUN ALAT PEMANTAU DAN
PENGENDALI KONDISI LINGKUNGAN
BUDIDAYA JAMUR TIRAM
MENGUNAKAN LOGIKA FUZZY
BERBASIS IoT

Nama Mahasiswa

: Rizki Wahyudi

Nomor Pokok Mahasiswa : 2015031099

Jurusan

: Teknik Elektro

Fakultas

: Teknik



1. Komisi Pembimbing

Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T.
NIP. 19731004 199803 2 001

Umi Murdika, S.T., M.T.
NIP. 19720206 200501 2 002

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Herlinawati, S.T., M.T.
NIP. 19710314 199903 2 001

Ketua Program Studi Teknik Elektro

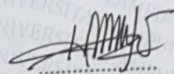
Sumadi, S.T., M.T.
NIP. 19731104 200003 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

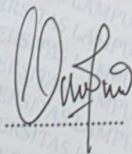
Ketua

: Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T.



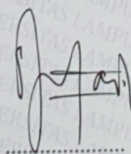
Sekretaris

: Umi Murdika, S.T., M.T.



Penguji

Bukan Pembimbing : Sumadi, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. }
NIP. 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 11 Agustus 2025

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Rancang Bangun Alat Pemantau dan Pengendali Kondisi Lingkungan Budidaya Jamur Tiram Menggunakan Logika *Fuzzy* Berbasis IoT” merupakan karya saya sendiri dan bukan karya orang lain. Semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti skripsi saya merupakan hasil penjiplakan atau dibuat orang lain, maka bersedia menerima sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Agustus 2025



Rizki Wahyudi
NPM 2015031099

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Sukoharjo 2 pada tanggal 12 September 2001. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Ujang Jumara dan Ibu Eko Winarti. Penulis menamatkan pendidikan di Sekolah Dasar di SDN 2 Sukoharjo 2 pada tahun 2014, melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama di SMP N 1 Sukoharjo dan lulus pada tahun 2017, serta menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Tri Sukses Natar pada tahun 2020.

Pada tahun 2020, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO), menjabat sebagai anggota Departemen Sosial dan Wirausaha pada periode 2021 dan 2022.

Penulis melaksanakan kerja praktik di PT. ASDP (Angkutan Sungai Danau Penyebrangan) Cabang Bangka Barat, Muntok pada tanggal 10 Juli 2023 sampai dengan 10 Agustus 2023. Sistem Kontrol Barrier Gate BFT di PT. ASDP (Angkutan Sungai Danau Dan Penyebrangan) Indonesia Ferry (Persero) Cabang Bangka Barat.



PERSEMBAHAN



Dengan Ridho Allah SWT

Teriring shalawat kepada Nabi Muhammad SAW Karya Tulis ini ku
persembahkan untuk:

Ayah dan Ibuku Tercinta

Ujang Jumara dan Eko Winarti

Serta Adikku Tersayang

Sifa Azizah

Terimakasih untuk semua dukungan dan doa selama ini sehingga aku dapat
menyelesaikan hasil karyaku ini





MOTTO

“Ilmu bukan hanya untuk diketahui, tapi untuk diamalkan. Karena sejatinya, kebermanfaatanlah yang membuat ilmu itu hidup”

(Prof. Drs. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.)

“Jangan menunggu rasa takut menghilang, sebab tidak akan pernah. Rasa takut untuk memulai terus hadir, dan menjadi hambatan bagi langkah pertama kita”

(Rizki Wahyudi)



SANWACANA

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Rancang Bangun Alat Pemantau Dan Pengendali Kondisi Lingkungan Budidaya Jamur Tiram Menggunakan Logika *Fuzzy* Berbasis IoT.”** Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang tua tercinta Bapak Ujang Jumara dan Ibu Eko Winarti, terimakasih atas segala cinta, kasih sayang, perhatian, dukungan, ridho dan doa pada setiap jalan perjuangan selama ini yang tiada hentinya.
2. Adek tersayang Sifa Azizah yang menjadi penyemangat dan memberikan doa untuk penulis, semoga kelak kita menjadi orang yang sukses agar dapat membahagiakan dan membanggakan orang tua kita.
3. Seseorang pemilik NPM 1813022035, yang selalu sabar menemani disetiap proses, terimakasih atas segala dukungan dan bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A. IPM., ASEAN.Eng., selaku Rektor Universitas Lampung
5. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
6. Ibu Herlinawati, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung

7. Bapak Sumadi, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro sekaligus selaku dosen penguji terimakasih atas segala masukan dan saran yang telah diberikan
8. Ibu Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, arahan, motivasi, dan pandangan hidup kepada penulis dalam penyusunan Skripsi ini.
9. Ibu Umi Murdika, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing Akademik sekaligus pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, nasihat dan motivasi kepada penulis dalam penyusunan Skripsi ini.
10. Bapak Afri Yudamson, S.T., M.Eng. selaku dosen Teknik Elektro yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi.
11. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah memberikan pengajaran dan pandangan hidup selama perkuliahan.
12. Staff administrasi Jurusan Teknik Elektro dan Fakultas Teknik Universitas Lampung yang telah membantu penulis dalam hal administrasi.
13. Sahabat-sahabat tercinta: Teguh, Faldy, Akbar, Ade, Gathan, Arvent, Albert, dan Hditya Zein, Rahmat PP, Aditya Reksapati. Terima kasih atas segala pengalaman yang telah kita lalui bersama dan dukungan yang tak pernah putus. Keberadaan kalian selalu menjadi sumber inspirasi dan semangat bagi penulis.
14. Gusti dan Andres yang telah membimbing serta membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
15. Segenap Keluarga Besar Angkatan HELLIOS 2020, dan teman-teman yang telah menjadi rekan skripsi selama di lab.
16. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Bandar Lampung, Agustus 2025

Penulis,

Rizki Wahyudi

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Hipotesis	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Logika <i>Fuzzy</i>	8
2.2.1. Himpunan Logika <i>fuzzy</i>	8
2.2.2. Fungsi Keanggotaan Logika <i>fuzzy</i>	9
2.3 Tahap Sistem <i>Fuzzy</i>	12
2.4 <i>Internet of Things</i> (IoT).....	16
2.5 NodeMCU ESP32	17
2.6 Sensor DHT22	18
2.7 Pompa air DC 12V	19
2.8 Modul Dimmer DC	20
2.9 LCD 16 X 2	20

2.10	Arduino IDE (<i>Integrate Development Enviroment</i>).....	21
2.11	Modul Regulator LM2596.....	22
2.12	Modul <i>Relay</i>	22
2.13	<i>Power Supply</i>	23
2.14	<i>ThingSpeak</i>	23
2.15	Jamur Tiram	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		26
3.1	Alat dan Bahan	26
3.2	Tahapan Penelitian	27
3.3	Diagram Alir Penelitian.....	28
3.4	Prosedur penelitian	29
3.4.1	Persiapan Kumbung jamur.....	29
3.4.2	Persiapan Aktuator.....	29
3.4.3	Persiapan Baglog Jamur.....	29
3.5	Diagram Blok Sistem Perancangan	30
3.6	Diagram Blok Pengendali Suhu dan Kelembapan	31
3.7	Diagram Alir Sistem Logika <i>fuzzy</i>	31
3.7.1	Pembacaan Sensor Suhu dan Kelembapan	32
3.7.2	Fuzzifikasi.....	33
3.7.3	Pembentukan Aturan <i>Fuzzy</i>	33
3.7.4	Defuzzifikasi	34
3.8	Perancangan <i>Fuzzy</i> pada Matlab	34
3.9	Perancangan Sistem <i>Internet Of Things</i>	36
3.10	Pembuatan <i>Channel ThingSpeak</i>	37
3.11	Sketsa Perancangan Alat	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		41
4.1	Implementasi Perancangan.....	41
4.1.1	<i>Wiring</i> Diagram	42
4.1.2	Prinsip Kerja Sistem Perancangan.....	42
4.2	Pengujian Alat	43
4.2.1.	Pengujian LCD 16X2.....	43
4.2.2.	Pengujian Sensor DHT22	44

4.2.3.	Pengujian Sistem Keseluruhan	50
4.3	Perancangan <i>Fuzzy</i> pada MATLAB	51
4.3.1.	Fuzzifikasi.....	51
4.3.2.	Aturan <i>Fuzzy</i>	55
4.3.3.	Pengujian Logika <i>Fuzzy</i> Pada MATLAB	56
4.4	Perhitungan Pada Logika <i>Fuzzy</i>	57
4.4.1	Proses Fuzzifikasi	57
4.4.2	Proses Aturan <i>Fuzzy</i>	58
4.4.3	Defuzzifikasi	63
4.5	Respon Suhu dan Kelembapan Terhadap Waktu	70
4.5.1	Respon Terhadap Waktu.....	71
4.5.2	Respon Kelembapan Terhadap Waktu	72
4.6	Tampilan Dari <i>ThingSpeak</i>	73
4.7	<i>Delay</i> Pengiriman Data ke <i>Thinkspeak</i>	76
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	78
5.1.	Kesimpulan.....	78
5.2.	Saran	78
DAFTAR PUSTAKA		79
LAMPIRAN.....		81

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2. 1 Kurva Linear Naik.....	9
2. 2 Kurva Linear Turun.....	10
2. 3 Fungsi Keanggotaan Segitiga.....	11
2. 4 Fungsi Keanggotaan Trapesium.....	11
2. 5 Tahap Sistem Fuzzy	12
2. 6 ESP32	17
2. 7 Sensor DHT22.....	18
2. 8 Pompa DC 12 Volt.....	19
2. 9 Modul Dimmer DC	20
2. 10 LCD 16 X 2.....	21
2. 11 Arduino IDE (Integrated Development Environment)	21
2. 12 Modul Regulator LM2596	22
2. 13 Modul Relay.....	22
2. 14 Power Supply	23
2. 15 Jamur Tiram	24
3. 1 Diagram Alir Penelitian	28
3. 2 Diagram Blok Sistem Perancangan.....	30
3. 3 Diagram blok pengendali suhu.....	31
3. 4 Diagram Alir Fuzzy Logic	32
3. 5 Tampilan awal MATLAB 2020	34
3. 6 Tampilan Fuzzy Pada Matlab	35
3. 7 Tampilan Rule Fuzzy pada Matlab	35
3. 8 Diagram Alir Data ke Thingspeak	37
3. 9 Tampilan Login Thingspeak	37
3. 10 Membuat Channel Baru	38

3. 11 Pengaturan Field Pada Thingspeak	38
3. 12 Tampilan Widget pada ThingSpeak	39
3. 13 Tampilan Menu API Key	39
3. 14 Arsitektur Perancangan	40
4. 1 Rangkaian Sistem Pemantau dan Pengendali Suhu dan Kelembapan	41
4.2 <i>Wiring</i> Diagram Perancangan Alat	42
4.3 Hasil Pengujian LCD 16x2	44
4. 4 <i>Wiring Sensor DHT22</i>	44
4. 5 Pengujian Sensor DHT22.....	45
4. 6 Kalibrasi Suhu.....	46
4. 7 Kalibrasi Kelembapan.....	49
4. 8 Fungsi Keanggotaan Suhu	52
4.9 Fungsi Keanggotaan Kelembapan.....	53
4.10 Fungsi Keanggotaan Pompa.....	54
4.11 Rule fuzzy pada MATLAB	56
4.12 Pengujian Logika Fuzzy Pada MATLAB	56
4.13 Fungsi Keanggotaan Suhu	57
4. 14 Fungsi Keanggotaan Kelembapan.....	58
4. 15 Luas Daerah dan Momen Pompa	63
4. 16 Respon Suhu Terhadap Waktu.....	69
4. 17 Respon Kelembapan Terhadap Waktu.....	71
4. 18 Tampilan Login ThingSpeak.....	73
4.19 Tampilan Dashboard Thingspeak	74
4.20 Halaman Channel Sistem Pemantau Suhu dan Kelembapan (Input).....	74
4.21 Halaman Channel Sistem Pemantau Suhu dan Kelembapan (Output)	75
4.22 Halaman Atas Sistem Pemantau suhu dan kelembapan.....	75

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2. 1 Perbedaan ESP32 dengan mikrokontroler lain	17
2. 2 Tabel Spesifikasi sensor DHT22.....	19
2. 3 Standar parameter suhu dan kelembapan kumbung jamur tiram	25
3. 1 Alat dan Bahan.....	26
4.1 Pin Wiring ESP32 untuk sensor DHT22.....	45
4.2 Pengujian sensor suhu DHT22.....	46
4. 3 Pengujian sensor suhu DHT22 Setelah di Kalibrasi	47
4. 4 Pengujian sensor kelembapan DHT22	48
4. 5 Pengujian sensor kelembapan DHT22 setelah di Kalibrasi	50
4.6 Membership Function	51
4.7 Rule Fuzzy	55
4.8 Perhitungan Aturan Fuzzy Logic	58
4.9 Data Pengujian Sistem	70
4. 10 Data Respon Suhu dan Kelembapan terhadap Waktu.....	76
4. 11 Delay Pengiriman Data ESP32 ke Thinkspeak.....	76

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan mendorong kemajuan teknologi, yang menjadi dasar penting perkembangan industri suatu negara. Fokus pengembangan ilmu pengetahuan adalah untuk menciptakan teknologi mempermudah pekerjaan manusia salah satunya *Internet Of Things*. Konsep Teknologi *Internet of Things* (IoT) memiliki tujuan untuk memperbanyak kegunaan koneksi internet yang semakin berkembang pesat. *Internet of Things* mendukung hubungan atau koneksi antara perangkat keras, perangkat pintar, dan objek-objek fisik lainnya [1]. IoT juga dapat dikatakan perangkat pintar, karena IoT merupakan teknologi revolusioner yang mengubah cara berfikir manusia berintraksi dengan perangkat dan lingkungan mereka. Dengan berbagai sektor seperti rumah pintar, kesehatan, industri, pertanian.

Penerapan teknologi ini membawa konsep sistem kontrol canggih, terutama dalam bidang ilmu sistem cerdas yang memberikan kemudahan bagi manusia. Salah satu pendekatan yang berguna adalah metode pemikiran linguistik atau dikenal dengan logika *fuzzy*. *Fuzzy* merupakan kabur atau samar (kualitatif) dan *logic* berarti “umumnya dilakukan orang yaitu berfikir logis”. Jadi, logika *fuzzy* berarti berfikir secara logika untuk yang kualitatif (samar). Algoritma fuzzy Mamdani tidak membutuhkan data yang pasti atau angka yang tepat. Terkadang, dalam prediksi inventaris, ada data yang sulit diukur secara akurat, misalnya hanya diketahui bahwa stok barang "sedikit", "sedang", atau "banyak". Pada algoritma fuzzy Mamdani bisa digunakan karena mampu menangani data seperti ini. Dengan menggunakan himpunan fuzzy, sistem bisa menilai seberapa besar suatu nilai termasuk dalam kategori tertentu, misalnya seberapa "sedikit" atau seberapa

"banyak". Pada penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* dalam penyemprotan jamur otomatis. Metode Mamdani merupakan metode yang digunakan untuk mengambil keputusan atau memodelkan sistem berdasarkan aturan-aturan logika *fuzzy*. Metode logika *fuzzy mamdani* juga dikenal sebagai maksimum dan minimum [2].

Sebagai keluaran dari metode mamdani, keluaran awalnya berbentuk himpunan *fuzzy* hasil agregasi dari semua aturan *fuzzy* yang berlaku. Setelah itu, *output* akan diubah menjadi nilai tegas melalui proses defuzzifikasi, sehingga dapat digunakan untuk mengambil keputusan.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem penyemprotan otomatis pada jamur tiram. Kegunaan alat pemantau dan pengontrol suhu dan kelembapan pada kumbung jamur berbasis IoT menjadi relevan karena diperlukan pemantau yang akurat dan responsif. Alat ini diharapkan dapat memberikan solusi yang terintegrasi dan cerdas yang memungkinkan pengelolaan kumbung untuk mengelola parameter lingkungan budidaya jamur secara efektif. Teknologi sensor suhu dan kelembapan yang lebih murah dan presisi akan digunakan dalam pembuatan alat ini. Untuk memastikan transmisi data yang akurat sensor-sensor ini akan terhubung ke perangkat pengontrol melalui teknologi koneksi nirkabel yang canggih. Diharapkan dengan sistem ini akan memungkinkan pertumbuhan jamur yang optimal dan pengelolaan budidaya yang efisien. Selain itu, diharapkan bahwa keberhasilan penggunaan alat ini akan berdampak positif pada sektor pertanian khususnya pada budidaya jamur tiram secara keseluruhan.

Dalam budidaya jamur sendiri parameter yang harus diperhatikan yaitu suhu dan kelembapan ini sangat mempengaruhi pertumbuhan jamur, namun parameter-parameter ini sangat sulit diukur dengan presisi yang sangat tinggi atau bisa memiliki fluktuasi sepanjang hari karena faktor eksternal yaitu perubahan cuaca. Logika *fuzzy* dapat mengatasi ketidakpastian ini dengan menggunakan variabel *linguistic* seperti seperti "suhu agak tinggi" atau "kelembapan cukup rendah", yang memungkinkan sistem memberikan respon yang lebih fleksibel dan lebih manusiawi meskipun data yang diperoleh tidak pasti atau tidak selalu tepat. Dengan menggunakan *fuzzy* maka akan lebih presisi dan responsif terhadap perubahan

lingkungan. Penggunaan logika *fuzzy* dapat membantu memastikan jamur mendapatkan pertumbuhan yang optimal.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat membuat alat *prototype* sistem kendali lingkungan budidaya jamur tiram secara otomatis agar dapat menjaga suhu dan kelembapan.
2. Dapat memantau dan mengendalikan suhu dan kelembapan menggunakan *Internet of Things* (IoT).

1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat alat *prototype* sistem pemantauan dan pengendali suhu dan kelembapan pada budidaya jamur tiram?
2. Bagaimana mengaplikasikan *Internet of Things* dalam sistem pemantauan dan kendali suhu dan kelembapan pada budidaya jamur tiram?

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hanya membuat *prototype* menggunakan bok sebagai pengganti lingkungan budidaya jamur tiram
2. Sistem ini menggunakan sensor suhu dan kelembapan sebagai parameter yang diperhatikan
3. Menggunakan *ThingSpeak* sebagai *platform* IoT yang dapat menyimpan dan memantau output sensor kelembapan dan suhu

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapatkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Rancangan alat sistem yang diusulkan bertujuan untuk membantu pembudidaya jamur tiram dalam memantau serta mengendalikan suhu dan kelembapan di dalam kumbung jamur secara otomatis. Ini akan membuat pengelolaan lingkungan

budidaya jamur lebih mudah dan efisien dan membantu menjaga kondisi yang optimal bagi jamur tiram.

1.6 Hipotesis

Alat sistem pemantauan dan pengendali suhu serta kelembapan pada budidaya jamur tiram yang di rancang dapat bekerja sesuai dengan skenario yang direncanakan, sehingga terjaminnya suhu dan kelembapan di dalam kumbung jamur sesuai dengan *range* yang diinginkan.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang, tujuan penelitian, perumusan masalah, Batasan masalah, manfaat penelitian, hipotesis, serta sistematika penulisan laporan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tentang beberapa teori yang mendukung dan referensi materi yang diperoleh dari berbagai sumber buku, jurnal, data sheet dan penelitian ilmiah yang digunakan untuk penulisan laporan tugas akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi tentang waktu dan tempat, alat dan bahan, metode penelitian dan pelaksanaan serta pengamatan dalam pengerjaan tugas akhir.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang perancangan peralatan dan pembahasan data hasil pengujian alat yang dibuat.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian yang dilakukan dan saran yang berdasarkan pada hasil data penelitian untuk perbaikan dan pengembangan yang lebih lanjut agar mendapatkan hasil yang lebih baik dari penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

1. Rancangan alat pengendali suhu dan kelembapan pada kumbung jamur.
2. Rancangan sistem pengendali suhu dan kelembapan pada kumbung jamur.
3. Tampak luar kumbung jamur.
4. Tampak dalam kumbung jamur.
5. Plagiarisme.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Devina Ridhani Kristianti, Ardhi Wijayanto, Abdul Aziz, pada tahun 2022, Fakultas Informatika, Universitas Sebelas Maret. Pada penelitian ini penulis merancang dan merealisasikan sebuah teknologi *Internet of Things* yang dapat mengirimkan data secara *real time* dengan jaringan internet. Dimana penulis merancang alat ini dengan tujuan di bidang budidaya jamur dapat memonitoring suhu dan kelembapan. Pada penelitian ini menggunakan Wemos D1, DHT11, Photoresistor, Protokol MQTT, dan Telegram bot. Sistem prototipe berbasis IoT ini dirancang dapat mengirimkan data melalui platform website dan chat telegram. Data yang diperoleh dari sensor DHT11 dan Photoresistor kemudian diolah oleh Wemos D1 untuk menjalankan otomatisasi akuator pompa air DC dan *exhaust fan*, selanjutnya data dikirim ke database untuk disimpan dan ditampilkan oleh website [3]. Pengiriman data dari IoT ke website menggunakan protokol MQTT. Kekurangan pada penelitian ini adalah alat yang dibuat kurang manual *action* sehingga monitoring kurang sempurna, *exhaust fan* kurang besar mengakibatkan perputaran udara lambat. Dan pompa air yang digunakan masih kecil sehingga penyemprotan akan memakan waktu sedikit lama.

Penelitian yang dilakukan oleh Mahasri Rahmad Fauzi, Agus Supardi pada tahun 2023 dari Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta. Pada penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah alat yang dapat mengendalikan dan memonitoring suhu dan kelembapan budidaya

jamur tiram dengan *Internet of Things* (IoT), sensor yang digunakan yaitu DHT11 untuk mendapatkan data yang dapat dimonitoring langsung dari layar LCD 16x2 dan dihubungkan pada *Thingspeak*. Mikrokontroler yang digunakan adalah wemos D1 R2 sebagai prosesnya.

Pompa air digunakan sebagai penjaga kelembapan. Hasil yang diperoleh suhu dan kelembapan yang ideal adalah antara 21-30°C dan 70-95% maka alat diatur bekerja menghidupkan kipas saat suhu > 30°C dan pompa saat kelembapan < 70% kemudian mematikan kipas saat suhu < 28°C dan pompa saat kelembapan > 80%. Kekurangan pada penelitian ini adalah masih belum bisa menyimpan data untuk memantau kondisi alat menghidupkan atau mematikan pada saat bekerja. Adapun titik semprot pada pompa yang digunakan masih kurang banyak [4].

Penelitian yang dilakukan oleh Dody Hidayat, Ika Sari, pada tahun 2021 dari jurusan Teknik Informatika, Universitas Prima Indonesia (UNPRI) Medan. Pada penelitian ini membahas mengenai suhu udara pada permukaan bumi bersifat relatif, bergantung pada faktor-faktor yang mempengaruhinya. Alat yang dirancang pada penelitian ini menggunakan perangkat NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler dan sensor yang digunakan yaitu sensor DHT11 yang berfungsi sebagai pengukur suhu dan kelembapan. Pada alat ini juga dihubungkan dengan *buzzer* sebagai *output* alarm jika terjadi perubahan suhu yang tinggi saat melampaui batas yang telah ditetapkan sebesar 40°C maka *buzzer* akan bunyi dan akan menampilkan pengukuran pada android. Kekurangan pada penelitian ini adalah harus memperhatikan lokasi saat alat digunakan apakah ada jaringan internet ataupun bisa menyediakan jaringan WIFI [5].

Pada penelitian ini dilakukan pengembangan dari penelitian sebelumnya, alat yang dirancang pada penelitian sebelumnya menggunakan sensor DHT11 sedangkan pada penelitian ini menggunakan sensor DHT22, dimana sensor DHT22 memiliki tingkat akurasi yang lebih baik daripada DHT11. Dengan menggunakan sensor DHT22 dapat memantau suhu dan kelembapan serta terdapat sistem pengendali secara otomatis sehingga tidak dapat melakukan pemantauan dan menampilkan hasil sensor saja tetapi melakukan pengendalian terhadap perubahan yang dideteksi oleh sensor sehingga suhu dan kelembapan tetap baik untuk pertumbuhan jamur.

2.2 Logika *Fuzzy*

Logika *fuzzy* adalah suatu metode untuk mengatasi ketidakpastian dalam pengambilan keputusan dengan memperluas logika biner konvensional (0 dan 1) menjadi logika yang memungkinkan nilai antara 0 dan 1. Pada logika biner, suatu pernyataan bisa benar atau salah. Namun, dalam logika *fuzzy* suatu pernyataan bisa memiliki derajat keanggotaan yang berbeda-beda [6].

Logika *fuzzy* merupakan suatu cara untuk memetakan suatu ruang masukan kedalam ruang keluaran. Ilmuan pemrakarsa konsep himpunan *fuzzy* adalah Professor Lotfi A. Zadeh dari California university di Barkeley pada tahun 1965 [7]. Logika ini menjabarkan perhitungan matematik untuk menggambarkan suatu ketidakjelasan atau kesamaran kedalam bentuk variabel linguistik. Ini merupakan penggabungan pendekatan dari dua metode pendekatan kualitatif dan kuantitatif. logika *fuzzy* digunakan untuk meniru penalaran dan kognisi manusia. Logika *fuzzy* merupakan pengembangan dari logika biner. Logika biner hanya memiliki 2 nilai kebenaran yakni 0 atau 1. Logika *fuzzy* memasukkan 0 dan 1 sebagai nilai kebenaran ekstrem tetapi dengan berbagai tingkat kebenaran menengah [6].

Terdapat beberapa alasan dalam penggunaan logika *fuzzy* yaitu konsepnya sederhana dan mudah dimengerti, sangat mampu beradaptasi pada perubahan dan ketidakpastian dapat mentoleransi pada data yang tidak tepat, dapat mengaplikasikan pengetahuan dari para pakar dan juga dapat memodelkan fungsi nonlinear yang kompleks.

2.2.1. Himpunan Logika *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* pertama kali dikembangkan pada tahun 1965 oleh Zadeh sebagai perluasan dari pengertian himpunan tegas. Himpunan *fuzzy* adalah himpunan yang anggotanya memiliki derajat keanggotaan bilangan *real* pada selang $[0,1]$

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 ; & \text{jika } x \in A \\ 0 ; & \text{jika } x \notin A \end{cases}$$

Himpunan *fuzzy* memiliki dua atribut, yaitu linguistik dan numeris. Atribut linguistik adalah atribut yang digunakan untuk penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti muda, parobaya, tua, sedangkan atribut numeris adalah suatu nilai yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti 10,20,10, dsb [6].

2.2.2. Fungsi Keanggotaan Logika *fuzzy*

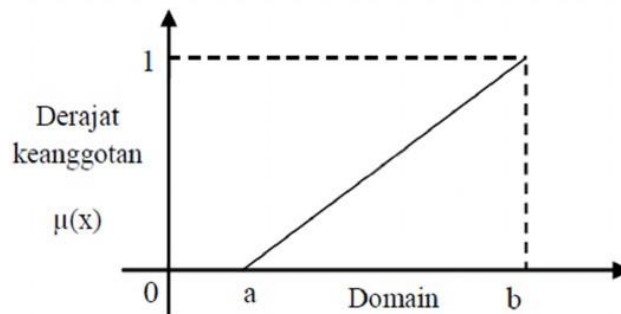
Fungsi keanggotaan adalah konsep dalam teori himpunan *fuzzy* yang digunakan untuk menentukan sejauh mana suatu elemen termasuk dalam suatu himpunan *fuzzy*. Dalam konteks logika *fuzzy*, fungsi keanggotaan mengukur tingkat keanggotaan suatu elemen dalam himpunan *fuzzy* dan memberikan nilai antara 0 dan 1. Pemodelan yang tepat sangat diperlukan dalam pemodelan logika *fuzzy* karena model *fuzzy* sensitif terhadap deskripsi himpunan *fuzzy* itu sendiri [6].

1. Fungsi keanggotaan *linear*

Pada kurva *linear*, pemetaan ke derajat keanggotaan digambarkan menjadi suatu garis lurus adapun pada kurva *linear* ini merupakan bentuk yang paling sederhana dan untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas maka kurva *linear* menjadi pilihan yang baik. Terdapat dua fungsi atau keadaan *linear* yaitu, sebagai berikut :

a. Kurva *linear* naik

Kurva *linear* naik yaitu pada saat mengalami kenaikan derajat keanggotaan 0 kemudian bergerak ke kanan atau positif menuju derajat keanggotaan yang lebih tinggi atau menuju 1. Berikut merupakan kurva pada *linear* naik, dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2. 1 Kurva Linear Naik

Adapun bentuk fungsi keanggotaan dari *linear* naik, yaitu sebagai berikut :

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad [2.1]$$

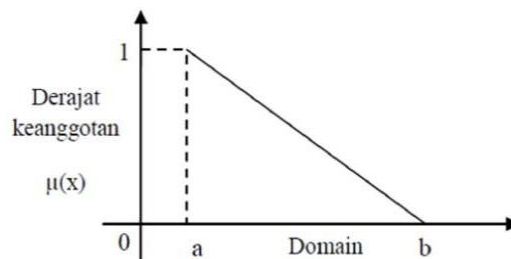
Keterangan :

a = nilai domain terkecil saat derajat keanggotaan terkecil

b = derajat keanggotaan terbesar dalam domain

b. Kurva *linear* turun

Kurva *linear* turun yaitu pada saat mengalami penurunan dari derajat keanggotaan 1 kemudian bergerak ke kanan atau menuju derajat keanggotaan yang lebih rendah atau menuju 0 atau kurva *linear* turun kebalikan dari kurva *linear* naik. Berikut merupakan kurva pada *linear* turun, dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2. 2Kurva Linear Turun

Adapun bentuk fungsi keanggotaan dari *linear* turun, yaitu sebagai berikut :

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

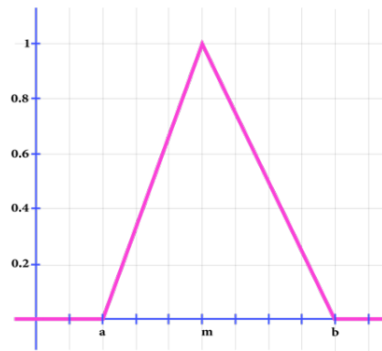
Keterangan :

a = nilai domain terkecil saat reajat keanggotaan terkecil

b = derajat keanggotaan terbesar dalam domain

2. Fungsi keanggotaan segitiga

Pada kurva segitiga merupakan gabungan dari dua garis atau *linear*[8] dan juga ditentukan oleh tiga parameter yaitu $\{a, b, c\}$. Berikut merupakan kurva pad segitiga, dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2. 3 Fungsi Keanggotaan Segitiga

Fungsi Keanggotaan Segitiga sebagai berikut:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \\ 0; & c \leq x \end{cases} \quad [2.3]$$

Adapun bentuk fungsi keanggotaan segitiga, yaitu sebagai berikut:

Keterangan:

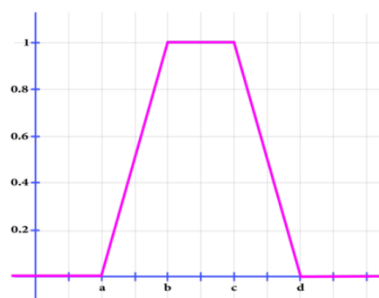
a = nilai domain terkecil saat derajat keanggotaan terkecil

b = derajat keanggotaan terbesar dalam domain

c = nilai domain terbesar saat derajat keanggotaan terkecil

3. Fungsi keanggotaan trapesium

Pada kurva trapesium mempunyai bentuk seperti kurva segitiga. Akan tetapi, mempunyai beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 [8] dan juga ditentukan oleh empat parameter yaitu $\{a, b, c, d\}$. Berikut merupakan kurva pada trapesium, dapat dilihat pada Gambar 2.4



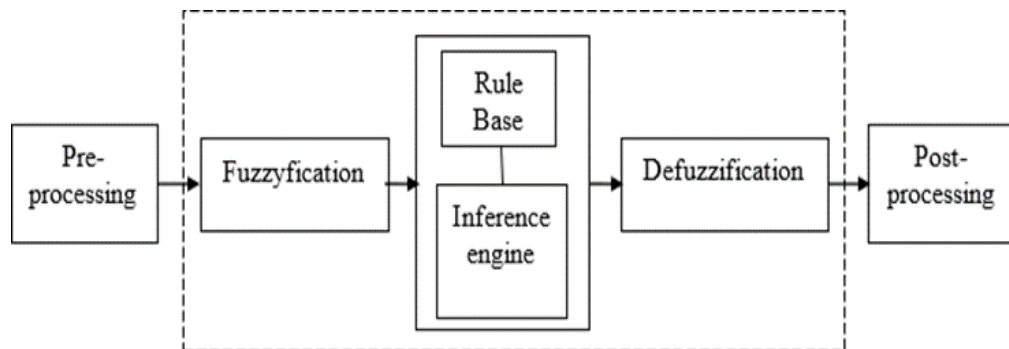
Gambar 2. 4 Fungsi Keanggotaan Trapesium

Bentuk fungsi keanggotaan trapesium:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}; & c \leq x \leq d \\ 0; & d \leq x \end{cases} \quad [2.4]$$

2.3 Tahap Sistem *Fuzzy*

Tahapan operasional sistem *fuzzy* adalah fuzzifikasi, aturan *fuzzy*, inferensi *fuzzy*, dan yang terakhir adalh defuzzifikasi. Tahapan sistem *fuzzy* dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2. 5 Tahap Sistem *Fuzzy*

1. Fuzzifikasi

Tahap Fuzzifikasi merupakan proses mengonversi nilai tegas (*crisp*) menjadi nilai *fuzzy* untuk mengatur derajat keanggotaan. Proses ini dilakukan dengan menyesuaikan kondisi *input* untuk mencerminkan tingkat keanggotaan yang lebih halus. Fuzzifikasi umumnya digunakan dalam logika *fuzzy* untuk mengubah data *input* yang pasti menjadi nilai linguistik yang lebih abstrak, sehingga dapat diolah dalam sistem yang menggunakan logika *fuzzy*.

Aturan *fuzzy* adalah sekumpulan pernyataan berbasis logika *fuzzy* yang digunakan untuk menentukan keluaran dari sistem inferensi *fuzzy*. Pernyataan-pernyataan ini biasanya berbentuk "IF-THEN" dan digunakan untuk menghubungkan kondisi

input dengan tindakan atau keluaran yang diinginkan. Sebuah contoh aturan *fuzzy* adalah "IF suhu rendah THEN putar pemanas." Aturan *fuzzy* ini adalah bagian penting dari sistem kontrol logika *fuzzy* dan digunakan untuk mengartikulasikan pengetahuan manusia sehingga sistem inferensi dapat menggunakannya. Aturan *fuzzy* sangat bermanfaat untuk sistem pengambilan keputusan karena memungkinkan mereka untuk mengambil keputusan berdasarkan informasi yang tidak pasti atau tidak jelas. Ini karena mereka memungkinkan sistem untuk mengambil keputusan dalam situasi dimana banyak ketidakpastian.

2. Aturan *Fuzzy* (*Rule Fuzzy*)

Prosesor *fuzzy* menggunakan aturan linguistik yang bertujuan untuk menentukan aksi kontrol apa yang harus atau akan digunakan dalam merespon masukan yang diberikan. Evaluasi *rule* juga mengacu pada *fuzzy inference system*. Sistem inferensi *fuzzy* (*fuzzy inference system*/FIS) disebut juga *fuzzy inference engine* adalah sistem yang dapat melakukan penalaran dengan prinsip menyerupai manusia melakukan penalaran menggunakan naluri/akal fikirannya. FIS ini mengaplikasikan aturan pada masukan *fuzzy* yang dihasilkan pada proses fuzzifikasi yang selanjutnya mengevaluasi tiap aturan dengan masukan yang dihasilkan dari proses fuzzifikasi.

3. Inferensi *Fuzzy*

Tahap evaluasi *fuzzy* pada aturan *fuzzy*, yang dikenal sebagai inferensi *fuzzy*, merupakan proses penalaran yang melibatkan *input* dan aturan *fuzzy* untuk menghasilkan output berupa himpunan *fuzzy*. Pada tahap ini, sistem logika *fuzzy* menggunakan aturan-aturan *fuzzy* yang telah ditentukan sebelumnya untuk menghubungkan kondisi *input* dengan keluaran *fuzzy* yang diinginkan. Proses ini memungkinkan sistem untuk mengambil keputusan atau memberikan respons berdasarkan pengetahuan yang terkandung dalam aturan *fuzzy*, dengan mempertimbangkan tingkat keanggotaan dari setiap *input* dalam himpunan *fuzzy* yang relevan. Hasil inferensi ini kemudian dapat digunakan dalam langkah-langkah selanjutnya, seperti defuzzifikasi, untuk menghasilkan keluaran yang konkret dan dapat digunakan dalam konteks aplikasi tertentu.

a. Metode Mamdani

Metode mamdani pertama kali dikenalkan oleh Ibrahim Mamdani pada tahun 1973 dan merupakan metode yang paling sering digunakan dibandingkan metode lainnya. *Input* dan *output* pada metode ini yaitu berupa himpunan *fuzzy*. Metode mamdani juga dikenal sebagai metode MIN-MAX. Hal tersebut dikarenakan, pada metode ini menggunakan fungsi implikasi min dan agregasi max.

Output untuk n aturan metode mamdani didefinisikan, yaitu sebagai berikut:

$$\mu_{B^k}(y) = \max(\min(\mu_{A^k_1}(x_1), \mu_{A^k_2}(x_2))) \quad [2.5]$$

Keterangan :

$K = 1, 2, \dots, n$

A^k_1 dan A^k_2 = himpunan *fuzzy* pasangan anteseden ke-k.

B^k = himpunan *fuzzy* konsekuen ke-k

b. Metode Sugeno

Fuzzy Metode Sugeno merupakan salah satu metode dalam sistem inferensi *fuzzy* yang diperkenalkan oleh Michio Sugeno pada tahun 1985. Metode ini memiliki karakteristik khusus yaitu konsekuen (*output*) dari aturan *fuzzy* bukan berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa persamaan linier [14].

Struktur *Fuzzy* Metode Sugeno Struktur dasar *Fuzzy* Metode Sugeno terdiri dari tiga bagian utama:

- Fuzzifikasi Proses fuzzifikasi variabel *input* menggunakan fungsi keanggotaan *fuzzy* seperti *linear*, segitiga, trapesium, atau Gaussian.
- Aturan *Fuzzy* Sugeno Aturan *fuzzy* Sugeno memiliki struktur: IF (x_1 is A_1) and (x_2 is A_2) and ... and (x_n is A_n) THEN $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ Bagian IF (anteseden) terdiri dari premis-premis *fuzzy*, sedangkan bagian THEN (konsekuen) berupa persamaan *linear* menggunakan variabel *input* $x_1, x_2, \dots, x_n$.
- Defuzzifikasi Metode defuzzifikasi yang sering digunakan adalah *weighted average* (rata-rata tertimbang) untuk mendapatkan nilai *output crisp* akhir.

Proses Inferensi *Fuzzy* Sugeno

Proses inferensi *Fuzzy* Metode Sugeno terdiri dari beberapa langkah:

- a. Fuzzifikasi variabel *input* menggunakan fungsi keanggotaan.
 - b. Evaluasi aturan *fuzzy* (*firing strength*) menggunakan operator AND (min atau *product*) pada bagian IF.
 - c. Pembentukan konsekuen aturan *fuzzy* (persamaan linier) pada bagian THEN.
 - d. Defuzzifikasi menggunakan metode *weighted average* untuk mendapatkan nilai *output crisp* akhir.
- c. Metode Tsukamoto

Pada metode Tsukamoto yaitu perluasan dari penalaran yang monoton yang dimana setiap konsekuen dari aturan *fuzzy* yang berbentuk IF-THEN harus direpresentasikan dengan fungsi keanggotaan monoton. Pada hasilnya, keluaran hasil inferensi dari tiap-tiap *rule* diberikan secara tegas (*crisp*) yang berdasarkan predikat [a – predikat (*fire strength*)]. Kemudian, hasil akhirnya didapatkan dengan menggunakan *average* atau rata-rata terbobot.

Sebagai contohnya yaitu terdapat dua variabel *input* [variabel-1 (x) dan variabel-2 (y)] serta satu variabel *output* variabel-3 (z). Selanjutnya, dimana variabel-1 (x) terbagi menjadi dua himpunan yaitu A_1 dan A_2 begitupun untuk variabel-2 (y) terbagi menjadi dua himpunan yaitu B_1 dan B_2 serta variabel-3 (z) juga terbagi menjadi dua himpunan yaitu C_1 dan C_2 (C_1 dan C_2 harus monoton)[9]. Sehingga, ada dua aturan atau *rule* yang digunakan, yaitu sebagai berikut :

[R_1] IF (x is A_1) AND (y is B_1)
 THEN (z is C_1) [R_2] IF (x is A_2)
 AND (y is B_2) THEN (z is C_2)

Kemudian, a – predikat untuk R_1 yaitu w_1 dan a – predikat untuk R_2 yaitu w_2 . Dengan penalaran monoton didapatkan *output* R_1 adalah z_1 dan *output* R_2 adalah z_2 . Dengan demikian, dari penalaran monoton tersebut untuk mendapatkan *output* akhir maka dapat menggunakan *average* atau rata-rata terbobot yang dituliskan kedalam persamaan

$$z = \frac{w_1 z_1 + w_2 z_2}{w_1 w_2} \quad [2.6]$$

4. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses yang berlawanan dengan fuzzifikasi, tetapi menggunakan fuzzifikasi untuk mengubah nilai *fuzzy* dari besaran *fuzzy*. Proses ini menetapkan hasil *fuzzy*, dari hasil analisis dalam nilai *fuzzy* dan mengembalikannya ke nilai tegas. Proses ini sangat penting untuk menghasilkan harga *crisp* yang nantinya dibutuhkan oleh sistem. Harga *fuzzy* hanya dibutuhkan pada proses penyelesaian *fuzzy*. Pada proses defuzzifikasi ini tergantung pada *output* himpunan *fuzzy* yang dibangkitkan dari aturan *fuzzy*. Metode *centroid* merupakan salah satu metode yang digunakan pada proses penegasan, solusi nilai tegas diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*. Secara umum dirumuskan:

$$def = \frac{MT}{LT} \quad [2.7]$$

Keterangan:

def = defuzzifikasi

MT = momen total atau jumlah momen

LT = luas total atau jumlah luas

2.4 Internet of Things (IoT)

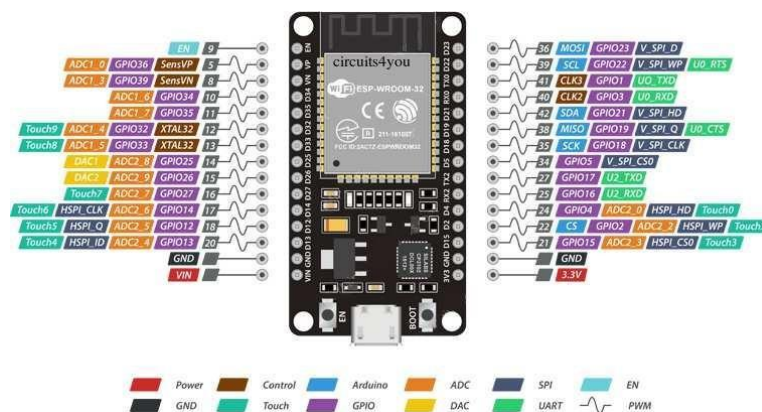
Internet of Things adalah teknologi yang memungkinkan benda-benda di sekitar kita terhubung dengan Internet. Pentingnya *Internet of Things* dapat dilihat dengan semakin banyaknya diterapkan dalam berbagai lini kehidupan saat ini. IoT memberikan kita banyak gagasan untuk turut berperan serta dalam berbagai segi perkembangan, mulai dari hal mikro hingga makro di seluruh dunia. *Internet of Things* atau dengan singkatan IoT merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. *Internet of Things* merupakan teknologi dimana suatu objek memiliki kemampuan untuk melakukan transfer data melalui jaringan tanpa perlu melibatkan komunikasi manusia ke manusia ataupun manusia ke mesin [9].

Internet menjadi sebuah penghubung antara sesama mesin secara otomatis. Selain itu juga adanya *user* yang bertugas sebagai pengatur dan pengawas bekerjanya alat

tersebut secara langsung. Manfaatnya menggunakan teknologi IoT yaitu pekerjaan yang dilakukan oleh manusia menjadi lebih cepat, mudah dan efisien.

2.5 NodeMCU ESP32

NodeMCU ESP32 adalah mikrokontroler yang dikenalkan penerus dari mikrokontroler ESP8266 [10]. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul WiFi dalam chip sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi IoT (*Internet of Things*). Terlihat pada Gambar 2.6 merupakan pin *out* dari ESP32. Pin tersebut dapat dijadikan *input* atau *output* untuk menyalakan LCD, lampu, bahkan untuk menggerakkan motor DC. Terlihat perbedaan yang menjadi keunggulan mikrokontroler ESP32 dibandingkan mikrokontroler yang lain, mulai dari pin *out* yang lebih banyak, pin analog lebih banyak, memori yang lebih besar, terdapat *bluetooth* 4.0 *low energy* serta tersedia WiFi yang memungkinkan untuk mengaplikasikan IoT (*Internet of Things*) dengan mikrokontroler ESP32. Mikrokontroler ESP32 yang dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2. 6 ESP32

Perbedaan ESP32 dengan mikrokontroler lain dipaparkan pada Tabel 2.1

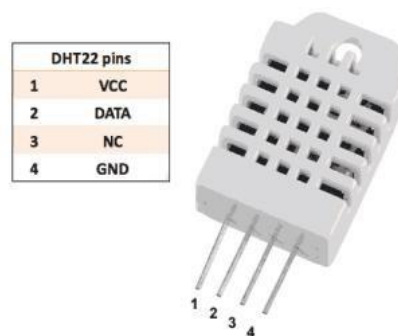
Tabel 2. 1 Perbedaan ESP32 dengan mikrokontroler lain

	Arduino Uno	NodeMCU (ESP8266)	ESP32
Tegangan	5 Volt	3.3 Volt	3.3 Volt
CPU	Atmega328-16MHz	Xtensa <i>single core</i> L106-60MHz	Xtensa <i>dual core</i> LX6-160MHz
Arsitektur	8 bit	32 bit	32 bit
Flash Memory	32KB	16MB	16MB

	Arduino Uno	NodeMCU (ESP8266)	ESP32
SRAM	2KB	160KB	512KB
GPIO pin (ADC/DAC)	14(6/-)	17(1/-)	30(18/2)
<i>Bluetooth</i>	Tidak ada	Tidak ada	Ada
WiFi	Tidak ada	Ada	Ada
SPI/I2C/UART	1/1/1	2/1/2	4/2/2

2.6 Sensor DHT22

Sensor DHT22 merupakan sebuah sensor suhu multi-sensor relatif tunggal yang terdiri dari modul keluaran digital yang sudah dikalibrasi. Sensor DHT22 terdiri dari dua sensor, yaitu sensor kelembapan dengan tipe kapasitif yang mengukur perubahan kapasitas yang mengukur perubahan kapasitas kapasitor dan modul suhu. Sensor kelembapan bekerja dengan mendeteksi adanya molekul air di udara dalam area deteksinya. Sensor DHT22 dipilih karena memiliki rentang pengukuran yang luas, yaitu dari 0 hingga 100% untuk kelembapan dan -40 °C hingga 100°C untuk suhu. Dengan spesifikasi tersebut, diharapkan sensor DHT22 dapat memberikan data yang akurat kepada pengguna. Hasil pembacaan sensor DHT 22 ini memiliki akurasi yang sangat tinggi [11]. Adapun gambar Sensor DHT22 dapat dilihat pada Gambar 2.7



Gambar 2. 7 Sensor DHT22

Sensor DHT22 memiliki rentang pengukuran suhu dan kelembapan yang luas, dimana sensor ini mampu mengirimkan sinyal melewati kabel hingga 20 meter sehingga dapat ditempatkan dimana saja, tetapi apabila panjang kabel di atas 2.3 meter maka harus ditambahkan *buffer capacitor* $0,33\mu F$ antara pin#1 (VCC) dengan pin#4 (GND). Spesifikasi sensor DHT22 dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Tabel Spesifikasi sensor DHT22

Spesifikasi Hardware	
Catu daya (Power supply)	3,3-6VDC (tipikal 5 VDC)
Sinyal <i>output</i>	Digital lewat bus tunggal dengan kecepatan 5 ms/operasi
Elemen pendeteksi	Kapasitor polimer (<i>polymer capacitor</i>)
Jenis Sensor	Kapasitif (<i>capacitive sensing</i>)
Rentang deteksi kelembapan	0-100% RH (akurasi $\pm 2\%$ RH)
Rentang deteksi suhu	-40°C - +100°C (akurasi $\pm 0,5^\circ\text{C}$)
Resolusi sensitivitas	Kelembapan 0,1%RH; suhu 0,1°C
Histeresis kelembapan	$\pm 0,3\%$ RH
Stabilitas jangka panjang	$\pm 0,5\%$ RH / tahun
Periode pemindahan rata-rata	2 detik
Ukuran	25,1 x 15,1 x 7,7 mm

2.7 Pompa air DC 12V

Pompa merupakan suatu alat yang dipakai untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ketempat yang lain melewati media perpipaan. Pompa air DC 12V adalah jenis pompa menggunakan motor DC dan tegangan searah 12 Volt sebagai sumber penggerakannya. Dengan memberikan beda tegangan pada setiap terminalnya, motor DC pada pompa air akan berputar searah, dan jika polaritas dari tegangan tersebut dibalik, maka putaran arah motor akan terbalik juga. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada kedua terminal menentukan putaran motor DC. Pompa ini banyak digunakan pada sistem penyiraman otomatis [12]. Adapun gambar pompa air DC dapat dilihat pada Gambar 2.8



Gambar 2. 8 Pompa DC 12 Volt

Spesifikasi motor DC diatas yaitu:

- Tegangan 12 Volt
- Ampere 4 – 7 A
- *Flow* 10 - 12 LPM (Liter PerMenit)
- *Pressure* 130 PSI (*Pounds per Square Inch*)

2.8 Modul Dimmer DC

Dimmer adalah perangkat elektronik yang dirancang untuk mengatur kecepatan putaran motor DC yang menggunakan metode PWM (*Pulse Width Modulation*). Dimmer DC menggunakan teknik PWM untuk mengatur daya yang diterima oleh beban. Dalam metode ini, sinyal PWM dihasilkan dengan mengubah lebar pulsa dari sinyal yang diberikan. Lebar pulsa yang lebih besar akan menghasilkan daya yang lebih tinggi, sedangkan lebar pulsa yang lebih kecil akan mengurangi daya [13]. Adapun gambar modul dimmer DC dapat dilihat pada Gambar 2.9

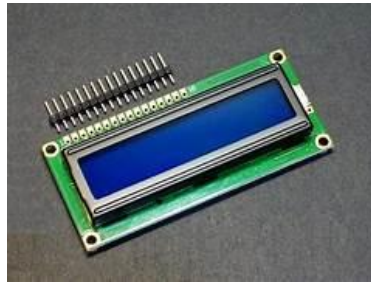


Gambar 2. 9 Modul Dimmer DC

2.9 LCD 16 X 2

LCD 16x2 adalah jenis layar LCD (*Liquid Crystal Display*) yang dapat menampilkan hingga 16 karakter per baris dan memiliki dua baris total. Dengan kata lain, layar ini dapat menampilkan hingga 16 karakter per baris. LCD dilengkapi dengan pin data, kontrol daya, serta pengatur kontras layar. Pin pertama digunakan untuk memberikan tegangan 5 Volt, dan pin kedua digunakan untuk mengatur kontras tampilan yang diinginkan. Pin keempat memasukkan komando atau input data, pin kelima menulis, dan pin keenam mengatur transfer komando atau karakter

data ke LCD, Pin 7–14 menyediakan data 8bit yang dapat ditransfer dalam dua bentuk [14]. Adapun gambar LCD 16 x 2 dapat dilihat pada Gambar 2.10



Gambar 2. 10 LCD 16 X 2

2.10 Arduino IDE (*Integrate Development Enviroment*)

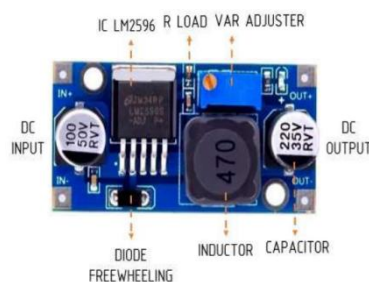
Arduino IDE (*Integrate Development Enviroment*) secara bahasanya merupakan lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk melakukan pengembangan. Disebut sebagai lingkungan karena melalui software inilah Arduino dilakukan pemograman untuk melakukan fungsi-fungsi yang dibenamkan melalui sintaks pemograman. Arduino menggunakan bahasa pemograman sendiri yang menyerupai bahasa C. Bahasa pemograman Arduino (*Sketch*) sudah dilakukan perubahan untuk memudahkan pemula dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya. Arduino menggunakan bahasa pemograman sendiri yang terdiri dari teks editor untuk membuat serta mengedit *code* pemograman, area pesan, *console* teks dan *tool bar* dan juga tombol-tombol dengan fungsi umum. Adapun gambar dari Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 2.11



Gambar 2. 11 *Arduino IDE (Integrated Development Environment)*

2.11 Modul Regulator LM2596

Modul Regulator LM2596 merupakan jenis modul regulator *switching*, khususnya regulator *step-down (buck)* [15]. Modul LM2596 mampu menangani beban hingga 3A dengan efisien yang baik untuk masukan dan keluaran. Modul LM2596 dapat diatur untuk beroperasi pada keluaran tegangan tetap seperti 3,3V, 5V dan 12V. Memiliki kemampuan untuk memberikan keluaran yang dapat diatur dalam rentang 1,2V hingga 37V. Modul LM2596 berfungsi dengan frekuensi *swicthing* sebesar 150 kHz. Adapun gambar dari modul LM2596 dapat dilihat pada Gambar 2.12



Gambar 2. 12 Modul Regulator LM2596

2.12 Modul Relay

Relay merupakan salah satu jenis saklar elektronik yang dapat menghubungkan dan memutuskan arus listrik secara otomatis yang terdiri dari dua bagian utama yaitu elektromagnet (koil) dan mekanik (kontak saklar *switch*) yang dapat dilihat pada Gambar 2.13. *Relay* dikontrol dengan memberikan tegangan dan arus tertentu pada koilnya. Prinsip kerjanya didasarkan pada prinsip elektromagnetik, sehingga *relay* dapat dikendalikan oleh rangkaian elektromagnetik lainnya. Pada sistem ini Relay berfungsi sebagai mengatur *mist maker* dan kipas DC [15]. Adapun modul relay dapat dilihat pada Gambar 2.13



Gambar 2.13 Modul Relay

2.13 *Power Supply*

Power supply merupakan sebuah perangkat rangkaian elektronika untuk mengubah tegangan listrik yang besar menjadi tegangan listrik lebih kecil, atau rangkaian untuk mengubah arus bolak-balik (arus AC) menjadi arus searah (arus DC). *Power supply* adalah komponen inti dari peralatan elektronika. *Power supply* 12V DC dipakai untuk menurunkan tegangan AC 220 Volt menjadi tegangan DC antara 3 sampai 12 Volt [15] sesuai keperluan alat elektronika. Adapun *power supply* dapat dilihat pada Gambar 2.14



Gambar 2.14 *Power Supply*

2.14 *ThingSpeak*

ThingSpeak adalah platform *Internet of Things* (IoT) yang sering digunakan untuk proyek-proyek IoT, penelitian dan aplikasi yang membutuhkan analisis data waktu nyata. Pengguna dapat mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, dan memvisualisasikan data secara *real-time* dari sensor atau perangkat *Internet of Things* dengan platform ini. *ThingSpeak* memiliki kemampuan untuk berintegrasi dengan berbagai perangkat dan sensor, serta memiliki API yang memungkinkan pengaksesan data. Untuk menciptakan *channel* di *Thingspeak*, ikuti langkah-langkah berikut:

1. Daftar atau Masuk ke *Thingspeak*: Kunjungi situs web *Thingspeak* dan daftar untuk membuat akun baru atau masuk jika sudah memiliki akun.
2. Setelah masuk, di bagian atas halaman, klik menu "*Channels*". Kemudian, klik tombol "*New Channel*" untuk membuat *channel* baru.
3. Isi Informasi *Channel*: Beri nama *channel* dan deskripsi singkat tentang apa yang akan dilakukan *channel* tersebut. Kemudian isi *field-field* lainnya, seperti *Field 1*, *Field 2*, dan seterusnya, dengan nama yang sesuai dengan

data yang akan dikirimkan ke *channel*, dan atur *visibilitas channel* menjadi *publik* atau *privat*. Setelah semua informasi dimasukkan, klik "Simpan *Channel*", dan *channel* Anda sekarang sudah dibatasi.

4. Dapatkan API Key: Setiap *channel* memiliki API Keys yang unik yang digunakan untuk mengirim dan mengambil data; klik pada *channel* yang baru dibuat, kemudian pergi ke tab "API Keys" untuk melihat dua API Keys, yaitu Write API Key untuk mengirim data ke *Thingspeak*, dan Read API Key untuk membaca data dari *Thingspeak*.

2.15 Jamur Tiram

Jamur dalam bahasa Indonesia disebut “cendawan” dan dalam istilah botani disebut “fungi” termasuk kedalam golongan tumbuhan sederhana karena tidak berklorofil. Salah satu jenis jamur yang paling banyak dan populer dikonsumsi dan dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia adalah jamur tiram putih. Jamur tiram putih (*pleurotus ostreatus*) merupakan salah satu jenis jamur kayu yang tumbuh dipermukaan batang pohon yang sudah lapuk. Nama jamur tiram diambil dari bentuk tudungnya yang melengkung, lonjong, dan membulat menyerupai kerang atau cangkang tiram dengan bagian tepi yang bergelombang [16]. Jamur tiram putih atau bisa disebut dengan *Pleurotus Ostreatus* [17] merupakan salah satu dari sekian banyaknya jamur yang dapat tumbuh di Indonesia. Jamur tiram dapat tumbuh di kayu dan bisa dikonsumsi masyarakat. Jamur tiram mengandung karbohidrat berupa Selulosa, Hemuselulosa dan Lignin, serta protein, lemak dan vitamin. Jamur tiram dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2. 15 Jamur Tiram

Jamur tiram merupakan salah satu jenis sayuran sehat yang sudah banyak dikenal dan dikonsumsi. Jamur tiram putih merupakan sumber mineral yang baik,

kandungan mineral utama adalah K, Na, P, Ca, dan Fe, jamur tiram juga berkhasiat menurunkan kadar kolesterol, mencegah diabetes, dan berperan sebagai anti kanker. Dapat dilihat pada Tabel 2.3 suhu dan kelembapan yang ideal untuk jamur tiram berkembang.

Tabel 2.3 standar parameter suhu dan kelembapan kumbung jamur tiram [17].

No.	Parameter	Satuan	Nilai Ideal
1.	Suhu	°C	26 – 29
2.	Kelembapan	%	70 – 90

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Alat dan Bahan

No	Nama alat dan bahan	Justifikasi penggunaan
1	Laptop / PC	Merancang sistem yang dibuat serta menyusun algoritma program
2	<i>Software</i> Arduino IDE	Membuat dan mengunggah program ke ESP32
3	<i>Software</i> Matlab 2020a	Merancang dan melakukan simulasi logika <i>fuzzy</i>
4	Platform ThingSpeak	Sebagai <i>platform</i> IoT yang akan menampilkan nilai suhu dan kelembapan serta dapat memonitor kondisi kumbung jamur
5	ESP32	Mikrokontroler yang akan mengendalikan aktuator pada sistem yang berbasis IoT
6	DHT22	Sebagai sensor yang akan membaca suhu dan kelembapan udara
7	Modul Driver Relay	Relay digunakan sebagai nyala-mati yang dikendalikan oleh sinyal yang berasal dari mikrokontroler untuk menyalakan atau mematikan pompa
8	<i>Power Supply</i>	Sebagai sumber catu daya
9	LCD 16x2	Sebagai layar monitor yang akan menampilkan nilai suhu dan kelembapan

No	Nama alat dan bahan	Justifikasi penggunaan
10	SmartpHone Android	Sebagai alat monitor yang akan menampilkan nilai suhu dan kelembapan.
11	Thermometer dan Hydrogram	Digunakan sebagai alat pembanding untuk melakukan kalibrasi pada sensor
12	Potensiometer 16L	Sebagai alat mengatur arus yang masuk pada pompa

3.2 Tahapan Penelitian

Pada tugas akhir ini masalah yang dihadapi yaitu, bagaimana membuat sistem *monitoring* dan *controlling* suhu dan kelembapan pada kumbung jamur berbasis *IoT* (*Internet of Things*), sehingga untuk menyelesaikan masalah tersebut terdapat beberapa tahapan dalam penelitian, yaitu sebagai berikut:

1. Studi literatur

Pada tahap studi literatur ini yaitu sebagai bahan referensi yang berasal dari berbagai sumber-sumber seperti jurnal, buku, tugas akhir, artikel dan juga *e- book*. Dengan dilakukannya pengkajian terhadap penelitian yang ada yang berkaitan dengan penelitian yang akan dikerjakan.

2. Perancangan sistem

Pada tahap ini, penelitian menentukan komponen-komponen yang akan digunakan untuk kebutuhan dalam pembuatan sistem *monitoring* dan *controlling* suhu dan kelembapan pada kumbung jamur berbasis *IoT* (*Internet of Things*) menggunakan NodeMCU ESP32 dan sensor DHT22 sebagai sistem *monitoring* dan *controlling* suhu dan kelembapan.

3. Pengambilan dan pengolahan data

Pada tahapan ini, melakukan perancangan dan pembuatan alat pemantauan dan pengendali suhu dan kelembapan dengan menggunakan NodeMCU ESP32, dengan *input* sensor DHT22 dengan *output relay*.

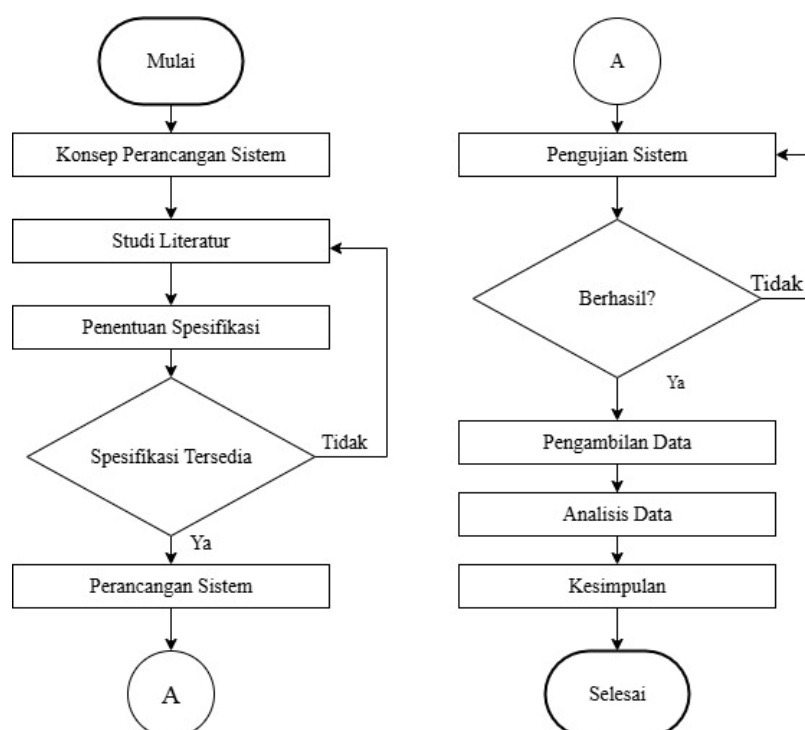
4. Pembuatan laporan

Pada tahap ini, penelitian menyajikan hasil dari penelitian dengan membuat laporan mengenai rencana penelitian dalam bentuk laporan awal dan juga hasil

penelitian dalam bentuk laporan akhir. Hasil dari penelitian ini yaitu Rancang Bangun Alat Pemantau dan Kendali Suhu serta Kelembapan pada Kumbung Jamur Berbasis *Internet Of Things*.

3.3 Diagram Alir Penelitian

Pada Gambar 3.1 merupakan diagram alir penelitian yang bertujuan untuk memahami dan memudahkan tahapan-tahapan dalam pembuatan yang dilakukan dalam penelitian ini, sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan pada Gambar 3.1 merupakan diagram alir penelitian dapat dijelaskan bahwa pada penelitian ini yang dimulai dengan mencari konsep atau ide dari sistem yang akan dirancang. Kemudian, masuk ke proses studi literatur yang dimana pada proses ini studi literatur sebagai bahan acuan yang berasal dari berbagai sumber seperti jurnal, buku, tugas akhir, internet dan sebagainya. Untuk penelitian yang telah pernah dilakukan sebelumnya, sehingga untuk mempelajari teori-teori yang berhubungan pada alat ini. Setelah itu, dilanjutkan dengan tahap menentukan spesifikasi sistem. Apabila spesifikasi sistem tersebut tidak tersedia,

maka menuju ke proses studi literatur kembali. Selanjutnya, tahap perancangan alat dan sistem. Kemudian, setelah tahap proses perancangan alat dan sistem, maka dilakukan pengujian pada sistem, apabila telah berhasil maka selanjutnya dilakukan pengambilan data. Namun, apabila belum berhasil pengujian yang tidak sesuai dengan parameter yang diperlukan maka perlu dilakukan pengujian ulang pada sistem tersebut. Setelah melakukan pengambilan data, dilanjutkan dengan melakukan analisis dari data yang telah diambil atau diamati. Selanjutnya, ketahap melakukan pembuatan laporan yang telah dibuat dengan benar ataupun sesuai.

3.4 Prosedur penelitian

3.4.1 Persiapan Kumbung jamur

Kumbung jamur yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan bahan geribik, kayu kaso. Pada penelitian ini ukuran kumbung jamur yaitu tinggi 2 m dengan panjang 1,6 m dan lebar 2 m. dimana geribik digunakan sebagai dinding dan kayu kaso digunakan sebagai rangka.

3.4.2 Persiapan Aktuator

Aktuator yang digunakan dalam penelitian ini adalah pompa, dimana pompa digunakan untuk menjaga suhu dan kelembapan pada kumbung jamur agar efisien. Dimana pompa akan menyemprotkan air, ketika sensor mendeteksi kelembapan turun dibawah ambang batas dan akan berhenti saat kelembapan sudah mencapai nilai yang diinginkan. Pompa dipasang di wadah air, dan dihubungkan dengan selang serta nozel penyemprot. Nozel dipasang di beberapa titik dalam kumbung jamur untuk distribusi air agar merata. Sistem pompa ini layak akan dipasang didalam kumbung jamur ini karena dapat menjaga suhu dan kelembapan didalam kumbung jamur.

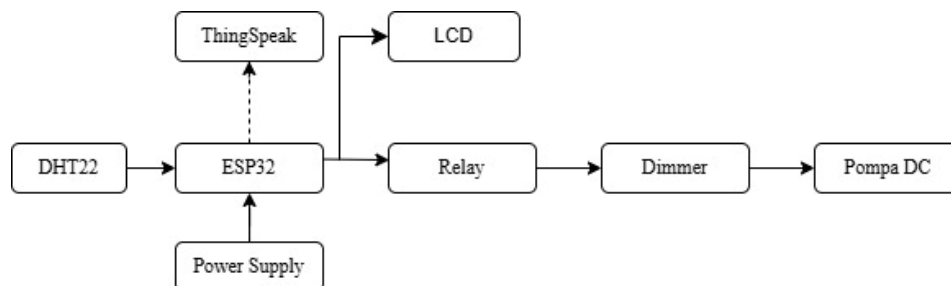
3.4.3 Persiapan Baglog Jamur

Pada penelitian ini jamur yang akan digunakan adalah jamur tiram. Baglog adalah campuran serbuk kayu dan nutrisi yang berfungsi sebagai tempat tumbuhnya jamur. Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat baglog yaitu serbuk kayu sebagai media utama 80-85%, dedak halus 10-15% sebagai nutrisi tambahan, kapur untuk

mengatur pH 1-3%. Serbuk kayu yang biasanya digunakan yaitu serbuk kayu karet, sengon, mahoni karena lebih tahan lama untuk hidup jamur tiram. Setelah bahan tersedia, lakukan pencampuran dan pengolahan. Campurkan serbuk kayu, dedak, kapur dalam wadah. Tambahkan air secukupnya memiliki kelembapan kurang lebih 60% (bila digenggam atau dipegang adonan tidak pecah dan tidak mengeluarkan air). Selanjutnya aduk sampai merata. Serbuk yang sudah diaduk lalu masukan kedalam plastik 1-1,5 kg untuk setiap baglog lalu padatkan dan pres manual. Setelah baglog siap sterilisasi untuk membunuh mikroorganisme yang mengganggu pertumbuhan jamur. Lalu setelah sterilisasi baglog, baglog dimasukkan ke dalam biakan atau bibit jamur secukupnya. Dengan persiapan baglog yang tepat, penelitian dapat berjalan optimal dan menghasilkan jamur yang berkualitas.

3.5 Diagram Blok Sistem Perancangan

Pada tahapan perancangan sistem yang dibuat yaitu menggunakan NodeMCu ESP32 sebagai mikrokontroler yang terlihat pada Gambar 3.2 sebagai berikut:



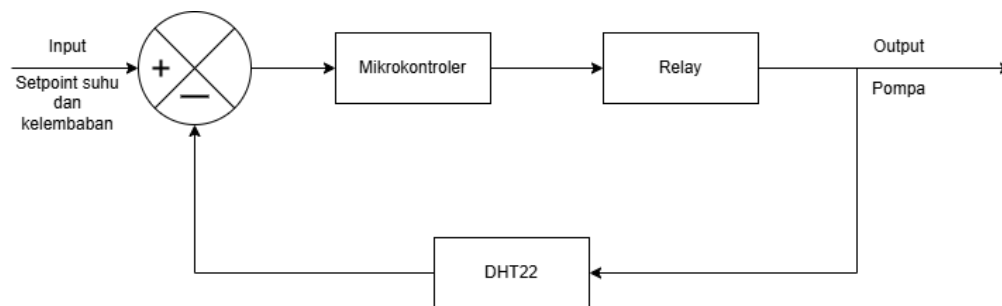
Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem Perancangan

Gambar 3.2 merupakan diagram blok sistem keseluruhan yang akan dirancang untuk alat sistem *monitoring* dan *controlling* suhu dan kelembapan pada kumbung jamur berbasis *IoT (Internet of Things)*, yang dimulai dengan pembacaan sensor DHT22 untuk mendeteksi indikator suhu dan kelembapan pada kumbung jamur. Selanjutnya hasil pembacaan data dari sensor DHT22 akan diproses oleh mikrokontroler yaitu NodeMCU ESP32, di dalam mikrokontroler mengendalikan suhu dan kelembapan pada kandang yang telah diatur. Kemudian, mikrokontroler akan memberikan perintah kepada *relay* untuk mengaktifkan pompa untuk menyemprotkan air pada saat suhu di atas 29°C, kemudian memberikan mematikan pompa jika suhu sudah di bawah 26°C. Serta terdapat LCD sebagai

indikator untuk menampilkan kondisi suhu dan kelembapan dalam kumbung jamur.

3.6 Diagram Blok Pengendali Suhu dan Kelembapan

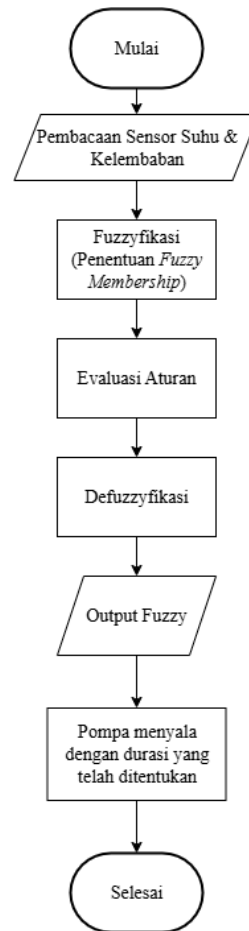
Gambar 3.3 merupakan gambar diagram blok sistem kendali suhu dan kelembapan, *Input* pada diagram blok merupakan nilai suhu dan kelembapan yang diinginkan dikirim ke mikrokontroler ESP32, yang akan memprosesnya menggunakan logika *fuzzy*. Selanjutnya, dua aktuator, relay untuk menghidupkan pompa, diaktifkan untuk mencapai nilai suhu dan kelembapan yang diinginkan.



Gambar 3.3 Diagram blok pengendali suhu lop tertutup

3.7 Diagram Alir Sistem Logika *fuzzy*

Pada penelitian ini, sistem kontrol yang digunakan yaitu kontrol logika *fuzzy*. Sistem ini dipilih karena memiliki konsep yang mudah dimengerti, fleksibel, serta memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat. Pada penelitian ini menggunakan *input* sensor DHT22 yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembapan pada kumbung jamur. Hasil dari pembacaan sensor akan berpengaruh terhadap berapa durasi lama hidupnya pompa.



Gambar 3.4 Diagram Alir Logika *fuzzy*

3.7.1 Pembacaan Sensor Suhu dan Kelembapan

Pada tahap pembacaan, alat berbasis *Internet of Things* yang digunakan memantau dan mengontrol suhu dan kelembapan kumbung jamur memiliki sensor suhu yang mengukur suhu dalam derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$) dan sensor kelembapan dalam bentuk (%). Suhu yang ideal dalam budidaya jamur tiram yaitu $26\text{-}29^{\circ}\text{C}$, dan rentang kelembapan yang diinginkan 70-90%. Sensor akan memabaca data ke mikrokontroler untuk diproses lebih lanjut. Metode logika *fuzzy* akan digunakan untuk menentukan langkah apa yang harus diambil untuk menjaga suhu dan kelembapan pada kumbung jamur yang ideal.

Setelah data dibaca dari sensor, tahap selanjutnya adalah menampilkan informasi suhu dan kelembapan pada LCD untuk memantau kondisi kumbung jamur. Selain itu, data sensor juga dikirim ke platform IoT *ThingSpeak* melalui koneksi WiFi. *ThingSpeak* berfungsi sebagai *platform* untuk menyimpan data visualisasi.

Sehingga dapat memonitor kondisi kumbung jamur dari jarak jauh melalui dashboard *ThingSpeak*, yang memberikan akses ke data historis dan memungkinkan analisis lebih lanjut terhadap suhu dan kelembapan pada kumbung jamur untuk optimalisasi lingkungan hidup jamur.

3.7.2 Fuzzifikasi

Pada tahap Fuzzifikasi, sensor suhu dan kelembapan akan dibagi menjadi tiga keanggotaan *fuzzy*. Untuk sensor suhu keanggotaan *fuzzy* adalah yaitu “Dingin”, “Normal”, “Panas”. Untuk sensor kelembapan keanggotaan *fuzzy* adalah “Kering”, “Normal”, “Basah”. Rentang nilai yang diterima oleh sensor akan dikategorikan dalam salah satu keanggotaan tersebut, mempresentasikan kondisi kumbung jamur secara lebih abstrak. Selanjutnya pada *output*, terdapat akuator yaitu pompa DC, yang akan diatur berdasarkan nilai keanggotaan *fuzzy* yang dihasilkan. Pompa DC memiliki tiga keanggotaan, yaitu “Mati”, “Sebentar”, “Lama”. Yang mana fungsi keanggotaan tersebut untuk mengendalikan durasi lamanya penyemprotan. Ini memungkinkan sistem merespon perubahan kondisi kumbung jamur dengan lebih adaptif dan responsif yang dapat meningkatkan pertumbuhan jamur secara keseluruhan.

3.7.3 Pembentukan Aturan Fuzzy

Pada tahap aturan *fuzzy*, setiap kombinasi nilai keanggotaan *fuzzy* dari sensor suhu dan kelembapan akan dihubungkan dengan tindakan yang tepat dalam mengendalikan pompa. Aturan-aturan ini diwakili dalam bentuk pernyataan logika yang menghubungkan masukan suhu dan kelembapan dengan keluaran pompa. Contohnya jika (suhu is panas) dan (kelembapan is kering) maka (pompa lama). Evaluasi aturan *fuzzy* dilakukan dengan mempertimbangkan bagaimana setiap aturan meghubungkan masukan dengan keluaran, serta respon yang dihasilkan terhadap perubahan kondisi lingkungan. Tujuannya adalah memastikan bahwa aturan-aturan tersebut mencerminkan secara akurat pemahaman terhadap sistem dan lingkungan yang diukur, serta dapat menghasilkan keluaran yang sesuai dengan harapan dalam berbagai situasi. Evaluasi aturan *fuzzy* dilakukan untuk memastikan responsivitas sistem terhadap perubahan kondisi lingkungan.

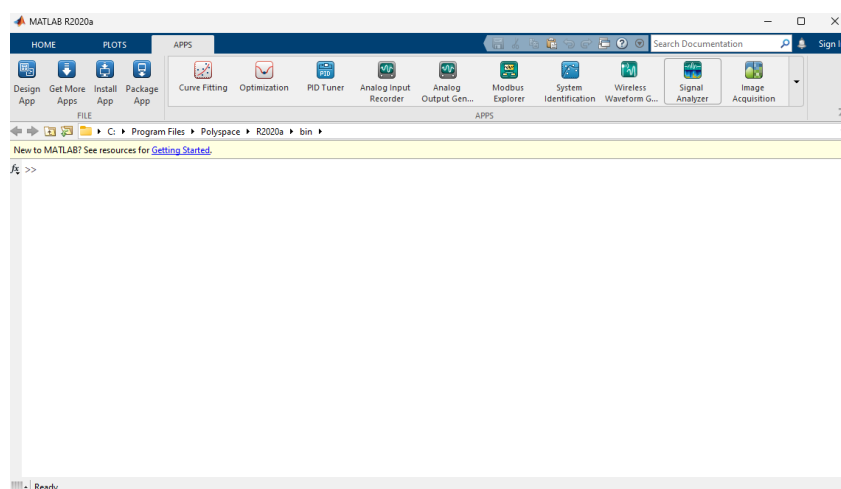
3.7.4 Defuzzifikasi

Selanjutnya defuzzifikasi adalah proses mengubah *output fuzzy* menjadi nilai konkret yang digunakan untuk mengendalikan perangkat keras seperti pompa dalam penelitian ini. Defuzzifikasi memungkinkan sistem untuk menghasilkan instruksi yang jelas dan responsif berdasarkan kondisi aktual kumbung jamur, sehingga memastikan pengelolaan suhu dan kelembapan yang optimal untuk pertumbuhan jamur.

Output fuzzy merupakan keluaran dari sistem logika *fuzzy* yang digunakan untuk mengatur durasi pompa pada kumbung jamur. Untuk pompa, *output fuzzy* dapat mencakup himpunan seperti “Sebentar”, “Sedang”, “Lama”, yang masing-masing menentukan durasi oprasi yang berbeda. Tingkat aktivasi dari setiap himpunan *fuzzy* ini akan ditentukan oleh nilai-nilai keanggotaan *fuzzy* yang diperoleh dari proses fuzzyfikasi dan aturan *fuzzy*, yang bergantung pada kondisi suhu dan kelembapan yang terukur. Dengan demikian, output *fuzzy* memberikan panduan tentang seberapa lama pompa harus beroperasi untuk menjaga kondisi lingkungan kumbung jamur pada tingkat yang optimal.

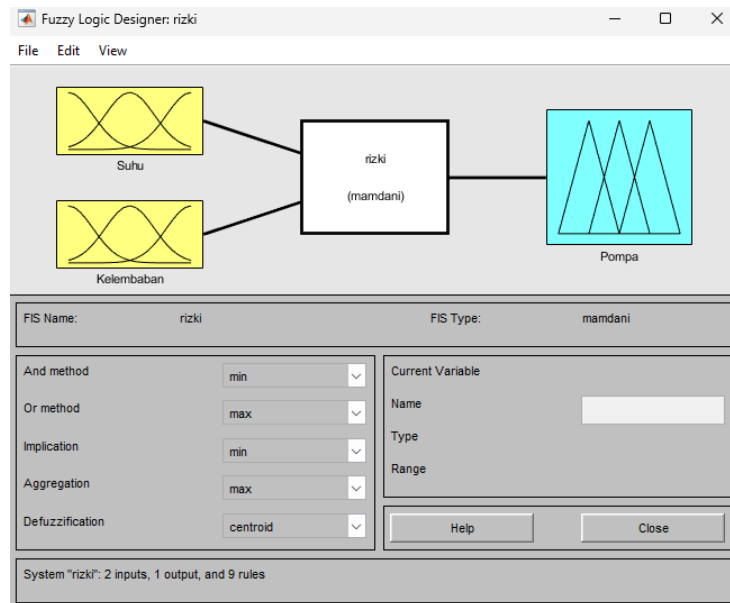
3.8 Perancangan *Fuzzy* pada Matlab

Penelitian ini menggunakan metode logika *fuzzy* untuk membuat keputusan tentang nilai yang dihasilkan sensor. MATLAB 2020, perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan perancangan logika *fuzzy*, digunakan. Berikut adalah tampilan awal MATLAB 2020.



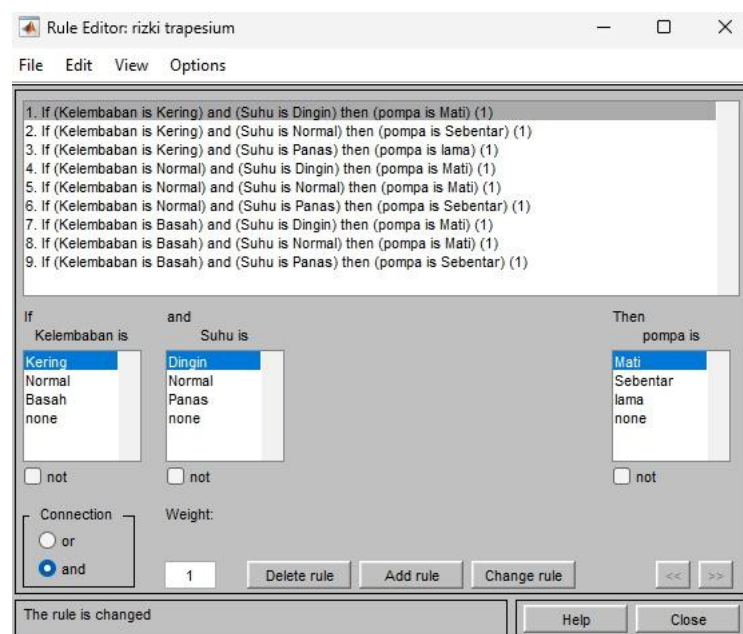
Gambar 3.5 Tampilan awal MATLAB 2020

Untuk mendesain kontrol *fuzzy* dapat dilakukan pada menu *APPS*, kemudian memilih opsi *CONTROL SYSTEM DESIGN AND ANALYSIS*, dan pilih opsi Logika *fuzzy Designer*.



Gambar 3. 6 Tampilan Fuzzy Pada Matlab

Berdasarkan Gambar 3.6 pada kolom yang berwarna kuning merupakan input yang terdiri dari 2 variabel, lalu kolom putih merupakan proses yang terdiri dari aturan *fuzzy* dan kolom biru merupakan *output* pada *fuzzy*.



Gambar 3.7 Tampilan *Rule Fuzzy* pada Matlab

Berdasarkan Gambar 3.7 merupakan tampilan untuk membuat sebuah *rule* pada matlab dengan bentuk "IF-THEN" dan digunakan untuk menghubungkan kondisi *Input* dengan tindakan atau keluaran yang diinginkan.

3.9 Perancangan Sistem *Internet Of Things*

Dalam penelitian ini, *ThingSpeak* dimanfaatkan sebagai *platform Internet of Things* (IoT) untuk mengelola dan memantau data yang dikumpulkan oleh sensor suhu dan kelembapan secara efisien. *ThingSpeak* memungkinkan data yang diperoleh ditampilkan secara *real-time*, memberikan gambaran langsung mengenai kondisi yang terpantau. Selain itu, *platform* ini juga menyimpan data historis di *cloud*, yang memungkinkan data tersebut untuk diakses, diproses, dan dianalisis kapan saja. Data yang tersimpan ini kemudian dapat disajikan dalam bentuk grafik yang memudahkan visualisasi dan pemahaman terhadap perubahan dan tren yang terjadi dari waktu ke waktu. Dengan begitu, pengguna dapat melakukan analisis lebih lanjut untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat berdasarkan data yang tersedia.

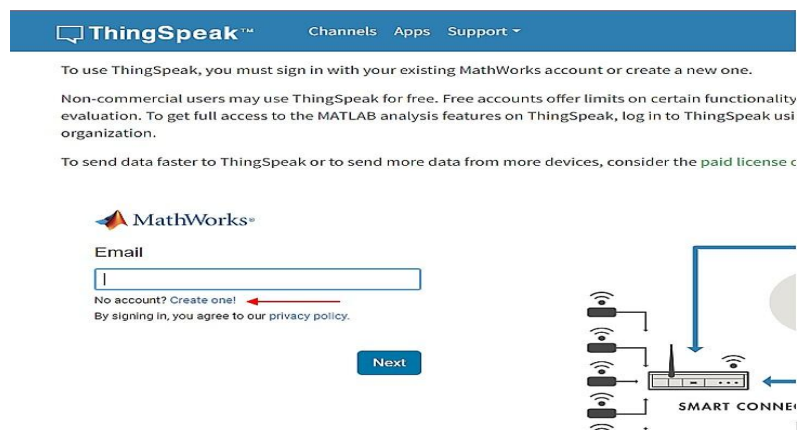
Berdasarkan Gambar 3.8 tahapan pengiriman data ke *platform Thingspeak* diawali dengan menginisiasi sensor suhu dan kelembapan serta Mikrokontroler ESP32, langkah selanjutnya yaitu mengecek apakah sensor dapat bekerja dan ESP32 sudah terkoneksi dengan WiFi, jika sensor tidak dapat bekerja dan WiFi tidak terkoneksi maka kita akan melakukan inisiasi sensor dan ESP32 kembali tetapi jika sensor sudah dapat bekerja dan ESP32 sudah terkoneksi dengan WiFi tahap selanjutnya yaitu sensor akan membaca nilai kelembapan dan suhu pada kumbung jamur yang kemudian hasil pembacaan tersebut akan dikirimkan dan diproses pada ESP32 dengan menggunakan logika *fuzzy*. Hasil keluaran dari logika *fuzzy* berupa waktu operasional dari pompa filter dan pompa aerator menyala. Setelah didapatkan nilai suhu dan kelembapan serta nilai *output* dari logika *fuzzy* data tersebut akan ditampilkan pada *platform Thingspeak* yang dapat datanya dapat dilihat dan diakses menggunakan smartphone maupun laptop.



Gambar 3.8 Diagram Alir Data ke *Thingspeak*

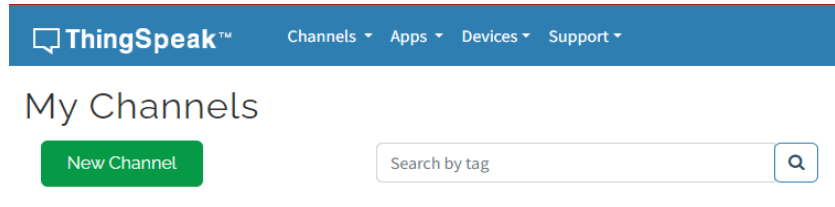
3.10 Pembuatan *Channel Thingspeak*

Seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3.9, *Thingspeak* adalah *platform* IoT yang memungkinkan untuk menyimpan dan menampilkan data dari sensor atau perangkat IoT secara *real time*. Cara pertama untuk membuat *channel* pada *Thingspeak* adalah dengan mengklik "buat akun".



Gambar 3.9 Tampilan *Login Thingspeak*

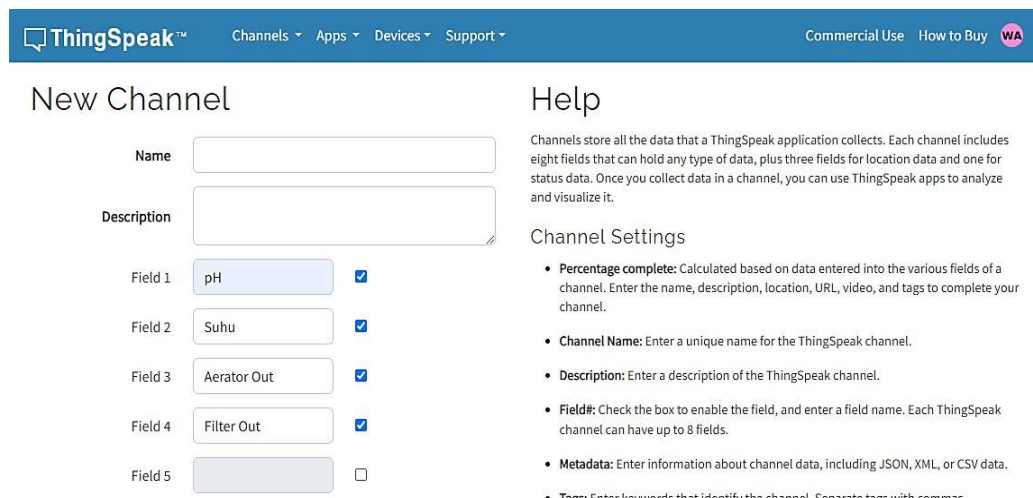
Setelah membuat akun *Thingspeak* dan masuk ke *Thingspeak*, langkah selanjutnya adalah membuat *channel*. Ini dapat dilakukan dengan mengklik *Channels > New Channel*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.10 di bawah ini.



Gambar 3. 10 Membuat *Channel* Baru

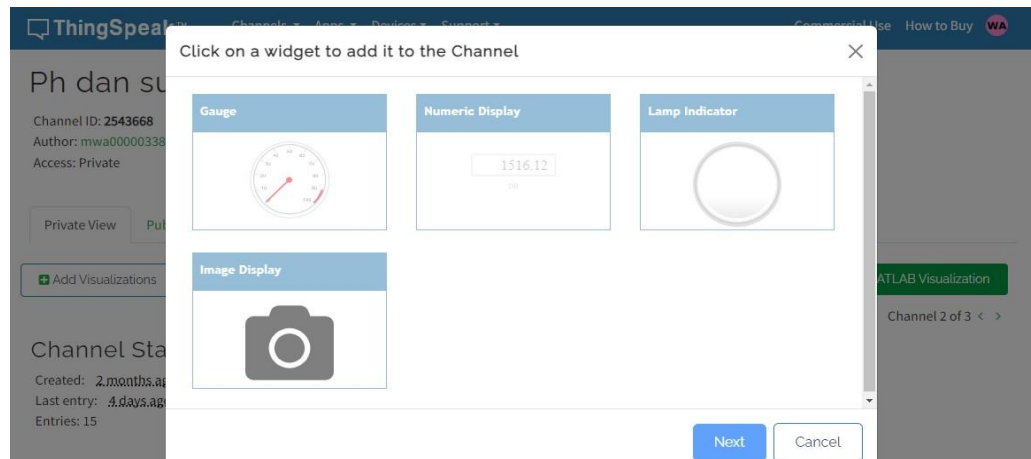
Setelah memilih *New Channel*, akan melihat menu pengaturan *field*. Di sana, data pembacaan sensor dan hasil *output fuzzy* akan dimasukkan.

Pengaturan *field* harus disesuaikan dengan kebutuhan yang ingin kita tampilkan pada halaman *Platform Thingspeak* yang telah kita buat. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.11 pengaturan *field* pada *thingspeak*



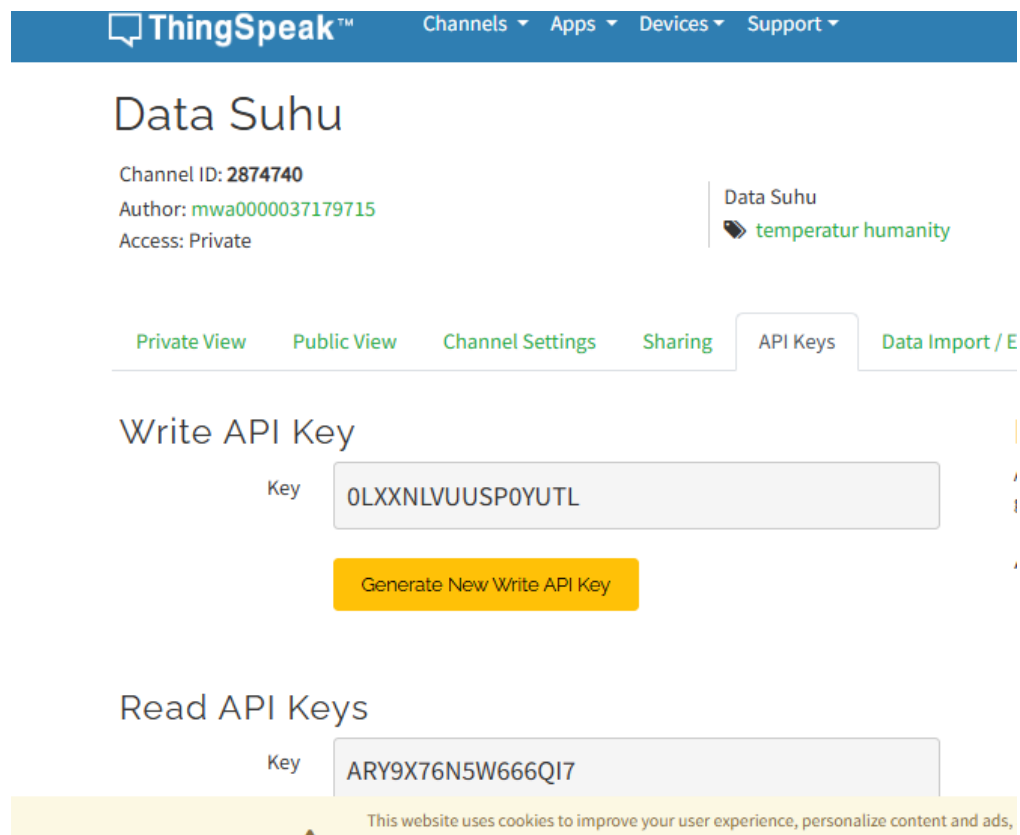
Gambar 3. 11 Pengaturan Field Pada Thingspeak

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.12, langkah selanjutnya adalah menambah dan memilih *widget* yang menampilkan data yang dibaca oleh sensor pada *platform Thingspeak*.



Gambar 3.12 Tampilan *Widget* pada *ThingSpeak*

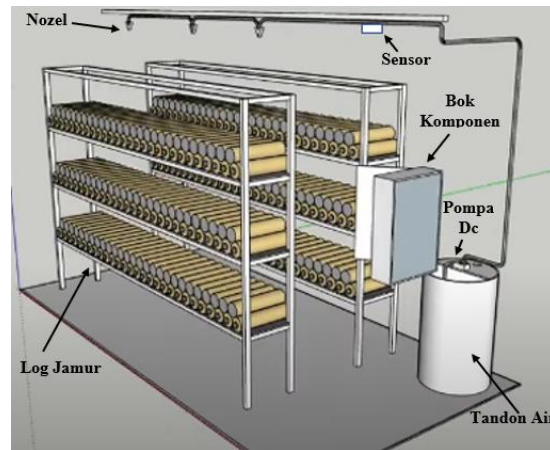
Setelah menambah *widget* yang diperlukan, langkah selanjutnya adalah mengakses *channel* yang telah dibuat dan memilih menu *API Keys*. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.13 di bawah ini, terdapat *API Keys* yang akan digunakan untuk mengintegrasikan *Thingspeak* dengan *mikrokontroler*



Gambar 3.13 Tampilan Menu *API Key*

3.11 Sketsa Perancangan Alat

Adapun desain Arsitektur pada perancangan alat ini dapat dilihat pada gambar 3.14 berikut ini:



Gambar 3.14 Arsitektur Perancangan

Melalui Gambar 3.14 dapat dengan jelas melihat struktur dan fungsi dari setiap bagian dalam sistem ini. Sensor suhu dan kelembapan merupakan elemen pertama yang memonitor kondisi suhu dan kelembapan pada kumbung jamur. Sensor ini menyediakan data input yang diperlukan untuk pengambilan keputusan lebih lanjut. ESP32, yang berperan sebagai mikrokontroler pusat, menerima informasi dari sensor tersebut dan memprosesnya menggunakan metode logika *fuzzy*. Hasil dari proses ini kemudian digunakan untuk mengendalikan pompa melalui *relay*. ESP32 mengirim perintah untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa sesuai dengan kebutuhan pada kumbung jamur. Dengan demikian, *desain prototype* kumbung jamur ini diharapkan dapat membantu kualitas suhu dan kelembapan pada kumbung jamur.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian ini yaitu:

1. Telah terealisasi rancang bangun *prototype* alat pemantau dan pengendali suhu dan kelembapan kumbung jamur berbasis IoT yang dapat bekerja dengan baik, ditunjukkan dengan data hasil pembacaan sensor dapat ditampilkan dengan baik pada *platform Thingspeak*, serta hasil *Output* logika *Fuzzy* sistem terhadap *rule* memiliki akurasi sebesar 97,2%.
2. Berdasarkan hasil pengujian pada sensor suhu DHT22 didapatkan selisih suhu rata-rata sebesar 0.38°C, dan pada hasil pengujian sensor kelembapan didapatkan nilai selisih kelembapan rata-rata sebesar 1.3%. Berdasarkan data tersebut sensor suhu dan kelembapan dapat digunakan untuk pengukuran suhu dan kelembapan pada kumbung jamur.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diajukan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Dapat melakukan pengembangan alat dengan menambahkan komponen tambahan seperti *Exhaust fan* dan lampu pijar. Penambahan ini bertujuan untuk meningkatkan efektifitas dalam mengontrol suhu dan kelembapan di dalam kumbung jamur, sehingga kondisi lingkungan dapat dijaga agar tetap optimal untuk pertumbuhan jamur.
2. Dapat melakukan pengembangan alat pada bagian power dengan menambahkan baterai, Aki atau panel surya sebagai catu daya, sehingga apabila terjadi pemadaman listrik alat pemantau dan pengendali suhu dan kelembapan ini dapat tetap bekerja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Dimas, P. Himawan, A. S. Ilmananda, S. Informasi, U. M. Malang, And J. T. Dieng, “Penerapan Internet Of Things Sebagai Sistem Monitoring Kehadiran Dosen,” *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, Vol. 8, No. 6, Pp. 12904–12912, 2024.
- [2] B. Adiwino and D. Novianto, “Implementation Fuzzy Mamdani Algorithm To Predict Web Based Inventory,” *Int. J. Artif. Intelligence Res.*, vol. 7, no. 1, p. 1, 2023, [Online]. Available: <http://ijair.id>
- [3] D. R. Kristiyanti, A. Wijayanto, And A. Aziz, “Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembapan Pada Budidaya Jamur Tiram Berbasis Internet Of Things Menggunakan Mqtt Dan Telegram Bot,” *Adopsi Teknol. Dan Sist. Inf.*, Vol. 1, No. 1, Pp. 61–73, 2022, Doi: 10.30872/Atasi.V1i1.60.
- [4] C. S. De Almeida *Et Al.*, “Rancang Bangun Sistem Kendali Suhu Dan Kelembapan Pada Budidaya Jamur Tiram Dengan Internet Of Things (Iot),” *Rev. Bras. Linguística Apl.*, Vol. 5, No. 1, Pp. 1689–1699, 2022, [Online].
- [5] D. Hidayat And I. Sari, “Monitoring Suhu Dan Kelembapan Berbasis Internet Of Things (Iot),” *J. Penelitian Teknik Informatika.*, Vol. 4, No. April, Pp. 525–530, 2021.
- [6] F. A. Sihombing, “Kajian Fuzzy Metode Mamdani Dan Fuzzy Metode Sugeno Serta Implementasinya,” *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, Vol. 4, No. 4, Pp. 4940–4955, 2024.
- [7] B. R. Sitinjak, B. A. Panjaitan, A. Ram, And S. R. Andani, “Penerapan Metode Fuzzy Sugeno Dalam Penentuan Jumlah Produksi Minyak Goreng (Studi Kasus : Minyak Goreng Fortune),” *J. Penelitian Ilmu Komputer.*, Vol. 2, No. 2, 2024.
- [8] A. Setiawan, E. R. Arumi, And P. Sukmasetya, “Fuzzy Membership Functions Analysis For Usability Evaluation Of Online Credit Hour Form,” *J. Eng. Sci. Technol.*, Vol. 15, No. 5, Pp. 3189–3203, 2022.

- [9] F. Susanto, N. K. Prasiani, And P. Darmawan, “Implementasi Internet Of Things Dalam Kehidupan Sehari-Hari,” *J. Imagine*, Vol. 2, No. 1, Pp. 35–40, 2022, Doi: 10.35886/Imagine.V2i1.329.
- [10] M. Izzi, A. Faritsi, P. Teknik, E. Fakultas, And U. M. Gresik, “Rancang Bangun Kandang Pintar Untuk Ayam Menggunakan Esp32 Berbasis Iot,” *J. Teknika.*, Vol. 18, No. X, Pp. 649–660, 2023.
- [11] T. Y. Nainggolan, O. Serli, “Penggunaan Sensor Dht22 Pada Rancang Bangun Sistem Monitoring Talenta Conference Series Penggunaan Sensor Dht22 Pada Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Kontrol Otomatis Temperatur Kandang Ayam,” *J. Talenta Conference Series : Energi and Engineering.*, Vol. 7, No. 1, 2024, Doi: 10.32734/Ee.V7i1.2172.
- [12] F. E. Maulaya, “Perancangan Smart Farming Dengan Pembangkit Hybrid (Panel Surya & Picohidro) Berbasis Iot Di Area Pertanian,” *J. Magnetika.*, Vol. 08, Pp. 92–106, 2024.
- [13] E. B. Prasetya And K. Rozikin, “Iot Hidroponik Indoor Menggunakan Growing Light Dan Sirkulasi Udara Dalam Air,” *Tekinfo J. Bid. Tek. Ind. Dan Tek. Inform.*, Vol. 22, No. 1, Pp. 20–28, 2021, Doi: 10.37817/Tekinfo.V22i1.1177.
- [14] A. Ramadhani Pri Haryoga, P. Purwantoro, And E. H. Nurkifli, “Perancangan Sistem Absensi Pengurus Menggunakan Rfid Berbasis Internet Of Things (Iot) Pada Sekretariat Bem Fasilkom Unsika,” *Jati (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, Vol. 8, No. 3, Pp. 3845–3851, 2024, Doi: 10.36040/Jati.V8i3.9812.
- [15] A. Setiawan, I. Nawawi, And H. Teguh Setiawan, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Dan Kontrol Smart Infusion,” *J. Ilm. Multidisiplin*, Vol. 3, No. 3, Pp. 172–181, 2024.
- [16] M. A. Hudhoifah And D. I. Mulyana, “Implementation Of Temperature And Humidity Monitoring In Mushroom House For Oyster Mushroom Cultivation Using Nodemcu – Esp8266 In Wirasana Village Purbalingga Implementasi Monitoring Suhu Dan Kelembapan Kumbung Jamur Pada Budidaya Jamur Tiram Dengan Node,” *J. MALCOM.*, Vol. 4, No. April, Pp. 472–480, 2024.
- [17] H. Fitriawan, K. A. D. Cahyo, S. Purwiyanti, And S. Alam, “Pengendalian Suhu Dan Kelembapan Pada Budidaya Jamur Tiram Berbasis Iot,” *J. Tek. Pertan. Lampung (Journal Agric. Eng.*, Vol. 9, No. 1, P. 28, 2021, Doi: 10.23960/Jtep-L.V9i1.28-37.