

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bertambahnya jumlah penduduk menyebabkan ketersediaan lahan semakin terbatas, kondisi ini berdampak pada ketersediaan lahan untuk pertanian yang dimanfaatkan untuk bercocok tanam semakin berkurang, karena banyak lahan yang tergusur menjadi kawasan pemukiman, sementara masyarakat tetap memerlukan tanaman organik sebagai bahan konsumsi [1]. Untuk mengatasinya, berbagai sistem pertanian *modern* seperti budidaya tanaman di lahan sempit mulai dikembangkan namun tetap memperhatikan kualitas hasil produksi [1]. Konsep ini sejalan dengan praktik *urban farming*, yaitu metode bercocok tanam yang memanfaatkan lahan kecil di kawasan perkotaan [1]. *Microgreen* menjadi salah satu bentuk *urban farming* yang populer dengan kandungan nutrisi yang tinggi, seperti vitamin dan antioksidan [1].

Microgreen merupakan tanaman sayuran yang dipanen dalam waktu singkat, yaitu sekitar 7–14 hari setelah ditanam, dan memiliki potensi gizi yang tinggi dari tanaman yang dipanen ketika dewasa [2]. Pada awal pertumbuhannya, *microgreen* mengeluarkan dua daun pertama yang disebut daun kotiledon, kemudian muncul daun sejati [3]. Saat daun sejati mulai tumbuh, tanaman ini siap untuk dipanen dan hasil panen tersebut disebut *microgreen* [3]. Proses panennya dilakukan tepat di atas media tanam, sehingga bagian akar menjadi satu-satunya bagian dari *microgreen* yang tidak dapat dimakan [4]. Salah satu jenis *microgreen* yang banyak diminati saat ini adalah *microgreen peashoot*, jenis *microgreen* ini dikenal memiliki kandungan senyawa fitokimia yang melimpah, seperti vitamin C, klorofil, karotenoid, dan fenol, yang bermanfaat bagi kesehatan [2]. *Microgreen Peashoot* termasuk dalam jenis tanaman polong-polongan dengan biji berbentuk bulat seukuran biji kapri [2]. Warna bijinya bervariasi, ada yang coklat maupun putih tergantung pada jenisnya. Namun pada *microgreen* ini, bagian yang dipanen dan dikonsumsi bukan biji polongnya, melainkan seluruh bagian tanaman tanpa akar [2]. Selain itu, indikator kesiapan panen dari pertumbuhan *microgreen peashoot* dapat dilihat dari ketinggian tanaman apabila telah mencapai 5-10 cm [1].

Dalam proses budidaya *microgreen*, terdapat beberapa faktor penting yang harus diperhatikan, antara lain intensitas cahaya, sirkulasi air, serta tingkat kelembapan media tanam, yang saling mempengaruhi untuk mendukung fotosintesis dan pertumbuhan [5]. *Microgreen* tumbuh optimal pada suhu antara 24–29°C, apabila suhu berada di luar kisaran tersebut, pertumbuhannya dapat terhenti dan berpotensi mengalami kerusakan [1]. Kelembapan ideal media tanam berada di sekitar 50% *Relative Humidity* (RH). Jika kelembapan terlalu tinggi (70–80%) atau terlalu rendah (20–30%), tanaman *microgreen* tidak akan tumbuh dengan baik [1]. Selain itu, *microgreen* memerlukan cahaya sebagai sumber utama untuk proses fotosintesis, pertumbuhan, dan perkembangannya [6]. Ketidakstabilan suhu dan kelembapan yang sering berubah-ubah akibat kondisi lingkungan dapat mempengaruhi proses pertumbuhan *microgreen*. Oleh karena itu, pengaturan suhu, kelembapan, serta sistem pengairan yang mencakup penyiraman tepat waktu dengan jumlah air yang sesuai sangat penting untuk menjaga kondisi lingkungan budidaya *microgreen* sesuai kebutuhan [1].

Seiring dengan perkembangan teknologi, penggunaan sistem otomatisasi semakin banyak diminati dalam bidang pertanian untuk membantu pengendalian kondisi lingkungan [7]. Melalui perkembangan teknologi ini, berbagai perangkat seperti sensor, mikrokontroler, dan aktuator dapat saling terhubung untuk memantau serta mengendalikan proses pertanian, termasuk dalam sistem penyiraman otomatis [7]. Dengan penerapan sistem tersebut, kondisi lingkungan budidaya *microgreen* dapat dipantau dan dikendalikan secara lebih konsisten, sekaligus memungkinkan pengawasan pertumbuhan tanaman melalui sistem penyiraman otomatis yang meningkatkan efisiensi penggunaan air [7].

Untuk mendukung sistem otomatisasi pada budidaya *microgreen peashoot*, dibutuhkan metode kontrol yang mampu menangani kondisi lingkungan seperti suhu dan kelembapan yang selalu berubah-ubah serta saling memengaruhi [8]. Metode *Fuzzy Logic* tipe Sugeno dipilih sebagai pendekatan utama karena mampu memodelkan ketidakpastian melalui aturan *linguistik* yang sederhana dan menghasilkan output numerik berupa nilai tegas untuk menyesuaikan kecepatan aktuator [8]. Selain itu, berdasarkan penelitian [9] metode *Fuzzy Sugeno* memiliki

kemampuan prediksi yang lebih baik dibandingkan metode lainnya, dengan tingkat akurasi mencapai 91%.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan merancang sistem kendali otomatis pada pertumbuhan *microgreen peashoot* yang mampu menyesuaikan kondisi lingkungan sesuai kebutuhan tanaman. Sistem ini menggunakan metode *Fuzzy Logic* tipe Sugeno untuk memproses data dari sensor DHT22 untuk suhu dan *capacitive soil moisture* sensor untuk kelembapan media tanam. Hasil pembacaan dari sensor tersebut akan diproses menggunakan metode *Fuzzy Logic* tipe Sugeno, yang menghasilkan output numerik untuk mengatur kecepatan *cooling fan* dan durasi kerja *mist nozzle* secara otomatis agar kondisi lingkungan tetap terjaga.

1.2. Kajian Peneliti Terdahulu

Kajian penelitian terdahulu ini didasarkan pada beberapa penelitian sebelumnya yang dijadikan sebagai referensi dalam pelaksanaan penelitian ini. Penelitian-penelitian tersebut memiliki keterkaitan dalam hal penggunaan sistem kontrol otomatis, khususnya yang menerapkan metode logika *fuzzy* sebagai sistem pengendali. Berikut ini penelitian serupa yang menjadi referensi utama yang ditunjukkan Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Kajian peneliti terdahulu.

No	Penulis	Tahun	Judul
1	Chindra Saputra, Roby Setiawan, Yulia Arvita	2022	Penerapan Sistem Kontrol Suhu dan Monitoring Serta Kelembapan pada Kumbung Jamur Tiram Berbasis Iot Menggunakan Metode <i>Fuzzy Logic</i>
2	Deni Arifanto, Adi Sulistiono, Agung Nilogiri	2022	Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembaban Ruangan Server Berbasis Arduino Menggunakan Metode <i>Fuzzy Logic</i> Dengan Buzzer Dan Telegram Bot Sebagai Notifikasi

No	Penulis	Tahun	Judul
3	Yosefa Stefania Fono, Aries Boedi Setiawan, Delila Cahya Permatasari	2023	Penerapan Metode <i>Fuzzy Logic</i> Terhadap Suhu dan Kelembaban Tanah Pada Monitoring Bunga Krisan
4	Yogi Ardiansyah dan Hadi Sucipto	2025	Implementasi <i>Fuzzy</i> Sugeno Berbasis IoT Pada Sistem Monitoring Hidroponik Selada
5	Kuanysh Bakirova, Jamalbek Tussupova, Aruzhan Shoman, dan Ibraheem Shayeac	2025	IoT-based monitoring and intelligent control for microgreens in vertical farming systems

Penelitian [10] melakukan penelitian tentang penerapan sistem kontrol suhu dan kelembapan pada kumbung jamur tiram berbasis IoT menggunakan metode *fuzzy logic*. Sistem ini menggunakan sensor DHT22 untuk membaca suhu dan kelembapan, mikrokontroler Arduino Uno dan NodeMCU ESP8266 sebagai pusat kendali, serta pompa DC dan kipas sebagai aktuator. Metode *Fuzzy Logic* Mamdani digunakan untuk menentukan kapan kipas atau pompa diaktifkan berdasarkan hasil pembacaan sensor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat menjaga suhu dan kelembapan pada rentang optimal untuk pertumbuhan jamur tiram.

Penelitian [11] melakukan penelitian tentang sistem monitoring suhu dan kelembapan ruangan server berbasis Arduino menggunakan metode *Fuzzy Logic*. Sistem ini menggunakan sensor BME280 untuk membaca suhu dan kelembapan, serta mikrokontroler Arduino Uno sebagai pusat pengendali utama. Metode *Fuzzy Logic Control* diterapkan untuk mengolah data sensor dan menentukan kondisi lingkungan pada ruangan server. *Output* sistem berupa buzzer dan notifikasi melalui Telegram Bot yang berfungsi memberikan peringatan apabila suhu atau kelembapan berada di luar batas ideal. Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan metode *fuzzy logic* mampu meningkatkan ketepatan sistem monitoring dibandingkan metode konvensional. Namun, sistem yang dikembangkan masih berfokus pada fungsi pemantauan dan peringatan, tanpa adanya mekanisme

pengendalian otomatis terhadap suhu dan kelembapan agar tetap berada pada kondisi stabil.

Penelitian [12] melakukan penelitian tentang penerapan metode *Fuzzy Sugeno* terhadap suhu dan kelembapan tanah pada sistem monitoring bunga krisan berbasis IoT. Sistem ini menggunakan sensor DHT11 untuk membaca suhu udara dan sensor kelembapan tanah HW-390 sebagai *input* yang diolah oleh mikrokontroler ESP32. Metode *Fuzzy Logic Control* tipe Sugeno digunakan untuk menentukan kecepatan kipas DC dan durasi kerja pompa air berdasarkan kondisi suhu serta kelembapan tanah. Sistem ini menampilkan hasil pengolahan data melalui platform *Blynk*, yang memungkinkan pengguna memantau kondisi tanaman secara *real-time*. Penelitian ini menunjukkan bahwa metode *fuzzy Sugeno* efektif dalam mengatur parameter lingkungan tanaman.

Penelitian [13] melakukan penelitian tentang implementasi metode *Fuzzy Sugeno* berbasis IoT pada sistem monitoring hidroponik selada. Sistem ini menggunakan sensor pH, sensor suhu DS18B20, dan sensor TDS untuk memantau kondisi larutan nutrisi tanaman yang diolah menggunakan mikrokontroler ESP32. Data hasil pembacaan diproses dengan metode *Fuzzy Logic Control* tipe Sugeno, yang mengklasifikasikan kondisi nutrisi menjadi empat kategori: sangat baik, baik, sedang, dan buruk. Hasil pengukuran ditampilkan melalui platform *Blynk* dan Telegram secara *real-time*. Sistem ini menunjukkan tingkat akurasi tinggi dengan nilai *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 0,01. Namun, penelitian ini masih berfokus pada sistem monitoring, belum menerapkan kontrol otomatis terhadap aktuator seperti pompa atau kipas yang dapat mengubah kondisi lingkungan secara langsung.

Penelitian [14] melakukan perancangan dan implementasi sistem pemantauan serta kendali cerdas berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk budidaya *microgreen* pada sistem pertanian vertikal. Sistem ini memanfaatkan berbagai sensor lingkungan, yaitu sensor suhu dan kelembapan (DHT11), sensor pH, sensor electrical conductivity (EC), serta sensor intensitas cahaya (BH1750) yang terhubung ke mikrokontroler ESP8266 sebagai pusat akuisisi data. Data sensor dikirimkan ke *cloud* menggunakan Azure IoT Hub dan diproses secara *real-time*.

melalui *Azure Stream Analytics*, kemudian divisualisasikan dalam bentuk dashboard untuk memudahkan pemantauan kondisi pertumbuhan tanaman. Selain pemantauan, sistem ini juga menerapkan pengambilan keputusan otomatis dalam pengaturan irigasi dan nutrisi menggunakan pendekatan machine learning berupa algoritma *Random Forest* untuk mengklasifikasikan kondisi lingkungan menjadi stabil dan tidak stabil. Penelitian ini lebih menekankan pada pemantauan berbasis *cloud* dan klasifikasi kondisi lingkungan menggunakan *machine learning*, tanpa membahas secara spesifik penerapan metode *fuzzy logic* sebagai sistem kendali utama.

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu yang telah dilakukan, belum terdapat penelitian yang secara khusus merancang sistem kendali otomatis untuk pertumbuhan tanaman *microgreen peashoot* dengan pendekatan *Fuzzy Logic* tipe Sugeno. Dalam penelitian ini, sistem dirancang untuk mengendalikan suhu dan kelembapan media tanam menggunakan sensor DHT22 dan *capacitive soil moisture* sensor sebagai *input* yang akan diolah oleh metode *Fuzzy Logic Control* tipe Sugeno. *Output* dari sistem berupa durasi kerja *mist nozzle*, dan kecepatan *cooling fan* secara otomatis agar kondisi lingkungan tanaman sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan *microgreen peashoot*. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan rancang bangun sistem kendali pertumbuhan *microgreen peashoot* menggunakan metode *Fuzzy Logic* tipe Sugeno, yang diharapkan mampu untuk mengendalikan suhu dan kelembapan secara otomatis sesuai dengan kondisi lingkungan pertumbuhan budidaya *microgreen peashoot*.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan, ada beberapa masalah yang perlu dirumuskan:

1. Bagaimana rancangan dan implementasi sistem kendali pada *microgreen peashoot* dengan metode *fuzzy logic* Sugeno?
2. Bagaimana kinerja sistem kendali dalam pertumbuhan *microgreen peashoot* dengan menggunakan metode *fuzzy logic* Sugeno?

1.4. Tujuan dan Manfaat

Berdasarkan rumusan masalah, ada beberapa tujuan dan manfaat penelitian dalam sistem kendali pertumbuhan *microgreen peashoot*:

1.4.1. Tujuan

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem kendali pada *microgreen peashoot* berdasarkan metode *fuzzy logic* Sugeno.
2. Menganalisis kinerja sistem kendali pada pertumbuhan *microgreen peashoot* berdasarkan metode *fuzzy logic* Sugeno.

1.4.2 Manfaat

1. Manfaat Akademis:

Adapun manfaat akademis yang didapatkan dari penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan teori yang bermanfaat untuk komunitas akademik dibidang sistem kendali dan kecerdasan buatan.

2. Manfaat Praktis:

Diharapkan penelitian sistem kendali ini dapat membantu perawatan pertumbuhan tanaman *microgreen*, khususnya dalam menjaga kestabilan suhu dan kelembapan secara otomatis.

1.5 Batasan Masalah

Penulisan akan dibatasi pada bagian berikut:

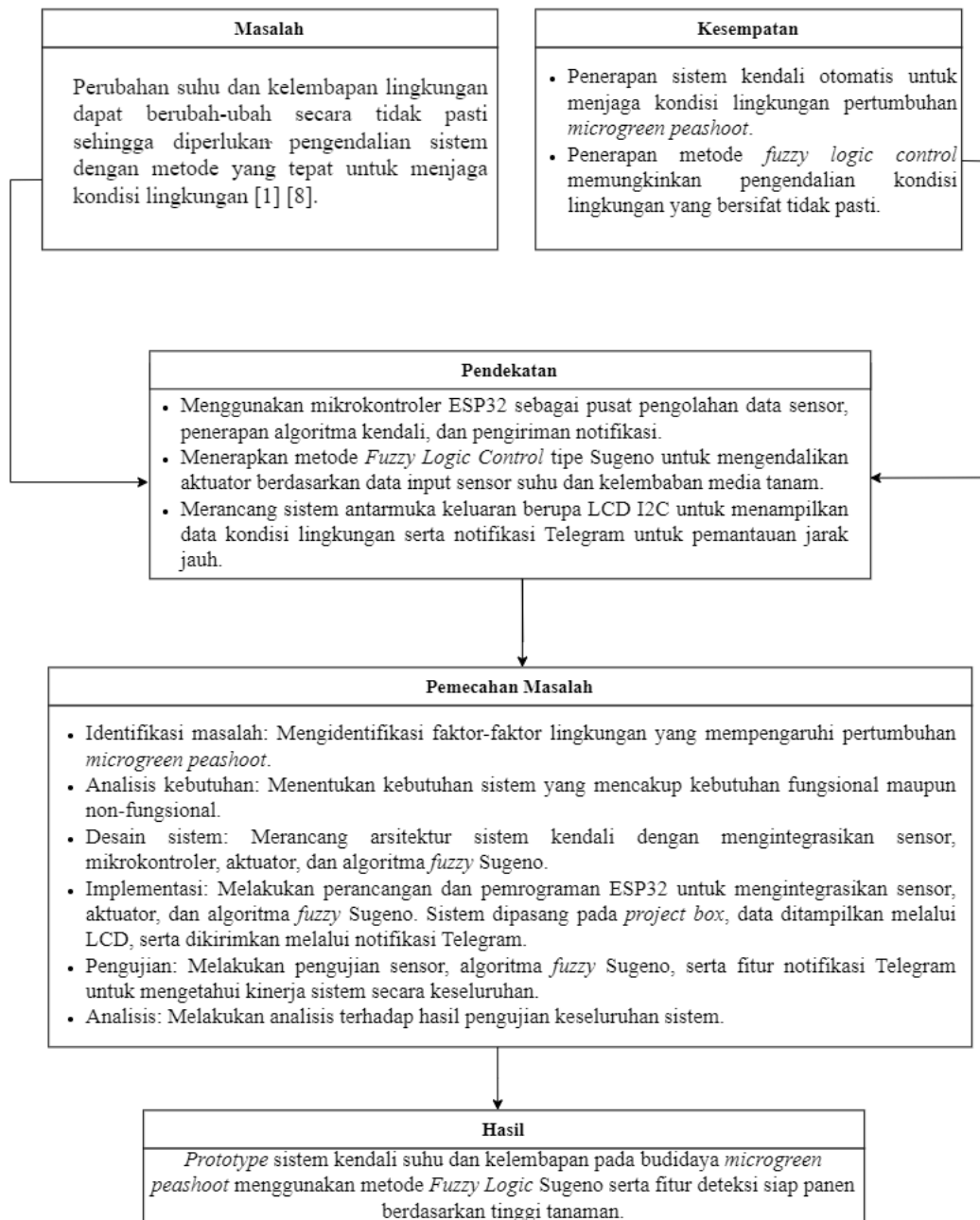
1. Alat pada penelitian ini masih dalam berbentuk *prototype*.
2. Parameter lingkungan yang dikendalikan dalam sistem ini hanya mencakup suhu udara dan kelembapan media tanam.
3. Sensor yang digunakan dalam sistem terdiri dari sensor DHT22 untuk suhu, *capacitive soil moisture sensor* untuk kelembapan media tanam.
4. Aktuator yang digunakan meliputi *cooling fan* dan *mist nozzle*.
5. *Heater* kaca digunakan sebagai perangkat pendukung untuk membantu menjaga suhu lingkungan berdasarkan batas suhu yang telah ditentukan, pengoperasian *heater* dilakukan secara mandiri menggunakan mekanisme ON/OFF bawaan perangkat dan tidak dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 maupun metode *fuzzy logic*.

6. Objek tanaman yang digunakan adalah tanaman *microgreen* dengan media tanam *cocopeat*.
7. Sistem ini hanya difokuskan pada pengendalian kondisi lingkungan, bukan pada pengolahan data hasil panen pengendalian atau analisis nutrisi tanaman.
8. Sistem dijalankan menggunakan mikrokontroler ESP32.

1.6 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir berisi uraian pemikiran sistematis tentang hasil perumusan masalah penelitian yang diperkirakan dapat diselesaikan melalui pendekatan yang dibutuhkan untuk rancang bangun sistem kendali otomatis pertumbuhan budidaya tanaman *microgreen peashoot* dengan metode *fuzzy logic* tipe Sugeno. Kerangka berpikir dijelaskan pada Gambar 1.1.





Gambar 1. 1 Kerangka berpikir.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan untuk penelitian ini terdiri dari 6 bab agar dapat menghasilkan penulisan yang baik, diantaranya sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan tentang latar belakang, kajian penelitian terdahulu, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, kerangka berpikir, dan sistematika penulisan.

BAB II TEORI DASAR

Pada bab ini berisi tentang teori dasar yang digunakan dalam penelitian, seperti sistem kendali, *fuzzy logic control*, perhitungan data yang dibutuhkan, serta gambar komponen digunakan dalam penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan metode dan tahapan-tahapan yang dilakukan ketika melakukan penelitian sistem kendali otomatis *microgreen peashoot* dengan metode *Fuzzy Logic*.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini menjelaskan tahap-tahap perancangan, mulai dari perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak, hingga implementasi sistem baik implementasi perangkat keras maupun implementasi perangkat lunak.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini memaparkan hasil semua pengujian yang telah dilakukan pada sistem yang selesai dibuat. Setelah pengujian dilakukan kemudian dilakukan analisis data yang diperoleh untuk setiap pengujian yang telah dilakukan pada saat pengujian sistem kendali otomatis pertumbuhan budidaya tanaman *microgreen peashoot* dengan metode *fuzzy logic* Sugeno.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bab terakhir di dalam penulisan tugas akhir, bab ini menjelaskan tentang bagian penutup dari penelitian yang telah dilakukan. Bagian ini berisi mengenai kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, serta saran yang bisa dilakukan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.