

BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini memberikan gambaran umum penelitian sebagai landasan untuk bab-bab berikutnya. Uraian dimulai dari latar belakang ,rumusan masalah ,tujuan penelitian yang ingin dicapai, batasan masalah ,serta manfaat penelitian baik secara teoritis maupun praktis.

1.1 Latar Belakang Penelitian

Di tengah meningkatnya diabetes melitus di Indonesia, yang mencapai 10,7 juta kasus pada tahun 2023, kebutuhan akan pemanis yang lebih sehat menjadi semakin mendesak (Handayani dkk., 2023). Stevia (*stevia rebaudiana*) sebagai alternatif pemanis alami yang semakin relevan dalam konteks kesehatan masyarakat dan keberlanjutan pertanian. Stevia, yang memiliki tingkat kemanisan 200 hingga 300 kali lebih tinggi dibandingkan gula tebu dan nol kalori, menawarkan solusi yang aman bagi penderita diabetes dan mereka yang ingin mengurangi asupan gula (Zahro dkk., 2022). Hal menunjukkan bahwa tren konsumsi produk berbasis stevia terus meningkat seiring dengan perubahan gaya hidup masyarakat yang lebih peduli terhadap kesehatan. Selain manfaat kesehatan, tanaman stevia juga memiliki potensi ekonomi yang signifikan. Permintaan global untuk pemanis alami terus meningkat, dengan pasar yang diperkirakan mencapai USD 1,5 miliar pada tahun 2025 (Gautam dkk., 2023). Oleh karena itu, penelitian mengenai tanaman stevia sangat relevan dan memiliki kontribusi yang besar dalam mendukung pertumbuhan industri pertanian yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Dengan demikian, budidaya stevia tidak hanya memberikan manfaat kesehatan, tetapi juga membuka peluang ekonomi bagi petani.

Dalam budidaya tanaman stevia, terdapat berbagai faktor lingkungan yang berperan penting dalam menentukan kualitas dan produktivitas hasil panen. Dua faktor utama yang memiliki pengaruh besar terhadap pertumbuhan tanaman ini adalah kelembapan tanah dan tingkat keasaman atau pH tanah. Kelembapan tanah yang optimal sangat diperlukan untuk memastikan tanaman mendapatkan pasokan air yang cukup untuk proses fisiologisnya, seperti fotosintesis dan penyerapan nutrisi dari tanah. Jika kelembapan terlalu rendah, tanaman dapat mengalami stres

akibat kekurangan air, sedangkan jika terlalu tinggi, risiko pembusukan akar meningkat (Izza dkk., 2023; Widjanarko dkk., 2023). Kelembapan yang terlalu tinggi memicu pembusukan akar

dan menurunkan penyerapan hara, sedangkan kelembapan yang terlalu rendah menimbulkan stres air, keduanya dapat menekan pertumbuhan tanaman seperti tinggi batang, lebar, dan jumlah daun. Sementara itu, pH tanah juga memainkan peran krusial dalam menentukan ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Beberapa unsur hara penting, seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, memiliki tingkat ketersediaan yang berbeda pada pH tanah yang beragam. Berdasarkan penelitian, kisaran pH optimal untuk pertumbuhan stevia berada pada 6,5–7,5 (Vejar-Cortés dkk., 2023). Kondisi pH tanah ideal bagi stevia berada pada kisaran 6–7,5, dimana deviasi ke arah terlalu asam menghambat penyerapan nitrogen dan fosfor yang penting bagi pembentukan jaringan vegetatif dan performa pertumbuhan serta berimbas pada metabolisme pembentukan glikosida yang mempengaruhi kadar manis pada daun (Pambudi dkk., 2024).

Kelembapan dan pH tanah merupakan parameter krusial yang menunjukkan sifat dinamis dan fluktuatif tinggi sebagai respons terhadap berbagai faktor lingkungan, seperti presipitasi, iradiasi surya, pola irigasi, tekstur tanah, dan laju absorpsi oleh perakaran. Metode pemantauan konvensional secara manual memiliki keterbatasan inheren, yaitu resolusi data temporal yang rendah sehingga tidak mampu menangkap fluktuasi secara *real-time*, serta menghasilkan pencatatan data yang tidak sistematis untuk analisis. Akibatnya, tindakan korektif baru dilakukan setelah kondisi tanah melewati ambang batas ideal, yang dapat menyebabkan stres pada tanaman dan berisiko menurunkan kualitas pertumbuhan serta hasil panen.

Teknologi *Internet of Things* (IoT) menawarkan pendekatan yang lebih efektif melalui sistem sensor yang memantau kondisi lahan secara terus-menerus (Putri, 2023). Data dikirimkan secara nirkabel ke perangkat pengguna, memungkinkan pemantauan *real-time* dan pengiriman notifikasi peringatan dini saat parameter mendekati batas toleransi. Sistem ini bahkan dapat diintegrasikan

untuk mengaktifkan perangkat lain secara otomatis, seperti pompa air atau alat penetral pH. Seluruh data pengukuran yang tersimpan sebagai riwayat historis sangat berguna untuk menganalisis pola kondisi tanah, sehingga dapat menjadi dasar untuk menyempurnakan jadwal perawatan dan meningkatkan efisiensi sumber daya. Dengan demikian, implementasi IoT mengubah pendekatan perawatan lahan dari yang semula reaktif menjadi proaktif, di mana tindakan pencegahan dapat dilakukan berdasarkan data yang akurat dan berkelanjutan.

Dalam menghadapi tantangan ini, penerapan metode kontrol menjadi salah satu pendekatan yang menarik untuk diterapkan dalam sistem kontrol pertanian berbasis IoT. Dalam pengembangan sistem kontrol berbasis Arduino, terdapat beberapa metode kontrol yang umum digunakan, masing-masing dengan karakteristik dan aplikasi yang berbeda. Di antara metode tersebut, *fuzzy logic* adalah metode yang sering diterapkan dalam berbagai proyek (Hamdani dkk., 2022). Metode *fuzzy logic* menawarkan pendekatan yang fleksibel dalam pengendalian sistem yang kompleks, seperti pengaturan suhu, kelembapan udara, dan irigasi otomatis (Cahyani, 2023; Rhoziq, 2023). Dengan *fuzzy logic*, sistem dapat mengakomodasi ketidakpastian dan variabilitas dalam data, sehingga memberikan kontrol yang lebih akurat dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan (Alam & Nasuha, 2020). Metode *fuzzy logic* menunjukkan potensi dalam sistem pemantauan tanaman berbasis IoT, namun belum banyak yang mengaplikasikannya secara spesifik pada pengendalian pH dalam media tanam (Sabil dkk., 2024). Maka dari itu, masih terdapat celah penelitian dalam integrasi *fuzzy logic* dengan teknologi IoT untuk pengelolaan kelembapan dan pH tanah secara bersamaan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan dan pengendalian kelembapan serta pH tanah secara otomatis pada tanaman stevia dengan memanfaatkan kombinasi teknologi IoT dan metode *fuzzy logic*.

Penelitian yang dilakukan oleh Vejar-Cortés (2023) mengembangkan sistem *monitoring* kualitas tanah untuk tanaman *stevia rebaudiana* berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan memanfaatkan jaringan sensor nirkabel (*Wireless Sensor*

Network) dan metode *Fuzzy Logic* tipe Mamdani. Sistem ini mampu memantau tujuh parameter utama tanah, yaitu pH, suhu, kelembapan, konduktivitas listrik, nitrogen, fosfor, dan kalium, serta memberikan penilaian kualitas tanah secara linguistik melalui antarmuka web. Namun, sistem ini hanya berfungsi sebagai alat pemantauan tanpa dilengkapi kontrol otomatis, dan penggunaan metode Mamdani belum menghasilkan *output* numerik presisi yang dapat langsung digunakan untuk mengendalikan aktuator. Selain itu, parameter *fuzzy* yang digunakan belum secara spesifik disesuaikan dengan karakteristik pertumbuhan optimal tanaman stevia. Penelitian ini menjadi dasar penting dalam pengembangan sistem yang lebih aplikatif, yaitu sistem *monitoring* dan kontrol berbasis IoT dengan metode *Fuzzy Logic* Sugeno, yang difokuskan pada dua parameter utama kelembapan dan pH tanah dan disesuaikan dengan kebutuhan pertumbuhan tanaman stevia.

Sementara itu, penelitian oleh Khairunisa (2024) merancang sistem *monitoring* dan penyiraman otomatis berbasis IoT menggunakan metode *Fuzzy Logic* untuk tanaman cabai. Sistem ini memanfaatkan sensor kelembapan tanah dan suhu udara sebagai *input* untuk menentukan waktu dan debit penyiraman. Meskipun sistem telah menunjukkan efisiensi dalam pengelolaan irigasi tanaman, penelitian ini belum mencakup parameter pH tanah dan belum disesuaikan secara spesifik untuk tanaman stevia. Dengan demikian, prinsip logika *fuzzy* yang digunakan pada penelitian tersebut menjadi referensi penting dalam pengembangan sistem serupa yang lebih kompleks dan komprehensif, yaitu dengan menambahkan parameter pH dan menerapkan penyesuaian nilai *fuzzy* berdasarkan rentang optimal untuk tanaman stevia.

Selanjutnya, penelitian oleh Sunanto (2024) juga menjadi rujukan penting karena telah menerapkan metode *Fuzzy Logic* Sugeno untuk mengatur kecepatan pompa berdasarkan kombinasi nilai pH dan kelembapan tanah. Sistem tersebut berhasil memanfaatkan teknologi IoT untuk pemantauan secara *real-time* dan memberikan kontrol berbasis *fuzzy* terhadap irigasi. Penelitian ini menjadi dasar dalam pengembangan lebih lanjut, khususnya untuk diterapkan pada tanaman

stevia. Dalam penelitian ini, prinsip pengambilan keputusan berbasis Sugeno diadaptasi dan dikembangkan dengan penyesuaian parameter sesuai kebutuhan stevia, yakni pH tanah dalam rentang 6,5–7,5 dan kelembapan tanah antara 40–60%. Selain itu, penelitian ini juga menambahkan fungsi kontrol otomatis terhadap pH tanah, yang belum tersedia pada penelitian sebelumnya.

Penelitian yang ada saat ini belum menyediakan sebuah sistem terintegrasi untuk budidaya stevia yang secara spesifik mengisi beberapa *research gap* sekaligus. Belum ada sistem yang parameter aturannya dibuat secara spesifik pada rentang fisiologis optimal stevia (kelembapan 40–60% dan pH 6,5–7,5). Implementasi yang ada belum merupakan sistem IoT yang terintegrasi untuk sistem *monitoring* dan sistem kontrolnya. Lalu penggunaan logika kontrol cerdas belum memanfaatkan metode *Fuzzy Logic* Sugeno yang mampu menghasilkan keluaran numerik langsung untuk presisi aktuasi. Oleh karena itu, penelitian ini celah penelitian tersebut dengan merancang sistem *monitoring* dan kontrol otomatis berbasis IoT yang mengintegrasikan metode *Fuzzy Logic* Sugeno. Inovasi ini menjawab urgensi akan pengelolaan presisi untuk tanaman sensitif seperti stevia dan menyajikan model pertanian cerdas yang aplikatif serta dapat di replikasi.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Rumusan masalah dari penelitian berdasarkan latar belakang yang disusun adalah:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem *monitoring* dan kontrol kelembapan serta pH tanah secara *real-time* berbasis IoT dengan mikrokontroler ESP32?
2. Bagaimana metode *Fuzzy Logic* Sugeno diimplementasikan untuk mengatur proses penyiraman dan pemberian larutan pH secara otomatis berdasarkan kondisi tanah?
3. Seberapa efektif sistem ini dalam menjaga kelembapan dan pH tanah tanaman stevia dalam rentang optimal?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang merupakan jawaban dari rumusan masalah adalah:

1. Merancang dan membangun sistem *monitoring* dan kontrol kelembapan serta pH tanah berbasis IoT menggunakan ESP32 secara *real-time*.
2. Mengimplementasikan metode *Fuzzy Logic* untuk mengatur penyiraman dan pemberian larutan pH berdasarkan data sensor.
3. Menganalisis efektivitas sistem dalam menjaga kelembapan dan pH tanah tanaman *stevia* secara otomatis.

1.4 Batasan Masalah Penelitian

Batasan dari masalah ditentukan agar penelitian dapat berfokus mencapai tujuan. Batasan masalah tersebut adalah:

1. Penelitian ini menggunakan tanaman *stevia rebaudiana* sebagai objek penelitian, yang merupakan tanaman herbal yang umum dibudidayakan untuk tujuan komersial.
2. Rentang kelembapan tanah yang diinginkan berkisar antara 40% hingga 60%, sedangkan pH tanah yang ideal untuk pertumbuhan tanaman *stevia* berada pada kisaran 6,5 hingga 7,5. Sistem pengendalian kelembapan dan pH tanah akan menggunakan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) dengan model Sugeno untuk mengatur penyiraman air dan pemberian nutrisi pengatur pH tanah secara otomatis.
3. Tanaman dan sistem *monitoring* akan ditempatkan di ruang terbuka yang terlindung dari hujan, meskipun tetap terpapar oleh suhu dan kondisi cuaca yang berlaku di daerah Purwakarta. Faktor suhu dan cuaca akan dipertimbangkan sebagai faktor yang dapat memengaruhi kelembapan dan pH tanah.
4. Komunikasi antara mikrokontroler ESP32 dan server akan dilakukan menggunakan protokol HTTPS, dengan data yang dikirimkan dan diterima melalui Firebase. Data yang terkumpul akan diproses menggunakan bahasa pemrograman Python untuk analisis lebih lanjut.

5. Antarmuka pengguna sistem ini berupa sebuah *website* yang dikembangkan menggunakan kombinasi bahasa pemrograman Python dan HTML, yang memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol kondisi tanah secara jarak jauh.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1.5.1 Manfaat bagi Peneliti dan Akademisi

Memberikan manfaat dalam bentuk pengetahuan dan wawasan tambahan mengenai implementasi teknologi IoT dan metode *Fuzzy Logic* dalam sistem pertanian cerdas. Selain itu, hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi akademisi untuk penelitian lebih lanjut yang berkaitan dengan optimalisasi pertanian menggunakan sistem otomatis berbasis IoT, khususnya dalam pengelolaan parameter lingkungan seperti kelembapan dan pH tanah.

1.5.2 Manfaat Bagi Masyarakat Umum

Bagi masyarakat umum, khususnya petani tanaman stevia, sistem *monitoring* dan kontrol ini memberikan kemudahan dalam memantau kondisi kelembapan dan pH tanah secara *real-time* serta melakukan pengaturan secara otomatis. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan hasil produksi tanaman stevia dengan kondisi lingkungan yang optimal, sekaligus mengurangi usaha manual dalam pemeliharaan tanaman.

1.5.3 Manfaat Bagi Pengetahuan dan Teknologi

Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan di bidang pertanian presisi, khususnya dalam penerapan teknologi IoT yang dipadukan dengan algoritma *Fuzzy Logic*. Sistem yang dirancang dapat menjadi acuan pengembangan teknologi pertanian yang lebih efektif, efisien, dan inovatif. Selain itu, hasil dari penelitian ini mampu memperkaya literatur terkait dengan sistem kontrol otomatis berbasis IoT yang diterapkan pada bidang pertanian.

1.6 Struktur Organisasi Skripsi

Struktur organisasi skripsi ditulis dengan tujuan agar keseluruhan skripsi yang telah disusun dapat dipahami. Skripsi dapat dibagi menjadi tiga bagian seperti di bawah ini:

1. Bagian Awal

Berisikan halaman judul, lembar hak cipta, lembar pengesahan, surat pernyataan, ucapan terima kasih, abstrak berbahasa Indonesia dan bahasa Inggris, serta daftar-daftar.

2. Bagian isi

Bagian isi kembali dibagi menjadi lima bab yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat dari penelitian serta struktur organisasi skripsi.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Berisikan landasan penelitian, dan penelitian terdahulu yang relevan.

BAB III METODE PENELITIAN

Berisikan desain dari penelitian, dan perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi pembahasan dari temuan serta analisis dari penelitian yang telah dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan simpulan dan saran.

3. Bagian Akhir

Berisikan halaman daftar pustaka, dan lampiran.