

BABI

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia adalah negara yang kaya akan keanekaragaman flora, salah satunya adalah tanaman ubi jalar. Seiring dengan berkembangnya industri pangan yang berbahan baku ubi jalar, permintaan terhadap komoditas ini terus mengalami peningkatan. Hal ini tidak terlepas dari kebutuhan karbohidrat yang semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Ubi jalar ungu, sebagai salah satu sumber karbohidrat *non*-beras, memiliki peran penting dalam mencukupi kebutuhan pangan masyarakat. Dalam kelompok tanaman pangan, ubi jalar ungu menempati posisi yang strategis sebagai komoditas penting selain padi dan gandum. Ubi jalar ungu tidak hanya dikenal sebagai alternatif pangan yang kaya akan karbohidrat, tetapi juga memiliki nilai gizi yang tinggi, termasuk kandungan antioksidan yang bermanfaat bagi kesehatan [1].

Kandungan gizi pada ubi ungu sangat beragam, meliputi karbohidrat, protein, lemak, serta vitamin C, vitamin E, riboflavin, tiamin, dan berbagai mineral seperti zat besi (Fe) dan kalium (K). Ubi ungu juga kaya akan β -karoten, serat pangan, polifenol, dan antosianin yang memberikan warna ungu khas pada ubi ini. Kandungan air yang cukup tinggi dalam ubi ungu juga menjadikannya sebagai pilihan makanan yang sehat dan bermanfaat bagi tubuh. Kombinasi nutrisi tersebut membuat ubi ungu tidak hanya lezat, tetapi juga sangat bernilai bagi kesehatan. Kandungan utama umbi ubi jalar ungu adalah karbohidrat (sekitar 28%), protein (2.3g/100g), zat besi (1.0g/100g), vitamin A (7.1 IU/100g), vitamin C (2.0mg/100g), vitamin B1 (0.08mg/100g), vitamin B2 (0.05mg/100g), serat (0.3g/100g) sehingga ubi jalar ungu dapat menjadi makanan pokok pengganti [2].

Ubi jalar ungu dapat tumbuh dengan baik di tanah yang sedikit asam hingga netral, dengan pH optimal berkisar antara 5.5 – 6.5 dengan suhu udara optimal untuk pertumbuhan bagian atas tanaman adalah lebih dari 25°C. Kelembapan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan dan produksi ubi jalar ungu. Pada saat penanaman, tanah yang lembap sangat penting untuk memastikan keberhasilan proses inisiasi daun. Selama masa pertumbuhan yang berkisar antara 60 - 120 hari, tanah harus tetap lembap. Namun, pada saat panen, kelembapan harus

rendah untuk mencegah pembusukan umbi. Kondisi yang mendukung perkembangan bagian vegetatif tanaman meliputi kelembapan relatif 80 % dan tanah yang lembap [3].

Untuk mengatasi masalah kelembapan akibat penyiraman yang tidak merata pada tanaman ubi ungu, diperlukan sebuah sistem penyiraman otomatis yang dapat menyirami seluruh area secara efektif. Saat ini, untuk alat penyiraman otomatis menggunakan pipa-pipa yang saling terhubung dan dipasang di atas tanaman. Pipa-pipa ini memiliki beberapa titik keluarnya air yang menyirami tanaman di sepanjang jalurnya. Namun, sistem ini masih terbatas pada penyiraman area tertentu saja, sehingga memerlukan banyak pipa untuk menjangkau seluruh area lahan. Oleh karena itu, diperlukan analisis mengenai pengaruh pola penyiraman otomatis berbasis suhu dan kelembapan tanah terhadap pertumbuhan tanaman ubi ungu. Sistem penyiraman yang disesuaikan dengan kondisi suhu dan kelembapan tanah dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas penyiraman, serta mendukung pertumbuhan tanaman yang optimal [4].

Dalam bidang pertanian, *Internet of Things* (IoT) bermanfaat untuk meningkatkan hasil yang lebih optimal serta efisiensi waktu yang maksimal. Penyiraman tanaman otomatis tidak memerlukan tenaga manusia sebagai penggerakannya. Dengan penyiraman yang rutin dan kandungan air yang cukup, tanaman dapat memperoleh nutrisi yang terukur untuk meningkatkan kualitasnya. Penyiraman menjadi aspek penting dalam pemeliharaan tanaman karena tanaman memerlukan asupan air yang cukup untuk melakukan fotosintesis, yang mendukung pertumbuhan dan perkembangan. Agar tanaman tumbuh dengan baik maka perlu penyiraman yang rutin dan terjadwal. Kekurangan air mempengaruhi semua aspek pertumbuhan tanaman [5]. Dengan teknologi *Internet of Things* (IoT), beberapa komponen elektronik seperti sensor dan perangkat lainnya dapat dipantau secara otomatis agar terhubung ke internet melalui aplikasi *Blynk*. Sistem berbasis mikrokontroler memungkinkan pemantauan dan pengendalian perangkat secara *real-time*, termasuk dalam penggunaan energi listrik yang dapat dimonitor menggunakan sistem berbasis *USB Port Relay*. Dengan adanya sistem otomatis ini dapat mendukung pertumbuhan tanaman ubi ungu yang optimal melalui penyiraman yang tepat waktu dan sesuai kebutuhan, serta meminimalkan

pemborosan energi dan air [6]. Selain itu, dalam sistem ini akan diterapkan pendekatan *fuzzy logic* yaitu metode pengambilan keputusan berbasis data sensor kelembapan tanah. *Fuzzy logic* memungkinkan sistem untuk menentukan intensitas penyiraman secara fleksibel dan dinamis, tidak sekadar berdasarkan ambang batas yang tetap, tetapi dengan mempertimbangkan variasi kondisi lingkungan secara *real-time*. Dengan demikian, sistem dapat memberikan jumlah air yang optimal sesuai dengan kebutuhan tanaman secara kontekstual.

Salah satu faktor kurangnya minat petani membudidayakan tanaman ubi jalar ungu adalah sifat tanaman ini yang musiman, dengan pertumbuhan optimal hanya pada musim kering. Tanaman ubi jalar ungu rentan terhadap air yang berlebih sehingga dapat menyebabkan kebusukan pada umbinya, sementara kondisi tanah yang terlalu kering juga dapat menghambat pertumbuhan dan menurunkan kualitas hasil panen. Penyiraman yang tepat dan efisien akan mendukung pertumbuhan ubi ungu yang optimal dan memperbaiki kualitas tanaman untuk memberikan manfaat ekonomi baik untuk petani maupun konsumen, serta meningkatkan daya saing produk ubi ungu di pasar lokal maupun global. Ubi jalar ungu sendiri memiliki keunggulan berupa zat warna alami berwarna merah keunguan yang disebut antosianin. Antosianin adalah senyawa polifenol yang berfungsi sebagai antioksidan alami, yang dapat memberikan berbagai manfaat kesehatan [7].

Beberapa penelitian sudah dilakukan sampai saat ini oleh peneliti sebelumnya mengenai penyiraman secara otomatis. Penelitian yang dilakukan oleh Putri Ayu Wulandari dkk mengusulkan sistem penyiraman otomatis berbasis logika *fuzzy* untuk tanaman seledri [8]. Sistem ini menggunakan sensor kelembapan tanah yang terhubung dengan mikrokontroler Arduino untuk mengontrol level air secara otomatis. Dengan penerapan logika *fuzzy*, kondisi kelembapan tanah dapat dianalisis secara *real-time*, sehingga sistem dapat mengatur penyiraman secara efisien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan kelembapan tanah dengan tingkat efektivitas mencapai 73.9%. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Riska Jupita dkk bertujuan untuk mengembangkan sistem penyiraman otomatis menggunakan metode *fuzzy* Sugeno untuk tanaman hidroponik [9]. Sistem ini dilengkapi dengan sensor kelembapan dan suhu, serta mengontrol pompa air melalui mikrokontroler. Dengan penerapan *fuzzy* Sugeno,

sistem dapat secara akurat menentukan waktu dan jumlah air yang diperlukan berdasarkan kondisi lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan efisiensi dalam pengelolaan air, mengurangi pemborosan dan meningkatkan hasil panen. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Budi Sugandi dkk mengembangkan sistem penyiraman otomatis berbasis IoT yang menggunakan sensor kelembapan tanah [10]. Sistem ini difasilitasi dengan modul *Wi-Fi* ESP8266, memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol sistem penyiraman melalui aplikasi *mobile*. Dengan pengumpulan data secara *real-time*, pengguna dapat mengoptimalkan penyiraman dan menyesuaikan pengaturan berdasarkan kebutuhan tanaman. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem meningkatkan kesehatan tanaman dan menghemat penggunaan air. Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Agus Ulinuha dkk adalah membuat sistem penyiraman otomatis untuk kebun rumah menggunakan *Raspberry Pi* [12]. Sistem ini memanfaatkan sensor kelembapan tanah dan modul kamera untuk memantau kondisi tanaman jarak jauh. Pengguna dapat mengontrol penyiraman melalui aplikasi berbasis web yang terhubung ke *Raspberry Pi*, serta menerima notifikasi tentang status tanaman. Penelitian ini menunjukkan efektivitas dan kemudahan dalam pengelolaan irigasi terhadap pertumbuhan tanaman. Lalu, penelitian yang dilakukan oleh Astriana Rahma Putri untuk merancang sistem penyiraman otomatis berbasis Arduino yang dilengkapi dengan sensor kelembapan tanah dan sensor cuaca [13]. Sistem ini dapat mengontrol pompa air secara otomatis berdasarkan kondisi tanah dan parameter cuaca, dan menggunakan tampilan LCD untuk menampilkan informasi terkini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan lingkungan dan memastikan penyiraman yang optimal untuk tanaman.

Dari berbagai penelitian sebelumnya, terlihat bahwa meskipun sudah banyak sistem penyiraman otomatis yang dikembangkan menggunakan logika fuzzy maupun teknologi *Internet of Things* (IoT), masih terdapat kekurangan yang bisa diperbaiki. Banyak sistem yang belum menggabungkan secara menyeluruh pendekatan IoT dengan karakteristik spesifik tanaman, khususnya tanaman ubi ungu. Sebagian besar riset terdahulu fokus pada tanaman lain seperti seledri, tanaman hidroponik, atau kebun rumahan, sehingga belum bisa langsung

diterapkan untuk kebutuhan ubi ungu. Sistem yang ada juga seringkali menggunakan aturan fuzzy yang generik tanpa penyesuaian dengan kondisi lingkungan atau data geografis setempat. Penelitian ini mengusung pendekatan yang menggabungkan metode *fuzzy logic* yang dirancang secara spesifik berdasarkan karakteristik fisiologis dan kebutuhan air tanaman ubi jalar ungu, dengan sistem IoT modern yang memungkinkan pemantauan dan pengendalian secara *real-time* melalui aplikasi *mobile*. Penyesuaian algoritma *fuzzy* turut mempertimbangkan faktor geografis serta kondisi lingkungan lokal, sehingga menghasilkan sistem penyiraman yang lebih adaptif, efisien, dan sesuai dengan kebutuhan tanaman secara nyata di lapangan.

Sistem ini diuji dalam tiga skenario penyiraman berbeda, yaitu : penyiraman setiap hari, penyiraman setiap tiga hari, dan tanpa penyiraman sama sekali, guna mengetahui pengaruh frekuensi dan strategi penyiraman terhadap pertumbuhan ubi ungu. Ketiga kondisi ini digunakan sebagai pembanding untuk menilai efektivitas sistem dalam menyesuaikan volume dan intensitas air berdasarkan data kelembapan aktual dan waktu.

Target dari penelitian ini tidak terbatas pada petani saja, tetapi juga mencakup pelaku Usaha Mikro Kecil, dan Menengah (UMKM) yang membudidayakan ubi ungu sebagai komoditas lokal, serta masyarakat umum sebagai konsumen akhir. Dengan adanya sistem ini, diharapkan hasil panen dapat lebih konsisten, efisien dalam penggunaan sumber daya, dan mampu menjaga kualitas serta stabilitas harga ubi ungu. Dengan demikian, penelitian ini memberikan manfaat nyata bagi seluruh rantai nilai, mulai dari produksi hingga konsumsi, serta memperkuat daya saing produk di pasar lokal maupun nasional.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem penyiraman otomatis berbasis suhu dan kelembapan tanah untuk mendukung tanaman ubi ungu?
2. Bagaimana sistem logika *fuzzy* dapat digunakan untuk menentukan kebutuhan air tanaman berdasarkan data sensor kelembapan tanah secara *real-time*?
3. Bagaimana efektivitas penggunaan MQTT dan aplikasi *Blynk* dalam

memantau sistem penyiraman otomatis dari jarak jauh?

4. Sejauh mana tingkat akurasi dan kestabilan sistem dalam membaca serta merespons kondisi lingkungan lahan untuk mengatur penyiraman secara efisien?

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

1. Merancang sistem penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat mengatur banyaknya air berdasarkan kelembapan tanah.
2. Mengimplementasikan logika *fuzzy* untuk durasi penyiraman secara akurat berdasarkan tingkat kelembapan.
3. Menerapkan sistem pemantauan lahan secara *real-time* menggunakan protokol MQTT dan aplikasi *Blynk*.

1.3.2 Manfaat

1. Mempermudah pengguna atau petani dalam mengelola penyiraman tanaman ubi ungu secara otomatis dan efisien.
2. Menyediakan pemantauan kondisi lingkungan dari suhu, kelembapan tanah, dan volume air tangki secara *real-time* dari jarak jauh.
3. Mendukung penerapan pertanian berbasis teknologi dan ramah lingkungan dalam mendukung tumbuhan ubi ungu.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian tersebut, antara lain:

1. Jumlah sensor kelembapan tanah dibatasi hanya sebanyak empat buah, tiga sensor dipasang pada area penyiraman berbeda sementara satu sensor tambahan digunakan untuk mengukur kelembapan tanah di permukaan, keterbatasan ini dilakukan karena keterbatasan alat dan luas lahan uji.
2. Sistem hanya difokuskan untuk tanaman ubi ungu, sehingga belum dilakukan pengujian terhadap jenis tanaman lain dengan kebutuhan air yang berbeda.
3. Sistem belum diuji dalam lahan pertanian berskala besar, karena rancangan dan implementasinya difokuskan untuk area uji kecil dan menengah dengan sumber daya yang terbatas.
4. Sistem diuji hanya dalam 2 hari, sehingga hasil belum mewakili performa

sistem dalam jangka panjang atau musim yang berbeda.

5. Komunikasi dan pemantauan sistem hanya dilakukan melalui protokol MQTT dan aplikasi *Blynk* tanpa adanya integrasi ke platform lain seperti telegram, *database cloud* atau *website*.
6. Perhitungan kebutuhan air tanaman menggunakan rumus Etc dari metode Penman-Monteith tanpa mempertimbangkan faktor tambahan seperti kelembapan udara atau angin karena keterbatasan alat ukur dan data di lapangan.

1.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam implementasi tugas akhir sistem penyiraman otomatis berbasis suhu dan kelembapan tanah ini mencakup beberapa tahapan pada studi literatur, perancangan sistem, implementasi perangkat, serta pengujian dan pengambilan data menggunakan pendekatan kuantitatif. Studi literatur dilakukan untuk memperoleh pemahaman yang mendalam mengenai *Internet of Things* (IoT), prinsip kerja sensor suhu dan kelembapan tanah, logika *fuzzy*, serta protokol komunikasi MQTT yang digunakan dalam sistem monitoring penyiraman otomatis. Informasi dari studi literatur menjadi dasar dalam penyusunan sistem dan pemilihan teknologi yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir. Selanjutnya, dalam tahap perancangan sistem mencakup pembuatan blok diagram, perancangan sub-sistem monitoring, proses penyiraman, serta pengukuran level air di tandon. Komponen utama yang digunakan seperti mikrokontroler ESP32, sensor *soil moisture*, sensor suhu DS18B20, sensor ultrasonik HC-SR04, *flowmeter*, serta modul *relay* dan pompa air.

Sistem dirancang agar dapat mengatur penyiraman berdasarkan tiga pola penyiraman yang berbeda seperti disiram setiap hari, setiap tiga hari sekali, dan tidak disiram sama sekali dengan keputusan penyiraman yang telah ditentukan oleh logika *fuzzy*. Implementasi dilakukan dengan menyusun perangkat keras pada lahan uji serta perangkat lunak untuk memprogram mikrokontroler menggunakan Arduino IDE. Komunikasi antar perangkat dilakukan secara nirkabel melalui MQTT dan data akan ditampilkan di aplikasi *Blynk* secara *real-time* agar dapat dipantau dari jarak jauh. Metode pengujian dilakukan untuk mengevaluasi akurasi sensor dan keandalan sistem dalam melakukan penyiraman sesuai kebutuhan

tanaman. Setiap sensor diuji secara berulang untuk menghitung nilai akurasi, *error*, dan konsistensi data. Selain itu, dilakukan pengamatan terhadap performa sistem dalam menjalankan jadwal penyiraman otomatis menggunakan RTC dan keakuratan perhitungan banyaknya air berdasarkan data dari flowmeter. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk menganalisis data hasil pengujian untuk menilai efektivitas dan efisiensi sistem dalam mendukung pertanian ubi ungu yang berkelanjutan dan untuk menjaga kelembapan tanah optimal.

1.6 Jadwal Pelaksanaan

Untuk memastikan proses perancangan dan implementasi sistem penyiraman otomatis berbasis suhu dan kelembapan tanah terhadap tanaman ubi ungu berjalan secara terstruktur dan efisien, dibuatlah jadwal pelaksanaan yang memuat tahapan-tahapan utama dalam penelitian ini. Jadwal disusun berdasarkan estimasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap tahapan mulai dari studi literatur, perancangan sistem, pengujian, sampai penyusunan laporan akhir. Dengan adanya jadwal pelaksanaan tugas akhir dapat lebih terarah dan sesuai dengan target waktu yang telah ditentukan seperti pada tabel 1.1.

Tabel 1.1 Jadwal pelaksanaan

No.	Deskripsi Tahapan	Durasi	Tanggal Selesai	Milestone
1.	Studi literatur dan survei lapangan	2 Minggu	26 September 2024	Melakukan kajian pustaka dan survei lapangan
2.	Penentuan kebutuhan alat	2 Minggu	15 November 2024	Memilih dan menentukan komponen yang akan digunakan dalam sistem
3.	Perancangan sistem (<i>hardware</i> dan <i>software</i>)	16 Minggu	12 Maret 2025	Mendesain dan membuat <i>prototype</i>

				sistem penyiraman otomatis yang terintegrasi dengan sensor <i>soil moisture</i>
4.	Pemasangan dan konfigurasi awal sensor	3 Minggu	15 Mei 2025	Melakukan percobaan sensor di lokasi dan konfigurasi awal untuk pengujian
5.	Pengujian sistem di kebun ubi	2 Minggu	17 Mei 2025	Melakukan uji coba sistem secara langsung di kebun ubi untuk memastikan sistem berjalan sesuai rencana
6.	Pengambilan data	2 Hari	31 Mei 2025	Mengumpulkan data hasil pengujian untuk dianalisis dan digunakan dalam evaluasi
7.	Evaluasi sistem berdasarkan data pengujian	1 Minggu	31 Mei 2025	Menganalisis data pengujian untuk menilai kinerja dan efektivitas sistem

8.	Penyusunan buku tugas akhir	2 Minggu	3 Juni 2025	Menyusun laporan akhir yang berisi seluruh proses, hasil, dan kesimpulan
----	-----------------------------	-------------	----------------	--