

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sektor pertanian di Indonesia menghadapi tantangan yang semakin kompleks seiring dengan perubahan iklim yang bersifat tidak menentu. Fenomena tersebut ditandai oleh pola curah hujan yang sulit diprediksi, peningkatan suhu udara ekstrem, serta pergeseran musim tanam yang menyimpang dari pola sebelumnya. Kondisi ini berdampak langsung pada terganggunya siklus tanam dan panen, sehingga meningkatkan risiko terjadinya gagal panen serta menurunkan stabilitas produksi pertanian nasional.

Di sisi lain, sebagian besar petani masih mengandalkan metode tradisional pada proses pengelolaan lahan pertanian tanpa dukungan teknologi modern yang mampu menunjang pengambilan keputusan berbasis data. Keterbatasan pemanfaatan teknologi menyebabkan petani kesulitan memantau kondisi lahan secara akurat dan berkelanjutan. Akibatnya, efisiensi pengelolaan sumber daya serta produktivitas sektor pertanian nasional masih belum mencapai tingkat yang optimal.

Permasalahan tersebut juga sangat dirasakan pada praktik budidaya tanaman bawang, yang memiliki kebutuhan air dan nutrisi relatif sensitif terhadap kondisi lingkungan. Sistem irigasi dan pemupukan masih menjadi tantangan utama yang memengaruhi hasil panen. Salah satu permasalahan yang sering terjadi adalah penyiraman yang tidak terukur, di mana irigasi dilakukan secara manual tanpa mempertimbangkan kondisi kelembapan tanah secara aktual. Hal ini menyebabkan

tanaman bawang berisiko mengalami kelebihan air (*over-irigasi*) maupun kekurangan air (*under-irigasi*), yang berdampak negatif terhadap pertumbuhan tanaman.

Kelembapan tanah yang berlebih akibat *over-irigasi* dapat memicu perkembangan penyakit, seperti busuk umbi, yang menurunkan kualitas dan kuantitas hasil panen. Sebagai contoh, pada tahun 2023 di Kabupaten Brebes, sekitar 4.500 hektare lahan pertanian dilaporkan mengalami gagal panen akibat praktik *over-irigasi*. Sebaliknya, pada musim kemarau, keterlambatan penyiraman dapat menyebabkan tanaman mengalami stres air yang menghambat pertumbuhan dan perkembangan umbi bawang.

Selain irigasi, pemupukan tanaman bawang juga umumnya masih dilakukan secara konvensional, yaitu berdasarkan kebiasaan atau takaran umum tanpa mempertimbangkan kondisi tanah serta fase pertumbuhan tanaman. Praktik tersebut berpotensi menimbulkan ketidakseimbangan nutrisi, baik berupa kelebihan unsur hara yang dapat meracuni tanaman maupun kekurangan unsur penting seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, yang berperan penting dalam pembentukan dan pembesaran umbi.

Perkembangan teknologi mikrokontroler dan sensor memberikan peluang untuk mengatasi permasalahan tersebut melalui penerapan sistem irigasi otomatis yang lebih presisi. Penelitian oleh Rozzi et al. (2023) menunjukkan bahwa implementasi sistem kontrol otomatis berbasis Arduino mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air dibandingkan sistem manual. Namun, sistem tersebut

masih memiliki keterbatasan, terutama pada aspek monitoring jarak jauh dan integrasi data secara *real-time*.

Integrasi teknologi *Internet of Things* (IoT) menawarkan solusi yang lebih komprehensif melalui kemampuan pertukaran data secara *real-time*, kontrol jarak jauh, serta analisis data untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat. Platform IoT seperti Blynk menyediakan infrastruktur yang mendukung pengembangan sistem monitoring dan kontrol tanaman secara terpadu (Zulfachmi et al., 2023).

Penelitian oleh Irfianto et al. (2025) yang berjudul Efektivitas Penyiram Tanaman Bawang Merah Otomatis Menggunakan Sensor *Moisture Soil* dan Modul GSM telah memanfaatkan sensor kelembapan tanah, sensor pH tanah, modul GSM, dan pompa air untuk mengatur penyiraman air dan nutrisi. Meskipun demikian, penelitian tersebut masih memiliki beberapa keterbatasan, antara lain konsumsi daya baterai yang relatif boros, belum tersedianya pemantauan secara *real-time* berbasis IoT, serta mekanisme pemberian air dan nutrisi yang belum sepenuhnya menyesuaikan kebutuhan aktual tanaman secara dinamis.

Penelitian terbaru oleh Dharashive dan Sawale (2024) juga menyoroti berbagai tantangan teknis pada sistem irigasi berbasis IoT, seperti kompleksitas integrasi berbagai sensor, tingginya biaya perangkat keras dan perangkat lunak, serta keterbatasan infrastruktur pendukung, termasuk sistem otomasi dan prakiraan cuaca. Selain itu, sebagian besar pendekatan yang ada belum menyediakan kerangka kerja praktis yang mudah diterapkan secara luas pada skala pertanian kecil.

Berdasarkan kondisi tersebut, masih terbuka peluang besar untuk mengembangkan sistem irigasi dan pemupukan berbasis IoT yang efisien, hemat energi, serta mampu menyesuaikan pemberian air dan nutrisi secara cerdas sesuai kebutuhan tanaman. Sistem yang dikembangkan juga diharapkan mudah diterapkan pada pertanian skala kecil, khususnya budidaya bawang merah pada lahan urban.

Oleh karena itu, penelitian ini dirancang untuk menyempurnakan keterbatasan penelitian sebelumnya melalui pengembangan sistem monitoring dan kendali irigasi serta pemupukan tanaman berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini memanfaatkan sensor pH tanah untuk mengukur tingkat keasaman tanah yang memengaruhi penyerapan nutrisi, serta sensor soil moisture untuk menentukan waktu dan durasi penyiraman berdasarkan kondisi kelembapan tanah. Sumber daya sistem disuplai oleh panel surya yang terintegrasi dengan modul *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) guna mengoptimalkan konversi dan penyimpanan energi listrik secara berkelanjutan. Sensor ultrasonik digunakan untuk memantau ketinggian air dan larutan nutrisi pada tangki penyimpanan. Seluruh proses irigasi dan pemupukan dikendalikan secara otomatis menggunakan *water pump* dan *peristaltic pump*, sementara data sensor dan status sistem dikirimkan melalui jaringan internet untuk memungkinkan pemantauan dan notifikasi secara *real-time* melalui platform Blynk dan Telegram. Berdasarkan uraian tersebut, dilakukan penelitian dengan judul **“Smart Irrigation dan Fertilization System Berbasis IoT pada Tanaman Bawang dengan Memanfaatkan Solar Panel dan Baterai LiFePO₄ sebagai Daya”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dapat dirumuskan masalah pembuatan sistem ini sebagai berikut:

1. Bagaimana sistem *telemonitoring* dapat mengumpulkan data secara *real-time* mengenai kondisi lahan pertanian seperti kelembapan dan pH?
2. Bagaimana *Arduino Mega 2560* dapat digunakan sebagai pengontrol utama sistem *smart irrigation dan fertilization*?
3. Bagaimana *ESP8266* dapat digunakan untuk mengirimkan data sensor pada sistem *smart irrigation dan fertilization*?
4. Bagaimana *Solar Panel* dapat digunakan sebagai sumber daya sistem baterai *LivePO4* yang tersimpan?

1.3 Batasan masalah

Batasan masalah adalah penjabaran ruang lingkup dari suatu penelitian atau proyek yang bertujuan untuk memperjelas fokus pembahasan dan menghindari meluasnya topik yang dikaji. Batasan ini berfungsi untuk membatasi variabel, objek, lokasi, waktu, atau aspek-aspek tertentu agar penelitian atau pengembangan sistem menjadi lebih terarah, efisien, dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Dengan adanya batasan masalah, peneliti dapat menentukan prioritas dalam pengumpulan data, analisis, serta perancangan sistem yang dilakukan.

Banyaknya permasalahan yang timbul dari latar belakang yang telah berhasil peneliti rumuskan di atas maka diperlukan ruang lingkup masalah guna membatasi permasalahan yang akan terjadi, antara lain:

1. Sistem telemonitoring yang dirancang mencakup pemantauan kelembapan dan pH tanah.
2. Fungsi sistem pada penelitian ini dibatasi pada pengelolaan irigasi dan pemupukan tanaman bawang secara otomatis. Sistem tidak mencakup aspek lain dalam budidaya tanaman bawang, seperti pengendalian hama dan penyakit, pemantauan pertumbuhan tanaman, maupun analisis hasil panen.
3. Sistem ini dirancang untuk skala implementasi kecil pada beberapa unit tanaman bawang, sehingga tidak mencakup sistem manajemen pertanian skala besar atau industri.
4. Penggunaan sumber energi terbarukan dan sistem IoT hanya menggunakan sumber daya dari solar panel dan *Baterai LiFePO4* sebagai sumber energi utama, serta memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan data secara *real-time*, tanpa menggunakan listrik PLN atau metode pemantauan manual.

1.4 Hipotesa

Hipotesa adalah dugaan atau jawaban sementara terhadap suatu permasalahan atau pertanyaan penelitian yang kebenarannya masih perlu dibuktikan melalui proses penelitian ilmiah. Hipotesa disusun berdasarkan kajian teori, pengalaman, atau pengamatan awal, dan berfungsi sebagai pedoman untuk mengarahkan proses penelitian, termasuk pengumpulan dan analisis data. Dalam penelitian kuantitatif, hipotesa biasanya dirumuskan dalam bentuk hubungan antara dua atau lebih variabel, seperti pengaruh, perbedaan, atau hubungan sebab-akibat.

Berdasarkan pada perumusan masalah di atas. Maka dapat diambil hipotesis sebagai berikut:

1. Diharapkan sistem *telemonitoring* dapat mengumpulkan data *secara real-time* mengenai kondisi lahan pertanian seperti kelembapan dan pH.
2. Diharapkan *Arduino Mega 2560* dapat digunakan sebagai pengontrol utama sistem.
3. Diharapkan *ESP8266* dapat digunakan untuk mengirimkan data sensor pada sistem *smart irrigation* dan *fertilization*.
4. Diharapkan *Solar Panel* dapat digunakan sebagai sumber daya sistem baterai *LivePO4* yang tersimpan.

1.5 Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan otomatisasi smart irrigation dan fertilization berbasis IoT yang dapat mengatasi masalah-masalah di atas. Berikut yang diinginkan dicapai adalah:

1. Merancang dan mengembangkan sistem telemonitoring berbasis IoT yang mampu memantau parameter kelembapan tanah, suhu, dan pH tanah secara *real-time*. Melakukan pengujian sistem pada skala kecil yang difokuskan pada tanaman bawang sebagai objek uji coba.
2. Mengoptimalkan produktivitas tanaman melalui pengaturan jadwal irigasi dan fertilisasi berbasis data menggunakan *Arduino Mega 2560* tanpa mencakup aspek budidaya secara menyeluruh.

3. Membuat sistem *Smart Irrigation* dan *Fertilization* yang memberikan kemudahan serta kenyamanan bagi pengguna dalam memantau dan mengontrol sistem secara otomatis dan jarak jauh.
4. Mengimplementasikan sistem catu daya berbasis *Solar Panel* dan *Baterai LivePo4* dengan modul MPTT(*solar charge control*) sebagai pengontrol proses pengisian dan optimalisasi energi.

1.6 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

A. Bagi Penulis:

1. Menambah pengetahuan dan pengalaman dalam merancang serta membangun sistem berbasis IoT untuk sektor pertanian secara nyata.
2. Meningkatkan keterampilan teknis dalam pemrograman mikrokontroler, integrasi sensor, serta pemanfaatan energi terbarukan seperti solar panel.

B. Bagi Program Studi:

1. Menjadi salah satu referensi dan kontribusi ilmiah dalam pengembangan teknologi tepat guna di bidang sistem komputer dan pertanian.
2. Mendorong mahasiswa lain untuk mengembangkan penelitian serupa yang aplikatif dan sesuai dengan kebutuhan masyarakat.

C. Bagi Masyarakat:

1. Memberikan solusi modern untuk membantu petani dalam mengelola irigasi dan pemupukan secara otomatis dan efisien.
2. Membantu meningkatkan produktivitas pertanian dan mengurangi kerugian akibat kesalahan dalam pengelolaan lahan.