

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sektor pertanian merupakan salah satu sektor strategis yang memiliki peran penting dalam mendukung ketahanan pangan, penyediaan bahan baku industri, peningkatan kesejahteraan masyarakat, serta pertumbuhan ekonomi suatu negara. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan kebutuhan pangan, sektor pertanian dituntut untuk mampu meningkatkan produktivitas tanpa mengabaikan aspek efisiensi dan keberlanjutan. Oleh karena itu, pemanfaatan teknologi menjadi salah satu pendekatan yang semakin banyak diterapkan untuk mendukung pengelolaan pertanian yang lebih modern, efektif, dan berbasis data [1].

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah mendorong transformasi pada berbagai sektor, termasuk sektor pertanian. Salah satu konsep yang berkembang pesat adalah **smart agriculture** atau pertanian cerdas, yaitu penerapan teknologi digital untuk membantu proses budidaya melalui pemanfaatan sensor, komunikasi data, otomatisasi, dan analisis informasi. Pendekatan ini memungkinkan petani memperoleh informasi mengenai kondisi lingkungan secara lebih cepat sehingga keputusan dalam kegiatan budidaya dapat dilakukan berdasarkan data yang aktual. Penerapan smart agriculture diharapkan mampu meningkatkan produktivitas tanaman, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, serta mengurangi risiko kegagalan budidaya akibat perubahan kondisi lingkungan [2], [3].

Salah satu teknologi yang menjadi dasar pengembangan smart agriculture adalah **Internet of Things (IoT)**. Internet of Things merupakan konsep yang menghubungkan berbagai perangkat elektronik melalui jaringan internet sehingga perangkat tersebut mampu melakukan proses pengumpulan, pengiriman, dan pertukaran data secara otomatis. Dengan memanfaatkan teknologi IoT, berbagai sensor dapat diintegrasikan ke dalam suatu sistem monitoring yang mampu menyajikan informasi kondisi lingkungan secara **real-time**, sehingga pengguna dapat melakukan pemantauan tanpa harus berada secara langsung di lokasi budidaya. Selain meningkatkan efisiensi proses monitoring, penggunaan IoT juga mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan berbasis data sehingga menjadi salah satu teknologi yang banyak dikembangkan pada sektor pertanian modern [2], [4].

Dalam implementasinya, sistem monitoring berbasis IoT memanfaatkan berbagai sensor untuk memperoleh informasi mengenai kondisi lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan tanaman. Parameter seperti suhu udara, kelembapan udara, intensitas cahaya, kelembapan tanah, pH tanah, dan suhu tanah merupakan

faktor yang perlu dipantau karena memiliki pengaruh terhadap proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Informasi tersebut selanjutnya dikirimkan melalui jaringan internet menuju platform monitoring sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi lingkungan secara cepat dan melakukan tindakan yang diperlukan apabila terjadi perubahan pada parameter yang dipantau [5], [6].

Penerapan sistem monitoring berbasis Internet of Things pada sektor pertanian telah menunjukkan berbagai manfaat. Selain mempermudah proses pemantauan kondisi lingkungan, sistem ini juga mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air, mendukung proses penyiraman yang lebih tepat, serta mengurangi ketergantungan terhadap pengamatan manual yang umumnya dilakukan secara berkala. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa integrasi sensor dengan mikrokontroler dan platform monitoring berbasis internet mampu menghasilkan sistem yang lebih efektif dalam menyediakan informasi kondisi lingkungan dibandingkan metode konvensional [7], [8].

Sejalan dengan perkembangan tersebut, penerapan teknologi IoT pada greenhouse juga semakin banyak dikembangkan sebagai salah satu solusi untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan budidaya tanaman. Greenhouse merupakan lingkungan budidaya yang dirancang untuk menciptakan kondisi pertumbuhan tanaman yang lebih terkendali. Meskipun demikian, keberhasilan greenhouse tidak hanya bergantung pada kondisi fisik bangunan, tetapi juga pada kemampuan pengguna dalam memantau berbagai parameter lingkungan secara berkelanjutan. Oleh karena itu, sistem monitoring berbasis IoT menjadi salah satu teknologi yang berperan penting dalam mendukung pengelolaan greenhouse melalui penyediaan informasi kondisi lingkungan secara **real-time** sehingga tindakan yang diperlukan dapat dilakukan secara lebih cepat dan tepat [3], [9].

Dalam pengembangan sistem monitoring berbasis IoT, pemilihan perangkat keras menjadi salah satu aspek penting yang memengaruhi kinerja sistem. **ESP32 DevKit V1** merupakan salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan karena telah dilengkapi dengan modul Wi-Fi terintegrasi, memiliki kemampuan pemrosesan data yang baik, serta mendukung berbagai antarmuka komunikasi dengan sensor. Selain itu, penggunaan **sensor DHT22** memungkinkan sistem memperoleh data suhu dan kelembapan udara dengan tingkat akurasi yang baik, sedangkan **sensor soil moisture** digunakan untuk memantau kadar air pada media tanam. Integrasi berbagai sensor tersebut dengan platform monitoring seperti **Blynk** memungkinkan pengguna memperoleh informasi kondisi lingkungan secara **real-time** melalui perangkat bergerak maupun komputer sehingga proses monitoring dapat dilakukan secara lebih mudah dan efisien [10], [11], [12], [13].

Meskipun teknologi Internet of Things telah banyak diterapkan pada berbagai penelitian, implementasinya di tingkat masyarakat masih menghadapi berbagai tantangan, terutama pada sektor pertanian skala kecil dan menengah. Sebagian besar proses pemantauan kondisi lingkungan masih dilakukan secara manual sehingga informasi mengenai perubahan kondisi lingkungan belum dapat diperoleh secara cepat dan berkelanjutan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengembangan sistem monitoring berbasis IoT masih memiliki peluang yang besar untuk diterapkan sebagai salah satu solusi dalam mendukung transformasi pertanian menuju sistem budidaya yang lebih modern, efisien, dan berbasis data [1], [2].

Salah satu wilayah yang memiliki potensi untuk dikembangkan melalui penerapan teknologi pertanian adalah **Desa Bojong Renged**, Kecamatan Teluknaga, Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten. Desa ini memiliki potensi pada sektor pertanian dan perikanan yang dikelola oleh masyarakat melalui **Kelompok Tani Waru Brilliant** dan **Kelompok Perikanan Waru Brilliant**. Selain menjadi lokasi kegiatan budidaya, kawasan tersebut juga dikembangkan sebagai **Kampung Tematik Waru Brilliant** yang berorientasi pada pemberdayaan masyarakat berbasis potensi lokal. Keberadaan kelompok masyarakat yang aktif serta dukungan pemerintah desa menjadi modal penting dalam pengembangan inovasi teknologi yang dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas pengelolaan sektor pertanian.

Berdasarkan hasil observasi dan asesmen lapangan yang dilakukan sebelum pelaksanaan program, masih ditemukan beberapa kendala pada proses budidaya tanaman. Pemantauan kondisi lingkungan seperti suhu udara, kelembapan udara, intensitas cahaya, kelembapan tanah, pH tanah, dan suhu tanah masih dilakukan secara manual melalui pengamatan langsung. Metode tersebut menyebabkan informasi mengenai perubahan kondisi lingkungan tidak dapat diperoleh secara cepat dan berkelanjutan sehingga proses pengambilan keputusan dalam kegiatan budidaya masih sangat bergantung pada pengalaman pengguna. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penerapan sistem monitoring berbasis teknologi masih diperlukan untuk mendukung pengelolaan pertanian yang lebih efektif dan berbasis data.

Selain belum tersedianya sistem monitoring yang terintegrasi, hasil observasi juga menunjukkan bahwa kondisi greenhouse yang digunakan sebagai media budidaya masih memerlukan revitalisasi agar dapat mendukung penerapan teknologi secara optimal. Greenhouse memiliki fungsi penting dalam menciptakan lingkungan budidaya yang lebih terkontrol, namun tanpa adanya sistem pemantauan yang memadai pengguna tetap mengalami kesulitan dalam mengetahui perubahan kondisi lingkungan yang terjadi di dalam greenhouse. Oleh karena itu, pemanfaatan teknologi Internet of Things dipandang sebagai salah satu solusi yang mampu

meningkatkan efektivitas proses monitoring melalui penyediaan data lingkungan secara **real-time** sehingga tindakan yang diperlukan dapat dilakukan dengan lebih cepat [9].

Sebagai bentuk implementasi **Tri Dharma Perguruan Tinggi**, khususnya pada bidang pengabdian kepada masyarakat, Universitas Multimedia Nusantara melaksanakan **Program Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) Skema Pemberdayaan Desa Binaan (PDB)**. Program ini bertujuan meningkatkan kapasitas masyarakat melalui penerapan teknologi tepat guna yang disesuaikan dengan kebutuhan mitra. Berbagai kegiatan yang dilaksanakan meliputi revitalisasi greenhouse, pengembangan sistem pertanian berbasis Internet of Things, pemanfaatan energi terbarukan, pelatihan teknologi, serta pendampingan masyarakat dalam pengelolaan sektor pertanian dan perikanan. Melalui pendekatan tersebut diharapkan masyarakat tidak hanya memperoleh teknologi, tetapi juga memiliki kemampuan untuk mengoperasikan dan mengembangkan teknologi tersebut secara mandiri.

Dalam pelaksanaan Program Pemberdayaan Desa Binaan, pengembangan teknologi tidak hanya berorientasi pada pembuatan perangkat, tetapi juga diarahkan untuk menghasilkan solusi yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Pendekatan ini sejalan dengan konsep penerapan Internet of Things pada sektor pertanian yang menempatkan teknologi sebagai sarana untuk meningkatkan efisiensi, efektivitas, dan kualitas pengambilan keputusan berdasarkan data hasil pemantauan lingkungan [2], [6]. Dengan demikian, teknologi yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai inovasi teknis, tetapi juga menjadi bagian dari upaya pemberdayaan masyarakat dalam mendukung keberlanjutan kegiatan budidaya.

Berdasarkan kondisi tersebut, pengembangan sistem monitoring enam parameter lingkungan pertanian (suhu udara, kelembapan udara, intensitas cahaya, kelembapan tanah, pH tanah, dan suhu tanah) berbasis Internet of Things menjadi salah satu solusi yang relevan untuk diterapkan pada kegiatan budidaya di Desa Bojong Renged. Sistem monitoring memungkinkan proses pengumpulan data dilakukan secara otomatis menggunakan berbagai sensor yang terhubung dengan mikrokontroler dan jaringan internet sehingga informasi mengenai kondisi lingkungan dapat dipantau secara **real-time** melalui perangkat bergerak. Penerapan sistem seperti ini diharapkan mampu membantu pengguna dalam melakukan pemantauan kondisi lingkungan secara lebih mudah, meningkatkan efisiensi proses budidaya, serta menjadi dasar pengembangan sistem pertanian yang lebih modern di masa mendatang [7], [8].

Sebagai bagian dari pelaksanaan Program Pengabdian kepada Masyarakat Skema Pemberdayaan Desa Binaan, Universitas Multimedia Nusantara melibatkan

mahasiswa melalui kegiatan **Professional Skill and Technology Project (PRO-STEP)**. Program ini dirancang sebagai wadah bagi mahasiswa untuk mengimplementasikan kompetensi akademik dalam menyelesaikan permasalahan nyata yang dihadapi masyarakat. Melalui kegiatan tersebut, mahasiswa tidak hanya menerapkan teori yang diperoleh selama proses perkuliahan, tetapi juga mengembangkan kemampuan dalam melakukan identifikasi masalah, perancangan solusi, implementasi teknologi, hingga evaluasi hasil yang diperoleh. Dengan demikian, PRO-STEP menjadi sarana pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*) yang mampu menghubungkan kompetensi akademik dengan kebutuhan masyarakat secara langsung.

Dalam pelaksanaan kegiatan PRO-STEP di Desa Bojong Renged, setiap mahasiswa diberikan tanggung jawab terhadap salah satu luaran program sesuai dengan kompetensi bidang keilmuan masing-masing. Pada kegiatan ini, penulis memperoleh tanggung jawab untuk merancang dan membangun **prototipe sistem monitoring suhu udara, kelembapan udara, intensitas cahaya, kelembapan tanah, pH tanah, dan suhu tanah berbasis Internet of Things (IoT)** sebagai salah satu bentuk dukungan terhadap pengembangan teknologi pada sektor pertanian. Prototipe yang dikembangkan dirancang untuk membantu proses pemantauan kondisi lingkungan budidaya tanaman melalui pengukuran suhu udara, kelembapan udara, intensitas cahaya, kelembapan tanah, pH tanah, dan suhu tanah secara **real-time**. Informasi yang diperoleh diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengguna dalam melakukan pemantauan kondisi lingkungan secara lebih efektif dibandingkan metode pengamatan manual.

Pengembangan prototipe dilakukan menggunakan **ESP32 DevKit V1** sebagai mikrokontroler utama karena memiliki modul Wi-Fi terintegrasi, kemampuan pemrosesan data yang baik, serta mendukung komunikasi dengan berbagai jenis sensor. Dibandingkan dengan mikrokontroler yang memerlukan modul komunikasi tambahan, ESP32 menawarkan proses integrasi yang lebih sederhana sehingga sesuai digunakan pada pengembangan sistem monitoring berbasis Internet of Things [11]. Selanjutnya, sistem diintegrasikan dengan **sensor DHT22** untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, **sensor LDR** untuk mengukur intensitas cahaya, **sensor soil moisture** untuk mengetahui kelembapan tanah, serta **sensor NPK lima pin** yang dimanfaatkan untuk membaca nilai pH tanah dan suhu tanah. Kombinasi sensor tersebut dipilih agar sistem mampu memberikan informasi kondisi lingkungan yang lebih komprehensif sebagai pendukung kegiatan budidaya tanaman [10], [13].

Pemilihan keenam parameter tersebut, yaitu suhu udara, kelembapan udara, intensitas cahaya, kelembapan tanah, pH tanah, dan suhu tanah, didasarkan pada

peran masing-masing parameter dalam memengaruhi proses pertumbuhan tanaman di lingkungan greenhouse. Suhu udara dan kelembapan udara berkaitan erat dengan proses respirasi dan transpirasi tanaman, sedangkan intensitas cahaya memengaruhi laju fotosintesis. Kelembapan tanah dan suhu tanah menentukan kondisi perakaran serta aktivitas mikroorganisme dalam media tanam, sementara pH tanah memengaruhi kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara dari media tanam. Dengan memantau keenam parameter tersebut secara bersamaan, sistem yang dikembangkan diharapkan mampu memberikan gambaran kondisi lingkungan budidaya secara lebih menyeluruh dibandingkan apabila hanya sebagian parameter yang dipantau [3], [6].

Data hasil pembacaan seluruh sensor diproses oleh ESP32 DevKit V1 dan dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi menuju **platform Blynk** sebagai media monitoring berbasis *cloud*. Penggunaan Blynk dipilih karena menyediakan antarmuka yang mudah dikonfigurasi, mendukung komunikasi data secara **real-time**, serta memungkinkan pengguna memantau kondisi lingkungan melalui perangkat bergerak (*smartphone*) maupun komputer. Selain itu, platform ini juga mendukung pengembangan sistem Internet of Things dengan kebutuhan perangkat keras yang relatif sederhana sehingga sesuai digunakan pada pengembangan prototipe untuk kegiatan pemberdayaan masyarakat [12].

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring pertanian berbasis Internet of Things dengan memanfaatkan kombinasi sensor lingkungan dan mikrokontroler. Penelitian yang dilakukan oleh [13] mengembangkan sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis ESP32, sensor DHT22, sensor *soil moisture*, dan platform Blynk, sedangkan [7] mengembangkan sistem monitoring kelembapan tanah yang diintegrasikan dengan penyiraman otomatis. Penelitian lain oleh [9] juga menunjukkan bahwa penerapan konsep *smart greenhouse* berbasis Internet of Things mampu meningkatkan efektivitas pengelolaan lingkungan budidaya tanaman. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut berfokus pada pengembangan perangkat dan pengujian sistem, sedangkan implementasi teknologi sebagai bagian dari program pemberdayaan masyarakat masih relatif terbatas.

Berdasarkan kondisi tersebut, pengembangan prototipe pada kegiatan ini tidak hanya berorientasi pada keberhasilan integrasi perangkat keras dan perangkat lunak, tetapi juga diarahkan untuk menghasilkan solusi yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat di Desa Bojong Renged. Prototipe dirancang dengan mempertimbangkan aspek kemudahan penggunaan, kemudahan perawatan, serta peluang pengembangan lebih lanjut sehingga dapat menjadi dasar dalam penerapan teknologi digital pada sektor pertanian. Dengan demikian, sistem yang

dikembangkan diharapkan tidak hanya berfungsi sebagai media monitoring, tetapi juga menjadi langkah awal menuju penerapan **smart agriculture** yang lebih adaptif, efisien, dan berkelanjutan.

Berdasarkan uraian tersebut, laporan ini disusun untuk menjelaskan proses perancangan, implementasi, dan pengujian prototipe sistem monitoring suhu udara, kelembapan udara, intensitas cahaya, kelembapan tanah, pH tanah, dan suhu tanah berbasis Internet of Things sebagai bagian dari pelaksanaan Program Pemberdayaan Desa Binaan di Desa Bojong Renged, Kabupaten Tangerang. Selain mendokumentasikan proses pengembangan teknologi, laporan ini juga mengevaluasi kinerja prototipe serta kontribusinya dalam mendukung kegiatan budidaya tanaman dan implementasi teknologi tepat guna di lingkungan masyarakat.

1.2.Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, pelaksanaan Program Pengabdian kepada Masyarakat Skema Pemberdayaan Desa Binaan di Desa Bojong Renged bertujuan mendukung penerapan teknologi pada sektor pertanian melalui pengembangan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT). Oleh karena itu, rumusan masalah dalam laporan ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kondisi dan kebutuhan sistem monitoring lingkungan pertanian di Desa Bojong Renged sebagai dasar pengembangan prototipe?
2. Bagaimana proses perancangan dan implementasi prototipe sistem monitoring enam parameter lingkungan pertanian berbasis Internet of Things (IoT)?
3. Bagaimana kinerja prototipe dalam memantau suhu udara, kelembapan udara, intensitas cahaya, kelembapan tanah, pH tanah, dan suhu tanah secara **real-time**?
4. Bagaimana kontribusi prototipe sistem monitoring enam parameter lingkungan pertanian berbasis Internet of Things (IoT) terhadap pelaksanaan Program Pemberdayaan Desa Binaan di Desa Bojong Renged?

1.3.Tujuan Program

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan penyusunan laporan PRO-STEP ini adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis kondisi dan kebutuhan sistem monitoring lingkungan pertanian di Desa Bojong Renged sebagai dasar pengembangan prototipe.

2. Merancang dan mengimplementasikan prototipe sistem monitoring enam parameter lingkungan pertanian berbasis Internet of Things (IoT).
3. Mengevaluasi kinerja prototipe dalam memantau keenam parameter lingkungan pertanian (suhu udara, kelembapan udara, intensitas cahaya, kelembapan tanah, pH tanah, dan suhu tanah) secara **real-time**.
4. Mendeskripsikan kontribusi prototipe sistem monitoring enam parameter lingkungan pertanian berbasis Internet of Things (IoT) terhadap pelaksanaan Program Pemberdayaan Desa Binaan.

1.4. Manfaat Program

Pelaksanaan kegiatan Professional Skill and Technology Project (PRO-STEP) sebagai bagian dari Program Pemberdayaan Desa Binaan diharapkan memberikan manfaat bagi berbagai pihak yang terlibat, baik bagi masyarakat, perguruan tinggi, maupun mahasiswa.

1. Bagi Masyarakat

Program ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam mendukung penerapan teknologi pada sektor pertanian di Desa Bojong Renged sehingga masyarakat memperoleh alternatif solusi yang dapat meningkatkan efektivitas kegiatan budidaya serta mendorong pengelolaan pertanian yang lebih modern, efisien, dan berkelanjutan.

2. Bagi Universitas Multimedia Nusantara

Pelaksanaan kegiatan ini menjadi salah satu bentuk implementasi Tri Dharma Perguruan Tinggi, khususnya pada bidang pengabdian kepada masyarakat. Selain itu, kegiatan ini diharapkan dapat memperkuat kerja sama antara Universitas Multimedia Nusantara dengan pemerintah desa dan kelompok masyarakat dalam pengembangan teknologi tepat guna yang sesuai dengan kebutuhan mitra.

3. Bagi Mahasiswa

Kegiatan PRO-STEP memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk menerapkan kompetensi akademik yang telah diperoleh selama perkuliahan ke dalam penyelesaian permasalahan nyata di masyarakat. Melalui kegiatan ini, mahasiswa memperoleh pengalaman dalam proses identifikasi kebutuhan, perancangan solusi, implementasi, hingga evaluasi hasil sehingga mampu meningkatkan kompetensi teknis maupun nonteknis sebagai bekal dalam dunia profesional.

4. Bagi Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi

Hasil pelaksanaan proyek diharapkan dapat menjadi salah satu referensi dalam pengembangan teknologi tepat guna, khususnya pada penerapan sistem monitoring berbasis *IoT* untuk mendukung kegiatan pertanian. Selain itu, proyek ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan inovasi selanjutnya yang disesuaikan dengan kebutuhan masyarakat dan perkembangan teknologi.