

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Paradigma teknologi *Internet of Things* (IoT) saat ini telah diimplementasikan dalam berbagai bidang, termasuk sektor pertanian dan lingkungan , dengan tujuan memberikan pemahaman yang lebih akurat dan cerdas terhadap kondisi lingkungan. Di Indonesia, khususnya di Provinsi Bali, sektor pertanian merupakan salah satu prioritas dalam visi pembangunan daerah “Nangun Sat Kerthi Loka Bali”, yang membutuhkan dukungan teknologi tepat guna, terutama dalam praktik pertanian organik yang terus berkembang (Gubernur Bali, 2019)(Gubernur Bali, 2021). Salah satu teknologi yang relevan dalam mendukung pertanian adalah pertanian presisi *Precision Agriculture* (PA), yang secara luas telah dikembangkan di berbagai negara untuk memantau kondisi lingkungan secara jarak jauh dan real-time (Nowak, 2021).

Pemantauan lingkungan yang akurat dan real-time di area perkebunan Durian memiliki peran strategis dalam mendukung pertanian berkelanjutan dan meningkatkan produktivitas. Informasi tentang kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban, curah hujan, dan kelembaban tanah sangat diperlukan untuk pengambilan keputusan yang tepat dalam pengelolaan lahan, termasuk dalam penjadwalan irigasi, pemupukan, dan perlindungan tanaman (I Gede Aris Gunadi, 2022).

Berdasarkan urgensi tersebut, mahasiswa memilih judul tugas akhir ini yaitu “Pengembangan Sistem Monitoring Cuaca Real-Time Berbasis Raspberry Pi dan IoT di Perkebunan Durian”. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan

mengimplementasikan sebuah sistem monitoring cuaca (*Weather Station*) berbasis IoT yang mampu memantau kondisi cuaca secara real-time, sekaligus memberikan solusi teknologi yang terjangkau, dan dapat diakses melalui aplikasi mobile oleh petani lokal.

Sistem yang dikembangkan melibatkan prototipe alat monitoring cuaca (*Weather Station*) yang terdiri dari berbagai sensor lingkungan seperti suhu dan kelembaban udara (DHT22), kelembaban tanah (*Soil Moisture Sensor*), dan curah hujan (*Tipping Bucket Rain Gauge*). Data dari sensor-sensor tersebut akan diproses oleh Raspberry Pi, yang berfungsi sebagai pusat pengendali sekaligus server lokal, yang ditampilkan ke sebuah layar LCD 16x2, lalu dikirimkan secara langsung ke cloud IoT MQTT yang dapat diakses melalui internet dan aplikasi mobile IoT MQTT Panel di smartphone berbasis Android.

Pemilihan Raspberry Pi dalam penelitian ini didasarkan pada keunggulannya sebagai perangkat komputasi mini dengan daya rendah namun berkemampuan tinggi (Upton, 2012). Pemanfaatan teknologi *Internet of Things (IoT)* dapat digunakan sebagai solusi untuk memantau dan mengendalikan konsumsi energi listrik secara real-time pada lingkungan rumah tangga, sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi (Akbar et al., 2019). Dengan ukuran seukuran kartu kredit, Raspberry Pi dapat mengendalikan sensor, memproses data, serta mengelola koneksi jaringan untuk komunikasi data. Untuk mendukung pengiriman data secara efisien, sistem di cloud IoT MQTT mendukung protokol komunikasi MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) karena bersifat ringan, andal, dan cocok untuk perangkat IoT dengan bandwidth terbatas (Soni & Makwana, 2017).

Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan efektivitas penggunaan sistem IoT dalam monitoring cuaca. Menurut penelitian oleh (Aji, 2018), sistem monitoring cuaca berbasis Raspberry Pi dan MQTT mampu menampilkan data suhu dan kelembaban secara real-time dengan akurasi yang baik dan konsumsi dayarendah. Namun, hingga saat ini, implementasi sistem tersebut di perkebunan, masih belum banyak dilakukan, padahal areal perkebunan sangat membutuhkan infrastruktur teknologi informasi yang dapat membantu para petani. Keterbatasan infrastruktur komunikasi dan pemahaman teknologi di kalangan petani menjadi hambatan yang masih perlu diatasi. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang partisipatif, yaitu melibatkan sekolah, universitas, pemerintah daerah, dan komunitas lokal dalam pengembangan dan pengelolaan sistem ini.

Sistem stasiun cuaca berbasis IoT ini juga mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*), khususnya pada tujuan ke-13 yaitu “Mengatasi Perubahan Iklim dan Dampaknya” (UNDP, 2015). Informasi cuaca yang cepat dan akurat dapat membantu masyarakat merespons perubahan iklim secara lebih adaptif. Selain itu, penerapan teknologi ini sejalan dengan program Smart City Buleleng (Bupati Buleleng, 2024), yang mengusung transformasi digital dalam pelayanan publik dan pengelolaan sumber daya alam. Melalui pengembangan dan implementasi sistem monitoring cuaca berbasis Raspberry Pi dengan koneksi IoT MQTT Panel, diharapkan tercipta sistem pemantauan cuaca yang murah, akurat, dan dapat diakses oleh petani. Keberadaan sistem ini akan memberikan dampak positif tidak hanya secara teknis, tetapi juga secara sosial dan ekonomi untuk kalangan para petani.

Dengan mempertimbangkan berbagai aspek tersebut, maka penelitian mengenai implementasi sistem ini sangat relevan untuk dilaksanakan sebagai tugas akhir mahasiswa. Penelitian ini akan mencakup perancangan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, pengujian data real-time, serta evaluasi kinerja sistem secara keseluruhan dalam konteks kondisi lingkungan di perkebunan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, dapat diidentifikasi sejumlah permasalahan yang menjadi dasar pelaksanaan tugas akhir ini, antara lain:

1. Belum tersedianya sistem pemantauan cuaca berbasis IoT yang terintegrasi dan *real-time* di wilayah perkebunan yang dapat diakses secara langsung oleh petani melalui perangkat mobile.
2. Minimnya pemanfaatan teknologi tepat guna seperti Raspberry Pi dan protokol komunikasi MQTT dalam mendukung pertanian presisi (*Precision Agriculture*) di daerah dataran tinggi yang memiliki kerentanan terhadap perubahan cuaca.
3. Kurangnya infrastruktur teknologi informasi dan komunikasi (TIK) yang mendukung pengambilan keputusan berbasis data lingkungan secara cepat dan efisien, terutama bagi petani lokal dengan tingkat literasi digital yang masih terbatas.
4. Keterbatasan sistem monitoring cuaca konvensional, yang umumnya bersifat manual, kurang akurat, tidak real-time, dan tidak terintegrasi dengan penyimpanan atau visualisasi data secara daring (*cloud-based*).

5. Belum adanya media visualisasi data cuaca sederhana dan portabel yang bisa ditampilkan secara lokal melalui layar LCD maupun melalui aplikasi mobile berbasis Android sebagai alat bantu pemantauan bagi petani di lapangan.

1.3 Pembatasan Masalah

Agar penelitian ini terfokus dan dapat dilaksanakan secara optimal, maka ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem yang dirancang terbatas pada pemantauan cuaca hanya di area perkebunan Durian.
2. Sensor yang digunakan hanya mencakup parameter lingkungan tertentu, yaitu suhu dan kelembaban udara (DHT22), kelembaban tanah (*Soil Moisture Sensor*), dan curah hujan (*Tipping Bucket Rain Gauge*).
3. Unit pengendali sistem menggunakan Raspberry Pi, yang berfungsi untuk membaca data sensor, menampilkan data pada layar LCD 16x2, serta mengirimkan data ke layanan *cloud* melalui protokol komunikasi MQTT.
4. Platform *cloud* yang digunakan dibatasi pada sistem IoT MQTT, dengan antarmuka pemantauan berbasis aplikasi mobile Android menggunakan IoT MQTT Panel.
5. Sistem ini hanya difokuskan pada proses pemantauan (*monitoring*) kondisi lingkungan secara *real-time*, tanpa disertai dengan sistem kontrol otomatis (*actuator*) seperti pompa irigasi atau pengatur

ventilasi.

6. Visualisasi data lokal hanya ditampilkan melalui LCD 16x2, sedangkan visualisasi berbasis grafik dan digital dilakukan melalui aplikasi mobile yang telah terhubung dengan server MQTT.
7. Pengujian sistem dilakukan dalam skala terbatas, yaitu dalam satu lokasi perkebunan sebagai studi kasus, dan belum mencakup pengujian multizonal atau skala luas.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan batasan masalah yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem monitoring cuaca berbasis Raspberry Pi yang mampu membaca data dari sensor suhu, kelembaban udara, kelembaban tanah, dan curah hujan secara *real-time*?
2. Bagaimana cara mengirim dan menampilkan data cuaca secara real-time melalui cloud IoT MQTT ke aplikasi mobile IoT MQTT Panel berbasis Android?
3. Seberapa baik kinerja sistem monitoring cuaca yang dikembangkan dalam menampilkan data lingkungan secara akurat dan stabil di lokasi perkebunan Durian ?

1.5 Tujuan Penelitian Pengembangan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem monitoring cuaca berbasis Raspberry Pi yang mampu membaca dan mengolah data dari sensor suhu dan kelembaban udara (DHT22), kelembaban tanah (*Soil Moisture Sensor*), serta curah hujan (*Tipping Bucket Rain Gauge*) secara *real-time*.
2. Mengimplementasikan protokol komunikasi MQTT untuk mengirimkan data cuaca secara efisien dari Raspberry Pi ke layanan cloud IoT MQTT, dan menampilkannya melalui aplikasi mobile IoT MQTT Panel berbasis Android.
3. Menguji dan mengevaluasi kinerja sistem monitoring cuaca dalam hal keakuratan pembacaan sensor, kestabilan pengiriman data real-time, serta keandalan tampilan informasi cuaca di area perkebunan.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- a. Manfaat Akademis
 1. Menambah referensi ilmiah dalam bidang teknologi Internet of Things (IoT), khususnya dalam penerapannya pada sistem monitoring cuaca di sektor pertanian.
 2. Memberikan peluang bagi mahasiswa dan pelajar untuk belajar langsung melalui pendekatan *project-based learning* dalam bidang elektronika, pemrograman, dan teknologi lingkungan.

3. Mendorong kolaborasi antara lembaga pendidikan, pemerintah daerah, dan masyarakat dalam pengembangan teknologi tepat guna berbasis kebutuhan lokal.

b. Manfaat Praktis

1. Memberikan solusi pemantauan cuaca secara real-time yang murah dan mudah digunakan oleh petani..
2. Membantu petani dalam pengambilan keputusan yang lebih tepat, misalnya dalam hal waktu tanam, irigasi, pemupukan, dan perlindungan tanaman.
3. Mendukung program pembangunan berkelanjutan (SDGs), terutama dalam hal adaptasi terhadap perubahan iklim dan pengelolaan sumber daya alam secara efisien.
4. Mendorong digitalisasi sektor pertanian di Bali dalam kerangka program Smart City Buleleng.

