

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Indonesia, sebagai negara kepulauan dengan lahan pertanian luas, menghadapi tantangan besar dalam menjaga ketahanan pangan akibat perubahan iklim, degradasi lahan, dan pertumbuhan populasi. Menurut data *Global Food Security Index* (GFSI) tahun 2022, Indonesia berada di posisi ke-63 dari total 113 negara, dengan skor sebesar 60,2. Capaian ini mencerminkan tingkat ketahanan pangan Indonesia yang masih tergolong rendah jika dibandingkan dengan negara-negara lain di kawasan Asia Tenggara [1]. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan solusi teknologi yang efisien untuk meningkatkan ketahanan pangan, salah satunya adalah melalui penggunaan teknologi pemantauan pertanian berbasis *Internet of Things* (IoT) [2].

Teknologi IoT berperan penting dalam pengembangan pertanian cerdas, memungkinkan pemantauan *real-time* terhadap berbagai aspek penting pertanian, salah satunya adalah kelembapan tanah. Pemantauan kelembapan tanah secara akurat sangat krusial dalam pengelolaan irigasi yang efisien, karena air yang terlalu sedikit atau berlebih dapat berdampak negatif terhadap pertumbuhan tanaman. Selain itu, tingkat kelembapan yang optimal juga berpengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme dalam tanah, proses dekomposisi bahan organik, serta ketersediaan unsur hara yang semuanya merupakan faktor penting dalam menjaga kesuburan tanah. Dengan menggunakan sensor kelembapan tanah yang terintegrasi dengan teknologi IoT, petani dapat memperoleh data secara langsung dan tepat waktu, sehingga mampu mengambil keputusan yang lebih baik dalam pengaturan irigasi dan pemupukan, yang pada akhirnya meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan lahan pertanian [3].

Namun, implementasi sistem pemantauan berbasis IoT menghadapi tantangan dalam hal konektivitas, terutama di wilayah pertanian yang luas dan minim infrastruktur jaringan. Penggunaan jaringan kabel (*wired*) tidak memungkinkan secara praktis karena memerlukan penarikan kabel dalam jarak jauh yang rentan gangguan dan berbiaya tinggi [4]. Untuk itu, dibutuhkan solusi komunikasi nirkabel (*wireless*) yang mampu menjangkau area luas dengan konsumsi daya rendah dan kestabilan koneksi yang tinggi [5]. Salah satu teknologi yang relevan adalah *Wi-Fi HaLow*, standar IEEE 802.11ah yang beroperasi pada

frekuensi sub-1 GHz. Dibandingkan dengan teknologi lain seperti LoRa, *Wi-Fi HaLow* memiliki keunggulan pada *throughput*, *latency*, dan dukungan komunikasi IP yang menjadikannya lebih sesuai untuk aplikasi *real-time* [6].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performansi *Wi-Fi HaLow Extender* dalam mendukung sistem pemantauan kelembapan tanah berbasis IoT. Fokus utama pengujian adalah mengukur kualitas layanan jaringan berdasarkan standar ITU-T G.1010, dengan parameter *packet loss*, *delay*, dan *jitter*, yang krusial dalam menjamin efisiensi dan keandalan pengiriman data. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai efektivitas *Wi-Fi HaLow* dalam implementasi sistem *monitoring* jarak jauh, serta menjadi acuan dalam pemilihan teknologi komunikasi yang tepat guna untuk pengelolaan lahan pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan.

1.2 TUJUAN DAN MANFAAT

Tujuan dari Proyek Akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Menganalisis implementasi *Wi-Fi HaLow Extender* dalam mendukung konektivitas sensor kelembapan tanah di area pertanian.
2. Menentukan jarak maksimum cakupan *Wi-Fi HaLow Extender* yang optimal pada area pertanian untuk memastikan efisiensi dalam pengelolaan pertanian berbasis IoT.
3. Mengevaluasi performa *Wi-Fi HaLow Extender* dalam penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) pada area pertanian, khususnya untuk pemantauan kelembapan tanah.

Manfaat dari Proyek Akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Memberikan pemahaman tentang pemanfaatan *Wi-Fi HaLow Extender* untuk konektivitas sensor kelembapan tanah.
2. Mengidentifikasi jarak maksimum cakupan *Wi-Fi HaLow Extender* yang dapat dioptimalkan pada area pertanian yang luas berdasarkan analisis kualitas layanan.
3. Menganalisis efektivitas *Wi-Fi HaLow Extender* dalam mendukung pengiriman data pada sensor kelembapan tanah di area pertanian.

1.3 RUMUSAN MASALAH

Rumusan Masalah dari Proyek Akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Bagaimana performa *Wi-Fi HaLow Extender* dalam mendukung sistem pemantauan kelembapan tanah di lahan persawahan berdasarkan parameter kualitas layanan jaringan?

2. Berapa jarak maksimum jangkauan *Wi-Fi HaLow Extender* dari *Transmitter* ke *Receiver* yang dapat diandalkan untuk penggunaan konektivitas di lahan persawahan?
3. Sejauh mana efektivitas *Wi-Fi HaLow Extender* dalam mendukung pengiriman data sensor secara stabil dan efisien di lingkungan lahan pertanian?

1.4 BATASAN MASALAH

Proyek Akhir ini menetapkan batasan masalah dengan rincian sebagai berikut:

1. Penelitian ini dibatasi pada analisis performansi *Wi-Fi HaLow Extender* (IEEE 802.11ah) sebagai media komunikasi nirkabel dalam sistem pemantauan kelembapan tanah.
2. Penelitian ini akan dilakukan dalam lingkungan terbatas, yaitu di area pertanian yang telah ditentukan, dengan kondisi lingkungan yang seragam. Variabel seperti cuaca, jenis tanah, dan vegetasi tidak akan dimanipulasi dalam penelitian ini, sehingga hasil yang diperoleh akan mencerminkan performansi *Wi-Fi HaLow Extender* dalam kondisi tersebut saja.
3. Batasan pada parameter yang akan dianalisis dalam penelitian ini mencakup *Packet Loss*, *Delay*, dan *Jitter* berdasarkan standar ITU-T G.1010 dari perangkat sensor kelembapan tanah yang menggunakan *Wi-Fi HaLow Extender*.
4. Penelitian ini akan membatasi jumlah perangkat sensor kelembapan tanah yang digunakan dalam pengujian.
5. Pengujian performansi akan dilakukan dalam jangka waktu tertentu, yang mencakup pengukuran pada waktu-waktu tertentu dalam sehari. Penelitian tidak akan mencakup analisis jangka panjang yang mungkin mencakup variasi performansi dari waktu ke waktu.
6. Parameter kategori kelembapan tanah yang ditampilkan pada *dashboard* adalah parameter kategori dari tanaman jagung.

1.5 METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilaksanakan dengan mengumpulkan referensi dan kajian yang berhubungan dengan performansi *Wi-Fi HaLow Extender* dan aplikasinya dalam perangkat sensor kelembapan tanah berbasis IoT. Literatur yang relevan mencakup buku referensi, artikel, dan *e-journal* yang membahas tentang teknologi *Wi-Fi*

HaLow Extender, performansi jaringan IoT, serta aplikasi sensor kelembapan tanah dalam pertanian pintar.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data awal diperoleh dengan melakukan pengujian di lapangan yang bertujuan untuk mengukur performansi *Wi-Fi HaLow Extender* dalam mendukung komunikasi antara perangkat sensor kelembapan tanah. Parameter yang diperhatikan dalam pengujian ini mencakup *Packet Loss*, *Delay*, dan *Jitter* berdasarkan standar ITU-T G.1010. Pengujian dilakukan di area pertanian yang telah ditentukan, dengan memperhatikan kondisi lingkungan yang dapat mempengaruhi performansi jaringan.

3. Analisis Hasil Data

Analisis hasil data dilakukan melalui perbandingan antara hasil dari berbagai skenario jarak penggunaan *Wi-Fi HaLow Extender*. Hasil analisis ini diharapkan mampu menyajikan kesimpulan, memberikan rekomendasi bagi penelitian berikutnya, serta memberikan wawasan tentang bagaimana teknologi *Wi-Fi HaLow Extender* dapat diimplementasikan secara efektif dalam perangkat sensor kelembapan tanah berbasis IoT. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan *Wi-Fi HaLow* dapat meningkatkan efisiensi komunikasi dalam jaringan IoT yang sangat penting untuk aplikasi pertanian yang memerlukan pengumpulan data secara *real-time*.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Proyek Akhir disusun dalam lima bab, yang masing-masing dijelaskan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

BAB I menguraikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, batasan masalah, metodologi, serta sistematika penulisan penelitian ini. Latar belakang menjelaskan urgensi topik, rumusan masalah menjelaskan identifikasi fokus penelitian. Tujuan dan manfaat penelitian dirinci untuk menunjukkan kontribusi terhadap teknologi pertanian berbasis IoT. Batasan masalah mengarahkan ruang lingkup penelitian, sementara metodologi menjelaskan tahapan pengumpulan data, analisis, dan evaluasi sistem. Terakhir, sistematika penulisan disusun untuk memberikan alur penyusunan laporan yang terstruktur.

BAB II DASAR TEORI

BAB II memuat landasan teori dan kajian pustaka terkait sistem pemantauan kelembapan tanah berbasis IoT. Pembahasan mencakup penelitian terdahulu, konsep IoT dan arsitekturnya, serta teknologi pendukung seperti *Wi-Fi HaLow* dan standar IEEE 802.11ah. Komponen utama sistem, seperti ESP32, sensor kelembapan tanah, MQTT, EMQX, dan Node-RED turut dijelaskan. Selain itu, dibahas pula konsep pertanian pintar, *Quality of Service* beserta standar ITU-T G.1010. Bab ini memperkuat dasar teoritis dan relevansi penelitian dalam mendukung efisiensi dan keberlanjutan pertanian melalui integrasi IoT dan *Wi-Fi HaLow*.

BAB III PERANCANGAN SISTEM

BAB III menjelaskan tahapan pelaksanaan Proyek Akhir, mulai dari alur penelitian, perangkat yang digunakan, perancangan sistem, hingga skenario pengujian. Sistem dirancang menggunakan *Wi-Fi HaLow Extender* untuk mendukung pemantauan kelembapan tanah berbasis IoT dengan jangkauan luas dan konsumsi daya rendah. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja perangkat dan kualitas layanan, mencakup *Packet Loss*, *Delay*, *Jitter* pada tiga skenario jarak berbeda di lingkungan nyata, serta jarak jangkauan maksimal dari *Wi-Fi HaLow Extender*.

BAB IV ANALISIS HASIL PERANCANGAN

BAB IV memuat implementasi dan analisis perencanaan yang dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem yang telah dirancang. Implementasi dilakukan untuk mendukung komunikasi sensor kelembapan tanah menggunakan *Wi-Fi HaLow Extender*, sedangkan analisis perencanaan mencakup peninjauan terhadap berbagai parameter, seperti *Packet Loss*, *Delay*, *Jitter*, dan jangkauan maksimal. Hasil dari implementasi dan analisis ini bertujuan untuk memperluas pemahaman secara komprehensif terkait efektivitas sistem serta menjadi dasar rekomendasi optimal dalam penerapan teknologi *Wi-Fi HaLow Extender* pada sistem pertanian berbasis IoT.

BAB V PENUTUP

BAB V menyajikan kesimpulan dari seluruh hasil Proyek Akhir serta memberikan saran bagi para pembaca yang tertarik melakukan penelitian serupa. Kesimpulan disusun berdasarkan analisis yang telah dilakukan, mencerminkan pencapaian penelitian serta efektivitas sistem yang dikembangkan. Selain itu, saran diberikan sebagai panduan bagi peneliti selanjutnya dalam mengembangkan atau menyempurnakan penelitian di bidang yang sama, sehingga dapat memberikan kontribusi lebih lanjut dalam penerapan teknologi *Wi-Fi HaLow* pada sistem pertanian berbasis IoT.