BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian merupakan sektor yang sangat bergantung pada air, bahkan menyumbang lebih dari 70% dari total konsumsi air global. Namun, penggunaan air dalam sistem irigasi tradisional sering kali tidak efisien karena masih mengandalkan metode manual atau jadwal penyiraman tetap, tanpa mempertimbangkan kondisi tanah secara langsung. Menurut (Kumaran, 2023), penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam irigasi dapat mengurangi pemborosan air hingga 40%, karena sistem dapat mendeteksi kelembapan tanah secara real-time dan menyesuaikan volume penyiraman secara otomatis. Sementara itu, penelitian dari (Julianto Pratama & Mandela, 2024) mencatat bahwa penggunaan sistem irigasi otomatis tidak hanya meningkatkan efisiensi air hampir 48%, tetapi juga dapat mendorong peningkatan hasil panen hingga 34,9%. Fakta ini memperkuat pentingnya penggunaan teknologi sensor dan sistem otomatis sebagai bagian dari pertanian modern yang lebih berkelanjutan.

Meski IoT memberikan potensi besar dalam pengelolaan air pertanian, ada sejumlah kendala teknis yang perlu diatasi, terutama di aspek komunikasi data. Teknologi seperti Wi-Fi dan GSM memang umum digunakan, namun tidak ideal untuk lahan pertanian luas. Wi-Fi memiliki jangkauan terbatas dan membutuhkan infrastruktur pendukung, sedangkan GSM menimbulkan biaya operasional yang tidak sedikit. Teknologi seperti ZigBee dan Bluetooth memang hemat daya, tetapi tidak efektif untuk area pertanian yang besar karena jangkauannya terbatas. Karena itu, alternatif seperti LoRa (*Long Range*) yang termasuk dalam jaringan LPWAN (*Low Power Wide Area Network*) semakin banyak digunakan. LoRa dapat mengirimkan data hingga jarak 10 km dengan konsumsi daya rendah (Aldhaheri et al., 2024). Meski begitu, teknologi ini juga memiliki tantangan tersendiri, seperti interferensi antar perangkat, pembatasan siklus kerja *(duty cycle)*, serta penurunan sinyal akibat vegetasi (Zhang et al., 2025). (Irianto, 2022) menyoroti pentingnya pengaturan waktu pengiriman data agar tidak terjadi keterlambatan respon,

sedangkan (Jouhari et al., 2023)menekankan perlunya desain arsitektur jaringan yang stabil agar sistem tidak overload ketika jumlah node meningkat.

Berbagai studi telah mengembangkan sistem irigasi otomatis berbasis LoRa yang dapat mengirimkan data kelembapan tanah secara langsung ke perangkat pemantauan jarak jauh. (Zhang et al., 2025) memanfaatkan teknologi *adaptive data rate* untuk menjaga efisiensi pengiriman data, sedangkan (Jouhari et al., 2023)merancang topologi jaringan agar sistem tetap stabil meskipun banyak node terhubung. Di Indonesia, (Irianto, 2022) berhasil mengimplementasikan sistem irigasi berbasis LoRa pada lahan pertanian yang terbukti dapat menghemat waktu, tenaga, dan air. Dengan mengintegrasikan sensor tanah, mikrokontroler, dan modul komunikasi LoRa, sistem ini menjadi salah satu solusi yang efektif untuk mendukung konsep pertanian cerdas.

Untuk meningkatkan kecerdasan sistem dalam mengambil keputusan penyiraman, logika *fuzzy* juga ditambahkan sebagai metode kontrol utama. Fuzzy logic memungkinkan sistem membaca data sensor tidak hanya dalam nilai pasti, tetapi juga dalam bentuk linguistik seperti “kering”, “lembab”, atau “sangat basah”. Pendekatan ini membuat sistem lebih adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan. (Hoque & Khaliluzzaman, 2023) menunjukkan bahwa sistem irigasi berbasis IoT yang menggunakan fuzzy logic mampu meningkatkan efisiensi air hingga 30% karena dapat menyusun keputusan berdasarkan kombinasi berbagai parameter lingkungan, termasuk cuaca. Dalam penelitian ini, pengembangan sistem dilakukan dengan menambahkan sensor hujan *(raindrop)* sebagai input tambahan, serta modul RTC DS3231 yang digunakan untuk membatasi waktu penyiraman hanya pada jam 05.00 hingga 18.00. Penyesuaian ini dirancang agar sistem lebih relevan untuk diterapkan di lahan pertanian tropis di Indonesia.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Pemborosan air dalam sistem irigasi konvensional masih menjadi persoalan utama karena penyiraman dilakukan secara manual atau berbasis jadwal tetap, tanpa mempertimbangkan kondisi aktual kelembapan tanah.

2. Terbatasnya jangkauan komunikasi data pada sistem berbasis IoT, khususnya yang menggunakan Wi-Fi atau GSM, menyulitkan implementasi di lahan pertanian luas yang berada di wilayah minim infrastruktur jaringan.

3. Belum optimalnya metode pengambilan keputusan dalam penyiraman otomatis, karena banyak sistem hanya menggunakan metode threshold (ambang batas), yang tidak fleksibel terhadap kondisi lingkungan yang dinamis.

4. Belum tersedia sistem irigasi otomatis yang mempertimbangkan faktor cuaca, waktu penyiraman, dan kondisi geografis lokal, seperti penggunaan sensor hujan dan pembatasan waktu operasional (misalnya hanya aktif pukul 05.00–18.00) yang disesuaikan dengan kebutuhan pertanian tropis di Indonesia.

1.3 Pembatasan Masalah

Untuk menghindari terjadinya penyimpangan terhadap pembahasan, dibuatlah batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya membahas perancangan sistem irigasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT) dengan input utama dari sensor kelembaban tanah dan sensor hujan, serta output berupa solenoid valve.
2. Komunikasi data dilakukan menggunakan modul LoRa, dengan pengujian terbatas pada area pertanian kecil hingga menengah (sekitar ±1 hektar), tanpa penghalang sinyal besar seperti bangunan tinggi atau hutan lebat.
3. Pengambilan keputusan penyiraman tidak menggunakan metode konvensional berbasis ambang batas (threshold), melainkan mengadopsi metode fuzzy logic dengan tiga input: kelembaban tanah, kondisi hujan, dan waktu operasional yang dibatasi menggunakan modul RTC DS3231 (hanya aktif antara pukul 05.00–18.00).
4. Sistem tidak membahas aspek pemupukan otomatis, pemrosesan data historis, atau integrasi dengan kecerdasan buatan lanjutan seperti machine learning.

1.4 Perumusan 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 irigasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT) ?
2. Bagaimana menggunakan komunikasi LoRa yang dapat diterapkan pada lahan pertanian berukuran kecil hingga menengah?
3. Bagaimana memanfaatkan data sensor kelembapan tanah dan curah hujan untuk mengambil keputusan penyiraman tanaman secara otomatis dengan pendekatan logika fuzzy?
4. Bagaimana mengatur sistem irigasi agar hanya aktif pada rentang waktu tertentu (misalnya pukul 05.00 hingga 18.00) menggunakan modul RTC, guna menghemat energi dan menyesuaikan dengan kondisi pertanian tropis?

1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Merancang sistem irigasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu bekerja secara real-time dan dapat diterapkan di lahan pertanian kecil hingga menengah.
2. Menerapkan komunikasi nirkabel menggunakan teknologi LoRa untuk memungkinkan pengiriman data jarak jauh dengan konsumsi daya yang rendah.
3. Mengembangkan sistem pengambilan keputusan penyiraman secara otomatis menggunakan metode fuzzy logic, dengan mempertimbangkan data kelembapan tanah, curah hujan, dan waktu operasional.
4. Mengintegrasikan modul RTC DS3231 untuk mengatur agar sistem penyiraman hanya aktif pada rentang waktu tertentu, yaitu antara pukul 05.00 hingga 18.00, guna menyesuaikan dengan kondisi pertanian tropis dan efisiensi penggunaan energi.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi petani, sistem irigasi otomatis yang dirancang dapat membantu menghemat penggunaan air dan tenaga. Petani tidak perlu lagi menyiram tanaman secara manual karena sistem akan menyesuaikan sendiri berdasarkan kondisi tanah dan cuaca.

2. Bagi pengembang teknologi, penelitian ini bisa menjadi contoh penerapan teknologi IoT dan logika fuzzy dalam sistem sederhana yang tetap efektif. Sistem ini dapat dijadikan dasar untuk pengembangan lebih lanjut, khususnya di wilayah dengan keterbatasan infrastruktur.
3. Bagi lingkungan akademik, penelitian ini dapat menambah referensi dan wawasan tentang bagaimana logika fuzzy bisa digunakan dalam sistem otomatisasi di sektor pertanian, terutama yang berbasis Internet of Things.
4. Secara umum, hasil dari penelitian ini mendukung langkah menuju pertanian cerdas yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Sistem ini dirancang agar mampu menyesuaikan penyiraman dengan kebutuhan nyata tanaman, sekaligus mengurangi pemborosan air di tengah tantangan perubahan iklim.

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
Intelligentia - Dignitas