

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumber daya air merupakan salah satu aspek yang sangat penting dalam menunjang kehidupan manusia dan berbagai sektor lainnya seperti pertanian dan industri. Salah satu tugas penting dalam pengelolaan sumber daya air adalah sistem irigasi yang berperan dalam pendistribusian air secara luas untuk memenuhi kebutuhan yang beragam tersebut. Pengelolaan yang efektif dan efisien terhadap ketinggian air dalam sistem irigasi sangatlah penting untuk menjaga keseimbangan alam dan mencegah banjir atau kekurangan air serta mendukung pembangunan berkelanjutan.

Namun, dalam kenyataannya pengelolaan ketinggian air dalam sistem irigasi seringkali dihadapkan pada berbagai tantangan seperti pengawasan yang terbatas kontrol manual yang memerlukan campur tangan langsung dan kesulitan dalam mengakses data secara langsung pada waktu yang bersamaan. Hal ini bisa menyebabkan manajemen yang kurang optimal dan risiko terjadinya kerugian akibat ketidakcocokan antara kebutuhan dan kapasitas irigasi.

Dengan pesatnya kemajuan teknologi pada saat ini, terutama dalam bidang *Internet of Things* (IoT), kita melihat bahwa kesempatan untuk lebih meningkatkan efisiensi pengelolaan sistem irigasi semakin terdapat peluang yang luas terjadi di depan mata kita semua. Sementara itu IoT memungkinkan gabungan dari perangkat keras, dan juga perangkat lunak, dimasukkan ke dalam satu sistem yang berkomunikasi satu sama lain melalui jaringan internet yang salurannya membentuk jaringan tersebut. Teknik tersebut juga memberikan peluang bagi pemantauan dan pengendalian sistem secara *real-time* dari tempat yang sangat jauh sekalipun, dan memberikan informasi serta rincian yang lebih tepat gunanya untuk keputusan penentuan yang lebih matang kedepannya.

Sistem irigasi yang terpasang saat ini masih bersifat manual. Penjaga lapangan berada di pintu air dan mengatur distribusi air berdasarkan pengukuran aktual muka air. Saat muka air berada dalam kondisi tinggi yang normal, maka pintu air akan dibuka agar air tersebut mengalir ke saluran irigasi. Namun sebaliknya, jika muka air mulai mencapai kondisi maksimal, maka secara perlahan pintu air akan ditutup

agar jaringan tidak sampai penuh sehingga tetap memiliki ruang untuk air dari sumber mata air yang lain. Walaupun tidak otomatis, adanya data aktual muka air membantu penjaga lapangan dalam mengambil langkah dengan cepat dan tepat.

Salah satu metode komunikasi yang dapat diimplementasikan untuk menghubungkan perangkat pada sistem IoT adalah Modbus RTU. Modbus RTU merupakan transfer data protokol komunikasi *serial* yang khususnya sering digunakan pada aplikasi industri, seperti sistem kontrol dan *monitoring* karena karakteristik transfer datanya yang efisien dan *reliable*. Implementasi Modbus RTU pada sistem kontrol irigasi yaitu menunjang proses transfer data sensor ketinggian air, perangkat pengendali, dan HMI berbasis IoT.

Berbagai penelitian telah dilakukan terkait pengembangan sistem *monitoring* dan kontrol berbasis IoT dan HMI untuk mendukung efisiensi dalam sektor industri dan pertanian. Penelitian oleh (Ananda et al., 2023) membahas penerapan Modbus TCP/IP untuk komunikasi antara PLC Siemens S7-1200, HMI, dan ESP32 dalam sistem *monitoring* industri, di mana PLC berperan sebagai pusat kontrol, HMI untuk menampilkan data, dan ESP32 sebagai Modbus *client* yang membaca data register dari PLC melalui koneksi *Ethernet*. Hasil penelitian menunjukkan waktu transfer data rata-rata 0,97 detik tanpa *error*, membuktikan sistem dapat berjalan stabil dan efisien serta menunjukkan bahwa ESP32 dapat digunakan untuk membaca data dari HMI atau PLC menggunakan Modbus sebagai bagian dari sistem IoT.

Sementara itu, (Vallejo-Gómez et al., 2023) membahas penerapan sistem irigasi pintar di bidang pertanian yang menggunakan sensor kelembaban tanah, teknologi IoT, dan kontrol otomatis untuk menghemat penggunaan air hingga 30-50% dibandingkan cara manual. Sistem ini memungkinkan *monitoring* kondisi lahan secara langsung sehingga penyiraman dapat dilakukan secara tepat sesuai kebutuhan tanaman, meskipun masih terdapat tantangan seperti biaya awal yang cukup mahal dan keterbatasan koneksi internet di daerah pedesaan.

Sejalan dengan hal tersebut, (Sutikno et al., 2024) mengembangkan sistem irigasi pintar berbasis IoT menggunakan ESP8266 sebagai mikrokontroler utama yang terhubung dengan sensor kelembaban tanah dan suhu untuk mengontrol pompa air secara otomatis. Data dari sensor dikirim ke platform *cloud* Ubidots, memungkinkan pengguna memantau kondisi lahan dan mengontrol pompa dari

jarak jauh menggunakan *smartphone*. Sistem ini membantu petani menghemat air karena pompa hanya akan menyala saat kelembaban tanah berada di bawah ambang batas tertentu dan mati secara otomatis ketika kelembaban tanah sudah cukup, sehingga petani dapat mengontrol irigasi tanpa harus selalu berada di lokasi.

Selain itu, (Kaidi et al., 2020) mengembangkan sistem *monitoring* dan kontrol irigasi berbasis IoT dengan menggunakan HMI berbasis *cloud* untuk budidaya *rockmelon*. Sistem ini menggunakan sensor kelembaban tanah dan aktuator pompa yang dapat dikontrol secara otomatis berdasarkan jadwal penyiraman dan kondisi tanah, serta memungkinkan pemantauan kondisi lahan dan kontrol sistem irigasi dari jarak jauh menggunakan *smartphone* atau laptop. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan HMI pada sistem irigasi ini mempermudah petani dalam memantau kondisi lahan secara *real-time* dan melakukan pengaturan sistem tanpa harus datang ke lokasi, sehingga dapat menghemat waktu, tenaga kerja, serta meningkatkan efisiensi penggunaan air dalam proses irigasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan HMI pada sistem irigasi ini mempermudah petani dalam memantau kondisi lahan secara *real-time* dan melakukan pengaturan sistem tanpa harus datang ke lokasi, sehingga dapat menghemat waktu dan tenaga kerja. Sistem ini juga membantu meningkatkan efisiensi penggunaan air dalam proses irigasi.

Berdasarkan berbagai penelitian yang telah dijelaskan, dapat disimpulkan bahwa penerapan teknologi IoT, Modbus, dan HMI sangat relevan dan mendukung dalam pengembangan sistem *monitoring* dan kontrol pada bidang industri maupun pertanian. Pemanfaatan Modbus, seperti pada penelitian yang dilakukan oleh (Ananda et al., 2023), terbukti dapat digunakan sebagai protokol komunikasi yang stabil dan efisien dalam menghubungkan PLC, HMI, dan mikrokontroler ESP32 untuk sistem *monitoring*, dengan waktu transfer data yang cepat dan akurat. Di bidang pertanian, penggunaan IoT dan sensor kelembaban tanah seperti pada penelitian yang dilakukan oleh (Vallejo-Gómez et al., 2023) dan (Sutikno et al., 2024) mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga 30-50% dan memudahkan petani dalam mengontrol irigasi secara otomatis dari jarak jauh.

Selain itu, penerapan HMI dalam sistem *monitoring* dan kontrol irigasi seperti pada penelitian (Kaidi et al., 2020) juga memberikan kemudahan bagi pengguna dalam memantau kondisi lahan secara *real-time* dan melakukan pengaturan sistem

tanpa harus berada di lokasi, sehingga dapat menghemat waktu dan tenaga kerja. Berdasarkan hasil penelitian-penelitian tersebut, dapat diketahui bahwa integrasi Modbus RTU, IoT, dan HMI dalam sistem *monitoring* dan kontrol irigasi merupakan solusi yang efektif untuk meningkatkan efisiensi, mempermudah pengendalian, serta mendukung pengembangan pertanian *modern* berbasis teknologi.

1.2 Identifikasi Masalah

Penelitian ini difokuskan pada beberapa aspek utama yang berkaitan dengan pengembangan sistem kontrol ketinggian air untuk irigasi, yang mencakup:

1. Pemantauan ketinggian air masih dilakukan secara manual.
2. Pengaturan pintu air pada saluran induk irigasi belum terintegrasi dengan data ketinggian air secara *real-time*.
3. Belum tersedia sistem otomatisasi dalam pengelolaan distribusi air ke lahan pertanian maupun saluran pembuangan.

1.3 Batasan Masalah

Untuk memperjelas ruang lingkup penelitian dan pengembangan sistem kontrol ketinggian air berbasis Modbus RTU dan IoT ini, beberapa batasan masalah perlu ditetapkan. Adapun batasan-batasan yang dimaksud antara lain:

1. Sistem hanya memantau ketinggian air sungai sebagai parameter utama untuk pengambilan keputusan, tanpa mempertimbangkan parameter lain seperti kecepatan arus, curah hujan, atau kelembapan tanah.
2. Sistem kontrol hanya mencakup pengaturan pintu air dari sungai ke saluran induk, dari saluran induk ke saluran sekunder, serta ke saluran pelimpah, dan tidak mencakup kontrol pada saluran tersier atau distribusi langsung ke lahan pertanian.
3. Pengontrolan pintu air dilakukan secara otomatis berdasarkan ambang batas ketinggian air yang telah ditentukan sebelumnya dan tidak melibatkan kecerdasan buatan atau sistem prediksi cuaca.
4. Penelitian ini hanya difokuskan pada tahap perancangan dan pengujian prototipe sistem dalam skala laboratorium, sehingga hasil yang diperoleh masih bersifat terbatas, belum melalui uji coba di lingkungan nyata, dan hanya merepresentasikan kondisi ideal yang telah disimulasikan di dalam ruang kerja penelitian.

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, beberapa permasalahan yang dihadapi dalam pengelolaan irigasi, khususnya terkait dengan kontrol ketinggian air, dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem *monitoring* ketinggian air sungai yang dapat mengirimkan data secara *real-time* ke sistem kontrol pintu air induk irigasi?
2. Bagaimana mengembangkan sistem kontrol otomatis untuk mengatur pintu air berdasarkan ketinggian air pada sungai dan induk irigasi?
3. Bagaimana menguji kinerja sistem dalam mengelola distribusi air dan menangani *overload* pada saluran irigasi?

1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan merancang, mengembangkan, dan menguji prototipe Sistem Kontrol Ketinggian Air pada Irigasi menggunakan Protokol Komunikasi Modbus RTU untuk mentransfer data ke *Human Machine Interface* (HMI) berbasis IoT. Tujuan spesifik penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sistem *monitoring* ketinggian air sungai yang dapat mengirimkan data secara *real-time* ke sistem kontrol pintu air induk irigasi.
2. Mengembangkan sistem kontrol otomatis untuk mengatur pintu air berdasarkan ketinggian air pada sungai dan induk irigasi.
3. Menguji kinerja sistem dalam mengelola distribusi air secara otomatis dan merespons kondisi *overload* pada saluran irigasi.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan berbagai manfaat baik secara praktis maupun teoritis, baik bagi pengelolaan irigasi, dunia industri, maupun pengembangan teknologi dalam bidang otomasi dan *Internet of Things* (IoT). Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan solusi dalam pemantauan ketinggian air sungai secara *real-time* yang dapat digunakan sebagai acuan dalam pengambilan keputusan pengaturan pintu air induk irigasi.
2. Mendukung penerapan sistem kontrol otomatis pada irigasi, sehingga proses distribusi air ke saluran sekunder dan pengalihan ke saluran pelimpah dapat dilakukan lebih cepat dan efisien.

3. Menyediakan prototipe sistem *monitoring* dan kontrol yang dapat diuji dan dikembangkan lebih lanjut, sebagai dasar penerapan teknologi otomatisasi dan IoT dalam pengelolaan irigasi.
4. Mengurangi ketergantungan pada pemantauan dan pengoperasian manual, yang selama ini berpotensi menyebabkan keterlambatan atau kesalahan dalam pengaturan aliran air.



Intelligentia - Dignitas