

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana alam seperti banjir merupakan masalah serius yang sering terjadi di Indonesia, sehingga memerlukan sistem peringatan dini yang efektif [1]. Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah memberikan kontribusi signifikan dalam menciptakan solusi pemantauan lingkungan secara *real-time*. Sistem monitoring ketinggian air, baik disungai, danau, maupun sawah, kini banyak dikembangkan menggunakan *platform* IoT untuk menyediakan data yang akurat dan tepat waktu[2],[3]. Implementasi IoT tidak hanya penting untuk mitigasi bencana banjir, tetapi juga untuk pemantauan kualitas air dan pengelolaan sumber daya air pada umumnya [4]. Namun tantangan utama dalam implementasi di lapangan adalah menyediakan media komunikasi yang andal, berdaya rendah, dan memiliki jangkauan luas untuk mengirimkan data sensor dari lokasi terpencil ke lokasi pemantau, yang dimana teknologi nirkabel tradisional sering terkendala oleh jangkauan dan konsumsi daya [5],[6] .

Untuk menjawab tantangan tersebut, teknologi LoRa (*Long Range*) telah hadir sebagai solusi komunikasi nirkabel ideal. LoRa adalah sebuah teknik modulasi nirkabel yang menggunakan modulasi *Chirp Spread Spectrum* (CSS). Teknologi ini menjadi teknologi utama dalam jaringan *Low-Power Wide-Area Network* (LPWAN). Keunggulan utama LoRa adalah kemampuannya mentransmisikan data dengan konsumsi daya yang rendah, jangkauan komunikasi yang sangat jauh (hingga beberapa kilometer) [5],[6] .Karakteristik inilah yang membuatnya sangat efektif diimplementasikan pada berbagai sistem monitoring jarak jauh. Teknologi ini telah terbukti efektif dalam berbagai sistem monitoring jarak jauh, seperti ketinggian air tambak dan sungai[2], pelacakan kendaraan[7], pemantauan kualitas daya listrik[8],[9], pengembangan protokol komunikasi *multiple access*[10],[11], hingga aplikasi lokalisasi *outdoor* berbasis RSSI[12]. Kemampuan LoRa mengirimkan data sensor melintasi jarak jauh menjadikannya pilihan ideal untuk aplikasi monitoring lingkungan.

Meskipun LoRa telah memecahkan masalah jangkauan dan konsumsi daya, penelitian-penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sistem berbasis LoRa umumnya masih menerapkan komunikasi *point-to-*

point tanpa mekanisme pengaturan giliran antar perangkat. Kondisi ini berpotensi menyebabkan tabrakan data ketika beberapa node sensor mengirimkan data secara bersamaan ke satu *gateway*. Untuk mengatasi masalah tersebut, dibutuhkan protokol komunikasi yang memiliki mekanisme bawaan untuk mengatur giliran pengiriman data antar perangkat. Protokol Modbus RTU dipilih karena memiliki arsitektur Master-Slave dengan mekanisme polling sekuensial yang secara alami mencegah tabrakan data. Dalam arsitektur ini, hanya Master yang berhak memulai komunikasi dan hanya satu Slave yang boleh merespon pada satu waktu, sehingga lalu lintas data dari banyak node dapat diatur secara tertib. Selain itu, Modbus RTU bersifat terbuka, sederhana, dan telah terbukti andal pada sistem otomasi industri sehingga mudah diadaptasi ke berbagai platform termasuk mikrokontroler ESP32. Namun demikian, banyak implementasi Modbus yang masih bergantung pada konverter hardware eksternal yang menambah biaya dan kompleksitas sistem. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada implementasi protokol Modbus RTU secara murni berbasis perangkat lunak langsung di dalam mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dalam modul LoRa, tanpa memerlukan perangkat keras konverter tambahan. Disinilah letak pentingnya penggunaan protokol komunikasi standar, dan protokol Modbus telah menjadi pilihan utama di dunia otomasi industri[13]. Modbus adalah sebuah protokol komunikasi serial yang awalnya dipublikasi oleh Modicon pada tahun 1979 untuk digunakan pada *Programmable Logic Control* (PLC)[13]. Modbus berfungsi sebagai metode untuk mengirimkan informasi melalui koneksi serial dengan menggunakan arsitektur Master-Slave[14]. Dalam arsitektur ini, satu perangkat (Master) dapat melakukan permintaan (*query*), dan perangkat lain (Slave) merespon dengan menyediakan data yang diminta atau melakukan aksi yang diperintahkan. Alasan saya menggunakan protokol Modbus karena Modbus merupakan protokol terbuka (*open protocol*) yang artinya protokol ini dapat digunakan oleh produsen manapun tanpa harus membayar royalti, dan protokol ini relatif mudah diaplikasikan diperangkat LoRa[15]. Protokol komunikasi sangat vital untuk memastikan interoperabilitas antar perangkat.

Protokol Modbus telah lama menjadi standar *de facto* dalam komunikasi industri karena dikenal sederhana, stabil, dan memiliki kompatibilitas yang luas terhadap berbagai perangkat[14]. Modbus, baik dalam varian RTU (umumnya melalui RS-485) maupun TCP/IP, sering digunakan untuk menghubungkan berbagai perangkat elektronik industri,

seperti sensor dan energi meter, ke sistem pemantauan pusat atau SCADA[16].

Keunggulan Modbus terletak pada strukturnya yang terdefinisi dengan baik untuk proses pembacaan dan penulisan data register antar perangkat master dan slave[13]. Dengan menggabungkan kedua teknologi ini, integrasi antara protokol Modbus dan teknologi LoRa menjadi salah satu solusi yang menggabungkan keandalan komunikasi industri dengan jangkauan luas IoT[16]. Keandalan dan standarisasi data Modbus dikirimkan melalui media nirkabel hemat daya dan jangkauan luas milik LoRa[5]. Pendekatan ini memungkinkan perangkat-perangkat industri yang mendukung Modbus dapat berkomunikasi secara nirkabel dalam jarak jauh, mengatasi keterbatasan infrastruktur komunikasi kabel. Beberapa penelitian telah mengeksplorasi penggabungan ini, misalnya dalam perancangan prototipe alat monitoring ketinggian air sawah berbasis LoRa[3], lalu ada prototipe alat monitoring ketinggian air tambak dan sungai berbasis LoRa[2], implementasi SCADA untuk monitoring energi listrik di gedung menggunakan komunikasi Modbus via LoRaWAN[16]. Penelitian lain juga telah menerapkan protokol Modbus berbasis LoRa untuk sistem smart home dan membandingkannya dengan protokol IoT lain seperti MQTT dalam aplikasi sistem pelacakan[15]. Meskipun integrasi Modbus dan LoRa telah terbukti layak, banyak implementasi masih bergantung pada konverter Modbus-ke-LoRa eksternal atau gateway industri yang kompleks dan mahal.

Penelitian ini berfokus pada implementasi protokol Modbus yang dibuat secara perangkat lunak (*software*) langsung di dalam mikrokontroler (seperti ESP32) menggunakan Arduino IDE. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membangun sistem monitoring ketinggian air sungai, yang dimana komunikasi data antar node sensor (sebagai slave) dan *gateway* (sebagai master) memanfaatkan jaringan nirkabel LoRa, namun tetap mematuhi aturan struktur paket data dan fungsionalitas protokol Modbus. Diharapkan sistem ini dapat menjadi solusi monitoring yang efisien, berbiaya rendah, dan *interoperable* tanpa memerlukan perangkat konverter tambahan, menggabungkan jangkauan luas LoRa, dengan standarisasi data Modbus.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem protokol komunikasi Modbus menggunakan komunikasi LoRa pada sistem monitoring ketinggian air sungai?
2. Bagaimana mengadaptasi protokol serial (Modbus RTU) ke dalam media berbasis paket (LoRa) secara murni perangkat lunak?
3. Bagaimana mengatur 5 titik sensor agar tidak saling bertabrakan saat mengirim data ke satu *Gateway*?
4. Bagaimana menguji pengaruh jarak pada komunikasi LoRa disetiap node?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah Mengimplementasikan prokotoL Modbus berbasis murni perangkat lunak (*software*) pada mikrokontroler ESP32 yang sudah terintegrasi pada modul LoRa untuk beroperasi diatas lapisan komunikasi nirkabel LoRa.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menjaga agar diskusi tetap sesuai dengan lingkup penelitian ini, penulis menetapkan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada keberhasilan transmisi data dan pencegahan tabrakan data (*data collision*) antar-node.
2. Sistem ini dirancang hanya menggunakan 5 node, dan komunikasi hanya dilakukan secara terpusat langsung ke *Gateway*.
3. Untuk pengujian jarak pada sistem komunikasi menggunakan LoRa AURORA Cosmic V1 dan LoRa32 TTGO V1.
4. Pengujian sistem komunikasi dilakukan di lingkungan Kampus 2 ITN Malang.

1.5 Sistematika Penulisan

Laporan skripsi ini disusun secara sistematis ke dalam lima bab yang saling berkaitan, mulai dari latar belakang permasalahan hingga kesimpulan akhir penelitian, agar pembahasan mengenai implementasi protokol Modbus untuk komunikasi LoRa pada sistem monitoring ketinggian air sungai dapat diikuti secara runtut. Garis besar isi dari setiap bab dijelaskan sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang permasalahan banjir dan kebutuhan sistem monitoring ketinggian air sungai, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan laporan mengenai implementasi protokol Modbus untuk komunikasi LoRa pada sistem monitoring ketinggian air sungai.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memaparkan penelitian terdahulu yang menjadi acuan, serta dasar teori yang digunakan dalam penelitian ini, meliputi protokol Modbus, modul LoRa Aurora Cosmic V1, modul LILYGO TTGO LoRa V1, perangkat lunak Arduino IDE, dan perangkat pendukung lain yang digunakan selama penelitian.

BAB III RANCANGAN SISTEM

Bab ini membahas rancangan sistem secara menyeluruh, mulai dari blok diagram sistem dan topologi jaringan, perancangan perangkat keras berupa komponen yang digunakan, perancangan perangkat lunak yang mencakup struktur paket Modbus RTU, mekanisme polling dan timing antar Slave, serta pengembangan program, hingga flowchart program Master dan flowchart program Slave.

BAB IV IMPLEMENTASI RANCANGAN DAN HASIL

Bab ini menyajikan implementasi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dirancang pada bab sebelumnya, lokasi dan prosedur pengujian, parameter pengujian yang digunakan, serta hasil dan analisis pengujian komunikasi, mulai dari pengujian komunikasi prototipe, hingga pengujian komunikasi lapangan yang dilaksanakan di area Kampus 2 ITN Malang.

BAB V PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan yang ditarik berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem komunikasi LoRa berbasis protokol Modbus RTU yang telah dilakukan, serta saran-saran

yang diajukan sebagai bahan pertimbangan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustaka berisi kumpulan referensi yang digunakan sebagai dasar teori, acuan, dan pendukung dalam penyusunan penelitian ini.