

BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang yang mendasari penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, serta manfaat yang diharapkan dari penelitian ini. Selain itu, disajikan pula batasan masalah dan sistematika penulisan agar pembahasan dalam laporan ini lebih terstruktur dan mudah dipahami.

1.1. Latar Belakang Penelitian

Dalam dunia industri, penggunaan protokol komunikasi yang terstandarisasi sangat penting untuk memastikan interkoneksi antarperangkat berjalan lancar. Terdapat dua protokol komunikasi yang umum digunakan dalam industri, yaitu Modbus RTU dan Modbus TCP/IP (Friska, 2023). Modbus RTU merupakan protokol komunikasi yang menggunakan komunikasi serial melalui RS-485, yang ideal untuk aplikasi dengan jarak pendek dan biaya rendah, sedangkan Modbus TCP/IP yang merupakan jenis modbus terbaru yang memanfaatkan jaringan Ethernet dan protokol TCP/IP untuk pertukaran informasi data jarak jauh (Fitriani, 2023). Fleksibilitas Modbus RTU dan TCP/IP serta sifatnya yang bebas royalti menjadikannya protokol komunikasi pilihan utama di banyak industri (Chan, 2023).

Namun protokol komunikasi pada industri memiliki keterbatasan dalam *monitoring* jarak jauh terutama pada protokol Modbus RTU (Mahesa dkk., 2024). Keterbatasan ini menyebabkan respons lambat terhadap masalah operasional. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, teknologi *Internet of Things* (IoT) hadir sebagai solusi untuk membantu *monitoring* jarak jauh (H. S. F. Fadhlullah dkk., 2024). Penggunaan IoT telah terbukti meningkatkan efisiensi dan produktivitas di sektor otomasi industri hingga 30% (Judijanto dkk., 2024). Untuk dapat mengintegrasikan protokol Modbus dengan teknologi IoT diperlukan *modbus gateway* atau *edge gateway* yang berfungsi sebagai penghubung antara perangkat Modbus dengan platform IoT (H. Sun dkk., 2021).

Selain keterbatasan dalam *monitoring* jarak jauh yang telah disebutkan sebelumnya, terdapat tantangan utama lain yang muncul yaitu fleksibilitas dan

kemudahan konfigurasi perangkat *gateway*. *Gateway* yang ada sering kali memiliki konfigurasi statis, sehingga sulit beradaptasi dengan kebutuhan di lapangan, seperti beralih dari Modbus RTU ke TCP/IP (Khouri dkk., 2020). Selain itu diperlukan konfigurasi ulang yang rumit dan manual pada *gateway* tersebut. Menurut Lokhande dkk., (2024), implementasi konfigurasi dinamis merupakan solusi untuk mengatasi keterbatasan tersebut, karena memungkinkan pembaruan parameter secara *real-time* tanpa menghentikan sistem, meningkatkan interoperabilitas, dan menjamin skalabilitas sesuai kebutuhan industri.

Meskipun telah banyak penelitian tentang *Modbus gateway* berbasis IoT, masih terdapat celah yang perlu diatasi, khususnya pada solusi konfigurasi yang fleksibel. Misalnya, penelitian oleh Elamanov dkk., (2024), yang menggunakan mikrokontroler Raspberry Pi 3 untuk menjembatani protokol Modbus RTU dengan *platform* IoT oneM2M, masih memiliki keterbatasan karena tidak mendukung konfigurasi dinamis. Penelitian lain oleh Zongmin Jiang dkk., (2020), juga telah berhasil mengembangkan *smart gateway* menggunakan ARM Cortex-A8 yang mendukung protokol Modbus melalui RS485 dan Ethernet, dengan konfigurasi dinamis melalui file XML via Ethernet. Namun, pendekatan tersebut masih bergantung pada koneksi fisik (kabel ethernet) untuk konfigurasi *gateway*, yang mengurangi fleksibilitas dan mobilitas di lapangan.

Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada rancang bangun *Modbus gateway* berbasis IoT yang memiliki kemampuan konfigurasi dinamis melalui aplikasi *mobile* menggunakan BLE 4.2. Pendekatan ini memungkinkan perubahan pengaturan komunikasi dilakukan secara nirkabel, cepat, dan mudah, tanpa perlu pemrograman ulang. Pemilihan *Bluetooth Low Energy* (BLE) 4.2 sebagai solusi komunikasi nirkabel dengan aplikasi *mobile* didasari oleh keunggulannya dalam konsumsi energi yang rendah dan tingkat keamanan yang andal (Pathmudi dkk., 2023). Selain itu pemilihan BLE 4.2 didasari oleh dukungan *hardware* yang lebih luas pada berbagai perangkat IoT dan mikrokontroler seperti ESP32 (Milić dkk., 2025). Dengan BLE pada perangkat seperti ESP32, konfigurasi dapat dilakukan secara aman dan hemat daya, terutama dengan penggunaan *dynamic passkey* untuk melindungi koneksi dari akses tidak sah.

1.2. Rumusan Masalah Penelitian

Rumusan masalah dari penelitian berdasarkan latar belakang yang disusun adalah:

1. Bagaimana rancang bangun sistem *monitoring* perangkat industri berbasis modbus dengan integrasi teknologi IoT?
2. Bagaimana mengimplementasikan *Bluetooth Low Energy* (BLE) 4.2 pada ESP32 dengan mekanisme autentikasi *dynamic passkey* untuk meningkatkan keamanan ESP32 dan perangkat *mobile*?
3. Bagaimana mengembangkan *modbus gateway* yang mampu beroperasi secara fleksibel pada mode RTU maupun mode TCP/IP?
4. Bagaimana mengintegrasikan protokol HTTP dan MQTT dalam *modbus gateway* dengan opsi konfigurasi autentikasi guna memastikan transmisi data yang aman dan efisien?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang merupakan jawaban dari rumusan masalah adalah:

1. Merancang bangun sistem *monitoring* perangkat industri berbasis modbus dengan integrasi teknologi IoT.
2. Mengimplementasikan *Bluetooth Low Energy* (BLE) 4.2 pada ESP32 dengan mekanisme autentikasi *dynamic passkey* untuk meningkatkan keamanan ESP32 dan perangkat *mobile*.
3. Mengembangkan *Modbus gateway* yang dapat beroperasi secara fleksibel dalam mode RTU dan TCP/IP.
4. Mengintegrasikan protokol HTTP dan MQTT dalam *modbus gateway* dengan opsi konfigurasi autentikasi guna memastikan transmisi data aman dan efisien.

1.4. Batasan Masalah Penelitian

Batasan dari masalah ditentukan agar penelitian dapat berfokus mencapai tujuan. Batasan masalah tersebut adalah:

1. Menggunakan bahasa pemrograman C/C++ dengan *Arduino Environment* untuk memprogram perangkat keras ESP32.

2. Proses konfigurasi *gateway* dilakukan melalui *Bluetooth Low Energy* (BLE) versi 4.2 menggunakan metode *pairing* dengan *passkey* dinamis dari perangkat *mobile*.
3. Konfigurasi *gateway* dapat diubah secara dinamis melalui aplikasi *mobile*, yang dikirim ke *gateway* melalui protokol BLE.
4. Mode RTU menggunakan komunikasi serial berbasis protokol RS485 karena di *prototype* hanya mendukung komunikasi serial RS485.
5. Mode TCP/IP menggunakan protokol IPv4 untuk komunikasi data karena librari pada ESP32 hanya mendukung IPv4 saja.
6. Aplikasi *mobile* dikembangkan menggunakan Flutter oleh pihak lain yang berkontribusi dalam pengembangan aplikasi tersebut.
7. Pengujian sistem dilakukan melalui simulasi menggunakan aplikasi Visual Studio Code untuk memasukkan konfigurasi ke *gateway*, apabila pengembangan aplikasi *mobile* oleh rekan yang bertanggung jawab atas tugas tersebut belum selesai.
8. Parameter yang diuji meliputi persentase keberhasilan *gateway* dalam melakukan *pairing* BLE, akurasi pembacaan data *modbus*, dan waktu respon (latensi) dalam pengiriman data dari perangkat *Modbus* ke *gateway* hingga ke platform IoT melalui protokol HTTP atau MQTT.
9. Fokus *monitoring* yang dilakukan yaitu untuk membaca kadar suhu dan kelembaban di industri menggunakan modul *modbus* XY-MD02 yang berbasis sensor SHT20.
10. *Monitoring* yang dilakukan hanya berfungsi sebagai pengujian sistem, untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan mampu mengirimkan data pembacaan ke *cloud server*.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem *Modbus Gateway* berbasis IoT dengan konfigurasi dinamis melalui protokol BLE 4.2 untuk *monitoring* perangkat industri. Berikut beberapa manfaat dari penelitian ini:

1. Bagi Universitas

Hasil penelitian memberikan nilai tambah untuk pengembangan keilmuan dan kurikulum di bidang teknologi otomasi dan IoT.

- a. Memberikan nilai tambah untuk pengembangan keilmuan dan kurikulum di bidang Mekatronika, khususnya dalam integrasi protokol komunikasi industri dan IoT.
- b. Menjadi dasar teoretis dan praktis untuk materi ajar terkait sistem *monitoring real-time* dan konfigurasi berbasis BLE.
- c. Dapat digunakan sebagai referensi pengembangan modul pembelajaran untuk memahami implementasi *gateway* industri dengan kemampuan konfigurasi dinamis.

2. Bagi Perusahaan atau Industri

Sektor industri mendapatkan manfaat langsung melalui penerapan prototipe *Modbus Gateway* yang lebih efisien dan mudah dikonfigurasi.

- a. Sektor industri mendapatkan manfaat langsung melalui penerapan purwarupa *Modbus Gateway* yang lebih efisien, fleksibel, dan mudah dikonfigurasi secara nirkabel.
- b. Menyederhanakan proses *monitoring* dan pengaturan perangkat industri dari jarak jauh, meningkatkan efisiensi operasional dan respons terhadap masalah.
- c. Membuka peluang pengembangan teknologi otomasi yang lebih adaptif dan canggih berkat konfigurasi nirkabel BLE.

3. Bagi Penelitian dan Pengembangan Teknologi Selanjutnya

Penelitian ini meningkatkan kapasitas peneliti dalam bidang otomasi industri dan komunikasi IoT.

- a. Memberikan kontribusi ilmiah terkait implementasi protokol komunikasi dalam sistem otomasi industri.
- b. Memperluas wawasan peneliti mengenai konfigurasi dinamis perangkat industri menggunakan teknologi BLE 4.2.
- c. Memberikan pengalaman praktis dalam pengembangan *gateway* industri dengan dukungan protokol HTTP dan MQTT.

1.6. Struktur Organisasi Skripsi

Struktur organisasi skripsi ditulis dengan tujuan agar keseluruhan skripsi yang telah disusun dapat dipahami. Skripsi dapat dibagi menjadi tiga bagian seperti di bawah ini:

1. Bagian Awal

Berisikan halaman judul, lembar hak cipta, lembar pengesahan, surat pernyataan, ucapan terima kasih, abstrak berbahasa indonesia dan bahasa inggris, serta daftar-daftar.

2. Bagian Isi

Bagian isi kembali dibagi menjadi lima bab yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat dari penelitian serta struktur organisasi skripsi.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Berisikan landasan penelitian, dan penelitian terdahulu yang relevan.

BAB III METODE PENELITIAN

Berisikan desain dari penelitian, dan perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi pembahasan dari hasil serta analisis dari penelitian yang telah dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berisikan kesimpulan dan rekomendasi.

3. Bagian Akhir

Berisikan halaman daftar pustaka, riwayat hidup penulis, dan lampiran-lampiran