

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan transformasi digital pada sektor industri saat ini diarahkan menuju implementasi konsep Industri 4.0 yang berfokus pada integrasi sistem fisik dan digital melalui beberapa pilar utama, di antaranya *Industrial Internet of Things* (IIoT), *Collaborative Robot* (Cobots), dan *Sustainability*. Di antara ketiga pilar tersebut, IIoT menjadi teknologi yang berperan penting dalam mendukung proses akuisisi data, monitoring, dan kontrol secara *real-time* melalui integrasi sensor, aktuator, serta sistem komunikasi berbasis jaringan. Hal tersebut dikarenakan kemampuan IIoT dalam menyediakan informasi operasional secara cepat dan akurat mampu meningkatkan efisiensi, produktivitas, serta keandalan sistem pada berbagai sektor industri, seperti energi, transportasi, manufaktur, dan kesehatan (Tidrea et al., 2023).

Seiring dengan perkembangan IIoT, arsitektur sistem otomasi industri turut mengalami perubahan menuju konsep *Edge Computing*, yaitu mekanisme pemrosesan data yang dilakukan pada perangkat *edge* sebelum diteruskan ke sistem tingkat yang lebih tinggi. Pendekatan ini mampu mengurangi latensi komunikasi, mempercepat waktu respons, serta mengurangi beban lalu lintas jaringan sehingga lebih sesuai untuk implementasi sistem monitoring dan kontrol secara *real-time*. Selain itu, implementasi *Edge Computing* memerlukan mekanisme komunikasi yang mampu mempertahankan koneksi secara kontinu agar proses pertukaran data dapat berlangsung cepat dan stabil. Salah satu protokol yang banyak digunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah WebSocket karena mendukung komunikasi dua arah (*bidirectional communication*) secara *full duplex* antara perangkat *edge* dan antarmuka pengguna.

Namun, perkembangan teknologi tersebut belum sepenuhnya diimbangi dengan ketersediaan media pembelajaran yang mampu merepresentasikan implementasi sistem IIoT pada lingkungan industri. Sebagian besar media pembelajaran masih berfokus pada simulasi dasar menggunakan mikrokontroler atau *single-board computer* sehingga belum mampu menggambarkan arsitektur

sistem industri yang melibatkan perangkat *edge*, komunikasi jaringan, monitoring, dan kontrol secara *real-time*. Kondisi tersebut menyebabkan peserta didik lebih banyak memahami konsep IIoT secara teoritis dibandingkan implementasi praktis menggunakan perangkat industri yang sesungguhnya (Sisinni et al., 2018). Hal ini juga berkontribusi terhadap munculnya kesenjangan kompetensi (*skill gap*) dalam menghadapi kebutuhan industri modern.

Oleh karena itu, diperlukan suatu media pembelajaran yang mampu mensimulasikan implementasi sistem Edge IIoT secara lebih komprehensif. Media tersebut tidak hanya berfungsi sebagai alat peraga, tetapi juga harus mampu mengintegrasikan perangkat keras industri, komunikasi jaringan, monitoring, dan kontrol dalam satu platform pembelajaran yang menyerupai implementasi sistem industri sebenarnya. Salah satu perangkat yang memenuhi kebutuhan tersebut adalah Revolution Pi, yaitu *Industrial Edge Computer* yang bersifat modular, menggunakan sistem operasi Linux industri, serta kompatibel dengan berbagai standar komunikasi dan perangkat otomasi industri, termasuk DIN EN 61131-2. Karakteristik tersebut memungkinkan Revolution Pi digunakan sebagai media pembelajaran yang lebih representatif dibandingkan perangkat pembelajaran berbasis mikrokontroler konvensional.

Berdasarkan kebutuhan tersebut, pada proyek akhir ini dikembangkan *Trainer Kit Edge Industrial Internet of Things (IIoT)* berbasis Revolution Pi dengan komunikasi WebSocket dan Dashboard NI G Web. Trainer kit ini mengintegrasikan Revolution Pi sebagai perangkat *edge*, berbagai sensor dan aktuator, komunikasi WebSocket, serta Dashboard NI G Web sebagai antarmuka monitoring dan kontrol berbasis web dalam satu sistem yang terintegrasi. Selain mendukung komunikasi dua arah (*bidirectional communication*) dengan latensi yang rendah, trainer kit ini juga dirancang untuk merepresentasikan berbagai skenario otomasi industri. Dengan demikian, trainer kit yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai media pembelajaran, tetapi juga sebagai sarana simulasi dan pengujian implementasi sistem Edge IIoT yang lebih aplikatif, terintegrasi, dan mendekati kondisi industri modern.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan serta kebutuhan implementasi *Industrial Internet of Things* (IIoT) di sektor industri. Maka dapat dirumuskan masalah yang menjadi fokus pada proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang *Trainer Kit Edge IIoT* Menggunakan Revolution Pi yang memenuhi karakteristik sistem industri.
2. Bagaimana mengimplementasikan mekanisme akuisisi data sensor dan kontrol aktuator pada Revolution Pi sebagai perangkat *edge*.
3. Bagaimana membangun komunikasi data dua arah antara Revolution Pi dan NI G Web menggunakan protokol WebSocket.
4. Bagaimana mengintegrasikan sistem monitoring dan kontrol berbasis web agar dapat menampilkan data serta mengirim perintah secara sinkron.
5. Bagaimana mengevaluasi performa komunikasi sistem berdasarkan parameter *latency*, *control success rate*, *telemetry success rate*, *throughput*, stabilitas interval pengiriman data dan *round trip time*.

1.3 Batasan Masalah

Agar ruang lingkup Proyek Akhir tidak terlalu luas, batasan masalah yang diterapkan adalah sebagai berikut:

1. Perancangan *Trainer Kit Edge IIoT* dibatasi pada penggunaan Revolution Pi sebagai perangkat *edge* utama.
2. Implementasi sistem dibatasi pada sensor PT100, sensor suhu dan kelembapan XY-MD02, sensor proximity, signal generator 4–20 mA, serta aktuator berupa LED, buzzer, motor DC, dan relay SSR
3. Komunikasi data dua arah antara RevPi dan NI G Web difokuskan pada penggunaan protokol WebSocket.
4. Antarmuka monitoring dan kontrol dikembangkan menggunakan NI G Web.
5. Implementasi skenario aplikasi dibatasi pada dua studi kasus industri, yaitu *Metal Part Conveyor Monitoring System* dan *Automatic Mixing Tank Process Control System*
6. Evaluasi sistem dibatasi pada pengukuran parameter performa komunikasi, meliputi:

- *Latency* pengiriman dan penerimaan data,
- Tingkat keberhasilan eksekusi kontrol dan transmisi telemetry
- *Throughput* komunikasi,
- Stabilitas interval pengiriman data telemetry.
- *Round Trip Time* (RTT)

7. Sistem yang dikembangkan beroperasi pada jaringan lokal (*local area network*).

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan proyek akhir ini adalah merancang dan membangun *Trainer Kit Edge Industrial Internet of Things (IIoT)* berbasis Revolution Pi yang mengintegrasikan sensor, aktuator, komunikasi WebSocket, dan Dashboard NI G Web dalam satu platform terintegrasi untuk mendukung implementasi monitoring dan kontrol. *Trainer kit* yang dikembangkan digunakan untuk merepresentasikan arsitektur *Edge IIoT* pada lingkungan industri serta mendukung proses pembelajaran dan demonstrasi sistem otomasi berbasis jaringan. Selain itu, sistem yang diimplementasikan pada *trainer kit* dievaluasi berdasarkan parameter performa komunikasi yang meliputi *latency* komunikasi, *control success rate*, *telemetry success rate*, *throughput* komunikasi, stabilitas interval pengiriman data pada jaringan lokal dan *round trip time communication*.

1.4.2 Manfaat

Hasil dari Proyek Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menjadi referensi dalam pengembangan *trainer kit* berbasis *Edge Industrial Internet of Things* untuk mendukung kegiatan pembelajaran, penelitian, dan praktikum pada bidang otomasi industri.
2. Menyediakan platform implementasi sistem monitoring dan kontrol berbasis Revolution Pi, komunikasi WebSocket, dan Dashboard NI G Web yang dapat digunakan sebagai media simulasi, demonstrasi, serta pengujian implementasi sistem *Edge IIoT*.
3. Membantu peserta didik memahami implementasi teknologi *Edge Industrial Internet of Things (IIoT)* melalui integrasi sensor, aktuator, perangkat *edge*, komunikasi, serta sistem monitoring dan kontrol berbasis web.