

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transformasi industri menuju konsep Industri 4.0 menuntut sistem kontrol yang tidak hanya mampu melakukan pengendalian proses, tetapi juga memiliki kemampuan *monitoring real-time*, integrasi data, serta fleksibilitas pengembangan. Sistem kontrol konvensional berbasis PLC mulai dilengkapi dengan perangkat *edge-industrial* yang menggabungkan kemampuan komputasi, komunikasi, dan akuisisi data dalam satu platform (Eforel, 2024).

Kebutuhan pengembangan *edge-industrial system* muncul karena sistem industri modern menuntut respon yang cepat, latensi rendah, dan keandalan tinggi, terutama pada proses yang bersifat kritis terhadap waktu. Dengan menempatkan sebagian fungsi komputasi dan pengambilan keputusan di sisi *edge*, sistem tetap dapat beroperasi secara aman meskipun terjadi gangguan komunikasi pada keseluruhan sistem. Pendekatan ini juga mengurangi ketergantungan pada sistem terpusat serta menurunkan beban jaringan, sehingga meningkatkan keberlangsungan dan keselamatan operasi industri (Qiu et al., 2020).

Pada penggunaan *Single Board Computer* (SBC) seperti Raspberry Pi versi standar telah populer untuk prototipe *IoT*, perangkat tersebut memiliki keterbatasan signifikan untuk implementasi di lingkungan industri, seperti ketidakstabilan kartu microSD, kerentanan terhadap gangguan elektromagnetik (EMC), dan rentang suhu operasional yang sempit. Di sisi lain, *Programmable Logic Controller* (PLC) konvensional, meski sangat andal, seringkali bersifat kaku (*Proprietary*), memiliki keterbatasan dalam pemrosesan data besar (*big data*) (Revolution Pi vs. Raspberry Pi, n.d.).

Untuk menghadapi keterbatasan tersebut, Revolution Pi hadir sebagai solusi untuk sistem *edge-industrial*. Berbeda dengan Raspberry Pi standar, RevPi dirancang khusus untuk memenuhi standar industri IEC 61131-2, menggunakan penyimpanan eMMC yang disolder untuk mencegah korupsi data, serta dilengkapi sistem catu daya 24V dengan terminal sekrup yang tahan getaran. Penggunaan RevPi memberikan keunggulan berupa *real-time patch* pada kernel Linux-nya,

yang memastikan respon sistem yang deterministik dan presisi untuk kontrol proses kritis (Revolution Pi vs. Raspberry Pi, n.d.).

RevPi Connect SE merupakan solusi perangkat *edge-industrial* yang dirancang untuk aplikasi industri yang berbasis pada *Compute Module 4S* dari Raspberry Pi dengan dukungan sistem operasi Linux, modul I/O modular, serta berbagai bahasa pemrograman. Pengintegrasian dari RevPi Connect SE dengan bahasa pemrograman Python ke *software* LabViEW sebagai antarmuka pengguna yang bisa membuat sistem kontrol dapat dikembangkan secara fleksibel, terstruktur, dan mudah divisualisasikan (Revolution Pi vs. Raspberry Pi, n.d.).

Pemilihan Python sebagai *backend* dalam sistem ini di dasarkan pada fleksibilitas dan kemampuannya dalam menangani akuisisi data sensor, logika kontrol, komunikasi jaringan, serta data *logging* secara efisien dengan dukungan *library* yang luas. Python sangat sesuai dijalankan pada perangkat *edge* berbasis Linux seperti RevPi, serta didukung oleh *library* industri seperti RevPiModIO, yang memungkinkan akses I/O dilakukan secara terstruktur dan andal (Sven Sager, 2024). Di sisi lain, LabVIEW dipilih sebagai antarmuka pengguna karena keunggulannya dalam visualisasi data *real-time*, kemudahan pengembangan HMI, serta dukungan arsitektur pemrograman terstruktur seperti *state machine* dan *subpanel* (National Instruments, 2025). Integrasi Python dan LabVIEW memungkinkan pemisahan yang jelas antara fungsi kontrol lokal dan fungsi visualiasi, sehingga meningkatkan keandalan, modularitas, dan kemudahan pengembangan sistem.

Selain digunakan pada sistem industri, platform *edge-industrial* seperti Revolution Pi juga mulai dimanfaatkan media pembelajaran (*trainer kit*) pada bidang otomasi industri dan *Edge Industrial Internet of Things* (IIoT). Media pembelajaran berbasis perangkat industri memungkinkan pelajar memahami interaksi antara perangkat keras industri, komunikasi jaringan, serta integrasi perangkat lunak dalam sistem kontrol secara lebih realistis. Beberapa pengembangan *trainer kit* berbasis Revolution Pi seperti Revolution Pi Trainingboard-SET 1 (V1206PI-SI) yang mendukung pembelajaran sistem otomasi (PLC) dengan modul simulasi *traffic light* yang dikembangkan oleh (PLC4Training, 2023), dan RevPi Next+ Training Kit yang mendukung untuk

mempelajari *edge computing* di ruang lingkup pendidikan teknik yang dikembangkan oleh (TechSquare, 2023).

Berdasarkan kebutuhan tersebut, proyek akhir ini mengusulkan membangun sistem *edge-industrial* yang mampu menangani kontrol dan *monitoring* berbagai contoh kasus industri, seperti *Packaging Station* untuk otomasi pengemasan, dan sistem *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* (HVAC) untuk pengondisian lingkungan, dengan dukungan akuisisi data sensor dan pengendalian I/O digital secara *real-time* melalui LabVIEW. Sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai prototipe sistem kontrol industri, tetapi juga dirancang sebagai media pembelajaran (*trainer kit*) untuk mempelajari konsep *edge computing* dan integrasi perangkat lunak Python-LabVIEW.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang menjadi fokus dalam proyek akhir ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membangun media pembelajaran (*trainer kit*) sistem *edge-industrial* berbasis RevPi Connect SE sebagai media pembelajaran sistem kontrol dan *monitoring* industri?
2. Bagaimana mengintegrasikan *backend* Python dengan antarmuka LabVIEW untuk *monitoring* dan pengendalian sistem secara *real-time*?
3. Bagaimana menerapkan komunikasi Modbus TCP/IP untuk pengelolaan I/O digital pada modul DIO RevPi?
4. Bagaimana merancang sistem LabVIEW berbasis *state machine* dan *subpanel* agar sistem bersifat modular dan mudah dikembangkan?

1.3 Batasan Masalah

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

1. Sistem menggunakan RevPi Connect SE sebagai perangkat *edge-industrial* utama.
2. Contoh kasus sistem meliputi *packaging station* untuk otomasi dan sistem *Heating, Ventilation* dan *Air Conditioning* untuk ruang server & *data center*.

3. Sensor yang digunakan adalah sensor MD02, sensor RTD PT100, sensor *proximity* dan sinyal generator 4-20 mA.
4. Sistem yang dirancang berfungsi sebagai media pembelajaran (*trainer kit*) dan tidak ditujukan untuk implementasi langsung pada sistem industri produksi.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan proyek akhir ini adalah merancang dan membangun media pembelajaran (*trainer kit*) sistem *Edge Industrial* berbasis Revolution Pi Connect SE yang mengintegrasikan Python sebagai backend dan LabVIEW sebagai antarmuka pengguna dalam satu platform yang terintegrasi. Sistem yang dikembangkan menerapkan komunikasi Modbus TCP/IP untuk pengelolaan masukan dan keluaran (I/O) digital sehingga mampu mendukung proses *monitoring* dan kontrol. Selain itu, implementasi arsitektur *state machine* dan *subpanel* pada LabVIEW diterapkan untuk menghasilkan sistem yang modular, terstruktur, serta memudahkan pengembangan, pemeliharaan, dan pengoperasian setiap fungsi kontrol pada *trainer kit*.

1.4.2 Manfaat

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menjadi media pembelajaran (*trainer kit*) sistem kontrol dan *monitoring* industri berbasis *edge-computing*.
2. Memberikan referensi implementasi integrasi Python dan LabVIEW pada sistem berbasis *edge computing*.
3. Menyediakan platform demonstrasi praktikum dengan sistem kontrol dan *monitoring* industri yang modular dan fleksibel secara *real-time*.