

INTISARI

Programmable Logic Controller (PLC) merupakan perangkat yang esensial dalam sistem otomatisasi industri karena kemampuannya dalam mengendalikan proses secara otomatis dengan keandalan tinggi. PLC digunakan secara luas dalam berbagai sektor, seperti manufaktur, energi, dan transportasi untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Namun, PLC konvensional sering kali memiliki biaya tinggi dan keterbatasan fleksibilitas, sehingga diperlukan alternatif yang lebih ekonomis dan fleksibel. Penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi sistem PLC berbasis mikrokontroler ESP32 sebagai solusi alternatif bagi otomatisasi industri. Dengan biaya yang lebih rendah, ESP32 menawarkan potensi sebagai pengganti PLC konvensional dalam aplikasi berskala kecil hingga menengah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem kendali berbasis ESP32 yang dapat menjalankan logika kendali industri dengan efisien serta mendukung Modbus sebagai protokol komunikasi untuk menunjang fungsionalitas sistem. Metode penelitian yang digunakan meliputi riset, perancangan arsitektur PLC, implementasi logika kendali menggunakan *ladder diagram*, serta pengujian sistem terhadap parameter seperti ketepatan eksekusi program, kecepatan respons sistem, serta stabilitas komunikasi Modbus RTU - TCP/IP. Pengujian dilakukan dalam berbagai skenario untuk mengevaluasi keandalan dan kinerja sistem. Indikator yang digunakan dalam pengujian adalah pembacaan Modbus, LED, dan nilai tegangan yang terbaca. Hasil analisis penelitian dapat digunakan untuk memahami kinerja PLC berbasis mikrokontroler ESP32 dari segi ketepatan, waktu respons, dan fungsi ekspansi modul.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa PLC yang dirancang memiliki ketepatan eksekusi program yang akurat. Protokol komunikasi Modbus RTU dan TCP/IP mampu diintegrasikan pada sistem yang dirancang. Modul Digital Input, Digital Output, Analog Output memiliki akurasi yang baik. Modul Analog Input internal ESP32 tidak andal dalam membaca tegangan input, hal ini terlihat dari fluktuasi nilai data yang terbaca. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, waktu respons *rise time* dan *fall time* modul digital output *solid state* sama-sama bernilai 40 μ s. Waktu respons berupa *rise time* dan *fall time* modul digital output *relay* adalah 18 ms dan 4 ms. Pada pengujian nilai *latency* antara PLC dengan ekstensi modulnya, didapat nilai *lagging time* sebesar 65 ms.

Kata kunci : PLC, ESP32, OpenPLC, Mikrokontroler, Modbus

ABSTRACT

A Programmable Logic Controller (PLC) is an essential device in industrial automation systems due to its ability to control processes automatically with high reliability. PLCs are widely used across various sectors, such as manufacturing, energy, and transportation to improve efficiency and productivity. However, conventional PLCs often have high costs and limited flexibility, necessitating a more economical and flexible alternative. This research focuses on the design and implementation of a PLC system based on the ESP32 microcontroller as an alternative solution for industrial automation. With lower costs, the ESP32 offers potential as a replacement for conventional PLCs in small- to medium-scale applications.

This study aimed to develop an ESP32-based control system capable of executing industrial control logic efficiently while supporting Modbus as a communication protocol to enhance system functionality. The research methodology included investigation, PLC architecture design, implementation of control logic using ladder diagrams, and system testing based on parameters such as program execution accuracy, system response speed, and the stability of Modbus RTU-TCP/IP communication. Testing was conducted in various scenarios to evaluate the system's reliability and performance. The indicators used in testing included Modbus readings, LED status, and measured voltage values. The research findings provided insights into the performance of the ESP32-based PLC in terms of accuracy, response time, and module expansion capabilities.

The results indicate that the designed PLC achieves accurate program execution. The Modbus RTU and TCP/IP communication protocols are successfully integrated into the system. The Digital Input, Digital Output, and Analog Output modules demonstrate good accuracy. However, the internal Analog Input module of the ESP32 is unreliable in reading input voltage, as evidenced by fluctuations in the measured data. Based on the research, the response time rise time and fall time of the solid-state digital output module is 40 μ s. The response time rise time and fall time of the relay digital output module is 18 ms and 4 ms, respectively. In the latency testing between the PLC and its extension module, a lagging time of 65 ms is observed.

Keywords : PLC, ESP32, OpenPLC, Microcontroller, Modbus