

## ABSTRAK

Kebutuhan akan sistem otomasi industri yang mampu melakukan kontrol dan pemantauan secara *real-time* mendorong penerapan komunikasi data yang cepat dan andal pada sistem berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC). Namun, interkoneksi antar PLC dari berbagai vendor masih menghadapi kendala akibat dominasi protokol komunikasi yang bersifat *proprietary*, sehingga membatasi interoperabilitas dan fleksibilitas sistem. Penelitian-penelitian sebelumnya umumnya berfokus pada penggunaan protokol berbasis koneksi seperti *Transmission Control Protocol* (TCP) dan standar industri seperti OPC UA yang unggul dalam keandalan dan interoperabilitas, tetapi memiliki keterbatasan pada latensi dan kompleksitas implementasi untuk aplikasi *real-time*. Sementara itu, kajian pemanfaatan *User Datagram Protocol* (UDP) pada lingkungan otomasi industri multi-vendor masih terbatas dan belum banyak dievaluasi secara komprehensif dalam konteks *framework open source*. Penelitian ini berfokus pada perancangan dan evaluasi sistem komunikasi pertukaran data antar PLC berbasis UDP yang berlatensi rendah, andal, dan fleksibel pada lingkungan multi-vendor tanpa ketergantungan vendor tertentu. Kebaruan penelitian ini terletak pada implementasi dan pengujian UDP sebagai media interkoneksi PLC dalam *framework open source*, serta analisis komparatif kinerjanya terhadap TCP dan OPC UA berdasarkan parameter *Quality of Service* (QoS), meliputi *delay*, *throughput*, dan *packet loss*, dengan mengacu pada standar toleransi komunikasi industri. Metode penelitian dilakukan secara eksperimental melalui pengukuran dan perbandingan kinerja ketiga protokol tersebut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa UDP menghasilkan nilai *delay* rata-rata terendah sebesar 19,8 ms dibandingkan TCP sebesar 79,5 ms dan OPC UA sebesar 33,4 ms. Protokol UDP mengalami *packet loss* sebesar 0,066%, sedangkan TCP dan OPC UA tidak mengalami kehilangan paket. Meskipun demikian, nilai *packet loss* pada UDP masih berada dalam batas toleransi standar TIPHON dan tidak berdampak signifikan terhadap kinerja sistem. Dari sisi *throughput*, OPC UA menunjukkan nilai tertinggi. Hasil penelitian ini memberikan manfaat berupa alternatif solusi komunikasi interkoneksi PLC yang bersifat terbuka, ringan, dan berperforma *real-time*, khususnya untuk aplikasi otomasi industri yang menuntut latensi rendah dan fleksibilitas integrasi lintas vendor. Dengan demikian, penelitian ini memperkuat potensi UDP sebagai solusi komunikasi yang layak pada sistem otomasi industri berbasis *framework open source*.

**Kata Kunci:** PLC, Protokol Komunikasi UDP, QoS, Middleware Open Source

## **ABSTRACT**

*The growing demand for industrial automation systems capable of performing real-time control and monitoring has driven the adoption of fast and reliable data communication in systems based on Programmable Logic Controllers (PLCs). However, interconnection among PLCs from different vendors remains challenging due to the dominance of proprietary communication protocols, which limits system interoperability and flexibility. Previous studies have generally focused on connection-oriented protocols such as the Transmission Control Protocol (TCP) and industrial standards such as OPC UA, which offer high reliability and interoperability but suffer from increased latency and implementation complexity for real-time applications. Meanwhile, the utilization of the User Datagram Protocol (UDP) in multi-vendor industrial automation environments remains limited and has not been comprehensively evaluated, particularly within the context of open-source frameworks. This study focuses on the design and performance evaluation of a low-latency, reliable, and flexible PLC-to-PLC data exchange communication system based on UDP in a multi-vendor environment without vendor dependency. The novelty of this research lies in the implementation and experimental evaluation of UDP as a PLC interconnection medium within an open-source framework, as well as in the comparative performance analysis against TCP and OPC UA based on Quality of Service (QoS) parameters, including delay, throughput, and packet loss, with reference to industrial communication tolerance standards. The research methodology employs an experimental approach by measuring and comparing the performance of the three protocols. The experimental results indicate that UDP achieves the lowest average delay of 19.8 ms, compared to 79.5 ms for TCP and 33.4 ms for OPC UA. UDP experiences a packet loss rate of 0.066%, while TCP and OPC UA exhibit no packet loss. Nevertheless, the packet loss observed in UDP remains within the tolerance limits defined by the TIPHON standard and does not significantly affect system performance. In terms of throughput, OPC UA demonstrates the highest value. Overall, the results demonstrate that UDP is a viable communication solution for PLC interconnection within open-source frameworks, particularly for industrial automation applications that require low latency and flexible multi-vendor integration.*

*Keyword : PLC, UDP Communication Protocol, QoS, Open-Source Middleware*