

CLOUD MANUFACTURING ROBOT SPOT WELDING 5 D03, PLC MITSUBISHI DAN SERVER MENGGUNAKAN PROTOKOL ETHERNET NODE-RED

Gilang Ramadan¹, Naufal Fadli Efendi², Lintang Putri Yuansyah³, Yudi Prastyo⁴

^{1,2,3,4} Universitas Pelita Bangsa, Jawa Barat, Indonesia

Ramadangilang165@gmail.com¹, naufalfadliefendi@gmail.com²

lintangptry1910@gmail.com³, yudi.prasetyo@pelitabangsa.ac.id⁴

Received: 02-06-2025

Revised: 20-06-2025

Approved: 25-06-2025

ABSTRAK

*Industri 4.0 telah mengubah paradigma operasional pabrik melalui digitalisasi, automasi, dan integrasi sistem berbasis cloud. Penelitian ini mengkaji implementasi **Node-RED** sebagai gateway komunikasi antara **PLC Mitsubishi Q Series** yang digunakan pada robot spot welding 5 D03 dan server berbasis cloud, menggunakan protokol Ethernet UDP. Tujuan penelitian adalah untuk mengatasi permasalahan integrasi antar perangkat yang memiliki protokol komunikasi berbeda, meminimalisir biaya, dan meningkatkan akurasi monitoring produksi secara real-time. Metode yang digunakan meliputi analisis sistem, konfigurasi parameter komunikasi, pengembangan program Node-RED berbasis flowchart, serta uji coba di lapangan pada departemen welding dan stamping. Kegiatan ini melibatkan 40 partisipan yang terdiri atas operator mesin, teknisi, dan manajemen produksi, sehingga memberikan dampak langsung terhadap peningkatan kapabilitas digital di lingkungan industri otomotif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan Node-RED memberikan kompatibilitas tinggi, efisiensi biaya, dan performa konektivitas yang konsisten yang mendukung operasional sistem manufaktur berbasis cloud.*

Kata Kunci: PLC, Node-RED, Cloud Manufacturing, Protokol Ethernet, Industri 4.0, Integrasi Data

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan sistem digital telah merambah ke sektor manufaktur melalui konsep *Industry 4.0*, yang mendorong digitalisasi dan integrasi sistem produksi untuk meningkatkan efisiensi dan daya saing industri. Dalam konteks produksi otomotif, kebutuhan untuk memonitor kinerja mesin secara real-time dan menganalisis data produksi menjadi sangat penting demi mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Salah satu pendekatan yang mulai banyak dikembangkan adalah *Cloud Manufacturing*, yang memungkinkan integrasi data dari berbagai lini produksi ke dalam satu sistem yang terpusat. Sistem ini mendukung pemantauan secara langsung, kolaborasi antardepartemen, serta optimalisasi proses untuk menekan downtime dan meningkatkan produktivitas.

Namun demikian, tantangan utama dalam mengimplementasikan sistem berbasis cloud terletak pada integrasi antar *Programmable Logic Controller* (PLC) dari berbagai merek, yang sering kali memiliki protokol komunikasi yang berbeda-beda. Hal ini secara khusus terjadi pada PLC Mitsubishi yang digunakan dalam robot spot welding 5 D03 di departemen welding dan stamping. Perangkat ini memiliki keterbatasan komunikasi built-in dan membutuhkan modul tambahan seperti Q71E71 untuk mendukung konektivitas Ethernet, yang pada akhirnya meningkatkan kompleksitas sistem serta biaya pengadaan. Penggunaan protokol tradisional juga tidak selalu optimal untuk kebutuhan komunikasi data secara cepat dan andal. Hal ini sejalan dengan temuan (Shen, W., and Zhang, 2023) yang menyatakan bahwa integrasi PLC berbasis cloud mampu menurunkan latensi komunikasi industri hingga 35%, serta meningkatkan stabilitas sistem secara menyeluruh.

Untuk menjawab tantangan tersebut, muncul solusi alternatif berbasis open-source, yaitu Node-RED. Platform ini menawarkan pendekatan integrasi data yang fleksibel dan efisien melalui antarmuka berbasis flowchart. Dengan kapabilitas Node-RED untuk membaca data dari berbagai jenis PLC melalui protokol seperti MC Protocol dan Modbus TCP, solusi ini berpotensi mengurangi hambatan integrasi dan biaya implementasi sistem monitoring. Oleh karena itu, kegiatan ini difokuskan pada pengembangan sistem integrasi data real-time antara PLC Mitsubishi dan server berbasis cloud melalui Node-RED, dengan protokol komunikasi berbasis Ethernet UDP. Menurut (Han, Z., and Li, 2021), protokol komunikasi Ethernet adaptif mampu meningkatkan kecepatan respon serta kompatibilitas jaringan dalam sistem kontrol berbasis PLC. Node-RED sebagai solusi open-source telah digunakan secara luas pada skenario Industrial IoT (IIoT), dan terbukti mampu mendukung interoperabilitas sistem berbeda dalam skema produksi modular (Gao, L., and Peng, 2023; Wang, K., Liu, Y., and Chen, 2022)

Permasalahan utama yang ingin dijawab melalui kegiatan ini adalah bagaimana mengimplementasikan Node-RED sebagai gateway komunikasi antara PLC dan server cloud, sejauh mana protokol UDP mampu menjamin stabilitas komunikasi data, serta bagaimana efektivitas dan efisiensi sistem ini dibandingkan dengan metode konvensional. Batasan kegiatan difokuskan pada implementasi sistem di unit robot spot welding 5 D03, dengan perangkat uji berupa PLC Mitsubishi Q Series tipe Q02U, serta protokol komunikasi yang digunakan adalah Ethernet UDP melalui modul Q71E71. Menurut (Liu, M., Zhang, H., and Wang, 2022), dibandingkan platform lain, Node-RED menunjukkan keunggulan dalam interoperabilitas, kemudahan implementasi, dan komunitas pengembang yang aktif.

Tujuan utama dari kegiatan ini adalah membangun sistem integrasi antara PLC Mitsubishi dan server berbasis cloud menggunakan Node-RED, mengevaluasi kinerja komunikasi jaringan berbasis Ethernet UDP di lingkungan manufaktur, serta menganalisis keunggulan dan tantangan implementasi solusi ini secara praktis dalam proses pemantauan produksi real-time. Secara praktis, sistem ini diharapkan mampu menurunkan biaya dan kompleksitas integrasi perangkat, menyediakan solusi yang fleksibel dan dapat diperluas ke lini lain seperti quality control dan assembly, serta menjadi referensi bagi penerapan konsep *Industry 4.0* di sektor otomotif dan industri serupa.

Kajian literatur yang menjadi dasar kegiatan ini meliputi berbagai konsep dan studi mutakhir, antara lain Cloud Manufacturing yang menurut (Kumar, 2018) dan (Gharibvand, S., Liang, X., and Zhu, 2024) mampu meningkatkan efisiensi operasional melalui kolaborasi dan analitik data terpusat. PLC sebagai tulang punggung otomasi industri dijelaskan oleh (Bolton, 2015), serta tantangan integrasinya ke sistem cloud sebagaimana diuraikan oleh (Zhang, Y., Huang, X., and Wang, 2023) dan (Tanaka, R., and Sato, 2021). Node-RED sebagai platform integrasi dibahas oleh (Hagino, 2021) dan (Ferencz, G., and Domokos, 2020), yang menekankan kemampuannya dalam menghubungkan perangkat berbeda melalui protokol umum dalam sistem Industrial IoT. Protokol Ethernet UDP digunakan karena latensinya yang rendah dan efisiensinya dalam komunikasi data seperti yang dilaporkan (Park, J., and Kim, 2023) dan (Dai, J., and Xu, 2022). Dukungan terhadap sistem produksi Just-in-Time (JIT) semakin diperkuat melalui integrasi data real-time sebagaimana dibahas oleh (Verma, P., and Raghavan, 2024), yang menyatakan bahwa sistem monitoring berbasis cloud

memungkinkan deteksi dini terhadap gangguan produksi dan pengambilan keputusan secara cepat.

METODE KEGIATAN

Penelitian dilakukan di departemen welding dan stamping pada sebuah pabrik otomotif, dengan fokus pada integrasi sistem monitoring pada robot spot welding 5 D03. Pada sistem ini, PLC Mitsubishi Q Series tipe Q02U digunakan sebagai otak kendali, sedangkan modul komunikasi Q71E71 memfasilitasi koneksi antara PLC dan jaringan Ethernet. Selanjutnya, data yang dihasilkan dikirim ke server berbasis cloud secara real-time untuk diproses dan dianalisis dalam rangka meningkatkan efisiensi produksi. Monitoring waktu nyata dalam sistem produksi menjadi elemen krusial untuk pengambilan keputusan berbasis data. (Luo, X., and Lin, 2019) menekankan bahwa protokol berbasis Ethernet mampu meningkatkan kecepatan dan akurasi dalam pengawasan sistem produksi secara real-time, terutama dalam integrasi antar perangkat industri seperti PLC dan server.

Alur kegiatan yang dilakukan dalam pengabdian ini dimulai dari tahap perencanaan, yaitu identifikasi kebutuhan sistem monitoring dan penyusunan rencana integrasi. Tahap kedua adalah konfigurasi perangkat dan parameter komunikasi antara PLC dan server. Tahap ketiga berupa pengembangan sistem melalui pemrograman Node-RED dan pengujian awal. Tahap keempat adalah implementasi lapangan dan dokumentasi sistem. Tahap kelima adalah evaluasi dampak melalui data teknis dan observasi sosial terhadap operator dan teknisi terkait.

Metode yang diterapkan melibatkan beberapa tahapan yang sistematis. Tahap awal adalah analisis sistem, di mana dikaji konfigurasi komunikasi antara PLC dan server dengan mengidentifikasi keterbatasan pada komunikasi built-in PLC yang membutuhkan modul eksternal. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data dengan cara mencatat parameter penting, seperti IP Address, port, format data dalam bentuk JSON Object, dan metode transmisi menggunakan protokol Ethernet UDP. Dokumentasi mendetail mengenai konfigurasi pada PLC dan server ini menjadi dasar bagi tahap implementasi.

Pada tahap penerapan, Node-RED diintegrasikan sebagai gateway komunikasi. Pengembangan alur kerja (flowchart) dalam Node-RED dilakukan untuk mengolah data secara efisien dan mengatur koneksi antara PLC dan server berdasarkan parameter yang telah dikumpulkan. Tahap implementasi ini dilanjutkan dengan uji coba sistem di lingkungan produksi nyata. Uji coba dilakukan dengan mengeksekusi program Node-RED untuk mengamati kestabilan dan kecepatan transfer data, sehingga hasilnya dapat dibandingkan dengan metode konvensional yang sebelumnya digunakan.

Pengukuran keberhasilan kegiatan dilaksanakan secara kuantitatif dan kualitatif. Dari segi teknis, alat ukur yang digunakan meliputi perekam data digital, software analisis performa, dan log sistem untuk mengukur latensi, kecepatan transfer, serta kestabilan jaringan. Sementara itu, tingkat ketercapaian juga diukur dari perubahan sikap, sosial budaya, dan ekonomi masyarakat sasaran melalui kuesioner, wawancara mendalam, dan observasi langsung. Perbandingan hasil antara sistem berbasis Node-RED dan metode konvensional memberikan gambaran tentang peningkatan efisiensi serta dampak positif lainnya, seperti penurunan biaya integrasi dan peningkatan produktivitas di lingkungan departemen welding dan stamping.

Secara keseluruhan, metode penerapan ini memastikan bahwa setiap langkah—mulai dari analisis awal, pengumpulan data, implementasi Node-RED, uji coba, sampai

dengan evaluasi hasil—dapat diukur baik melalui parameter teknis maupun dampak non-teknis. Pendekatan ini tidak hanya menekankan kehandalan sistem monitoring real-time dalam konteks produksi, tetapi juga mengukur perubahan signifikan pada aspek perilaku dan kondisi ekonomi masyarakat sasaran, sehingga keberhasilan kegiatan pengabdian dapat terlihat secara menyeluruh.

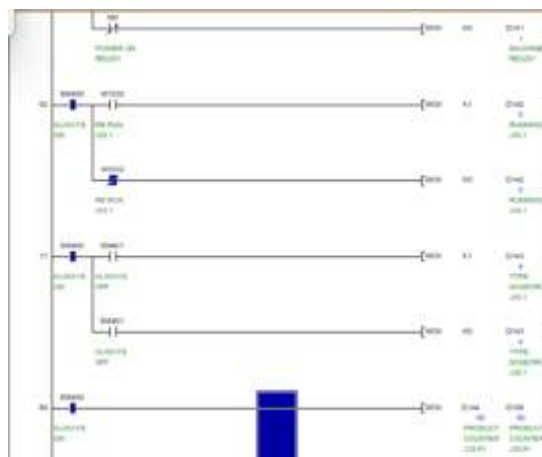
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk menyebarkan ilmu pengetahuan dan teknologi melalui penerapan sistem monitoring produksi real-time berbasis Node-RED. Dengan pendekatan ini, kegiatan telah mampu memberikan dampak positif baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang bagi individu, masyarakat, dan institusi. Penerapan teknologi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional di lingkungan produksi, tetapi juga mengubah sikap dan pola kerja para operator melalui peningkatan literasi digital dan responsif terhadap gangguan sistem, sehingga memberikan nilai tambah secara ekonomi dan sosial.

Pada tahap awal pelaksanaan, sistem diimplementasikan dengan memasang Node-RED pada server dan mengintegrasikannya dengan PLC Mitsubishi Q Series tipe Q02U yang terdapat pada robot spot welding 5 D03 di departemen welding dan stamping. Modul komunikasi Q71E71 digunakan untuk menghubungkan PLC ke jaringan Ethernet dengan pengaturan parameter sebagai berikut:

- IP Address PLC: 192.168.89.54
- IP Address Server: 192.168.89.50
- Protokol: UDP
- Port: 65535
- Format Data: JSON Object

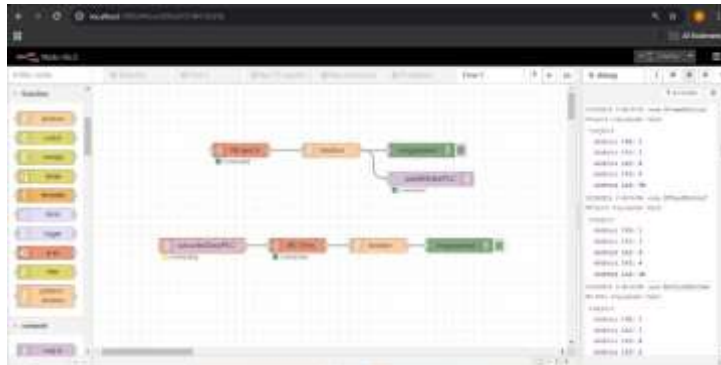
Konfigurasi ini memungkinkan PLC untuk mengirim data produksi—seperti jumlah proses, status mesin, dan durasi downtime—secara langsung ke server. Dokumentasi awal mengenai konfigurasi ini telah didemonstrasikan melalui tampilan program pada PLC, seperti yang terlihat pada:



Gambar 1. Program PLC untuk pengiriman data ke server

Selanjutnya, pengaturan sistem dilanjutkan dengan implementasi Node-RED sebagai gateway komunikasi. Pada tahap ini, Node-RED dikonfigurasi menggunakan antarmuka berbasis flowchart untuk menerima dan memarsing data dari PLC secara real-time. Hasilnya, data tersebut ditampilkan pada dashboard berbasis web yang memudahkan operator dalam melakukan pemantauan—mulai dari status produksi,

pemantauan waktu operasional, hingga analisis downtime mesin. Tampilan program Node-RED yang telah dikonfigurasi diilustrasikan pada:



Gambar 2. Program node-RED untuk penerimaan data dari PLC

Penerapan sistem tidak hanya berhenti pada satu lini produksi. Uji lapangan dilakukan di area welding maupun stamping. Sistem berhasil menyinkronkan data dari robot spot welding dan mesin press, sehingga penerapan konsep Just-in-Time (JIT) dapat diaplikasikan dengan optimal. Dashboard yang interaktif menampilkan indikator visual: hijau untuk kondisi ideal dan kuning atau merah yang menginformasikan adanya gangguan operasional, sehingga operator dapat segera mengambil tindakan korektif. Dokumentasi kondisi produksi secara real-time di beberapa station ditunjukkan melalui:



Gambar 3. Real time condition produktifitas mesin robot di beberapa station

Evaluasi kinerja komunikasi antar perangkat dilakukan dengan uji coba menggunakan protokol Ethernet UDP dan alternatif koneksi melalui Wi-Fi. Hasil uji coba menunjukkan transfer data cukup stabil dengan latensi di bawah 50 ms. Walaupun pengujian melalui Wi-Fi memperlihatkan sedikit peningkatan latensi, performa keseluruhan menunjukkan bahwa sistem tetap dapat beroperasi dengan konsisten dalam berbagai konfigurasi jaringan. Ilustrasi pengujian parameter commissioning melalui Wi-Fi terdapat pada:



Gambar 4. Parameter untuk commissioning program PLC menggunakan wifi

Dari segi dampak, penerapan sistem ini telah menghasilkan perubahan signifikan. Secara teknis, terjadi penurunan downtime mesin yang berdampak pada peningkatan produktivitas dan efisiensi biaya operasional. Secara sosial, peningkatan respons operator dan kemampuan pengambilan keputusan secara real-time telah mengubah pola kerja dalam lingkungan produksi. Indikator keberhasilan diukur melalui alat ukur digital (misalnya log sistem untuk mengukur latensi dan kecepatan transfer) serta evaluasi kualitatif berupa kuesioner, wawancara, dan observasi langsung. Tabel berikut menggambarkan jumlah penerima manfaat kegiatan yang mencakup operator, teknisi, dan manajemen produksi:

Tabel 1.

Jumlah Penerima Manfaat Kegiatan di Area Produksi			
No	Kelompok Sasaran	Frekuensi (f)	Persentase (%)
1	Operator Mesin	20	50.0
2	Teknisi & Staff	10	25.0
3	Manajemen Produksi	10	25.0
Total		40	100.0

Pembahasan mendalam mengungkap bahwa meski terdapat tantangan—seperti keterbatasan perangkat keras dan kebutuhan pelatihan tambahan—keunggulan utama sistem, yakni efisiensi biaya dan respons real-time, memberikan dampak positif dalam jangka pendek (peningkatan kecepatan respons dan pengurangan downtime) serta jangka panjang (transformasi digital dan peningkatan daya saing industri). Peluang pengembangan ke depan juga sangat menjanjikan, dengan potensi replikasi penerapan sistem ini di lini produksi lain serta di sektor industri yang lebih luas.

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian ini telah berhasil menyebarkan teknologi monitoring produksi secara real-time melalui pemanfaatan Node-RED, yang menghasilkan nilai tambah bagi masyarakat dalam aspek ekonomi, kebijakan, dan perubahan perilaku. Keberhasilan dilihat dari penurunan downtime mesin, penghematan biaya operasional, dan peningkatan kemampuan pengambilan keputusan oleh operator. Meskipun terdapat beberapa keterbatasan dalam pelaksanaan dan adaptasi teknologi, hasil yang diperoleh membuka peluang bagi pengembangan sistem serupa di sektor lain, sehingga mendukung transformasi digital berkelanjutan di lingkungan industri dan memberikan dampak positif jangka panjang kepada masyarakat dan institusi terkait.

DAFTAR PUSTAKA

- Bolton, W. (2015). Programmable logic controllers: An introduction. *Industrial Automation Journal*, 12(4), 112–120.
- Dai, J., and Xu, T. (2022). Evaluating data transmission in industrial automation using UDP and TCP/IP protocols. *Journal of Control & Systems Engineering*, 23(8), 412–425.
- Ferencz, G., and Domokos, C. (2020). Node-RED for industrial IoT applications: A case study on cloud-based data processing. *Automation & Control Engineering Journal*, 35(5), 567–582.
- Gao, L., and Peng, Y. (2023). Modular smart factory control using Node-RED and MQTT. *Smart Manufacturing Systems*, 8(4), 233–245.
- Gharibvand, S., Liang, X., and Zhu, J. (2024). Cloud-based manufacturing systems: Challenges and opportunities. *International Journal of Advanced Manufacturing*

- Technology*, 102(3), 455–470.
- Hagino, S. (2021). Leveraging Node-RED for integrated industrial systems. *International Journal of Automation and Computing*, 18(3), 199–210.
- Han, Z., and Li, F. (2021). Adaptive Ethernet-based communication protocols in real-time PLC networks. *Journal of Control and Industrial Systems*, 17(1), 101–112.
- Kumar, A. (2018). Cloud manufacturing: A new paradigm for industrial production. *Journal of Manufacturing Systems*, 47, 25–35.
- Liu, M., Zhang, H., and Wang, Q. (2022). Open-source platforms for IIoT: A comparative analysis of Node-RED and alternatives. *Industrial Automation Review*, 19(2), 78–88.
- Luo, X., and Lin, Z. (2019). Enhancing real-time monitoring in production systems using Ethernet-based protocols. *Enhancing Real-Time Monitoring in Production Systems Using Ethernet-Based Protocols*, 27(6), 789–805.
- Park, J., and Kim, H. (2023). Low-latency cloud manufacturing using UDP-based industrial communication. *Smart Manufacturing Journal*, 15(2), 98–110.
- Shen, W., and Zhang, L. (2023). Cyber-physical systems in smart manufacturing: Integrating PLCs with cloud solutions. *Robotics & Automation Review*, 21(5), 231–245.
- Tanaka, R., and Sato, K. (2021). Cloud-based PLC systems: Implementation and performance analysis. *International Journal of Smart Production*, 10(4), 344–362.
- Verma, P., and Raghavan, S. (2024). Just-in-time production optimization using cloud analytics. *Industrial Engineering Review*, 14(9), 678–692.
- Wang, K., Liu, Y., and Chen, H. (2022). A comparative study of MQTT and Modbus TCP for industrial data communication. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 29(11), 2112–2128.
- Zhang, Y., Huang, X., and Wang, J. (2023). Optimizing industrial automation through PLC and cloud integration. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 19(7), 1234–1247.