

## **MAKALAH ILMIAH POPULER**

### **IMPLEMENTASI NODE-RED SEBAGAI PLATFORM INTERFACE SISTEM KONTROL AKSELERATOR: STUDI PERBANDINGAN DENGAN EPICS DAN SCADA/LABVIEW**

*Artikel ilmiah ini disusun dalam rangka untuk pemenuhan capaian kinerja mahasiswa*



Disusun pada tanggal 12 Juli 2026 oleh :

**Malik Bayu Fat'han / Elektronika Instrumentasi / 022300028**

**Dosen Pengampu/Pembimbing :**

**Prof. Dr. Imam Kambali**

**POLITEKNIK TEKNOLOGI NUKLIR INDONESIA**

**BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL**

**YOGYAKARTA**

**2026**

**LEMBAR PERSETUJUAN**  
**MAKALAH ILMIAH POPULER**

**IMPLEMENTASI NODE-RED SEBAGAI PLATFORM INTERFACE SISTEM KONTROL  
AKSELERATOR: STUDI PERBANDINGAN DENGAN EPICS DAN SCADA/LABVIEW**

Disusun oleh

**Malik Bayu Fat'han / Elektronika Instrumentasi / 022300028**

Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal 12 Juli 2026 oleh:

Dosen Pembimbing



**TT ELEKTRONIK**

**Prof. Dr. Imam Kambali**

**NIP. 198005052002121005**

# IMPLEMENTASI NODE-RED SEBAGAI PLATFORM INTERFACE SISTEM KONTROL AKSELERATOR: STUDI PERBANDINGAN DENGAN EPICS DAN SCADA/LABVIEW

## Implementation of Node-RED as an Interface Platform for Accelerator Control Systems: A Comparative Study with EPICS and SCADA/LabVIEW

Malik Bayu Fat'han

<sup>1</sup>Politeknik Teknologi Nuklir Indonesia - Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jl. Babarsari, Yogyakarta 55281

\*E-mail korespondensi: malikbayu13@gmail.com

### ABSTRAK

**IMPLEMENTASI NODE-RED SEBAGAI PLATFORM INTERFACE SISTEM KONTROL AKSELERATOR: STUDI PERBANDINGAN DENGAN EPICS DAN SCADA/LABVIEW.** Ruang kontrol pada akselerator partikel, termasuk siklotron, memiliki peran penting dalam memantau dan mengendalikan parameter operasional seperti arus, tegangan magnet, dan suhu secara terpusat. Pemahaman terhadap sistem tersebut sulit dijangkau oleh mahasiswa maupun masyarakat umum karena kompleksitas dan biaya alat sesungguhnya yang tinggi, sehingga dikembangkan alat peraga ruang kontrol akselerator berskala edukatif. Tulisan ini bertujuan memaparkan secara objektif bagaimana Node-RED, sebuah platform flow-based programming yang bersifat open source, diimplementasikan sebagai perangkat lunak pembuat antarmuka (interface) sistem kontrol pada alat peraga tersebut, serta membandingkan karakteristik kinerja dan keandalannya dengan platform yang umum digunakan periset di fasilitas akselerator sesungguhnya, yaitu EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System) dan perangkat lunak SCADA/LabVIEW komersial. Metode yang digunakan meliputi implementasi dashboard Node-RED yang terhubung melalui protokol MQTT untuk menampilkan status sistem secara real-time, dilanjutkan dengan studi pustaka komparatif terhadap platform kontrol lain berdasarkan aspek biaya, kemudahan pengembangan, arsitektur/protokol, dan skala pengelolaan sistem. Hasil implementasi menunjukkan bahwa dashboard Node-RED mampu menampilkan data secara real-time dan seluruh fungsi kontrol maupun monitoring pada alat peraga berjalan tanpa kendala berarti selama pengujian. Hasil perbandingan pustaka menunjukkan bahwa ketiga platform memiliki karakteristik yang berbeda dan tidak dapat saling menggantikan secara mutlak: EPICS unggul dalam pengelolaan sistem berskala sangat besar dengan ribuan variabel proses namun menuntut keahlian teknis tinggi; LabVIEW/SCADA komersial unggul dalam integrasi perangkat industri dan fitur enterprise namun berbiaya lisensi tinggi serta interoperabilitas antar vendor yang terbatas; sementara Node-RED unggul dalam kemudahan pengembangan, biaya implementasi rendah, dan fleksibilitas protokol komunikasi, namun cakupan penerapannya pada literatur masih terbatas pada sistem berskala kecil-menengah dibandingkan EPICS maupun SCADA industri. Pemilihan platform yang tepat pada akhirnya bergantung pada skala sistem, ketersediaan sumber daya, dan tingkat kompleksitas pengelolaan yang dibutuhkan.

Kata kunci: Node-RED, sistem kontrol, akselerator, siklotron, antarmuka, EPICS, SCADA

### ABSTRACT

**Implementation of Node-RED as an Interface Platform for Accelerator Control Systems: A Comparative Study with EPICS and SCADA/LabVIEW.** The control room of a particle accelerator, including a cyclotron, plays a central role in monitoring and regulating operational parameters such as current, magnet voltage, and temperature. Because the complexity and cost of an actual control room are difficult for students and the public to access, an educational-scale cyclotron control room demonstration device was developed. This paper objectively describes how Node-RED, an open-source flow-based programming platform, was implemented as the interface-building software for the control system of the device, and compares its performance and reliability characteristics with platforms commonly used by researchers in real accelerator facilities, namely EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System) and commercial SCADA/LabVIEW software. The method consisted of implementing a Node-RED dashboard connected through the MQTT protocol to display real-time system status, followed by a comparative literature study of other control platforms based on cost, ease of development, architecture/protocol, and system management scale. Implementation results show that the Node-RED dashboard was able to display data in real time and that all control and monitoring functions on the demonstration device ran without significant issues during testing. The comparative literature review shows that the three platforms have distinct characteristics and are not interchangeable in every respect: EPICS excels in managing very large-scale systems with thousands of process variables but demands high technical expertise; commercial LabVIEW/SCADA excels in industrial device integration and enterprise-grade features but carries high licensing costs and limited cross-vendor interoperability; while Node-RED excels in ease of development, low implementation cost, and communication-protocol flexibility, though its documented applications in the literature remain limited to small- to medium-scale systems compared with EPICS and industrial SCADA. The appropriate choice of platform ultimately depends on system scale, available resources, and the required level of management complexity.

Keywords: Node-RED, control system, accelerator, cyclotron, interface, EPICS, SCADA

## PENDAHULUAN

Akselerator partikel, khususnya siklotron, merupakan salah satu teknologi nuklir yang berperan penting dalam produksi radioisotop medis, penelitian material, maupun fisika dasar. Pengoperasian siklotron memerlukan ruang kontrol yang berfungsi sebagai pusat pemantauan dan pengendalian parameter operasional seperti arus, tegangan magnet, frekuensi radio, dan tekanan vakum secara terpadu. Kompleksitas ruang kontrol tersebut membuatnya sulit dipahami secara intuitif oleh mahasiswa maupun masyarakat umum, sehingga diperlukan media pembelajaran berupa alat peraga ruang kontrol akselerator berskala edukatif.

Pada fasilitas akselerator dan sinkrotron berskala besar, pengendalian operasional umumnya dilakukan melalui EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System), yaitu perangkat lunak sistem kontrol terdistribusi yang dirancang untuk mengelola ribuan variabel proses secara real-time [1]. Penerapan EPICS pada sistem kontrol beamline sinkrotron menunjukkan bahwa platform ini menuntut pengelolaan konfigurasi Input/Output Controller (IOC) yang kompleks serta keahlian teknis khusus, meskipun berbagai mekanisme otomatisasi dan manajemen paket terus dikembangkan untuk menyederhanakan proses tersebut [2].

Selain EPICS, platform SCADA dan LabVIEW komersial juga umum digunakan pada sistem kontrol industri maupun penelitian energi terbarukan. Sistem SCADA proprietary konvensional umumnya berbiaya tinggi dan memiliki keterbatasan interoperabilitas antar perangkat dari vendor yang berbeda [3], sementara arsitektur SCADA generasi terbaru yang mengadopsi teknologi Internet of Things (IoT) dan protokol ringan seperti MQTT mulai banyak dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan biaya dan fleksibilitas tersebut [4].

Sebagai alternatif, platform flow-based programming seperti Node-RED banyak digunakan pada penelitian pemantauan sistem berbasis IoT karena kemampuannya membangun dashboard secara visual serta mendukung protokol komunikasi MQTT dengan konfigurasi yang relatif sederhana [4], [5]. Pada proyek pengembangan alat peraga ruang kontrol siklotron di Politeknik Teknologi Nuklir Indonesia, platform interface yang dipilih untuk diimplementasikan adalah Node-RED, yang memungkinkan penyusunan alur data dan tampilan dashboard dengan menghubungkan node-node secara visual, berbeda dengan EPICS maupun SCADA/LabVIEW yang umumnya memerlukan konfigurasi teknis lebih mendalam [4]. Pemilihan ini menimbulkan pertanyaan mengenai bagaimana kinerja dan keandalan Node-RED bila dibandingkan secara objektif dengan platform-platform yang telah mapan digunakan periset di fasilitas akselerator sesungguhnya.

Tulisan ini bertujuan memaparkan hasil implementasi Node-RED sebagai platform pembuatan interface sistem kontrol pada alat peraga akselerator siklotron edukatif tersebut, serta membandingkan secara objektif karakteristik kinerja, keandalan, biaya, dan kemudahan pengembangannya terhadap platform interface yang umum digunakan oleh periset pada fasilitas akselerator sesungguhnya, yaitu EPICS dan SCADA/LabVIEW.

## METODOLOGI

Kajian ini disusun menggunakan dua pendekatan yang saling melengkapi. Pendekatan pertama adalah deskripsi implementasi, yaitu pemaparan hasil pembuatan dashboard interface sistem kontrol menggunakan Node-RED yang telah dipasang pada sebuah mini PC dan terhubung ke jaringan lokal ruang kontrol alat peraga akselerator siklotron. Node-RED digunakan untuk menerima data status sistem yang dikirimkan melalui protokol MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), kemudian menampilkannya pada dashboard berupa indikator status dan tombol kontrol yang dapat diakses melalui layar LCD touchscreen 19 inci. Protokol MQTT dipilih karena bersifat ringan, hemat bandwidth, dan mendukung komunikasi dua arah (publish-subscribe), sebagaimana diterapkan pada berbagai penelitian sistem pemantauan berbasis Node-RED [4], [6].

Pengujian fungsional dilakukan terhadap dashboard yang dibangun, meliputi pengaktifan sistem kontrol, kesesuaian indikator kondisi pada tampilan, kelancaran tampilan HMI Node-RED, serta kemampuan monitoring

data secara real-time melalui dashboard, mengikuti pendekatan pengujian yang juga digunakan pada penelitian implementasi Node-RED untuk pemantauan sistem fisik lainnya [6], [7], [8].

Pendekatan kedua adalah studi pustaka komparatif, yaitu penelusuran literatur ilmiah mengenai platform interface sistem kontrol yang umum digunakan periset pada fasilitas akselerator maupun sistem kontrol industri, khususnya EPICS [1], [2], LabVIEW, dan perangkat lunak SCADA komersial [3], [4]. Aspek yang dibandingkan meliputi kinerja, keandalan (reliability dan manajemen konfigurasi), biaya dan lisensi, kemudahan pengembangan, serta dukungan protokol komunikasi. Hasil perbandingan ini kemudian digunakan untuk menilai kelayakan Node-RED sebagai platform interface pada konteks alat peraga edukatif dibandingkan dengan platform yang digunakan pada fasilitas akselerator profesional.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Implementasi Node-RED pada Alat Peraga Akselerator Siklotron*

Dashboard interface sistem kontrol yang dibangun menggunakan Node-RED berhasil menampilkan kondisi sistem alat peraga akselerator siklotron secara real-time pada layar LCD touchscreen 19 inci. Dashboard tersebut menampilkan indikator status alat dan tombol kontrol yang memungkinkan pengguna mengoperasikan serta memantau sistem tanpa perlu melihat langsung ke panel fisik. Data status dikirimkan ke Node-RED melalui protokol MQTT, sehingga perubahan kondisi pada sistem dapat langsung tercermin pada tampilan dashboard tanpa jeda yang signifikan. Hasil ini sejalan dengan beberapa penelitian lain yang juga berhasil menerapkan Node-RED untuk pemantauan real-time berbasis MQTT pada objek yang berbeda, seperti panel fotovoltaik [6], ketinggian air [7], dan taman tanaman [8].



Gambar 1. Tampilan dashboard HMI Node-RED pada alat peraga ruang kontrol siklotron

Pengujian fungsional yang dilakukan menunjukkan bahwa seluruh fitur berjalan sebagaimana mestinya: sistem kontrol dapat diaktifkan tanpa kendala, indikator kondisi pada dashboard sesuai dengan kondisi aktual sistem, tampilan HMI Node-RED berjalan lancar, dan proses monitoring melalui dashboard berlangsung secara real-time.

Tidak ditemukan kegagalan sistem yang berarti selama pengujian, yang menunjukkan bahwa Node-RED cukup andal digunakan pada skala alat peraga edukatif seperti ini.

### ***Perbandingan Node-RED dengan Platform Interface Kontrol yang Umum Digunakan Periset***

Pada fasilitas akselerator dan sinkrotron sesungguhnya, pembuatan interface sistem kontrol umumnya tidak menggunakan Node-RED, melainkan platform yang telah menjadi standar di kalangan periset, terutama EPICS. EPICS dirancang untuk mengelola ribuan variabel proses secara real-time pada fasilitas berskala sangat besar, termasuk sistem akselerator partikel di berbagai laboratorium fisika internasional [1]. Penerapan EPICS pada sistem kontrol beamline menunjukkan bahwa pengelolaan konfigurasi Input/Output Controller (IOC) merupakan bagian pekerjaan yang cukup kompleks, sehingga berbagai upaya otomatisasi dan manajemen paket terus dikembangkan untuk menyederhanakan proses tersebut dan mengurangi beban kerja teknis pada setiap beamline [2]. Karakteristik ini menunjukkan bahwa EPICS unggul dalam skalabilitas dan pengelolaan sistem berskala besar, namun tetap menuntut keahlian teknis khusus dari pengembangnya.

Platform lain yang lazim digunakan di industri maupun laboratorium riset adalah LabVIEW dan perangkat lunak SCADA komersial. Sistem SCADA proprietary konvensional umumnya memiliki keterbatasan interoperabilitas antar perangkat dari vendor yang berbeda serta menuntut biaya lisensi dan infrastruktur yang relatif tinggi [3]. Perkembangan arsitektur SCADA generasi terbaru yang mengadopsi teknologi IoT menunjukkan adanya kebutuhan akan solusi yang lebih murah dan fleksibel dibandingkan SCADA proprietary konvensional, mendorong penelitian ke arah platform pemantauan berbasis protokol terbuka seperti MQTT [3], [4].

Dibandingkan dengan EPICS maupun LabVIEW/SCADA, Node-RED memiliki karakteristik pengembangan yang berbeda. Sebagai platform flow-based programming, Node-RED menyusun logika interface melalui penghubungan node-node secara visual, sehingga proses pembuatan dashboard relatif lebih sederhana dibandingkan konfigurasi IOC pada EPICS maupun integrasi perangkat vendor tertentu pada SCADA komersial [4], [5]. Node-RED juga mendukung berbagai protokol komunikasi seperti MQTT, HTTP, WebSocket, dan Modbus, sehingga banyak digunakan pada penelitian pemantauan IoT skala kecil-menengah, mulai dari sistem energi terbarukan [4], [5], panel fotovoltaik [6], ketinggian air [7], hingga taman tanaman berbasis sensor [8]. Di sisi lain, cakupan penerapan Node-RED pada literatur yang ditelusuri masih terbatas pada sistem berskala kecil-menengah, berbeda dengan EPICS yang telah teruji pada fasilitas fisika berskala besar dengan ribuan titik pengukuran [1], [2].

Karakteristik ini menunjukkan bahwa ketiga platform memiliki titik keseimbangan (trade-off) yang berbeda antara kemudahan pengembangan, biaya, dan skala pengelolaan sistem yang didukung, tanpa satu platform yang unggul pada seluruh aspek secara bersamaan. Ringkasan perbandingan ketiga platform tersebut ditampilkan pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1. Perbandingan Node-RED, EPICS, dan SCADA/LabVIEW sebagai platform interface sistem kontrol**

| Aspek                  | Node-RED                                                                          | EPICS                                                                                     | SCADA / LabVIEW Komersial                                                                     |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Biaya & lisensi        | Gratis, open source                                                               | Gratis, open source [1]                                                                   | Umumnya berbayar/proprietary, biaya lisensi relatif tinggi [3]                                |
| Kemudahan pengembangan | Berbasis flow visual (drag-and-drop node), konfigurasi relatif sederhana [4], [5] | Memerlukan pengelolaan konfigurasi IOC yang kompleks dan keahlian teknis khusus [1], [2]  | Memerlukan pelatihan khusus dan integrasi perangkat keras/perangkat lunak vendor tertentu [3] |
| Arsitektur & protokol  | Flow-based, mendukung MQTT, HTTP, WebSocket, Modbus [4]                           | Client-server berbasis Channel Access/pvAccess untuk sistem terdistribusi skala besar [1] | Umumnya protokol vendor-spesifik; interoperabilitas antar vendor terbatas [3]                 |

|                                 |                                                                                 |                                                                                                |                                                                      |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Skala pengelolaan               | Cocok untuk prototipe dan sistem skala kecil-menengah [4], [5]                  | Dirancang untuk mengelola ribuan variabel proses pada fasilitas berskala sangat besar [1], [2] | Umum digunakan pada sistem otomasi industri skala menengah-besar [3] |
| Contoh penerapan pada literatur | Pemantauan PV, level air, dan taman pintar berbasis IoT [4], [5], [6], [7], [8] | Kontrol beamline sinkrotron dan akselerator partikel [1], [2]                                  | Pemantauan sistem hibrida dan energi terbarukan skala industri [3]   |

Berdasarkan perbandingan tersebut, dapat dilihat bahwa ketiga platform menempati posisi yang berbeda dalam hal skala, biaya, dan kompleksitas pengelolaan. EPICS umumnya digunakan pada fasilitas riset fisika berskala besar yang memprioritaskan pengelolaan ribuan variabel proses [1], [2], SCADA/LabVIEW komersial banyak digunakan pada sistem otomasi industri dan energi terbarukan skala menengah-besar dengan investasi lisensi tertentu [3], sedangkan Node-RED banyak dijumpai pada penerapan pemantauan IoT berskala kecil-menengah yang memprioritaskan kecepatan pengembangan dan efisiensi biaya [4]–[8]. Pada implementasinya di alat peraga akselerator siklotron edukatif ini, Node-RED terbukti mampu menjalankan fungsi dasar monitoring dan kontrol secara real-time sesuai kebutuhan sistem.

## KESIMPULAN

Implementasi Node-RED sebagai platform pembuatan interface sistem kontrol pada alat peraga akselerator siklotron edukatif menunjukkan bahwa dashboard yang dikembangkan mampu menampilkan status sistem secara real-time melalui protokol MQTT, dengan seluruh fungsi kontrol dan monitoring berjalan tanpa kendala berarti pada pengujian yang dilakukan, sejalan dengan hasil implementasi Node-RED pada penelitian sejenis untuk pemantauan sistem berbasis IoT lainnya [4]–[8]. Hasil perbandingan pustaka dengan platform yang umum digunakan periset pada fasilitas akselerator sesungguhnya, yaitu EPICS [1], [2] dan SCADA/LabVIEW komersial [3], menunjukkan bahwa ketiga platform memiliki karakteristik yang berbeda dan tidak sepenuhnya dapat diperbandingkan secara langsung: EPICS unggul dalam pengelolaan sistem berskala sangat besar dengan ribuan variabel proses, LabVIEW/SCADA unggul dalam integrasi perangkat industri dan fitur enterprise, sedangkan Node-RED unggul dalam kemudahan pengembangan, biaya implementasi rendah, dan fleksibilitas protokol komunikasi untuk sistem berskala kecil-menengah. Dengan demikian, kesesuaian masing-masing platform bergantung pada skala sistem, sumber daya yang tersedia, dan tingkat kompleksitas pengelolaan yang dibutuhkan, bukan pada superioritas satu platform secara mutlak atas platform lainnya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Imam Kambali selaku dosen pembimbing atas arahan dan bimbingan selama pelaksanaan Special Project, serta kepada seluruh anggota tim Alat Peraga Akselerator Siklotron atas kerja sama dan kontribusinya dalam perancangan serta pembangunan sistem. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Politeknik Teknologi Nuklir Indonesia - BRIN atas dukungan fasilitas yang diberikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Michelotti et al., "EPIK8S: a Kubernetes-based framework for scalable EPICS control system deployment in accelerator facilities," *Journal of Instrumentation*, vol. 21, p. P04010, Apr. 2026, doi: 10.1088/1748-0221/21/04/P04010.
- [2] Y. Liu, X.-W. Dong, and G. Li, "Better automation of beamline control at HEPS," *Journal of Synchrotron Radiation*, vol. 29, no. 3, pp. 687–697, 2022, doi: 10.1107/S160057752200337X.
- [3] M. N. Asgher and M. T. Iqbal, "Development of a low-cost, open-source LoRA-based SCADA system for remote monitoring of a hybrid power system for an offshore aquaculture site in Newfoundland," *European Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 7, no. 6, pp. 65–73, Dec. 2023, doi: 10.24018/ejece.2023.7.6.589.

- [4] W. He, M. J. A. Baig, and M. T. Iqbal, "An open-source supervisory control and data acquisition architecture for photovoltaic system monitoring using ESP32, Banana Pi M4, and Node-RED," *Energies*, vol. 17, no. 10, p. 2295, 2024, doi: 10.3390/en17102295.
- [5] S. A. Omid, M. J. Baig, and M. T. Iqbal, "Design and implementation of Node-RED based open-source SCADA architecture for a hybrid power system," *Energies*, vol. 16, no. 5, p. 2092, 2023, doi: 10.3390/en16052092.
- [6] I. Raziah, A. Novandri, and Y. Away, "Real-time monitoring of photovoltaic panel using Node-RED," *Sinkron: Jurnal dan Penelitian Teknik Informatika*, vol. 8, no. 3, pp. 2049–2060, 2024, doi: 10.33395/sinkron.v8i3.13929.
- [7] N. Hasni and F. A. Saparudin, "Water level monitoring system user interface using Node-RED," *Progress in Engineering Application and Technology*, vol. 4, no. 2, pp. 403–414, 2023.
- [8] Wisudawati, "Sistem monitoring smart garden tanaman cabai berbasis IoT menggunakan protokol MQTT, Node-RED, dan Telegram Bot," *Jurnal Teknotan*, vol. 17, no. 3, p. 197, Dec. 2023, doi: 10.24198/jt.vol17n3.6.