

Sistem Kontrol dan Monitoring pada Virtual CNC Machining Center dan Product Assembler Berbasis Factory I/O menggunakan PLC Siemens S71200 dan Node-RED

Muhammad Fadli Azis¹, Lutfi², Nur Ihza Asyura³, dan Nuritasari Azis⁴
^{1,2,3}Politeknik ATI Makassar

⁴Politeknik Industri Logam Morowali

fadli@kemenperin.go.id¹, lutfi@atim.ac.id², 21osp568@atim.ac.id³,
nuritasariazis@kemenperin.go.id⁴

ABSTRAK

Sistem pemantauan mesin produksi merupakan komponen penting dalam industri otomasi. Dengan menggunakan sistem ini, perusahaan dapat memantau kinerja mesin-mesin produksi secara *real-time*, memungkinkan deteksi dini terhadap potensi masalah atau kegagalan mesin. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Sistem Kontrol dan Monitoring pada Virtual CNC Machining Center dan Product Assembler Berbasis Factory I/O. Sistem menggunakan PLC Siemens S7-1200 sebagai pengendali dan Node-RED sebagai aplikasi monitoring. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem kontrol dan *monitoring* yang dikembangkan berhasil diimplementasikan dengan interkoneksi yang baik antara *Factory I/O*, PLC, OPC Server, dan HMI. Simulasi pada dua unit CNC Machining Center virtual, yang terdiri dari produk tutup (lid) dan dasar (base), serta lengan robot assembler, menghasilkan data yang terekam secara otomatis dalam database MySQL. Data tersebut mencakup kategori Good Product Lid, Defect Product Lid, Good Product Base, dan Defect Product Base, yang menunjukkan bahwa sistem dapat memonitor dan mencatat kualitas produk secara *real-time*.

Kata kunci: PLC Siemens S7-1200, Factory I/O, Node-RED, virtual CNC, machining center

ABSTRACT

A production machine monitoring system is a critical component in industrial automation. By utilizing this system, companies can monitor the performance of production machines in real-time, allowing early detection of potential issues or machine failures. This research aims to develop a Control and Monitoring System for a Virtual CNC Machining Center and Product Assembler based on Factory I/O. The system employs Siemens S7-1200 PLC as the controller and Node-RED as the monitoring application. Testing results show that the developed control and monitoring system was successfully implemented with good interconnection between Factory I/O, the PLC, OPC Server, and HMI. The simulation of two virtual CNC Machining Centers, consisting of lid and base products and a robot assembler, produced data automatically recorded in a MySQL database. This data includes categories such as Good Product Lid, Defect Product Lid, Good Product Base, and Defect Product Base, demonstrating that the system can monitor and record product quality in real-time.

Keywords: PLC Siemens S7-1200, Factory I/O, Node-RED, virtual CNC, machining center

PENDAHULUAN

Sistem pemantauan mesin produksi memiliki peran yang sangat penting dalam industri otomasi karena memungkinkan perusahaan untuk memantau dan mengawasi kinerja mesin secara *real-time*. Sistem ini memberikan visibilitas terhadap kondisi mesin, memungkinkan deteksi dini terhadap potensi masalah atau kegagalan mesin, sehingga dapat meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi waktu henti produksi yang

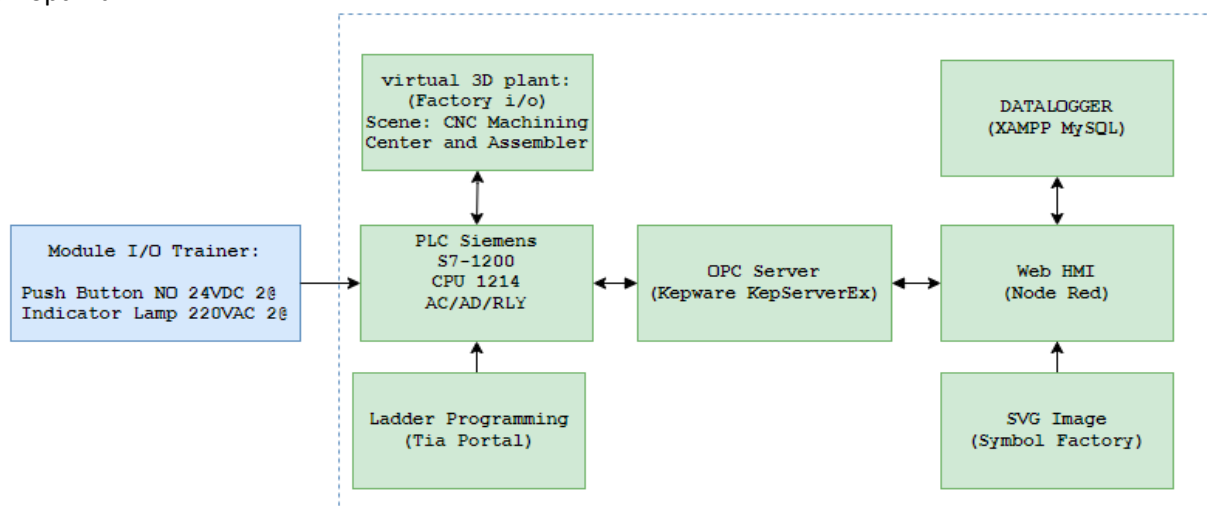
tidak terencana [1]. Salah satu komponen utama dalam sistem ini adalah data logger, yaitu perangkat elektronik yang secara berkala mencatat data dari mesin menggunakan instrumen dan sensor internal maupun eksternal. Sebagian besar data logger memerlukan prosesor digital atau komputer untuk pemrosesan dan penyimpanan data [2, 3].

Pada penelitian ini, mesin yang akan dipantau meliputi dua unit virtual CNC machining center dan sebuah lengan robot assembler. Untuk keperluan simulasi, digunakan aplikasi Factory I/O, sebuah platform simulasi virtual plant yang bertujuan untuk meningkatkan pengalaman pembelajaran di laboratorium kontrol dan otomasi Politeknik ATI Makassar. Penelitian sebelumnya telah berfokus pada pengembangan sistem otomatisasi berbasis DCS SCADA dengan memanfaatkan Factory I/O dan PLC Siemens S7-1200 untuk mendukung pembelajaran praktikum [4]. Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan oleh Fadli [4] telah mengembangkan modul simulasi Pick and Place XYZ yang menggunakan robot tiga sumbu, conveyor, dan sensor untuk meningkatkan efisiensi praktikum DCS SCADA. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Mahdali [5] berhasil merancang sistem penyimpanan gudang otomatis yang dapat mengelola box hingga rak ke-54 menggunakan algoritma state diagram, memberikan kontribusi signifikan bagi pembelajaran otomasi di institusi pendidikan.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya dan kebutuhan untuk mengontrol serta memantau sistem pemantauan mesin industri, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Sistem Kontrol dan Monitoring pada Virtual CNC Machining Center dan Product Assembler berbasis Factory I/O. Sistem ini menggunakan PLC Siemens S7-1200 sebagai pengendali dan Node-RED sebagai aplikasi monitoring.

METODE PENELITIAN

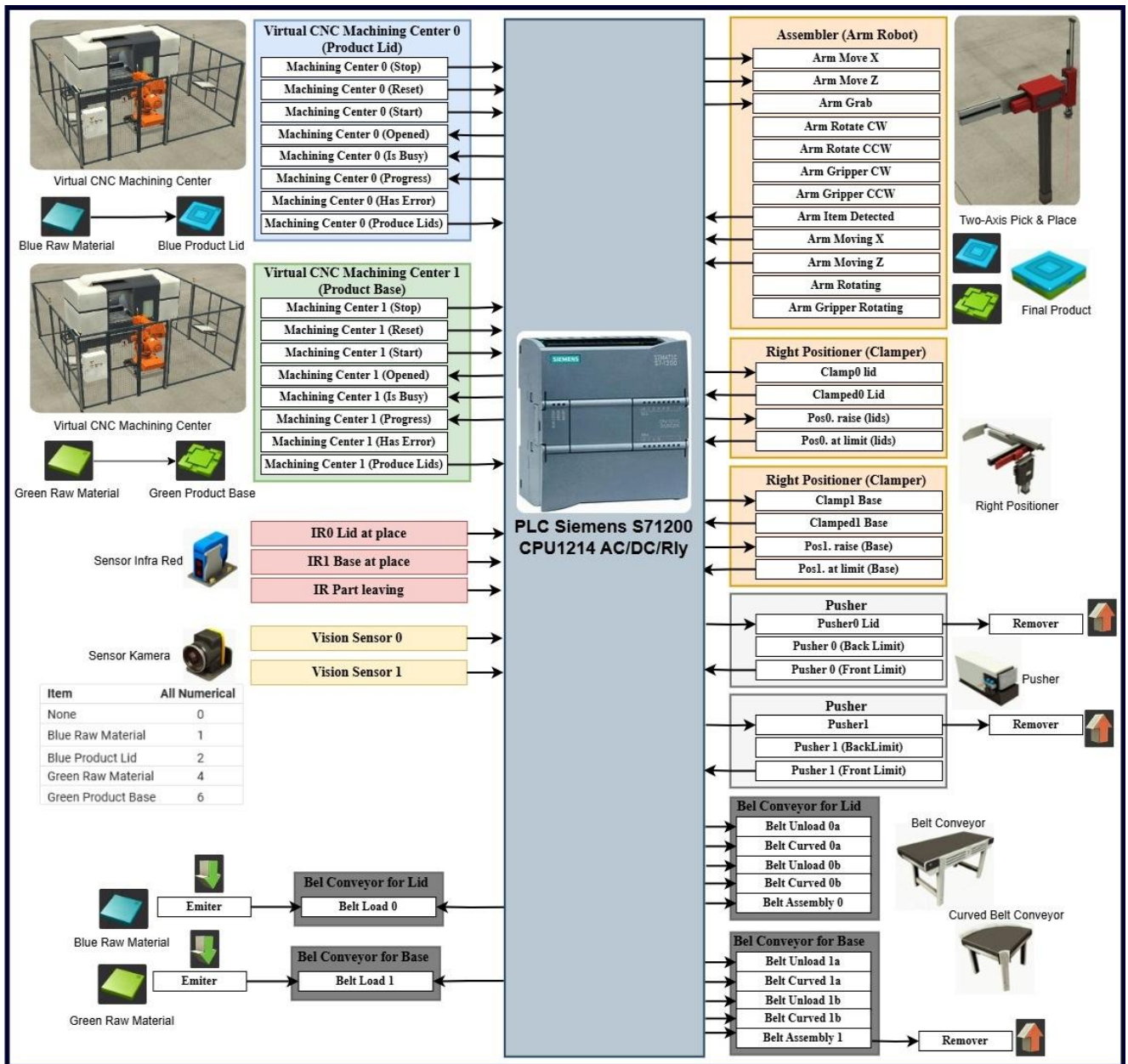
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni hingga September 2024 di Laboratorium Kontrol dan Otomasi, Politeknik ATI Makassar, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Penelitian ini menggunakan berbagai perangkat lunak dan perangkat keras untuk mendukung pengembangan dan pengujian sistem. Perangkat lunak yang digunakan meliputi TIA Portal, PLCSim, OPC Server (KepServerEX), Node.js, Node-RED, Factory I/O, Symbol Factory, Inkscape, serta database MySQL melalui XAMPP untuk simulasi dan analisis sistem [6,7,8]. Pada aspek perangkat keras, digunakan komputer dengan spesifikasi OS Windows 11 (64-bit), prosesor AMD Ryzen 5 5500U, dan RAM 8GB. Perangkat keras lainnya meliputi PLC Siemens S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RLY, modul I/O Trainer, terminal colokan, *switch*, kabel LAN + RJ45, kabel *jumper*, Skun Ferrules, *toolset*, serta multimeter. Integrasi perangkat-perangkat ini dilakukan secara cermat untuk memastikan pengembangan sistem dapat berjalan dengan optimal.



Gambar 1. Diagram blok sistem

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental, yang terdiri dari dua tahapan. Tahap pertama adalah perancangan sistem *monitoring* dan *data logger* pada *Virtual CNC Machining Center* dan *Assembler* berbasis PLC dan IIoT. Tahap kedua adalah pengujian sistem yang telah dirancang.

Perancangan sistem dalam penelitian ini mencakup beberapa elemen utama, seperti diagram blok, *state diagram*, dan *Input-Process-Output (IPO) Diagram*. Diagram blok ditampilkan pada Gambar 1, sedangkan *IPO Diagram* ditunjukkan pada Gambar 2.

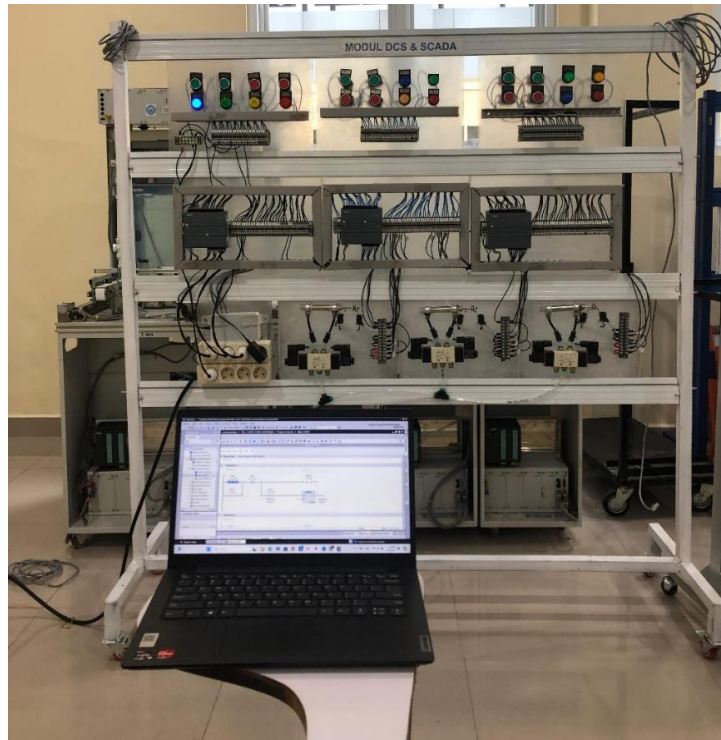


Gambar 2. Diagram Blok *Input-Proses-Output* (I/O Diagram)

Pengujian sistem *monitoring* dan *data logger* pada *Virtual CNC Machining Center* berbasis *Industrial Internet of Things* (IIoT) dilakukan melalui beberapa tahapan. Pengujian meliputi pengujian koneksi PLC Siemens dengan aplikasi *Virtual Plant Factory*, pengujian koneksi PLC Siemens dengan OPC Server menggunakan *KepServerEX*, pengujian kinerja IoT dengan *Node-RED*, serta pengujian akses ke basis data *MySQL*. Setiap pengujian dirancang untuk mengevaluasi keandalan sistem secara keseluruhan dalam hal konektivitas, performa, dan akurasi data yang dihasilkan.

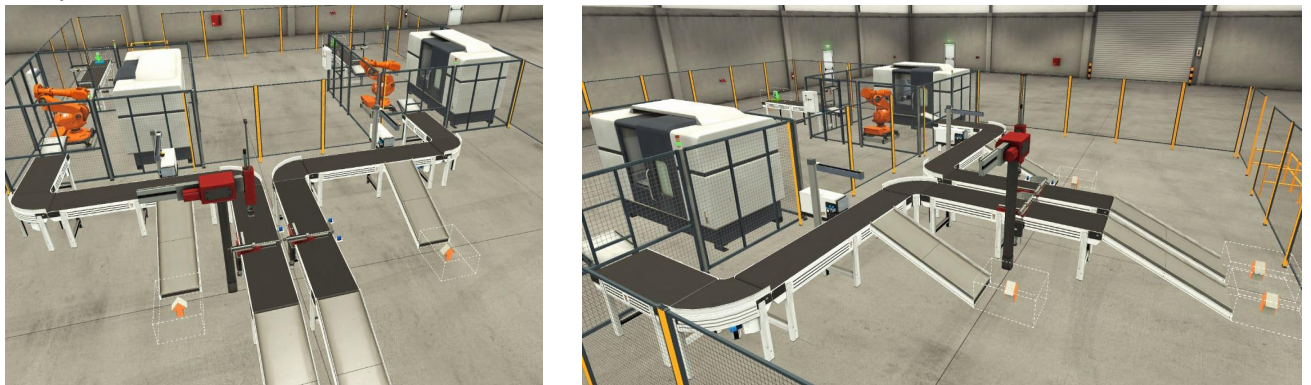
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rancang bangun sistem dari sisi perangkat keras mencakup penggunaan modul *trainer* PLC Siemens S7-1200 AC/DC/RLY, modul I/O *Trainer* yang terdiri dari dua tombol tekan NO 24VDC dan dua lampu indikator 220VAC, *Switch Ethernet*, terminal colokan 220VAC, kabel LAN tipe Cross, kabel daya, kabel *jumper*, serta seperangkat komputer (laptop). Gambar 3 menunjukkan tampilan fisik perangkat keras sistem yang digunakan dalam penelitian ini.



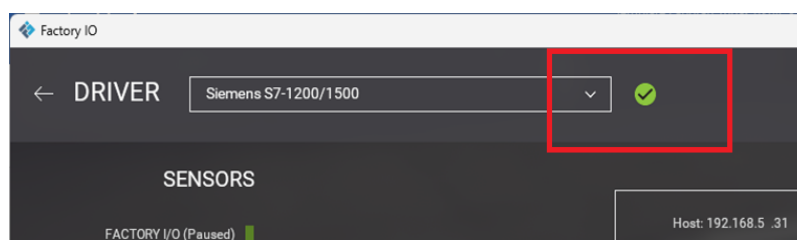
Gambar 3. Perangkat keras modul trainer PLC Siemens S7-1200.

Pada sisi perangkat lunak, sistem ini terdiri dari empat aplikasi utama: Virtual Plant 3D Factory I/O untuk simulasi CNC Machining Center dan Assembler, TIA Portal untuk pemrograman ladder diagram dan pengelolaan PLC Tags, OPC Server dengan Kepware KepServerEX untuk interkoneksi antara perangkat lunak dan PLC, serta Web HMI menggunakan Node-RED dan Symbol Factory untuk antarmuka pengguna. Data produksi disimpan dalam database MySQL yang diakses melalui XAMPP. Gambar berikut menampilkan tampilan virtual dari 3D Plant pada Factory I/O.



Gambar 4. Tampilan Virtual 3D Plant di Factory I/O

Pengujian dilakukan untuk menguji interkoneksi antara PLC Siemens S7-1200 dan aplikasi Virtual Plant Factory I/O. Hasilnya menunjukkan bahwa koneksi berhasil terhubung, ditandai dengan centang hijau pada konfigurasi driver, yang memastikan kesesuaian model PLC, adaptor, dan alamat IP yang digunakan. Gambar 5 menunjukkan hasil pengujian ini.



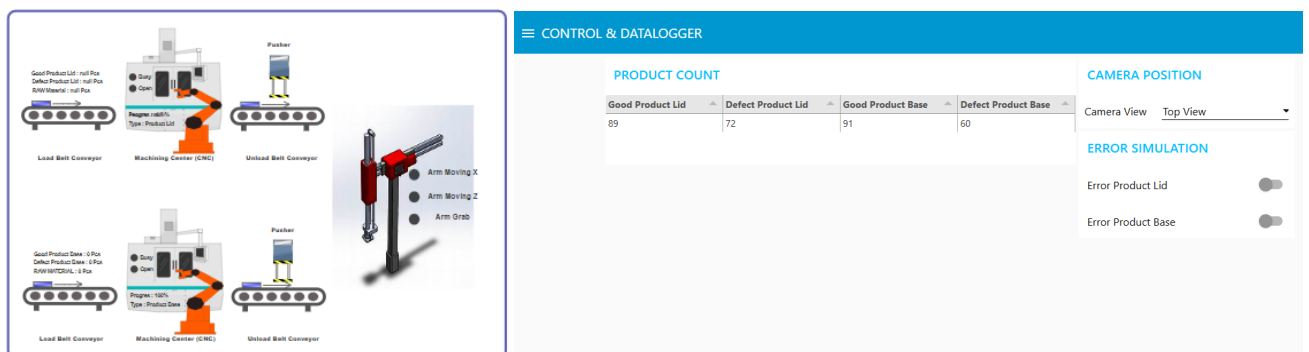
Gambar 5. Hasil pengujian koneksi PLC Siemens dengan Factory I/O

Pengujian selanjutnya adalah interkoneksi antara PLC Siemens dan OPC Server (Kepware KepServerEX). Hasil pengujian menunjukkan bahwa koneksi berhasil dilakukan, ditandai dengan indikator "good" pada kolom kualitas di tabel OPC. Keberhasilan ini dipastikan melalui konfigurasi yang tepat antara model PLC dan alamat IP. Gambar 6 menunjukkan hasil dari pengujian ini.

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	Update
cncAssembler.Device1.Vision_Sensor_1_(Value)	Long	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Vision_Sensor_0_(Value)	Long	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Tag_6	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Tag_5	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Tag_4	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Tag_3	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Tag_2	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Tag_1	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Tag_0	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.state	Short	0	21:51:52.296	Good	1
cncAssembler.Device1.Pusher_1_(Front_Limit)	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Pusher_1	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Pusher_0_(Front_Limit)	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Pusher_0	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Pos1-_raise_(bases)	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Pos1-_at_limit_(bases)	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Pos0-_raise_(lids)	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Pos0-_at_limit_(lids)	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Machining_Center_1_(Stop)	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Machining_Center_1_(Start)	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Machining_Center_1_(Reset)	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Machining_Center_1_(Progress)	Long	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Machining_Center_1_(Produce...	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Machining_Center_1_(Opened)	Boolean	1	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Machining_Center_1_(Is_Busy)	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Machining_Center_0_(Stop)	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Machining_Center_0_(Start)	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Machining_Center_0_(Reset)	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Machining_Center_0_(Progress)	Long	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Machining_Center_0_(Produce...	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Machining_Center_0_(Opened)	Boolean	1	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.Machining_Center_0_(Is_Busy)	Boolean	0	21:51:52.274	Good	1
cncAssembler.Device1.m_stop	Boolean	0	21:51:52.296	Good	1
cncAssembler.Device1.m_start	Boolean	0	21:51:52.296	Good	1
cncAssembler.Device1.m_run	Boolean	0	21:51:52.296	Good	1

Gambar 6. Hasil pengujian koneksi PLC Siemens dengan KepServerEX (OPC Server)

Pengujian kinerja IoT bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat terkoneksi dan beroperasi dengan baik melalui platform Node-RED. Hasil pengujian menunjukkan bahwa konektivitas antara Node-RED dan PLC Siemens berjalan lancar. Pada dashboard Node-RED, indikator status mesin seperti conveyor belt, mesin CNC, dan lengan robot assembler berubah warna sesuai kondisi operasional. Sebagai contoh, indikator berubah menjadi hijau ketika conveyor belt bergerak, pintu mesin CNC terbuka, atau ketika lengan robot bergerak. Gambar 7 menunjukkan tampilan dashboard HMI yang menampilkan berbagai informasi penting, termasuk jumlah produk yang baik dan cacat, serta kontrol terhadap posisi kamera dan simulasi kesalahan produk.



Gambar 7. Tampilan dashboard HMI, database dan kontrol

Pada Gambar 7, beberapa komponen utama dari dashboard dijelaskan lebih rinci. Bagian Product Count menampilkan data terkait jumlah produk yang berhasil diproduksi dengan baik dan yang mengalami cacat. Terdapat dua kategori produk, yaitu Lid (tutup) dan Base (dasar). Untuk kategori Good Product Lid, tercatat 89 produk yang lolos inspeksi kualitas, sementara untuk Defect Product Lid tercatat 72 produk yang mengalami cacat. Pada kategori Good Product Base, terdapat 91 produk yang baik, dan untuk Defect Product Base, tercatat sebanyak 60 produk yang cacat. Selain itu, bagian Camera Position di sisi kanan dashboard memungkinkan pengguna untuk memilih sudut pandang kamera guna memantau proses produksi. Pilihan sudut pandang yang

ditampilkan pada gambar adalah Main Front View, yang memberikan tampilan depan sebagai pandangan utama kamera.

Bagian terakhir dari dashboard adalah Error Simulation, yang menyediakan fitur simulasi kesalahan pada produk. Pengguna dapat mengaktifkan simulasi kesalahan untuk produk tutup (Error Product Lid) maupun dasar (Error Product Base). Pada gambar yang ditampilkan, kedua tombol simulasi kesalahan berada dalam keadaan mati (non aktif), menandakan bahwa simulasi kesalahan belum diaktifkan. Secara keseluruhan, dashboard ini memberikan tampilan informasi real-time mengenai jumlah produk yang baik dan cacat, serta menawarkan kontrol untuk mengatur posisi kamera dan mengaktifkan simulasi kesalahan guna keperluan pengujian sistem produksi.

KESIMPULAN

Sistem Monitoring dan Data Logger pada Virtual Machining Center (CNC) berbasis Industrial Internet of Things (IIoT) telah berhasil dikembangkan dan diuji dengan baik. Integrasi antara komponen utama seperti Factory I/O, PLC Siemens S7-1200, OPC Server (KepServerEX), dan HMI berbasis Node-RED berjalan dengan lancar, terbukti melalui pengujian konektifitas yang menunjukkan status "OK". Simulasi pada dua unit CNC Machining Center virtual, yang terdiri dari produk tutup (lid) dan dasar (base), serta lengan robot assembler, menghasilkan data yang terekam secara otomatis dalam database MySQL. Data tersebut mencakup kategori Good Product Lid, Defect Product Lid, Good Product Base, dan Defect Product Base, yang menunjukkan bahwa sistem dapat memonitor dan mencatat kualitas produk secara real-time dengan akurasi tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Caca.2020. "Beberapa Bentuk-Bentuk Part Yang Bisa Dibuat Menggunakan Mesin CNC", diunduh dari: (<http://soloabadi.com/beberapa-bentuk-bentuk-part-yang-bisa-dibuat-menggunakan-mesin-cnc>, diakses pada 4 Februari 2023).
- [2] Henao-Hernández, I. (2019). Control and monitoring for sustainable manufacturing in the Industry 4.0: A literature review. *kanada: IFAC-PapersOnLine*.
- [3] Hidayat, G. R. (2021). Simulasi Alat Pengisi Barang Dan Pengepakan Barang Menggunakan Factory IO. *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, 3(1).
- [4] Tippannavar, S. S. (2023). Perekam Data Analog untuk Pemantauan Jarak Jauh Sistem Kontrol. *IJARCCCE*.
- [5] Azis, M. F., Lutfi, L., & Amiruddin, M. S. (2024). Development of DCS SCADA Module for Factory I/O Pick and Place XYZ Case Based on Siemens S7-1200 PLC and HMI Excel Link. *INTEK: Jurnal Penelitian*, 11(1), 7-12.
- [6] Mahdali, A., & Amal, A. I. (2024). WAREHOUSE STORAGE OTOMATIS BERBASIS SIEMENS S71200 DAN FACTORY I/O. *Jurnal Industri dan Teknologi Samawa*, 5(2), 96-101.
- [7] He, H., Long, Y., & Yu, W. (2021, March). Design and simulation of elevator emergency system based on TIA Portal V15. 1. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1802, No. 4, p. 042089). IOP Publishing.
- [8] Kodali, R. K., & Anjum, A. (2018, August). IoT based home automation using node-red. In *2018 Second International Conference on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT)* (pp. 386-390). IEEE.
- [9] Reinard, V., Hugeng, H., & Utama, H. S. (2023). Perancangan Sistem Pemantauan Sensor Pada Programmable Logic Controller Mesin Produksi Berbasis Internet Of Things. *INTRO: Journal Informatika dan Teknik Elektro*, 2(2), 48-55.