



Desain Tampilan Antarmuka SCADA Flow Dengan Sistem Komunikasi OPC UA

Proyek Akhir

**Oleh:
Micael Sinabariba (3232301004)**

**Program Studi Teknik Instrumentasi
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2023**

Pernyataan Keaslian Proyek Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Proyek Akhir saya yang berjudul : "Desain Tampilan Antarmuka SCADA Flow Dengan Sistem Komunikasi OPC UA" adalah **hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.** Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 20 Agustus 2025

A handwritten signature in black ink is written over a pink 1000 Rupiah postage stamp. The stamp features the Garuda Pancasila logo and the text "1000", "METERAI", and "TEMPER". Below the stamp, the text "E1686ANX387985259" is printed.

ivicael Sinabariba
NIM : 3232301004

Lembar Pengesahan

Proyek Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Ahli Madya Teknik (AMd.T.)
di
Politeknik Negeri Batam

Oleh:
Micael Sinabariba (3232301004)

Tanggal Sidang: 11 Agustus 2025

Disetujui oleh :

1. Nama Penguji I



Muhammad Laka Wimbang
Wicaksono, S.T., M.T
NIK: 122272

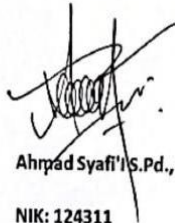
2. Nama Penguji II



Rahmi Mahdaliza S.Si., M.Si.

NIK:117195

1. Nama Pembimbing



Ahmad Syafi'i S.Pd., M.T.
NIK: 124311

2. Nama Pembimbing



Ardian Budi Kusuma Atmaja,
S.Tr., M.T.

NIK: 214172

Desain Tampilan Antarmuka SCADA Flow Dengan Sistem Komunikasi OPC UA

Abstrak

Sistem SCADA *Plant-Flow* terdiri dari tiga komponen utama: sensor *waterflow*, *Programmable Logic Controller* (PLC), dan *Human Machine Interface* (HMI). Sistem ini dirancang untuk memonitor dan mengontrol proses kerja pada *Plant-Flow* secara terpusat. SCADA *Plant-Flow* mengintegrasikan *software* dan *hardware* agar dapat mengawasi, menganalisis, dan mengendalikan aliran air dalam sistem secara efisien. Sensor *waterflow* berfungsi sebagai pendeteksi aliran untuk menghitung debit air dalam satuan Liter/Menit. Aliran air dimulai dari tangki, melewati pompa dan *valve*, hingga ke sensor. Data dari sensor *waterflow* dikirim ke PLC, yang bertugas memproses data tersebut menjadi informasi penting seperti nilai debit air, status operasional pompa, posisi *valve*, serta mendeteksi kondisi abnormal seperti kebocoran atau penyumbatan. Informasi ini selanjutnya diteruskan ke HMI melalui komunikasi *Ethernet* dan ditampilkan secara *real-time*. Operator dapat memantau kondisi sistem, mengontrol perangkat, dan mengambil keputusan berdasarkan data yang disajikan. Selain itu, SCADA *Plant-Flow* juga menyimpan data historis yang berguna untuk analisis performa dan optimasi proses kerja. Data historis ini mencakup tren aliran air, efisiensi sistem, serta pola penggunaan energi pada perangkat. Dengan sistem ini, pengawasan plant menjadi lebih mudah dan akurat. SCADA *Plant-Flow* memastikan proses kerja tetap berjalan stabil dan efisien, memungkinkan pengendalian yang lebih baik terhadap plant serta membantu operator dalam menganalisis dan meningkatkan kinerja sistem secara keseluruhan. Pengujian menunjukkan bahwa data yang diukur oleh sensor *waterflow* memiliki persentase *error* yang berbeda pada setiap kecepatannya. Pada kecepatan pompa satu persentase *error* nya sebesar 2,01%, pada kecepatan pompa 2, persentase *error* nya sebesar 2.02% dan untuk kecepatan 3 sebesar 1,84% . jika dibandingkan dengan alat pembanding *flowmeter* pada sistem SCADA *Plant-Flow*. Nilai *error* tersebut masih dalam batas toleransi yang dapat diterima, yang membuktikan bahwa sistem ini cukup andal untuk pemantauan debit air secara *real-time*.

Kata kunci: SCADA, *Plant-Flow*, *waterflow* sensor, PLC, HMI, komunikasi *Ethernet*, kontrol proses, analisis data, optimasi sistem.

SCADA Flow Interface Display Design With OPC UA Communication System

Abstract

The SCADA Plant-Flow system consists of three main components: a water flow sensor, a Programmable Logic Controller (PLC), and a Human Machine Interface (HMI). This system is designed to centrally monitor and control operations within the Plant-Flow. SCADA Plant-Flow integrates both software and hardware to effectively supervise, analyze, and control water flow within the system. The water flow sensor functions as a flow detector to calculate the water flow rate in liters per minute (L/min). The water flows from the tank, through the pump and valve, and passes the sensor. Data from the sensor is sent to the PLC, which processes the signal into useful information, such as flow rate values, pump operation status, valve positions, and abnormal conditions such as leakage or blockage. This information is then transmitted to the HMI via Ethernet communication and displayed in real-time. Operators can monitor system conditions, control devices, and make decisions based on the displayed data. In addition, SCADA Plant-Flow stores historical data that can be used for performance analysis and process optimization. This data includes water flow trends, system efficiency, and energy usage patterns of the devices. With this system, plant monitoring becomes easier and more accurate. SCADA Plant-Flow ensures that operational processes remain stable and efficient, allowing for better plant control and helping operators analyze and improve overall system performance. Testing shows that the water flow data measured by the sensor has a percentage error of 2.01% at pump speed 1, 2.01% at pump speed 2, and 1.84% at pump speed 3, when compared with the reference values from a manual flowmeter. These error values are still within acceptable tolerance limits, indicating that the system is reliable for real-time water flow monitoring.

Keywords: SCADA, Plant-Flow, waterflow sensor, PLC, HMI, Ethernet communication, process control, data analysis, system optimization.

Kata Pengantar

Dengan mengucapkan *Alhamdulillah* rabbil 'alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir yang berjudul **“Desain Tampilan Antarmuka SCADA Flow Dengan Sistem Komunikasi OPC UA”**.

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan mata kuliah Proyek Akhir serta memperoleh gelar Ahli Madya Teknik (A.Md.T.) pada Program Studi Teknik Instrumentasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam.

Penulis menyadari bahwa laporan ini tidak akan dapat tersusun dan terselesaikan tanpa bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Orang tua tercinta, atas segala doa, dukungan, kasih sayang, dan semangat yang tak henti-hentinya diberikan selama proses penyusunan proyek ini.
2. Manajer proyek, Bapak Aditya Gautama Darmoyono S.T.,M.T yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta kepercayaan kepada penulis dalam melaksanakan dan menyelesaikan proyek ini.
3. Dosen pembimbing, Bapak Ardian budi Kusuma Atmaja dan Bapak Ahmad Syafi'i yang telah memberikan waktu, ilmu, saran, dan bimbingan secara intensif selama proses pengerjaan dan penyusunan laporan ini.

Batam, 20 Agustus 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'M. S.', written over a horizontal line.

Penulis

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Proyek Akhir	1
Lembar Pengesahan.....	2
Abstrak	3
<i>Abstract</i>	4
Kata Pengantar	5
Daftar Isi	6
Daftar Gambar	8
Daftar Tabel	9
Bab 1. Pendahuluan	10
1.1. Latar Belakang	10
1.2. Rumusan Masalah.....	10
1.3. Tujuan	10
1.4. Manfaat	11
1.5. Batasan	11
1.6. <i>Work Breakdown Structure</i>	11
Bab 2. Tinjauan Pustaka	12
2.1. SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition).....	12
2.2. Gambaran Perkembangan Teknologi	12
2.2.1. Sistem Kontrol	12
2.2.2. Sensor	12
2.2.3. Interface	14
2.3. Sistem Komunikasi	14
2.3.1. Ethernet	14
2.3.2. OPC Unified Architecture (UA)	15
Bab 3. Metode Pelaksanaan.....	16
3.1. Perancangan.....	16
3.1.1. Perancangan Setup PLC CP1H.....	17
3.1.2. Perancangan dan Pembuatan Elektrikal.....	17
3.1.3. Perancangan Tampilan Interface.....	20
3.1.4. Perancangan P&ID.....	21
3.1.5. Blok Diagram Sistem.....	22
3.2. Alat dan Bahan	23
3.3. Pengujian.....	23
3.3.1. Pengujian Sensor Waterflow.....	24
3.3.2. Hasil pengujian pada kecepatan pompa 1	24
3.3.3. Hasil pengujian pada kecepatan pompa 2	25
3.3.4. Hasil pengujian pada kecepatan pompa 2	Error!

not defined.

3.3.2.	Pengambilan Data Pulsa Perdetik	27
3.3.3.	Pengujian Komunikasi Ethernet	27
3.3.4	Pengujian Penyimpanan Data ke Database Microsoft Access	29
Bab 4.	Hasil dan Pembahasan	31
4.1.	Data Hasil Penelitian	31
4.2.	Pembahasan	34
4.2.1.	Analisis Hasil Pengukuran Debit Air	34
4.2.2.	Interpretasi dan Potensi Manfaat	35
Bab 5.	Kesimpulan dan Saran	36
5.1.	Kesimpulan	36
5.2.	Saran	36
Daftar Pustaka		38
Biodata		39
Lampiran		40

Daftar Gambar

Gambar 1 Sensor <i>Waterflow</i>	14
Gambar 2. <i>Flowchart</i> Sistem.....	16
Gambar 3. <i>Wiring Power Supply</i>	18
Gambar 4. <i>Wiring Input</i> PLC.....	18
Gambar 5. <i>Wiring Output</i> PLC.....	19
Gambar 6. tampilan HMI.....	21
Gambar 7. P&ID sistem.....	22
Gambar 8. <i>blok diagram</i> sistem.....	22
Gambar 9 Pengujian Pompa Kec 1.....	24
Gambar 10 Pengujian Pompa Kec 2.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 11 Pengujian pompa kec 3.....	26
Gambar 12. <i>Ladder</i> Instruksi PRV untuk Pengambilan data Pulsa	27
Gambar 13. Hasil Penyimpanan Data Historis ke <i>Database Microsoft Access</i>	30

Daftar Tabel

Tabel 1. <i>Work Breakdown Structure</i>	11
Tabel 2. Alat dan Bahan	23
Tabel 3 Data Pompa 1.....	32
Tabel 4 Data Pompa 2.....	33
Tabel 5 Data Pompa 3.....	33

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Scada *Plant Flow* adalah sebuah upaya dalam memenuhi kebutuhan mahasiswa dalam proses pembelajaran di bidang Instrumentasi. Alat ini dirancang untuk bahan pembelajaran mahasiswa dalam *monitoring* dan kontrol. Proses *monitoring* juga berfungsi untuk mengetahui permasalahan yang terjadi pada lingkungan kerja seperti keselamatan dan kesehatan kerja (Vecchio-Sadus, 2007). Namun kegagalan komunikasi dapat menyebabkan kecelakaan kerja, terutama jika tidak dilakukan pemantauan dengan baik. Sebagai contoh terjadi tumpahan minyak di Indonesia karna pipa yang berada dibawah laut terjadi kebocoran dan menyebabkan kebakaran (ATLAS, 2018). Dari investigasi ditemukan penyebab utamanya ialah kurangnya komunikasi yang memadai. Dari contoh permasalahan komunikasi sangat berpengaruh dengan keselamatan dan menurunkan kewaspadaan hingga menimbulkan kecelakaan kerja.

Dari Permasalahan Tersebut, kami membuat *mini plant* yang memiliki system komunikasi yang baik. Dengan menggunakan Sensor *Flow* menghitung debit *fluida*, PLC sebagai control, *OPC UA* sebagai komunikasi dan menyimpan data yang keluar dari sensor, dan *Indusoft* untuk menampilkan data dan *memonitoring* melalui HMI. bertujuan untuk mempermudah dalam komunikasi dan alat yang berada dilapangan. Penelitian ini bertujuan untuk membangun *mini Plant* alat *monitoring* dan kontrol yang dapat menampilkan informasi mengenai alat yang berada dilapangan berbasis *OPC UA* sebagai komunikasinya.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada proyek ini sebagai berikut :

1. Bagaimana cara membangun sistem SCADA pada *plant*?
2. Bagaimana cara *memonitoring Fluida* pada *plant*?
3. Bagaimana cara menyimpan data ke *database* dan menampilkannya ke *Indusoft*?

1.3. Tujuan

Adapun beberapa tujuan pada proyek sebagai berikut :

1. Merancang sistem SCADA untuk memantau dan mengontrol aliran air pada plant *waterflow* menggunakan antarmuka berbasis *Indusoft Studio*.
2. Membuat sistem akuisisi data dari sensor *flow meter* untuk membaca dan mengirimkan data debit air.
3. Menggunakan *Wonderware Indusoft* sebagai HMI dan *OPC UA* sebagai media komunikasi dengan PLC.

1.4. Manfaat

Adapun beberapa Manfaat pada proyek sebagai berikut :

1. Mempermudah mahasiswa dalam pengawasan dan pengendalian aliran air secara *real-time* sehingga meningkatkan efisiensi sistem.
2. Memberikan data yang akurat dan dapat diandalkan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pengoperasian *plant*.
3. Dengan adanya inovasi "Sistem Akuisisi Data Sensor *Flow Meter* Berbasis SCADA dengan Integrasi PLC dengan Komunikasi *OPC UA* guna *Memonitoring Plant*" diharapkan dapat digunakan mahasiswa dalam melakukan pembelajaran dan kit praktikum.
4. Dapat menggunakan *wonderware indussoftware* sebagai *software* HMI dan *OPC UA* sebagai penghubung antara HMI dan *cx-programmer*

1.5. Batasan

Untuk membatasi ruang lingkup pengerjaan Proyek Akhir ini, maka ditetapkan beberapa batasan sebagai berikut:

1. Proyek Akhir ini menggunakan *KEPServerEX* sebagai *OPC server* untuk menjembatani komunikasi antara PLC dan SCADA, serta tidak mencakup penggunaan server komunikasi lain.
2. Protokol komunikasi yang digunakan adalah *OPC UA*, dan hanya difokuskan pada komunikasi berbasis kabel *Ethernet*.
3. Komunikasi antar perangkat (PLC, PC, dan sensor) dibatasi hanya melalui kabel *Ethernet*.

1.6. Work Breakdown Structure

Tabel 1. Work Breakdown Structure

No	Nama	Tugas dan Tanggung Jawab dalam Tim
1	Micael Sinabariba	Desain Tampilan Antarmuka Scada <i>Flow</i> Dengan Sistem Komunikasi <i>OPC UA</i> , elektrik <i>plant flow</i> .
2	Defina Edel Edtraja Mifta	Akuisisi Data Sensor <i>Flow</i> Menggunakan Scada Dengan Sistem Komunikasi <i>OPC UA</i> , <i>Database Ms access</i>

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1. SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)

SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) adalah sistem yang digunakan untuk memantau, mengontrol, dan mengumpulkan data dari proses industri secara otomatis dan *real-time*. Sistem ini terdiri dari sensor, PLC, HMI, dan protokol komunikasi yang menghubungkan perangkat keras dan lunak.

Menurut (Ashok, 2019), SCADA berbasis PLC memiliki keunggulan dalam memantau *level* cairan dan distribusi aliran secara presisi, sehingga meningkatkan efisiensi dan mengurangi risiko kegagalan sistem. Pada proyek ini, digunakan sensor *waterflow* YF-S201 untuk mendeteksi aliran air secara *real-time*, yang sinyal pulsanya dihitung oleh PLC *Omron* CP1H menggunakan fungsi PRV untuk mengonversi pulsa menjadi liter per menit.

Tamar (2023) menekankan pentingnya integrasi SCADA dengan ERP untuk mendukung pengambilan keputusan secara cepat. Rohmingtluanga et al. (2023) juga menunjukkan penerapan SCADA dalam manajemen energi untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan distribusi air.

Dalam proyek ini, SCADA mengintegrasikan PLC CP1H, *software* *Indusoft* Studio, dan protokol *Omron FINS Ethernet*, untuk mengontrol serta memantau aliran air secara *real-time* dengan komunikasi data yang efisien dan aman.

2.2. Gambaran Perkembangan Teknologi

Untuk memantau dan mengendalikan plant secara efisien, kemajuan teknologi dalam Sistem *Scada Plant Flow* bergantung pada beberapa komponen utama. Komponen-komponen ini dirancang untuk memantau dan mengendalikan tanaman secara *real-time*. Ini adalah bagian teknologi yang digunakan :

2.2.1. Sistem Kontrol

Komputer industri yang disebut PLC (*Programmable Logic Controller*) adalah komputer yang digunakan untuk mengotomatisasi proses kontrol. Modul ekspansi digital dan analog di PLC CP1H membantu mengawasi dan mengontrol aliran pabrik skala kecil hingga menengah. PLC CP1H menawarkan kecepatan transmisi dan transkripsi komunikasi yang efisien dalam sistem SCADA. Keunggulannya terletak pada pemrosesan data secara *real-time*, *pulse input/output* untuk kontrol presisi, kapasitas, dan memori program yang lebih besar dibandingkan seri lain seperti CP1E (A, 2021)

2.2.2. Sensor

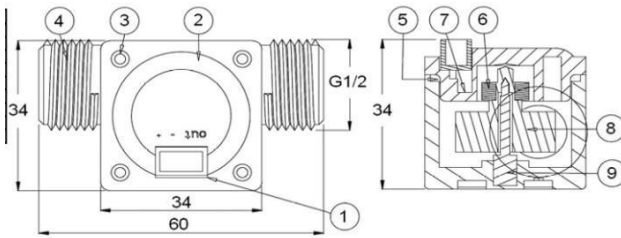
Sensor aliran air YF-S201 menggunakan prinsip *Hall Effect* untuk mengukur kecepatan aliran *fluida*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Sensor ini

menghasilkan sinyal pulsa proporsional dengan laju aliran, yang kemudian diterima oleh *input* pulsa PLC CP1H melalui kabel tiga jalur. Vcc ke sumber daya, output ke *port input* digital PLC, dan GND ke tanah. PLC memproses data aliran *fluida* untuk menghitung volume atau kecepatan. Protokol *OPC UA* digunakan untuk mengirimkan data ke HMI dalam sistem SCADA. (Zhang, 2020). Sensor ini bekerja dengan prinsip memanfaatkan *impeller* yang berputar saat ada aliran air melalui sensor. Perputaran *impeller* menghasilkan pulsa listrik yang kemudian dapat dikonversi menjadi data aliran dalam satuan liter per menit (L/min). Adapun berikut spesifikasi dari Sensor *Waterflow*:

1. Tegangan Operasi :5V hingga 24V DC
2. Keluaran : Sinyal Pulsa
3. Laju Aliran Kerja : 1-30 Liter/Menit
4. Tekanan Air Maksimum : 2.0 Mpa
5. Pulsa per Liter 450
6. Kabel Merah : 24V DC
7. Kabel Kuning : *Input* PLC Ch.0 Address 08
8. Kabel Hitam : GND



WIRING	
RED	VCC
YELLOW	DATA
BLACK	GND



N°	Item	Material
1	Wire	PVC
2	Bonnet	PA
3	Screw	Zinc Plated
4	Valve Body	PA
5	Press Valve	
6	Magnet	
7	Hall	
8	Impeller	POM
9	Steel Sharft	SUS304

Gambar 1 Sensor *Waterflow*

2.2.3. Interface

Interface dalam sistem *plant flow* berfungsi sebagai penghubung utama antara operator dan sistem otomasi. Melalui *interface*, seperti HMI (*Human-Machine Interface*), operator dapat memantau data aliran air secara *real-time* yang dikirim dari sensor *flow meter*. Keunggulan penggunaan HMI dalam integrasi sistem SCADA *Plant Flow* adalah kemampuan untuk menampilkan data kompleks dalam format yang mudah dipahami. HMI memungkinkan pengambilan keputusan yang cepat dan akurat berkat desain yang interaktif. Selain itu, HMI kontemporer mendukung protokol komunikasi yang lebih canggih seperti *Ethernet* dan *OPC UA*, yang membuat integrasi dengan perangkat dan sistem lain lebih mudah.

2.3. Sistem Komunikasi

2.3.1. Ethernet

Dalam sistem *plant flow* yang menggunakan sensor *waterflow*, PLC Omron CP1H, dan komunikasi *OPC UA*, *Ethernet* berfungsi sebagai jalur utama untuk pertukaran data antar perangkat. penggunaan *Ethernet* dalam *plant flow* meningkatkan efisiensi, keandalan, dan kemudahan dalam pengoperasian serta pemantauan sistem secara keseluruhan. Proyek Akuisisi *Flow Data Plant*

menggunakan SCADA dan PLC CP1H, dan aplikasi *OPC UA* berfungsi sebagai perantara atau jembatan antara perangkat lunak SCADA/HMI dan perangkat lunak HMI.

2.3.2. OPC Unified Architecture (UA)

OPC Unified Architecture (OPC UA) adalah protokol komunikasi yang dibuat untuk mengatasi keterbatasan protokol OPC yang sudah ada sebelumnya. *OPC UA* menawarkan *platform* independen dan mendukung komunikasi yang aman, terorganisir, dan berorientasi objek. Karena dapat menghubungkan berbagai perangkat dari berbagai vendor, protokol ini sangat relevan untuk integrasi sistem SCADA *Plant Flow*. Keunggulan lain dari protokol ini adalah *platform* independen yang tidak bergantung pada sistem operasi tertentu, sehingga lebih fleksibel. Selain itu, dibandingkan *OPC klasik*, arsitektur berorientasi objek mendukung pengorganisasian data yang lebih baik. *OPC UA* memungkinkan pengumpulan data secara historis maupun *real-time* dalam konteks aliran mesin, yang sangat berguna untuk analisis performa sistem. Oleh karena itu, protokol ini memungkinkan pengiriman data dan proses pengambilan keputusan berbasis data.

Bab 3. Metode Pelaksanaan

3.1. Perancangan

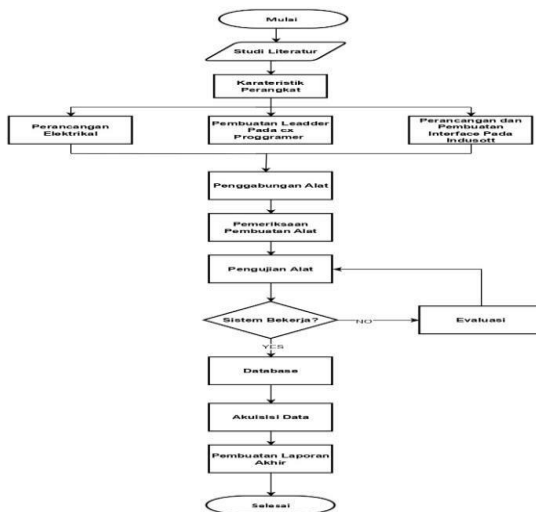
Proses proyek ini diawali dengan Studi Literatur dan dilanjutkan dengan analisis Karakteristik Perangkat yang akan digunakan.

Setelah itu, dilakukan tiga tahap perancangan yang berjalan secara paralel:

1. Perancangan Elektrikal: Mengatur tata letak dan rangkaian kelistrikan perangkat.
2. Pembuatan *Ladder Program*: Mengembangkan logika kontrol PLC dengan perangkat lunak *CX-Programmer*.
3. Perancangan Antarmuka SCADA: Mendesain tampilan *visual* pada *InduSoft*.

Setelah perancangan, dilakukan Penggabungan Alat dan Pemeriksaan Pembuatan Alat. Proses kemudian dilanjutkan dengan Pengujian Alat, Jika hasil pengujian menunjukkan sistem belum bekerja, akan dilakukan Evaluasi dan perbaikan hingga sistem berfungsi dengan baik.

Apabila sistem sudah berjalan, data dari sistem akan disimpan ke *Database* untuk proses Akuisisi Data. Tahap terakhir adalah Pembuatan Laporan Akhir sebagai dokumentasi proyek sebelum dinyatakan Selesai.



Gambar 2. Flowchart Sistem

3.1.1. Perancangan Setup PLC CP1H

Dalam sistem *plant* ini, digunakan PLC *Omron* CP1H XA40DR-A yang diprogram menggunakan bahasa pemrograman *ladder diagram* melalui aplikasi *CX-Programmer*. Sensor yang digunakan adalah sensor *Water Flow*, yang menghasilkan sinyal pulsa sebagai representasi dari aliran air.

Sinyal dari sensor *waterflow* dihubungkan ke *digital input* PLC pada alamat *Channel 0*, bit *08* (Ch.0.08). Karena sensor ini menghasilkan pulsa, maka pembacaan sinyal tidak dilakukan secara biasa, melainkan dengan menggunakan fungsi *PRV* (*Pulse Revolution Value*) yang disediakan oleh *Omron* pada *software CX-Programmer*. Fungsi *PRV* memungkinkan PLC untuk membaca jumlah pulsa dari sensor secara akurat.

Agar fungsi *PRV* dapat bekerja dengan baik, konfigurasi *input* pada PLC harus diatur sebagai *High Speed Counter* (*HSC*). Penggunaan *HSC* sangat penting karena *input* pulsa dari sensor memiliki frekuensi yang cukup tinggi, dan *input digital* biasa tidak mampu menangkap pulsa tersebut secara akurat.

Dengan konfigurasi ini, sistem mampu membaca aliran air secara *real-time* berdasarkan jumlah pulsa yang diterima, yang kemudian bisa dikonversikan ke satuan liter per menit atau volume total air yang mengalir.

3.1.2. Perancangan dan Pembuatan Elektrikal

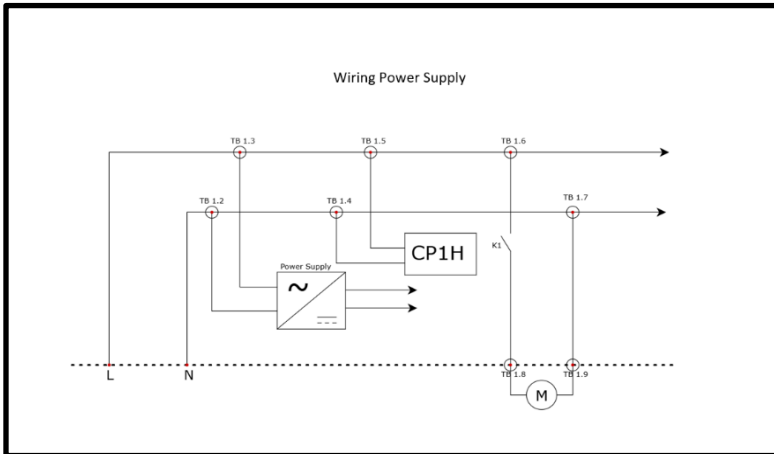
Pada gambar 3-5 merupakan perancangan dan pembuatan elektrikal terdapat beberapa komponen yang digunakan pada sistem. Berikut adalah penjelasan yang terintegrasi mengenai perancangan dan pembuatan elektrikal sistem:

Pada perancangan elektrikal sistem ini, digunakan beberapa komponen utama yang terhubung sesuai dengan tiga diagram pengawatan yang berbeda:

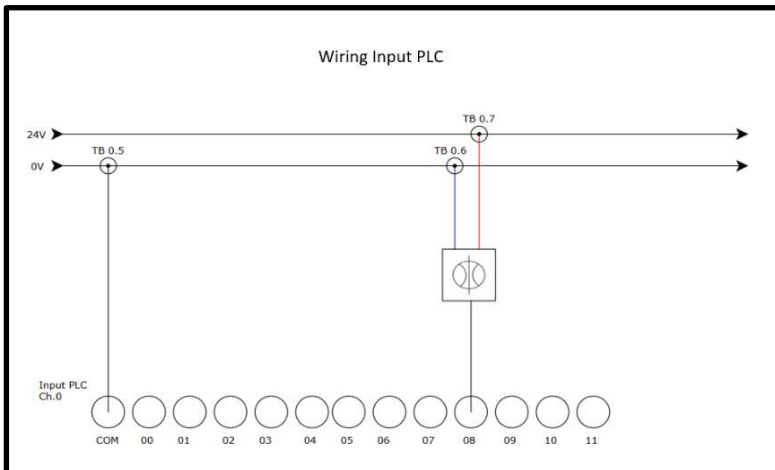
- **Rangkaian *Power Supply*:** Diagram ini menunjukkan pengawatan untuk catu daya sistem. Sebuah unit *power supply* 24VDC dihubungkan ke sumber utama (L dan N) untuk memberikan daya ke PLC *Omron* CP1H dengan seri XA40DR-A. PLC ini adalah perangkat pengolah data utama. Rangkaian ini juga menampilkan bagaimana motor (M) pompa dikendalikan oleh PLC melalui sebuah *kontaktor* (K1).
- **Rangkaian *Input PLC*:** Diagram ini menjelaskan bagaimana sensor dihubungkan ke PLC. Sensor yang digunakan untuk mengukur aliran air adalah *flowmeter* yang bekerja pada tegangan 24VDC dan menghasilkan sinyal *pulse* sebagai *output*. Sinyal ini dihubungkan ke *input* digital PLC (pada alamat **08** di *channel 0*) yang menggunakan fungsi *high-speed counter* agar pembacaan akurat.
- **Rangkaian *Output PLC*:** Diagram ini menunjukkan pengawatan untuk perangkat *output*. Sinyal *output* dari PLC (pada alamat **00**) dikirimkan

untuk mengaktifkan *kontaktor* (K1). *Kontaktor* ini berfungsi sebagai sakelar perantara yang akan menyalakan dan mematikan motor pompa.

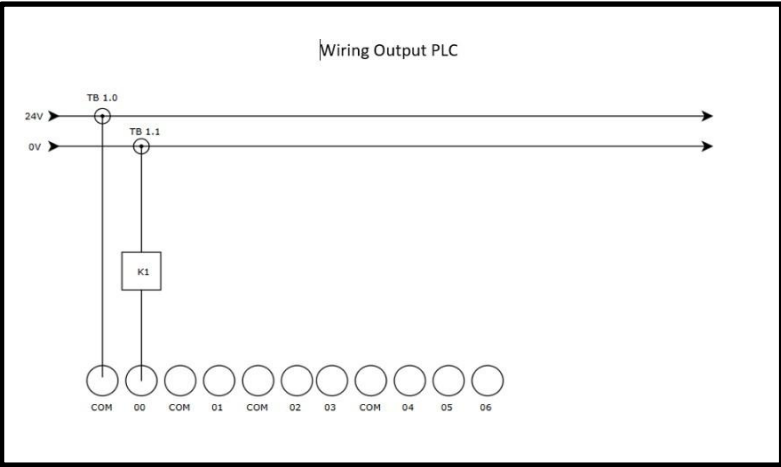
Seluruh data dari sensor diolah oleh PLC dan dikirim ke sistem kontrol yang lebih tinggi (SCADA) menggunakan komunikasi *OPC UA*, yang memungkinkan pengiriman data secara *real-time* untuk pemantauan dan kontrol.



Gambar 3. Wiring Power Supply



Gambar 4. Wiring Input PLC



Gambar 5. Wiring Output PLC

3.1.3. Perancangan Tampilan Interface

Pada Gambar 6 merupakan tampilan antarmuka sistem yang menunjukkan visualisasi data proses dari *plant* secara langsung.

Berikut adalah penjelasan dari setiap elemen yang terlihat pada layar tersebut:

Bagian Kiri (Panel Kontrol)

- Tombol "START": Digunakan oleh operator untuk menyalakan pompa atau memulai proses aliran *fluida*.
- Tombol "OFF": Digunakan untuk menghentikan pompa atau proses aliran.
- Tombol "Exit": Digunakan untuk keluar dari aplikasi atau tampilan SCADA.

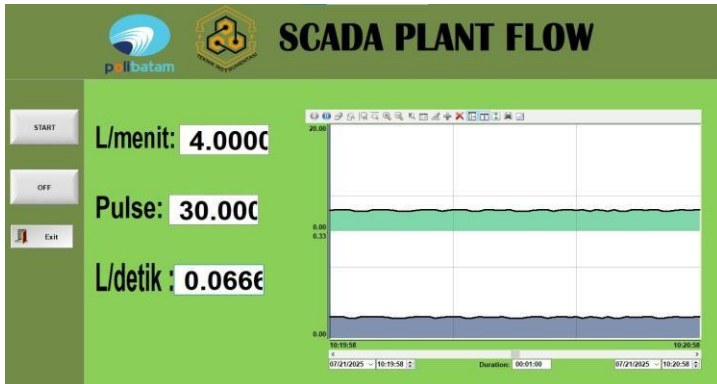
Bagian Tengah (Tampilan Data *Real-time*)

- L/menit: Menunjukkan laju aliran air dalam satuan Liter per Menit (LPM). Nilai ini adalah hasil perhitungan dari pulsa sensor.
- *Pulse*: Menunjukkan jumlah pulsa yang dihasilkan oleh sensor aliran (*flowmeter*). Pulsa ini merupakan data mentah yang digunakan untuk menghitung laju aliran.
- L/detik: Menunjukkan laju aliran air dalam satuan Liter per Detik (LPS). Nilai ini juga merupakan hasil konversi dari data pulsa.

Bagian Kanan (*Grafik Real-time*)

- *Grafik Trend*: Menampilkan grafik data historis atau *real-time* dari laju aliran air.
- Sumbu vertikal menunjukkan nilai laju aliran.
- Sumbu horizontal menunjukkan waktu
- Grafik ini memungkinkan operator untuk memantau tren laju aliran dari waktu ke waktu.
- Dua garis yang berbeda (berwarna hijau muda dan biru tua) pada grafik kemungkinan mewakili dua parameter yang berbeda yang sedang dipantau secara bersamaan, atau mungkin merupakan data laju aliran dalam dua satuan yang berbeda (LPM dan LPS).

Secara keseluruhan, tampilan ini adalah visualisasi dari sistem SCADA yang memungkinkan operator untuk mengontrol proses (pompa) dan memantau parameter penting (laju aliran dan pulsa) secara langsung, baik melalui angka (*digital display*) maupun grafik.



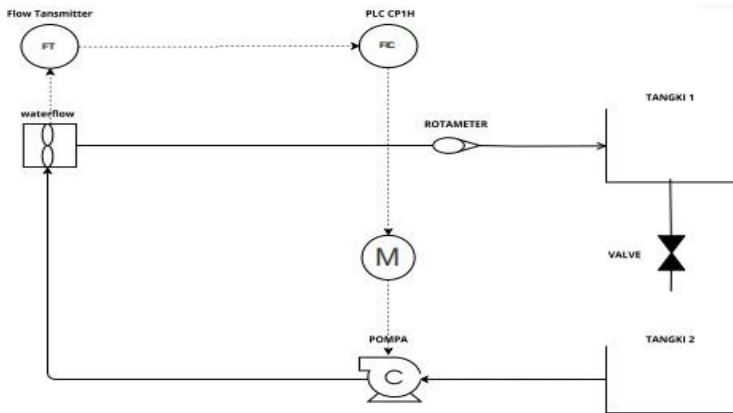
Gambar 6. tampilan HMI

3.1.4. Perancangan P&ID

Pada gambar 7 Merupakan rancangan P&ID *Plant Flow*. Proses dimulai dari Tangki 2, di mana air dipompa oleh motor (M) yang dikendalikan ON/OFF-nya oleh PLC Omron CP1H. Kecepatan pompa diatur secara manual.

Air mengalir melalui *Flow Transmitter* (FT) yang mengukur laju aliran dan mengirim sinyal pulsa ke PLC. PLC mengolah sinyal ini untuk menghitung laju aliran (LPM) dan mengirim datanya ke sistem SCADA.

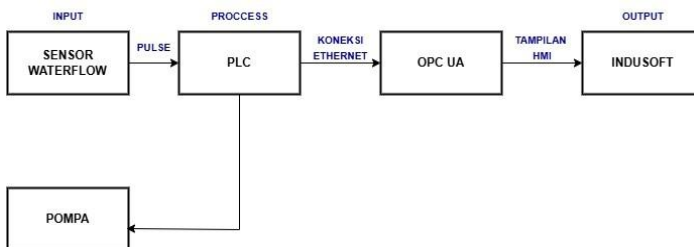
Sistem juga memiliki *Rotameter* setelah FT untuk pengukuran visual laju aliran. Setelah itu, air mengalir ke Tangki 1. Air dari Tangki 1 kembali ke Tangki 2 melalui *valve*, menciptakan sirkulasi tertutup (*closed loop*) yang efisien.



Gambar 7. P&ID sistem

3.1.5. Blok Diagram Sistem

Pada Gambar 8 merupakan rancangan *block diagram* sistem yang menggunakan pompa sebagai input, lalu dilanjutkan ke sensor *waterflow* yang akan diproses oleh PLC (*Programmable Logic Controller*) sebagai pengendali utama dari sensor. Data yang telah diproses oleh PLC kemudian dikirimkan ke *OPC UA*, dan output dari *OPC UA* akan ditampilkan pada *Indusoft* sebagai *output* berupa tampilan HMI (*Human Machine Interface*).



Gambar 8. blok diagram sistem

3.2. Alat dan Bahan

Seluruh kegiatan Proyek Akhir ini dilakukan di WS 7.2. Politeknik Negeri Batam menggunakan berbagai alat dan bahan. Peralatan utama yang digunakan adalah unit SCADA *Plant Flow*, pompa air, dan laptop dengan perangkat lunak SCADA. Untuk komponen dan material lainnya, perinciannya dapat dilihat pada Tabel 2. Alat dan Bahan.

Tabel tersebut merinci alat dan bahan penting, seperti pipa PVC 1/2 inci, *elbow drat*, dan *sok drat*. Ada juga PLC *Omron CP1H*, yang berfungsi mengontrol aliran *fluida* secara *real-time*, *Rotameter* untuk mengukur laju aliran, serta *Ethernet* menghubungkan PLC ke SCADA/HMI untuk mengirim data sensor secara cepat dan *real-time*. Harga, jumlah, dan total biaya setiap item tertera jelas dalam tabel.

Tabel 2. Alat dan Bahan

NO	Alat atau Bahan	Harga (Rp)	Jumlah	Total (Rp)
1	Pipa PVC ½ inch	Rp 10.000	1	Rp 10.000
2	Elbow drat	Rp 3.500	2	Rp 7.000
3	Sok drat	Rp 3.000	2	Rp 6.000
4	PLC <i>Omron CP1H</i>	Rp 5.400.000	1	Rp 5.400.000
5	<i>Rotameter</i>	Rp 721.500	1	Rp 721.500
6	<i>Ethernet</i>	Rp 130.000	1	Rp 130.000
SUBTOTAL				Rp 6.274.500

3.3. Pengujian

Pengujian dilakukan sebagai langkah untuk memastikan bahwa seluruh peralatan, sensor, dan sistem kontrol pada *plant* dapat beroperasi dengan baik dan sesuai dengan fungsinya. Pengujian ini penting untuk memvalidasi bahwa setiap komponen mampu bekerja secara optimal, memberikan data yang akurat, serta mendukung proses operasional *plant* secara menyeluruh. Selain itu, pengujian juga berfungsi untuk mendeteksi adanya kesalahan, kerusakan, atau penyimpangan dari spesifikasi yang telah direncanakan. Dengan demikian, hasil pengujian dapat dijadikan dasar evaluasi dan perbaikan agar *plant* dapat berjalan secara andal dan efisien.

Sub-bab di bawah ini akan menjelaskan beberapa metode pengujian yang dilakukan terhadap sistem dan peralatan yang terdapat pada *plant*, termasuk sensor-sensor yang digunakan untuk pemantauan proses.

3.3.1. Pengujian Sensor Waterflow

Pengujian ini dilakukan untuk memahami karakteristik kerja dari sensor *waterflow*, khususnya dalam menghasilkan sinyal pulsa (*pulse*) yang sebanding dengan laju aliran air. Semakin besar tekanan atau kecepatan air yang dipompa, maka semakin tinggi jumlah pulsa yang dihasilkan oleh sensor.

Untuk mengubah nilai pulsa menjadi satuan laju aliran (Liter per Menit atau LPM), digunakan rumus konversi sebagai berikut:

$$\text{Debit Air } \left(\frac{\text{L}}{\text{menit}} \right) = \left(\frac{\text{Pulse Per Detik}}{\text{Pulse Per Liter}} \right) \times 60 \quad (1)$$

Jika sensor menghasilkan 30 Pulsa PerDetik dan Nilai Pulsa PerLiter adalah 450 yang didapat didalam *datasheet* sensor maka debit air yang diukur adalah

$$\text{Debit Air} = \left(\frac{30}{450} \right) \times 60 = 4,00 \text{ L/min}$$

Jadi untuk hasil dari perhitungan yang didapatkan adalah 4,00 Liter/Menit

3.3.2. Hasil pengujian pada kecepatan pompa 1

Pada gambar 9 merupakan pengujian pompa dengan kecepatan 1, diperoleh hasil pembacaan laju aliran sebesar 3,96 L/menit, *Pulse* sebesar 30.00 *Pulse*/detik dan 0.0666 untuk Liter/detik berdasarkan tampilan pada sistem SCADA, sedangkan alat ukur *flowmeter* manual menunjukkan nilai referensi sebesar 3,89 L/menit. Dari hasil ini terlihat bahwa nilai pembacaan sensor melalui SCADA sedikit lebih tinggi dibandingkan nilai acuan, dengan selisih sekitar 0,07 L/menit. Hal ini menunjukkan bahwa sistem *monitoring* SCADA sudah cukup mendekati nilai sebenarnya, meskipun terdapat sedikit *deviasi* yang masih dapat ditoleransi dalam batas akurasi sistem.



Gambar 9 Pengujian Pompa Kec 1

3.3.3. Hasil pengujian pada kecepatan pompa 2

Pada gambar 10 merupakan pengujian pompa dengan kecepatan 2, diperoleh hasil pembacaan laju aliran sebesar 7,4 L/menit, *Pulse* kisaran sebesar 56,00 *Pulse*/detik dan 0.1266 untuk Liter/detik berdasarkan tampilan pada sistem SCADA, sedangkan alat ukur *flowmeter* manual menunjukkan nilai referensi sebesar 7,2 L/menit. Dari hasil ini terlihat bahwa nilai pembacaan sensor melalui SCADA juga sedikit lebih tinggi dibandingkan nilai acuan, dengan selisih sekitar 0,2 L/menit. Meskipun terdapat *deviasi* tersebut, nilainya masih dalam batas wajar dan dapat diterima untuk kebutuhan *monitoring*.



Gambar 10 Pengujian Pompa Kec 2'

3.3.4. Hasil pengujian pada kecepatan pompa 2

Pada gambar 11 merupakan pengujian pompa dengan kecepatan 3, diperoleh hasil pembacaan laju aliran sebesar 8,4 L/menit, *Pulse* kisaran sebesar 63,00 *Pulse*/detik dan 0.1422 untuk Liter/detik berdasarkan tampilan pada sistem SCADA, sedangkan alat ukur *flowmeter* manual menunjukkan nilai referensi sebesar 8,9 L/menit. Selisih pembacaan adalah sekitar 0,2 L/menit, yang menunjukkan bahwa sistem SCADA mampu mencatat data dengan akurasi yang baik, dan *deviasi* yang muncul masih dalam rentang toleransi pengukuran yang dapat diterima dalam aplikasi industri.



Gambar 11 Pengujian pompa kec 3

3.3.2. Pengambilan Data Pulsa Perdetik

Pada gambar 12 menampilkan tampilan dari perangkat lunak *CX-Programmer*, yang digunakan untuk memprogram PLC *Omron*. Gambar ini secara khusus menunjukkan sebuah program dalam format *ladder diagram* dengan instruksi *PRV (Pulse Rate Value)* untuk pengambilan data pulsa. Program *ladder* ini berfungsi untuk mengontrol pompa dan membaca data pulsa dari *flowmeter*.

Berikut adalah penjelasan rinci dari gambar tersebut :

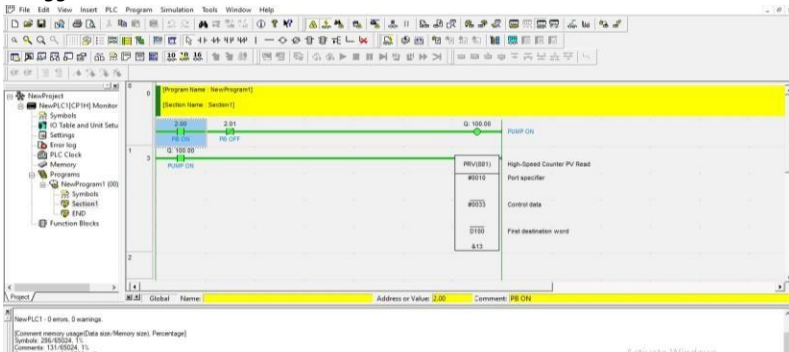
Bagian tengah menunjukkan program *ladder diagram* itu sendiri, yang terdiri dari dua *rung* (baris) utama:

- **Rung 0 (Rung pertama):** Menunjukkan logika kontrol sederhana untuk mengoperasikan pompa.
 - *Input 2.00:* Diberi nama "*START*", berfungsi untuk menyalakan sistem.
 - *Input 2.01:* Diberi nama "*STOP*", berfungsi untuk mematikan sistem.
 - *Output 100.00:* Diberi nama "*PUMP ON*", untuk mengendalikan pompa.
- **Rung 1 (Rung kedua):** Menunjukkan instruksi utama, yaitu *PRV(881)*.
 - *PRV(881)* adalah instruksi *High-Speed Counter PV Read*. Instruksi ini digunakan untuk membaca nilai pulsa dari input *high-speed counter* pada PLC.
 - *#0010 (Port specifier):* Menentukan port masukan *high-speed counter* yang digunakan untuk menerima sinyal pulsa.
 - *#0033 (Control data):* Menentukan mode operasi atau parameter tambahan untuk instruksi *PRV*.
 - *D100 (First destination word):* Menentukan alamat memori PLC di mana hasil pembacaan pulsa akan disimpan. Data ini kemudian

dapat diproses lebih lanjut untuk menghitung debit air dalam satuan liter per menit, yang kemudian dikirim ke sistem SCADA.

Secara keseluruhan, gambar ini mendemonstrasikan bagaimana sebuah program *ladder diagram* dirancang untuk mengontrol sebuah pompa dan sekaligus membaca nilai laju aliran air secara akurat dari sensor *waterflow* menggunakan instruksi khusus pada PLC.

Berikut *Ladder Instruksi PRV* untuk Pengambilan data Pulsa Pada CX – *Programmer* :



Gambar 12. *Ladder Instruksi PRV* untuk Pengambilan data Pulsa

3.3.2. Pengujian Komunikasi Ethernet

Komunikasi *Ethernet* merupakan komponen penting dalam sistem SCADA dan PLC untuk memastikan data dapat dikirim dan diterima dengan baik antara perangkat. Berikut adalah penjelasan mengenai cara kerja komunikasi *Ethernet* berdasarkan pengaturan yang ditunjukkan:

1. IP Address pada Laptop/PC

- **Konfigurasi**
 - **IPv4 Address** : 192.168.250.21
 - **Subnet Prefix Leght** : 24 (berarti *subnet mask*: 255.255.255.0)
 - **Gateway** : 192.168.250.4
 - **DNS Server** : 8.8.8.8 (Google DNS)
- **Fungsi** : Laptop atau PC dikonfigurasi dengan alamat IP manual untuk berada dalam jaringan yang sama dengan PLC. Pengaturan ini memungkinkan komunikasi langsung tanpa konflik alamat *IP Gateway* digunakan untuk memastikan koneksi antar perangkat di dalam *subnet*.

2. IP Address pada PLC

- **Konfigurasi :**
 - **IP Address :** 192.168.250.2
 - **Port Number :** 9600
- **Fungsi :** PLC memiliki alamat IP yang unik dalam jaringan. *Port number* 9600 digunakan sebagai jalur komunikasi dengan perangkat lain seperti PC atau *server* SCADA. Pengaturan ini memastikan bahwa PLC dapat menerima dan mengirimkan data melalui jaringan *Ethernet*.

3. IP Address pada KepServerEX

- **Konfigurasi :**
 - **Channel Name :** SCADA OPC UA
 - **Driver :** Omron *FINS Ethernet*
 - **Connection :** *Ethernet* (192.168.250.21:TP-LINK)

Fungsi : *KepServerEX* digunakan sebagai *middleware* untuk mengambil data dari PLC dan menyediakan data tersebut kepada perangkat lunak SCADA seperti *Indusoft Web Studio*. Protokol *Omron FINS Ethernet* yang digunakan memungkinkan komunikasi yang andal dan kompatibel dengan PLC. Pada Lampiran E merupakan Komunikasi Data SCADA melalui *OPC UA* pada *KEPServerEX*.

Nilai pada *OPC UA* dapat muncul karena data dari PLC dibaca oleh *KEPServerEX* melalui alamat memori yang telah dikonfigurasi pada tag, misalnya D100 untuk hasil pembacaan pulsa sensor. *KEPServerEX* kemudian mempublikasikan tag tersebut melalui server *OPC UA*, dan *OPC Quick Client* melakukan koneksi serta *subscribe* ke tag tersebut. Saat nilai di PLC berubah, *KEPServerEX* mengirim pembaruan ke *Quick Client* sehingga kolom *Value* menampilkan data terbaru beserta *timestamp*, status *Quality*, dan jumlah pembaruan secara *real-time*.

4. Cara kerja Komunikasi Ethernet

1. Pengaturan IP Address:

- Semua perangkat (Laptop/PC, PLC, dan *KepServerEX*) berada dalam *subnet* yang sama, yaitu 192.168.250.xxx, untuk memastikan dapat saling berkomunikasi.

2. Proses Koneksi :

- Laptop/PC mengirimkan permintaan data ke PLC melalui *KepServerEX*.
- PLC merespons dengan mengirimkan data melalui protokol *Omron FINS Ethernet*.
- *KepServerEX* menerima data dari PLC dan meneruskannya ke perangkat lunak SCADA untuk ditampilkan atau diolah lebih lanjut.

3. Keamanan dan Diagnostik :

- Untuk memastikan koneksi berjalan dengan baik, langkah-langkah seperti "ping" dapat digunakan untuk memverifikasi koneksi antara perangkat.
- Pengaturan jaringan yang tertutup atau penggunaan *firewall* dapat meningkatkan keamanan komunikasi.

Dengan konfigurasi ini, data dapat ditransfer secara efisien dalam sistem SCADA berbasis *Ethernet*.

3.3.4 Pengujian Penyimpanan Data ke Database Microsoft Access

Penyimpanan data dilakukan menggunakan *Microsoft Access* berformat .mdb (*Access 2002-2003*) yang kompatibel dengan *Indusoft Web Studio*. Konfigurasi dilakukan dengan mengatur koneksi *database* menggunakan *provider "Microsoft Jet 4.0 OLE DB Provider"* dan menghubungkannya ke *database* yang telah dibuat. Dengan tabel bernama TREND001 dan berisi data historis atau rekaman data dari suatu sistem.

Setelah koneksi berhasil, data dari sensor dikonfigurasi untuk disimpan ke *database* secara otomatis. Pengambilan data dilakukan setiap 1 menit pada masing2 kecepatan Pompa. Hasil dari penyimpanan dapat di tampilkan pada data hasil pengujian pada tabel 3-5.

Pada gambar 7 menampilkan hasil penyimpanan data historis di *Microsoft Access*. Terdapat beberapa kolom penting yang merekam data dari sensor:

1. *Time_Stamp*: Menunjukkan waktu dan tanggal pembacaan data.
2. *Time_Stamp_ms*: Menunjukkan waktu dalam milidetik.
3. *MW0*: Mewakili nilai laju aliran dalam satuan liter per menit.
4. *Menit*: Mewakili nilai laju aliran dalam satuan liter per detik.

Data yang tersimpan ini memberikan rekaman akurat mengenai laju aliran air dari sensor, yang dapat diakses dan dianalisis kapan saja.

Microsoft Access window: PA SCADA FLOW TERBARU / Database - C:\Users\Bpi\Documents\PA SCADA FLOW TERBARU.mdb (Access 2002 - 2003 file format) - Access

File Home Create External Data Database Tools Help Table Fields Table Tell me what you want to do

Views View Paste Copy Format Painter Clipboard Filter Sort & Filter Ascending Descending Advanced Refresh All Save Delete Records

All Access Objects Tables TRENDOOT

Time Stamp	Time Stamp_ms	MWID	Invert
7/17/2025 10:33:05 AM	223	3.866667	6.222222E-02
7/17/2025 10:33:06 AM	227	3.866667	6.222222E-02
7/17/2025 10:33:07 AM	231	3.866667	6.222222E-02
7/17/2025 10:33:08 AM	175	3.866667	6.222222E-02
7/17/2025 10:33:09 AM	145	3.866667	6.222222E-02
7/17/2025 10:33:10 AM	166	3.866667	6.222222E-02
7/17/2025 10:33:11 AM	132	3.866667	6.222222E-02
7/17/2025 10:33:12 AM	152	3.866667	6.222222E-02
7/17/2025 10:33:13 AM	170	3.866667	6.222222E-02
7/17/2025 10:33:14 AM	66	3.866667	6.222222E-02
7/17/2025 10:33:15 AM	22	3.866667	6.222222E-02
7/17/2025 10:33:16 AM	174	3.866667	6.222222E-02
7/17/2025 10:33:17 AM	132	3.866667	6.444444E-02
7/17/2025 10:33:18 AM	136	3.866667	6.302222E-02
7/17/2025 10:33:19 AM	153	6.133333	0.1344444
7/17/2025 10:33:20 AM	97	7.466667	0.1222222
7/17/2025 10:33:21 AM	49	7.333333	0.1177778
7/17/2025 10:33:22 AM	259	7.066667	0.1222222
7/17/2025 10:33:23 AM	213	7.333333	0.1222222
7/17/2025 10:33:24 AM	170	7.333333	0.12
7/17/2025 10:33:25 AM	125	7.2	0.1344444
7/17/2025 10:33:26 AM	272	7.466667	0.1177778
7/17/2025 10:33:27 AM	229	7.066667	0.1344444

Record: 8 of 284

Gambar 13. Penyimpanan Data Historis ke Database Microsoft Access

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Data Hasil Penelitian

Hasil pengukuran laju aliran pada sistem ini diperoleh dari proses konversi sinyal sensor menjadi satuan debit air. Sinyal dari sensor *flowmeter* berupa *pulsa digital* dibaca oleh *input high-speed counter* pada PLC, kemudian dihitung menggunakan instruksi PRV (*Pulse Rate Value*) untuk mendapatkan jumlah pulsa per detik. Nilai pulsa tersebut dikonversi menjadi laju aliran dengan membagi jumlah pulsa per detik dengan konstanta sensor sebesar 450 *pulse* per liter sebagaimana tercantum pada *datasheet* sensor, lalu dikalikan 60 untuk memperoleh hasil dalam liter per menit. Hasil pengukuran ini kemudian diuji pada tiga kecepatan pompa dengan sepuluh kali percobaan (perc 1 hingga perc 10) pada masing-masing Kecepatan pompa, kemudian dibandingkan dengan alat ukur pembanding. sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3–5.

Pada kecepatan pompa 1, tercatat rata-rata debit air 3,96 L/menit, dibandingkan nilai referensi 3,89 L/menit, dengan persentase *error* rata-rata sebesar 2,01%. Nilai *error* ini masih dalam batas wajar.

Untuk kecepatan pompa 2, rata-rata debit air yang terukur adalah 7,4 L/menit, sedikit lebih tinggi dibandingkan nilai pembanding sebesar 7,2 L/menit, dengan persentase *error* rata-rata sebesar 2,01%. Perbedaan ini cukup kecil dan menunjukkan kestabilan sistem pengukuran di *level* kecepatan menengah.

Sedangkan pada kecepatan pompa 3, tercatat rata-rata debit air 9,1 L/menit, dibandingkan nilai referensi 8,9 L/menit, dengan persentase *error* rata-rata sebesar 1,84%. Meskipun sedikit lebih besar dari kecepatan pompa 2, nilai *error* ini masih dalam batas wajar.

Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa sensor dan sistem pengukuran mampu mendeteksi laju aliran dengan *deviasi* yang relatif kecil terhadap alat ukur pembanding.

Pada tabel 3 merupakan data kecepatan pompa 1, laju aliran rata-rata yang terukur adalah 3,96 L/menit, sedangkan nilai referensi pembandingnya sebesar 3,89 L/menit, dengan persentase *error* rata-rata sebesar 2,01%. Hal ini menunjukkan bahwa selisih antara alat ukur dan referensi masih dalam batas toleransi.

Tabel 3 Data Pompa 1

Perc Ke -	Pulse Kec 1 (Pulse/Sec)	Pompa Kec 1 (Liter/Menit)	Pembanding Kec 1 (Liter/Menit)	Persentase Error (%)
1.	30	4.00	3.93	1.78%
2.	30	4.00	3.93	1.78%
3.	30	4.00	3.93	1.78%
4.	30	4.00	3.93	1.78%
5.	29	3.86	3.75	2.93%
6.	30	4.00	3.93	1.78%
7.	30	4.00	3.93	1.78%
8.	30	4.00	3.93	1.78%
9.	29	3.86	3.75	2.93%
10.	29	3.86	3.93	1.78%
Rata-Rata	29.7	3.96	3.89	2.01%

Pada tabel 4 merupakan Data Untuk kecepatan pompa 2, rata-rata debit air yang terukur adalah 7,4 L/menit, sedikit lebih tinggi dibandingkan nilai pembanding sebesar 7,2 L/menit, dengan persentase *error* rata-rata sebesar 2,01%. Perbedaan ini cukup kecil dan menunjukkan kestabilan sistem pengukuran di *level* kecepatan menengah.

Tabel 4 Data Pompa 2

Perc Ke -	Pulse Kec 2 (Pulse/Sec)	Pompa Kec 2 (Liter/Menit)	Pembanding Kec 2 (Liter/Menit)	Persentase Error (%)
1.	56	7.46	7.31	2.05%
2.	56	7.46	7.31	2.05%
3.	56	7.46	7.31	2.05%
4.	56	7.46	7.31	2.05%
5.	53	7.46	7.31	2.05%
6.	53	7.06	6.93	1.88%
7.	56	7.06	6.93	1.88%
8.	56	7.46	7.31	2.05%
9.	56	7.46	7.31	2.05%
10.	56	7.46	7.31	2.05%
Rata-Rata	55	7.4	7.2	2.02%

Pada tabel 5 merupakan data hasil pengujian pada kecepatan pompa 3, tercatat rata-rata debit air 9,1 L/menit, dibandingkan nilai referensi 8,9 L/menit, dengan persentase *error* rata-rata sebesar 1,84%. Meskipun sedikit lebih besar dari kecepatan pompa 2, nilai *error* ini masih dalam batas wajar.

Tabel 5 Data Pompa 3

Perc Ke -	Pulse Kec 3 (Pulse/Sec)	Pompa Kec 3 (Liter/Menit)	Pembanding Kec 3 (Liter/Menit)	Persentase Error (%)
1.	63	8.40	8.21	2.31%
2.	70	9.33	9.18	1.63%
3.	70	9.33	9.18	1.63%
4.	70	9.33	9.18	1.63%
5.	70	9.33	9.18	1.63%
6.	70	9.33	9.18	1.63%
7.	63	8.40	8.21	2.31%
8.	63	8.40	8.21	2.31%
9.	70	9.33	9.18	1.63%
10.	70	9.33	9.18	1.63%
Rata-Rata	68	9.1	8.9	1.84%

Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa sensor dan sistem pengukuran mampu mendeteksi laju aliran dengan *deviasi* yang relatif kecil terhadap alat ukur pembanding.

4.2. Pembahasan

Subbab ini berisi pembahasan terhadap hasil yang diperoleh dari pengujian sistem *monitoring* laju aliran air berbasis PLC *OMRON* CP1H X40DRA dan sensor *waterflow*. Pembahasan dilakukan dengan menganalisis hasil pengukuran secara teoritis, baik secara kualitatif maupun kuantitatif, serta mempertimbangkan aspek statistika bila diperlukan.

Dalam bagian ini akan diuraikan interpretasi data yang diperoleh, kesesuaian dengan teori maupun spesifikasi alat, serta analisis terhadap potensi *deviasi* atau kesalahan pengukuran yang terjadi. Selain itu, pembahasan ini juga akan mengaitkan hasil penelitian dengan tujuan proyek akhir, yakni merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol otomatis untuk *memonitoring* debit air secara presisi.

Penulis juga akan memaparkan manfaat dari sistem yang telah dibuat, termasuk potensi penerapannya di dunia industri, agar dapat mendukung efisiensi proses dan meminimalkan kesalahan akibat faktor manusia. Dengan demikian, pembahasan ini diharapkan dapat memberikan gambaran menyeluruh tentang kinerja sistem yang diuji.

4.2.1. Analisis Hasil Pengukuran Debit Air

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada tiga variasi kecepatan pompa, sistem *monitoring* debit air menggunakan sensor *waterflow* yang terhubung ke PLC *OMRON* CP1H X40DRA menunjukkan kinerja yang cukup baik. Nilai rata-rata debit air yang terukur oleh sistem SCADA dibandingkan dengan alat pembanding (*flowmeter*) memiliki *deviasi* yang relatif kecil.

Pada kecepatan pompa 1, nilai rata-rata debit yang terukur sebesar 3,96 L/menit, sedangkan *flowmeter* sebagai pembanding menunjukkan 3,89 L/menit. *Error* yang tercatat rata-rata sebesar 2,01%, menunjukkan bahwa sistem bekerja cukup presisi untuk laju aliran rendah.

Kecepatan pompa 2 menghasilkan rata-rata debit 7,4 L/menit, dibandingkan nilai *flowmeter* 7,2 L/menit, dengan rata-rata *error* 2,02%. Hal ini mengindikasikan kestabilan sistem *monitoring* dan keandalan pembacaan sensor untuk debit menengah.

Sementara pada kecepatan pompa 3, debit air rata-rata yang tercatat adalah 9,1 L/menit, sedangkan pembanding *flowmeter* menunjukkan 8,9 L/menit, dengan rata-rata *error* 1,84%. Meskipun nilai *error* sedikit lebih tinggi dibanding kecepatan lainnya, hasil ini masih dalam batas toleransi dan dapat diterima karena pada debit tinggi biasanya terdapat fluktuasi pulsa yang lebih besar.

Secara keseluruhan, sistem *monitoring* dengan fungsi PRV (*Pulse Rate Value*) pada *high speed counter* PLC mampu menangkap data pulsa sensor secara *real-time* dan mengonversinya menjadi liter per menit dengan akurasi yang memadai. Ini

menunjukkan bahwa sistem SCADA mampu memberikan informasi debit air secara akurat dan andal untuk keperluan *monitoring* dan kontrol proses.

4.2.2. Interpretasi dan Potensi Manfaat

Berdasarkan hasil tersebut, dapat diinterpretasikan bahwa sensor *waterflow* yang dikombinasikan dengan PLC mampu menjalankan fungsi *monitoring* debit air dengan tingkat deviasi yang masih dapat diterima oleh standar industri. Sistem ini sudah cukup handal untuk memantau laju aliran air secara otomatis dan memberikan data yang dapat digunakan untuk proses pengendalian lebih lanjut.

Manfaat dari penggunaan sistem ini adalah meningkatkan efisiensi proses industri, meminimalkan kesalahan pengukuran akibat keterbatasan manusia, serta memungkinkan pencatatan data debit air secara terus-menerus dan terintegrasi. Hal ini sangat relevan untuk proses produksi yang memerlukan kontrol kualitas air, penggunaan air baku, atau proses kimia di mana laju aliran menjadi parameter penting.

Dengan teknologi PLC dan SCADA, sistem dapat diperluas untuk fungsi lain seperti *alarm*, *logging data historis*, maupun integrasi ke sistem kendali yang lebih besar. Potensi pengembangan selanjutnya adalah memperluas monitoring ke parameter lain (misalnya suhu, tekanan) menggunakan *input* PLC tambahan, sehingga sistem semakin cerdas dan terotomasi penuh.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Pada sub bab ini dituliskan kesimpulan hasil penelitian. Kesimpulan harus Berdasarkan hasil penelitian, pengujian, dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari perancangan sistem SCADA berbasis *InduSoft Studio*, diperoleh antarmuka yang dapat memantau dan mengontrol aliran air pada plant *waterflow* secara *real-time*, sehingga proses pengawasan menjadi lebih mudah dan terpusat.
2. Dari pembuatan sistem akuisisi data menggunakan sensor *flow meter*, sistem mampu membaca debit air dan mengirimkan data secara akurat untuk keperluan *monitoring* dan analisis. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu membaca data debit air dengan tingkat *deviasi* yang relatif kecil jika dibandingkan dengan alat pembanding *flowmeter*, yaitu sebesar 0,07 L/menit (2,01%) pada kecepatan pompa 1, 0,2 L/menit (2,02%) pada kecepatan pompa 2, dan 0,2 L/menit (1,84%) pada kecepatan pompa 3. Nilai deviasi dan *error* tersebut masih berada dalam batas toleransi dan dapat diterima untuk aplikasi pemantauan debit air di lingkungan industri.
3. Dari penggunaan *Wonderware InduSoft* sebagai HMI dan *OPC UA* sebagai media komunikasi, terbukti bahwa integrasi dengan PLC dapat berjalan stabil dan efisien, memungkinkan transfer data yang cepat dan andal antara perangkat lapangan dan antarmuka pengguna.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan mengenai sistem *monitoring* debit air menggunakan sensor *waterflow* yang terintegrasi dengan PLC *OMRON CP1H X40DRA* dan ditampilkan melalui sistem SCADA, penulis memberikan beberapa saran untuk pengembangan dan perbaikan sistem di masa yang akan datang, antara lain sebagai berikut:

1. Pengembangan Fitur Kontrol Kecepatan Pompa sebagai Peningkatan Sistem SCADA

Pada proyek akhir ini, meskipun pompa masih memiliki keterbatasan karena dikendalikan secara manual, sistem dapat ditingkatkan dengan menambahkan *aktuator* seperti *control valve* yang terhubung dengan PLC. Dengan penambahan tersebut, pengaturan kecepatan dan debit pompa dapat dilakukan secara otomatis melalui SCADA, sehingga kinerja sistem menjadi lebih efisien, responsif, dan mudah dioperasikan.

2. Peningkatan Visualisasi pada Sistem SCADA

Visualisasi data SCADA dapat ditingkatkan dengan penambahan tampilan grafik tren, diagram batang, serta indikator warna. Fitur-fitur ini akan memudahkan operator dalam memahami kondisi debit air secara *real time*, sehingga dapat mengambil keputusan dengan lebih cepat dan efektif dalam situasi kritis.

3. Pengembangan Pemantauan Parameter Lain

Sistem SCADA yang telah dikembangkan dapat diperluas fungsinya untuk memantau parameter lainnya di dalam plant, seperti tekanan, suhu, atau *level* cairan. Hal ini akan menghasilkan sistem *monitoring* yang lebih menyeluruh dan mampu mendukung proses pengendalian *plant* secara lebih terintegrasi.

4. Pemilihan Sensor dengan Spesifikasi Lebih Tinggi untuk Debit Besar

Untuk meningkatkan akurasi pada pengukuran debit tinggi, penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan penggunaan sensor *waterflow* dengan spesifikasi respon yang lebih tinggi atau beralih ke teknologi sensor lain seperti *ultrasonic flowmeter* atau *magnetic flowmeter*, yang umumnya lebih presisi dan stabil pada rentang aliran besar.

Dengan adanya saran-saran ini, diharapkan sistem yang telah dibangun dapat terus dikembangkan sehingga mampu memberikan kinerja yang lebih optimal dalam implementasi industri nyata.

Daftar Pustaka

- [1.] A., 2021. PLC Omron CP1H dan implementasinya dalam SCADA *flow monitoring*. Prosiding Seminar Nasional Otomasi dan Instrumentasi, hlm. 45–50.
- [2.] Ashok, R. dan Murthy, C. S., 2019. SCADA based monitoring and control system for industrial applications. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, Vol. 8, No. 6, hlm. 1234–1238.
- [3.] ATLAS, 2018. *Laporan investigasi kebocoran pipa minyak bawah laut di Indonesia*. Jakarta: ATLAS Energy Report.
- [4.] KEPServerEX, 2021. Getting started with OPC UA and Omron FINS protocol.
- [5.] OMRON, 2019. CP1H PLC instruction manual. Kyoto: Omron Corporation.
- [6.] Rohmingtluanga, L., Lalramthara, R. dan Pachuau, L., 2023. Design and implementation of SCADA system for intake monitoring in energy management plan. *Energy and Water Journal*, Vol. 9, No. 1, hlm. 55–63.
- [7.] Tamar, 2023. *Integrasi sistem SCADA dan ERP untuk optimalisasi manajemen produksi*. *Journal of Industrial Informatics*, Vol. 15, No. 2, hlm. 87–95.
- [8.] Vecchio-Sadus, A. M., 2007. *Enhancing safety awareness in laboratory environments*. *Journal of Chemical Health and Safety*, Vol. 14, No. 5, hlm. 18–23.
- [9.] Wonderware Indusoft, 2020. Indusoft Web Studio user guide. [Manual Teknis]. Tersedia di: <https://www.indusoft.com/>
- [10.] Zhang, Y., 2020. Design and application of flow sensor monitoring based on SCADA and Hall Effect. *Chinese Journal of Sensor Technology*, Vol. 33, No. 2, hlm. 65–72.

Biodata



Nama : Micael Sinabariba
TTL : Batam, 10 Februari 2005
Agama : Katolik
Alamat : Sagulung Sumberjaya A10/48

Email : sinabaribamicael@gmail.com
Riwayat Pendidikan : SMA/SMK : SMK N 5 BATAM
SMP : SMPST TUNAS BARU



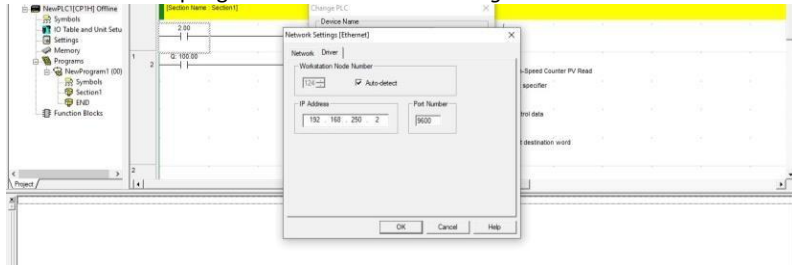
Nama : Defina Edel Edtraja Mifta
TTL : Palopo, 16 juli 2003
Agama : Islam
Alamat : Jl. Ahmad Yani, Batam Centre

Email : definaedel9@gmail.com
Riwayat Pendidikan : SMA/SMK : MAN Kota Sorong
SMP : SMP Muhammadiyah Al-Amin

Lampiran

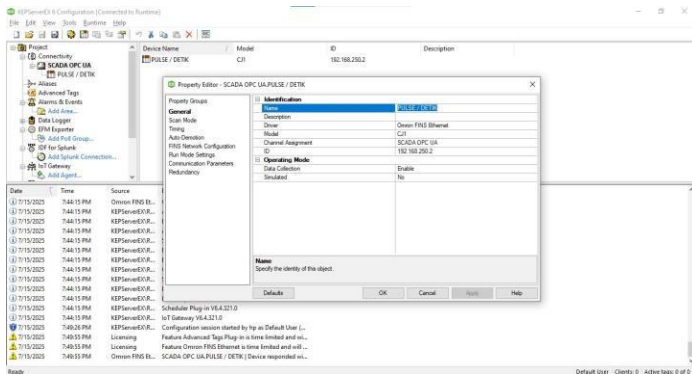
Lampiran A - Pengaturan IP Address di CX-Programmer

Berikut ini adalah pengaturan IP address di CX-Programmer:



Lampiran B — Konfigurasi KEServerEX

Gambar berikut menunjukkan konfigurasi KEServerEX 6 untuk komunikasi SCADA OPC UA ke PLC melalui Omron FINS Ethernet, menggunakan koneksi Ethernet (Realtek USB FE Family Controller).



Lampiran C — Settingan IP Address PC/Laptop

Berikut adalah pengaturan *IP address* yang digunakan pada PC/Laptop untuk mendukung komunikasi SCADA dan PLC:

Edit IP settings

Manual

IPv4

On

IP address

192.168.250.21

Subnet prefix length

24

Gateway

192.168.250.4

Preferred DNS

8.8.8.8

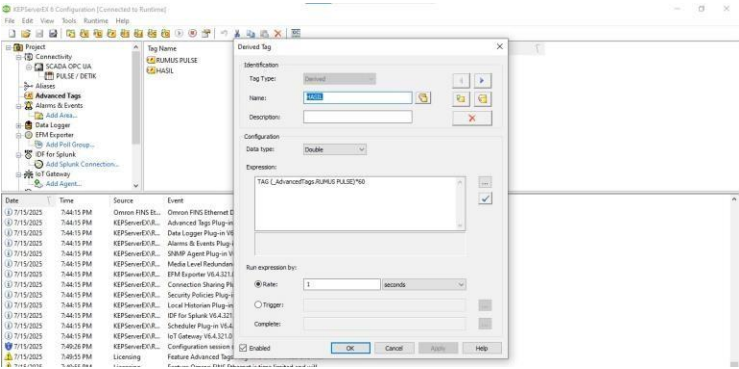
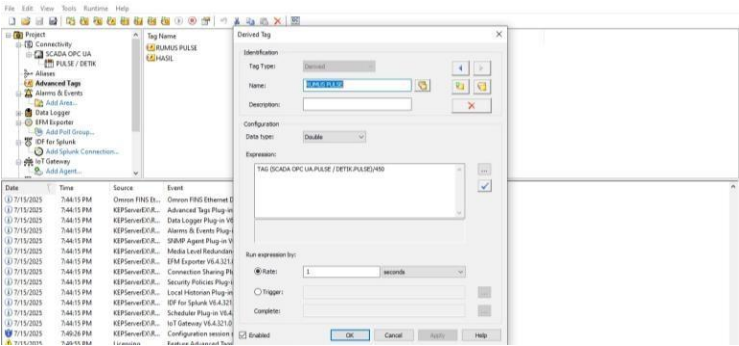
Alternate DNS

IPv6

Save

Cancel

Lampiran D — Pemasukan Rumus



Lampiran E — Komunikasi Data SCADA melalui OPC UA pada *KEPServerEX*

OPC Quick Client - Untitled*

File Edit View Tools Help

Item ID Data Type Value Timestamp Quality Update Count

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	Update Count
AdvancedTags...	Double	0.068444	10/24/03.887	Good	7
AdvancedTags...	Double	4	10/24/04.880	Good	7

Time Event

Time	Event
7/21/2025 10:23:57 AM	Connected to serv...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added group '_Adv...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added 2 items to ...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added group '_Dete...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added group '_Dete...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added 4 items to ...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added 9 items to ...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added group '_Sys...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added 26 items to ...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added group 'SCA...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added group 'SCA...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added 3 items to ...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added group 'SCA...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added 7 items to ...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added group 'SCA...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added 18 items to ...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added group 'SCA...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added 12 items to ...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added 6 items to ...

OPC Quick Client - Untitled*

File Edit View Tools Help

Item ID Data Type Value Timestamp Quality Update Count

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	Update Count
AdvancedTags...	Double	0.126667	10/28/56.770	Good	146
AdvancedTags...	Double	7.46667	10/28/56.770	Good	146

Time Event

Time	Event
7/21/2025 10:23:57 AM	Connected to serv...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added group '_Adv...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added 2 items to ...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added group '_Dete...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added group '_Dete...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added 4 items to ...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added 9 items to ...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added group '_Sys...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added 26 items to ...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added group 'SCA...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added group 'SCA...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added 3 items to ...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added group 'SCA...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added 7 items to ...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added group 'SCA...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added 18 items to ...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added group 'SCA...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added 12 items to ...
7/21/2025 10:23:57 AM	Added 6 items to ...

Ready

Type here to search

Item Count: 87

10:28 AM 7/21/2025

OPC Quick Client - Untitled*

File Edit View Tools Help

Keypara.XPIServer.v16

- AdvancedTags
- DataLogger
- DataLogger.untitled
- System
- SCADA OPC UA_Statistics
- SCADA OPC UA_System
- SCADA OPC UA_PULSE / DET
- SCADA OPC UA_PULSE / DET

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	Update Count
AdvancedTags...	Double	0.13556	10:34:08.750	Good	345
AdvancedTags...	Double	8.4	10:34:08.750	Good	345

Date	Time	Event
7/21/2025	10:23:57 AM	Connected to serv...
7/21/2025	10:23:57 AM	Added group 'Ad...
7/21/2025	10:23:57 AM	Added 2 items to ...
7/21/2025	10:23:57 AM	Added group 'Dat...
7/21/2025	10:23:57 AM	Added group 'Dat...
7/21/2025	10:23:57 AM	Added 4 items to ...
7/21/2025	10:23:57 AM	Added 9 items to ...
7/21/2025	10:23:57 AM	Added group 'Sys...
7/21/2025	10:23:57 AM	Added 10 items to ...
7/21/2025	10:23:57 AM	Added group 'SCA...
7/21/2025	10:23:57 AM	Added group 'SCA...
7/21/2025	10:23:57 AM	Added 3 items to ...
7/21/2025	10:23:57 AM	Added group 'SCA...
7/21/2025	10:23:57 AM	Added 7 items to ...
7/21/2025	10:23:57 AM	Added group 'SCA...
7/21/2025	10:23:57 AM	Added 18 items to ...
7/21/2025	10:23:57 AM	Added group 'SCA...
7/21/2025	10:23:57 AM	Added 12 items to ...
7/21/2025	10:23:57 AM	Added 6 items to ...

Ready

Type here to search

30°C Berawan 10:34 AM 7/21/2025

Item Count: 87