



Desain Tampilan Antarmuka SCADA Indusoft Koneksi dengan OPC UA Kepware dan Database

Laporan Akhir

Oleh:

Sheyza Ananda Putri Haya (3232301034)

**Program Studi Teknik Instrumentasi
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2025**

Pernyataan Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul: “Desain tampilan antarmuka SCADA Indusoft koneksi dengan OPC UA Kepware dan Database” 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, 11 Agustus 2025



Sheyza Ananda Putri Haya
NIM: 3232301034

Lembar Pengesahan

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

Oleh:
Sheyza Ananda Putri Haya (3232301034)
Tanggal Sidang: 11 Agustus 2025

Disetujui oleh :

Penguji 1



Rahmi Mahdaliza, S.Si., M.Si.
NIK: 117195

Pembimbing 1

Ahmad Syaffi, S.Pd., M.T.
NIK: 124311

Penguji 2

Eka Mutia Lubis, S.Pd., M.Pd
NIK:117186

Pembimbing 2

Ardian Budi Kusuma Atmaja, S.Tr.
NIK: 214172

Desain Tampilan Antarmuka SCADA Indusoft Koneksi dengan OPC UA Kepware dan Database

Abstrak

SCADA merupakan sistem yang digunakan untuk memantau, mengontrol, dan mengumpulkan data dari proses industri secara real-time dengan tingkat efisiensi, keandalan, dan keamanan yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem SCADA untuk pemantauan suhu air jarak jauh menggunakan sensor thermocouple tipe J, PLC Omron CP1H, HMI berbasis InduSoft Web Studio, dan komunikasi melalui protokol OPC UA dengan jaringan Ethernet. Metode pelaksanaan meliputi perancangan elektrikal dan program PLC, konfigurasi komunikasi OPC UA pada KEPServerEX 6, perancangan antarmuka HMI pada InduSoft, serta integrasi database untuk penyimpanan data historis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil mengirimkan data suhu secara real-time. Antarmuka HMI yang dirancang bersifat user-friendly, dilengkapi dengan kontrol perangkat, grafik trend suhu, dan penyimpanan data pada database. Rata-rata error pengukuran sensor tercatat hanya sekitar 0,8%, menunjukkan akurasi yang baik. Sistem ini dapat meningkatkan efisiensi pemantauan suhu, mempermudah pengoperasian, dan mendukung keamanan serta keandalan komunikasi data dalam proses industri.

Kata Kunci: SCADA, InduSoft Web Studio, OPC UA, HMI, Thermocouple

SCADA Indusoft User Interface Design with OPC UA Kepware and Database Connection

Abstract

SCADA is a system used to monitor, control, and collect data from industrial processes in real time with high efficiency, reliability, and security. This study aims to design and implement a SCADA system for remote water temperature monitoring using a type J thermocouple sensor, Omron CP1H PLC, InduSoft Web Studio–based HMI, and communication via the OPC UA protocol over an Ethernet network. The implementation method includes electrical and PLC program design, OPC UA communication configuration on KEPServerEX 6, HMI interface design on InduSoft, and database integration for historical data storage. The test results show that the system successfully transmits temperature data in real time. The designed HMI interface is user-friendly, equipped with device control, temperature trend graphs, and data storage in a database. The average measurement error of the sensor is recorded at only about 0.8%, indicating good accuracy. This system can improve temperature monitoring efficiency, facilitate operation, and support the security and reliability of data communication in industrial processes.

Keywords: SCADA, InduSoft Web Studio, OPC UA, HMI, Thermocouple

Kata Pengantar

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan proyek akhir berjudul “Desain Tampilan Antarmuka SCADA Indusoft Koneksi dengan OPC UA Kepware dan Database” sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Ahli Madya Teknik (A.Md.T) pada Program Studi Teknik Instrumentasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan berbagai pihak sejak masa perkuliahan hingga penyusunan laporan ini, penyelesaian proyek akhir ini akan sulit tercapai. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ayah dan Ibu serta seluruh keluarga besar yang telah memberikan bantuan dan doa untuk kelancaran penulis dalam menyusun Proyek Akhir.
2. Bapak IR. Bambang Hendrawan, ST.,MSM., CISC., selaku Direktur Politeknik Negeri Batam.
3. Bapak Ir, Indra Hardian Mulyadi. S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam.
4. Bapak Muhammad Jaka Wimbang Wicaksono, S.T.,M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Instrumentasi Politeknik Negeri Batam.
5. Bapak Ahmad Syafi'i S.Pd.,M.T. dan bapak Ardian Budi Kusuma Atmaja S.Tr.,M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah mendampingi dan memberikan berbagai masukan dalam penulisan Buku Proyek Akhir ini.
6. Segenap Dosen Prodi Teknik Instrumentasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam yang telah membimbing dan memberikan ilmunya selama duduk dibangku kuliah.
7. Kawan-kawan kelas Instrumentasi A pagi dan Tim SCADA atas dukungan dan bantuannya selama ini.
8. Dan semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulis dalam penyelesaian Buku ini.

Dalam penyusunan laporan proyek akhir ini Penulis telah berusaha semaksimal mungkin dalam penyusunan laporan proyek akhir ini, namun tetap mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk penyempurnaan. Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan masukan. Semoga laporan ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Batam, 11 Agustus 2025



Sheyza Ananda Putri Haya

Daftar Isi

Pernyataan Tugas Akhir	i
Abstrak	iii
<i>Abstract</i>	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi.....	vi
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel.....	ix
Bab 1. Pendahuluan.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Manfaat.....	2
1.5. Batasan	2
1.6 <i>Work Breakdown Structure</i>	3
Bab 2. Tinjauan Pustaka.....	4
2.1 Teknologi Yang Digunakan	4
2.1.1 Sistem Kendali SCADA	4
2.1.2 Sensor	4
2.1.3 Sistem Kontrol.....	4
2.1.4 Sistem Komunikasi.....	5
2.1.4.1 Ethernet	5

2.1.4.2 OPC UA	5
2.1.5 HMI (<i>Human Machine Interface</i>)	5
2.2 Keunikan Produk	6
Bab 3. Metode Pelaksanaan.....	7
3.1. Perancangan Sistem.....	7
3.1.1 Perancangan Elektrikal.....	10
3.1.2 Perancangan Program.....	13
3.1.3 Perancangan Sistem OPC dengan Ethernet	17
3.1.4. Perancangan Sistem SCADA Menggunakan Indusoft	18
3.2. Alat dan Bahan	20
3.3. Pengujian.....	20
Bab 4. Hasil dan Pembahasan	23
4.1 Data Hasil Pengujian.....	23
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	25
5.1 Kesimpulan.....	25
5.2 Saran.....	25
Daftar Pustaka	27
Biodata	28

Daftar Gambar

Gambar 1. Flowchart Tahap Pelaksanaan	8
Gambar 2. Perangkat Keras	8
Gambar 3. Diagram Aliran Data.....	9
Gambar 4. Blok Diagram Aliran Fluida.....	10
Gambar 5. Rangkaian Power	11
Gambar 6. Input Analog PLC Omron CP1H	11
Gambar 7. Input PLC.....	12
Gambar 8. Output PLC.....	12
Gambar 9. Rangkaian Relay K1 dan K2	13
Gambar 10. Diagram Ladder Kontrol.....	14
Gambar 11. Ladder Mov.....	14
Gambar 12. Implementasi Instruksi Data MOV (Move)	15
Gambar 13. Pengaturan AD (Analog to Digital) Sensor Suhu	15
Gambar 14. Konfigurasi IP pada PLC	17
Gambar 15. Konfigurasi Koneksi OPC UA	18
Gambar 16. Desain HMI	19
Gambar 17. Pengaturan Scaling pada Kepware	21
Gambar 18. Rumus Scaling yang digunakan	21
Gambar 19. Grafik Pengambilan Data	22
Gambar 20. Tampilan Data Historis pada MS Access	24

Daftar Tabel

Tabel 1. Struktur Pembagian Kerja 3

Tabel 2. Perbandingan Produk 6

Tabel 3. Alat dan Bahan..... 20

tabel 4. Data Suhu 23

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) merupakan sistem yang digunakan untuk memantau, mengontrol, dan mengumpulkan data dari berbagai proses industri secara real-time. Sistem ini berperan penting dalam meningkatkan efisiensi, keandalan, dan keamanan operasional di berbagai sektor industri. Sebelum diterapkannya SCADA, proses monitoring dan pengendalian dilakukan secara manual, yang tidak hanya kurang efisien tetapi juga rentan terhadap kesalahan operasional.

SCADA terdiri dari beberapa elemen utama antara lain Remote Terminal Units (RTU), Programmable Logic Controllers (PLC), Human-Machine Interface (HMI), serta sistem komunikasi jaringan. RTU dan PLC bertugas mengumpulkan informasi dari sensor dan mengirimkannya ke pusat kendali, sedangkan HMI memungkinkan operator untuk memantau dan mengontrol proses secara interaktif.

Salah satu aplikasi SCADA yang telah diterapkan adalah pemantauan suhu dengan sistem database menggunakan SQL dan penyimpanan data dalam file Microsoft Access 2012. Komunikasi antara Master Terminal Unit (MTU) dan RTU dilakukan melalui protokol Modbus TCP/IP, dan RTU tersebut menggunakan PLC Twido TWDLCAE40DRF yang dilengkapi dengan port Ethernet untuk koneksi ke plant maupun MTU (Bayu, 2022).

Penelitian sebelumnya juga telah mengembangkan sistem pengendalian suhu dan level cairan pada mini plant menggunakan PLC OMRON CP1E. Namun, sistem tersebut masih memiliki keterbatasan, antara lain belum dapat dikendalikan secara jarak jauh dan belum dilengkapi dengan antarmuka pengguna yang memadai (Viktor, 2023).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem SCADA yang lebih canggih dengan kemampuan pemantauan suhu air secara real-time dan jarak jauh melalui komunikasi Ethernet. Sistem akan menggunakan PLC OMRON CP1H sebagai pengendali utama. Data suhu dari sensor akan dikirim ke PLC, lalu ditampilkan dalam bentuk visual melalui HMI yang dirancang menggunakan software InduSoft Web Studio. Komunikasi antarperangkat akan mengadopsi OPC UA, sebuah protokol komunikasi standar yang memungkinkan pertukaran data secara aman, fleksibel, dan dapat diandalkan, sesuai dengan kebutuhan integrasi dalam sistem SCADA modern.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana sistem SCADA dapat mengirimkan data suhu secara real-time dalam pemantauan jarak jauh?
2. Bagaimana operator dapat mengoprasikan sistem SCADA dengan antarmuka yang efektif?
3. Bagaimana sistem dapat memastikan pengiriman dan penerimaan data suhu secara cepat dan andal?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mewujudkan kemampuan pemantauan suhu secara Real-time pada sistem.
2. Meningkatkan efisiensi kontrol suhu melalui integrasi SCADA menggunakan protokol OPC UA dan komunikasi *Ethernet*.
3. Mempermudah analisis dan pengambilan keputusan terhadap perubahan suhu pada sistem *Plant*.

1.4. Manfaat

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Mencegah kerusakan peralatan akibat suhu yang tidak terkendali.
2. Mengoptimalkan proses produksi melalui pemantauan suhu yang akurat dan responsif.
3. Mendukung pengembangan sistem otomasi yang andal, aman, dan efisien berbasis teknologi SCADA.

1.5. Batasan

Agar fokus penelitian lebih terarah, maka batasan-batasan penelitian ini adalah:

1. Pada *plant Temperatur* di sistem SCADA ini menggunakan sensor *Thermocouple*
2. Visualisasi menggunakan aplikasi *InduSoft Web Studio* memiliki keterbatasan dalam desain dan tampilan hasil yang belum sepenuhnya optimal.
3. Integrasi database dibatasi hanya untuk penyimpanan data historis (historian) dan tidak mencakup perancangan dashboard berbasis web maupun mobile

1.6 Work Breakdown Structure

Tabel 1. Struktur Pembagian Kerja

No	Nama	Tugas dan Tanggung Jawab dalam Tim
1	Sheyza Ananda Putri Haya	Mendesain antarmuka HMI di Indusoft dan menghubungkan sistem dengan OPC UA menggunakan KEPServerEX 6 melalui Ethernet.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1 Teknologi Yang Digunakan

2.1.1 Sistem Kendali SCADA

SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) adalah sistem yang terdiri dari perangkat keras dan lunak yang bekerja secara terintegrasi untuk melakukan pengukuran, pengendalian, dan pengumpulan data dari suatu proses industri. Sistem ini sangat penting bagi proses industri modern yang memerlukan pengawasan dan pengendalian yang kompleks secara terpusat.

SCADA mampu menangani ribuan bahkan ratusan ribu I/O (Input/Output) dan terdiri atas empat komponen utama, yaitu:

- a) Perangkat lapangan (field devices): sensor dan aktuator.
- b) Sistem kontrol: berupa *Remote Terminal Unit* (RTU) atau *Programmable Logic Controller* (PLC).
- c) Sistem komunikasi: untuk menghubungkan perangkat-perangkat.
- d) Software antarmuka: seperti *Human-Machine Interface* (HMI) atau *Master Terminal Unit* (MTU) yang memungkinkan operator memantau dan mengontrol sistem.

2.1.2 Sensor

Sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah Thermocouple tipe J, yang merupakan sensor suhu dengan rentang pengukuran yang cukup tinggi dan sering digunakan dalam aplikasi industri (Popong, 2014).

Thermocouple bekerja berdasarkan prinsip efek termoelektrik, di mana dua jenis logam berbeda disambungkan pada salah satu ujungnya (hot junction) dan menghasilkan tegangan ketika terjadi perbedaan suhu antara ujung tersebut dan ujung lainnya (cold junction). Tegangan ini kemudian dikonversi menjadi nilai suhu oleh sistem pengendali.

2.1.3 Sistem Kontrol

Programmable Logic Controller (PLC) memiliki peran sentral dalam sistem SCADA sebagai penghubung antara sistem pengawasan pusat dan perangkat lapangan. PLC menerima input dari sensor dan lingkungan fisik, lalu menjalankan kontrol otomatis berdasarkan logika yang telah diprogram.

Selain menjalankan kontrol, PLC juga mengirimkan data ke sistem SCADA untuk ditampilkan dan dianalisis, serta menerima perintah dari SCADA untuk diterapkan ke perangkat lapangan. Keandalan PLC dalam kondisi industri menjadikannya komponen penting dalam sistem otomasi.

2.1.4 Sistem Komunikasi

2.1.4.1 Ethernet

Ethernet merupakan teknologi jaringan yang umum digunakan dalam industri otomasi karena kecepatan tinggi dan latensi rendah. Ethernet juga mudah diintegrasikan dengan berbagai perangkat dari vendor yang berbeda, serta memungkinkan kontrol sistem secara terpusat maupun terdistribusi.

2.1.4.2 OPC UA

OPC UA (*Open Platform Communications Unified Architecture*) adalah protokol komunikasi standar berbasis platform terbuka yang dirancang khusus untuk aplikasi industri. OPC UA mendukung interoperabilitas perangkat dari berbagai vendor, dengan fitur keamanan seperti enkripsi, otentikasi, dan pengorganisasian data yang terstruktur. Protokol ini menjadi solusi ideal untuk sistem SCADA yang membutuhkan pertukaran data secara aman dan fleksibel.

2.1.5 HMI (*Human Machine Interface*)

HMI merupakan antarmuka antara operator dan mesin yang digunakan untuk mengontrol, memantau, serta memvisualisasikan proses industri. Tujuan utama HMI adalah menyajikan data proses secara real-time dan memberikan kemudahan akses kepada operator untuk keperluan operasional, perawatan, dan troubleshooting.

Dalam penelitian ini, perangkat lunak InduSoft Web Studio digunakan untuk membangun HMI karena kemampuannya dalam membuat antarmuka visual yang terintegrasi dengan sistem SCADA menggunakan OPC UA.

2.2 Keunikan Produk

Untuk memperjelas posisi inovasi dalam penelitian ini, berikut disajikan perbandingan dengan dua penelitian terdahulu yang relevan:

Tabel 2. Perbandingan Produk

No	Judul	Inovasi	
		Sebelum	Sekarang
1	Pengatur Suhu Ruang Tertutup Menggunakan PLC <i>Scheinder Twido Compact</i> Berbasis SCADA <i>Wonderware Intouch</i> (Bayu, 2022)	Komunikasi antara MTU dan RTU menggunakan protokol Modbus TCP/IP. Perancangan HMI menggunakan <i>software</i> dari Invensys yaitu Wonderware Intouch	Komunikasi yang digunakan adalah koneksi <i>ethernet</i> . Pembuatan HMI menggunakan Indusoft dengan protokol OPC UA yang memungkinkan penerimaan data secara jarak jauh
2	Desain Sistem <i>Human Machine Interface – Programmable Logic Control</i> Pada Otomasi <i>Mini Plant</i> Pengendali Suhu dan <i>Level</i> (Victor, 2023)	Komunikasi menggunakan kabel USB. Desain HMI dibuat dengan <i>CX-Designer</i>	Komunikasi menggunakan <i>ethernet</i> . HMI dirancang menggunakan Indusoft dan integrasi OPC UA untuk transmisi data jarak jauh

Penggunaan protokol OPC UA yang terintegrasi dengan InduSoft dan PLC OMRON CP1H dalam implementasi sistem SCADA untuk mini plant masih tergolong jarang menjadi fokus penelitian, terutama dalam konteks pengujian

konektivitas, pengolahan data real-time, serta penyimpanan data historis terintegrasi dengan basis data. Minimnya literatur yang membahas kombinasi spesifik ketiga komponen tersebut menunjukkan adanya celah penelitian yang dapat dimanfaatkan untuk memberikan kontribusi baru, baik dari segi rancangan antarmuka, efisiensi komunikasi, maupun optimasi sistem otomasi berskala kecil.

Bab 3. Metode Pelaksanaan

3.1. Perancangan Sistem

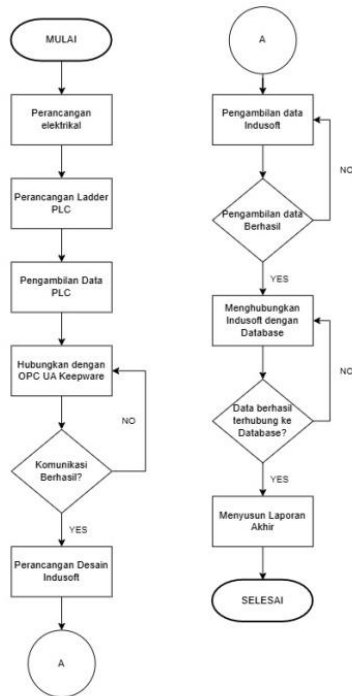
Perancangan sistem ini dilakukan secara bertahap dengan pendekatan top-down, dimulai dari identifikasi kebutuhan sistem, desain komunikasi, hingga pembuatan tampilan antarmuka dan integrasi penyimpanan data ke database. Sistem dirancang untuk dapat memantau dan menyimpan data proses secara real-time melalui SCADA Indusoft yang berkomunikasi dengan PLC dan sensor menggunakan protocol OPC UA via Kepware, dan menyimpan data ke dalam database.

Tahapan Pelaksanaan

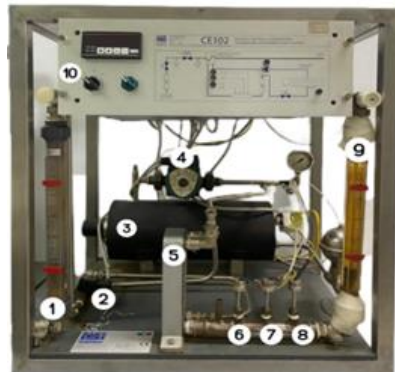
Proses perancangan dilaksanakan dalam beberapa tahap seperti ditunjukkan pada gambar 1:

1. **Perancangan elektrik**al, meliputi penyusunan skema kelistrikan, koneksi antar komponen, dan pemilihan perangkat.
2. **Pemrograman PLC**, menggunakan PLC Omron CP1H untuk mengolah data dan menjalankan kontrol logis sistem.
3. **Konfigurasi OPC**, yang menjembatani komunikasi antara perangkat keras dan perangkat lunak SCADA.
4. **Perancangan antarmuka SCADA**, menggunakan InduSoft untuk visualisasi data dan kontrol sistem.
5. **Integrasi database**, untuk menyimpan data historis dari proses yang berlangsung.

Desain mekanikal tidak dilakukan dari awal, melainkan menggunakan sistem dan komponen eksisting. Skema sistem fisik dapat dilihat pada **gambar 2**.



Gambar 1. Flowchart Tahap Pekaksanaan

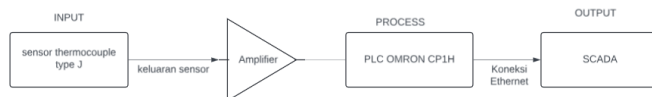


Gambar 2. Perangkat Keras

Dapat dilihat dari Gambar di atas, dimana:

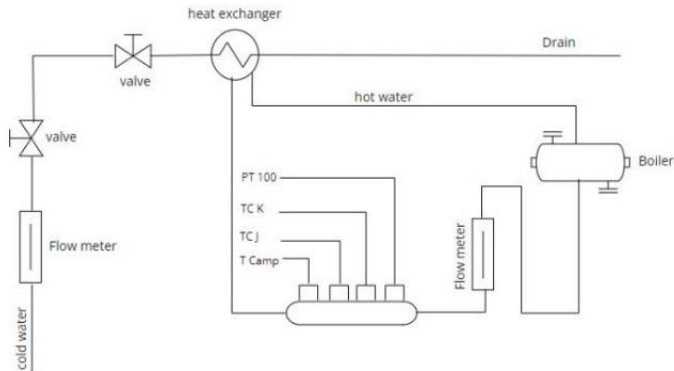
1. Flowmeter
2. Katup Masuk Air atau Solenoid Valve
3. Boiler
4. Pompa
5. Heat Exchanger
6. Sensor PT 100
7. Sensor Thermocouple Type J
8. Sensor Thermocouple Type K
9. Flowmeter
10. Panel Kontrol.

Alur kerja sistem dimulai dari air yang dikendalikan oleh aquaret (1), dialirkan ke dalam sistem melalui solenoid valve (2) ke dalam sistem dengan bantuan pompa (4) untuk dipanaskan. Air yang masuk akan diarahkan ke pemanas atau Boiler (3), di mana air dapat dipanaskan sesuai kebutuhan eksperimen. Selanjutnya, air diarahkan ke heat exchanger (5) untuk menyesuaikan suhu sesuai kebutuhan. Parameter aliran seperti suhu, tekanan, dan kecepatan dipantau menggunakan sensor (6, 7, dan 8). Setelah itu, aliran air akan melewati flowmeter (9) untuk memantau volume dan kecepatan aliran sebelum akhirnya diatur melalui panel kontrol (10) mengatur sistem sesuai kondisi yang diinginkan.



Gambar 3. Diagram Aliran Data

Gambar diatas memperlihatkan blok diagram aliran data yang menunjukkan bagaimana data suhu dari sensor Thermocouple diteruskan ke amplifiier untuk diperkuat. Hal ini dilakukan karena sinyal keluaran sensor terlalu lemah. Setelah diperkuat, sinyal data akan diteruskan ke PLC untuk pengolahan data, dan hasilnya akan ditampilkan pada HMI yang dirancang menggunakan aplikasi InduSoft.

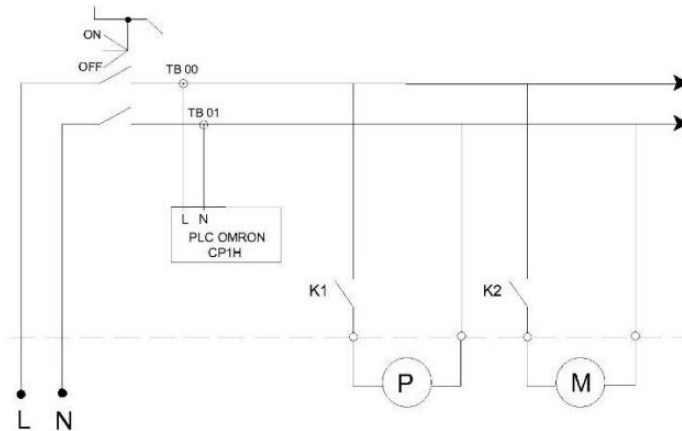


Gambar 4. Blok Diagram Aliran Fluida

Gambar diatas menggambarkan blok diagram aliran fluida yang menggambarkan sistem pemanas air dengan melibatkan heat exchanger, boiler, dan beberapa instrumen pengukuran. Air dingin masuk ke sistem melalui pipa yang dilengkapi dengan flow meter dan valve. Flow meter berfungsi untuk mengukur laju aliran air dingin yang masuk, sementara valve digunakan untuk mengontrol jumlah air dingin yang masuk ke heat exchanger. Hal ini memungkinkan pengendalian laju aliran air yang masuk. Di dalam heat exchanger, terjadi pertukaran panas antara air panas dan air dingin, yang mengakibatkan air yang keluar menjadi lebih hangat. Setelah melewati heat exchanger, terdapat saluran drain yang digunakan untuk membuang air jika diperlukan. Selanjutnya, air dipanaskan di dalam boiler, dengan thermostart yang akan mengatur suhu air dalam boiler untuk mengontrol temperatur. Boiler menghasilkan air panas yang kemudian disalurkan kembali ke heat exchanger. Di heat exchanger, air panas ini digunakan untuk memanaskan air dingin yang masuk. Setelah keluar dari heat exchanger, air panas dari boiler melewati flow meter untuk mengukur laju alirannya. Pengukuran ini penting untuk memastikan aliran panas ke heat exchanger tetap stabil dan sesuai dengan kebutuhan. Air yang mengalir keluar dari heat exchanger kemudian diukur oleh sensor thermocouple J.

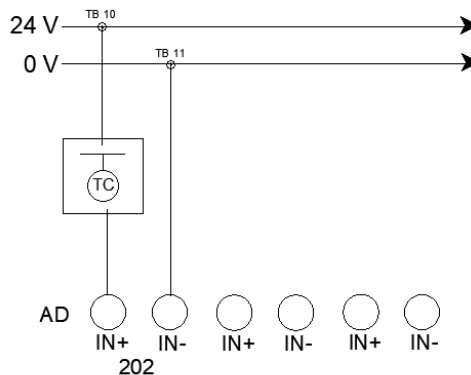
3.1.1 Perancangan Elektrikal

Perancangan elektrikal dilakukan menggunakan AutoCAD dan EasyEDA.



Gambar 5. Rangkaian Power

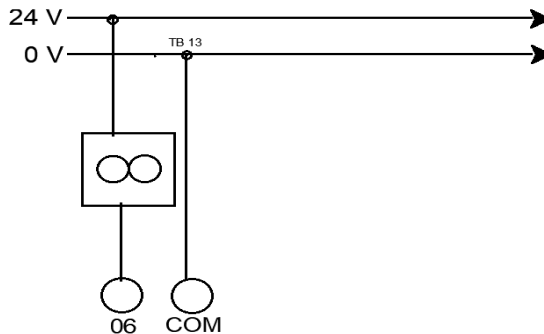
Berdasarkan gambar 5, menunjukkan rangkaian kontrol berbasis PLC Omron CP1H yang mengendalikan dua beban (P dan M) melalui relay K1 dan K2 dan saklar utama sebagai pengendali daya awal. Relay ini diaktifkan oleh sinyal dari PLC. Ketika relay aktif, kontak relay akan tertutup sehingga arus dapat mengalir ke perangkat yang dikontrol.



Gambar 6. Input Analog PLC Omron CP1H

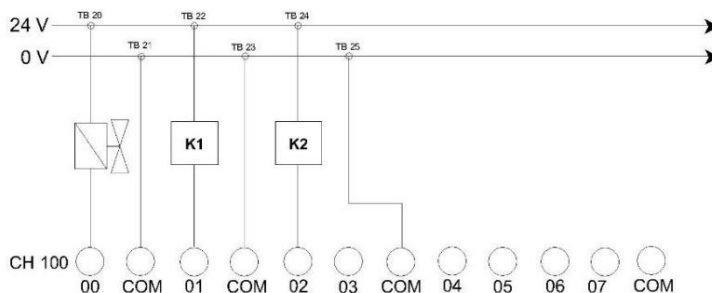
Berdasarkan gambar 6, menunjukkan diagram wiring untuk input analog pada PLC. Sistem ini menggunakan sumber daya 24VDC yang digunakan

sebagai suplai untuk sensor thermocouple tipe J. Sensor ini memiliki koneksi yang dihubungkan ke input PLC melalui terminal "IN+" dan "IN-", di mana "IN+" adalah terminal positif dan "IN-" adalah terminal negative dengan alamat 202. Sinyal yang diterima dari sensor akan dikirim ke PLC untuk diproses sesuai dengan logika yang telah diprogram.



Gambar 7. Input PLC

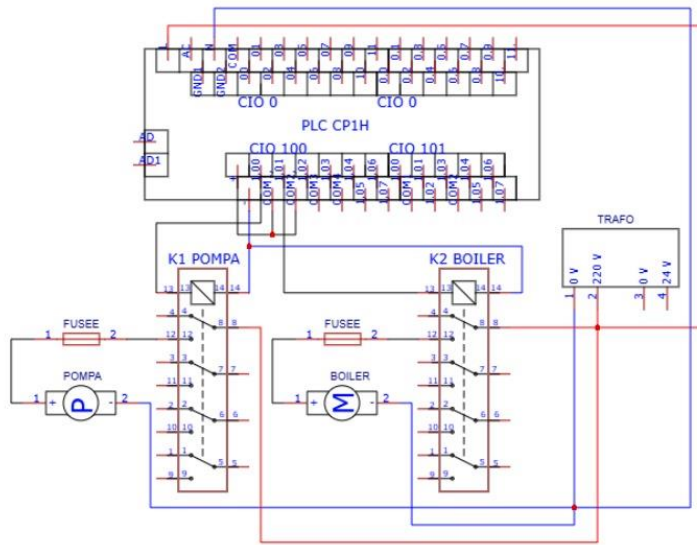
Berdasarkan gambar 7, diagram tersebut menggambarkan rangkaian input PLC dengan sumber tegangan 24 VDC yang digunakan sebagai suplai untuk thermostat, di mana sinyal positif dari sumber tegangan mengalir menuju terminal 06 PLC, sedangkan terminal COM terhubung ke jalur 0 V sebagai referensi, sehingga PLC dapat membaca kondisi aktif atau tidaknya sinyal berdasarkan perubahan tegangan pada terminal input tersebut.



Gambar 8. Output PLC

Berdasarkan gambar 8, menggambarkan rangkaian output PLC. Sumber daya 24V digunakan untuk mengoperasikan valve serta kontaktor K1 dan K2. Relay dalam rangkaian ini berfungsi untuk mengontrol aliran listrik ke

perangkat seperti pompa dan boiler. Ketika output PLC mengaktifkan relay K1 atau K2, relay akan membuka atau menutup rangkaian listrik, yang menyebabkan perangkat yang dikendalikan hidup atau mati.

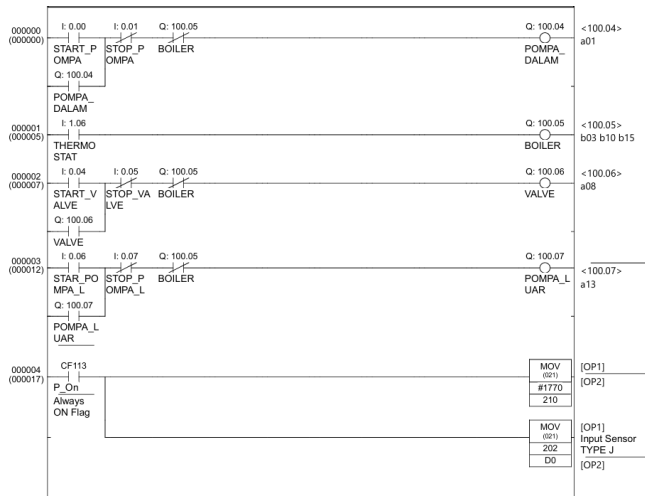


Gambar 9. Rangkaian Relay K1 dan K2

Berdasarkan gambar 9, memperlihatkan rangkaian kontrol PLC untuk mengendalikan pompa dan boiler. K1 dan K2 adalah relay yang bertindak sebagai saklar untuk menyambungkan atau memutuskan arus listrik ke pompa dan boiler. Sebagai langkah pengaman, fuse dipasang pada jalur pompa dan boiler untuk melindungi rangkaian dari arus berlebih. Jika terjadi arus yang melebihi batas, fuse akan putus untuk mencegah kerusakan pada perangkat. Pompa akan menyala jika relay K1 diaktifkan oleh PLC, sedangkan boiler akan bekerja saat relay K2 diaktifkan.

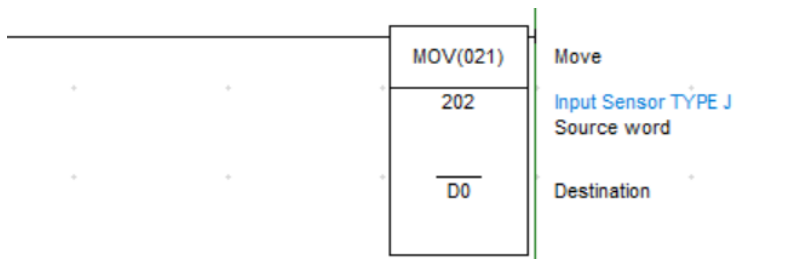
3.1.2 Perancangan Program

Pemrograman dilakukan menggunakan CX-Programmer yang kompatibel dengan PLC Omron CP1H. Program dirancang untuk mengontrol sistem pemanasan, pompa air, dan monitoring suhu.



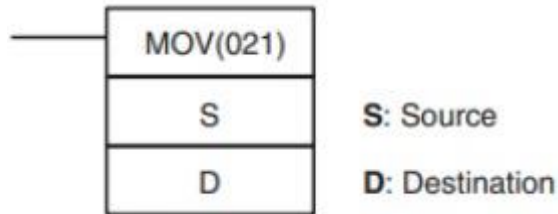
Gambar 10. Diagram Ladder Kontrol

Seperti ditunjukkan pada gambar 10 tiga logika utama yang merepresentasikan empat proses berbeda dalam menjalankan sistem SCADA. Logika ini bertujuan untuk mengontrol proses pemanasan air di boiler serta mengatur aliran menggunakan solenoid valve, mengalirkan air panas menggunakan pompa dalam dan air dingin menggunakan pompa luar.



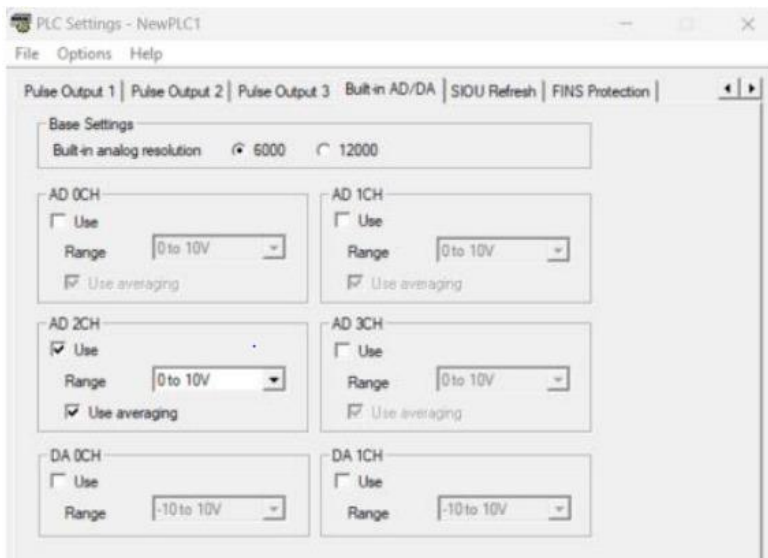
Gambar 11. Ladder Mov

Seperti ditunjukkan pada gambar 11 ladder program dengan instruksi MOV (Move). Pada program tersebut, instruksi MOV(021) digunakan untuk memindahkan nilai 202 ke lokasi D0.



Gambar 12. Implementasi Instruksi Data MOV (Move)

Instruksi MOV (Move) diatas berfungsi untuk menyalin data dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Instruksi ini dimanfaatkan untuk membaca data dari sensor dan menyimpannya di lokasi memori tertentu. Data yang tersimpan kemudian dapat ditampilkan dan dianalisis melalui sistem SCADA. Tegangan sensor thermocouple dalam bentuk desimal dibaca di bagian “destination”.



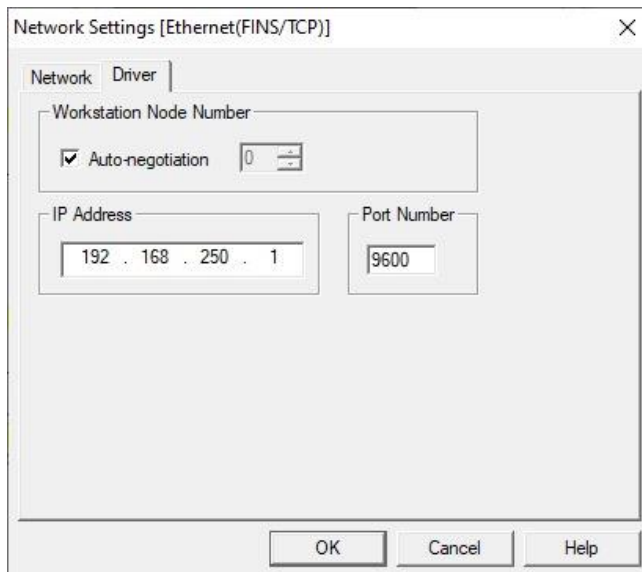
Gambar 13. Pengaturan AD (Analog to Digital) Sensor Suhu

Seperti ditunjukkan pada gambar 13, menampilkan pengaturan AD dalam CX-Programmer yang digunakan untuk menentukan alamat analog bagi sensor thermocouple. Pada gambar terlihat bahwa AD2CH diaktifkan, yang berarti alamat 200 digunakan untuk sensor. Resolusi yang dipakai adalah 1/6000, dengan rentang tegangan diatur pada 0-10V

3.1.3 Perancangan Sistem OPC dengan Ethernet

Komunikasi antara PLC dan SCADA dilakukan menggunakan **KEPServerEX 6** dengan protokol **Ethernet FINS/TCP**. Konfigurasi mencakup:

- Menetapkan IP PLC (192.168.250.1) dan port (9600).
- Menambahkan channel dan device di KEPServerEX.
- Menggunakan fitur **Quick Client** untuk menguji koneksi.



Gambar 14. Konfigurasi IP pada PLC

Agar sistem dapat berfungsi dengan baik, pengaturan IP pada PLC juga perlu disesuaikan dengan jaringan lokal yang digunakan. Alamat IP ini harus dipastikan unik dalam jaringan agar tidak terjadi konflik dengan perangkat lain. Setelah semua pengaturan selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah menguji koneksi dengan menggunakan fitur Quick Client pada KEPServerEX 6. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa data dari PLC dapat diakses dengan benar melalui alamat IP dan port yang telah ditentukan.

3.1.4. Perancangan Sistem SCADA Menggunakan Indusoft

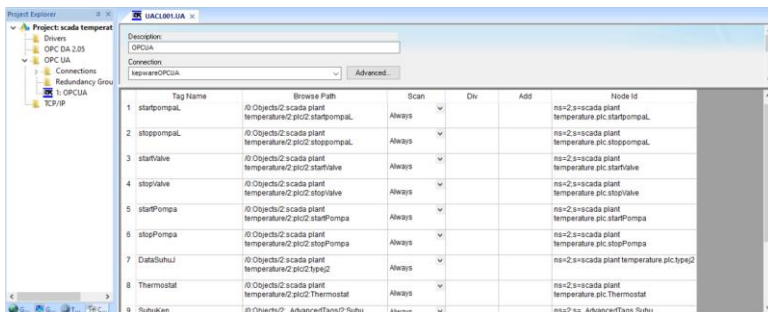
Pada penelitian ini, sistem SCADA dirancang menggunakan Indusoft dengan koneksi berbasis Ethernet dan OPC UA untuk memantau dan mengontrol suhu pada plant secara real-time. Perancangan dilakukan dengan dua tahap utama, yaitu:

1. Pengaturan Koneksi OPC UA

Langkah pertama adalah menghubungkan sistem SCADA dengan PLC menggunakan KEPServerEX 6 melalui koneksi OPC UA. Tahapan pengaturan meliputi:

- Koneksi dibangun antara Indusoft dan KEPServerEX melalui driver Omron FINS Ethernet.
- IP dan Port dikonfigurasi sesuai PLC
- Tag dari OPC dipetakan ke variable dalam Indusoft.

Setelah koneksi ini selesai, variabel-variabel di OPC server dihubungkan dengan tag pada SCADA di Indusoft untuk memungkinkan monitoring dan kontrol data secara real-time.



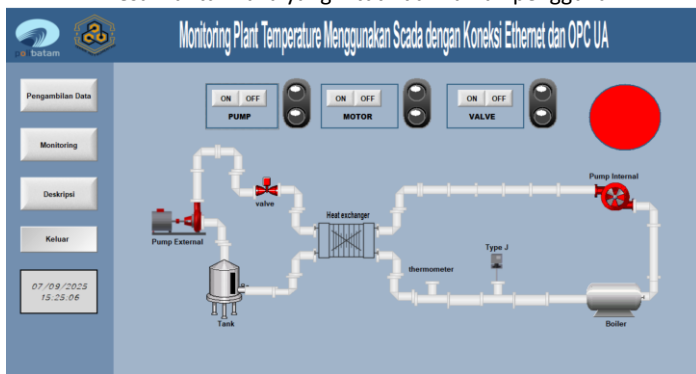
Gambar 15. Konfigurasi Koneksi OPC UA

2. Pembuatan Tampilan dan Kontrol SCADA

Setelah koneksi OPC UA berhasil diatur, tahap berikutnya adalah pembuatan tampilan antarmuka SCADA untuk memvisualisasikan proses dan memungkinkan operator melakukan kontrol. Tampilan ini mencakup:

Antarmuka dirancang untuk mendukung fungsi berikut:

- Kontrol perangkat: tombol ON/OFF untuk pompa, valve, dan motor.
- Visualisasi data: Grafik trend suhu secara real-time.
- Desain antarmuka yang intuitif dan ramah pengguna.



Gambar 16. Desain HMI

Visualisasi Data: Grafik trend yang menampilkan perubahan suhu secara real-time berdasarkan data sensor. Tampilan ini dirancang agar user-friendly, dengan susunan antarmuka yang intuitif sehingga operator dapat memantau dan mengelola plant dengan mudah.

3.2. Alat dan Bahan

Dalam pelaksanaan pembuatan proyek ini alat dan bahan yang dibutuhkan dapat dilihat pada table 2 sebagai berikut :

Tabel 3. Alat dan Bahan

Belanja Bahan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
PLC CP1H	1	Rp5.900.000	Rp5.900.000
Kabel Ethernet	4	Rp20.000	Rp80.000
<i>Converter Ethernet to USB</i>	1	Rp85.000	Rp85.000
<i>Skun U</i>	15	Rp2.000	Rp30.000
<i>Kabel Serabut Tunggal</i>	1	Rp30.000	Rp30.000
PLC OMRON CP1W-CIF41	1	Rp2.750.000	Rp2.750.000
SUBTOTAL(Rp)			Rp.8.875.000

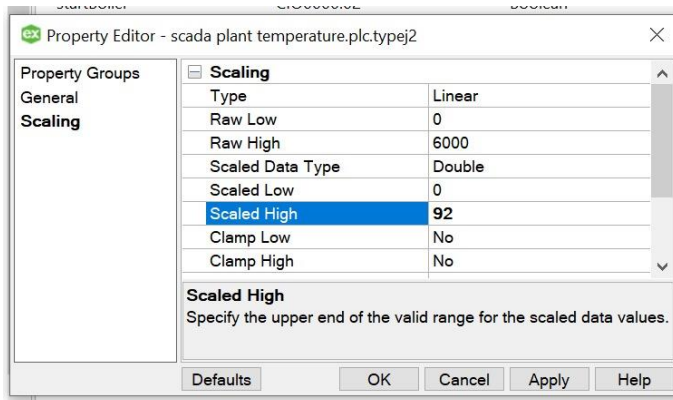
3.3. Pengujian

Terdapat beberapa tahap pengujian sebelum sistem dapat dinyatakan layak digunakan. Berikut tahapan pengujian dari sistem ini:

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari Sensor suhu Thermocouple TypeJ berdasarkan nilai suhu (°C) terhadap nilai desimal. Mengukur data *output* desimal dari Sensor Thermocouple TypeJ untuk memastikan bahwa responsnya sesuai dengan perubahan suhu yang diukur. Hal ini memastikan bahwa sensor berfungsi dengan tepat dan memberikan *output* yang sesuai dengan kondisi lingkungan yang diukur.

Dan untuk memastikan bahwa sensor memberikan hasil pengukuran yang akurat dan sesuai dengan standar yang ditetapkan. Ini melibatkan perbandingan antara nilai suhu yang diukur oleh Sensor Thermocouple TypeJ dengan nilai suhu

yang sebenarnya. Dan pengujian juga disambungkan ke MS Access untuk menampilkan data secara realtime. Menggunakan rumus scalling pada Kepware sesuai dengan ketentuan rumusnya sebagai berikut.

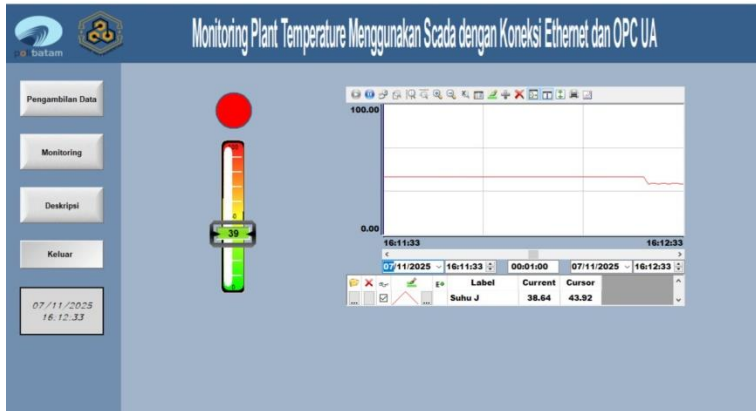


Gambar 17. Pengaturan Scaling pada Kepware

Type	Formula for Scaled Value
Linear	$(((\text{ScaledHigh} - \text{ScaledLow}) / (\text{RawHigh} - \text{RawLow})) * (\text{RawValue} - \text{RawLow})) + \text{ScaledLow}$

Gambar 18. Rumus Scaling yang digunakan

Hasil perhitungan suhu tersebut kemudian disimpan ke dalam tag SensorJ di Indusoft, yang selanjutnya ditampilkan dalam grafik trend untuk memberikan gambaran visual mengenai perubahan suhu dalam sistem secara *real-time*.



Gambar 19. Grafik Pengambilan Data

Berdasarkan gambar 19, menunjukkan tampilan antarmuka HMI SCADA untuk monitoring suhu plant yang terkoneksi melalui Ethernet dan protokol OPC UA, dengan fitur indikator suhu berbentuk termometer vertikal, lampu indikator status, grafik trend suhu real-time, serta panel navigasi untuk pengambilan data, monitoring, deskripsi, dan keluar, yang menampilkan suhu sensor J dengan riwayat perubahan pada grafik.

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Hasil Pengujian

Akuisisi data sensor thermocouple tipe J dilakukan dengan membaca tegangan output sensor dalam satuan desimal melalui antarmuka pemrograman PLC. Nilai desimal tersebut kemudian dikonversi menjadi satuan suhu ($^{\circ}\text{C}$) menggunakan rumus scaling yang telah ditentukan dan diterapkan di Kepware. Data hasil konversi kemudian dikumpulkan dan dianalisis menggunakan Microsoft Excel.

Hasil pengujian disajikan dalam tabel 4, yang menunjukkan lima kali percobaan pengukuran suhu untuk setiap variasi suhu pada rentang $26,1^{\circ}\text{C}$ hingga $44,1^{\circ}\text{C}$. Setiap nilai pembacaan sensor dibandingkan dengan nilai referensi dari thermometer standar untuk menghitung error rata-rata.

tabel 4. Data Suhu

no	suhu thermometer ($^{\circ}\text{C}$)	percobaan ($^{\circ}\text{C}$)					rata rata	error (%)
		1	2	3	4	5		
1	26,1	26,33	26,45	26,51	26,47	26,32	26,4	1,2
2	28,1	28,47	28,48	28,56	28,59	28,65	28,6	1,6
3	29,9	29,7	29,63	29,53	29,96	29,83	29,7	0,6
4	31,6	31,36	31,46	31,36	31,34	31,66	31,4	0,5
5	33,1	33,24	33,31	33,43	33,45	33,48	33,4	0,9
6	34,3	34,16	34,46	34,6	34,67	34,72	34,5	0,6
7	35,4	35,91	35,85	35,7	35,49	35,82	35,8	1,0
8	36,3	36,45	36,46	36,79	36,71	36,27	36,5	0,7
9	37,1	37,26	37,4	37,49	37,62	37,6	37,5	1,0
10	38,3	38,38	38,78	38,52	38,5	38,23	38,5	0,5
11	39,2	39,16	39,58	39,36	39,1	39,22	39,3	0,2
12	40,1	40,28	40,74	40,97	40,38	40,39	40,6	1,1
13	41,3	41,28	41,26	41,51	41,55	41,66	41,5	0,4
14	42	42,26	42,32	42,25	42,37	42,27	42,3	0,7
15	43,8	43,39	43,95	43,73	43,73	43,5	43,7	0,3
16	44,1	44,29	44,56	44,68	44,55	44,13	44,4	0,8
rata rata error							0,8	

Data hasil akuisisi disimpan ke dalam database *Microsoft Access*, yang terintegrasi dengan SCADA melalui InduSoft dan OPC UA, seperti ditunjukkan pada gambar 20.

Time_Stamp	DataSuhul
208	26,02067
177	25,99
111	26,036
203	26,0533
203	25,97467
191	26,02067
191	26,0533
195	25,898
199	26,05133
197	26,32733
201	26,45
199	26,51133
198	28,474
194	31,35667
199	31,5667
195	33,24267
191	35,43533
194	37,27533
193	38,17933
195	38,778
193	39,16133
193	39,68267
192	40,14267

Gambar 20. Tampilan Data Historis pada MS Access

Microsoft Access adalah sistem manajemen basis data yang dapat menyimpan dan mengelola data hasil akuisisi dari InduSoft untuk memudahkan pencarian serta analisis data historis SCADA, dengan masa simpan tanpa batas waktu selama ukuran file belum melebihi kapasitas maksimum 2 GB.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian sistem, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem SCADA berhasil mengirimkan data suhu secara real-time dengan jarak jauh, melalui integrasi antara sensor Thermocouple, PLC Omron CP1H, dan antarmuka SCADA yang dirancang menggunakan InduSoft Web Studio. Penggunaan protokol OPC UA mendukung pengiriman data yang stabil dan cepat.
2. Antarmuka HMI SCADA yang dirancang bersifat user-friendly dan dilengkapi fitur kontrol interaktif, seperti tombol ON/OFF perangkat serta grafik trend suhu historis, sehingga memudahkan operator dalam mengontrol dan mengatur sistem.
3. Akurasi pengiriman data cukup tinggi dibuktikan dengan rata-rata error pengukuran sensor hanya 0,8%. Hal ini mencerminkan kemampuan sistem dalam menangkap dan menampilkan data suhu secara akurat dan real-time dengan dukungan jaringan Ethernet dan protokol OPC UA yang mampu mengirimkan data secara aman, dan cepat antar perangkat.

5.2 Saran

Untuk pengembangan sistem di masa mendatang, berikut beberapa saran yang dapat dipertimbangkan:

1. Peningkatan Visualisasi HMI
Antarmuka SCADA saat ini memiliki fitur dasar yang baik, namun pengembangan lebih lanjut diperlukan agar tampilan lebih menarik, interaktif, dan adaptif. Disarankan integrasi dengan **dashboard berbasis web atau mobile** agar sistem dapat diakses melalui berbagai perangkat.
2. Pengembangan fitur database.
Saat ini, database hanya dimanfaatkan untuk menyimpan data historis. Pengembangan ke depan dapat meliputi **fitur analitik otomatis, pelaporan berkala, dan sistem peringatan dini (early warning system)** untuk meningkatkan respons terhadap perubahan parameter proses.
3. Uji validasi dalam beragam kondisi industri
Pengujian lanjutan direkomendasikan pada kondisi lingkungan industri nyata, termasuk suhu ekstrem, getaran, dan fluktuasi jaringan listrik atau data. Hal ini bertujuan untuk mengevaluasi keandalan sistem dalam scenario sebenarnya.
4. Peningkatan keamanan sistem komunikasi

Meskipun OPC UA telah memiliki fitur keamanan dasar seperti enkripsi dan otentikasi, sistem sebaiknya dilengkapi dengan lapisan keamanan tambahan seperti:

- Firewall dan segmentasi jaringan
- Audit log komunikasi
- Proteksi fisik SCADA dari akses tidak sah

Daftar Pustaka

- Adi, T. R. (2015). Otomasi Sistem Destilasi Menggunakan PLC OMROM CP1H. *Youngster Physics Journal Vol. 4, No. 4, Oktober 2015*, 311-316.
- A.N. Koushirik, BS. Rashimi, (Maret, 2016). 4th Generation Implementation for Automation. *International journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, Vol. 5, Issue 3.
- Arief budiman, j. s. (n.d.). Sistem Informasi Monitoring dan Pemeliharaan Penggunaan Scada (Supervisory Control and Data Acquisition). *Jurnal Tekno Kompak, Vol. 15, No. 2, 15*, 168-179.
- Bayu Fandidarma, I. S. (2022, Maret). Pengatur Suhu Ruangan Tertutup menggunakan PLC Schneider Twido Compact berbasis SCADA - Wonderware Intouch. *Jurnal ELECTRA : Electrical Engineering Articles Vol.2, No.2, 1-11*
- Imron Rizaldi, M. A. (2015). Perancangan Sistem Kendali Boiler Menggunakan Algoritma PID Pada PLC (Programmable Logic Controller) OMRON. *e-Proceeding of Engineering : Vol.2, No.2 Agustus 2015*, 1949-1956.
- Effendrik, P., Joelianto, G., & Sucipto, H. (2017). Karakterisasi Thermocouple Dengan Menggunakan Perangkat Lunak Matlab–Simulink. *Jurnal Eltek, 12(1)*, 133-145.
- Rezka Bunaiya Prayudha, M. A. (2015). Desain dan Implementasi SCADA (Supervisory Control and Data). *e-Proceeding of Engineering : Vol.2, No.2 Agustus 2015, 2*, 1989-1994.
- Sarna. S. 2017. “Analisis Perkembangan Optical Ethernet”. *Jurnal. Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Sawerigading Makasar*
- Viktor Vekky Ronald Repi, D. S. (2023). Desain Sistem Human Machine Interface-Programmable Logic Control Pada Otomasi Mini Plant Pengendali Suhu dan Level. *Instrumentasi, Vol. 47 No.1*, 69-81.
- W. Mahnke, S. Leitner, M. Damm (2009). OPC Unified Architecture, Sptinger. (ISBN 978-3-540-68898-3).

Biodata



Nama	: Sheyza Ananda Putri Haya
TTL	: Batam, 20 Juni 2005
Agama	: Islam
Alamat	: Jl. Tamalatea Tanjung Sengkuang Blok D No 07
Email	: Sheyzananda@icload.com
Riwayat Pendidikan	SMA/SMK : MAN 2 Batam SMP : MTsN 1 Batam