

Desain Sistem Akuisisi Data Sensor Tekanan pada Kit *Pressure Plant* Menggunakan OPC, SCADA dan PLC CP1H

Aditya Gautama^{1*}, Ardian Budi K.A¹, Rahmi Mahdaliza¹, M. Syafei G¹, Fitriyanti Nakul¹, dan Yolanda M. P¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

*Email: adityagautama@polibatam.ac.id

Abstrak— Seiring dengan berkembangnya otomasi industri muncul kebutuhan untuk mengembangkan modul praktikum SCADA bagi mahasiswa program studi instrumentasi di Politeknik Negeri Batam. Salah satu dari modul tersebut adalah CE101 *Pressure Measurement and Control Plant* dengan pengembangan berupa penambahan sistem akuisisi data berbasis PLC CP1H, tampilan antarmuka menggunakan aplikasi SCADA Indusoft *Web Studio* dan penggunaan OPC untuk sistem komunikasi. Hasil pengujian sistem akuisisi data, hasil pengukuran menunjukkan nilai persamaan sensor kapasitansi: $Y = 1.24X - 0.33$ dan ekstensimetrik: $Y = 0.79X - 0.51$ untuk pengukuran tegangan berdasarkan nilai tekanan. Penelitian ini juga menghasilkan tampilan antar muka SCADA di indusoft web studio yang dapat menampilkan nilai sensor dalam satuan bar. Walaupun demikian *error* yang diperoleh masih cukup besar berkisar antara 11% sampai dengan 12.89%.

Kata Kunci: PLC CP1H, SCADA, Sensor tekanan

Abstract –With the growth of industrial automation, there is a need to develop SCADA practicum module for instrumentation department students in Batam State Polytechnic. One of those modules is CE101 *Pressure Measurement and Control Plant* which will be improved by adding PLC CP1H, GUI interface using SCADA, and OPC for communication between device. The test gives regression equation for capacitance sensor: $Y = 1.24X - 0.33$ while for extensimetric sensor the equation is: $Y = 0.79X - 0.51$. On these equations, pressure variable is symbolized as Y while sensor voltage output symbolized as X. This research also produces a SCADA GUI that can display sensor value in bar unit based on the regression equation conversion value. However, there is also a downside that the value displayed still has an *error* between 11% - 12.89% compared to the referenced scale.

Keywords: PLC CP1H, Pressure sensor, SCADA

I. PENDAHULUAN

SISTEM otomasi menjadi kunci utama dalam meningkatkan efisiensi dan kontrol dalam berbagai proses industri. Salah satu elemen krusial dalam industri adalah pengukuran tekanan pada berbagai macam peralatan di dalam pabrik. Pengukuran tekanan yang akurat dan *real-time* sangat penting untuk memastikan operasi yang aman dan efisien. Dalam konteks ini, *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) dan *Programmable Logic Controller* (PLC) memiliki peran yang penting. SCADA memungkinkan pengawasan dan kontrol terpusat terhadap proses industri secara keseluruhan. Sementara PLC memberikan kontrol otomatis yang dapat diprogram untuk berbagai fungsi.

Dalam rangka memenuhi kebutuhan pendidikan tinggi di Politeknik Negeri Batam, pengembangan modul akuisisi data *Pressure Measurement and Control Plant* menjadi suatu inisiatif yang strategis. Modul ini diarahkan untuk mendukung pemahaman dan keterampilan mahasiswa dalam mengimplementasikan teknologi SCADA dan PLC pada tiruan sistem industri yang diminiaturisasi.

Pada penelitian ini data dari dua buah sensor tekanan yang berbeda, yaitu: *capacitance* dan *extensimetric*, diakuisisi menggunakan PLC. Pada tahap selanjutnya PLC mengirimkan data ke Omron OPC (*Open Platform Communications*) server. OPC digunakan untuk perantara komunikasi antara SCADA dan PLC. Data dari OPC selanjutnya dikirim ke piranti lunak SCADA untuk ditampilkan ke pengguna.

Beberapa penelitian sudah dilakukan pada topik ini. Pada penelitian pertama dilakukan akuisisi data sensor tekanan udara pada kit STEM menggunakan PLC Omron dan SCADA CX supervisor [1]. Penelitian kedua adalah akuisisi data sensor tekanan air pada pipa menggunakan SCADA Vijeo Citect dan Twido PLC [2]. Sementara pada penelitian ketiga sensor tekanan digunakan untuk mengukur tekanan air dan udara yang kemudian dihubungkan ke ESP32. Data kemudian dikirim ke jaringan internet untuk ditampilkan pada website [3]. Pada

penelitian keempat sistem SCADA didesain menggunakan arduino mega sebagai RTU sementara Raspberri Pi digunakan sebagai MTU. Sistem ini digunakan untuk mengontrol dan mengamati sistem penjernihan air menggunakan metode reverse osmosis [4]. Pada penelitian berikutnya sistem SCADA digunakan untuk mengamati data tension infiltrometer yang melakukan karakterisasi tanah terhadap aliran air. Sistem SCADA ini disusun menggunakan arduino uno dan matlab app [5]. Pada penelitian ke enam dan ketujuh digunakan PLC CP1H untuk akuisisi data dan mikrokontroler untuk kendali PID. Pada penelitian ini digunakan sensor sensor tekanan SKU114991178 dan sensor suhu PT 100 yang dimonitoring menggunakan HM [6], [7]. Untuk penelitian ke delapan dan sembilan sistem SCADA digunakan dalam pengamatan dan kendali tekanan udara dengan menggunakan miniatur sistem kendali tekanan udara yang dilengkapi sensor tekanan dan pengendali PLC Omron [8], [9]. Semennantara pada penelitian ke sepuluh SCADA diterapkan dengan perangkat kendali PLC untuk sistem kendali dan pengamatan aliran dan tekanan uap didalam pipa [10].

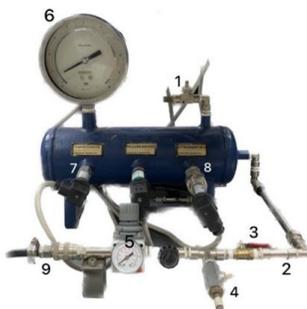
Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah digunakannya OPC sebagai perantara antara Omron PLC CP1H dengan SCADA Indusoft Web Studio. OPC berisi *driver* dari PLC yang tidak dimiliki oleh SCADA Indusoft *student version*. Selain itu OPC juga dapat digunakan untuk menghubungkan berbagai merek dan jenis PLC ke piranti lunak SCADA. Diagram blok aliran data dari sistem yang digunakan dapat dilihat pada Gambar. 1.



Gambar. 1. Diagram Blok Aliran Data

II. METODE

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap. Tahap pertama adalah perancangan perangkat elektrik. Tahap kedua adalah perancangan program PLC. Tahap ketiga adalah perancangan sistem OPC. Tahap ke empat adalah perancangan sistem SCADA indusoft. Sementara untuk bagian mekanikal tidak dilakukan desain ulang tetapi cukup menggunakan komponen yang sudah ada saat ini. Untuk komponen mekanikal yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat di Gambar 2.



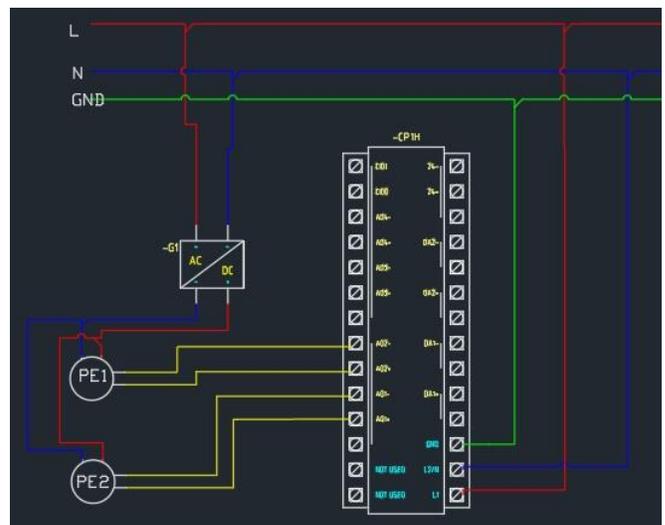
Gambar. 2. Perangkat Keras

Dapat dilihat dari Gambar 2 di atas, nomor 1 adalah *Disturbance Valve*, nomor 2 adalah *Check Valve*, nomor 3 adalah *Manual Valve*, nomor 4 adalah *Relief Valve*, nomor 5 adalah *Reducer & Gate Valve*, nomor 6 adalah *Pressure Gauge*, nomor 7 adalah sensor *Capacitance*, nomor 8 adalah sensor *Extensimetric*, nomor 9 adalah *Input Supply* dari kompresor. Kompresor digunakan untuk menyuplai udara ke dalam tangki melalui komponen nomor 9. Lalu tekanan di dalam tangki dapat dibaca melalui *pressure gauge*. Hasil pembacaan pada *pressure gauge* inilah yang dijadikan acuan pembeding bagi kedua sensor tekanan. Tekanan maksimum yang dapat dibaca adalah 10 bar, tetapi pada penelitian ini hanya digunakan sampai 5 bar. Selanjutnya setiap tahapan penelitian di atas akan dibahas lebih detail sebagai berikut.

A. Perancangan Perangkat Elektrikal

Dalam perancangan dan elektrik terdapat beberapa komponen yang digunakan pada sistem ini. Pada bagian perangkat sensor tekanan terdapat 2 buah sensor yaitu kapasitansi dan ekstensimetrik. Sinyal output berupa tegangan 0 – 10 Vdc. Pada penelitian ini tekanan yang diukur dibatasi hanya sampai 5 bar. Hal ini dilakukan untuk mencegah *output* sensor ekstensimetrik melebihi dari 10 volt. Oleh karena *port analog* pada PLC CP1H maksimum hanya bisa menerima tegangan 10 Vdc. Pada kedua sensor ini terdapat 4 buah kabel listrik. Dua buah kabel untuk sumber daya bagi sensor yang menggunakan sumber tegangan 24 Vdc. Dua buah kabel lagi untuk menyalurkan data ke *port analog* PLC.

Pada bagian PLC CP1H XA40DR-A terdapat 4 *port* untuk sumber daya AC. Dua buah *port* untuk kabel L dan N serta dua buah *port* lagi untuk kabel *ground*. Sementara untuk kabel data ke PC digunakan kabel USB. Selain itu juga terdapat komponen penyearah 220Vac ke 24Vdc yang digunakan sebagai sumber daya bagi kedua sensor. Rangkain elektrik ini dapat dilihat pada Gambar. 3.



Gambar. 3. Pengkabelan Sistem

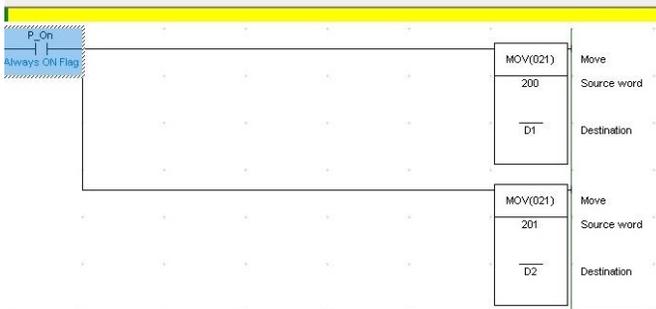
Pada Gambar 3 dapat dilihat sensor kapasitansi (PE1) terhubung ke *port analog* PLC melalui kabel data (warna kuning) dan ke sumber daya DC (kabel merah dan biru). Hal yang sama untuk sensor ekstensimetrik (PE2).

B. Perancangan Program PLC

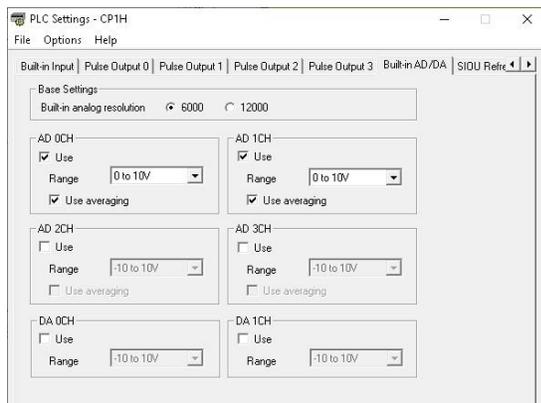
Akuisisi data sensor tekanan dilakukan menggunakan PLC CP1H XA40DR-A. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah *ladder diagram* pada aplikasi CX-Programmer. Tegangan output dari sensor tekanan terhubung ke *setup AD* atau *built in Analog I/O*, pada alamat 200 dan 201. Data dari alamat 200 dan 201 ini kemudian dipindahkan dengan fungsi MOV ke *memory* D1 dan D2.

Pengaturan *built-in Analog I/O* pada aplikasi *CX-Programmer* berupa pengaturan tegangan input 0-10 Vdc sesuai dengan spesifikasi masing-masing sensor tekanan. Resolusi nilai yang digunakan adalah 6000 (desimal). Program *ladder diagram* dapat dilihat pada Gambar 4. Sementara *setup port AD/DA* dapat dilihat pada Gambar 5.

Setelah semua *setup* dan *ladder* selesai dibuat, dilakukan tes apakah ada *error*. Jika tidak ada maka program di compile dan di transfer ke memory PLC. Selanjutnya di tes apakah data sensor sudah bisa terbaca di *memory* D1 dan D2. Setelah semua data sensor bisa dibaca maka program *CX Programmer* di matikan agar tidak mengganggu komunikasi dengan OPC.



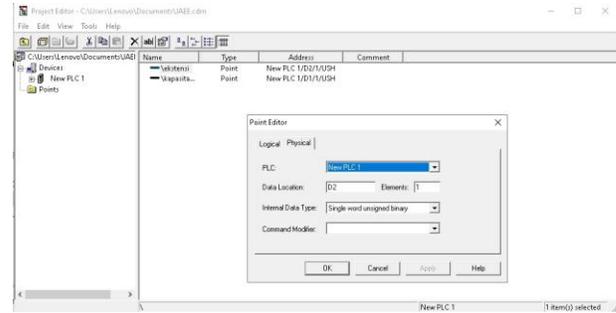
Gambar 4. Ladder Diagram



Gambar 5. Setup Port AD/DA

C. Perancangan Sistem OPC

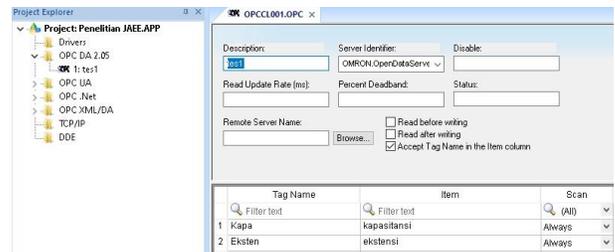
Tahapan selanjutnya adalah mensetup OPC. Pada penelitian ini OPC yang digunakan adalah Omron OPC Server. Pada OPC dilakukan setup proyek baru. Didalam proyek tersebut tipe PLC dan alamat tempat data yang akan ditransfer di spesifikasikan. Pengaturan ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengaturan OPC server

D. Perancangan SCADA indusoft

Pada SCADA indusoft terdapat beberapa tahapan pengaturan yang perlu dilakukan. Tahap pertama membuat *screen* tampilan antarmuka yang berupa tampilan *trend* dan nilai dari tekanan sensor. Tahap kedua adalah men-set koneksi OPC DA agar terhubung dengan OPC server dan menghubungkan variabel tag di SCADA dengan variabel di OPC. Tahapan ini dapat dilihat pada Gambar 7. Tahap ketiga adalah membuat *coding* vbscript untuk mengkonversi nilai resolusi PLC menjadi nilai bar. Untuk melakukan konversi pertama-tama nilai resolusi dikonversi menjadi nilai tegangan. Ini dilakukan dengan mengalikan nilai yang diperoleh dari memori D1 dan D2 dengan 0.0017. Nilai 0.0017 merupakan hasil bagi antara 10V dengan resolusi 6000. Langkah selanjutnya adalah membuat persamaan regresi untuk mengubah nilai tegangan menjadi nilai bar.



Gambar 7. Pengaturan OPC DA pada Indusoft

Untuk menghasilkan persamaan regresi maka dilakukan pengambilan data tegangan dan tekanan secara manual. Nilai tekanan yang masuk ke tangki udara diubah secara manual menggunakan valve. Pada nilai tekanan tertentu nilai tegangan *output* dari sensor diukur.

Hasil pengukuran ini dapat dilihat pada Tabel I dan II untuk masing-masing sensor. Pada masing-masing nilai tekanan dilakukan pengukuran tegangan sebanyak 5 kali yang kemudian dirata-ratakan. Pada persamaan regresi nilai tegangan menjadi variabel x sementara nilai tekanan menjadi variabel y.

TABEL I
DATA TEGANGAN LUARAN SENSOR TEKANAN KAPASITANSI TERHADAP TEKANAN PRESSURE GAUGE

Nilai tekanan (Bar)	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
Pengukuran tegangan ke 1 (Volt)	1	1.54	2.07	2.51	2.99	3.44	3.99	4.48	4.98
Pengukuran tegangan ke 2 (Volt)	1.04	1.07	1.1	1.29	1.32	1.36	1.39	1.42	1.45
Pengukuran tegangan ke 3 (Volt)	1.04	1.53	2.96	2.53	2.99	3.53	4	4.5	4.98
Pengukuran tegangan ke 4 (volt)	1.01	1.53	2.06	2.52	2.99	3.48	3.99	4.53	4.96
Pengukuran tegangan ke 5 (Volt)	1.01	1.49	1.99	2.48	2.99	3.47	4.01	4.47	4.97
Nilai tekanan (Bar)	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5

TABEL II
DATA TEGANGAN LUARAN SENSOR TEKANAN EKSTENSIMETRIK TERHADAP TEKANAN PRESSURE GAUGE

Nilai tekanan (Bar)	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
Pengukuran tegangan ke 1 (Volt)	2.03	2.91	3.57	4.39	5.16	5.98	6.72	7.56	8.36
Pengukuran tegangan ke 2 (Volt)	2.03	2.02	2.02	2.01	2.01	2	2	1.99	1.99
Pengukuran tegangan ke 3 (Volt)	2.03	2.91	3.51	4.39	5.16	5.97	6.67	7.62	8.39
Pengukuran tegangan ke 4 (volt)	2.01	2.93	3.3	3.39	5.25	6.04	1.98	7.57	8.37
Pengukuran tegangan ke 5 (Volt)	2	2.89	3.32	4.39	5.2	5.99	6.76	7.53	8.44

Data regresi ini kemudian diolah menggunakan microsoft excel data analysis menggunakan metode kuadrat terkecil. Sehingga dihasilkan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Sensor Kapasitansi} : Y = 1.24X - 0.33 \quad (1)$$

$$\text{Sensor Ekstensimetrik} : Y = 0.79X - 0.51 \quad (2)$$

Kedua persamaan ini memiliki nilai $R^2 = 0.96$ untuk sensor ekstensimetrik dan $R^2 = 0.997$ untuk sensor kapasitansi. Hal ini menyatakan persamaan regresi sudah dapat dengan baik menjelaskan data yang ada. Persamaan ini kemudian akan dimasukkan ke dalam coding vbscript pada SCADA untuk mengubah nilai tegangan menjadi nilai tekanan dalam satuan bar.

Pada penulisan coding vbscrip terdapat 4 buah variabel yang akan digunakan yaitu Bereksten, Barkapasi, Eksten, dan Kapa. Variabel Eksten dan Kapa berisikan data dari PLC yang masih berbentuk resolusi. Sementara variabel Bereksten dan Barkapasi berisikan nilai tekanan dalam satuan bar yang akan ditampilkan pada grafik trend SCADA. Pengkodean vbscript dapat dilihat pada Gambar 8.

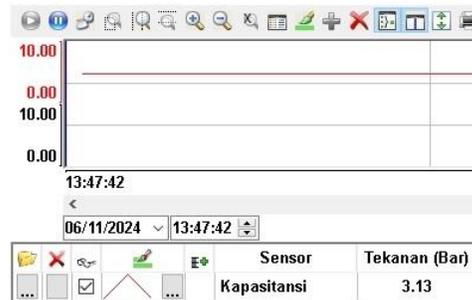


Gambar. 8. Kode Vbscript untuk Konversi Nilai

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah semua pengaturan pada SCADA indusoft selesai maka dapat dilakukan validasi terhadap nilai yang ditampilkan di SCADA dibandingkan dengan nilai yang ditampilkan pada pressure gauge. Nilai pada pressure gauge digunakan sebagai referensi.

Hasil program SCADA yang dijalankan dan membaca nilai dari sensor tekanan kapasitansi dapat dilihat pada Gambar 9. Nilai yang muncul pada program tersebut dibandingkan dengan nilai yang tertera pada pressure gauge pada Gambar 10. Dari hasil perbandingan inilah dihitung nilai error sistem.



Gambar. 9. Tampilan Nilai Tekanan pada SCADA

Dapat dilihat pada Tabel III bahwa error dari sistem berkisar antara 11- 12.89 persen. Salah satu faktor yang mempengaruhi nilai error ini adalah jumlah data yang digunakan dalam menyusun persamaan regresi. Semakin banyak jumlah data yang digunakan maka nilai koefisien regresi akan semakin akurat. Seperti yang dapat dilihat pada Tabel III selisih error dalam kisaran 0.29 sampai 0.35 sehingga akurasi pada estimasi koefisien regresi menjadi sangat penting.



Gambar. 10. Hasil Pembacaan Pressure Gauge

TABLE III
PERHITUNGAN *ERROR* PADA SISTEM

Tampilan SCADA		Nilai tekanan Pressure gauge (bar)	% error	
Sensor kapasitansi (bar)	Sensor Ektensimetrik (bar)		Sensor kapasitansi	Sensor ekstensimetrik
3.13	3.15	2.8	11.79	12.50
2.7	2.7	2.4	12.50	12.50
2.54	2.53	2.25	12.89	12.44

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengujian sistem dan alat dapat disimpulkan bahwa sistem akuisisi data sudah berjalan sesuai dengan fungsinya dan dapat menampilkan data sensor ke SCADA. Piranti lunak OPC dapat digunakan untuk perantara pengiriman data antara PLC dengan SCADA. Kekurangan dari sistem ini adalah nilai *error* yang masih di atas 10%. Hal ini dapat diatasi dengan menambah jumlah data yang digunakan untuk menyusun persamaan regresi yang lebih akurat.

REFERENSI

- [1] M. S. Gozali, A. G. Darmoyono, H. Wijanarko, A. D. Futra, K. Kamarudin, and C. A. B. L. Tobing, "Akuisisi Data Pressure Transmitter melalui CX Supervisor pada STEM Pressure Measurement and Control Plant," *Journal of Applied Electrical Engineering*, vol. 7, no. 1, pp. 31–36, Jun. 2023, doi: 10.30871/JAEE.V7I1.5397.
- [2] Yusman, Z. Zambis, and A. Finawan, "Implementation of Vijeo Citect in SCADA-Based Industrial Plant Level and Pressure Control," *Proceeding of International Conference on Multidisciplinary Research*, vol. 6, no. 1, pp. 35–42, Jan. 2024, doi: 10.32672/PICMR.V6I1.750.
- [3] H. A. A. Al-Asadi and A. A. J. Chlaihawi, "Remotely controlled water channel system for laboratory education utilizing internet of things and SCADA technologies," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 31, no. 3, pp. 1266–1273, Sep. 2023, doi: 10.11591/IJEECS.V31. I3.PP1266-1273.
- [4] S. U. Uddin, M. J. A. Baig, and M. T. Iqbal, "Design and Implementation of an Open-Source SCADA System for a Community Solar-Powered Reverse Osmosis System," *Sensors* 2022, Vol. 22, Page 9631, vol. 22, no. 24, p. 9631, Dec. 2022, doi: 10.3390/S22249631.
- [5] D. A. Morales-Ortega, V. H. Cambrón-Sandoval, I. Ruiz-González, H. Luna-Soria, J. A. Hernández-Guerrero, and G. García-Guzmán, "Design of a Tension Infiltrometer with Automated Data Collection Using a Supervisory Control and Data Acquisition System," *Sensors (Basel)*, vol. 23, no. 23, Dec. 2023, doi: 10.3390/S23239489.
- [6] M. Khusniyah, E. Sulistio Budi, and H. K. Safitri, "Sistem Kendali PID Menggunakan PLC CPH dan HMI pada Aplikasi Miniplant Tekanan Udara," *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, vol. 8, no. 3, 2021, doi: 10.33795/elkolind. v8i3/266.
- [7] I. N. Agiska, E. Sulistio Budi, and H. K. Safitri, "Sistem Kendali PI Menggunakan PLC CPH dan HMI pada Aplikasi Miniplant Pemanas Air," *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, vol. 8, no. 3, 2021, doi: 10.33795/elkolind. v8i1.
- [8] H. Mahakim, M. Rifa'i, and D. Dewatama, "Perancangan Sistem SCADA Pada Kontrol Flow dan Pressure Dengan Metode PID," *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, vol. 8, no. 2, 2021, doi: 10.33795/elkolind. v8i2.281.
- [9] R. Listiana and A. Febrianto, "Analisis Akuisisi Data pada Sistem SCADA Pengaturan Tekanan Udara," *Journal of Informatics and Electronics Engineering*, vol. 2, no. 1, pp. 1–5, Jun. 2022, Accessed: Jun. 11, 2024. [Online]. Available: <https://ejournal.poltektec.ac.id/index.php/jiee/article/view/602>
- [10] F. Akmal, Afianiq R.A., Dhia S.M., A. Anicetus Damar, W. Danang, "Perancangan Dan Realisasi Pengendalian Kecepatan Motor Booster Pump Menggunakan Vsd Berbasis Plc-Hmi Terintegrasi Scada, Prosiding Senantias: Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat." Accessed: Jun. 11, 2024. [Online]. Available: <https://openjournal.unpam.ac.id/index.php/Senan/article/view/32091>