

Implementasi Sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* untuk Proses Koagulasi pada Instalasi Pengolahan Air Berbasis *Programmable Logic Controller* dan *Human Machine Interface*

Supervisory Control and Data Acquisition System Implementation for The Coagulation Process in Water Treatment Installations Based on Programmable Logic Controller and Human Machine Interface

Ruwanto, Dadan Ridwan*, Ari Ajibekti Masriwilaga, Huban Kabir, Deden Komaludin

Universitas Subang / Teknik Elektro, Jl. Arief Rahman Hakim No.8, Cigadung, Subang

Email* : ru_wanto@yahoo.co.id

Abstrak - Air bersih, sebagai pendukung utama untuk kelangsungan hidup manusia, banyak ditemukan dari berbagai sumber, namun sedikit air bersih yang memenuhi kriteria standar kualitas yang layak untuk dikonsumsi oleh manusia setiap hari. Instalasi pengolahan air adalah salah satu metode untuk menghasilkan air bersih dengan kualitas sesuai standar. Instalasi pengolahan air secara manual atau konvensional masih banyak membutuhkan upaya dari operator. Pencapaian target kualitas air sesuai standar masih besar kemungkinan mengalami kesalahan. Inovasi instalasi pengolahan air untuk lebih menjamin mendapatkan hasil dengan kualitas sesuai standar, digunakan sistem kontrol otomatis "*Supervisory Control and Data Acquisition*" (SCADA). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan percobaan sistem SCADA berbasis "*Programmable Logic Controller*" (PLC) dan "*Human Machine Interface*" (HMI), sebagai kontrol untuk salah satu proses pada instalasi pengolahan air, yaitu proses koagulasi. Metode yang digunakan adalah pembuatan prototipe sistem SCADA menggunakan PLC dan HMI. Dari hasil percobaan, sistem SCADA ini dapat mensimulasikan kontrol pompa umpan, kontrol pompa dosis, dan pemantauan nilai pH yang dibaca oleh sensor, secara waktu sebenarnya (*real time*). Percobaan lain yang dilakukan adalah memunculkan informasi secara dini (*alarm*), dimana jika aktual nilai pH kurang dari atau lebih dari batas pengaturannya, maka muncul pesan informasi pada layar HMI yang disertai berbunyinya bel (*buzzer*) pada control, sehingga masalah pH kurang dan atau pH lebih, dapat segera diselesaikan.

Kata kunci: SCADA, PLC, HMI, Koagulasi

Abstract - Clean water, as the main support for human survival, can be found from various sources, but little clean water meets the quality standard criteria suitable for human consumption every day. Water treatment installations are one method of producing clean water with quality that meets standards. Manual or conventional water treatment installations still require a lot of operator effort. Achieving water quality targets according to standards is still very likely to experience errors. Water treatment plants innovation to better guarantee results with quality standards, the "*Supervisory Control and Data Acquisition*" (SCADA) automation control system is used. The aim of this research is to experiment with a SCADA system based on "*Programmable Logic Controller*" (PLC) and "*Human Machine Interface*" (HMI), as a control for one of the processes in a water treatment plant, namely the coagulation process. The method used is making a SCADA system prototype using a PLC and HMI. From the experimental results, this SCADA system can simulate feed pump control, dosing pump control, and monitor pH values read by sensors, in real time. Another experiment carried out was to generate early information (*alarm*), where if the actual pH value is less than or more than the setting limit, an information message appears on the HMI screen accompanied by the sound of a buzzer on the control, so that the problem of pH is less and/or pH is more, can be resolved immediately.

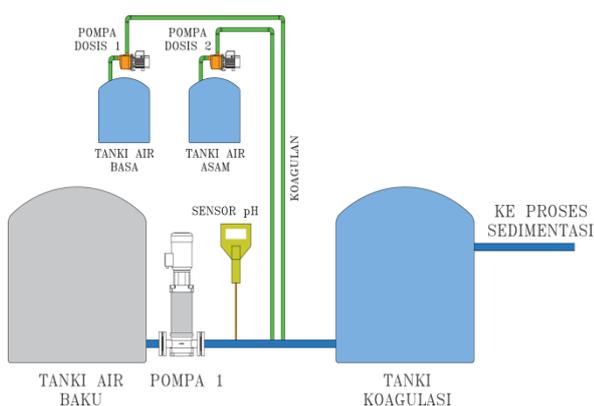
Keywords: SCADA, PLC, HMI, Coagulation

I. PENDAHULUAN

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan terpenting bagi kelangsungan hidup setiap makhluk hidup terutama manusia untuk kegiatan setiap hari. Untuk meningkatkan kualitas air bersih dan menjaga kesehatan konsumen yang berkelanjutan diperlukan sebuah manajemen pengelolaan yang terdistribusi kekonsumen dan adanya fasilitas sistem pengolahan air bersih yang berguna mencegah potensi terkontaminasinya air bersih oleh zat berbahaya. Faktor rendahnya kualitas air bersih yang dihasilkan salah satunya diakibatkan oleh sistem pengelolaan air, apalagi untuk kebutuhan harian disekitar pabrik, sehingga diperlukan proses pengolahan, penyimpanan dan sistem distribusi yang baik[1].

Pada metode pengolahan air secara konvensional, hasil kualitas air didapatkan dari laboratorium pengujian setelah mengirimkan sampel air. Ini berarti membutuhkan waktu yang lebih lama dari pengambilan sampel sampai mendapatkan hasil. Sistem SCADA dibantu dengan sensor sebagai pendeteksinya, dapat menghasilkan data yang akurat dan lebih cepat dibandingkan dengan metode konvensional[1]. Konsep *smart water management* adalah salah satu proses pemantauan kualitas air menggunakan sistem SCADA dalam proses instalasi pengolahan air bersih. Pemantauan ini dapat dilakukan setiap detik.[1]

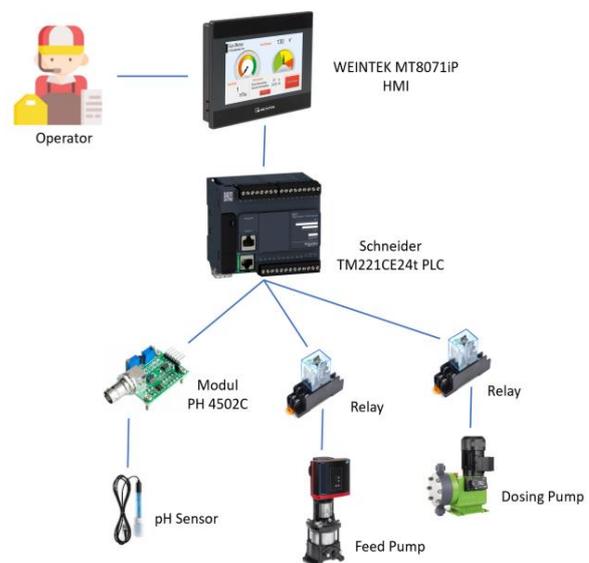
Tahap proses instalasi pengolahan air secara umum adalah Koagulasi, Flokulasi, Sedimentasi, dan Desinfektan[2]. Proses koagulasi pada instalasi pengolahan air ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 2 Proses koagulasi pada instalasi pengolahan air[2]

Pengolahan air bertujuan untuk menghilangkan zat-zat biologis, kimia, atau fisik, yang berpotensi membahayakan untuk dikonsumsi oleh manusia dan rumah tangga. Pengolahan ini diharapkan akan menghasilkan kualitas air yang aman, enak, jernih, tidak berwarna, dan tidak berbau. Salah satu proses

pada sistem instalasi pengolahan air adalah proses koagulasi. Koagulasi padatan adalah teknik yang secara efektif menghilangkan padatan halus. Ini telah banyak berkembang dan masih merupakan metode pemurnian air yang paling tak terelakkan[2]. Sehingga sangat diperlukan untuk membangun instalasi pengolahan air secara otomatis sesuai standar, sebelum didistribusikan ke konsumen. Sebagian besar sistem SCADA digunakan dalam aplikasi industri untuk mengontrol dan memantau sistem proses [3]. **Gambar 2** menunjukkan arsitektur sistem SCADA yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 3 Arsitektur sistem SCADA secara umum[3]

Operator bertanggung jawab untuk memantau sistem, menangani alarm, dan menerapkan kontrol yang diperlukan untuk pengoperasian, sedangkan HMI digunakan untuk berinteraksi antara operator dan sistem SCADA [4-7]. Komunikasi antara PLC dan HMI menggunakan protokol komunikasi *Ethernet*. *EtherNet/IP* adalah implementasi *Common Industrial Protocol (CIP)* yang menjadi dasarnya standar *Ethernet*. *EtherNet/IP* adalah protokol lapisan tautan data dimana pesan CIP dikemas dalam bingkai *Ethernet*. Alamat *Media Access Control (MAC)* digunakan untuk alamat perangkat. Ini tentang sikap *Transmission Control Protocol (TCP)* untuk kontrol aliran, fragmentasi rakitan, pengenalan pesan, dan *User Datagram Protocol (UDP)* untuk transmisi pesan berisi informasi kontrol waktu-kritis [8].

Pengontrol logika yang dapat diprogram / PLC adalah pusat dari keseluruhan proses. Masukkan data atau sinyal dari perangkat input seperti sensor dimasukkan ke dalam PLC. Data dari input sensor

diproses, operasi logis dilakukan berdasarkan input yang diterima, dan sebuah respon yang diinginkan diberikan pada output yang terhubung ke perangkat pada terminal keluaran [9].

Pada September 2020, Gilang Wibisono telah melakukan pembuatan HMI Trainer Kit sistem otomasi kontrol dan monitor pada *automatic water treatment systems* berbasis PLC Omron CP1E-NA20DRA dan HMI Weintek MT8071iP [10]. Namun sistem otomasi pengolahan air yang dibahas adalah sistem otomasi secara umum, belum dibahas secara detail setiap tahap proses pengolahan airnya.

Pada penelitian ini bertujuan melakukan eksperimen sistem otomasi atau sistem SCADA untuk kontrol otomasi salah satu tahap proses pada instalasi pengolahan air, yaitu kontrol proses koagulasi. Alat utama yang digunakan pada penelitian ini yaitu PLC Schneider M221 sebagai pusat kontrol kendali dan HMI Weintek MT8071iP untuk menampilkan semua kondisi proses, memberikan perintah masukan pada proses, dan menampilkan pesan informasi pada saat terjadi ketidaksesuaian proses [11]. Alat lain yang digunakan sebagai pendukung untuk mendeteksi nilai keasaman dalam air adalah sensor pH 4502C.

II. METODOLOGI

Metode pada penelitian ini adalah pembuatan prototipe sistem SCADA dan melakukan eksperimen dengan melibatkan beberapa perangkat keras dan perangkat lunak. Eksperimen ini juga sekaligus untuk membuktikan bahwa antar perangkat dapat berkomunikasi dengan baik.

A. Alat dan Bahan

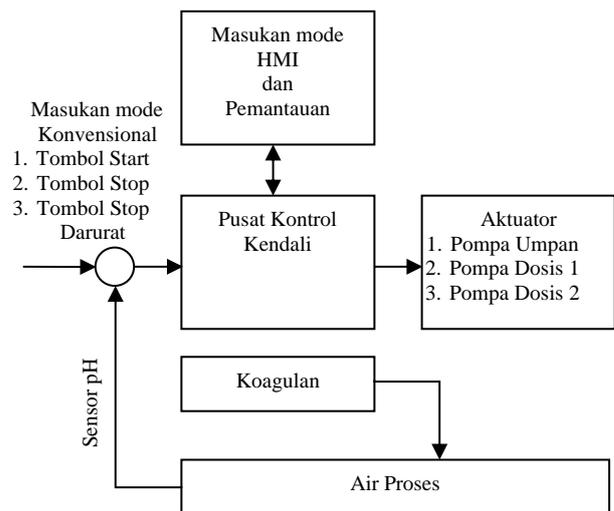
Pada penelitian ini digunakan beberapa alat sebagai berikut :

1. Satu unit PLC Schneider Electric dengan tipe TM221CE24T
2. Satu unit HMI Weintek dengan tipe MT8071iP
3. Sensor dan Modul pH 4502C
4. Power Supply 24 Volt dc
5. Penurun tegangan dc 24 Volt ke 5 Volt
6. Satu unit Laptop
7. Kabel komunikasi Ethernet

B. Blok Diagram

Gambar 7 menunjukkan blok diagram sistem SCADA koagulasi. Pada bagian Masukan ada tombol untuk *Start* dan *Stop*, *Selector Switch*, serta Tombol *Emergency*. Selain beberapa komponen tersebut, ada juga sensor dan modul pH 4502C sebagai pendeteksi kandungan nilai keasaman pada

air. Pada bagian kontrol ada PLC Schneider M221 sebagai pusat kontrol kendali. Sedangkan pada bagian Aktuator ada Pompa umpan sebagai pendorong untuk mengalirkan air, Pompa Dosis 1 sebagai pengumpan cairan basa dan Pompa Dosis 2 sebagai pengumpan cairan asam. Pada Pemantauan ada HMI Weintek MT8071iP, sebagai penerima perintah kontrol awal dari operator pada mode HMI dan pemantauan semua kondisi proses instalasi.



Gambar 4 Perancangan blok diagram sistem SCADA

C. Pemrograman PLC

Pemrograman PLC menggunakan *Software SoMachine Basic* [12]. **Tabel I** menunjukkan konsep pengaturan nilai pH pada pemrograman PLC untuk memunculkan pesan informasi ketidaksesuaian pada HMI [13]. Saat nilai pH dibawah atau sama dengan 3, maka pesan informasi bahwa Nilai pH terlalu rendah akan muncul pada layar proses koagulasi. Dan saat nilai pH diatas atau sama dengan 12, pesan informasi bahwa Nilai pH terlalu tinggi juga akan muncul pada layar sisi bawah proses koagulasi.

Tabel I. Konsep pengaturan nilai pH

No	Nilai pH	Pesan Informasi
1	≤ 3	Nilai pH terlalu rendah
2	≥ 12	Nilai pH terlalu tinggi

D. Pemrograman HMI

Pembuatan program HMI menggunakan *Software EasyBuilder Pro*. Pemilihan tipe HMI dan tipe PLC harus sesuai dengan tipe yang akan digunakan. Perencanaan indikator simbol pompa umpan dan simbol pipa air untuk tampilan pada HMI ditunjukkan pada **Tabel II**.

Tabel II. Perancangan indikator pompa umpan dan pipa air

Simbol	Fungsi	Keterangan
 Pompa 1	Pompa umpan	Pompa dalam kondisi Bersiap
 Pompa 1	Pompa umpan	Pompa dalam kondisi beroperasi
	Pipa Air	Pipa dengan kondisi air tidak mengalir
	Pipa Air	Pipa dengan kondisi air mengalir

Pada kondisi Bersiap atau kondisi tidak beroperasi, simbol pompa umpan berwarna merah. Sedang pada kondisi beroperasi, warna simbol pompa umpan berubah menjadi hijau. Begitu juga simbol pipa air, pada saat air didalam pipa dalam kondisi diam atau tidak mengalir, simbol pipa air berwarna putih dan pada saat air didalam pipa dalam kondisi mengalir maka simbol pipa berubah menjadi warna abu-abu. Perencanaan beberapa menu tampilan layar pada HMI ditunjukkan pada Tabel III.

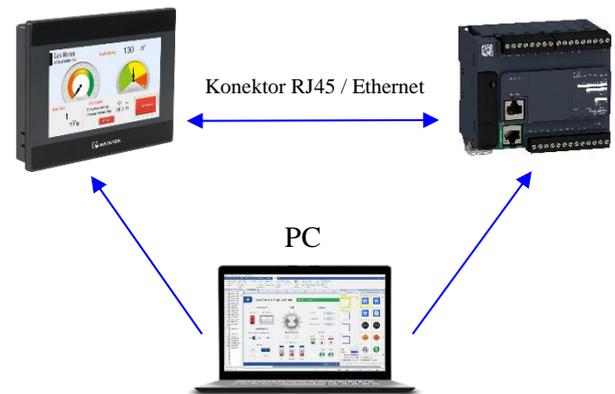
Tabel III. Rencana tampilan layar pada HMI

No	Judul Layar	Keterangan
1	Layar Mulai	Menampilkan nama proyek instalasi
2	Layar Proteksi	Sebagai syarat untuk dapat masuk ke layer utama
3	Layar Utama	Menampilkan beberapa menu layar
4	Layar Koagulasi	Menampilkan sistem proses koagulasi
5	Layar Alarm	Menampilkan Riwayat terjadinya ketidaksesuaian
6	Layar Data Sampel	Menampilkan data sampel nilai pH dan tegangan
7	Layar Grafik	Menampilkan grafik nilai pH dan tegangan

E. Sistem Integrasi

Gambar 10 menunjukkan sistem komunikasi terintegrasi antara Personal Computer (PC) dengan PLC, PC dengan HMI, dan HMI dengan PLC. Sistem komunikasi terintegrasi

menggunakan kabel dengan protokol komunikasi Ethernet, merujuk pada petunjuk dari EBPro PLC Connection Guide. Pengaturan alamat IP (Internet Protocol) untuk PC, PLC dan HMI ditunjukkan pada Tabel 6. Download program Ladder diagram dari PC ke PLC menggunakan software So Machine Basic, sedangkan download program desain HMI dari PC ke HMI menggunakan software EBPro



Gambar 5 Sistem komunikasi dan integrasi [14,15]

Tabel 1 Daftar pengaturan alamat Internet Protocol

No	Perangkat	Alamat IP
1	PC	192.168.100.10
2	PLC	192.168.100.15
3	HMI	192.168.100.13

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa prototipe sistem SCADA untuk proses koagulasi pada instalasi pengolahan air dapat bekerja normal sesuai dengan konsep perancangan. Terbukti pada saat simulasi online untuk kontrol Pompa 1, pada kondisi Bersiap, warna symbol pompa berwarna merah, dan saat tombol “START” pada HMI disentuh, sinyal masukan ini dapat terkirim ke memori program PLC yang selanjutnya program PLC merespon masukan tersebut dan memberikan sinyal umpan balik kepada program HMI. Program HMI pun merespon sinyal keluaran tersebut dengan tanda berubahnya warna simbol Pompa 1 dari warna merah menjadi warna hijau. Hal ini juga membuktikan bahwa ada kesesuaian penelitian dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Gilang dkk, dengan judul, “Kontrol dan Monitor Sistem Otomasi Automatic Water Treatment System Berbasis PLC Menggunakan HMI Weintek MT8071iP”[5].

Gambar 11 menunjukkan desain tampilan layar mulai yang menampilkan nama proyek

instalasi dan gambar logo. Layar ini akan selalu muncul pertama kali disaat tegangan suplai untuk HMI dimatikan kemudian dinyalakan kembali.



Gambar 6 Tampilan layar mulai

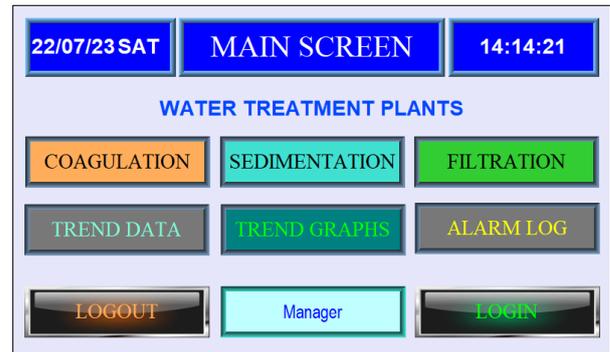


Gambar 7 Tampilan layar Proteksi

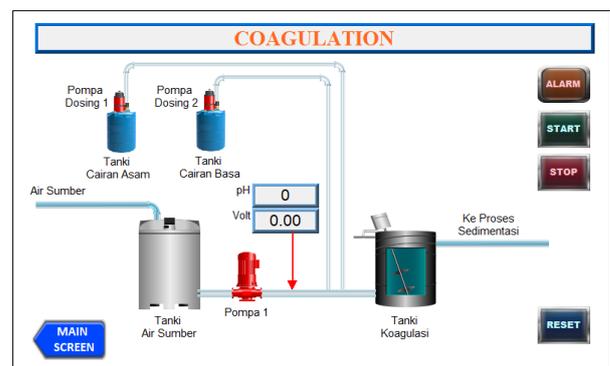
Untuk dapat masuk pada menu layar koagulasi, seorang pengguna akan diarahkan ke menu layar utama terlebih dahulu. Dan untuk dapat masuk ke menu layar utama, seorang pengguna harus memasukkan *User Name* dan *Password* pada menu layar proteksi. Tampilan menu layar proteksi dapat dilihat pada **Gambar 12**. Masukan *User Name* dan *Password* harus sesuai dengan program yang telah dibuat. Daftar *User Name* dan *Password* pengguna disebutkan pada **Tabel IV**. Tanda *check list* pada **Tabel IV** adalah tanda dimana menu layar pemantauan dapat diakses oleh pengguna. Sebagai contoh pengguna *supervisor* dapat mengakses menu *Coagulation*, *Sedimentation*, *Filtration*, dan *Trend Data*. Namun pengguna *Operator* hanya dapat mengakses menu *Coagulation*.

Tampilan menu layar utama ditunjukkan pada **Gambar 13** dan dapat dilihat beberapa menu

pemantauan dan status nama pengguna yang sedang mengakses kontrol.



Gambar 8 Tampilan layar utama



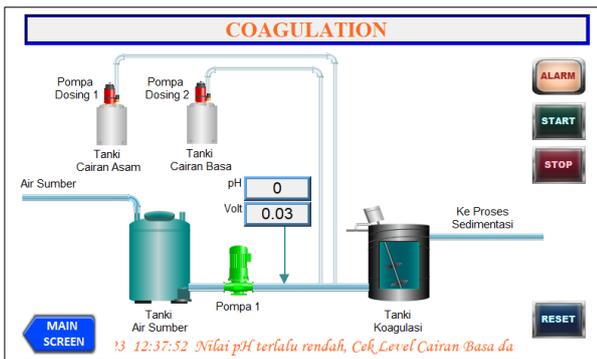
Gambar 9 Tampilan layar proses koagulasi pada kondisi Bersiap

Gambar 14 menunjukkan tampilan layar proses koagulasi. Pada layar ini dapat dilihat status simbol Pompa 1 dan simbol pipa air, dimana sistem proses dalam kondisi Bersiap. Selain itu ada tampilan angka yang menunjukkan angka nilai pH dan tegangan yang didapat dari sensor pH.

Pada saat tombol **START** pada layar HMI disentuh, sinyal ini terkirim ke memori PLC, yang selanjutnya direspon sesuai program sehingga memori output PLC berubah kondisinya dari OFF menjadi ON. Memori output ini akan mengirimkan sinyalnya kepada program HMI, sehingga simbol Pompa 1 pada layar HMI juga berubah warna dari merah menjadi hijau, hal ini sekaligus menandakan bahwa Pompa 1 dalam kondisi beroperasi.

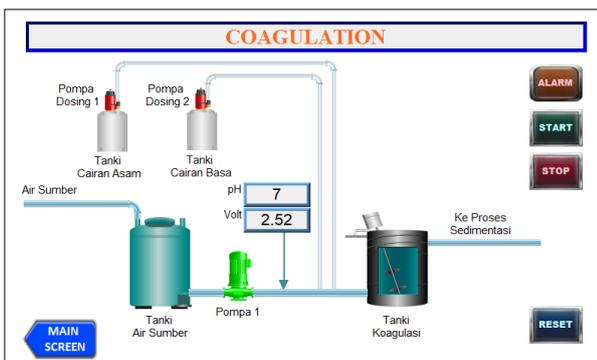
Tabel IV. Daftar kode untuk akses pengguna

No	User Name	Password	Access					
			Coagulation	Sedimentation	Filtration	Trend Data	Trend Graphs	Alarm Log
1	Operator	123	√	—	—	—	—	—
2	Staff	4321	√	√	√	—	—	—
3	Supervisor	54321	√	√	√	√	—	—
4	Manager	98765	√	√	√	√	√	√



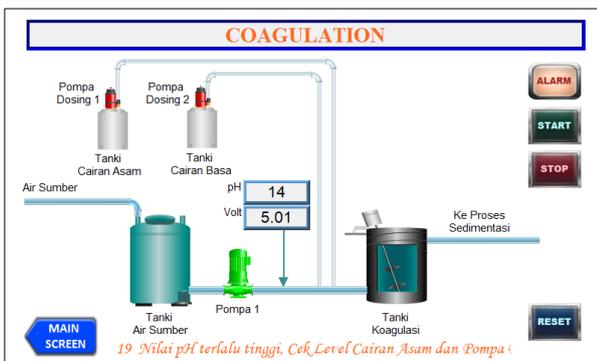
Gambar 10 Tampilan layar proses koagulasi pada kondisi beroperasi dan munculnya pesan alarm pH rendah

Gambar 15 menunjukkan sistem proses koagulasi dalam kondisi adanya ketidaksesuaian nilai pH, yaitu pH terlalu rendah. Dapat dilihat lampu indicator “ALARM” menyala dan muncul pesan informasi bahwa nilai pH terlalu rendah. Hal ini terjadi karena pembacaan nilai pH sama dengan 0 atau dibawah pengaturan.



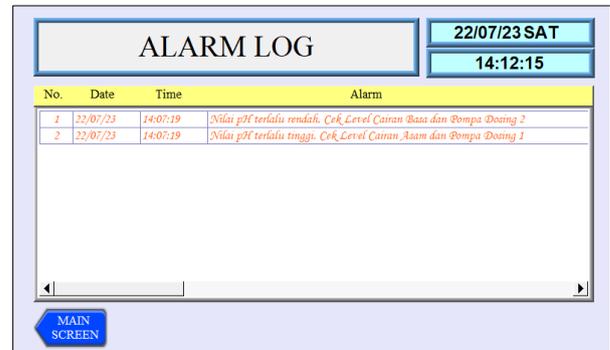
Gambar 11 Tampilan layar proses koagulasi pada kondisi normal operasi

Gambar 16 menunjukkan tampilan layar kontrol proses koagulasi pada kondisi normal operasi, dapat dilihat pada layar bahwa simbol untuk Pompa 1 berwarna hijau dan simbol pipa berwarna abu-abu tanpa munculnya indikator alarm. Dapat dilihat juga pembacaan nilai pH adalah 7.



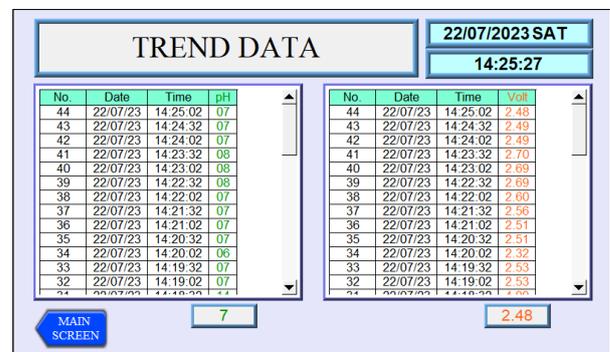
Gambar 12 Tampilan layar proses koagulasi pada kondisi beroperasi dan munculnya pesan alarm pH tinggi

Gambar 17 menunjukkan sistem proses koagulasi dalam kondisi adanya ketidaksesuaian nilai pH, yaitu pH terlalu tinggi. Dapat dilihat lampu indikator “ALARM” menyala dan muncul pesan informasi bahwa nilai pH terlalu tinggi. Hal ini terjadi karena pembacaan nilai pH sama dengan 14 atau diatas pengaturan.



Gambar 13 Tampilan layar Alarm log

Setiap terjadi ketidaksesuaian proses, maka akan muncul pesan informasi sesuai kondisi aktual saat proses dan program yang telah dibuat. Pada layar Alarm log, Gambar 18, semua kejadian peristiwa ketidaksesuaian tersimpan, sehingga operator dapat mengambil data ini kapanpun untuk bahan Analisa penyebab terjadinya ketidaksesuaian.



Gambar 14 Tampilan layar data log untuk nilai pH dan tegangan

Gambar 19 menunjukkan data pembacaan nilai pH dan tegangan yang dibaca oleh sensor. Data ini diambil dan muncul pada layar sesuai pengaturan waktu yaitu setiap 30 detik.

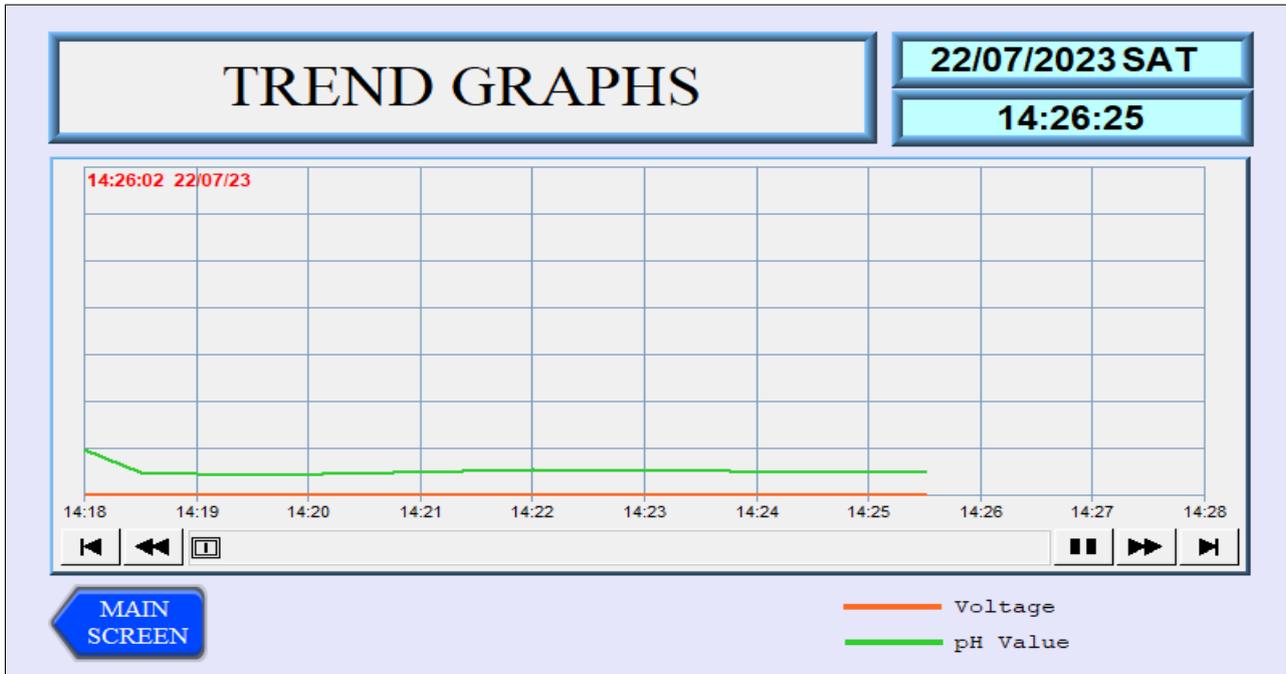
Gambar 20 menunjukkan grafik antara nilai pH dan tegangan berbanding dengan waktu. Data grafik ini diambil dari data nilai pH dan tegangan yang dimunculkan pada Gambar 19.

Pada saat tombol START pada layar HMI disentuh, memori PLC M501 dan output PLC Q0.0 berubah kondisi dari OFF menjadi ON. Begitu juga simbol Pompa 1 pada layar HMI berubah warna dari warna merah menjadi warna hijau, hal ini menandakan bahwa Pompa 1 dalam kondisi

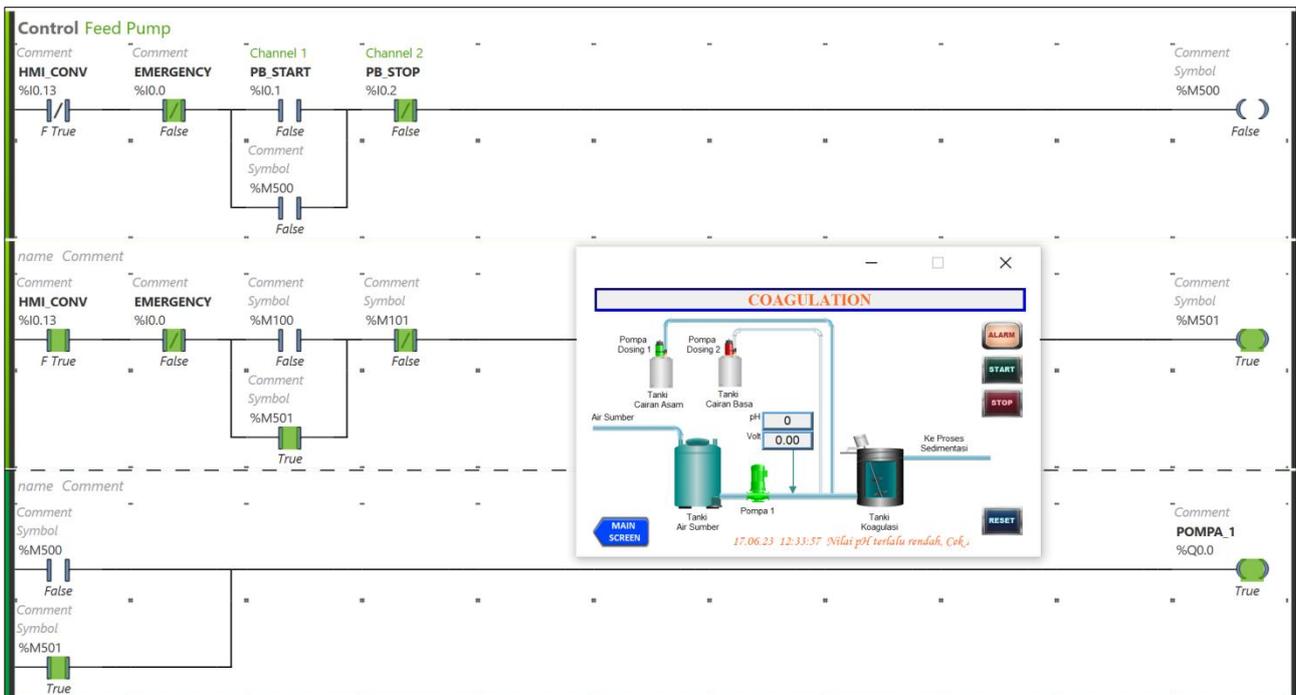
beroperasi. Simulasi control untuk Pompa umpan / Pompa 1 ditunjukkan pada **Gambar 21**.

Gambar 22 menunjukkan simulasi pembacaan nilai pH. Dapat dilihat pada gambar, tampilan nilai pH pada layar HMI, sama dengan pembacaan nilai pH pada memori program PLC MW10, yaitu angka nol.

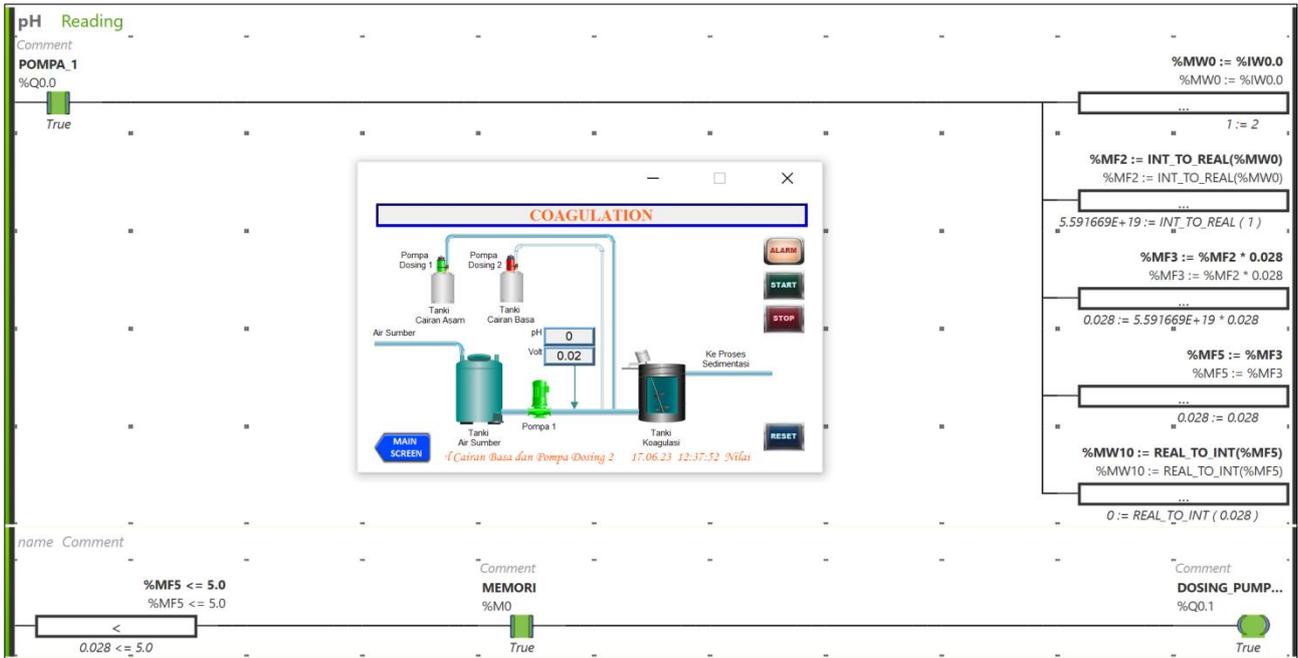
Gambar 23 menunjukkan simulasi pesan informasi ketidaksesuaian / alarm. Dapat dilihat pada gambar, memori program PLC M11 dalam kondisi ON dan munculnya pesan informasi pada sisi bawah layar HMI, bahwa nilai pH terlalu rendah. Hal ini dikarenakan pembacaan nilai pH sama dengan nol atau dibawah nilai pengaturan minimal. Dapat dilihat juga lampu indikator ALARM pada layar HMI dalam kondisi menyala.



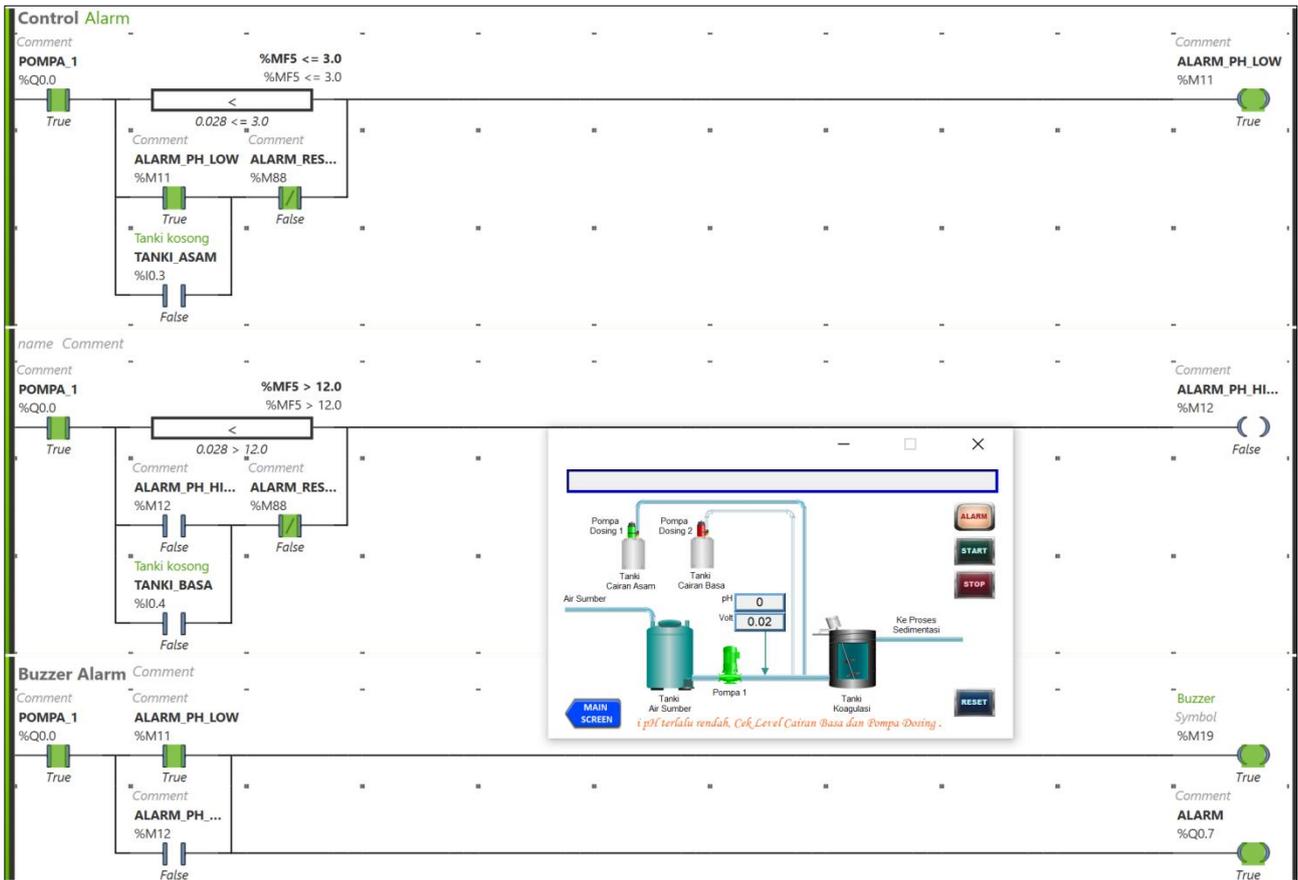
Gambar 15 Tampilan layar grafik nilai pH dan tegangan



Gambar 16 Simulasi Online Software EBPro dengan PLC untuk kontrol Pompa 1 pada mode HMI.



Gambar 17 Simulasi Online Software EBPro dengan PLC untuk pembacaan nilai pH



Gambar 18 Simulasi Online Software EBPro dengan PLC untuk kontrol pesan Alarm

Bukti lain adalah adanya kesamaan pembacaan nilai pH antara program PLC dan program HMI yang ditunjukkan pada **Gambar 22**. Pada saat pembacaan nilai pH oleh memori PLC sama dengan nol, dimana alamat memorinya adalah MW10, dapat dilihat pada tampilan layar HMI juga menunjukkan nilai yang sama yaitu angka nol. Ini sekaligus membuktikan bahwa program *scaling* pada PLC dapat berfungsi sesuai dengan konsep perencanaan.

Selanjutnya adalah munculnya pesan informasi ketidaksesuaian pada sisi bawah layar HMI, pada saat pembacaan nilai pH dibawah pengaturan, yang disertai dengan menyalanya lampu indikator ALARM pada layar HMI. **Gambar 24** adalah prototipe pembuatan sistem SCADA untuk proses koagulasi pada instalasi pengolahan air. Selain komponen utama, dapat dilihat ada beberapa komponen lain sebagai pendukung diantaranya adalah Power Supply 24V dc, Penurun tegangan dc 24V menjadi 5V, dan Relay 24V dc.



Gambar 19 Prototipe SCADA Koagulasi

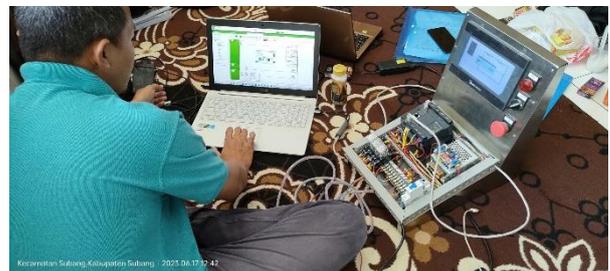


Gambar 20 Simulasi pembacaan nilai pH oleh sensor dan di tampilkan di layar HMI

Gambar 25, 26, dan 27, adalah dokumentasi pada saat melakukan pengujian dan simulasi prototipe SCADA untuk proses koagulasi pada instalasi pengolahan air.



Gambar 21 Simulasi pembacaan nilai pH oleh sensor dan di tampilkan di layar HMI



Gambar 22 Simulasi OnLine program PLC dengan program HMI

IV. KESIMPULAN

Sistem SCADA berbasis PLC Schneider M221 dan HMI Weintek MT8071iP dapat di implementasikan untuk kontrol proses koagulasi pada instalasi pengolahan air. Operasi kontrol dan pemantauan dapat dilakukan melalui HMI. Sebagai contoh dapat dilihat pada simulasi kontrol Pompa 1, dimana simbol Pompa 1 berwarna merah pada kondisi Bersiap. Setelah tombol "START" pada HMI disentuh, simbol Pompa 1 berubah warna menjadi hijau. Ini membuktikan

bahwa antara HMI dan PLC dapat berkomunikasi dengan baik sesuai program yang dibuat.

Sebelum mulai pembuatan desain tampilan layar untuk HMI menggunakan *software EBPro*, pastikan konfigurasi pemilihan merek, tipe dan jenis komunikasi dengan perangkat PLC, telah sesuai dengan yang akan digunakan. Begitu juga saat akan mulai membuat program ladder diagram PLC menggunakan *software SoMachine Basic*, pemilihan tipe PLC juga harus sesuai dengan yang akan digunakan.

Sebelum melakukan transfer program, baik dari PC ke HMI maupun dari PC ke PLC, pengaturan alamat IP pada masing-masing perangkat harus dipastikan telah sesuai. Termasuk jenis komunikasi antar perangkat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pradeep Kumar R, Dr.K.Yogeswari, "Smart Water Management Using SCADA at Water Treatment Plant", *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET)*, 2020, e-ISSN: 2319-8753, p-ISSN: 2320-6710, www.ijirset.com.
- [2] Djamel Ghernaout, "Water Treatment Coagulation: Dares and Trends", *Open Access Library Journal*, 2020, Volume 7, e6636, ISSN Online: 2333-9721, ISSN Print: 2333-9705, DOI: [10.4236/oalib.1106636](https://doi.org/10.4236/oalib.1106636).
- [3] Dimitrios Pliatsios, Panagiotis Sarigiannidis, Tomas Lagkas, and Antonios G. Sarigiannidis, "A Survey on SCADA Systems: Secure Protocols, Incidents, Threats and Tactics", *Journal IEEE Communications Surveys & Tutorials*, Vol. 22, No. 3, 2020, DOI: [10.1109/COMST.2020.2987688](https://doi.org/10.1109/COMST.2020.2987688)
- [4] Nadia A.W. kbean, Sattar B. Sadkhan, "A Survey on Key management for SCADA", *6th international engineering conference "Sustainable Technology and Development"*, (IEC-2020), Erbil, Iraq, 978-1-7281-5910-2/20, 2020, IEEE, DOI: [10.1109/IEC49899.2020.9122853](https://doi.org/10.1109/IEC49899.2020.9122853).
- [5] A. Barkalov et al., "Programmable Logic Controllers", *Foundations of Embedded Systems*, Springer Nature Switzerland AG, 2019, Studies in Systems, Decision and Control 195, doi.org/10.1007/978-3-030-11961-4_6
- [6] Payam Mahmoudi-Nasr, "Toward Modeling Alarm Handling in SCADA System: A Colored Petri Nets Approach", *University of Mazandaran*, Babolsar 47416-13534, and also with Tarbiat Modares University CERT (APA), Iran, 2018, IEEE, DOI: [10.1109/TPWRS.2019.2916025](https://doi.org/10.1109/TPWRS.2019.2916025)
- [7] Basant Tomar, Narendra Kumar, "PLC and SCADA based Industrial Automated System", 2020, *IEEE International Conference for Innovation in Technology (INOCON)*, Bengaluru, India, Nov 6-8, 2020, DOI: [10.1109/INOCON50539.2020.9298190](https://doi.org/10.1109/INOCON50539.2020.9298190).
- [8] Geeta Yadav, Kolin Paul, "Architecture and security of SCADA systems: A review", *International Journal of Critical Infrastructure Protection* 34, 100433, April 2021, doi.org/10.1016/j.ijcip.2021.100433.
- [9] Mr. Lavanuru Ashok, Prof. B. Rama Murthy, "Liquid Level Monitoring and Flow Based Liquid Distribution System using PLC and SCADA", *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, ISSN: 2278-0181, Vol. 8 Issue 12, December 2019, <http://www.ijert.org>
- [10] Gilang Wibisono, Kaleb Priyanto, Haikal, Rahmat, "Kontrol dan Monitor Sistem Otomasi Automatic Water Treatment System Berbasis PLC Menggunakan HMI Weintek MT8071iP", *Jurnal Teknika*, Volume 6 Nomor 4, September 2020, <https://jurnal.sttw.ac.id/index.php/jte>.
- [11] Bayu Fandidarma, Ina Sunaryantiningsih, Abdi Pratama, "Pengatur Suhu Ruangan Tertutup menggunakan PLC Schneider TWIDO COMPACT berbasis SCADA WONDERWARE INTOUCH", *Jurnal ELECTRA : Electrical Engineering Articles*, Vol.2, No.2, Maret 2022, hlm. 01~11 ISSN: 2747-0539 (Online) / 2745-598X (Print).
- [12] Ibnu Hajar, Dhami Johar Damiri, Meyharth Torsna Bangkit Sitorus, "Penggunaan PLC dan HMI dalam Simulasi Kendali Ketinggian Air", *Prosiding Seminar Nasional Energi, Kelistrikan, Teknik dan Informatika*, Volume 3 Tahun 2022.
- [13] Nurul Hidayat, Chairul Amri, Ofi Sofia Marwah, Via Fauziah, Dian Figana, "Pemantauan Prototipe Pemilah Susu Kotak Kemasan Berdasarkan Barcode Dengan Human Machine Interface (HMI)", *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, Volume 4 Tahun 2019.
- [14] Mhetraskar S. S., Swapnil A. Namekar, Dr. Rajesh M Holmukhe, Santos M. Tamke, "Industrial Automation Using PLC, HMI and Its Protocols Based On Real Time Data For Analysis", *International Journal of Advance Research in Engineering and Technology (IJARET)*, Volume 11, Issue 10, Oktober 2020, hlm. 1353-1363, Article ID: IJARET_11_10_129, DOI: [10.34218/IJARET.11.10.2020.129](https://doi.org/10.34218/IJARET.11.10.2020.129)
- [15] Ayesha Faryal, Farhana Umer, Muhammad Amjad, Zeeshan Rashid, Aoun Muhammad, "Modelling and Simulation of SCADA and PLC System for Power System Protection Laboratory", *Electrical, Control and Communication Engineering*, ISSN 2255-9159 (online), ISSN 2255-9140 (print) 2021, vol.17, no. 1, hlm. 19-25, <https://doi.org/10.2478/ecce-2021-0003>