

Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) System for Sedimentation Automation in Water Treatment Plant Using Schneider Modicon M221 Programmable Logic Controller

Eki Ahmad Zaki Hamidi^{1*}, Raisa Rahmawati¹ and Mufid Ridlo Effendi¹

¹ Electrical Engineering Department, Faculty of Science and Technology, UIN Sunan Gunung Djati Bandung, Bandung, INDONESIA

*Corresponding Author email : ekiahmadzaki@uinsgd.ac.id

Abstract

This research discusses the application of the Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) System in the sedimentation automation process in water treatment plants. SCADA is used to monitor and control various critical parameters in the sedimentation process, increasing the efficiency and accuracy of water treatment. This system is implemented using a Programmable Logic Controller (PLC), the Schneider Modicon M221, which functions as the main controller. The Schneider Modicon M221 PLC was chosen because of its reliability in managing automation processes and its ability to integrate with SCADA systems. The results of this implementation show significant improvements in process control, operational efficiency, and real-time monitoring, all of which contribute to the improved quality of treated water. And sludge removal in the sedimentation system occurs when the sensor reads that the water has a turbidity value equal to 14 NTU.

Keywords: SCADA; Sedimentation automation; Programmable Logic Controller (PLC); Schneider Modicon M221.

1. Introduction

Pengolahan air merupakan proses penting dalam memastikan ketersediaan air bersih yang aman untuk digunakan oleh masyarakat. Salah satu tahapan krusial dalam pengolahan air adalah proses sedimentasi, di mana partikel-partikel padat yang terdapat dalam air diendapkan untuk menghasilkan air yang lebih jernih. Dalam upaya meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses ini, diperlukan sistem yang mampu mengendalikan dan memantau berbagai parameter secara akurat dan real-time [1].

Salah satu tahap penting dalam pengolahan air adalah proses sedimentasi, di mana air bersih dipisahkan dari tanah atau lumpur. Air bersih kemudian diteruskan ke tahap filtrasi, sementara tanah atau lumpur dibuang. Pengaturan dan pengawasan yang tepat sangat diperlukan dalam proses ini karena kesalahan manusia sering kali menyebabkan penumpukan lumpur saat pembuangan. Sistem DCS (Distributed Control System) atau SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) dapat digunakan untuk mengatur dan mengawasi proses ini [2][3][4][5][6].

DCS (Distributed Control System) adalah teknologi kontrol yang memanfaatkan komputer untuk memonitor, mengoperasikan, mengatur, dan mendistribusikan berbagai unit kontrol dalam suatu proses. SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) adalah sistem kendali industri berbasis komputer yang digunakan untuk mengatur suatu proses dan mengumpulkan data. Meskipun fungsi DCS mirip dengan SCADA, perbedaan utamanya

terletak pada penempatan unit kontrol atau pengumpulan data yang biasanya tersebar di berbagai lokasi dalam area yang berbeda (terdistribusi) [7][8][7][8][9][10].

Untuk mengimplementasikan sistem SCADA pada proses sedimentasi di instalasi pengolahan air (Water Treatment Plant - WTP), dibutuhkan perangkat keras yang andal dan mampu berintegrasi dengan baik[11][12]. Programmable Logic Controller (PLC) Schneider Modicon M221 dipilih karena keandalannya dalam mengelola proses otomatisasi dan kemampuannya untuk berintegrasi dengan sistem SCADA[13][14]. PLC ini berfungsi sebagai pengendali utama yang mengatur berbagai aspek dari proses sedimentasi, mulai dari pengukuran turbiditas hingga pengendalian katup dan pompa[15].

Beberapa penelitian yang relevan dengan penelitian ini yang dilakukan oleh Rahayu Putri Utami, dkk 2021 [16] dengan menggunakan sistem SCADA mampu mengurangi kehilangan air selama proses pengolahan, sehingga cakupan pelayanan IPA II Ngares dapat terpenuhi. IPA II Ngares mampu meningkatkan cakupan pelayanan air bersih di Kabupaten Trenggalek hingga 15,3% pada tahun 2020. Penggunaan sistem SCADA mampu menurunkan kekeruhan pada air produksi IPA II Ngares hingga 62,9%.

Penelitiannya lainnya yang dilakukan Siti Umi Kalsum dkk, 2022 [17] sistem SCADA yang dibandingkan dengan sistem manual terdapat perbedaan signifikan pada parameter kekeruhan dengan persentase 10-40% antara sistem manual dan sistem SCADA, pengaruh musim juga berpengaruh dengan kekeruhan. Dimana pada musim hujan kualitas kekeruhan air meningkat cukup signifikan dibandingkan dengan musim kemarau.

Penelitian lain yang dilakukan Agus Eko Handoko dkk 2017 [18] Rancang bangun sistem SCADA memberikan hasil dalam memperoleh data pada satuan waktu tertentu untuk menentukan kebutuhan PAC (Poly Aluminium Chloride) pada operasional instalasi pengolahan air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi dalam nilai persentase penggunaan dosis PAC memberikan keuntungan dalam operasional instalasi pengolahan air bersih terutama untuk kebutuhan PAC.

Melalui penerapan sistem SCADA yang dikendalikan oleh PLC Schneider Modicon M221, diharapkan dapat dicapai peningkatan dalam hal kontrol proses, efisiensi operasional, dan pemantauan real-time. Hal ini tidak hanya meningkatkan kualitas air hasil olahan, tetapi juga meminimalisir intervensi manual dan potensi kesalahan manusia dalam proses pengolahan air

Penelitian ini dengan menggunakan PLC Schneider Modicon M221 dirancang dengan kemampuan integrasi yang sangat baik dengan sistem Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA). PLC ini mendukung komunikasi yang efisien. Hal ini mempermudah koneksi antara PLC dengan HMI (Human-Machine Interface) dan sistem pemantauan, memastikan bahwa data dari proses sedimentasi dapat dipantau dan dikendalikan.

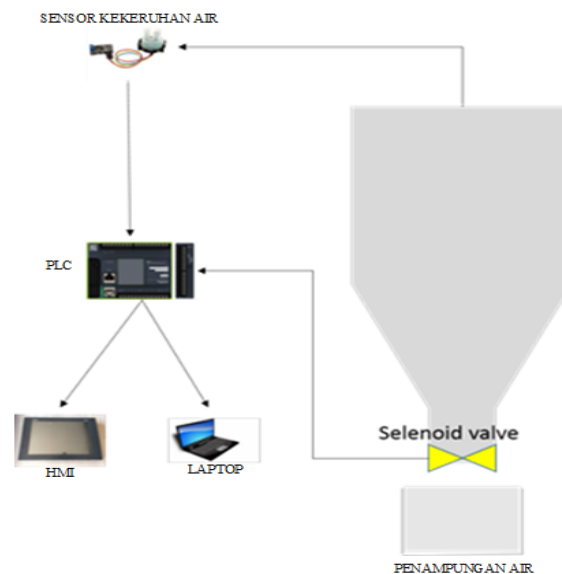
2. Material and methods

Metode penelitian untuk implementasi System Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) pada otomatisasi sedimentasi Water Treatment Plant (WTP) menggunakan Programmable Logic Control (PLC) Schneider Modicon M221 meliputi beberapa tahapan yang sistematis. Berikut adalah langkah-langkah yang digunakan, studi literatur dan analisis kebutuhan yaitu mengumpulkan informasi tentang sistem SCADA, PLC Schneider Modicon M221, dan proses sedimentasi di WTP, serta mengidentifikasi kebutuhan spesifik

dari WTP yang akan diotomasi, termasuk parameter yang perlu dipantau dan dikendalikan., perancangan sistem, pengembangan dan integrasi, Implementasi, pengujian dan validasi, analisis. Metode penelitian ini merupakan implementasi yang terstruktur dan efektif dari sistem SCADA pada proses sedimentasi di WTP, dengan menggunakan PLC Schneider Modicon M221 untuk memastikan peningkatan kontrol proses dan efisiensi operasional.

2.1 Perancangan Miniatur Sedimentasi

Pada tahap perancangan dibuat miniatur instalasi pengolahan air sedimentasi dilakukan agar sistem yang akan dibuat menjadi portabel, sehingga memudahkan dalam pengujian. Desain miniatur ini dapat dilihat pada gambar 1.



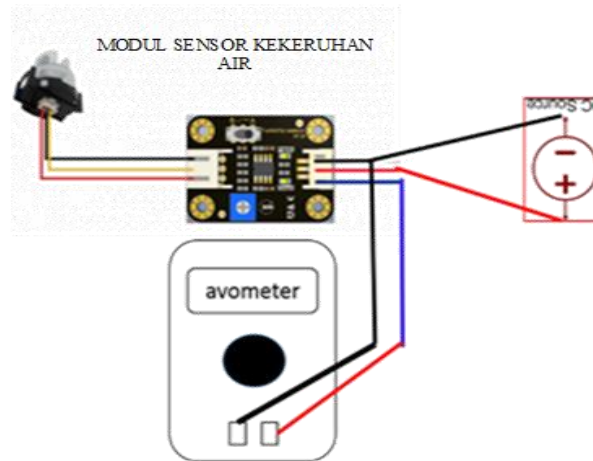
Gambar 1: Miniatur proses sedimentasi.

Pada miniatur proses sedimentasi, digunakan akrilik yang mereplikasi tangki sedimentasi asli pada instalasi pengolahan air dengan skala 1:50. Sensor dipasang di atas tangki penampungan dengan ketinggian 10 cm, dan solenoid valve dipasang di dasar tangki penampungan untuk keluaran.

2.2 Perancangan Sensor dan Aktuator

A. Perancangan sensor

Rangkaian ini menggunakan modul sensor kekeruhan air. Sensor kekeruhan ini dapat membaca tingkat intensitas cahaya yang dipengaruhi oleh keberadaan lumpur, sehingga dapat digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air. Sensor yang digunakan ditampilkan pada gambar 2.

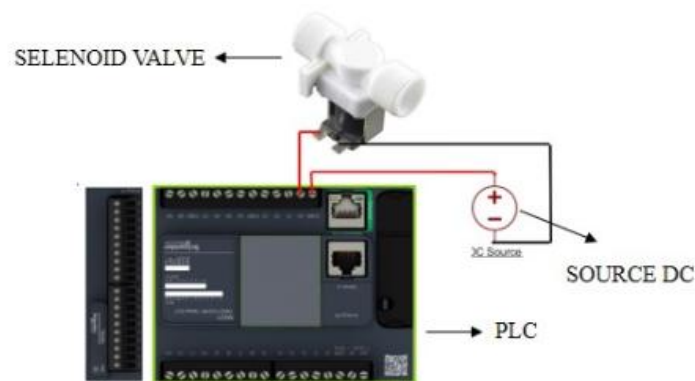


Gambar 2: Rancangan sensor kekeruhan air.

Sensor yang digunakan mengukur kekeruhan air dalam bentuk nilai volt. Untuk mengonversi nilai volt yang dihasilkan oleh sensor menjadi satuan kekeruhan air dalam NTU, digunakan beberapa sampel air dengan nilai kekeruhan yang sudah diketahui. Nilai kekeruhan air ini kemudian dibandingkan dengan nilai volt yang dihasilkan oleh sensor.

B. Perancangan aktuator.

Aktuator yang digunakan sebagai sistem keluaran adalah *solenoid valve* yang dikendalikan langsung oleh PLC. *Solenoid valve* menerima perintah langsung dari *programmable logic control* untuk beroperasi. *Valve* ini dapat bergerak dengan menerima daya dari *power supply* yang terhubung dengan PLC. Ketika daya dialirkan, katup *solenoid* akan terbuka, dan ketika daya tidak dialirkan, katup akan tertutup. Katup ini memiliki jalur keluaran sebesar ½ inci. gambar 3. menunjukkan *solenoid valve* yang digunakan.



Gambar 3. Aktuator *solenoid valve*

2.3 Perancangan PLC

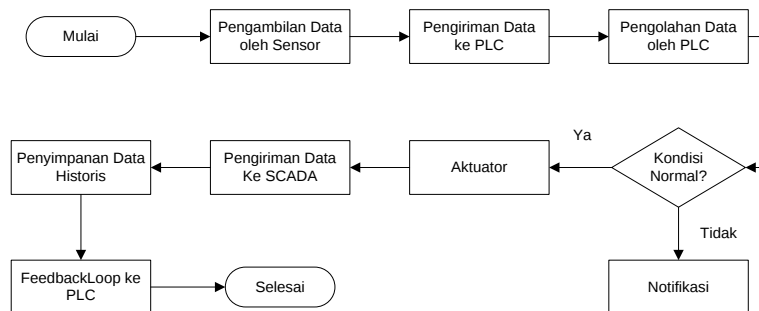
Controller PLC berfungsi untuk menyimpan seluruh program dan mengolah sinyal dari analog ke digital (ADC), yang kemudian dikirimkan ke rangkaian dan solenoid valve untuk membuka dan menutup katup. PLC ini dilengkapi dengan modul analog yang berfungsi untuk menampilkan dan menyimpan data analog. Gambar 4. menunjukkan PLC dan modul analog yang digunakan dalam perancangan ini.



Gambar 4. Rancangan PLC dan monitoring

2.4 Implementasi

Sistem secara keseluruhan memiliki alur kerja yang terintegrasi, dimulai dari Sensor Kekeruhan (Turbidity Sensor) yang mengukur tingkat kekeruhan air yang masuk ke sistem. Sensor ini kemudian mengirim data kekeruhan ke PLC. Sebagai input, PLC menerima data dari sensor kekeruhan dan, sebagai output, mengirim sinyal kontrol ke aktuator solenoid valve berdasarkan logika yang telah diprogram. Semua komponen ini bekerja sama untuk memproses dan menampilkan data hasil pengukuran secara efektif.



Gambar 5. Flowchart sistem kerja

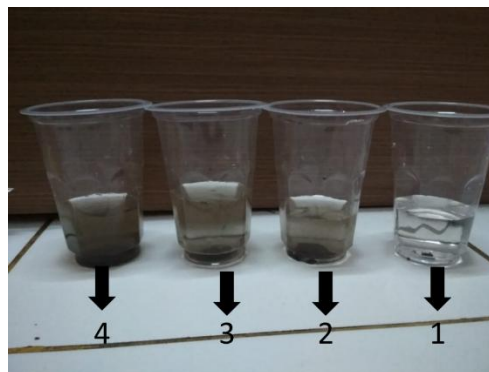
Gambar 5. memberikan gambaran alur kerja SCADA dalam mengotomasi proses sedimentasi pada water treatment plant menggunakan PLC Schneider Modicon M221, dalam sistem SCADA yang digunakan untuk mengotomasi proses sedimentasi pada water treatment plant menggunakan PLC Schneider Modicon M221, sensor mengumpulkan data dari proses sedimentasi. Data dari sensor kemudian dikirim ke PLC Schneider Modicon M221 untuk diproses. PLC memproses data tersebut dan membuat keputusan kontrol berdasarkan logika yang diprogram sebelumnya. PLC memeriksa apakah parameter yang diterima berada dalam batas normal. Data dari PLC dikirim ke sistem SCADA untuk pemantauan lebih lanjut. Data ini juga disimpan untuk analisis lebih lanjut. Data yang terkumpul dianalisis untuk membuat laporan dan mengidentifikasi tren. Operator dapat melakukan penyesuaian melalui sistem SCADA. Tindakan diambil berdasarkan hasil analisis data, dan umpan balik dari tindakan yang diambil dikirim kembali ke PLC untuk penyesuaian lebih lanjut.

3. Results and discussion

Beberapa pengujian dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut:

A. Pengujian sensor

Pengujian sensor dilakukan dengan menghubungkannya ke PLC dan mencelupkannya ke dalam air sampel yang akan dianalisis. Selanjutnya, tegangan yang dihasilkan oleh sampel air tersebut dapat diukur dan dibaca oleh sensor. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kerja dari sensor kekeruhan air. Pengujian sensor menghasilkan tegangan, sedangkan pengujian menggunakan turbidity meter menghasilkan nilai kekeruhan air. Pengujian ini dilakukan pada beberapa sampel air yang telah diuji kekeruhannya dengan turbidity meter. Pengujian kekeruhan air ini dilakukan pada air keruh. Empat sampel diuji dan hasilnya dibandingkan dengan hasil uji sensor. Gambar 6. menunjukkan sampel air yang diuji menggunakan sensor dan turbidity meter.



Gambar 6. Sampel air untuk pengujian

Setelah melakukan pengujian terhadap beberapa sampel air yang ditunjukkan pada Gambar 5, pengujian dengan sensor kekeruhan air menghasilkan data berupa nilai tegangan (volt), sedangkan pengujian dengan turbidity meter menghasilkan data nilai kekeruhan air (NTU). Data yang diperoleh tercantum dalam Tabel 1.

Table 1: Hasil uji *turbidity meter*

Sampel	Volt	NTU	Selisih
1	4,24	0,25	0,02
2	3,99	4,35	0,19
3	3,14	22,26	0,11
4	0,22	95,39	0,41

B. Pengujian HMI

PLC dan HMI dihubungkan melalui LAN (*Local Area Network*). Pengujian HMI dilakukan dengan mengontrol PLC menggunakan HMI Magelis yang telah diprogram. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa HMI Magelis dapat mengendalikan PLC dengan baik. Gambar 7. menunjukkan skema pengujian HMI.



Gambar 7. Skema pengujian HMI

Pengujian pada HMI juga dilakukan untuk memastikan bahwa PLC dan HMI telah terhubung dengan benar, dengan memeriksa tautan variabel di HMI dan mencocokkannya dengan alamat yang ada pada PLC seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.

	Name	Data Type	Data Source	Scan Group	Device Address	Alarm Group	Logging Group
1	DINT01	DINT	External	ModbusEquip...	%MW0	Disabled	None
2	PLC_ModbusEquipment0						
	Analog_sensor	INT	External	ModbusEquip...	%IW0.1.0	Disabled	None
	Auto	BOOL	External	ModbusEquip...	%M3	Disabled	None
	Auto1	BOOL	External	ModbusEquip...	%M6	Disabled	None
	Automatic	BOOL	External	ModbusEquip...	%ID.0.0	Disabled	None
	Buka_valve	BOOL	External	ModbusEquip...	%M1	Disabled	None
	Man	BOOL	External	ModbusEquip...	%M4	Disabled	None
	Manual	BOOL	External	ModbusEquip...	%ID.0.5	Disabled	None
	Menutup_valve	BOOL	External	ModbusEquip...	%M0	Disabled	None
	Padahal_ini_da_valve_n	BOOL	External	ModbusEquip...	%M5	Disabled	None
	Selenoid_valve	BOOL	External	ModbusEquip...	%Q0.0.0	Disabled	None
	Sensor	INT	External	ModbusEquip...	%MW5	Disabled	None
	Timer close	INT	External	ModbusEquip...	%MW1	Disabled	None

Gambar 8. Variable link HMI

C. Pengujian GUI Vijeo Citect

Pengujian antarmuka pengguna SCADA dilakukan untuk memastikan bahwa PLC dan HMI terhubung dengan benar dengan membuka Variabel Tags di *Vijeo Citect*. Salah satu contoh pengujian alamat variabel tags ditunjukkan pada Gambar 9.

Variable Tags [bismillah]

Equipment: []

Item Name: [] Cluster Name: WTP

Comment: []

Tag Name: Analog_Sensor1 I/O Device: IODevSED

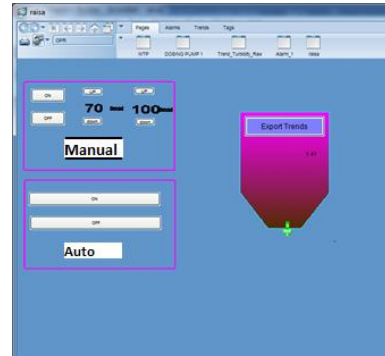
Address: %MW6 Data Type: REAL

Raw Zero Scale: [] Raw Full Scale: []

Eng Zero Scale: [] Eng Full Scale: []

Gambar 9. Alamat PLC pada vijeo citect

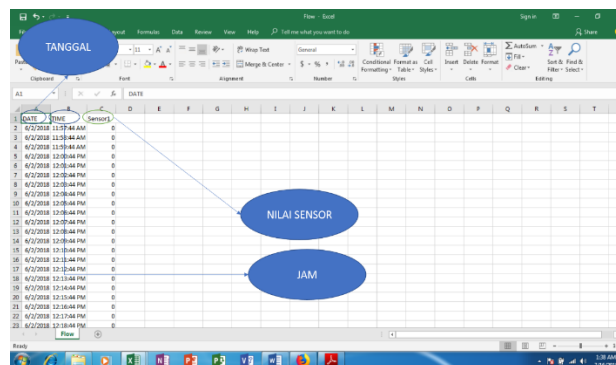
Pengujian antarmuka pengguna grafis (GUI) dilakukan dengan membuka GUI SCADA pada PC. GUI dapat diakses melalui aplikasi Vijeo Citect di komputer, kemudian diuji apakah GUI dapat menampilkan komponen yang terhubung ke sistem. Untuk mengoperasikan GUI SCADA, pengguna harus mengisi formulir login seperti yang ditentukan selama perancangan, guna memastikan keamanan data pada SCADA. Setelah login, aplikasi *Vijeo Citect* akan menampilkan GUI yang telah dibuat sebelumnya, dan GUI ini akan mampu mengendalikan PLC. Tampilan GUI ini akan terlihat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 9. Tampilan *vijeo citect*

D. Pengujian Akuisisi Data

Pengujian akuisisi data dilakukan untuk memastikan bahwa sistem SCADA bekerja dengan baik dalam penyimpanan data. Pengujian ini dilakukan dengan memeriksa data dari sensor yang telah disimpan oleh PLC dan kemudian disimpan di komputer. Data dari PLC disimpan langsung ke komputer dalam format *Microsoft Excel*. Pada IBDData, hanya bisa menyimpan hingga 5000 data, yang akan terus diperbarui setiap 1 menit atau 60 detik. Contoh data dapat dilihat pada Gambar 11.



DATE	TIME	Sensor
6/2/2018	11:57:40 AM	0
6/2/2018	11:58:40 AM	0
6/2/2018	11:59:40 AM	0
6/2/2018	12:00:40 PM	0
6/2/2018	12:01:40 PM	0
6/2/2018	12:02:40 PM	0
6/2/2018	12:03:40 PM	0
6/2/2018	12:04:40 PM	0
6/2/2018	12:05:40 PM	0
6/2/2018	12:06:40 PM	0
6/2/2018	12:07:40 PM	0
6/2/2018	12:08:40 PM	0
6/2/2018	12:09:40 PM	0
6/2/2018	12:10:40 PM	0
6/2/2018	12:11:40 PM	0
6/2/2018	12:12:40 PM	0
6/2/2018	12:13:40 PM	0
6/2/2018	12:14:40 PM	0
6/2/2018	12:15:40 PM	0
6/2/2018	12:16:40 PM	0
6/2/2018	12:17:40 PM	0
6/2/2018	12:18:40 PM	0
6/2/2018	12:19:40 PM	0
6/2/2018	12:20:40 PM	0

Gambar 9. Tampilan akuisisi data

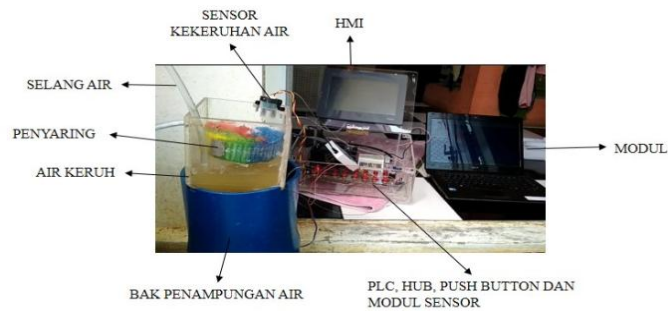
E. Pengujian Sistem Sedimentasi

Dalam simulasi proses sedimentasi, digunakan air baku dari permukaan yang telah diolah sehingga hanya menyisakan tanah dan air, mirip dengan kondisi pada plant sebenarnya. Proses sedimentasi dilakukan dengan menempatkan saringan dalam bak agar air dan lumpur dapat terpisah. Pemisahan lumpur dilakukan pada air yang tetap mengalir. Sebelumnya, telah dilakukan pengujian proses pemisahan untuk mengetahui siklus pengendapan dan waktu yang diperlukan untuk memisahkan air dan lumpur. Proses sedimentasi secara keseluruhan dapat digeneralisasi menjadi dua tahap utama yaitu proses pemisahan dan proses pembuangan lumpur.

1. Pemisahan Lumpur

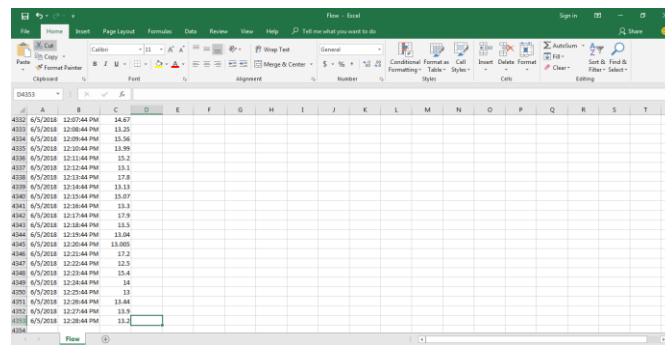
Proses pengendapan lumpur dilakukan sesuai dengan prosedur aslinya, di mana air bersih tetap mengalir ke tahap berikutnya sementara lumpur dibuang. Pemisahan lumpur dilakukan dengan mengalirkan 6000ml air tanah. Selama proses sedimentasi, air yang akan dibuang harus memiliki nilai 14 NTU atau lebih. Oleh karena itu, sensor harus mendeteksi

air kotor, dan katup solenoid bekerja sesuai dengan penundaan dan respons yang telah ditetapkan. Proses pemisahan ini dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Pemisahan lumpur

Selama proses ini berlangsung, status komponen seharusnya sebagai berikut: a) Katup *solenoid* bekerja sesuai dengan respon yang diberikan oleh sensor. b) Sensor dalam keadaan aktif dengan nilai 14 NTU. Proses ini beroperasi secara terus menerus sesuai dengan prosedur kerja *Water Treatment Plant*. Data kekeruhan air yang tersimpan dapat dilihat pada Gambar 11.



Date	Time	Turbidity (NTU)
6/9/2018	12:07:44 PM	14.67
6/9/2018	12:08:44 PM	13.25
6/9/2018	12:09:44 PM	13.36
6/9/2018	12:10:44 PM	13.99
6/9/2018	12:11:44 PM	13.2
6/9/2018	12:12:44 PM	13.1
6/9/2018	12:13:44 PM	13.8
6/9/2018	12:14:44 PM	13.13
6/9/2018	12:15:44 PM	13.07
6/9/2018	12:16:44 PM	13.3
6/9/2018	12:17:44 PM	13.9
6/9/2018	12:18:44 PM	13.5
6/9/2018	12:19:44 PM	13.64
6/9/2018	12:20:44 PM	13.005
6/9/2018	12:21:44 PM	13.2
6/9/2018	12:22:44 PM	13.5
6/9/2018	12:23:44 PM	13.4
6/9/2018	12:24:44 PM	13
6/9/2018	12:25:44 PM	13.44
6/9/2018	12:26:44 PM	13.9
6/9/2018	12:28:44 PM	13.2

Gambar 11. Data kekeruhan air

Setelah memisahkan lumpur dari 6000ml air baku, dengan nilai kekeruhan air sebesar 14 NTU selama proses pemisahan lumpur. Data tersebut menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan baik. Dengan mengetahui data sampling dari sensor, kita dapat mengamati nilai kekeruhan air bersih yang dihasilkan dari proses pemisahan lumpur.

2. Pembuangan Lumpur

Proses ini merupakan bagian inti dari proses sedimentasi, yaitu pembuangan endapan lumpur. Proses pembuangan lumpur ditunjukkan pada Gambar 12. Pembuangan lumpur dilakukan berdasarkan respons dari sensor, dan hasil respons tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 12. Pembuangan lumpur

Table 2: Hasil uji solenoid valve terbuka dan tertutup

Pengujian Ke-	Nilai Kekeruhan	Kondisi Valve
1	13,978	Tertutup
2	14,019	Terbuka
3	13,89	Tertutup
4	14,0187	Terbuka
5	14,765	Terbuka
6	13,54	Tertutup
7	12,98	Tertutup
8	14,23	Terbuka
9	13,79	Tertutup
10	14,059	Terbuka

Dari Tabel 2, diketahui bahwa valve akan terbuka ketika nilai kekeruhan mencapai 14 NTU atau lebih, dan akan tertutup ketika nilai kekeruhan kurang dari 14 NTU.

4. Conclusion

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi SCADA dan PLC dalam proses sedimentasi pada water treatment plant menghasilkan sistem yang handal, efisien, dan dapat diandalkan untuk pengelolaan air yang lebih baik. Data akuisisi disimpan oleh SCADA dengan interval sampling setiap 30 detik. Data akuisisi yang disimpan oleh SCADA telah terbukti efektif. SCADA juga berfungsi dengan baik dalam menampilkan status komponen sistem; status "on" ditampilkan ketika komponen aktif, dan status "off" ketika komponen tidak aktif. Data yang disimpan oleh SCADA mencakup nilai kekeruhan air dan kondisi katup setiap 30 detik. SCADA menyimpan hingga 5000 data terbaru dalam sistem akuisisi data.

Author contribution

Eki Ahmad Zaki Hamidi: developing research ideas, supervising the research process, inputting research data, and helping to improve writing. Raisa Rahmawati: collecting data, conducting experiments, designing hardware and software systems, and compiling research. Mufid Ridlo Effendi: contributed to brainstorming research ideas, supervised the research process, and provided suggestions.

Funding statement

This research received financial support from the Institute for Research and Community Service (LPPM) UIN Sunan Gunung Djati Bandung. Funds provided by LPPM UIN Sunan Gunung Djati Bandung are used for data collection, analysis and activities related to the research we carry out. In this research, we also received assistance from students who were directly involved in the research, who we included as research members, and lecturers as research members who had an important role in research design, data collection, analysis, interpretation of results, or writing the manuscript.

Acknowledgements

We would like to express our thanks to the Chancellor of UIN Sunan Gunung Djati Bandung, the Chair of the LPPM UIN Sunan Gunung Djati Bandung, the Head of the Research and Publishing Center of UIN Sunan Gunung Djati Bandung, who have provided support so that this research can run well.

References

- [1] M. Kamarou, H. Tan, D. Moskovskikh, X. Ma, F. Yang, E. Beletskii, E. Alekseeva, S. Yudin, V. Romanovski, "High strength anhydrite cement based on lime mud from water treatment process: one step synthesis in water environment, characterization and technological parameters," Research Square, June 6th, 2024, DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4467921/v1>
- [2] Dwarakanath B., Kalpana Devi P., Ranjith Kumar A., Ahmed Sayed M. Metwally, Ghulam Abbas Ashraf, and Bheema Lingaiah Thamineni, "Smart IoT-based water treatment with a Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system process," Water Reuse, Vol. 13 No 3, pp. 411-431, 2023. DOI: 10.2166/wrd.2023.052
- [3] Hamidi, E.A.Z., Gustiana, T., Effendi, M.R. & Hambali, P.A.M. 2019, "Design and Implementation Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) of Flocculation Process of Water Treatment Plant (WTP) using Raspberry Pi, In: 2019 IEEE 5th International Conference on Wireless and Telematics (ICWT), IEEE, pp. 1-5.
- [4] E.A.Z. Hamidi, M.R. Effendi, H. Ash Shiddiq, "Design and Implementation Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) of Sedimentation Process of Water Treatment Plant (WTP) by Using Raspberry PI 3 B", 2018 4th International Conference on Wireless and Telematics (ICWT), pp. 1-7.
- [5] F.A. Nugraha, S.Opipah, E.A.Z. Hamidi, M.R. Effendi, "Implementasi Sistem SCADA pada Proses Koagulasi Water Treatment Plant Berbasis Raspberry Pi," Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung, pp. 592-600, 2020.
- [6] D. Bailey and E. Wright, *Practical SCADA for Industry*. 2003.
- [7] V. Patil, D.T. Manjunath, Sr. Memb, F.F. Lee, "Design, Development of a Diversified Implementation of a Supervisory Control And Data Acquisition based VLSI System (SCADA) framework Utilizing Microcontroller based Programmable Logic Controllers," Tuijin Jishu/Journal of Propulsion Technology, Vol.44 No.3 (2023), pp. 879-890.
- [8] A. Abid, F. Jemili, O. korbaa, "Distributed Deep Learning Approach for Intrusion Detection System in Industrial Control System based on Big Data Technique and Transfer Learning," Journal of Information and Telecommunication, Volume 7. 2023. Pp. 513-541, DOI: <https://doi.org/10.1080/24751839.2023.2239617>
- [9] Muhammad H. El-Saba, "Combining Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) with Artificial Intelligence (AI) as a Video Management System", Book Chapter, Intelligent Video Surveillance – New Perspectives, pp.1-15, 08 February 2023, DOI: 10.5772/intechopen.104766

- [10] Binnaser Aziz Abdullah, "Implementing Internet Protocol (IP) Based Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Network System", *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 2022, Vol. 7, Issue 7, pp. 214-217
- [11] K.H. Kaittan, S.J. Mohammed, "PLC-SCADA Automation of Inlet Wastewater Treatment Processes: Design, Implementation and Evaluation", *Journal Europeen des Systemes Automatises*, Vol. 57 No.3, June 2024, pp. 787-796. DOI: <https://doi.org/10.18280/jesa.570317>
- [12] Y. Romdania, I.S. Banuwa, S.B. Yuwono, E.P. Wahono, S. Triyono, "Designing The Technology for Turbidity Sensor-based Automatic River Sedimentation Measurement", *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)* 85:5 (2023). Pp. 13-19 DOI: <https://doi.org/10.11113/jurnalteknologi.v85.19618>
- [13] P. Samo, I. Ales, Kralj-Iglic Veronika, "Electronic Blood Sedimentation Monitoring with Microcontroller and Linear CCD Sensor", *Proceedings of 8th Socratic Lectures 2023*, pp. 67-72, DOI: <https://doi.org/10.55295/PSL.2023.II11>
- [14] S. Larasati, E.A.Z. Hamidi, M.R. Effendi, "Design and Implementation Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) of Filtration Process of Water Treatment Plant (WTP) by Using Raspberry PI", *ICONISTECH* 2019, DOI 10.4108/eai.11-7-2019.2297520
- [15] Methaq A. Ali, Abbas Hussein Miry, Tariq M. Salman, "Implementation of Intelligent Industrial Controller Based On Fuzzy Logic and PLC", *Al-qadisiyah Journal for Engineering Sciences*, 2020, pp. 55-60, DOI: <https://doi.org/10.30772/qjes.v13i1.626>
- [16] R. P. Utami, A. D. Radityaningrum, "Kinerja Sistem Pengolahan Air Bersih Di Instalasi Pengolahan Air II Ngares, Kabupaten Trenggalek", *Environmental Engineering Journal ITATS, ENVITATS*, Vol. 1, No.1, September 2021. pp. 35-43. DOI: <https://doi.org/10.31284/j.envitats.2021.v1i1.2178>
- [17] S. U. Kalsum, A. Riyanti, A. A. Zainanda, "Perbandingan Proses Pengolahan Air Secara Manual Dan Sistem Scada Perumda Tirta Mayang Kota Jambi," *Jurnal Daur Lingkungan*, 5(2), Agustus 2022, pp 57-61, DOI 10.33087/daurling.v5i2.154
- [18] A. E. Handoko, Erizal, Y. Chadirin, "Rancang Bangun Sistem Scada (Supervisory Control And Data Acquisition pada Instalasi Pengolahan Air Sungai Cihideung Institut Pertanian Bogor," *JTEP Jurnal Keteknikan Pertanian*, Oktober 2017, Vol. 5 No. 2, pp 129-136, DOI: 10.19028/jtep.05.2.129-13