

IMPLEMENTASI PLC M221 PADA PROSES KOAGULASI DI PENGOLAHAN AIR BERSIH PT KRAKATAU TIRTA INDUSTRI

Elisa Marsanda^{1*}, Suhendar²,

^{1,2}Pendidikan Vokasional Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Ciwaru Raya, Cipare, Kota Serang

Keywords:

*Alum;
Coagulation process;
Programmable Logic
Controller (PLC) M221.*

Correspondent Email:

suhendar@untirta.ac.id

Abstrak. Proses pengolahan air di PT Krakatau Tirta Industri telah menerapkan teknologi otomasi yaitu dengan penggunaan PLC M221 dalam sistem pengolahan air salah satunya dalam tahap koagulasi. Penelitian ini bertujuan untuk memahami bagaimana implementasi PLC M221 dalam proses koagulasi digunakan untuk mengatur dosis alum secara real time sesuai dengan kebutuhan. Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus deskriptif, yang melibatkan observasi, wawancara, serta studi literatur. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi PLC M221 dalam proses koagulasi dapat memungkinkan penyesuaian dosis alum secara lebih tepat, sehingga dapat menghasilkan kualitas air yang diinginkan serta dapat mengurangi pemborosan penggunaan alum. Selain itu penggunaan SCM dalam penelitian ini dapat membantu memastikan dosis alum sesuai dengan kondisi air baku. Penggunaan PLC M221 dalam proses koagulasi dapat meningkatkan efisiensi operasional, serta dapat meminimalkan kesalahan manual. Hal ini menunjukkan bahwa implementasi PLC M221 dapat sangat bermanfaat dalam tahap koagulasi pada proses pengolahan air di PT Krakatau Tirta Industri.



Copyright © 2026 The Author(s), Published by Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).

Abstract. The water treatment process at PT Krakatau Tirta Industri has applied automation technology, namely by using PLC M221 in the water treatment system, one of which is in the coagulation stage. This study aims to understand how the implementation of PLC M221 in the coagulation process is used to regulate alum dosage in real time according to needs. This study uses a descriptive case study approach, which involves observation, interviews, and literature studies. The results of this study show that the implementation of PLC M221 in the coagulation process can allow for more precise adjustment of alum dosage, so that it can produce the desired water quality and can reduce the waste of alum use. In addition, the use of SCM in this study can help ensure the dosage of alum in accordance with the condition of the raw water. The use of PLC M221 in the coagulation process can improve operational efficiency, as well as minimize manual sahal. This shows that the implementation of PLC M221 can be very useful in the coagulation stage in the water treatment process at PT Krakatau Tirta Industri

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di bidang otomasi industri semakin maju, termasuk dalam sistem pengolahan air bersih. Salah satu teknologi yang banyak dipakai adalah Programmable Logic

Controller (PLC) karena kemampuannya dalam mengendalikan proses secara otomatis dan dalam waktu nyata. PT Krakatau Tirta Industri (KTI) telah mengadopsi sistem otomasi dalam proses pengolahan air, contohnya pada tahap koagulasi.

Koagulasi adalah proses di mana bahan koagulan seperti aluminium sulfat (alum) ditambahkan untuk menggumpalkan partikel koloid agar lebih mudah mengendap. Ketepatan dalam pemberian dosis alum sangat penting untuk menjaga kualitas air dan mengurangi pemborosan bahan kimia. Karena itu, penggunaan PLC M221 yang terhubung dengan flowmeter, inverter, dan Streaming Current Monitor (SCM) dapat membantu mengatur dosis alum secara otomatis sesuai dengan kondisi air mentah.

Beberapa riset sebelumnya telah membahas penggunaan PLC dalam sistem kontrol industri dan penerapan SCM untuk menentukan dosis koagulan yang paling tepat. Namun, penelitian tentang penerapan PLC M221 pada proses koagulasi dalam pengolahan air bersih yang juga terhubung dengan SCM dan sistem SCADA masih sangat sedikit. Kesenjangan penelitian ini menunjukkan perlunya eksplorasi lebih lanjut tentang penerapan PLC M221 untuk mengontrol dosis alum secara real time agar proses koagulasi lebih efektif dan efisien. Keunikan dari riset ini terletak pada integrasi PLC M221 dengan flowmeter, inverter, SCM, dan SCADA dalam pengendalian proses koagulasi di PT Krakatau Tirta Industri.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis bagaimana PLC M221 diterapkan dalam proses koagulasi di PT Krakatau Tirta Industri serta mengukur efektivitasnya dalam mengatur dosis alum secara otomatis sesuai dengan kondisi air mentah. Dengan adanya sistem otomasi ini, diharapkan proses koagulasi dapat berjalan dengan lebih optimal, efisien, dan mampu mengurangi kesalahan yang terjadi secara manual dalam pengolahan air bersih.

2. TINJAUAN PUSTAKA

PT Krakatau Steel (Persero) Tbk, melalui anak perusahaannya PT Krakatau Tirta Industri (KTI), mengoperasikan instalasi pengolahan air untuk menyediakan air bersih sebagai pendukung kegiatan industri dan kebutuhan masyarakat di Cilegon. Air baku yang digunakan berasal dari Sungai Cipasauran dan Cidanau, yang diolah di dua Instalasi Pengolahan Air (IPA), yaitu IPA Cidanau dengan kapasitas 600 L/detik dan IPA Krenceng dengan kapasitas 1800 L/detik [1].

Sistem pengolahan air bersih merujuk pada rangkaian, proses, dan fasilitas yang digunakan untuk mengolah air baku menjadi air bersih yang layak konsumsi. Proses pengolahan air baku menjadi air bersih yang dilakukan oleh PT KTI hasilnya akan didistribusikan kepada masyarakat PDAM Cilegon Mandiri dan industri. Proses pada pengolahan air

contohnya seperti proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, netralisasi, dan disinfeksi [2].

Koagulasi adalah proses di mana partikel dalam limbah cair yang terdispersi menjadi tidak stabil. Dengan menambahkan bahan koagulan, partikel-partikel tersebut akan menggumpal dan dapat mengendap di dasar tangki pengendapan. Proses utama dalam koagulasi melibatkan interaksi antara ion positif dan negatif. Partikel yang terdiri dari berbagai koloid organik, bakteri, mikroorganisme, dan zat organik lainnya berperan sebagai ion negatif dalam proses ini. [3].

Koagulasi adalah proses pencampuran cepat di mana bahan kimia (koagulan) ditambahkan ke dalam air, yang menyebabkan penurunan daya tarik antar partikel koloid. Hal ini mengurangi kestabilan partikel koloid dalam air, yang sebelumnya terdispersi dengan stabil. [4].

Beberapa jenis koagulan yang sering digunakan dalam pengolahan air antara lain: Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$), Sodium Aluminat (NaAlO_2 atau $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$), Polyaluminium Chloride (PAC), Ferri Sulfat ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$), Ferri Klorida ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), dan Ferro Sulfat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Di antara bahan-bahan koagulan tersebut, Aluminium Sulfat adalah yang paling banyak digunakan. [5].

Programmable Logic Controller (PLC) merupakan salah satu peralatan yang memanfaatkan teknologi digital, karena PLC dapat melakukan proses kerjanya menggunakan sinyal-sinyal digital dan diproses dengan cara-cara atau aturan-aturan elektronika digital. Di samping itu, struktur dan karakteristik serta cara kerja PLC mirip dengan cara kerja sebuah saklar yang menerapkan system digital dengan dua keadaan yaitu On (terhubung) dan Off (terputus) atau dalam system digital lebih di kenal dengan keadaan tinggi "1" untuk keadaan On dan keadaan rendah "0" untuk Off [6].

Programmable Logic Controller (PLC) adalah perangkat yang digunakan untuk mengontrol dan mengatur sistem operasi pada mesin atau proses tertentu. Cara kerjanya adalah dengan menerima sinyal input, kemudian memprosesnya untuk menghasilkan output yang sesuai dengan pengaturan atau program yang telah ditentukan oleh pengguna. [7].

PLC Modicon TM221ME16R memiliki 16 I/O, yang terdiri dari 8 input dan 8 output, dengan tegangan input 24 VDC. Perangkat ini juga dilengkapi dengan koneksi untuk input analog, port

Ethernet, serta terminal dan indikator LED yang terletak di bagian depan unit [8].

Dalam dunia otomasi industri, PLC memiliki sejumlah kelebihan. Tiga keunggulan utama dari PLC mencakup fleksibilitas dalam pengaturan, keandalan dalam situasi ekstrem, dan efisiensi dalam penggunaan energi. Masing-masing keunggulan ini berperan penting dalam meningkatkan produktivitas dan efektivitas operasional di berbagai sektor industri. Salah satu keunggulan yang menonjol dari PLC adalah fleksibilitas dalam pengaturannya. PLC bisa dengan mudah diprogram ulang untuk memenuhi kebutuhan spesifik dari berbagai aplikasi di industri [9].

Flowmeter adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur laju aliran cairan atau gas melalui suatu saluran atau penampang tertentu. Pengukurannya menghasilkan nilai yang dikenal sebagai "debit" atau "arus" dalam satuan liter per jam [10].

Sensor aliran *flowmeter* terbuat dari plastik dan memiliki rotor serta sensor hall effect di dalamnya. Saat aliran melewati rotor, rotor akan berputar. Kecepatan rotasi ini akan sesuai dengan besar aliran air. Tujuan dari *flowmeter* adalah untuk menghitung volume cairan yang melintas pada alat tersebut, sehingga kita bisa mengetahui berapa banyak cairan yang masuk ke dalam wadah atau mesin tertentu [11].

Inverter adalah alat yang mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). Fungsinya adalah untuk mengubah tegangan DC yang masuk menjadi tegangan AC pada keluaran, dengan nilai dan frekuensi yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. Tegangan keluaran ini bisa memiliki frekuensi yang tetap atau dapat disesuaikan. Dengan menjaga penguatan inverter pada nilai tetap, tegangan masukan DC dapat diubah untuk menghasilkan tegangan keluaran yang berubah-ubah. Sebaliknya, penguatan inverter dapat diubah untuk mendapatkan tegangan keluaran yang berubah-ubah jika tegangan masukan DC tetap dan tidak terkontrol. [12].

Streaming Current Monitor (SCM) adalah alat untuk mengukur muatan yang ada pada partikel kecil yang tersuspensi dalam air. SCM adalah instrumen yang dapat digunakan untuk mengukur stabilitas partikel terkoagulasi untuk kontrol umpan balik dosis koagulan. SCM dengan kontrol otomatis dosis koagulan secara konsisten menghasilkan kualitas air yang dapat diterima, bahkan selama periode perubahan kekeruhan air baku dan laju aliran

yang bervariasi. Ini meminimalkan di bawah dan overdosis koagulan [13].

SCADA merupakan sistem yang mengelola pemantauan dan pengendalian alat tertentu dari jarak jauh, sehingga operator dapat mengawasi dan mengatur alat tersebut melalui layar komputer tanpa harus berada di dekat alat itu secara langsung [14].

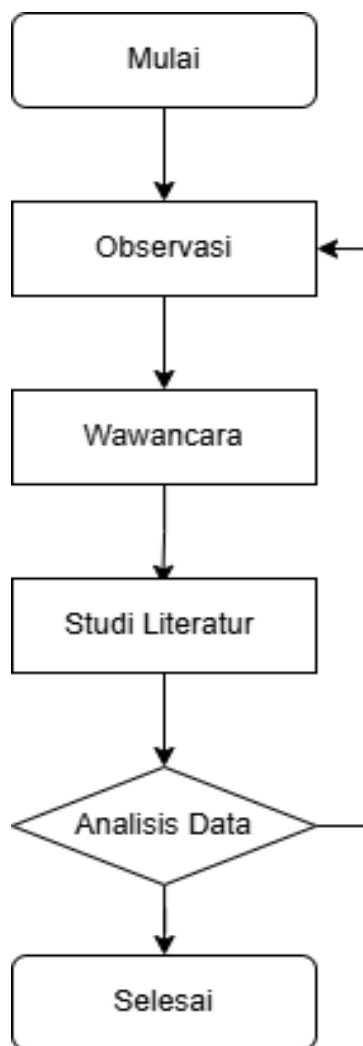
Sistem SCADA yang besar dapat mengawasi dan mengendalikan proses yang jauh lebih rumit. Secara umum, sistem SCADA memiliki empat fungsi utama, yaitu pengambilan data, komunikasi jaringan data, penyajian informasi, dan pengawasan proses. Keempat fungsi ini sepenuhnya didukung oleh empat komponen SCADA [15].

Mengendapkan partikel-partikel kecil dan meningkatkan kualitas air adalah tujuan dari proses koagulasi, yang membutuhkan pengendalian dosis alum secara tepat. PLC M221 akan mengontrol laju alir dan injeksi alum secara otomatis berdasarkan pengukuran dari *flowmeter* dan *Streaming Current Monitor* (SCM)

PLC M221 memungkinkan pengaturan dan pemantauan dosis alum secara otomatis berdasarkan parameter kualitas air secara real time, meminimalkan kesalahan manual selama proses pembubuhan alum dan menjaga kualitas air yang dihasilkan. Oleh karena itu dengan adanya implementasi sistem otomasi berbasis PLC M221 yang terintegrasi dengan SCADA dapat meningkatkan hasil yang terbaik dalam proses koagulasi.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PT Krakatau Tirta Industri selama satu bulan. Metode yang digunakan adalah pendekatan deskriptif, yang bertujuan untuk memberikan penjelasan secara rinci mengenai penerapan *Programmable Logic Controller* (PLC) M221 dalam tahap koagulasi pada proses pengolahan air. Pendekatan ini juga mengadopsi studi kasus untuk memahami bagaimana sistem PLC M221 diterapkan dan dijalankan di PT Krakatau Tirta Industri. Dalam penelitian ini, penulis mengumpulkan data melalui observasi, wawancara, dan kajian pustaka. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai efektivitas dan efisiensi penggunaan *Programmable Logic Controller* (PLC) M221 dalam tahap koagulasi pada pengolahan air di PT Krakatau Tirta Industri. Tahapan-tahapan dari penelitian tersebut akan ditampilkan dalam gambar berikut :

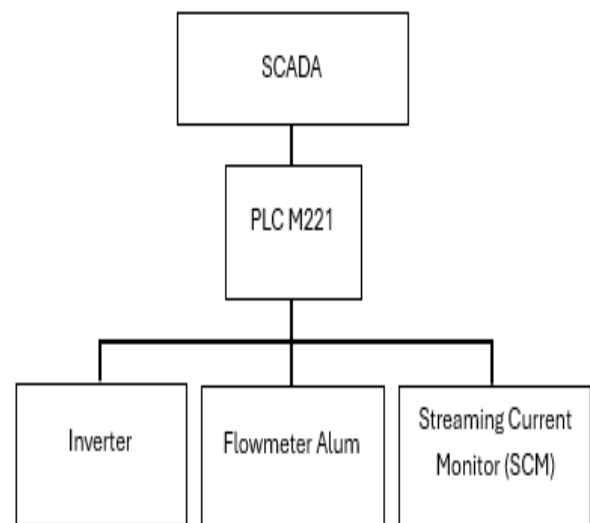


Gambar 1. Tahapan Penelitian

Untuk melakukan penelitian ini yaitu dengan mengumpulkan data dan informasi melalui observasi, wawancara, studi literatur, serta analisis data dari penggunaan PLC M221 dalam proses koagulasi. Dalam penelitian ini observasi dilakukan di lapangan secara langsung dengan melihat proses koagulasi serta melihat bagaimana PLC M221 digunakan dalam proses koagulasi. Wawancara dilakukan untuk menggali informasi mendalam dari operator mengenai penggunaan PLC M221, serta manfaat yang dirasakan dari penggunaan PLC M221 dalam proses koagulasi. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pemahaman teoretis tentang PLC, proses koagulasi, dan proses pengolahan air. Data yang dikumpulkan dari observasi, wawancara, dan studi literatur kemudian dianalisis. Setelah analisis selesai, hasil penelitian menemukan bahwa penerapan PLC M221 dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas pada proses koagulasi dalam sistem pengolahan air di PT Krakatau Tirta Industri.

3.1. Blok Diagram

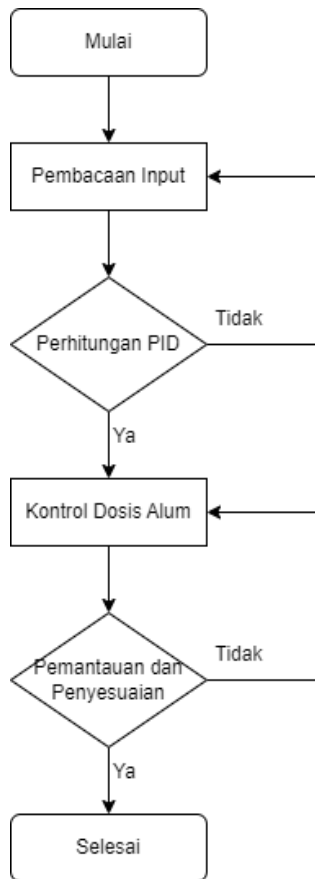
Blok diagram ini dibuat untuk memudahkan pemahaman alur dan langkah-langkah dengan cara yang jelas dan sistematis. Blok diagram ini dirancang dengan komponen yang di monitoring dan dapat berjalan secara real time. Blok diagram untuk penggunaan PLC M221 dalam proses koagulasi pada pengolahan air bersih di PT Krakatau Tirta Industri adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Blok Diagram

1. SCADA digunakan untuk memantau dan mengontrol seluruh sistem serta mengumpulkan data dari *Flowmeter*, inverter, dan *Streaming Current Monitor (SCM)*, yang kemudian mengirimkannya ke PLC M221.
2. PLC M221 digunakan untuk mengontrol operasi berdasarkan logika yang diprogram. PLC menerima input dari perangkat seperti inverter, *Flowmeter* alum, dan *Streaming Current Monitor*, lalu mengirim output untuk mengontrol proses koagulasi.
3. Inverter digunakan untuk mengontrol kecepatan pompa alum berdasarkan umpan balik dari laju aliran atau sistem *Streaming Current Monitor*.
4. *Flowmeter* alum digunakan untuk mengukur jumlah alum yang digunakan dalam proses koagulasi, serta menyediakan data real-time ke PLC M221.
5. *Streaming Current Monitor (SCM)* digunakan untuk mengukur muatan partikel dalam air untuk memastikan dosis alum yang tepat guna mengoptimalkan proses koagulasi

3.2. Flowchart Sistem



Gambar 3. Alur Proses Koagulasi

Proses dimulai ketika sistem menerima sinyal dari PLC M221 terintegrasi dengan SCADA. Pada awalnya, PLC M221 akan membaca inputan dari sensor, seperti Flowmeter untuk mengukur laju aliran alum, *Streaming Current Monitor* untuk mengukur muatan partikel dalam air agar dapat menerima dosis alum yang tepat, dan umpan balik dari inverter yang akan menunjukkan kecepatan dan status pompa tersebut. Setelah berhasil membaca inputan, PLC M221 akan menggunakan algoritma kontrol Proportional-Integral-Derivative (PID) untuk melakukan perhitungan dosis alum yang diinginkan. Apabila sistem PID berhasil, maka proses akan melanjutkan ke tahap kontrol dosis alum. Namun, jika PID tidak bekerja, PLC M221 akan kembali membaca inputan. Berdasarkan perhitungan PID, PLC M221 akan mengontrol dosis alum agar sesuai dengan kebutuhan untuk mencapai proses koagulasi yang optimal. Setelah itu PLC M221 akan memantau hasil dari proses koagulasi dengan melihat data dari sensor serta melakukan penyesuaian dosis alum yang digunakan. Jika pemantauan menunjukkan hasil yang sesuai dengan parameter yang ditetapkan, maka proses selesai.

Namun jika tidak sesuai, maka proses akan kembali untuk melakukan penyesuaian kontrol dosis alum.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, penggunaan PLC M221 dalam tahap koagulasi pada pengolahan air bersih dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses koagulasi. Aliran alum dapat disesuaikan secara real-time sesuai dengan kebutuhan. SCM digunakan untuk memantau aliran alum dan memberikan indikator yang baik dalam mengontrol kualitas air baku pada proses koagulasi. Saat sistem beroperasi secara otomatis, dosis alum akan menjadi lebih rendah daripada saat sistem beroperasi secara manual.

4.1. Ladder Diagram PLC M221



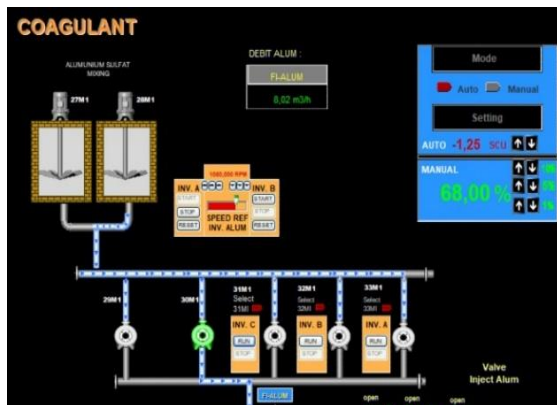
Sumber : PT Krakatau Tirta Industri

Gambar 4. Ladder Diagram PLC M221

Gambar 4 merupakan ladder diagram yang digunakan untuk mengontrol inverter. Dimana setiap inverter akan diaktifkan berdasarkan sinyal input dari PLC M221, yang didasarkan pada pengukuran dari Flowmeter dan SCM. Dalam ladder tersebut terdapat pengaturan proteksi yang digunakan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada inverter serta untuk memastikan bahwa proses berjalan sesuai dengan parameter yang diinginkan.

Ladder diagram tersebut digunakan sebagai kontrol selektif terhadap tiga inverter yang diaktifkan berdasarkan input dan pemeriksaan proteksi, dimana keluaran akhirnya akan mengendalikan inverter menggunakan sinyal PID (*Proportional-Integral-Derivative*). Ladder diagram pada rung 3 akan bekerja jika INV 1 aktif dan proteksi 31MI tidak aktif maka output %QW4.0 aktif. Begitupun dengan rung 4 yang akan bekerja jika INV 2 aktif dan proteksi 32MI tidak aktif maka output %QW4.1 akan aktif. Serta juga untuk rung 5 bekerja jika INV 3 aktif dan proteksi 33MI tidak aktif maka output %QW2.0 akan aktif.

4.2. Desain Penelitian Proses Koagulasi Menggunakan PLC M221.

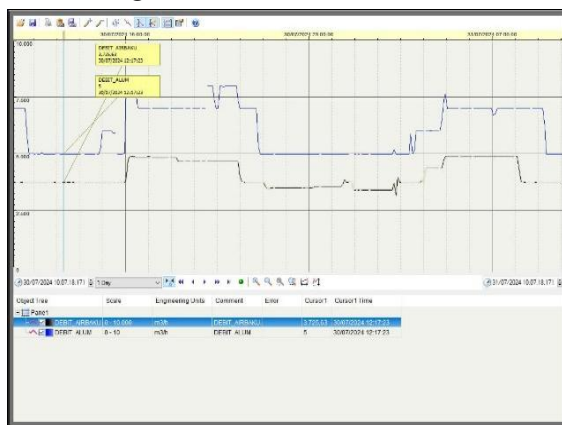


Sumber : PT Krakatau Tirta Industri

Gambar 5. Tampilan SCADA Proses Koagulasi

Gambar 5 merupakan tampilan monitoring SCADA yang menunjukkan pemantauan real-time dari proses penyesuaian dosis alum. Pada gambar terdapat aluminium sulfat mixing yang digunakan untuk mencampurkan alum dengan air. lalu terdapat inverter (INV A, INV B, dan INV C) yang digunakan untuk mengontrol serta mengatur kecepatan pompa sesuai kebutuhan. Dan juga disetiap pompa memiliki status RUN dan STOP, serta reset button yang digunakan untuk memulihkan kondisi apabila terjadinya kesalahan. Terdapat juga tampilan debit alum atau aliran alum untuk mengetahui laju aliran alum. Serta terdapat juga katup injeksi alum yang dapat terbuka maupun tertutup tergantung pada aliran alum. Dan didalam gambar terdapat tampilan mode operasi yang digunakan untuk memilih mode operasi yaitu mode auto atau manual, pada mode auto set point akan ditetapkan dengan presentase tertentu, sedangkan pada manual persentase dosis alum dapat diatur secara langsung.

4.3. Grafik Penggunaan PLC M221 Dalam Proses Koagulasi



Sumber : PT Krakatau Tirta Industri

Gambar 6. Grafik Debit Air dan Alum

Gambar 6 merupakan grafik dari sistem monitoring debit air dan alum. Grafik ini digunakan untuk memantau hubungan antara laju aliran air baku yang masuk dan jumlah alum yang ditambahkan. Grafik ini merupakan output dari penggunaan PLC M221 dalam tahap koagulasi, yang secara otomatis dapat mengontrol jumlah alum yang ditambahkan ke air berdasarkan persentase debit aliran air baku yang terdeteksi. Jika aliran air baku meningkat maka PLC M221 akan mengatur jumlah alum yang ditambahkan agar lebih banyak, dan juga sebaliknya. Dengan adanya grafik ini operator dapat dengan mudah melihat data secara real time serta operator dapat menentukan sesuai atau tidak jumlah alum yang ditambahkan dengan debit air baku, sehingga dapat dilakukan penyesuaian.

Dengan adanya implementasi PLC M221, proses koagulasi di PT Krakatau Tirta Industri dapat berjalan secara efektif dan juga efisien karena dapat mengatur dosis alum yang sesuai dengan kebutuhan, serta dapat memantau laju aliran alum dan debit air baku secara real time. Dengan pengaturan otomatis laju pompa menggunakan PLC M221, penggunaan alum dapat dioptimalkan. Sistem hanya akan menggunakan alum sesuai dengan kebutuhan, sehingga dapat mengurangi pemborosan dan meningkatkan efisiensi biaya operasional.

5. KESIMPULAN

Implementasi *Programmable Logic Controller* (PLC) M221 di PT Krakatau Tirta Industri telah berhasil meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses koagulasi dalam sistem pengolahan air bersih. Dengan penggunaan PLC M221, laju aliran alum dapat disesuaikan secara real-time berdasarkan kebutuhan proses, yang dapat mengoptimalkan penggunaan alum serta dapat mengurangi dosis alum yang tidak diperlukan.

Dengan adanya implementasi PLC M221 dapat memungkinkan pemantauan yang lebih akurat terhadap kualitas air dan pengendalian proses yang lebih baik, sehingga meminimalkan risiko kesalahan manual. Penggunaan *Streaming Current Monitor* (SCM) sebagai umpan balik dalam proses ini dapat menunjukkan bahwa dosis alum yang diberikan sesuai dengan kondisi air baku, sehingga meningkatkan stabilitas dan kualitas air yang akan dihasilkan.

Secara keseluruhan, penggunaan PLC M221 dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi biaya karena penggunaan bahan alum dapat diminimalkan. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi otomasi dapat meningkatkan kualitas proses industri, terutama proses koagulasi dalam

sistem pengolahan air bersih di PT Krakatau Tirta Industri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Faradilla, "KAJIAN RISIKO PENGOLAHAN AIR BERSIH PT KRAKATAU TIRTA INDUSTRI MENGGUNAKAN METODE FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS".
- [2] A. D. Pulungan, "Evaluasi Pemberian Dosis Koagulan Aluminium Sulfat Cair Dan Bubuk Pada Sistem Dosing Koagulan Di Instalasi Pengolahan Air Minum PT," *Krakatau Tirta Industri.(Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor*, vol. 76, 2012.
- [3] H. Setyawati, L. A. ST Salamia, and S. A. Sari, "Penerapan Penggunaan Serbuk Biji Kelor Sebagai Koagulan Pada Proses Koagulasi Flokulasi Limbah Cair Pabrik Tahu Di Sentra Industri Tahu Kota Malang," *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, vol. 8, no. 1, pp. 21–31, 2018.
- [4] E. U. Lolo, Y. S. Pambudi, R. I. Gunawan, and W. Widiyanto, "Pengaruh koagulan pac dan tawas terhadap surfaktan dan kecepatan pengendapan flok dalam proses koagulasi flokulasi," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 5, no. 4, 2020.
- [5] I. D. A. Sutapa, "Optimalisasi Dosis Koagulan Aluminium Sulfat Dan Poli-Aluminium Klorida (Pac) Untuk Pengolahan Air Sungai Tanjung Dan Krueng Raya," *Jurnal Teknik Hidraulik*, vol. 5, no. 1, pp. 29–42, 2014.
- [6] S. Suhendar, "Desain & Simulasi PENGATURAN PENGGERAK LISTRIK MENGGUNAKAN PLC DAN JSL," 2016, *UNTIRTA PRESS DENGAN LP3M UNTIRTA*.
- [7] S. Alamsyah and A. Saleh, "Perancangan sistem kontrol plc pada mesin bending rol pipa," *Jurnal TEDC*, vol. 13, no. 3, pp. 228–232, 2019.
- [8] R. Rimbawati, C. Cholish, E. Saputro, and P. Harahap, "Perancangan Sistem Kontrol Penstabil Tegangan Menggunakan PLC M221 Pada PLTMH Bintang Asih," *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 62–70, 2021.
- [9] A. W. Pradana and R. Rahmانيar, "ANALISIS OPTIMALISASI PLC MESIN INJECT / PRODUKSI DI PT. ILHAM PRIMA SAKTI," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 3, Jul. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i3.6584.
- [10] F. Febrianti, S. A. Wibowo, and N. Vendyansyah, "Implementasi IoT (Internet of Things) Monitoring Kualitas Air dan Sistem Administrasi Pada Pengelola Air Bersih Skala kecil," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 5, no. 1, pp. 171–178, 2021.
- [11] A. T. Nugraha and Chusnia Febrianti, "Implementasi Sensor Flowmeter pada Auxiliary Engine Kapal Berbasis Outseal PLC," *Journal of Computer Electronic and Telecommunications*, vol. 3, no. 2, Dec. 2022, doi: 10.52435/complete.v3i2.188.
- [12] S. SAODAH and S. R. I. Utami, "Perancangan Sistem grid tie inverter pada pembangkit listrik tenaga surya," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 7, no. 2, p. 339, 2019.
- [13] RAHMA, "STUDI PENGGUNAAN STREAMING CURRENT MONITOR (SCM) DALAM PENENTUAN DOSIS OPTIMUM KOAGULAN PADA IPA MOJOLAMONG KABUPATEN MOJOKERTO," 2021.
- [14] S. Uddin and D. Dwi Suharso, "Monitoring and Control of a Variable Frequency Drive Using PLC and SCADA," *Jurnal Nasional Komputasi dan Teknologi Informasi*, vol. 5, no. 6, 2022.
- [15] H. Kusuma Bharata and B. Saleh, "PEMANFAATAN JARINGAN LAN UNTUK INTEGRASI SCADA DENGAN APLIKASI HUMAN MACHINE INTERFACE PADA SISTEM MONITORING PRODUKSI (Studi Kasus di Pabrik Kaca PT XYZ)," *JURNAL GERBANG*, vol. 9, no. 2, 2019.