

Sistem Kendali Pembubuhan Aluminium Sulfat Menggunakan PLC Schneider Tm221 Pada Dosing Station di PT Krakatau Tirta Industri

Muamar Ilham Zaini ^{1*}, Desmira ²

¹Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan /Pendidikan Vokasional Teknik Elektro/Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia

² Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan /Pendidikan Vokasional Teknik Elektro/Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia

Email : 2283200035@untirta.ac.id ^{1*}, desmira@untirta.ac.id ²

Alamat Kampus: Jl. Ciwaru Raya, Cipare, Kec. Serang, Kota Serang Banten 42117

Korespondensi penulis: 2283200035@untirta.ac.id

Abstract. The aluminum sulfate (alum) affixing control system is an important aspect of the water treatment process at PT Krakatau Tirta Industri. This research discusses the implementation of the Schneider TM221 Programmable Logic Controller (PLC) as a control system at a dosing station to automate the alum affixing process precisely and efficiently. The aim of using this PLC is to increase dosage accuracy, improve water quality, and minimize waste of chemicals. In this system, the Schneider TM221 PLC is used to regulate the flow of chemicals based on predetermined parameters, such as the level of water requirements and the required alum concentration. The designed control system includes integration between flow sensors, pumps and Human Machine Interface (HMI) devices to monitor processes in real-time and provide automatic responses to changes in operational conditions. The research results show that the use of the Schneider TM221 PLC is able to increase the efficiency of the alum affixing process compared to manual or semi-automatic methods. This system also reduces operational errors, increases process stability, and provides better diagnostic and maintenance capabilities. Thus, the application of the Schneider TM221 PLC at the dosing station at PT Krakatau Tirta Industri contributes significantly to improving the quality of water treatment process control

Keywords: Control, Alum, PLC, Automation

Abstrak. Sistem kendali pembubuhan aluminium sulfat (alum) merupakan salah satu aspek penting dalam proses pengolahan air di PT Krakatau Tirta Industri. Penelitian ini membahas implementasi Programmable Logic Controller (PLC) Schneider TM221 sebagai sistem kendali pada dosing station untuk mengotomatisasi proses pembubuhan alum secara presisi dan efisien. Tujuan dari penggunaan PLC ini adalah untuk meningkatkan akurasi dosis, memperbaiki kualitas air, serta meminimalkan pemborosan bahan kimia. Pada sistem ini, PLC Schneider TM221 digunakan untuk mengatur aliran bahan kimia berdasarkan parameter yang telah ditentukan sebelumnya, seperti tingkat kebutuhan air dan konsentrasi alum yang dibutuhkan. Sistem kendali yang dirancang mencakup integrasi antara sensor aliran, pompa, dan perangkat Human Machine Interface (HMI) untuk memonitor proses secara real-time dan memberikan respons otomatis terhadap perubahan kondisi operasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan PLC Schneider TM221 mampu meningkatkan efisiensi proses pembubuhan alum dibandingkan dengan metode manual atau semi-otomatis. Sistem ini juga berhasil mengurangi kesalahan operasional, meningkatkan stabilitas proses, serta memberikan kemampuan diagnostik dan perawatan yang lebih baik. Dengan demikian, penerapan PLC Schneider TM221 pada dosing station di PT Krakatau Tirta Industri berkontribusi signifikan dalam meningkatkan kualitas kontrol proses pengolahan air.

Kata kunci: Kendali, Alum, PLC, Otomatisasi

1. LATAR BELAKANG

Proses pengolahan air di industri memerlukan pengendalian yang akurat untuk menjaga kualitas air yang dihasilkan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Salah satu tahapan penting dalam pengolahan air adalah proses pembubuhan bahan kimia seperti aluminium sulfat (alum) yang berfungsi sebagai koagulan untuk mengendapkan partikel

tersuspensi dalam air. Koagulasi ini menjadi kunci untuk menjernihkan air sebelum melalui tahap filtrasi selanjutnya.

PT Krakatau Tirta Industri sebagai salah satu perusahaan pengolahan air bersih di Indonesia menghadapi tantangan dalam memastikan proses pembubuhan alum berjalan dengan efisien dan tepat dosis. Dalam upaya meningkatkan efisiensi dan akurasi proses ini, sistem kendali otomatis berbasis Programmable Logic Controller (PLC) sangat dibutuhkan. Penggunaan PLC memungkinkan pemantauan dan pengendalian yang lebih akurat dan terotomasi, yang pada akhirnya akan meningkatkan kualitas dan konsistensi air hasil pengolahan.

PLC Schneider TM221 dipilih sebagai perangkat utama dalam sistem kendali pembubuhan alum di dosing station PT Krakatau Tirta Industri karena kemampuannya yang andal dan fleksibel untuk mengatur berbagai parameter operasional secara real-time. Sistem ini dapat mengatur aliran alum sesuai dengan kebutuhan, mendeteksi kesalahan operasional, serta memberikan respon yang cepat terhadap perubahan kondisi operasional.

Implementasi sistem kendali ini diharapkan dapat meminimalkan kesalahan manusia, meningkatkan efisiensi operasional, serta mengurangi pemborosan bahan kimia. Oleh karena itu, penelitian mengenai "Sistem Kendali Pembubuhan Aluminium Sulfat Menggunakan PLC Schneider TM221 pada Dosing Station di PT Krakatau Tirta Industri" ini menjadi sangat relevan. Penelitian ini bertujuan memahami proses pembubuhan Alumunium sulfat baik secara prinsip kerja dan program PLC, dan performa sistem kendali yang diterapkan, serta manfaat yang dihasilkan bagi industri.

2. KAJIAN TEORITIS

Sistem Kendali

Beberapa industri sudah menerapkan Sistem kendali kompleks. Sistem kendali atau system control adalah suatu alat (kumpulan alat) untuk mengendalikan, memerintahkan, dan mengatur keadaan dari suatu sistem. Istilah sistem kendali ini dapat dipraktikan secara manual untuk mengendalikan stri mobil pada saat kita mengendarai/ menyetir mobil kita. Dalam sistem yang otomatis ini sering dipakai untuk peluru kendali sehingga peluru akan mencapai sasaran yang diinginkan. Tujuan utama dari suatu sistem pengontrolan adalah untuk mendapatkan optimalisasi dimana hal ini dapat diperoleh berdasarkan fungsi daripada sistem control itu sendiri yaitu : pengukuran (measurement), membandingkan (comparison), pencacatan dan perhitungan (computation) dan perbaikan (correction).

Secara umum sistem control dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- a. Dengan operator (manual) dan otomatis
- b. Jaringan tertutup (closed loop) dan jaringan terbuka (open loop)

Pengontrolan secara manual adalah pengontrolan yang dilakukan oleh manusia yang bertindak sebagai operator, sedangkan pengontrolan secara otomatis adalah pengontrolan yang dilakukan oleh mesin – mesin atau peralatan yang bekerja secara otomatis dan pengoperasiannya dibawah pengawasan manusia. (Noer,2021).

Sistem Kontrol Lingkar Terbuka (Open Loop) adalah sistem pengontrolan di mana besaran keluaran tidak memberikan efek terhadap besaran masukan, sehingga variable yang dikontrol tidak dapat dibandingkan terhadap harga yang diinginkan. Sedangkan Sistem Kontrol Lingkar Tertutup (Closed Loop) adalah sistem pengontrolan dimana besaran keluaran memberikan efek terhadap besaran masukan, sehingga besaran yang dikontrol dapat dibandingkan terhadap harga yang diinginkan. Selanjutnya, perbedaan harga yang terjadi antara besaran yang dikontrol dengan harga yang diinginkan digunakan sebagai koreksi yang merupakan sasaran pengontrolan (Allu, 2018).

Alumunium Sulfat

Alum (Alumunium Sulfat) berasal dari bahasa latin Alumen. Selain itu juga alum mempunyai beberapa nama lain seperti cake alum, filter alum, papermaker's alum dan alungenik. Alum lebih dikenal dimasyarakat dengan sebutan tawas. Alumunium sulfat merupakan mineral alumunium yang larut dalam air. Alum mempunyai rumus $(Al_2(SO_4)_3)$. Aluminium sulfat merupakan salah satu contoh garam rangkap. Alum kadangkala digunakan untuk menghentikan pendarahan karena dapat menyebabkan penggumpalan protein pada permukaan sel tanpa merusaknya. Alumunium sulfat digunakan pada pemurnian air, zat aditif pada makanan dan pembuatan kertas (Silitonga. 2019)

Pada industri pengolahan air bersih, industri kertas dan industri buah ketergantungan terhadap alum. Setiap tahapan industri pengolahan air bersih dan indsutri kertas pasti menggunakan alum dan belum ada zat yang bias menggantikan perannya. Alumunium Sulfat telah lama digunakan sebagai koagulan untuk menghilangkan warna pada air yang disebabkan oleh zat organik. Zat organic terdapat pada hampir semua air permukaan dan air tanah. Pengendalian pH pada proses koagulasi yang menggunakan koagulan logam, merupakan faktor penting dalam penyisihan zat organik pada air dengan alkalinitas yang tinggi. Peningkatan alkalinitas meningkatkan efisiensi koagulan tradisional disebabkan oleh sweep flocculation. Alumunium sulfat digunakan sebagai mordant, dalam pemurnian air, pembuatan kertas (Fitri, 2019).

Alumunium Sulfat terdapat wujud bentuk granular yang berisi 15% sampai 22% Alumunium oksida, sedangkan tawas dalam wujud cair berisi 50% alumunium oksida dosis tawas yang digunakan berkisar antara 20-250 mg/L pada nilai Ph antara 4,5 sampai 7, sehingga mampu memindahkan senyawa koloid dan unsur fosfor dalam limbah cair (Suharto. 2017).

Programmable Logic Controller

PLC (Programable Logic Controller) adalah suatu piranti basis control yang dapat di program bersifat logic yang digunakan untuk menggantikan sederet relay logic. Hal ini dapat terjadi karena prinsip kerja dari piranti tersebut yang dapat menerima data berupa sinyal analog dan digital dari beberapa komponen input (*input device*) yang terdapat pada sebuah proses pencucian mobil. Sinyal dari *input device* dapat berupa saklar-saklar, tombol-tombol tekan, peralatan pengindra, dsb (Mulyana, 2017).

Secara mendasar PLC adalah suatu peralatan kontrol yang dapat diprogram untuk mengontrol proses atau operasi mesin. Kontrol program dari PLC adalah menganalisa sinyal input kemudian mengatur keadaan output sesuai dengan keinginan pemakai. Keadaan input PLC digunakan dan disimpan didalam memory dimana PLC melakukan instruksi logika yang di program pada keadaan inputnya. (Jatmiko, 2015).

Prinsip Kerja PLC (Programmable Logic Controller). PLC merupakan peralatan elektronik yang dibangun dari mikroprosesor untuk memonitor keadaan dari peralatan input untuk kemudian di analisa sesuai dengan kebutuhan perencana (programmer) untuk mengontrol keadaan output. Menerima masukan dari sensor – sensor, melakukan proses perhitungan dari sinyal dan mengeluarkan sinyal hasil perhitungan program ke penggerak sinyal pengendali (Rusli.2012).

Sinyal input diberikan kedalam input card. Ada 2 jenis input card, yaitu :

- a. Analog input card
- b. Digital input card

Setiap input mempunyai alamat tertentu sehingga untuk mendeteksinya tergantung jenis PLC- nya. Sinyal output dikluarkan PLC sesuai dengan program yang dibuat oleh pemakai berdasarkan analisa keadan input. Ada 2 jenis output card, yaitu :

- a. analog output card
- b. digital output card

Setiap ouput card mempunyai alamat tertentu dan diproses oleh mikroprosesor menurut alamatnya. Banyaknya output tergantung jenis PLC nya (Jatmiko, 2015). Untuk melaksanakan sebagai kontrol system, PLC ini didukung oleh perangkat lunak yang

merupakan bagian penting dari PLC. Program PLC biasanya terdiri dari 2 jenis yaitu ladder diagram dan instruksi dasar diagram, setiap PLC mempunyai perbedaan dalam penulisan program (Jatmiko, 2015).

Adapun beberapa struktur dasar pada PLC sebagai berikut :

- a. Central Processing Unit (CPU), CPU berfungsi untuk mengontrol dan mengawasi semua pengoperasian dalam PLC, melaksanakan program yang disimpan didalam memory. Selain itu CPU juga memproses dan menghitung waktu memonitor waktu pelaksanaan perangkat lunak dan menterjemahkan program perantara yang berisi logika dan waktu yang dibutuhkan untuk komunikasi data dengan pemrogram.
- b. Memory, Memory yang terdapat dalam PLC berfungsi untuk menyimpan program dan memberikan lokasi —lokasi dimana hasil —hasil perhitungan dapat disimpan didalamnya. PLC menggunakan peralatan memory semi konduktor seperti RAM (Random Access Memory), ROM (Read Only Memory). dan PROM (Programmable Read Only Memory) RAM mempunyai waktu akses yang cepat dan program-program yang terdapat didalamnya dapat deprogram ulang sesuai dengan keinginan pemakainya. RAM disebut juga sebagai volatile memory, maksudnya program-program yang terdapat mudah hilang jika supply listrik padam. Dengan demikian untuk mengatasi supply listrik yang padam tersebut maka diberi supply cadangan daya listrik berupa baterai yang disimpan pada RAM. Seringkali CMOS RAM dipilih untuk pemakaian power yang rendah. Baterai ini mempunyai jangka waktu kira —kira lima tahun sebelum harus diganti.
- c. Input / Output, Sebagaimana PLC yang direncanakan untuk mengontrol sebuah proses atau operasi mesin, maka peran modul input / output sangatlah penting karena modul ini merupakan suatu perantara antara perangkat kontrol dengan CPU. Suatu peralatan yang dihubungkan ke PLC dimana mengirimkan suatu sinyal ke PLC dinamakan peralatan input. Sinyal masuk kedalam PLC melalui terminal atau melalui kaki - kaki penghubung pada unit. Tempat dimana sinyal memasuki PLC dinamakan input poin, Input poin ini memberikan suatu lokasi didalam memory dimana mewakili keadaannya, lokasi memori ini dinamakan input bit. Ada juga output bit di dalam memori dimana diberikan

HMI (Human Machine Interface)

HMI (*Human Machine Interface*) adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan teknologi mesin. HMI dapat berupa pengendali dan visualisasi status baik dengan manual maupun melalui visualisasi komputer yang bersifat *real time*. Sistem HMI biasanya

bekerja secara *online* dan *real time* dengan membaca data yang dikirimkan melalui I/O *port* yang digunakan oleh sistem *controller*-nya. *Port* yang biasanya digunakan untuk *controller* dan akan dibaca oleh HMI antara lain adalah *port com*, *port USB*, *port RS232* dan ada pula yang menggunakan *port serial* (Haryanto,2012).

Tugas dari HMI (*Human Machine Interface*) yaitu membuat visualisasi dari teknologi atau sistem secara nyata. Sehingga dengan desain HMI dapat disesuaikan sehingga memudahkan pekerjaan fisik. Tujuan dari HMI adalah untuk meningkatkan interaksi antara mesin dan operator melalui tampilan layar komputer dan memenuhi kebutuhan pengguna terhadap informasi sistem. HMI dapat berupa pengendalian dan visualisasi komputer yang bersifat *real time*. Suatu sistem bekerja dengan pemantauan langsung membutuhkan pekerja yang selalu siap memberikan informasi secara cepat, tepat dan handal tetapi hal ini tidak dapat dilakukan oleh manusia. Sesuai dengan tujuan dan tugas HMI (*Human Machine Interface*) maka, HMI (*Human Machine Interface*) dalam industri sangat penting peranannya dalam sistem *monitoring* dan kendali suatu sistem produksi sehingga dengan sistem ini dapat menghemat waktu dan tenaga kerja untuk pengamatan dan pengendalian setiap stasiun kerja produksi. Cara kerja *Human Machine Interface* dimulai dengan proses kerja alat. Urutan proses kerja mengacu pada diagram alir, pemilihan storage penyimpanan setelah itu mode operasi otomatis atau manual (Dasrill Putra, 2019).

Motor Induk Tiga Fasa

Motor arus bolak-balik (Motor AC) adalah suatu mesin yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik atau tenaga gerak, dimana tenaga gerak ini berupa perputaran pada poros motor. Salah satu jenis motor AC ini adalah motor induksi atau motor tak serempak. Dinamakan motor tak serempak (*asynchrone*) karena putaran poros motor tidak sama dengan putaran medan fluks magnet stator. Dengan kata lain, bahwa antara putaran rotor dan putaran fluks magnet terdapat selisih putaran yang disebut slip (Hartono, 2017).

Motor induksi tiga fasa merupakan motor listrik arus bolak-bailk yang paling banyak digunakan dalam dunia industri. Dinamakan motor induksi karena pada kenyataannya arus rotor motor ini bukan diperoleh dari suatu sumber listrik, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan antara putaran rotor dengan medan putar. Motor induksi tiga fasa berputar pada kecepatan yang pada dasarnya adalah konstan, mulai dari tidak berbeban sampai mencapai keadaan beban penuh. (Hardito, 2022).

Motor induksi polyphase banyak dipakai dikalangan industri. Ini berkaitan dengan beberapa keuntungannya, yaitu:

- a. Sangat sederhana dan daya tahan kuat (konstruksi tak pernah mengalami kerusakan, khususnya tipe rotor sangkar bajing).
- b. Harga relative murah dan perawatan mudah.
- c. Efisiensi tinggi. Pada kondisi berputar normal, tidak dibutuhkan sikat dan karenanya rugi daya yang ditimbulkan dapat dikurangi khususnya motor induksi rotor belitan.

Motor induksi tiga fasa semakin banyak digunakan karena penggunaan yang mudah, ketahanan yang tinggi, keandalan yang tinggi, efisiensi tinggi, biaya perawatan murah dan dapat melakukan self-starting dengan baik. Pada penggunaan dalam salah satu parameter yang terpenting adalah pengereman. Prinsip kerja Motor Induksi, apabila sumber tegangan tiga fasa ditetapkan pada kumparan stator akan timbul medan magnet putar dengan kecepatan. Medan magnet putar stator tersebut akan memotong batang penghantar pada rotor akibatnya pada kumparan rotor timbul tegangan induksi (Zuhal. 2004).

3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan berbagai metode untuk mengumpulkan data, meliputi studi literatur, observasi, wawancara, dan dokumentasi. Metode studi literatur digunakan untuk meninjau sumber-sumber teori yang relevan, sementara observasi memungkinkan penulis untuk secara langsung melihat dan menganalisis fenomena yang diteliti. Wawancara dilakukan untuk memperoleh informasi mendalam dari narasumber, dan dokumentasi berfungsi untuk mencatat dan menyimpan data yang diperoleh. Dengan menggabungkan metode-metode ini, penulis dapat memperoleh gambaran yang komprehensif dan mendalam tentang topik yang diteliti, serta memastikan validitas dan keakuratan data yang dikumpulkan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

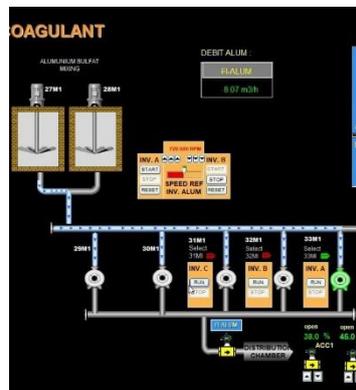
Dosing Station

Dosing Pump, yang juga dikenal sebagai pompa dosis kimia, merupakan perangkat khusus yang didesain untuk mengatur dan memompa bahan kimia dengan akurasi ke dalam aliran air atau cairan lainnya. Prosesnya melibatkan berbagai metode, di mana pompa dosis mengambil bahan kimia dari tangki penyimpanan dan kemudian menyuntikkan volume yang ditentukan ke dalam sistem yang memerlukan dosis. Dosing Pump menjadi kritis untuk menjaga kualitas, keamanan, dan efisiensi proses. Biasanya, pompa ini menggunakan motor

listrik kecil atau penggerak udara untuk memberikan daya dorong yang diperlukan. Pengontrol eksternal atau internal membantu mengatur parameter seperti laju aliran, fungsi on/off, dan memberikan alarm jika terjadi keadaan yang tidak diinginkan, memastikan operasi yang tepat dan aman. Dosis pump juga memainkan peran penting dalam menjaga lingkungan yang bersih dan aman. Dalam industri pengolahan air, pompa dosis digunakan untuk memastikan bahwa bahan kimia pengolahan air, seperti koagulan atau desinfektan, diaplikasikan dengan akurat untuk menjaga kualitas air yang layak konsumsi.

Human Machine Interface (HMI) Dosing Station

Human Machine Interface pada proses pembubuhan pada gudang kapur dan alumunium sulfat khususnya berfungsi sebagai tampilan penghubung yang menghubungkan antara operator yang berada di control room dengan mesin. HMI pada gudang kapur dan alumunium sulfat ini dapat di lihat seperti gambar dibawah ini



Gambar 1. HMI (Human Machine Interface) Dosing Station

Berikut adalah cara kerja dari sistem yang ditampilkan:

- a. Tangki Penyimpanan Aluminium Sulfat (27M1 dan 28M1).

Di bagian kiri atas terdapat dua tangki yang menyimpan aluminium sulfat dalam bentuk larutan atau bahan mentah. Larutan ini nantinya akan digunakan untuk proses koagulasi dalam pengolahan air. Tangki-tangki tersebut diberi label 27M1 dan 28M1.

- b. Inverter (Inverter A dan B)

Sistem dilengkapi dengan dua inverter (INV A dan INV B) yang mengatur kecepatan pompa penginjeksian aluminium sulfat. Inverter ini terhubung dengan pompa dosing untuk memastikan jumlah aluminium sulfat yang tepat ditambahkan ke aliran air berdasarkan laju alirannya. Terdapat pengaturan referensi kecepatan (Speed Ref) yang diatur untuk penginjeksian.

c. Pompa Dosing

Terdapat beberapa pompa dosing (29M1 hingga 33M1) yang digunakan untuk menginjeksikan larutan aluminium sulfat dari tangki ke aliran air. Setiap pompa memiliki kontrol individu yang mengatur kapan pompa harus dijalankan (RUN) dan juga terdapat indikasi seleksi pompa (Select).

d. Pengukuran Debit Alum

Di bagian atas tengah gambar, terdapat pengukuran debit alum (FL_ALUM) yang menunjukkan laju penginjeksian alum ke dalam sistem, yaitu sebesar 8,07 m³/h (meter kubik per jam). Data ini sangat penting untuk memastikan dosis yang tepat ditambahkan ke dalam aliran air sesuai kebutuhan.

e. Distribusi dan Pipa

Setelah melalui pompa dosing, larutan aluminium sulfat dialirkan ke distributor chamber untuk dicampurkan dengan air. Sistem ini memastikan distribusi alum yang merata ke seluruh air yang diolah.

f. Pengaturan Inverter dan Monitoring

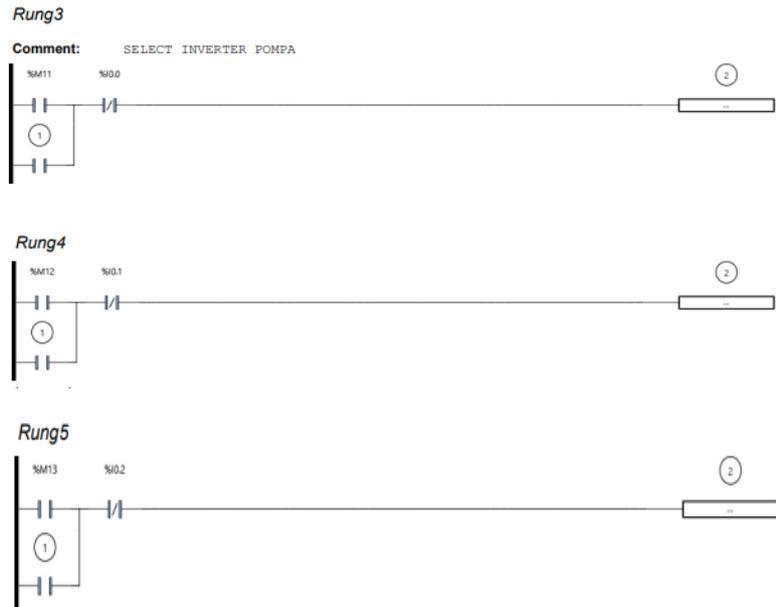
Terdapat panel kontrol untuk memulai (START), menghentikan (STOP), serta mereset (RESET) operasi inverter dan pompa. Sistem juga menunjukkan set point dan status operasi dari sistem distribusi alum dengan beberapa indikator untuk memantau kondisi seperti tekanan dan arus.

g. Monitoring Sistem

Di sisi kanan bawah, ada indikator untuk parameter seperti arus, tekanan, dan status sistem secara keseluruhan. Sistem kontrol ini memastikan bahwa operator dapat memantau kinerja dari pompa dosing dan inverter serta memastikan bahwa seluruh proses pembubuhan alum berjalan dengan baik.

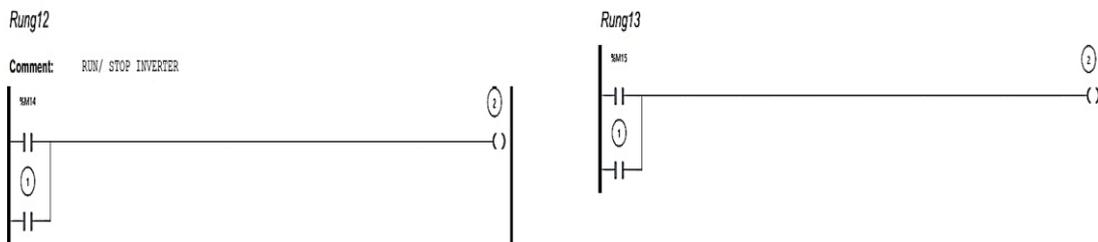
Program plc pembubuhan

Pada program PLC aluminium sulfat, digunakan bahasa pemrograman diagram ladder untuk mengendalikan proses secara otomatis. Program ini dirancang agar memudahkan pengoperasian dan pemantauan sistem dosing aluminium sulfat pada dosing station. Berikut ini adalah gambar diagram ladder yang menunjukkan logika kendali untuk mengatur pompa, inverter, dan proses pembubuhan aluminium sulfat sesuai dengan kebutuhan sistem



Gambar 2. Ladder Diagram Dosing Station

Pada gambar 3 merupakan gambar diagram ladder select inverter pompa dosing station. Pada rung 3,4 dan 5 bertanggung jawab untuk menonaktifkan dan mengaktifkan pompa inverter. Pompa inverter bisa digunakan secara bergantian sesuai dengan kebutuhan yang ingin digunakan.



Gambar 3. Ladder Diagram Dosing Station

Pada diagram ladder sistem kontrol dosing station, rung 12 dan rung 13 bertanggung jawab untuk mengaktifkan atau menonaktifkan inverter berdasarkan input yang diterima. Sistem ini menyediakan kontrol yang mudah dan jelas untuk menyalakan dan mematikan inverter dalam dosing station. Dengan desain ini, operator dapat dengan cepat dan efisien mengelola proses dosing, memastikan bahwa inverter berfungsi sesuai kebutuhan operasional dan meningkatkan keandalan sistem secara keseluruhan.

Perbandingan Efektivitas Dosing Station Menggunakan PLC dan tanpa Menggunakan PLC

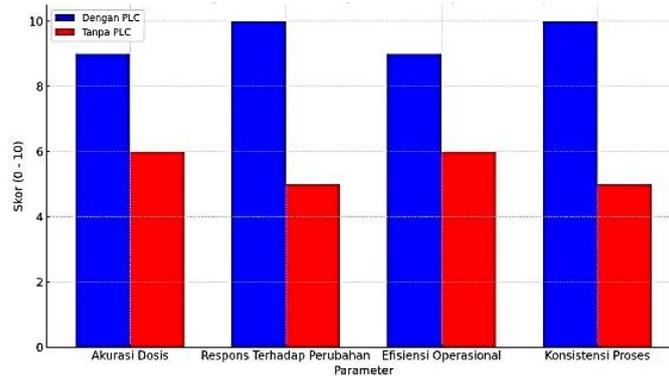
Perbandingan efektivitas antara **dosing station yang menggunakan PLC Schneider TM221** dengan **dosing station tanpa PLC** dalam hal sistem kendali pembubuhan bahan kimia seperti aluminium sulfat (alum):

Tabel 1. Perbandingan

Aspek	Menggunakan PLC Schneider TM221	Tanpa PLC (Sistem Manual atau Semi-otomatis)
1. Pengendalian Proses	Kendali otomatis, berbasis logika terprogram, dapat merespons perubahan kondisi secara real-time.	Pengendalian manual atau semi-otomatis, bergantung pada operator untuk menyesuaikan laju injeksi.
2. Akurasi Dosis	Dosis bahan kimia yang dibutuhkan bisa sangat akurat, diatur oleh sensor dan program.	Sulit mencapai akurasi tinggi karena penyesuaian manual oleh operator. Fluktuasi lebih besar mungkin terjadi.
3. Pemantauan dan Kontrol	Dapat memantau kondisi proses dan parameter (seperti laju aliran, tekanan, pH) secara terus-menerus dan mengatur dosis secara otomatis.	Pemantauan sering kali dilakukan secara visual atau melalui alat ukur analog yang harus diperiksa secara berkala oleh operator.
4. Efisiensi Operasional	Operasi lebih efisien karena sistem dapat menyesuaikan dosis bahan kimia secara otomatis sesuai kebutuhan. Mengurangi pemborosan bahan kimia dan energi.	Efisiensi lebih rendah karena ketergantungan pada operator untuk melakukan penyesuaian, dan bisa terjadi over- atau under-dosing.
5. Respons Terhadap Perubahan	Respons cepat terhadap perubahan kualitas air (misalnya pH, kekeruhan) atau perubahan laju aliran air. Dosis bahan kimia dapat segera disesuaikan.	Lambat merespons perubahan, karena operator perlu mendeteksi perubahan secara manual dan melakukan penyesuaian.

6. Keamanan	Lebih aman karena otomatisasi mengurangi risiko kesalahan manusia, termasuk over-dosing atau under-dosing bahan kimia.	Risiko kesalahan lebih besar karena bergantung pada tindakan manual oleh operator, yang mungkin terpengaruh oleh kelelahan atau kesalahan manusia.
7. Konsistensi Proses	Tingkat konsistensi yang tinggi karena parameter yang ditetapkan pada PLC bisa dipertahankan sepanjang waktu.	Konsistensi lebih rendah karena dosis bisa bervariasi tergantung pada akurasi penyesuaian manual operator.
8. Pemeliharaan	Sistem PLC mungkin memerlukan pemeliharaan rutin pada perangkat keras dan perangkat lunak, namun lebih jarang membutuhkan intervensi manusia dalam pengoperasian sehari-hari.	Sistem manual lebih sederhana, namun memerlukan intervensi manusia yang lebih sering dan risiko kesalahan lebih tinggi.
9. Dokumentasi dan Data	PLC dapat mencatat dan menyimpan data operasional secara otomatis, memudahkan analisis dan pelaporan kinerja sistem.	Data operasional sering kali dicatat secara manual, sehingga rentan terhadap kesalahan pencatatan dan membutuhkan waktu lebih lama untuk proses dokumentasi.
10. Biaya Implementasi	Biaya awal lebih tinggi karena membutuhkan perangkat keras dan perangkat lunak PLC serta instalasi dan pemrograman.	Biaya awal lebih rendah, tetapi biaya operasional bisa lebih tinggi karena ketergantungan pada tenaga manusia dan inefisiensi dalam penggunaan bahan kimia.
11. Skalabilitas dan Fleksibilitas	Sistem dengan PLC mudah untuk diperbarui, dikembangkan, atau disesuaikan dengan kondisi baru (misalnya, penambahan sensor atau perbaikan program).	Sistem manual lebih sulit untuk diintegrasikan dengan teknologi baru atau diubah sesuai dengan kondisi yang berubah.

Dosing station dengan PLC Schneider TM221 pengendalian otomatis yang akurat, respons cepat terhadap perubahan, efisiensi operasional, dan keamanan yang lebih tinggi. Untuk pengolahan air skala besar yang membutuhkan konsistensi dan dokumentasi proses. Dosing station tanpa PLC memiliki biaya awal yang lebih rendah, tetapi lebih rentan terhadap kesalahan manusia, kurang efisien, dan memerlukan lebih banyak pengawasan dan penyesuaian manual. Secara umum, penggunaan PLC pada dosing station sangat direkomendasikan untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi pengolahan air, terutama di industri skala besar seperti PT Krakatau Tirta Industri.



Gambar 4. Grafik

Grafik di atas menunjukkan perbandingan sistem dosing station dengan dan tanpa PLC berdasarkan empat parameter utama:

- Akurasi Dosis:** Sistem dengan PLC memiliki akurasi yang jauh lebih tinggi, karena PLC memungkinkan kontrol yang lebih presisi dibandingkan dengan sistem manual atau konvensional.
- Respons Terhadap Perubahan:** Sistem dengan PLC lebih cepat dalam merespons perubahan seperti perubahan volume atau komposisi cairan, dibandingkan dengan sistem tanpa PLC yang cenderung lambat dalam adaptasi.
- Efisiensi Operasional:** Sistem dengan PLC lebih efisien karena otomatisasi mengurangi intervensi manual, meningkatkan kecepatan operasi dan mengurangi kesalahan manusia.
- Konsistensi Proses:** Dengan PLC, konsistensi proses lebih terjaga karena program PLC bekerja secara otomatis tanpa adanya variasi yang disebabkan oleh faktor manusia, sementara sistem tanpa PLC lebih rentan terhadap variasi.

Dari grafik di atas, jelas bahwa penggunaan PLC meningkatkan performa sistem dosing station di hampir semua aspek yang diukur.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pembahasan, sistem kendali pembubuhan aluminium sulfat pada dosing station di PT Krakatau Tirta Industri menggunakan PLC Schneider TM221 secara efektif untuk mengelola dan mengontrol dosis aluminium sulfat. Penggunaan diagram ladder dalam program PLC memungkinkan pengaturan yang akurat dan otomatis terhadap inverter dan pompa dosing. Pada Rung 12 dan rung 13 diagram ladder bertugas untuk mengaktifkan atau menonaktifkan inverter sesuai dengan input yang diterima, memberikan kontrol yang sederhana namun efektif dalam pengoperasian sistem. Sistem ini berkontribusi pada pengoptimalan penggunaan bahan kimia, mengurangi pemborosan, serta memastikan kualitas air yang dihasilkan memenuhi standar yang ditetapkan. Kontrol otomatis ini juga meminimalkan kemungkinan kesalahan manusia dan mempermudah pemantauan serta pengaturan proses secara real-time melalui antarmuka HMI. Untuk meningkatkan efektivitas sistem kendali pembubuhan aluminium sulfat, disarankan agar dilakukan pemeliharaan berkala, Peningkatan sistem monitoring, evaluasi dan pengujian.

DAFTAR REFERENSI

- Aldo, D. P., & Risfendra. (2019). Perancangan human machine interface untuk sistem otomatis storage berbasis PLC. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, 5(1).
- Allu, N., & Toding, A. (2018). *Sistem kendali teori dan contoh soal dilengkapi dengan penyelesaian menggunakan MATLAB*. Yogyakarta: Deepublish.
- Hardito, A., & Nuryanto, L. E. (2022). Efek pengereman dinamis terhadap kecepatan motor tiga fasa. *ORBITH*, 18(1), 37–45.
- Hartono, B. P., & Nurcahyo, E. (2017). Analisis hemat energi pada inverter sebagai pengatur kecepatan motor induksi 3 fasa. *ELEKTRIKA*, 1(1), 1–10. ISSN: 2597-7296.
- Haryanto, H., & Hidayat, S. (2012). Perancangan HMI (Human Machine Interface) untuk pengendalian kecepatan motor DC. *Jurnal SETRUM*, 1(2). ISSN: 2301-4652. Cilegon: Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Jatmiko, P. (2015). *Programable logic controller, human machine interface and industrial part*. Jawa Barat: Kartanagari Group.
- Kencanawati, M., & Mustakim. (2017). Analisis pengolahan air bersih pada WTP PDAM Prapatan Kota Balikpapan. *Jurnal TRANSUKMA*, 2(2), 103–117.
- Nainggolan, H. (2011). *Pengolahan limbah cair industri perkebunan dan air gambut menjadi air bersih*. Medan: USU Press.

- Ningsih, S., & Hermawan, T. (2022). Pengaruh penambahan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)$ terhadap derajat keasaman air baku pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Keumueneng Langsa. *Quimica: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, 4(1).
- Noer, Z., & Dayana, I. (2021). *Buku sistem control*. Jawa Barat: Guepedia.
- Rusli, M. (2012). *Pengantar analisis dan desain programmable logic controller*. Malang: UB Press.
- Silitonga, S. S., Wayuningsih, P., & Amri, Y. (2019). Pengaruh penambahan koagulan tawas $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ terhadap tingkat kekeruhan sumber air baku di PDAM Kota Langsa Aceh. *Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, 1(1).
- Suharto. (2017). *Bioteknologi dalam bahan bakar nonfosil*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Zarlida, F. (2019). *Kimia unsur golongan utama*. Banda Aceh: Syiah Kuala University Press.
- Zuhal, Z. (2004). *Prinsip dasar elektroteknik*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.