

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri *Fast-Moving Consumer Goods* (FMCG), khususnya sektor produksi sabun, merupakan salah satu sektor manufaktur dengan kebutuhan bahan kimia yang sangat tinggi. *Caustic soda* (NaOH) atau natrium hidroksida merupakan bahan baku utama dalam proses saponifikasi, yakni reaksi kimia antara trigliserida dari lemak atau minyak dengan basa kuat yang menghasilkan sabun dan gliserol [1]. Pasar sabun global bernilai USD 34,6 miliar pada tahun 2023 dengan pertumbuhan tahunan sebesar 4,8%, dan seluruh produksi ini bergantung pada NaOH sebagai agen reaksi utamanya [2]. Pada skala industri, *caustic soda* umumnya digunakan dalam bentuk larutan cair berkonsentrasi 49–50%, yang memerlukan sistem penyimpanan bertangki khusus berkapasitas besar untuk menjamin ketersediaan pasokan bahan baku secara berkelanjutan [2]. Di balik perannya yang vital, *caustic soda* merupakan senyawa yang sangat korosif dengan pH mendekati 14, sehingga dapat menyebabkan luka bakar kimiawi parah pada kulit, mata, dan saluran pernapasan apabila terjadi paparan langsung [3]. Sifat korosifnya juga berpotensi merusak infrastruktur perpipaan dan sistem kontrol yang tidak kompatibel. Data dari Tennessee Department of Health menunjukkan bahwa sekitar 75% insiden pelepasan sodium hidroksida di lingkungan industri disebabkan oleh *human error* [4].

Kondisi ini menegaskan bahwa faktor manusia adalah titik kerentanan utama dalam operasional tangki *caustic soda*, dan bahwa sistem pengelolaan yang lebih terstruktur dan terautomasi merupakan kebutuhan yang tidak dapat ditawar.

Pada fasilitas produksi sabun yang menjadi objek penelitian ini, terdapat dua proses utama pemindahan *caustic soda*, yaitu proses bongkar dan proses transfer. Proses bongkar merupakan pemindahan cairan dari tangki truk menuju tangki penyimpanan utama melalui PIT penampung sementara, sedangkan proses transfer merupakan pendistribusian *caustic soda* dari tangki penyimpanan ke tangki-tangki di area *plant* produksi. Kedua proses tersebut saat ini masih dijalankan secara manual, di mana operator harus

mengoperasikan katup dan pompa secara langsung di lapangan. Pemantauan level tangki dilakukan secara visual tanpa instrumen terstandarisasi, sementara pencatatan data stok masih dilakukan secara konvensional tanpa integrasi sistem digital. Kondisi ini meningkatkan risiko kecelakaan kerja akibat paparan *caustic soda*, potensi *overflow*, kesalahan transfer antar tangki, serta menyulitkan investigasi ketika terjadi penyimpangan proses.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan implementasi sistem otomasi berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) yang diintegrasikan dengan SCADA, sensor Level Switch (LS) pada PIT, *Automatic Control Valve* (ACV), serta *Coriolis Mass Flow Meter* untuk monitoring aliran. Level Switch (LS) berfungsi mendeteksi kondisi level pada titik kritis PIT yakni kondisi High dan Low dan mengirimkan sinyal diskrit ke PLC sebagai salah satu syarat *permissive interlock* [5]. Automatic Control Valve (ACV) menggantikan katup manual dengan aktuator yang dikendalikan operator melalui SCADA, sehingga pengaturan aliran *caustic soda* dapat dilakukan secara terkontrol tanpa kehadiran fisik operator di area tangki [6]. Coriolis Mass Flow Meter digunakan untuk mengukur laju aliran massa secara akurat pada jalur masuk tangki, yang nilainya ditampilkan secara *real-time* di SCADA sebagai referensi monitoring operator [7]. Logika pengendalian sistem ini dirancang menggunakan metode *rule-based permissive interlock*, di mana PLC mendefinisikan serangkaian aturan kondisional berlapis yang harus dipenuhi secara bersamaan sebelum operator dapat mengeksekusi perintah *Start* melalui SCADA misalnya proses bongkar hanya dapat dijalankan apabila LS PIT mendeteksi kondisi High, ACV inlet dalam kondisi terbuka, dan pompa telah di-*enable* oleh operator. Pendekatan ini menempatkan PLC sebagai penjaga prosedur operasional, sementara operator tetap menjadi pengambil keputusan utama melalui antarmuka SCADA.

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkonfirmasi efektivitas arsitektur otomasi ini. Das et al. (2013) mengimplementasikan sistem otomasi level tangki berbasis PLC Siemens S7-300 dengan SCADA/HMI menggunakan WinCC, dan membuktikan bahwa sistem mampu mengendalikan level tangki secara otomatis sekaligus mencegah kondisi

overflowing melalui mekanisme alarm terintegrasi [8]. Min et al. (2019) mengembangkan sistem kontrol level seri multi-tangki berbasis PLC-HMI yang berhasil mengotomasi pengisian tangki dan menutup katup *inlet* secara otomatis ketika level telah mencapai batas yang ditetapkan [9]. Lebih spesifik, penelitian pada sistem distribusi cairan berbasis PLC dan SCADA memvalidasi bahwa konsep *permissive interlock* berbasis operator di mana sistem memblokir perintah *Start* apabila syarat proses belum terpenuhi mampu mencegah kesalahan operasional secara efektif sekaligus tetap memberikan kendali penuh kepada operator melalui antarmuka terpusat [10].

Berdasarkan uraian di atas, terdapat urgensi yang nyata untuk melakukan digitalisasi dan otomatisasi sistem tangki *caustic soda* pada fasilitas produksi sabun yang menjadi objek penelitian ini. Penelitian ini mengusulkan implementasi metode *rule-based permissive interlock* pada sistem kontrol dan monitoring tangki *caustic soda* berbasis PLC dan SCADA, sebagai pendekatan yang terstruktur untuk menjamin keamanan prosedur operasional secara sistematis. Implementasi sistem ini diharapkan mampu mengeliminasi risiko keselamatan kerja akibat operasi manual, meningkatkan akurasi monitoring aliran dan level, serta menyediakan basis data operasional yang terstruktur sebagai fondasi pengambilan keputusan berbasis data (*data-driven decision making*) di era industri modern.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana mengembangkan sistem otomasi tangki *caustic soda* berbasis PLC dan SCADA yang terintegrasi dengan *Level Switch*, *Automatic Control Valve*, dan *Flow Transmitter* pada fasilitas produksi sabun?
2. Bagaimana mengimplementasikan metode *rule-based interlock* pada PLC sebagai logika kendali antar tangki?
3. Bagaimana penerapan sistem kendali otomatis berbasis *rule-based interlock* dapat mengurangi risiko keselamatan kerja akibat intervensi fisik operator di area tangki *caustic soda*?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

1. Merancang sistem otomasi tangki *caustic soda* berbasis PLC dan SCADA yang terintegrasi dengan *Level Switch*, *Automatic Control Valve*, dan *Flow Transmitter*.
2. Mengimplementasikan metode *rule-based interlock* pada PLC sebagai logika kendali otomatis antar tangki.
3. Mengurangi risiko kecelakaan kerja dengan mengeliminasi intervensi fisik operator di area tangki *caustic soda* melalui sistem kendali otomatis.

1.4 Manfaat Tugas Akhir

1. Meningkatkan pemahaman dan kompetensi praktis dalam perancangan sistem kontrol otomasi industri berbasis PLC dan SCADA.
2. Mengembangkan kemampuan dalam mengimplementasikan metode *rule-based interlock* sebagai solusi nyata terhadap permasalahan keselamatan dan efisiensi operasional di lingkungan industri.
3. Melatih kemampuan analisis dan pemecahan masalah (problem solving) dalam konteks digitalisasi dan otomatisasi proses industri FMCG secara nyata.

1.5 Batasan Masalah

1. Lingkup Sistem Kontrol Penelitian ini hanya mencakup perancangan dan implementasi logika *rule-based permissive interlock* pada PLC untuk proses bongkar dan transfer *caustic soda*. Tidak mencakup perancangan sistem kontrol untuk fluida atau bahan kimia lain di luar *caustic soda*.
2. Instrumen yang Digunakan Sistem hanya menggunakan instrumen yang telah terpasang sesuai P&ID, yaitu *Level Switch* (LS) pada PIT, *Automatic Control Valve* (ACV), dan *Coriolis Mass Flow Meter*. Tidak dilakukan penambahan instrumen baru di luar yang telah direncanakan.
3. Antarmuka Operator Monitoring dan pengendalian sistem hanya dilakukan melalui antarmuka SCADA yang dirancang. Tidak mencakup pengembangan aplikasi *mobile*, *web-based dashboard*, maupun integrasi dengan platform *IoT* seperti Node-RED, ThingsBoard, atau

sejenisnya karena pengembangan tersebut berada di luar lingkup tanggung jawab divisi.

4. Jenis *Interlock Interlock* yang dirancang bersifat *permissive* hanya memblokir atau mengizinkan aksi operator, bukan *safety interlock* otomatis berstandar SIL (Safety Integrity Level) yang memerlukan sertifikasi.
5. Evaluasi Sistem Pengujian dan evaluasi sistem dilakukan dalam kondisi operasional normal.
6. Penelitian ini tidak melakukan analisis akurasi dinamis flowmeter secara detail karena sistem SCADA belum dilengkapi fitur *logging* data *flowrate* dan *timestamp* per detik, sehingga pengambilan data dilakukan secara manual berdasarkan interval waktu dalam satuan menit.

1.6 Sistematika Tugas Akhir

Penyusunan laporan tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan laporan yang terdiri atas beberapa bab dan lampiran sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini membahas tentang latar belakang masalah, tujuan tugas akhir, perumusan masalah, tujuan tugas akhir, manfaat tugas akhir, pembatasan masalah, dan sistematika tugas akhir.

BAB II DASAR TEORI

Dalam bab ini membahas mengenai teori-teori yang berkaitan dengan masing-masing bagian yang digunakan dalam Implementasi *Metode Rule Based Interlock* Pada Sistem Kontrol dan Monitoring

BAB III METODE PENELITIAN

Dalam bab ini membahas tentang rancang bangun alat yang terdiri dari diagram blok sistem, diagram alir sistem, spesifikasi, dan fungsi alat.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Dalam bab ini membahas tentang hasil pengujian dan analisa data yang diperoleh dari Implementasi *Metode Rule Based Interlock* Pada Sistem Kontrol dan Monitoring.

BAB V PENUTUP

Dalam bab ini memaparkan kesimpulan yang didapat dari hasil pengujian yang telah dilakukan dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**