

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem kontrol dan monitoring tangki caustic soda berbasis PLC dan SCADA dengan metode *rule-based interlock*, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem kontrol dan monitoring tangki caustic soda berhasil dirancang menggunakan PLC Allen-Bradley CompactLogix 1769-L24ER-QBFC1B yang terintegrasi dengan FactoryTalk View SE, Automatic Control Valve, Motor Pump, Level Switch, dan Flowmeter. Komunikasi antarperangkat menggunakan jaringan EtherNet/IP sebagai media komunikasi utama antara PLC, SCADA, dan *linking device*, sedangkan komunikasi antara flowmeter dan PLC dilakukan melalui PROFIBUS PA menggunakan 1788-EN2PAR sebagai *protocol gateway*. Implementasi Add-On Instruction (AOI) pada PLC menghasilkan program yang modular, mudah digunakan kembali (*reusable*), dan mampu mengendalikan seluruh peralatan proses secara terintegrasi.
2. Metode *rule-based interlock* berhasil diimplementasikan pada logika PLC menggunakan AOI Vact_Parameter_Doble, Motor2, TransferTank, dan LS_TYP. Implementasi tersebut menghasilkan tujuh aturan interlock utama. Seluruh aturan berhasil diverifikasi selama pengujian sehingga mampu mencegah konflik antarjalur transfer, aktivasi pompa sebelum valve terbuka, serta aktivasi bersamaan antara Route_1A dan Route_1B.
3. Pengujian respon sistem menunjukkan bahwa seluruh proses berjalan sesuai urutan operasi yang dirancang pada logika *rule-based interlock*. Waktu respon sistem pada proses start bongkar diperoleh sebesar 6,12 detik, yang terdiri atas waktu pembukaan valve dan proses stabilisasi aliran. Pada proses start transfer, sistem memerlukan waktu 10,12 detik, dipengaruhi oleh urutan pembukaan valve outlet, valve transfer, serta *Timer On Delay* selama 5 detik sebelum pompa diizinkan beroperasi. Proses stop bongkar memerlukan waktu 9,12 detik, sedangkan stop transfer memerlukan waktu 26,13 detik akibat implementasi mekanisme *TimerDelayStop* dan *Timer Unlatch* selama 10 detik yang dirancang untuk memberikan waktu

penurunan tekanan fluida sebelum valve ditutup. Hasil tersebut menunjukkan bahwa waktu respon sistem merupakan konsekuensi dari implementasi logika keselamatan proses (*process interlock*) yang bertujuan meminimalkan potensi water hammer serta menjaga urutan operasi aktuator secara aman.

4. Hasil pengujian komunikasi menunjukkan bahwa seluruh perangkat mampu bertukar data secara real-time. Data flowrate, totalizer, dan density dari flowmeter berhasil dikirim melalui jaringan PROFIBUS PA, dikonversi oleh 1788-EN2PAR menjadi EtherNet/IP, kemudian diproses oleh PLC dan ditampilkan pada SCADA dengan update rate sekitar ± 500 ms. Analisis terhadap data flowmeter menunjukkan rata-rata nilai flowrate SCADA sebesar 43.384,80 kg/jam, sedangkan hasil estimasi manual berdasarkan perubahan totalizer sebesar 40.592 kg/jam, dengan selisih 6,88%. Perbedaan tersebut disebabkan oleh keterbatasan metode verifikasi manual yang menggunakan resolusi waktu dalam satuan menit, bukan oleh ketidakakuratan sensor maupun sistem SCADA.
5. Implementasi sistem otomasi berbasis *rule-based interlock* berhasil meningkatkan aspek keselamatan kerja pada proses bongkar dan transfer caustic soda. Berdasarkan hasil Risk Assessment Matrix, nilai risiko pada kondisi operasional manual berada pada kategori *High Risk* dengan *Risk Score* sebesar 12 untuk setiap aktivitas utama. Setelah implementasi sistem, nilai risiko berhasil diturunkan melalui pengurangan intervensi langsung operator pada area tangki, otomatisasi pengoperasian *valve* dan pompa, serta penerapan logika interlock untuk mencegah kesalahan operasional. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan reduksi risiko keselamatan kerja sebesar 62,5%, sehingga dapat disimpulkan bahwa penerapan metode *rule-based interlock* efektif dalam meningkatkan keselamatan, keandalan, dan kontinuitas operasi pada sistem kontrol dan monitoring tangki *caustic* soda.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian yang dilakukan, terdapat beberapa hal yang dapat menjadi bahan pertimbangan untuk pengembangan dan penyempurnaan sistem pada penelitian atau implementasi selanjutnya, yaitu:

1. Disarankan untuk melakukan pengujian dengan metode pengukuran waktu yang lebih presisi, seperti menggunakan timestamp logging pada SCADA atau PLC trend, dibandingkan dengan observasi visual manual, untuk mendapatkan data waktu respon sistem yang lebih akurat.
2. Perlu dilakukan pengujian jangka panjang (long-term testing) untuk memvalidasi konsistensi performa rule-based *interlock* dalam berbagai skenario operasional, termasuk kondisi abnormal seperti kegagalan sensor atau aktuator
3. Pengujian flowmeter sebaiknya dilengkapi dengan pengukuran pembanding menggunakan metode alternatif (seperti pengukuran volume manual atau load cell pada tangki) untuk memvalidasi akurasi pembacaan sensor secara independen.