

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan pada sistem *monitoring* berbasis *Human Machine Interface* (HMI) Haiwell dengan Node-RED sebagai *gateway* komunikasi antara perangkat kontrol dan antarmuka *monitoring*, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem monitoring berbasis HMI Haiwell, Node-RED, dan OpenPLC telah berhasil dirancang dan diimplementasikan untuk melakukan proses *monitoring* serta pertukaran data pada parameter suhu, laju aliran air, dan ketinggian air. Integrasi sistem dilakukan menggunakan dua protokol komunikasi, yaitu Modbus TCP sebagai komunikasi antara perangkat kontrol dengan Node-RED dan MQTT sebagai komunikasi antara Node-RED dengan HMI.
2. Hasil pengujian transmisi data *monitoring* menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan kesesuaian nilai antara data yang diberikan melalui HMI dengan data yang diterima pada Node-RED. Pengujian pada parameter suhu PT100, laju aliran air YFS201, dan ketinggian air JSN-SR04T menunjukkan bahwa data dapat diterima tanpa mengalami perubahan nilai, sehingga sistem mampu menjaga integritas data selama proses transmisi berlangsung.
3. Hasil pengujian kinerja komunikasi menunjukkan bahwa protokol MQTT dan Modbus TCP mampu melakukan pertukaran data dengan baik. Meskipun nilai *latency* mengalami perubahan pada setiap kondisi pengujian, seluruh proses komunikasi tetap berjalan dengan status berhasil. Variasi nilai *latency* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kondisi jaringan, proses transmisi data, serta waktu pemrosesan pada perangkat komunikasi.
4. Hasil pengujian antarmuka Haiwell Cloud SCADA menunjukkan bahwa HMI mampu menjalankan fungsi *monitoring* dan supervisi dengan baik. Data parameter proses dapat ditampilkan secara *real-time*, serta operator dapat memberikan nilai referensi (*Setpoint*) melalui HMI yang kemudian diteruskan menuju sistem melalui jalur komunikasi yang telah dirancang.

5. Hasil pengujian pemulihan komunikasi menunjukkan bahwa sistem memiliki kemampuan untuk melakukan koneksi kembali setelah terjadi gangguan komunikasi pada jalur MQTT maupun Modbus TCP. Hal tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan fungsi monitoring meskipun mengalami gangguan sementara pada jaringan komunikasi.
6. Berdasarkan pengujian keseluruhan sistem, seluruh komponen yang terdiri dari HMI Haiwell, Node-RED, OpenPLC, dan protokol komunikasi yang digunakan mampu bekerja secara terintegrasi. Sistem dapat melakukan pembacaan data, proses pertukaran informasi, hingga visualisasi data monitoring sesuai dengan rancangan yang telah dibuat.
7. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan telah mampu memenuhi tujuan penelitian yaitu membangun sistem monitoring berbasis HMI dengan integrasi komunikasi Modbus TCP dan MQTT menggunakan Node-RED sebagai gateway komunikasi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat digunakan untuk pengembangan sistem selanjutnya, yaitu:

1. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan penyimpanan data historis (historical data logging) sehingga data monitoring tidak hanya dapat diamati secara real-time, tetapi juga dapat digunakan untuk analisis tren perubahan parameter dalam jangka waktu tertentu.
2. Pengembangan sistem selanjutnya dapat mempertimbangkan penggunaan metode komunikasi yang lebih stabil untuk lingkungan industri atau melakukan optimasi jaringan agar variasi nilai latency dapat diminimalkan.
3. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur keamanan komunikasi seperti autentikasi pengguna dan pengamanan akses jaringan untuk meningkatkan keandalan sistem apabila diterapkan pada lingkungan yang lebih luas.
4. Pengujian lanjutan dapat dilakukan dengan jumlah perangkat yang lebih banyak dan kondisi jaringan yang lebih kompleks untuk mengetahui

kemampuan skalabilitas sistem ketika diterapkan pada sistem industri sebenarnya.

5. Pengembangan antarmuka HMI dapat ditingkatkan dengan menambahkan fitur alarm, penyimpanan histori, laporan otomatis, serta visualisasi data yang lebih lengkap agar fungsi supervisi sistem menjadi lebih optimal.