



Sistem Monitoring Level Bahan Bakar Pada Kapal Berbasis Internet of Thing (Iot) Dengan Programmable Logic Controller (PLC) Dan Human Machine Interface (HMI)

Tugas Akhir

Oleh:

Frans pande bhakti paruntungan panjaitan (42125310124)

**Program Studi Teknik Mekatronika
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2026**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul: *Sistem Monitoring Level Bahan Bakar Pada Kapal Berbasis Internet of Thing (Iot) Dengan Programmable Logic Controller (PLC) Dan Human Machine Interface (HMI)* adalah **hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan**, dan **bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri**. Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 13 Juli 2026



Frans pande bhakti paruntungan panjaitan
NIM: 4212531024

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
di
Politeknik Negeri Batam

Oleh:
Frans Pande bhakti paruntungan panjaitan (4212531024)

Tanggal Sidang: 08 juli 2026

Disetujui oleh:



1. Daniel Sutopo Pamungkas, S.T.,M.T.,Ph.D
NIK: 100006

A large, bold, black handwritten signature, likely belonging to Daniel Sutopo Pamungkas.

1. Diono, S.Tr.T, M.sc.
NIK: 120243

A blue handwritten signature, likely belonging to Sulistiono.

2. Sulistiono, S.T., M.T.
NIK: 125367

Sistem *Monitoring Level* Bahan Bakar Pada Kapal Berbasis *Internet of Thing (Iot)* Dengan *Programmable Logic Controller (PLC)* Dan *Human Machine Interface (HMI)*

Abstrak

Efisiensi dan keamanan operasional kapal sangat dipengaruhi oleh pengelolaan bahan bakar yang akurat dan berkelanjutan. Metode pengukuran *level* bahan bakar secara manual (*sounding*) yang masih banyak digunakan memiliki beberapa kelemahan, seperti rentan terhadap kesalahan pembacaan (*human error*), membutuhkan waktu yang relatif lama, serta tidak mendukung pemantauan data secara real-time dari lokasi yang berbeda. Oleh karena itu, penelitian ini telah mengembangkan sistem monitoring *level* bahan bakar pada kapal berbasis *Internet of Things (IoT)* menggunakan *Programmable Logic Controller (PLC)* Mitsubishi FX3U-24MR dan *Human Machine Interface (HMI)* Haiwell B7H-W. Sensor tekanan digunakan untuk mendeteksi tinggi permukaan bahan bakar yang selanjutnya dikonversi menjadi nilai *level* dan volume tangki. Selain itu, sistem dilengkapi dengan fitur alarm untuk memberikan peringatan ketika *level* bahan bakar mencapai batas minimum maupun maksimum yang telah ditentukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor tekanan memiliki karakteristik linear yang sangat baik dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9999, sehingga mampu memberikan hasil pengukuran yang stabil dan presisi. Proses kalibrasi *scaling* pada PLC berhasil menurunkan error pembacaan *level* dari sekitar $\pm 1,2$ cm menjadi sekitar $\pm 0,1$ cm, bahkan mencapai 0 cm pada beberapa titik pengujian. Sistem juga mampu menampilkan data *level* dan volume bahan bakar secara real-time pada HMI, mengirimkan data ke Haiwell Cloud secara stabil, menjalankan fungsi alarm *low level* dan *high level* sesuai batas yang telah ditentukan, serta menerapkan pembatasan hak akses pengguna sehingga hanya administrator yang dapat mengubah parameter sistem. Berdasarkan hasil tersebut, sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan akurasi monitoring *level* bahan bakar, mengurangi potensi kesalahan pembacaan secara manual, serta mendukung proses pengambilan keputusan yang lebih cepat dan efektif bagi kru kapal maupun manajemen darat.

Kata kunci: Monitoring bahan bakar, IoT, PLC Mitsubishi FX3U-24MR, HMI Haiwell B7H-W.

Fuel Level Monitoring System on Ships Based on Internet of Things (IoT) with Programmable Logic Controller (PLC) and Human Machine Interface (HMI)

Abstract

The efficiency and operational safety of ships are highly influenced by accurate and sustainable fuel management. The manual fuel level measurement method (sounding), which is still widely used, has several limitations, including susceptibility to human error, relatively long measurement times, and the inability to support real-time remote monitoring. Therefore, this study developed an Internet of Things (IoT)-based fuel tank level monitoring system using a Mitsubishi FX3U-24MR Programmable Logic Controller (PLC) and a Haiwell B7H-W Human Machine Interface (HMI). A pressure sensor was employed to detect the fuel level based on hydrostatic pressure, which was subsequently converted into fuel level and tank volume values. In addition, the system was equipped with an alarm feature to provide notifications when the fuel level reached predefined minimum and maximum thresholds. The experimental results demonstrated that the pressure sensor exhibited excellent linear characteristics with a coefficient of determination (R^2) of 0.9999, indicating highly stable and accurate measurement performance. The PLC scaling calibration process successfully reduced the level measurement error from approximately ± 1.2 cm to approximately ± 0.1 cm, with zero error achieved at several measurement points. Furthermore, the system was capable of displaying fuel level and tank volume data in real time on the HMI, transmitting data reliably to the Haiwell Cloud platform, operating both low-level and high-level alarm functions according to predefined thresholds, and implementing user access control, allowing only administrators to modify system parameters. Based on these results, the developed system effectively improved the accuracy of fuel level monitoring, reduced the potential for manual measurement errors, and supported faster and more effective decision-making for both ship crews and onshore management.

Keywords: Fuel monitoring, IoT, PLC Mitsubishi FX3U-24MR, HMI Haiwell B7H-W.

Kata Pengantar

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, serta penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "*Sistem Monitoring Level Bahan Bakar Pada Kapal Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Programmable Logic Controller (PLC) dan Human Machine Interface (HMI)*" dengan baik. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma IV pada Program Studi Sarjana Terapan Mekatronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam. Penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dukungan, serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat, kesehatan, dan kekuatan yang diberikan kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir.
2. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan moral maupun material, serta motivasi yang tiada henti kepada penulis.
3. Direktur Politeknik Negeri Batam beserta seluruh jajaran pimpinan yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh Pendidikan
4. Bapak/Ibu Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam memberikan bimbingan, arahan, kritik, serta saran yang sangat berharga sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
5. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan Politeknik Negeri Batam yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, serta pelayanan akademik selama penulis menempuh pendidikan.
6. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan kontribusi dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat, menambah wawasan, serta menjadi referensi bagi mahasiswa, peneliti, maupun pihak lain yang ingin mengembangkan penelitian di bidang sistem otomasi, *Internet of Things (IoT)*, *Programmable Logic Controller (PLC)*, *Human Machine Interface (HMI)*, serta sistem *monitoring* industri.

Batam, 13 juli 2026



Frans pande bhakti paruntungan panjaitan

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir.....	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
<i>Abstract</i>	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel.....	ix
Bab 1. Pendahuluan.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat	3
1.5. Batasan	3
Bab 2. Tinjauan Pustaka	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Kondisi Lingkungan	8
2.3 Sistem <i>kontrol</i>	8
2.3.1 Signal Digital	9
2.3.2 Sinyal Analog.....	9
2.4 Komponen Pengembang <i>Monitoring</i> Sistem	10
2.4.1 Sensor <i>Pressure</i>	10
2.4.2 Sistem kontrol berbasis PLC Mitsubishi Fx3u-24MR Lollette	11
2.4.3 Step Down LM2596	12
2.4.4 Solenoid Valve	13
2.4.5 Pompa AD20P-1230B.....	14
2.4.6 HMI Haiwell <i>Cloud</i> SCADA B7H-W	15
2.5 Sistem Komunikasi	17

2.5.1 Protokol TCP/IP	17
2.5.1.3 SCADA	18
Bab 3. Metodologi Penelitian	20
3.1. Perancangan	20
3.1.1. Perancangan Alat.....	20
3.1.2. Perancangan Electrical.....	21
3.1.3 Perancangan SCADA	22
3.1.4 Perancangan Desain Mekanis.....	26
3.2. Alat dan Bahan	28
3.3. Pengujian	29
3.3.2. Pengujian sensor tekanan.....	29
3.3.2. Pengujian Program Scaling	31
3.3.3. <i>User Security</i>	32
Bab 4. Hasil dan Pembahasan.....	33
4.1. Kondisi Lingkungan	33
4.2. Hasil Pengujian	33
4.2.1 Hasil Kalibrasi Sensor tekanan (<i>Pressure</i>).....	33
4.2.2. Hasil Kalibrasi <i>scaling</i> program	37
4.2.3. Hasil pengujian akurasi pembacaan sensor	37
4.2.3. Hasil pengujian <i>security</i>	39
4.2.3.1. Hasil pengujian <i>security level Admin</i>	40
4.2.3.2. Hasil pengujian <i>security level User</i>	40
4.2.4. Hasil pengujian <i>Alarm Buzzer</i>	42
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	43
5.1. Kesimpulan	43
5.2. Saran	44
Daftar Pustaka	46
Lampiran.....	47

Daftar Gambar

Gambar 1. Sensor Pressure Tansducer	10
Gambar 2. PLC Mitsubishi Fx3u-24MR Lollette	11
Gambar 3. Step Down LM2596.....	13
Gambar 4. Solenoid Valve	14
Gambar 5. Pompa AD20P-1230B.....	15
Gambar 6. HMI Haiwell Cloud SCADA B7H-W	16
Gambar 7. Flow chart Perancangan Sistem	20
Gambar 8. Flowchat Perancangan Alat	21
Gambar 9. Perancangan Sistem <i>monitoring Level</i>	22
Gambar 10. Tampilan Menu Home	23
Gambar 11. Monitiring Fuel Oil Thank.....	24
Gambar 12. Data logger.....	25
Gambar 13. Tampilan List Alarm	26
Gambar 14. Desain mekanis	27
Gambar 15. Perancangan Secara Mekanis	28
Gambar 16. Progresi Linier Sensor Tekanan	36

Daftar Tabel

Tabel 1. Penelitian Terdahulu	4
Tabel 2. Spesifikasi Umum PLC Mitsubishi Fx3u-24MR Lollette	11
Tabel 3. Spesifikasi Umum HMI Haiwell Cloud SCADA B7H-W	16
Tabel 4. Estimasi Biaya Alat dan Bahan	29
Tabel 5. Table Kalibrasi Sensor Tekanan	30
Tabel 6. Tabel pengetesan user security	32
Tabel 7. Hasil Pengujian Sensor Tekanan	33
Tabel 8. Hasil Sebelum Scalling Data Sensor	37
Tabel 9. Hasil Setelah Melakukan Scalling	37
Tabel 10. Hasil Pengujian Akurasi Pembacaan Sensor	38
Tabel 11. Hasil Pengujian <i>Level</i> Security	42
Tabel 12. Hasil Pengujian Alarm <i>Buzzer</i>	42

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Dalam kegiatan pelayaran, pengelolaan bahan bakar minyak (BBM) merupakan faktor penting yang berpengaruh terhadap efisiensi operasional dan keselamatan kapal. Informasi mengenai *level* bahan bakar diperlukan untuk memastikan ketersediaan BBM selama pelayaran serta mendukung pengambilan keputusan operasional. Namun, pada sebagian kapal, pemantauan *level* bahan bakar masih dilakukan menggunakan metode konvensional seperti sounding manual dan indikator mekanis. Metode tersebut memiliki keterbatasan, antara lain tingkat akurasi yang rendah akibat pergerakan fluida di dalam tangki, keterlambatan pembaruan data, serta potensi terjadinya kesalahan manusia.

Perkembangan teknologi otomasi mendorong penggunaan sistem *monitoring* berbasis digital untuk meningkatkan keandalan pengukuran *level* bahan bakar. Beberapa sistem telah dikembangkan dengan memanfaatkan mikrokontroler karena kemudahan implementasi dan biaya yang relatif rendah. Akan tetapi, perangkat tersebut umumnya belum dirancang untuk memenuhi kebutuhan keandalan industri, khususnya pada lingkungan kapal yang memiliki getaran tinggi, perubahan suhu, dan gangguan elektromagnetik. Disisi lain, sistem *monitoring* komersial berstandar internasional menawarkan tingkat akurasi dan keandalan yang tinggi, namun membutuhkan biaya investasi dan pemeliharaan yang besar sehingga kurang ekonomis untuk kapal-kapal skala kecil dan menengah.

Selain itu, penggunaan PLC kelas atas pada beberapa penelitian sebelumnya mampu menghasilkan sistem yang andal, namun harga perangkat dan keterbatasan ketersediaan komponen menjadi kendala dalam penerapannya di industri pelayaran domestik. Kondisi ini menunjukkan adanya kebutuhan akan sistem *monitoring level* bahan bakar kapal yang andal, mudah diimplementasikan, dan memiliki biaya yang lebih terjangkau.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini merancang sistem *monitoring level* bahan bakar kapal berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC) Mitsubishi FX3U-24MR dan *Human Machine Interface* (HMI) Haiwell B7H-W. Sistem ini dirancang untuk menampilkan informasi *level* bahan bakar secara *real-time* melalui antarmuka HMI yang mudah dipahami oleh operator. Diharapkan sistem yang dikembangkan dapat menjadi solusi alternatif yang lebih ekonomis dan andal dalam mendukung pengelolaan bahan bakar pada kapal.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah disusun sebagai dasar untuk mengidentifikasi permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian. Perumusan masalah ini menjadi acuan dalam menentukan arah penelitian, ruang lingkup pembahasan, serta pencapaian tujuan penelitian secara sistematis dan terarah. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem *monitoring level* bahan bakar pada kapal berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC) Mitsubishi FX3U-24MR dan *Human Machine Interface* (HMI) Haiwell B7H-W?
2. Bagaimana cara mengelola dan mengonversi data *Output* dari *Sensor Pressure* menjadi tampilan *Level* pada Interface (HMI)?
3. Bagaimana proses integrasi antara sensor *level* bahan bakar, PLC, dan HMI sehingga sistem dapat menampilkan data *level* bahan bakar secara *real-time*?
4. Bagaimana cara penyajian informasi *level* bahan bakar pada HMI agar mudah dipahami oleh operator kapal?
5. Bagaimana kinerja sistem *monitoring level* bahan bakar yang dirancang berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan?

1.3. Tujuan

Tujuan penelitian disusun untuk memberikan arah yang jelas terhadap pelaksanaan penelitian serta hasil yang ingin dicapai. Tujuan ini menjadi pedoman dalam proses perancangan, implementasi, dan evaluasi sistem agar penelitian dapat terlaksana secara terarah dan sesuai dengan ruang lingkup yang telah ditetapkan. Tujuan yang dapat diperoleh dari pengembangan sistem *Monitoring Level* Tangki ini anatara lain:

1. Mengintegrasikan sensor *level* bahan bakar dengan PLC dan HMI sehingga data *level* bahan bakar dapat dipantau secara *real-time* dan ditransmisikan melalui jaringan internet.
2. Merancang tampilan antarmuka HMI yang informatif dan mudah dipahami oleh operator untuk memvisualisasikan kondisi *level* bahan bakar secara *real-time*.
3. Memfasilitasi pengambilan keputusan yang cepat dan tepat oleh awak kapal, mengurangi potensi human error, dan mendukung perencanaan logistic bahan bakar yang lebih baik.
4. Mengimplementasikan fungsi pencatatan data (*data logging*) dan sistem alarm pada HMI untuk mendeteksi kondisi batas minimum dan maksimum *level* bahan bakar secara otomatis.

5. Merancang dan membangun sistem *monitoring level* bahan bakar pada kapal berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC) Mitsubishi FX3U-24MR dan *Human Machine Interface* (HMI) Haiwell B7H-W.

1.4. Manfaat

Manfaat penelitian menjelaskan kontribusi yang diharapkan dari hasil penelitian, baik secara teoritis maupun praktis. Melalui penelitian ini, diharapkan hasil yang diperoleh dapat menjadi referensi dalam pengembangan ilmu pengetahuan serta memberikan solusi yang bermanfaat bagi penerapan sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT). Manfaat yang diperoleh dari pengembangan sistem *Monitoring Level* Tangki ini antara lain:

1. Peningkatan efisiensi operasional dengan menyediakan data *level* bahan bakar secara akurat dan *real-time* yang memungkinkan awak kapal mengambil keputusan yang cepat dan tepat, sehingga mengoptimalkan manajemen bahan bakar dan mengurangi inefisiensi.
2. Memberikan kontribusi pada pengembangan literatur di bidang Teknik otomasi industri, khususnya integrasi PLC dan HMI sebagai *sousi cost-effective* dalam aplikasi *monitoring level* di lingkungan maritime.
3. Sistem dapat diintegrasikan dengan *cloud* sehingga memudahkan *monitoring* dari lokasi manapun.

1.5. Batasan

Perancangan sistem *monitoring level* pada tangki kapal membutuhkan Batasan supaya pembahasan yang dijelaskan tidak melewati batas dari sebuah sistem. Berikut Batasan dari penelitian ini:

1. *Memonitoring* tangki penyimpanan bahan bakar kapal yang menggunakan jenis bahan bakar *Marine Diesel Oil* (MDO).
2. Sistem diuji dan disimulasikan menggunakan Air tawar.
3. Komunikasi hardware menggunakan RS232
4. Sistem dirancang hanya untuk *memonitoring* dan memberi sinyal berupa *alarm*.
5. Pengukuran pada *level* pada tangki menggunakan *sensor Pressure Transmitter*.
6. Pengujianya dilakukan dengan cara simulasi pada *trainer-kit* menggunakan tangki berukuran 50 Cm.
7. Sistem yang dirancang menggunakan HMI Haiwell *Cloud SCADA* B7H-W yang telah dilengkapi dengan *Internet of Think* (IoT) dan.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1 Penelitian Terdahulu

Sub-bab ini menyajikan hasil penelusuran literatur dan evaluasi kritis terhadap sistem pemantauan yang telah dikembangkan sebelumnya. Proses benchmarking dilakukan untuk membandingkan berbagai metode, perangkat keras, dan protokol komunikasi yang telah diimplementasikan dalam pemantauan *level* cairan. Evaluasi ini bertujuan untuk memetakan posisi Tugas Akhir ini di antara penelitian yang sudah ada, serta memastikan bahwa solusi yang diusulkan memiliki nilai tambah dalam menyelesaikan keterbatasan sistem konvensional.

Berdasarkan studi terhadap beberapa penelitian sebelumnya, sistem *monitoring* berbasis mikrokontroler sering kali menjadi pilihan karena efisiensi biaya. Namun, dalam konteks lingkungan maritim yang ekstrem, penggunaan komponen standar industri seperti *Programmable Logic Controller (PLC)* menjadi krusial untuk menjamin keandalan sistem. Penelitian ini melakukan benchmarking dengan mengintegrasikan ketangguhan kontrol industri PLC dengan fleksibilitas akses data berbasis *Internet of Things (IoT)*, sebuah kombinasi yang masih jarang ditemukan pada penelitian terdahulu yang cenderung bersifat lokal (hanya HMI di lokasi).

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No	Tahun	Penulis	Jurnal	Metode	Kelemahan
1	2021	Sudirman.s	Jurnal Teknik Elektro dan Komputer (Vol. 10, No. 2)	Implementasi kontrol industri menggunakan PLC Schneider dan visualisasi melalui HMI Magelis.	1. Sistem bersifat lokal (<i>offline</i>), sehingga pemantauan hanya bisa dilakukan dari dalam kapal. 2. Biaya perangkat keras HMI yang tinggi tidak sebanding dengan aksesibilitas data yang terbatas.

2	2022	Pratama, A. R.	Int. Journal of Marine Engineering Innovation and Research (Vol. 7, No. 1)	Sistem monitoring berbasis IoT dengan mikrokontroler ESP32 untuk pemantauan bahan bakar <i>real-time</i> .	1. Perangkat mikrokontroler hobi (ESP32) rentan terhadap vibrasi mesin dan suhu ekstrem. 2. Tidak adanya perlindungan terhadap interferensi elektromagnetik (EMI) di kamar mesin.
3	2020	Setiawan, B.	Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (Vol. 9, No. 3)	Penerapan algoritma kontrol <i>level</i> pada PLC Omron untuk sistem tangki bertingkat.	1. Belum memiliki fitur <i>data logging</i> jarak jauh untuk analisis efisiensi konsumsi BBM. 2. Tidak ada fitur notifikasi alarm otomatis ke perangkat seluler saat terjadi kondisi kritis.
4	2023	Hidayat, T.	Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Informasi (Vol. 5, No. 2)	Pengolahan data inventori bahan bakar menggunakan platform <i>Cloud Computing</i> untuk manajemen pusat.	1. Proses pengambilan data masih bersifat semi-otomatis sehingga rawan kesalahan input (<i>human error</i>). 2. Tidak terintegrasi langsung dengan PLC, sehingga sulit membaca data sensor

					industri secara presisi.
5	2021	Ramadhan, M.	Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science (Vol. 14, No. 1)	Analisis penggunaan sensor ultrasonik untuk akurasi pengukuran cairan pada kondisi tangki bergoyang (<i>sloshing</i>).	1. Fokus hanya pada optimasi fisis sensor tanpa menyediakan antarmuka visual (HMI) bagi operator 2. Tidak membahas transmisi data nirkabel untuk keperluan pemantauan jarak jauh.
6	2019	Kumar, S.	IEEE Transactions on Industrial Informatics (Vol. 15, No. 4)	Pengembangan sistem SCADA terpusat untuk monitoring <i>tank farm</i> (area tangki) skala besar.	1. Biaya investasi dan lisensi <i>software</i> sangat mahal untuk kapal ukuran kecil hingga menengah. 2. Arsitektur jaringan yang terlalu kompleks memerlukan pemeliharaan teknis tingkat tinggi.
7	2022	Wijaya, K.	Jurnal Otomasi Kontrol dan Instrumentasi (Vol. 14, No. 2)	Perancangan <i>Gateway</i> IoT untuk PLC Outseal menggunakan protokol	1. Protokol keamanan data belum terenkripsi secara standar industri, rentan terhadap

				komunikasi MQTT.	peretasan jalur IoT. 2. Antarmuka HMI yang digunakan masih sangat sederhana dan kurang ergonomis bagi kru kapal.
8	2020	Santoso, D.	Jurnal Penelitian Transportasi Laut (Vol. 22, No. 1)	Monitoring konsumsi BBM kapal <i>Tugboat</i> berbasis Arduino dengan transmisi data via modul GSM.	1. Sistem sangat bergantung pada sinyal seluler yang sering hilang (<i>blank spot</i>) saat kapal di laut lepas. 2. Komponen standar hobi memiliki ketahanan korosi yang buruk terhadap uap garam laut.
9	2021	Irawan, A.	Jurnal Ergonomi Indonesia (Vol. 7, No. 2)	Evaluasi desain antarmuka <i>Human Machine Interface</i> (HMI) untuk memudahkan pengoperasian oleh kru kapal.	1. Pembahasan terbatas pada aspek desain grafis, tanpa adanya integrasi fungsional dengan sistem kontrol. 2. Data pada HMI tidak tersinkronisasi dengan database pusat di darat untuk laporan manajerial.

10	2024	Putra, D. A.	Jurnal Teknik Elektro Indonesia (Vol. 5, No. 1)	Monitoring <i>level</i> cairan melalui <i>web browser</i> menggunakan koneksi Ethernet pada PLC Delta.	1. Jangkauan akses terbatas pada jaringan lokal (LAN) kapal, tidak bisa diakses dari luar jaringan tersebut. 2. Kapasitas penyimpanan riwayat data sangat terbatas karena belum menggunakan <i>Cloud server</i> publik.
----	------	--------------	---	--	---

2.2 Kondisi Lingkungan

Pengembangan teknologi semakin maju dan semakin meningkat dengan munculnya *Monitoring* sistem mudah didapatkan data-data yang dapat dari suatu alat maupun kondisi lingkungan yang ditempati dalam suatu tempat. Oleh karena itu Perusahaan dituntut untuk menyeimbangkan terhadap kemajuan yang ada. Dengan adanya suatu sistem yang membantu dalam hal *Monitoring* data langsung dapat kita gunakan secara *Real-time*, untuk mengawasi data yang ada pada kapal melalui *cloud* sistem (*Internet of Thingss*) sehingga Perusahaan dapat *Memonitoring* bahan bakar pada kapal dari jarak jauh dan dapat mempermudah Engineer untuk melakukan *troubleshooting*.

2.3 Sistem kontrol

sistem kontrol adalah sebuah sistem yang dirancang untuk mengendalikan perilaku dari suatu sistem atau proses agar tetap berjalan sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Sistem kontrol dapat digunakan untuk mengatur dan mengelola berbagai jenis sistem fisik, mekanis, elektronik, atau bahkan sistem berbasis perangkat lunak. Pada dasarnya, sistem kontrol bekerja dengan cara mengambil input (misalnya, data atau sinyal), memprosesnya, dan menghasilkan output untuk mempengaruhi suatu proses atau sistem yang sedang diawasi. Tujuan utamanya adalah memastikan bahwa sistem berjalan sesuai dengan kondisi yang diinginkan, mengurangi kesalahan dan menjaga stabilitas serta performa pada alat.

2.3.1 Signal Digital

Sistem digital merujuk pada sistem yang menggunakan sinyal digital untuk mengolah, menyimpan, atau mentransmisikan data. Dalam sistem digital, informasi atau data diwakili dalam bentuk angka biner (0 dan 1), yang merupakan dasar dari semua operasi digital. Sistem digital menggunakan komponen elektronik yang beroperasi dengan logika biner untuk memproses dan mengontrol informasi.

Beberapa karakteristik utama dari sistem digital adalah:

1. Penggunaan Sinyal Biner (0 dan 1): Data dalam sistem digital direpresentasikan dengan dua nilai dasar, yaitu 0 dan 1. Nilai ini mencerminkan keadaan "NO" (0) atau "NC" (1) dalam sistem kontrol.
2. Pemrosesan Diskrit: Sistem digital memproses informasi dalam bentuk data yang terpisah-pisah (diskrit), bukan aliran kontinu seperti pada sistem analog.
3. Ketepatan dan Keandalan: Karena data dalam sistem digital disimpan dalam format biner, data lebih tahan terhadap gangguan atau noise, sehingga memberikan hasil yang lebih akurat dan dapat diandalkan dibandingkan dengan sistem analog.

2.3.2 Sinyal Analog

Sistem analog adalah sistem yang menggunakan sinyal kontinu untuk merepresentasikan data atau informasi. Dalam sistem analog, informasi disampaikan melalui variasi nilai sinyal yang bersifat terus-menerus, seperti perubahan *voltage*, arus listrik, atau gelombang suara yang dapat bervariasi tanpa batasan diskrit. Artinya, nilai sinyal dapat berubah secara mulus, mengikuti perubahan yang ada. Beberapa ciri khas dari sistem analog adalah:

1. Sinyal Kontinu Sinyal dalam sistem analog dapat memiliki nilai apa pun dalam rentang tertentu dan berubah secara *continue*. Misalnya, sinyal pada pembacaan sensor *LDR* (*Light Dependent Resistor*) yang membaca gelap dan terang terjadinya dilingkungannya dan menghasilkan nilai resistance diubah menjadi nilai analog yang kontinu.
2. Representasi lingkungan Sinyal analog biasanya merepresentasikan fenomena fisik yang juga bersifat kontinu, seperti suhu, tekanan, atau kecepatan, dan perubahan dalam nilai sinyal langsung mencerminkan perubahan tersebut.
3. Rentang Tak Terbatas Dalam sistem analog, data bisa sangat variatif karena tidak ada batasan ketat pada nilai sinyal, berbeda dengan sistem digital yang hanya mengenal dua nilai (0 dan 1).

2.4 Komponen Pengembang *Monitoring* Sistem

Monitoring Sistem adalah *sistem* otomatis yang mengumpulkan data-data sensor dan perangkat *Monitoring* yang ada di kapal untuk mendeteksi adanya kondisi fault atau gangguan yang ada pada sensor sehingga mengirimkan data untuk tampilan pada *display Monitoring*. Ketika sistem mendeteksi kondisi yang berbahaya atau abnormal, Alarm akan berbunyi dan memberitahu kepada kru kapal untuk mengambil keputusan tindakan yang diperlukan. Komponen utama yang digunakan untuk *Memonitoring* sistem ini memerlukan komponen yang berperan penting dalam sistem antara lain:

2.4.1 Sensor *Pressure*

Sensor *pressure* suatu jenis sensor tekanan yang mengukur tekanan melalui ujung dari sebuah logam tertutup yang diberikan tekanan. Sensor tekanan ini mendeteksi gaya yang diberikan oleh *fluid* (Gas atau cairan) terhadap permukaan tertutup dan mengubah informasi tersebut menjadi sinyal yang dapat dianalisa atau diproses oleh sistem elektronik, biasanya dalam bentuk sinyal analog. Penerapan dalam sensor *pressure* ini untuk mengetahui tekanan pada *Engine* kapal sehingga tekanan diberikan memberikan sinyal analog dan dapat di *Monitoring*.



Gambar 1. Sensor *Pressure* Tansducer

Sensor *Pressure* P255 *Stainless steel Pressure Transducer* Model P255 didasarkan pada teknologi kapasitif keramik Kavlicos yang telah terbukti di lapangan dengan ASIC mutakhir. Menampilkan housing 316SS, P255 dirancang untuk penggunaan umum di mana pun transduser tekanan yang kokoh dan andal diperlukan. Paket P255 memiliki konektor listrik *built-in Metri-Pack 150* dan

mendukung utas koneksi proses yang populer. P255 ditawarkan dengan berbagai bahan segel dan cocok untuk banyak aplikasi yang beragam. Khusus ditujukan untuk aplikasi OEM, P255 memberikan solusi hemat biaya tanpa mengorbankan kinerja atau keandalan. Sensor ini memiliki Pressure Range 0 to 10 up to 0 to 1000 KPa, *electrical Connection Packard Electric Metri-Pack 150 Series, Pressure Connection 1/4-18 NPT (external). 3/8-24 UNF-2A (male), Housing Material 316 Stainless steel*, dan *Output Signal 0.5 – 4.5VDC*.

2.4.2 Sistem kontrol berbasis PLC Mitsubishi Fx3u-24MR Lollette

Programmable logic controllers (PLC) adalah komputer kelas industri yang mampu diprogram untuk melakukan fungsi kontrol. Pengontrol yang dapat diprogram telah menghilangkan banyak perangkat keras yang terkait dengan rangkaian kontrol relai konvensional. Manfaat lainnya termasuk respon cepat, pemrograman dan instalasi yang mudah, kontrol kecepatan tinggi, kompatibilitas jaringan, pemecahan masalah dan kenyamanan pengujian, serta keandalan yang tinggi. PLC dirancang untuk beberapa pengaturan input dan output, rentang suhu yang meningkat, ketebalan terhadap gangguan frekuensi listrik yang tinggi, serta ketahanan terhadap getaran dan benturan. Program untuk kontrol dan pengoperasian peralatan dan mesin proses manufaktur biasanya disimpan dalam memori yang didukung dengan baterai atau memori *nonvolatile*. PLC adalah sebuah contoh real-time sistem karena keluaran dari sistem yang dikendalikan oleh PLC tergantung pada kondisi input.



Gambar 2. PLC Mitsubishi Fx3u-24MR Lollette

Tabel 2. Spesifikasi Umum PLC Mitsubishi Fx3u Lollette

Item	Specification
<i>Power Supply</i>	24 VDC4
<i>Inputs</i>	17
<i>Output</i>	17

<i>Output Type</i>	Relay
<i>Digital to Analog</i>	2
<i>Analog to Digital</i>	6
<i>Komunikasi</i>	Rs232

PLC Mitsubishi FX3U-24MR Lollette adalah produk lollette membutuhkan catu daya 24 VDC memiliki 17 digital input dan 17 digital output relay 5A, terdiri 6 port analog, jenis komunikasi PLC ini adalah komunikasi jenis RS232, kapasitas program 8000 baris, plc ini menggunakan bahasa program ladder, untuk memprogram plc ini menggunakan *software GX-WORKS 2*.

Mitsubishii FX3U adalah pengontrol logika terprogram (PLC) kompak yang dirancang untuk aplikasi kontrol skala kecil hingga menengah. Produk ini merupakan bagian dari seri PLC Mitsubishi *Electric FX* dan menyediakan berbagai fitur dan fungsi untuk membantu mengontrol dan mengotomatiskan berbagai proses industri.

FX3U dikenal karena ukurannya yang ringkas dan kinerjanya yang tinggi, menjadikannya pilihan populer untuk berbagai aplikasi, seperti sistem penanganan material, jalur perakitan, dan mesin pengemasan. Produk ini juga memiliki kapasitas besar untuk koneksi input/output (I/O), yang 8 memungkinkannya untuk mengontrol dan berkomunikasi dengan berbagai perangkat lapangan seperti sensor, aktuator, dan peralatan otomasi lainnya.

2.4.3 Step Down LM2596

Modul *step-down* DC merupakan suatu perangkat elektronika daya yang digunakan untuk mengkonversi tegangan arus searah (*Direct Current/DC*) dari tingkat tegangan yang lebih tinggi menjadi tingkat tegangan yang lebih rendah sesuai dengan kebutuhan beban. Modul ini bekerja dengan prinsip *buck converter*, yaitu metode konversi daya berbasis pensaklaran (*switching*) yang memiliki efisiensi tinggi dalam proses penurunan tegangan. Dibandingkan dengan regulator linear, metode ini lebih unggul dalam hal efisiensi energi karena mampu meminimalkan daya dalam bentuk panas.



Gambar 3. Step Down LM2596

Pada sistem ini, modul *step-down* menggunakan *Integrated Circuit (IC)* LM2596 sebagai komponen utama pengatur tegangan. IC tersebut dirancang untuk menghasilkan tegangan keluaran yang stabil dengan kemampuan menerima tegangan masukan pada rentang yang cukup luas. Nilai tegangan keluaran dapat diatur melalui komponen *potensiometer* yang tersedia pada modul, sehingga memberikan fleksibilitas dalam penyesuaian kebutuhan daya pada berbagai perangkat elektronik. Selain itu, keberadaan induktor dan kapasitor dalam rangkaian berfungsi untuk menyimpan energi sementara serta mereduksi riak tegangan (*voltage ripple*), sehingga kualitas tegangan keluaran menjadi lebih stabil dan aman untuk digunakan. Dalam implementasi sistem *monitoring level* bahan bakar berbasis *Programmable Logic Controller (PLC)*, *Human Machine Interface (HMI)*, dan *Internet of Things (IoT)*, modul *step-down* DC memiliki peran penting sebagai penyesuai tegangan sumber agar sesuai dengan spesifikasi operasional masing-masing komponen. Sebagai contoh, tegangan utama sebesar 24 VDC dapat diturunkan menjadi 12 VDC atau 5 VDC untuk menyuplai sensor, modul komunikasi, maupun perangkat pendukung lainnya. Penggunaan modul *step-down* ini memberikan kontribusi signifikan terhadap efisiensi distribusi daya, menjaga kestabilan operasional perangkat, serta meningkatkan keandalan sistem secara keseluruhan dalam mendukung proses *monitoring* dan pengendalian *level* bahan bakar secara otomatis.

2.4.4 Solenoid Valve

Solenoid valve 24 VDC merupakan komponen aktuator elektromekanis yang berfungsi untuk mengendalikan aliran fluida dalam suatu sistem perpipaan secara otomatis melalui prinsip elektromagnetik. Komponen ini bekerja dengan

memanfaatkan kumparan elektromagnet (*coil*) yang akan menghasilkan medan magnet ketika diberikan suplai tegangan sebesar 24 DC. Medan magnet tersebut kemudian menggerakkan inti besi (*plunger*) yang terhubung dengan mekanisme katup, sehingga memungkinkan terjadinya proses pembukaan maupun penutupan jalur aliran fluida sesuai dengan sinyal kendali yang diberikan.



Gambar 4. Solenoid Valve

Secara umum, solenoid valve tipe ini memiliki konfigurasi *Normally Closed (NC)*, yaitu kondisi awal katup berada dalam keadaan tertutup dan hanya akan terbuka apabila coil dialiri arus listrik. Konfigurasi ini memberikan tingkat keamanan operasional yang lebih tinggi, karena aliran fluida akan terhenti secara otomatis ketika terjadi gangguan catu daya atau kegagalan sistem kontrol. Selain itu, konstruksi solenoid valve umumnya terdiri atas body berbahan plastik atau polimer dengan ketahanan yang baik terhadap korosi, terminal koneksi listrik dua pin, serta sistem sambungan cepat (*push-fit connector*) yang memudahkan proses instalasi dan perawatan.

2.4.5 Pompa AD20P-1230B

Pompa AD20P-1230B merupakan pompa air mini tipe submersible berbasis motor DC tanpa sikat (*brushless DC pump*) yang dirancang untuk aplikasi sirkulasi fluida dengan kapasitas kecil hingga menengah. Pompa ini bekerja pada tegangan nominal 12 VDC dengan rentang tegangan operasi antara 10 hingga 14 VDC, sehingga memiliki kestabilan kerja yang baik pada sistem berbasis catu daya DC. Dengan konsumsi daya yang relatif rendah, yaitu berkisar antara 3,6 hingga 5 watt, pompa ini mampu menghasilkan laju aliran maksimum sebesar 240 liter per jam dengan ketinggian dorong (*head*) mencapai 3 meter.



Gambar 5. Pompa AD20P-1230B

Secara konstruksi, pompa AD20P-1230B menggunakan poros berbahan keramik yang memiliki ketahanan tinggi terhadap korosi dan gesekan, sehingga dapat meningkatkan umur operasional pompa hingga lebih dari 20.000 jam. Selain itu, pompa ini memiliki tingkat perlindungan IP68 yang menunjukkan kemampuannya untuk beroperasi dalam kondisi terendam air secara penuh. Tingkat kebisingan yang dihasilkan juga relatif rendah, yaitu kurang dari 40 dB, sehingga mendukung efisiensi operasional dan kenyamanan penggunaan.

2.4.6 HMI Haiwell *Cloud* SCADA B7H-W

Haiwell *Cloud* merupakan *platform Internet of Things* (IoT) berbasis industri yang dirancang untuk menyediakan layanan manajemen data, pemantauan jarak jauh, serta kendali terpusat bagi perangkat otomasi. Platform ini berfungsi sebagai jembatan antara infrastruktur lokal di lapangan (seperti PLC dan HMI) dengan pengguna akhir melalui jaringan internet. Secara teknis, Haiwell *Cloud* mendukung berbagai protokol komunikasi standar industri, termasuk MQTT dan TCP/IP, yang memungkinkan pengiriman data dari unit WiFi di kapal menuju *server cloud* secara aman dan *real-time*.

Komunikasi antara seperangkat hardware sebuah sistem dengan manusia (pengguna) melalui display atau layar sentuh dapat dilakukan melalui modul *Human Machine Interface* (HMI). Selain menampilkan data berupa tulisan, modul HMI juga dapat menampilkan proses dan bagian-bagian penting dari hardware yang dikendalikan dalam bentuk gambar dan animasi. Dalam mengintegrasikan modul PLC dengan perangkat HMI, alamat I/O serta proses eksekusi sebuah perintah dari PLC, direpresentasikan melalui memory internal yang ada di dalam

PLC. Modul HMI Haiwell merupakan perangkat HMI buatan negara Tiongkok yang menggabungkan beberapa teknologi, seperti *IoT Gateway*, *Cloud* dan HMI dalam satu modul terpadu. Dengan fitur tersebut, tidak diperlukan perangkat komunikasi eksternal tambahan seperti yang dibutuhkan modul HMI konvensional.

Salah satu contoh Software SCADA dan HMI adalah *Haiwell Cloud SCADA*. *Haiwell Cloud SCADA* adalah *Software monitoring*, kontrol, dan desain SCADA yang terintegrasi dengan kontrol PLC. Melalui *software* ini, pengguna dapat melakukan pemrograman jarak jauh dan dekat, upload & download, desain SCADA, *upgrade firmware*, diagnostik, analisis, pemantauan, dan debugging program PLC serta mendeteksi kondisi proyek secara real-time di mana saja dan kapan saja secara gratis.



Gambar 6. HMI Haiwell Cloud SCADA B7H-W

Tabel 3. Spesifikasi Umum HMI Haiwell Cloud SCADA B7H-W

Size	7 inc
Resolution	1024x600 HD
Input	24 VDC
Penyimpanan	4GB + 512 RAM
Port / Com port DB9	1 Ethernet / Rs232/Rs485
Host	2 Port USB
Wireless	WIFI support voice

Implementasi Haiwell Cloud dalam sistem *monitoring* memberikan beberapa keunggulan fungsional utama:

- **Aksesibilitas Multi-Platform:** Pengguna dapat mengakses visualisasi data *level* bahan bakar melalui berbagai perangkat, seperti laptop maupun *smartphone* (*Cellular Phone*), yang memungkinkan pengawasan dilakukan tanpa batasan geografis.
- **Solusi Keterbatasan Jaringan Lokal:** Penggunaan platform ini menjawab kelemahan sistem terdahulu yang umumnya bersifat statis dan hanya

bergantung pada koneksi LAN kabel, sehingga data tidak dapat diakses jika operator berada di luar jangkauan jaringan lokal.

- Keandalan Data Industri: Berbeda dengan *platform* IoT konsumen, Haiwell Cloud memiliki mekanisme keamanan data yang lebih tinggi untuk mencegah peretasan, serta kemampuan sinkronisasi data yang stabil untuk meminimalkan *error* transmisi yang sering terjadi pada perangkat mikrokontroler standar hobi.
- Fitur Notifikasi dan *Logging*: *Platform* ini memungkinkan penyimpanan riwayat data konsumsi bahan bakar serta pengiriman notifikasi *alarm* secara otomatis menuju perangkat seluler jika terjadi anomali pada *level* tangki, sebuah fitur yang sering kali absen pada sistem kontrol PLC konvensional yang bersifat tertutup.

Berikut adalah deskripsi akademis mengenai *Haiwell Cloud* untuk Narasi ini disusun untuk menyoroti fungsi teknis dan perannya dalam mengatasi keterbatasan sistem *monitoring* konvensional.

2.5 Sistem Komunikasi

Sebuah alat yang sudah terintegrasi dengan baik dalam penghubung antara alat-alat yang digunakan memerlukan sistem komunikasi. Sistem komunikasi adalah sistem yang memberikan sinyal dan menerima sinyal yang diberikan kepada sebuah alat sehingga dapat di kontrol dengan kebutuhan. Kontrol alat membutuhkan adanya sumber listrik yang diterima dari sebuah alat komunikasi yang terdeteksi adanya arus listrik yang masuk. Sistem komunikasi adanya Pengirim (Tx) dan Penerima (Rx). Berikut detail dalam sistem komunikasi.

2.5.1 Protokol TCP/IP

Protokol TCP/IP merupakan fondasi untuk komunikasi data internet dan dalam jaringan pribadi. Tumpukan protokol TCP/IP merupakan model empat lapis yang terdiri dari lapisan Aplikasi, Transportasi, Internet, dan Antarmuka Jaringan. *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP) merupakan sekumpulan protokol standar yang berfungsi sebagai fondasi komunikasi data dalam jaringan komputer dan ekosistem *Internet of Things* (IoT). Secara teknis, TCP/IP berperan sebagai media transportasi data yang menjamin pengiriman paket informasi dari perangkat keras di lapangan, seperti PLC Mitsubishi Fx3u, menuju platform digital melalui infrastruktur jaringan internet. Protokol ini bekerja dengan cara memecah data sensor menjadi paket-paket kecil, mengirimkannya melalui jalur komunikasi,

dan menyusunnya kembali secara utuh di sisi penerima, yakni Haiwell Cloud dan perangkat seluler pengguna.

Transmisi data dalam protokol ini memiliki mekanisme *connection-oriented*, di mana setiap paket data yang dikirimkan harus melalui proses verifikasi (*acknowledgment*) untuk memastikan tidak ada informasi tekanan atau *level* yang hilang selama proses transmisi. Penggunaan standar IP (*Internet Protocol*) memungkinkan perangkat dari vendor yang berbeda, seperti PLC Mitsubishi dan HMI Haiwell, untuk saling berkomunikasi secara sinkron dalam satu jaringan *Ethernet* lokal maupun global. Integrasi TCP/IP mentransformasi sistem kontrol konvensional menjadi sistem cerdas yang terhubung secara global, sekaligus memberikan akurasi data yang lebih baik dibandingkan penggunaan teknologi komunikasi nirkabel standar yang seringkali memiliki latensi tinggi dan stabilitas rendah.

2.5.1.2 Pengalaman Perangkat dan Register

perancangan jaringan sistem *monitoring* ini, penetapan alamat IP (*IP Address*) dilakukan secara statis untuk menjamin stabilitas komunikasi antar perangkat otomatisasi industri. WiFi Router ditetapkan sebagai *Default Gateway* dengan alamat **192.168.1.1**, yang berfungsi sebagai titik pusat distribusi data dan gerbang akses menuju internet. PLC Mitsubishi Fx3u dan HMI Haiwell dikonfigurasi dalam satu *subnet* yang sama, masing-masing dengan alamat **192.168.1.10** dan **192.168.1.11**, untuk memungkinkan pertukaran paket data berbasis TCP/IP secara dua arah.

Penetapan alamat IP yang terstruktur ini sangat krusial untuk memfasilitasi komunikasi data fisis dari sensor menuju platform IoT tanpa terjadi konflik alamat (*IP Conflict*). Melalui konfigurasi gateway yang mengarah ke *router*, data *level* bahan bakar yang telah diproses oleh PLC dapat ditransmisikan secara konsisten menuju *Haiwell Cloud*, sehingga memungkinkan pihak manajemen melakukan pemantauan jarak jauh melalui perangkat seluler secara akurat. Implementasi ini memberikan solusi atas keterbatasan sistem *monitoring* konvensional yang seringkali mengalami kendala dalam integrasi jaringan luar kapal.

2.5.1.3 SCADA

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) adalah sistem yang digunakan untuk mengawasi dan mengontrol proses dalam skala besar, seperti pabrik, pembangkit listrik, khususnya pada sistem kontrol kapal, sistem ini memungkinkan operator kapal untuk memantau kondisi dan kinerja berbagai 11 salah satunya Alarm *Monitoring* Sistem. Pada *Alarm Monitoring* Sistem ini memungkinkan penggunaan dalam skala besar untuk menonitoring kapal.

Aplikasi SCADA untuk proses infrastruktur misalnya penjernihan air minum dan distribusinya, pengolahan limbah, pipa gas dan minyak, distribusi tenaga listrik, sistem komunikasi yang kompleks, sistem peringatan dini dan sirine. Selain

itu SCADA dapat digunakan sebagai sistem kendali pada bandara, pelabuhan, stasiun ruang angkasa dll.

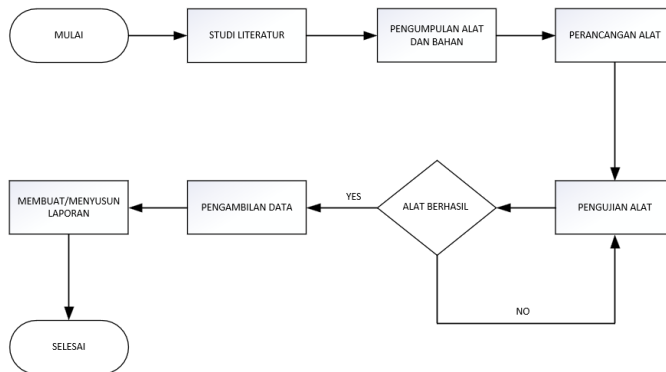
IoT (Internet of Things) merupakan konsep dimana objek fisik seperti perangkat elektronik, sensor, peralatan, dan berbagai jenis benda lainnya dapat terhubung ke internet dan berkomunikasi dengan satu sama lain. Tujuan utama dari IoT adalah untuk mengumpulkan data dari berbagai sumber dan memungkinkan pengiriman data, kontrol, dan interaksi antar-objek secara otomatis dan efisien. Penerapan IoT mewujudkan *monitoring* dan kontrol jarak jauh. Penerapan IoT untuk pengoperasian renewable energy dari solar cell merupakan implementasi *monitoring dan kontrol yang efektif dan efisien*.

SCADA yang digunakan menggunakan SCADA Cloud Haiwell yang tentunya sudah mendukung IoT (Internet of Things). Penggunaan *SCADA Haiwell* ini memungkinkan pengguna dapat Memonitoring secara *Real-time*.

Bab 3. Metodologi Penelitian

3.1. Perancangan

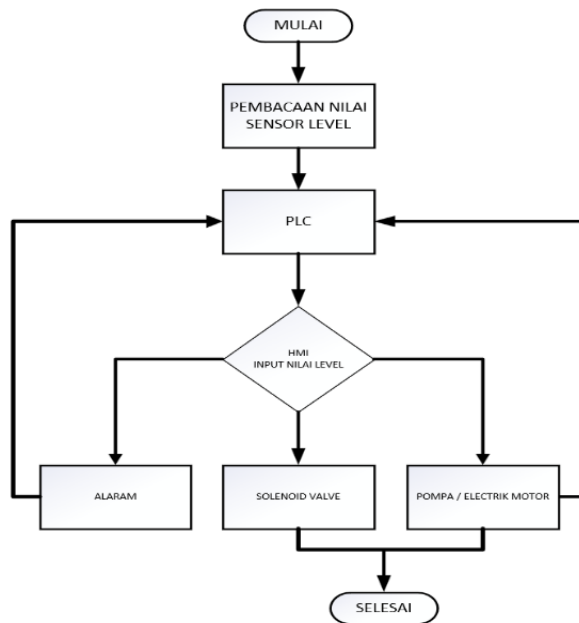
Perancangan pada tugas akhir ini memuat keseluruhan proses dan bagian dari pembuatan alat. Keseluruhan rancangan dibuat sebagai acuan dalam pembuatan alat agar mencapai tujuan yang telah ditentukan dan mudah dipahami dalam mempratikan nya. Perancangan dalam penelitian ini terdiri dari perancangan sistem, perancangan perangkat keras, dan perancangan perangkat lunak. Perancangan sistem pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahap dari pengumpulan informasi terkait sistem, pembuatan alat sampai akhir dengan laporan hasil program. Gambar *Flowchart* Perancangan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 7. Flowchart Perancangan Sistem

3.1.1. Perancangan Alat

Berikut adalah *flowchat* perancangan alat yang akan digunakan pada produk penelitian ini. Pembuatan perancangan penelitian ini dalam sistem kerja pada *monitoring level* yang membutuhkan data yang diproses sehingga menghasilkan data berupa output yang di keluarkan berupa *indicator*.

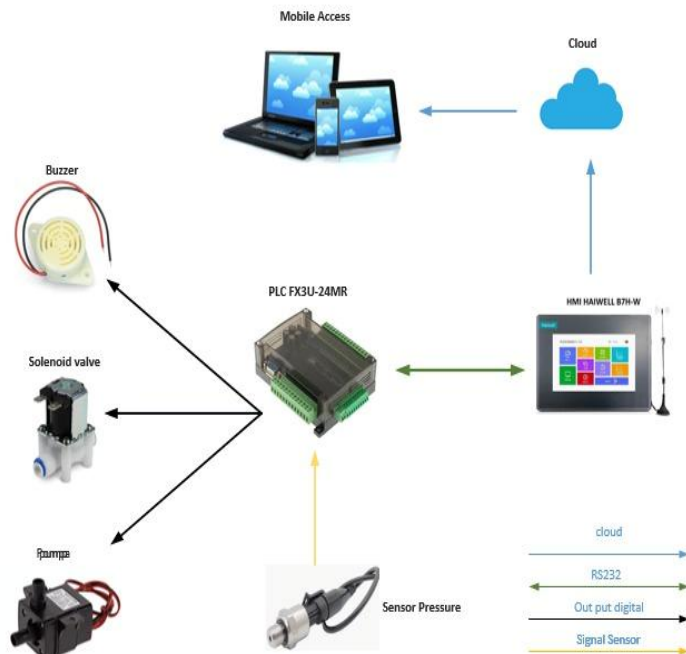


Gambar 8. Flowchart Perancangan Alat

3.1.2. Perancangan Electrical

Perancangan sistem elektrik ini mengintegrasikan lapisan akuisisi data, kendali otomatis, dan transmisi nirkabel guna menciptakan sistem *monitoring* tangki bahan bakar yang andal serta transparan. Alur kerja elektrik dimulai dari *pressure sensor* yang mendeteksi tekanan *hidrostatik* cairan dan mentransmisikan sinyal analog menuju unit PLC Mitsubishi Fx3u-24MR melalui kabel sensor *transmitter*. Penggunaan sensor dan kontroler standar industri ini bertujuan untuk meminimalkan *error* pembacaan yang pada penelitian sebelumnya tercatat cukup tinggi serta menjamin stabilitas sistem di lingkungan maritim. Pada tahap pemrosesan, PLC bertindak sebagai unit kendali pusat yang mengaktifkan aktuator berupa pompa, *alarm*, dan *solenoid valve* melalui kabel kontrol guna memberikan respons otomatis terhadap fluktuasi *level* bahan bakar, di mana fitur kendali aktif ini menjadi solusi atas kelemahan sistem terdahulu yang hanya mampu menampilkan

informasi tanpa kemampuan *intervensi* daya. Untuk aspek visualisasi dan konektivitas, data dikirim secara lokal menuju HMI melalui kabel RS-232, sementara transmisi data jarak jauh dilakukan dengan menghubungkan HMI ke unit WiFi menggunakan kabel Ethernet untuk diteruskan melalui protokol TCP/IP menuju *cloud server*. Arsitektur ini memungkinkan pemantauan jarak jauh (*remote monitoring*) melalui perangkat laptop atau *smartphone*, sekaligus mengatasi kendala keterbatasan jarak dan ketergantungan pada koneksi LAN kabel statis yang menjadi hambatan utama pada literatur sebelumnya.



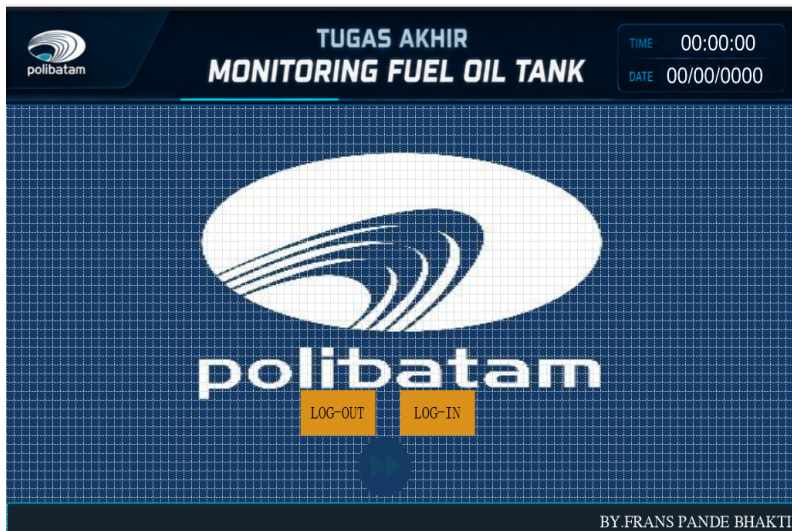
Gambar 9. Perancangan Sistem *monitoring Level*

3.1.3 Perancangan SCADA

Perancangan SCADA pada sistem *monitoring level* tangki bahan bakar ini difokuskan pada integrasi antara *level lapangan (field level)*, *level kontrol (kontrol level)*, dan *level pengawasan (supervisory level)*. Sistem ini bertujuan untuk

mentransformasikan data fisik dari tangki menjadi informasi digital yang dapat diinteraksi oleh operator secara intuitif.

1. Menu Home

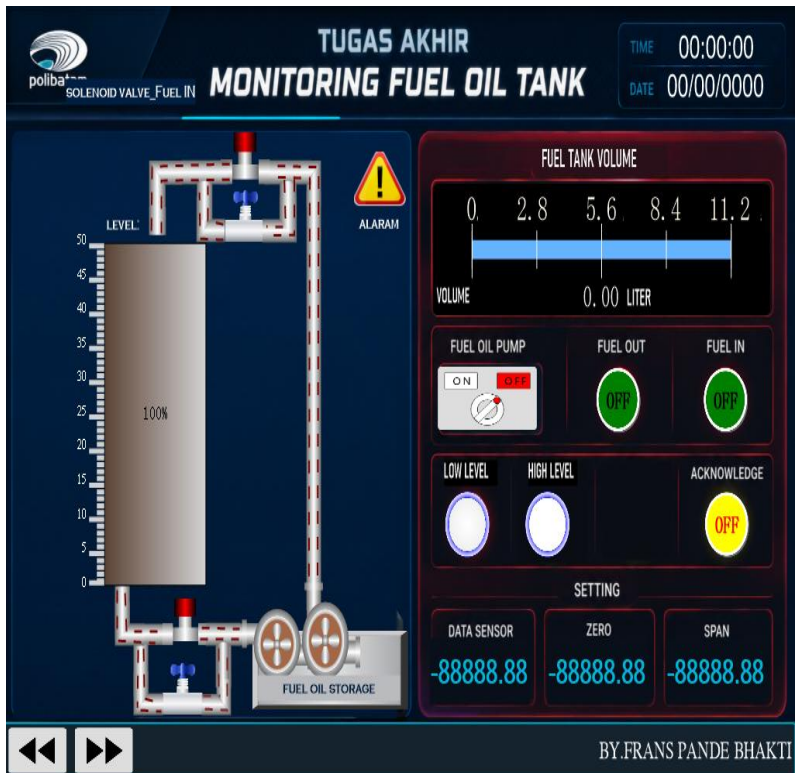


Gambar 10. Tampilan Menu Home

Menu home merupakan tampilan awal (*landing page*) pada sistem *Monitoring Fuel Oil Tank* yang berfungsi sebagai gerbang akses menuju sistem utama. Pada halaman ini, pengguna harus melakukan login terlebih dahulu dengan memasukkan kata sandi (*password*) yang sesuai untuk dapat mengakses menu *monitoring level* bahan bakar. Sistem keamanan ini diterapkan untuk membatasi akses hanya kepada *user* yang berwenang, sehingga data *monitoring* dapat terjaga dan tidak dapat diakses sembarangan.

Dalam menu Home tersedia dua tombol utama, yaitu Log-In untuk masuk ke sistem dan Log-Out untuk keluar dari sistem. Setelah proses autentikasi berhasil, pengguna akan diarahkan ke halaman utama *monitoring* untuk melihat kondisi *level fuel oil tank* secara *real-time*.

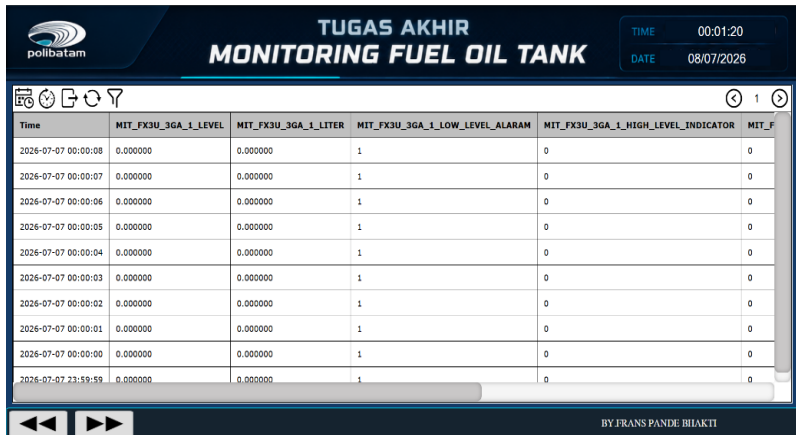
2. Monitoring fuel oil tank



Gambar 11. Monitoring Fuel Oil Tank

Menu *Monitoring Fuel Oil Level* merupakan antarmuka utama sistem yang dirancang untuk melakukan pemantauan kondisi tangki bahan bakar (*fuel oil tank*) secara *real-time*. Halaman ini menampilkan visualisasi aliran bahan bakar mulai dari *fuel oil storage*, proses distribusi melalui pompa, hingga masuk dan keluar melalui *Solenoid valve*.

3. Data Logger



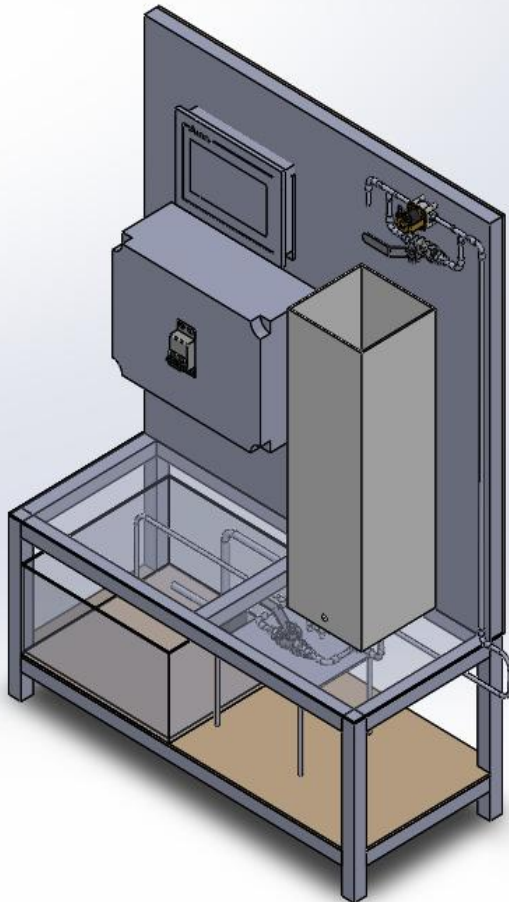
Time	MIT_FK3U_3GA_1_LEVEL	MIT_FK3U_3GA_1_LITER	MIT_FK3U_3GA_1_LOW_LEVEL_ALARM	MIT_FK3U_3GA_1_HIGH_LEVEL_INDICATOR	MIT_F
2026-07-07 00:00:08	0.000000	0.000000	1	0	0
2026-07-07 00:00:07	0.000000	0.000000	1	0	0
2026-07-07 00:00:06	0.000000	0.000000	1	0	0
2026-07-07 00:00:05	0.000000	0.000000	1	0	0
2026-07-07 00:00:04	0.000000	0.000000	1	0	0
2026-07-07 00:00:03	0.000000	0.000000	1	0	0
2026-07-07 00:00:02	0.000000	0.000000	1	0	0
2026-07-07 00:00:01	0.000000	0.000000	1	0	0
2026-07-07 00:00:00	0.000000	0.000000	1	0	0
2026-07-07 23:59:59	0.000000	0.000000	1	0	0

Gambar 12. Data logger

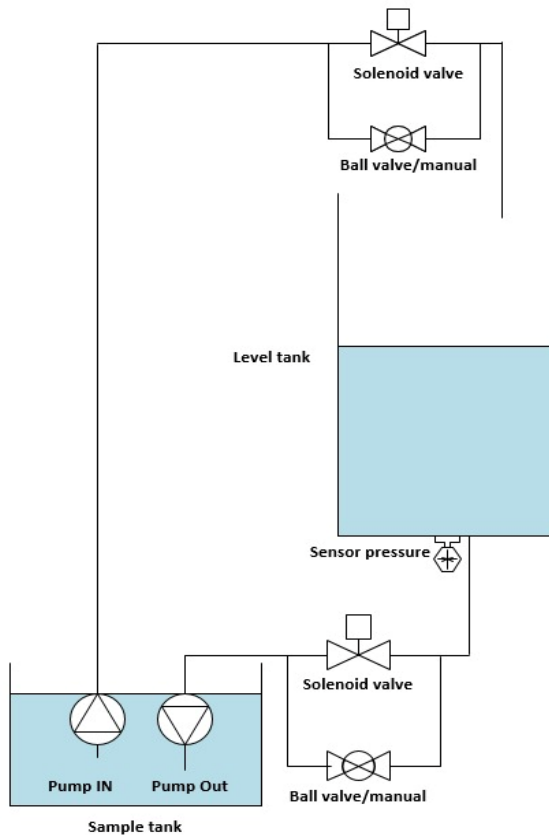
Menu Data Logger merupakan fitur pada sistem *Human Machine Interface (HMI)* yang berfungsi untuk merekam, menyimpan, dan menampilkan data hasil *monitoring level* bahan bakar secara otomatis dan berkala. Setiap data yang diterima dari *Programmable Logic Controller (PLC)* akan dicatat berdasarkan waktu pengambilan (*timestamp*), sehingga seluruh perubahan kondisi sistem dapat terdokumentasi secara sistematis. Pada tampilan Data Logger ditampilkan beberapa parameter penting, seperti waktu pencatatan (*Time*), nilai *level* bahan bakar (*Level*), volume bahan bakar (*Liter*), status alarm *Low Level*, serta status indikator *High Level*. Data tersebut diperbarui secara *real-time* sesuai dengan hasil pembacaan sensor tekanan yang telah diproses oleh PLC, sehingga operator dapat melakukan pemantauan terhadap kondisi tangki bahan bakar secara berkesinambungan.

4. Alarm Grup

- *Pump* (Pompa): Untuk melakukan pengisian atau pengosongan bahan bakar secara otomatis.
- *Alarm*: Sebagai indikator *audio-visual* jika terjadi kondisi kritis (*low/high level*).
- *Valve*: Sebagai katup pemutus aliran fluida dalam sistem perpipaan.



Gambar 14. Desain mekanis



Gambar 15. Perancangan Secara Mekanis

3.2. Alat dan Bahan

Untuk membuat suatu alat penelitian, saya menggunakan beberapa komponen, komponen-komponen berikut yang digunakan sebagai sistem kontrol, komponen input, ataupun komponen *output*. Komponen-komponen yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Estimasi Biaya Alat dan Bahan

No.	Alat/bahan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah	Total (Rp.)	Keterangan ¹
1	HMI Haiwell	2.860.000	1	2.860.000	Milik sendiri
2	PLC Mitsubishi Fx3u Lollette	500.000	1	500.000	Milik sendiri
3	Sensor Pressure	500.000	1	500.000	Perusahaan
4	Pompa AD20P	97.000	1	97.000	Milik sendiri
5	valve	50.000	2	100.000	Milik sendiri
6	Kabel Ethernet – USB	-	1	-	Perusahaan
7	Tabung akrilik	300.000	2	600.000	Milik Sendiri
8	Junction Box	210.000	1	210.000	Milik Sendiri
9	Kabel RS232	-	1	-	Perusahaan
Total				Rp.4.867.000	

3.3. Pengujian

Pada penelitian ini ada tahapan pengujian yang akan dilakukan pada tugas akhir ini, yaitu pengujian apakah hasil dari sensor Pressure akan menghasilkan nilai yang terbaca sesuai dengan hasil yang terbaca di HMI. Pada Pengujian ini pembagian tahapan yang dilakukan pada tugas akhir ini:

1. Kalibrasi sensor *Pressure* sesuai spesifikasi
2. Kalibrasi Program secara scaling sesuai spesifikasi
3. Pengujian pengetesan sensor dan pembacaan di HMI
4. Uji Coba mendapatkan data linier sehingga dapat mengeset alarm sesuai kebutuhan
5. Uji coba *security sistem* secara remot

3.3.2. Pengujian sensor tekanan

Pada kalibrasi sensor ini memberikan nilai kalibrasi yang akan dimonitoring pada *level* ketinggian tangki bahan bakar yang dapat dimonitoring secara *real-time* oleh kru. Pembuatan kalibrasi sensor tekanan membuat tabel kebenaran untuk sebagai prosedur kalibrasi yang dilakukan secara step.

Pengujian sensor tekanan pada penelitian ini didasarkan pada hukum utama hidrostatik untuk menentukan *level* bahan bakar di dalam tangki secara akurat. Sensor tekanan yang diletakkan pada dasar tangki bekerja dengan mendeteksi tekanan kolom cairan di atasnya, yang kemudian dikonversi menjadi sinyal analog untuk diproses oleh PLC Mitsubishi Fx3u. Secara teoritis, besarnya tekanan yang diterima oleh sensor dipengaruhi oleh massa jenis fluida dan ketinggian permukaan zat cair, sesuai dengan persamaan tekanan hidrostatik sebagai berikut:

Rumus kalibrasi sensor tekanan:

$$P = \frac{(V - V_{min}) \times P_{max}}{4}$$

$$V_{out} = V_{min} + \frac{P}{10} \times 4$$

Penjelasan:

- P tekanan (*Pressure*)
- V output voltage sensor
- Vmin minimum output sensor
- Pmax tekanan maksimum sensor
- 4 adalah selisih output sensor max dan min

Rumus konversi tekanan ke *level*:

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

Penjelasan:

- P tekanan (*pressure*)
- ρ (**Rho**) Massa jenis bahan bakar kapal (misalnya *Marine Fuel Oil* atau *Solar*), yang menjadi nilai konstanta dalam perhitungan program.
- g (*Gravitasi*) percepatan gravitasi bumi
- h (*Hieght*) ketinggian permukaan bahan bakar (*Level*).

Tabel 5. Table Kalibrasi Sensor Tekanan

NO	Pressure	<i>Level</i>	Voltage (VDC)
1	0KPa	0Cm	0.5 VDC
2	1.2KPa	12.5Cm	0.98VDC

3	2.4KPa	25Cm	1.46VDC
4	3.6KPa	37.5Cm	1.94VDC
5	4.9KPa	50Cm	2.46 VDC

Data ketinggian (h) yang diperoleh dari rumus hidrostatik tersebut kemudian diolah lebih lanjut menggunakan *algoritma scaling* pada PLC untuk mendapatkan nilai level. Dalam Pengujian dilakukan pada titik ukur 0% hingga 100% untuk memverifikasi bahwa kenaikan tekanan berbanding lurus dengan kenaikan *level* cairan. Dengan menerapkan prinsip hidrostatik ini, sistem dapat memberikan data pemantauan yang jauh lebih presisi dan konsisten dibandingkan penggunaan sensor arus atau ultrasonik standar yang sering mengalami gangguan akurasi pada tangki yang dalam.

3.3.2. Pengujian Program Scaling

Kalibrasi ini memberikan nilai linier dengan cara memasukan data sensor yang sudah terkalibrasi, sehingga memberikan nilai akurat pembacaan yang ada di HMI. Pengujian program *scaling* bertujuan untuk memverifikasi akurasi algoritma pemrosesan data pada PLC Mitsubishi Fx3u dalam mengonversi sinyal analog dari *pressure sensor* menjadi satuan teknik yang representatif. Proses *scaling* merupakan tahapan krusial untuk memastikan bahwa tegangan analog (Vdc) yang diterima oleh modul input PLC dapat diterjemahkan secara presisi ke dalam parameter tekanan (Pa), ketinggian (Cm), dan volume (Cm³). Dan dasar perhitungan yang digunakan dalam program PLC mengikuti rumus interpolasi linear sebagai berikut:

$$S_{\text{value}} = \frac{S_{\text{max}} - S_{\text{min}}}{D_{\text{max}} - D_{\text{min}}} \times (Data\ in - D_{\text{min}}) + S_{\text{min}}.$$

- *Svalue* = Scaling Value
- *Smax* = Scaling Maksimum
- *Smin* = Scaling Minimum
- *Dmax* = Data Signal Maksimum
- *Dmin* = Data Signal Minimum
- Data in = Data Masuk

Melalui pengujian ini, diharapkan deviasi antara nilai terukur secara manual dengan nilai yang terbaca pada sistem tetap berada di bawah ambang batas

toleransi. Validasi ini menjadi solusi terhadap masalah akurasi yang ditemukan pada penelitian terdahulu

3.3.3. User Security

Pengujian *level user security* bertujuan untuk memastikan bahwa sistem mampu membatasi hak akses pengguna sesuai dengan peran (role) yang telah ditetapkan. Pengujian ini penting untuk menjamin keamanan sistem, mencegah perubahan parameter yang tidak sah, serta menghindari akses terhadap menu konfigurasi yang bersifat kritis. Pengujian dilakukan dengan membuat beberapa user pengguna dengan *level* akses yang berbeda, yaitu *Chief Engineer*, *Operator*, dan *Admin*. Setiap akun diuji kemampuan aksesnya terhadap fitur-fitur utama sistem, seperti akses ke tampilan monitoring, perubahan parameter, akses konfigurasi, dan manajemen pengguna.

Tabel 6. Tabel pengetesan *user security*

NO	Deskripsi	<i>Chief engginer/ Admin</i>	<i>user</i>
1	<i>Monitoring</i>	✓	✓
2	<i>Accept alarm</i>	✓	✓
3	<i>Setting scaling</i>	✓	✗
4	<i>Access cloud</i>	✓	✓
5	<i>Data alarm history</i>	✓	✓

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Kondisi Lingkungan

Sebelum dilakukan pengujian *Alarm Monitoring* Sistem Kapal berbasis *Cloud SCADA*, penulis memastikan bahwa kondisi lingkungan pengujian telah sesuai dengan kebutuhan dan spesifikasi *sistem*. *Sistem* ini memungkinkan *alarm* bekerja sesuai dengan parameter yang telah ditentukan, serta *alarm* yang dihasilkan dapat dimonitor secara *real-time* melalui *platform Cloud SCADA*. Seluruh rangkaian perangkat keras dan perangkat lunak telah terpasang dan terkonfigurasi dengan baik, sehingga pengujian dapat dilakukan secara optimal dan hasil pengujian dapat mencerminkan kinerja sistem *monitoring fuel oil tank* yang dirancang.

4.2. Hasil Pengujian

4.2.1 Hasil Kalibrasi Sensor tekanan (*Pressure*)

Kalibrasi sensor tekanan dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor dalam membaca nilai tekanan yang digunakan sebagai parameter pengukuran *level* bahan bakar pada tangki. Proses kalibrasi dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur referensi pada beberapa titik pengukuran yang telah ditentukan.

Berdasarkan hasil kalibrasi, diperoleh bahwa nilai keluaran sensor memiliki hubungan yang linear terhadap perubahan tekanan yang diberikan. Selisih antara nilai pembacaan sensor dengan nilai referensi menunjukkan tingkat error yang relatif kecil dan masih berada dalam batas toleransi sistem. Hal ini menunjukkan bahwa sensor tekanan memiliki tingkat akurasi yang baik dan layak digunakan dalam sistem monitoring *level* bahan bakar.

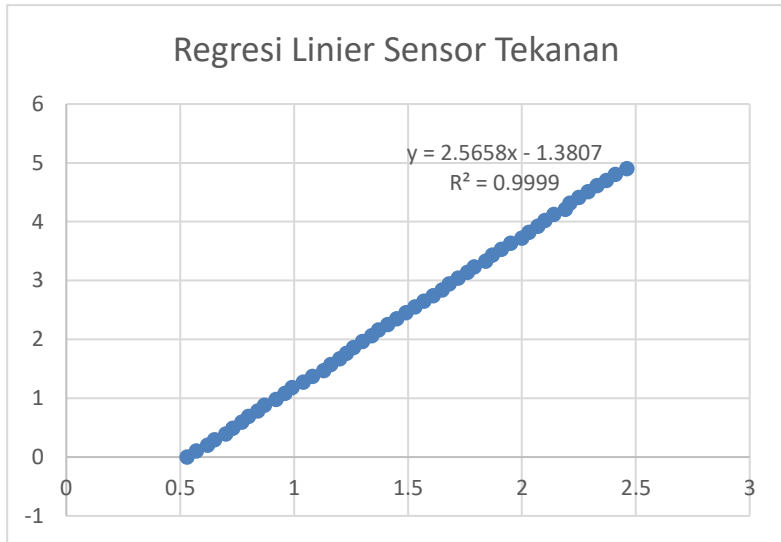
Dari hasil pengujian juga diketahui bahwa semakin besar tekanan yang diberikan, maka nilai keluaran sensor mengalami peningkatan secara proporsional. Kondisi ini membuktikan bahwa sensor mampu bekerja secara stabil dan konsisten dalam mendeteksi perubahan tekanan pada tangki bahan bakar.

Tabel 7. Hasil Pengujian Sensor Tekanan

No	Pressure (kPa)	Voltage (DC)	Voltage (DC) aktual	Error
0	0.00	0.5	0.53	+0.03
1	0.10	0.54	0.57	+0.03
2	0.20	0.58	0.62	+0.04

3	0.29	0.62	0.65	+0.03
4	0.39	0.66	0.70	+0.04
5	0.49	0.70	0.73	+0.03
6	0.59	0.74	0.77	+0.03
7	0.69	0.77	0.80	+0.03
8	0.78	0.81	0.84	+0.03
9	0.88	0.85	0.87	+0.03
10	0.98	0.89	0.92	+0.03
11	1.08	0.93	0.96	+0.03
12	1.18	0.97	0.99	+0.02
13	1.27	1.01	1.04	+0.3
14	1.37	1.05	1.08	+0.3
15	1.47	1.09	1.13	+0.04
16	1.57	1.13	1.16	+0.03
17	1.67	1.17	1.20	+0.03
18	1.76	1.21	1.23	+0.02
19	1.86	1.24	1.26	+0.02
20	1.96	1.28	1.30	+0.02
21	2.06	1.32	1.34	+0.02
22	2.16	1.36	1.37	+0.01
23	2.25	1.40	1.41	+0.01
24	2.35	1.44	1.45	+0.01
25	2.45	1.48	1.49	+0.01
26	2.55	1.52	1.53	+0.01
27	2.65	1.56	1.57	+0.01
28	2.74	1.60	1.61	+0.01
29	2.84	1.64	1.65	+0.01
30	2.94	1.68	1.68	+0.00
31	3.04	1.72	1.72	0.
32	3.14	1.75	1.76	+0.01
33	3.23	1.79	1.79	0
34	3.33	1.83	1.84	+0.01

35	3.43	1.87	1.87	0
36	3.53	1.91	1.91	0
37	3.63	1.95	1.95	0
38	3.72	1.99	2.00	+0.01
39	3.82	2.03	2.03	0
40	3.92	2.07	2.07	0
41	4.02	2.11	2.10	-0.01
42	4.12	2.15	2.14	-0.01
43	4.21	2.19	2.19	0
44	4.31	2.22	2.21	-0.01
45	4.41	2.26	2.25	-0.01
46	4.51	2.30	2.29	-0.01
47	4.61	2.34	2.33	-0.01
48	4.70	2.38	2.37	-0.01
49	4.80	2.42	2.41	-0.01
50	4.90	2.46	2.46	0



Gambar 16. Progresi Linier Sensor Tekanan

Hasil pengujian dan kalibrasi sensor tekanan menunjukkan hubungan linier yang sangat baik antara tegangan keluaran sensor (VDC) terhadap nilai tekanan (kPa). Nilai gradien (slope) sebesar 2.5658 menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1 Volt pada output sensor akan meningkatkan pembacaan tekanan sebesar 2.5658 kPa. Sedangkan nilai intercept sebesar -1.3807 menunjukkan adanya *offset* awal pada sensor saat tegangan mendekati nol.

Selain itu, nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.9999 menunjukkan tingkat akurasi yang sangat tinggi, di mana sekitar 99.99% variasi data tekanan dapat dijelaskan oleh perubahan tegangan output sensor. Nilai ini mengindikasikan bahwa sensor memiliki karakteristik linearitas yang sangat baik dan sangat layak digunakan dalam sistem monitoring *level* bahan bakar.

Dari grafik juga terlihat bahwa data hasil pengukuran sangat mendekati garis regresi, sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor memiliki stabilitas, konsistensi, dan presisi yang tinggi dalam mengukur tekanan. Hal ini penting untuk memastikan hasil konversi tekanan menjadi *level* bahan bakar pada sistem monitoring berbasis PLC dan HMI berjalan dengan akurat.

4.2.2. Hasil Kalibrasi *scaling* program

Kalibrasi program menunjukkan nilai yang terbaca sudah terfilter dari *noise* yang ada pada program dan nilai tersebut dapat di hilangkan ataupun ditambahkan sesuai nilai yang terdapat pada plc. Nilai yang didapatkan juga dapat disetting menggunakan HMI yang menampilkan nilai program secara akurat. Pada kalibraasi ini menunjukkan nilai *sensor pressure* digunakan simulasi nilai akurasi, Hasil sebelum kalibrasi *scaling* program:

Tabel 8. Hasil Sebelum Scaling Data Sensor

NO	Kalibrasi <i>Scaling</i>		<i>Level</i>	<i>Level</i> HMI	<i>Error</i>
	Zero	Span			
1	220	960	0	1.2	+1.2
2			12.2	13.4	+1.2
3			24.5	25.8	+1.3
4			36.7	38.9	+1.2
5			49	50	+1

Tabel 9. Hasil Setelah Melakukan *Scaling*

NO	Kalibrasi <i>Scaling</i>		Level	Level HMI	Error
	Zero	Span			
1	214	960	0	0	0
2			12.2	12.2	+0.1
3			24.5	24.6	+0.1
4			36.7	36.8	+0.1
5			49	49.0	0

4.2.3. Hasil pengujian akurasi pembacaan sensor

Pengujian akurasi pembacaan sensor dilakukan untuk memastikan bahwa sistem mampu membaca, mengolah, dan menampilkan data sensor dengan benar. Sensor tekanan yang dipasang pada instalasi, kemudian dibandingkan dengan instrumen pembanding yang telah terkalibrasi. Tujuan utama pengujian ini adalah

menjamin bahwa nilai yang diterima oleh PLC dan selanjutnya ditampilkan pada SCADA sesuai dengan kondisi fisik sebenarnya.

Tabel 10. Hasil Pengujian Akurasi Pembacaan Sensor

No	Pressure (kPa)	Voltage (DC)	Voltage (DC) aktual	Error	Level (Cm)	Level (Cm) HMI	Error
0	0.00	0.5	0.53	+0.03	0	0	0
1	0.10	0.54	0.57	+0.03	1	1.1	+0.1
2	0.20	0.58	0.62	+0.04	2	2.0	0
3	0.29	0.62	0.65	+0.03	3	3.1	+0.1
4	0.39	0.66	0.70	+0.04	4	4.1	+0.1
5	0.49	0.70	0.73	+0.03	5	5.1	+0.1
6	0.59	0.74	0.77	+0.03	6	6.1	+0.1
7	0.69	0.77	0.80	+0.03	7	7.0	0
8	0.78	0.81	0.84	+0.03	8	8.1	+0.1
9	0.88	0.85	0.87	+0.03	9	9.1	+0.1
10	0.98	0.89	0.92	+0.03	10	10.1	+0.1
11	1.08	0.93	0.96	+0.03	11	11.1	+0.1
12	1.18	0.97	0.99	+0.02	12	12.1	+0.1
13	1.27	1.01	1.04	+0.3	13	13.1	+0.1
14	1.37	1.05	1.08	+0.3	14	14.1	+0.1
15	1.47	1.09	1.13	+0.04	15	15.1	+0.1
16	1.57	1.13	1.16	+0.03	16	16.1	+0.1
17	1.67	1.17	1.20	+0.03	17	17.1	+0.1
18	1.76	1.21	1.23	+0.02	18	18.1	+0.1
19	1.86	1.24	1.26	+0.02	19	19.1	+0.1
20	1.96	1.28	1.30	+0.02	20	20.1	+0.1
21	2.06	1.32	1.34	+0.02	21	21.1	+0.1
22	2.16	1.36	1.37	+0.01	22	22.1	+0.1
23	2.25	1.40	1.41	+0.01	23	23.1	+0.1
24	2.35	1.44	1.45	+0.01	24	24.1	+0.1

25	2.45	1.48	1.49	+0.01	25	25.1	+0.1
26	2.55	1.52	1.53	+0.01	26	26.1	+0.1
27	2.65	1.56	1.57	+0.01	27	27.1	+0.1
28	2.74	1.60	1.61	+0.01	28	28.0	0
29	2.84	1.64	1.65	+0.01	29	29.1	+0.1
30	2.94	1.68	1.68	+0.00	30	30.0	0
31	3.04	1.72	1.72	0.	31	31.1	+0.1
32	3.14	1.75	1.76	+0.01	32	32.0	0
33	3.23	1.79	1.79	0	33	33.0	0
34	3.33	1.83	1.84	+0.01	34	34.1	+0.1
35	3.43	1.87	1.87	0	35	35.1	+0.1
36	3.53	1.91	1.91	0	36	36.1	+0.1
37	3.63	1.95	1.95	0	37	37.1	+0.1
38	3.72	1.99	2.00	+0.01	38	38.1	+0.1
39	3.82	2.03	2.03	0	39	39.0	0
40	3.92	2.07	2.07	0	40	40.0	0
41	4.02	2.11	2.10	-0.01	41	41.1	+0.1
42	4.12	2.15	2.14	-0.01	42	42.0	0
43	4.21	2.19	2.19	0	43	43.0	0
44	4.31	2.22	2.21	-0.01	44	44.0	+0.1
45	4.41	2.26	2.25	-0.01	45	45.1	+0.1
46	4.51	2.30	2.29	-0.01	46	46.1	+0.1
47	4.61	2.34	2.33	-0.01	47	47.1	+0.1
48	4.70	2.38	2.37	-0.01	48	48.0	0
49	4.80	2.42	2.41	-0.01	49	49.0	0
50	4.90	2.46	2.43	-0.03	50	49.5	-0.5

4.2.3. Hasil pengujian *security*

Alarm Monitoring Sistem menggunakan *User Security* bertujuan untuk memastikan bahwa sistem mampu monitoring dan menampilkan *alarm* secara

real-time, tetapi juga mengelola akses pengguna dengan benar sesuai hak dan peran masing-masing. Tujuan dalam pembuatan *user security* untuk:

1. Membatasi akses terhadap menu atau fitur sistem
2. Menjaga integritas data dan mencegah manipulasi *alarm*.
3. Menjaga terjadinya *error* pada pembacaan actual.

Sistem yang digunakan dalam pengujian ini dengan memunculkan *login* sebelum masuk kedalam sistem tersebut. Dengan maksud dapat terlihat terakhir pengguna pada menggunakan monitoring tersebut dapat tercatat. *User* pengguna dapat *logout* setelah pengguna memonitoring dan membaca tersebut. *User* pengguna setelah login dapat mengakses kedalam sistem dan tidak memerlukan login berulang-ulang pada user pengguna. Nama-nama yang tercantum dapat dilihat langsung pada *level security*

4.2.3.1. Hasil pengujian security level Admin

Level Maker merupakan *level* tertinggi yang memiliki kendali penuh terhadap sistem, termasuk pengaturan pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa:

1. *Admin* dapat membuat, menghapus, dan mengubah hak akses setiap pengguna.
2. *Admin* dapat melakukan *backup* dan restore sistem.
3. *Admin* memiliki akses penuh terhadap seluruh menu, termasuk konfigurasi dan parameter kritikal.
4. *Admin* dapat Menambahkan dan mengurangi sistem software yang digunakan
5. *Admin* dapat *monitoring clouds* pada sistem, dapat melihat sistem *Real time* dari jarak jauh
6. *Admin* dapat update SCADA sistem secara IoT
7. *Admin* dapat mengatasi akses darurat atau
8. yang tidak bisa direset

4.2.3.2. Hasil pengujian security level User

Pada *level security*, Operator ditempatkan pada *Level 5*, yaitu *level* yang memiliki tugas untuk mengoperasikan sistem monitoring secara langsung dan memastikan bahwa kondisi mesin dapat dipantau melalui tampilan *alarm* dan data yang disediakan oleh sistem. Operator merupakan pengguna yang berinteraksi langsung dengan *Alarm Monitoring Sistem Cloud SCADA*, sehingga kemampuan untuk membaca status dan memberikan respon dasar pada *alarm* merupakan aspek yang harus diuji secara detail.

Operator tidak memiliki akses untuk mengubah konfigurasi sistem, namun memiliki kemampuan untuk melakukan tindakan operasional seperti menerima

(*accept*) *alarm*, melakukan mute suara *alarm*, serta memantau kondisi mesin secara *real-time*. Pengujian ini bertujuan memastikan bahwa operator hanya dapat menjalankan fungsi operasional sesuai batasan *level* 5 dan tidak dapat mengakses pengaturan tingkat lebih tinggi.

1. Akses monitoring sistem Operator dapat:
 - Melihat status mesin secara *realtime*.
 - Mengamati kondisi parameter penting seperti temperatur, tekanan, getaran, dan status pompa.
 - Memantau *alarm* yang aktif pada *display* utama.
2. Aksi *Accept* dan *Mute Alarm* Sesuai dengan fungsinya, operator memiliki hak akses untuk:
 - Memberikan perintah *Accept* pada alarm yang muncul, sehingga *alarm* tersebut dicatat telah dibaca.
 - Melakukan *Mute* suara *alarm* agar notifikasi suara dihentikan sementara selama kondisi masih abnormal.

4.2.3.2. Hasil pengujian *access level*

Berdasarkan hasil pengujian *level* keamanan (*security level*) pada sistem *monitoring level* bahan bakar, dapat disimpulkan bahwa *mekanisme* pembatasan hak akses telah berjalan sesuai dengan rancangan. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hak akses antara *level Chief Engineer/Admin* dan *User* pada beberapa fitur utama sistem. Hasil menunjukkan bahwa kedua *level* pengguna dapat mengakses menu monitoring, melakukan *accept alarm*, mengakses *cloud*, serta melihat data *alarm history*. Namun, pada fitur setting scaling, hanya *Chief Engineer/Admin* yang diberikan hak akses, sedangkan *User* tidak memiliki izin untuk mengubah parameter tersebut.

Hal ini menunjukkan bahwa sistem telah menerapkan konsep *role-based access kontrol (RBAC)* dengan baik, di mana fitur yang bersifat kritis dan berpengaruh terhadap akurasi pembacaan sensor dibatasi hanya untuk *administrator*. Implementasi keamanan ini penting untuk mencegah perubahan konfigurasi oleh pihak yang tidak berwenang, sehingga dapat menjaga kestabilan, keakuratan, dan keandalan sistem *monitoring level* bahan bakar secara keseluruhan

Tabel 11. Hasil Pengujian *Level Security*

NO	Deskripsi	Chief engginer/ Admin	user
1	<i>Monitoring</i>	✓	✓
2	<i>Accept alarm</i>	✓	✓
3	<i>Setting scaling</i>	✓	✗
4	<i>Access cloud</i>	✓	✓
5	<i>Data alarm history</i>	✓	✓

4.2.4. Hasil pengujian *Alarm Buzzer*

Pengujian *alarm buzzer* dilakukan untuk memastikan bahwa sistem mampu memberikan peringatan suara secara otomatis ketika kondisi *alarm* terdeteksi oleh PLC. *Alarm buzzer* berfungsi sebagai indikator peringatan awal (*early warning sistem*) agar operator maupun pengguna yang bertugas dapat segera mengetahui adanya kondisi tidak normal. Pada proses pengujian, *alarm buzzer* menerima sinyal kendali langsung dari PLC ketika parameter pada sistem memasuki kondisi abnormal. *Buzzer* akan terus berbunyi selama *alarm* belum dilakukan tindakan *acknowledge* atau *mute*. Fitur *mute/accept* pada sistem berfungsi untuk menghentikan suara *buzzer*, namun tidak menghapus status *alarm* pada tampilan *monitoring*. Dengan demikian, operator tetap dapat melihat jenis *alarm* yang terjadi meskipun suara *buzzer* telah dimatikan. Jika tidak dilakukan *accept*, *buzzer* akan terus berbunyi secara berulang sebagai bentuk pengingat bahwa masih terdapat kondisi tidak normal yang belum ditindaklanjuti. Hasil pengujian ini memastikan bahwa sistem *alarm buzzer* bekerja sesuai desain, yaitu memberikan peringatan suara yang responsif, jelas, dan memiliki fungsi pengendalian yang efektif melalui fitur *mute/accept*.

Tabel 12. Hasil Pengujian *Alarm Buzzer*

No	Nama alarm	Level tangki	Status Buzzer	Tindakan	Hasil pengujian
1	<i>Low Level</i>	10<	Aktif	<i>Accept</i>	<i>Buzzer stop, tetapi alarm tetap tampil</i>

2	<i>High Level</i>	40>	Aktif	<i>Accept</i>	<i>Buzzer stop, tetapi alaram tetap tampil</i>
---	-------------------	-----	-------	---------------	--

Berdasarkan hasil pengujian sistem *alarm* pada *monitoring level* bahan bakar, dapat diketahui bahwa mekanisme *alarm* telah berfungsi sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan pada dua kondisi, yaitu *Low Level* dan *High Level*. Pada kondisi *Low Level*, *alarm* akan aktif ketika *level* tangki berada di bawah 10 cm, sedangkan pada kondisi *High Level*, *alarm* aktif ketika *level* tangki melebihi 40 cm. Pada kedua kondisi tersebut, *buzzer* akan menyala sebagai indikator adanya kondisi abnormal pada *level* bahan bakar. Selanjutnya dilakukan pengujian dengan menekan tombol *Accept* sebagai tindakan operator terhadap *alarm* yang muncul. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setelah tombol *Accept* ditekan, *buzzer* berhenti berbunyi, namun notifikasi *alarm* tetap tampil pada sistem. Hal ini menunjukkan bahwa fungsi tombol *Accept* bekerja untuk mengonfirmasi *alarm* tanpa menghapus status alarm yang masih aktif.

Secara keseluruhan, hasil pengujian ini membuktikan bahwa sistem alarm mampu memberikan peringatan dini secara efektif serta mendukung proses *acknowledgment* oleh operator. Mekanisme ini penting untuk memastikan operator menyadari kondisi *abnormal* yang terjadi, sekaligus tetap mempertahankan informasi alarm hingga kondisi *level* tangki kembali normal.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem *monitoring level* bahan bakar pada kapal berbasis *Internet of Things (IoT)* menggunakan *Programmable Logic Controller (PLC)* dan *Human Machine Interface (HMI)*, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem *monitoring level* bahan bakar berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan mengintegrasikan sensor tekanan, PLC Mitsubishi FX3U-24MR, dan HMI Haiwell Cloud SCADA B7H-W

sehingga mampu melakukan pemantauan *level* bahan bakar secara *real-time* baik secara lokal maupun jarak jauh melalui *cloud*.

2. Hasil kalibrasi sensor tekanan menunjukkan hubungan linier yang sangat baik antara tekanan dan tegangan keluaran sensor dengan nilai *koefisien determinasi* ($R^2 = 0,9999$), yang menunjukkan tingkat akurasi dan konsistensi sensor sangat tinggi dalam mendeteksi perubahan *level* bahan bakar.
3. Implementasi metode *scaling* pada PLC berhasil meningkatkan akurasi pembacaan data sensor, di mana nilai error setelah kalibrasi dapat ditekan hingga mendekati 0 cm, sehingga data yang ditampilkan pada HMI lebih *representatif* terhadap kondisi aktual tangki.
4. Sistem *alarm* yang dirancang mampu bekerja sesuai parameter yang telah ditentukan, yaitu pada kondisi *low level* dan *high level*, serta fitur *accept alarm* dapat menghentikan buzzer tanpa menghilangkan notifikasi *alarm* selama kondisi abnormal masih berlangsung.
5. Sistem keamanan berbasis *role-based access kontrol (RBAC)* berhasil diterapkan dengan baik, di mana hak akses pengguna dibatasi berdasarkan *level* pengguna, sehingga dapat meningkatkan keamanan sistem dan mencegah perubahan konfigurasi oleh pihak yang tidak berwenang.

Secara keseluruhan, sistem yang dirancang telah memenuhi tujuan penelitian dan dapat menjadi solusi alternatif yang efektif, andal, dan ekonomis dalam mendukung *monitoring* bahan bakar kapal secara modern.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem *monitoring level* bahan bakar pada kapal, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan acuan untuk pengembangan penelitian selanjutnya:

1. Optimasi sistem keamanan data
Untuk meningkatkan keamanan sistem berbasis IoT, diperlukan penerapan metode *enkripsi* data dan *otentikasi* yang lebih kuat guna mencegah potensi akses ilegal maupun manipulasi data selama proses transmisi melalui jaringan internet.
2. Penambahan parameter monitoring
Sistem tidak hanya difokuskan pada monitoring *level* bahan bakar, tetapi dapat dikembangkan untuk memantau parameter lain seperti temperatur bahan bakar, laju konsumsi bahan bakar, tekanan sistem, dan kondisi pompa agar informasi operasional menjadi lebih *komprehensif*.

3. Integrasi dengan sistem manajemen kapal

Sistem monitoring yang telah dirancang dapat diintegrasikan dengan sistem manajemen kapal secara menyeluruh untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih efektif dalam pengelolaan bahan bakar, perawatan mesin, dan efisiensi operasional kapal.

4. Penggunaan sensor dengan akurasi lebih tinggi

Pemilihan sensor dengan spesifikasi dan tingkat presisi yang lebih baik dapat menjadi pertimbangan untuk meningkatkan kualitas data pengukuran, terutama pada tangki dengan kapasitas yang lebih besar dan kondisi operasional yang lebih kompleks.

Saran-saran tersebut diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan sistem monitoring yang lebih andal, aman, dan efisien pada penelitian selanjutnya.

Daftar Pustaka

- [1] Nursalim, W. F. Galla, S. Syam, and S. Kurniati, "Rancang Bangun Sistem Proteksi dan Monitoring Arus dan Tegangan Lebih Berbasis Telegram," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 14, no. 2, pp. 85–92, 2022.
- [2] W. Bolton, *Programmable Logic Controllers*, 6th ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2015.
- [3] Mitsubishi Electric Corporation, *FX3U Series Programmable Logic Controller User's Manual*. Tokyo: Mitsubishi Electric, 2014.
- [4] Haiwell Technology Co., Ltd., *Haiwell HMI B7 Series User Manual*. Shanghai: Haiwell Technology, 2019.
- [5] R. Buyya and A. V. Dastjerdi, *Internet of Things: Principles and Paradigms*. Cambridge: Morgan Kaufmann, 2016.
- [6] P. Raj and A. C. Raman, *The Internet of Things: Enabling Technologies, Platforms, and Use Cases*. Boca Raton: CRC Press, 2017.
- [7] H. Suryono and A. Nugroho, "Perancangan Sistem Monitoring *Level* Cairan Berbasis PLC dan HMI," *Jurnal Teknik Elektro dan Otomasi Industri*, vol. 8, no. 2, pp. 85–92, 2020.
- [8] R. A. Putra and E. Prasetyo, "Implementasi Sensor Tekanan untuk Pengukuran *Level* Tangki Cairan," *Jurnal Instrumentasi dan Kontrol*, vol. 5, no. 1, pp. 12–19, 2019.
- [9] R. H. Bishop, *Mechatronic Systems, Sensors, and Actuators*. Boca Raton: CRC Press, 2011.
- [10] A. Alciatore and M. Histan, *Introduction to Mechatronics and Measurement Systems*, 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2012.
- [11] International Maritime Organization, *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS)*. London: IMO, 2018.
- [12] S. Wahyudi and D. Prabowo, "Sistem Monitoring Tangki BBM Menggunakan Sensor Tekanan Berbasis PLC," *Jurnal Teknologi dan Sistem Industri*, vol. 7, no. 1, pp. 33–40, 2021.
- [13] A. Kurniawan, "Perancangan Sistem Monitoring *Level* Tangki Berbasis Internet of Things," *Jurnal Teknologi Informasi dan Otomasi*, vol. 6, no. 2, pp. 45–52, 2020.
- [14] D. P. Sari and M. H. Ramadhan, "Implementasi HMI pada Sistem Monitoring Industri Berbasis PLC," *Jurnal Otomasi dan Kontrol Industri*, vol. 9, no. 1, pp. 21–28, 2021.
- [15] Y. Efendi, "Internet of Things (IoT): Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile," *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 1, pp. 19–26, 2018. Daftar pustaka merupakan daftar referensi dari semua jenis referensi seperti buku, majalah

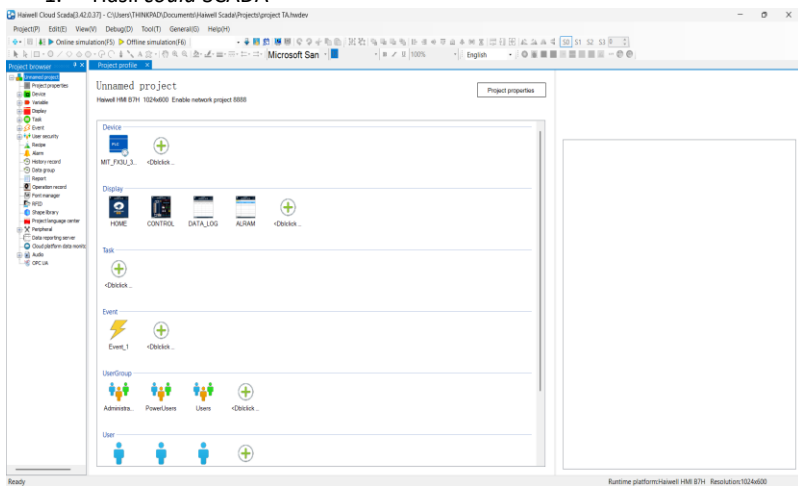
Biodata



Nama	: Frans pande bhakti
TTL	: Bandung 31 juli 2000
Agama	: Kristen Protestan
Alamat	: Jl. Pelajar No 21. Sagulung.Batu aji. Batam. Kepulauan Riau.
Email	: fpanjaitan29@gmail.com
Riwayat Pendidikan	SMA: SMA N2 Karimun. SMP: SMP N1 Jorlang Hataran.

Lampiran

1. Hasil *could* SCADA



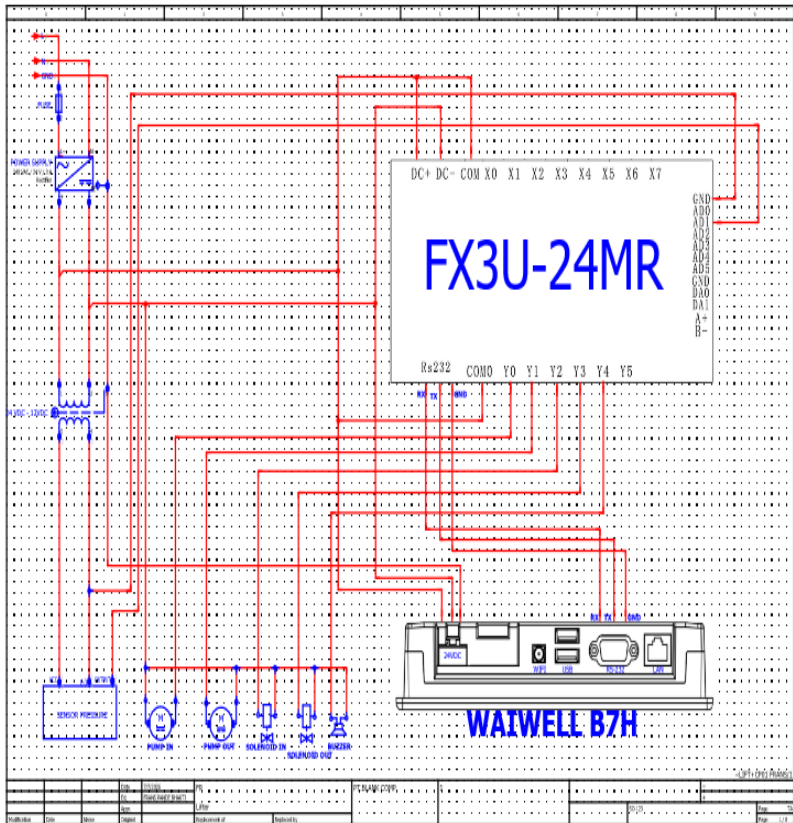
2. Script Scada

```
⋮ Compile Test ⚡ format 🔍 lookup
1  [ ] if ($UserPrivilegeLevel>=1)
2      {
3          $InternalVariable_1.Variable1=0;
4          $InternalVariable_1.Variable2=0;
5      }
6  [ ] else
7      {
8          $InternalVariable_1.Variable1=1;
9      }
10
```

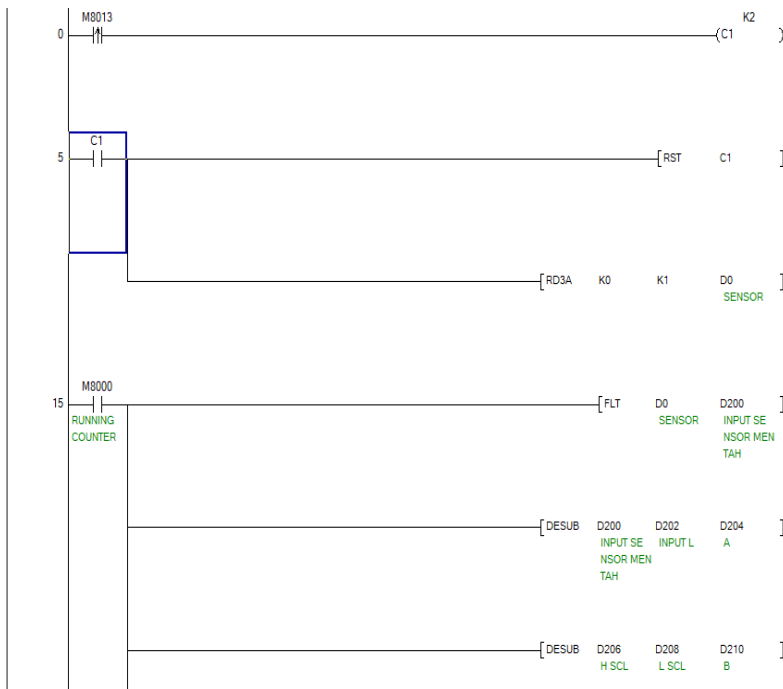
3. Penggunaan memory di scada

	Variable group ▼	Variable name	Address	Bit address	Data type	The mode of reading and writing
	MIT_FX3U_3GA_1					
1	MIT_FX3U_3GA_1	_commStatus	0		Bool	Read only
2	MIT_FX3U_3GA_1	_commOperation	1		Bool	Read and write
3	MIT_FX3U_3GA_1	_commModify	2		Bool	Read and write
4	MIT_FX3U_3GA_1	_commDatashows	3		Bool	Read and write
5	MIT_FX3U_3GA_1	_commBaudRate	1		UInteger	Read and write
6	MIT_FX3U_3GA_1	_commDataBit	2		UInteger	Read and write
7	MIT_FX3U_3GA_1	_commParityCheck	3		UInteger	Read and write
8	MIT_FX3U_3GA_1	_commStopbit	4		UInteger	Read and write
9	MIT_FX3U_3GA_1	_commPort	5		UInteger	Read and write
10	MIT_FX3U_3GA_1	_commAddress	6		UInteger	Read and write
11	MIT_FX3U_3GA_1	_commType	7		UInteger	Read and write
12	MIT_FX3U_3GA_1	LEVEL	D220		Float	Read only
13	MIT_FX3U_3GA_1	ZERO	D202		Float	Read and write
14	MIT_FX3U_3GA_1	SPAN	D212		Float	Read and write
15	MIT_FX3U_3GA_1	DATA_SENSOR	D200		Float	Read only
16	MIT_FX3U_3GA_1	LOW_LEVEL_ALARM	Y0		Bool	Read only
17	MIT_FX3U_3GA_1	MIDDLE_LEVEL	Y1		Bool	Read only
18	MIT_FX3U_3GA_1	HIGH_LEVEL_INDICATOR	Y2		Bool	Read only
19	MIT_FX3U_3GA_1	PUMP_BUTTON	X0		Bool	Read only
20	MIT_FX3U_3GA_1	PUMP_ON	Y13		Bool	Read only
21	MIT_FX3U_3GA_1	SOLENOID_IN_BUTTON	X1		Bool	Read only
22	MIT_FX3U_3GA_1	SOLENOID_OUT_BUTTON	X2		Bool	Read only
23	MIT_FX3U_3GA_1	FUEL_IN_SOLENOID	Y4		Bool	Read and write
24	MIT_FX3U_3GA_1	FUEL_OUT_SOLENOID	Y5		Bool	Read and write
25	MIT_FX3U_3GA_1	BUZZER	Y11		Bool	Read and write
26	MIT_FX3U_3GA_1	ACKNOWLEDGE	X3		Bool	Read only
27	MIT_FX3U_3GA_1	LITER	D226		Float	Read only
28	MIT_FX3U_3GA_1	ACK	M63		Bool	Read and write
29	MIT_FX3U_3GA_1	SOL_IN	M62		Bool	Read and write
30	MIT_FX3U_3GA_1	SOL_OUT	M61		Bool	Read and write

4. Gambar rangkaian elektrikal



5. Ladder diagram Gx-Works



		[DESUB	D206 H SCL	D208 L SCL	D210 B	]
		[DESUB	D212 INPUT H	D202 INPUT L	D214 C	]
		[DEMUL	D204 A	D210 B	D216 D	]
		[DEDIV	D216 D	D214 C	D218 E	]
		[DEADD	D218 E	D208 L SCL	D220 NILAI AK TUAL	]
		[DEMUL	K15	K15	D222 PL	]

