

Perancangan dan Implementasi Sistem Otomatisasi Transfer dan Separasi Bahan Bakar HFO Menggunakan PLC Siemens pada Kapal MV. XYZ

Muhammad Arham¹, M. Ilham Nur², A. Aswin Salam³

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Patria Artha¹

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pejuang Republik Indonesia²

Praktisi Teknologi Industri³

Ilhamnuri3464@gmail.com, Andiarham413@gmail.com

Kata Kunci:

Otomatisasi Sistem Transfer,
Separasi Bahan Bakar, Kapal
HFO, PLC Siemens

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem otomatisasi transfer dan separasi bahan bakar menggunakan PLC Siemens pada kapal MV. XYZ, mengintegrasikannya dengan sistem manajemen kapal yang ada, serta mengidentifikasi parameter penting yang perlu dipantau dan dikendalikan dalam sistem tersebut. Metode penelitian yang digunakan meliputi eksperimen dan simulasi sistem, observasi, wawancara, serta dokumentasi. Analisis dilakukan dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah implementasi sistem otomatisasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem otomatisasi memungkinkan proses pengolahan bahan bakar dari *storage tank* ke *settling tank* selama 24 jam, kemudian ke *service tank* setiap 8 jam secara otomatis. Sistem menggunakan sensor level tinggi dan rendah sebagai input untuk mengendalikan pompa, separator, katup, dan pemanas sebagai output. Antarmuka sistem dirancang terpisah namun terintegrasi agar kru dapat memantau seluruh proses dengan lebih efisien. Sistem ini terbukti meningkatkan efisiensi dan keandalan pengelolaan bahan bakar di kapal.

Abstract

This study aims to design an automated fuel transfer and separation system using Siemens PLC on the MV. XYZ vessel, integrate it with the existing ship management system, and identify key parameters that need to be monitored and controlled within the system. The research methods include experimentation and system simulation, observation, interviews, and documentation. The analysis is conducted by comparing the conditions before and after the implementation of the automation system. The results indicate that the automated system enables fuel processing from the storage tank to the settling tank over 24 hours, followed by transfer to the service tank every 8 hours automatically. The system utilizes high and low-level sensors as inputs to control outputs such as pumps, separators, valves, and heaters. The system interface is designed to separate each subsystem—transfer, separation, and circulation—while remaining fully integrated, allowing crew members to monitor the entire process efficiently. This system has proven to enhance the efficiency and reliability of fuel management on board.

Key Word:

Fuel Transfer Automation,
Fuel Separation, HFO
Vessel, Siemens PLC.

PENDAHULUAN

Dalam dunia pelayaran modern, efisiensi operasional dan keselamatan menjadi aspek krusial yang terus ditingkatkan melalui penerapan teknologi mutakhir. Salah satu aspek penting dalam menunjang efisiensi operasional kapal adalah sistem manajemen bahan bakar, khususnya dalam pengolahan Heavy Fuel Oil (HFO)

atau Intermediate Fuel Oil (IFO) 380 yang umum digunakan oleh kapal-kapal niaga besar seperti MV. *Ever Oasis*. HFO memiliki karakteristik fisik dan kimia yang kompleks, sehingga memerlukan sistem pemindahan dan pemisahan bahan bakar (*Fuel Transfer and Separating System*) yang andal sebelum digunakan oleh mesin utama kapal. Sistem ini bertujuan untuk menjaga kekentalan bahan bakar, menghilangkan kontaminan seperti air dan residu, serta memastikan kualitas bahan bakar yang ideal untuk mendukung kinerja dan ketahanan mesin diesel. Dalam dokumen standar ISO 8217:2012 dan pedoman dari American Bureau of Shipping (ABS), dijelaskan bahwa HFO memerlukan proses pemurnian bertahap dan penanganan khusus sebelum dikonsumsi oleh mesin. Oleh karena itu, sistem pemurnian bahan bakar di kapal dilengkapi dengan berbagai perangkat pemisahan, sensor, dan unit kendali untuk memastikan proses berlangsung dengan optimal.

Seiring meningkatnya kompleksitas operasional kapal serta tuntutan terhadap efisiensi dan keselamatan, kebutuhan akan otomatisasi dalam sistem bahan bakar menjadi semakin mendesak. Salah satu teknologi yang berperan besar dalam otomasi industri perkapalan adalah *Programmable Logic Controller* (PLC). Teknologi ini menawarkan fleksibilitas, keandalan, dan kemampuan pengolahan input-output yang tinggi. Siemens sebagai salah satu produsen PLC terkemuka, menyediakan sistem yang sangat sesuai untuk aplikasi otomasi maritim. Dengan memanfaatkan PLC Siemens, sistem pemindahan dan pemisahan bahan bakar dapat diotomatisasi sepenuhnya, mulai dari proses pemindahan bahan bakar dari tangki penyimpanan ke tangki harian, hingga proses separasi untuk menghilangkan kontaminan. Penerapan sistem otomasi berbasis PLC tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional dengan mempercepat dan menyederhanakan proses, tetapi juga meningkatkan keselamatan dengan meminimalkan kesalahan manusia. Selain itu, kualitas bahan bakar yang dihasilkan pun lebih konsisten, yang berdampak langsung pada performa dan umur mesin utama.

Sensor-sensor seperti pendeteksi air, pengukur tekanan, suhu, dan level tangki bekerja terintegrasi dalam sistem, memberikan data secara real-time yang kemudian diproses oleh PLC untuk mengatur aktuatur seperti pompa dan katup. Seluruh proses ini dapat dipantau melalui sistem pusat, memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data yang akurat. Sebelum adanya otomatisasi, proses transfer dan pemisahan bahan bakar dilakukan secara manual, yang tidak hanya menguras tenaga dan waktu, tetapi juga berisiko tinggi terhadap kesalahan yang bisa berdampak pada keselamatan dan efisiensi kapal. Otomatisasi sistem ini menjadi solusi ideal untuk menjawab tantangan tersebut sekaligus mendukung tren global menuju digitalisasi dan keberlanjutan dalam industri maritim.

METODE

1. Pendekatan dan Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan Mixed Method, yaitu gabungan metode kuantitatif dan kualitatif untuk memberikan pemahaman yang komprehensif terhadap sistem otomatisasi transfer dan separasi bahan bakar Heavy Fuel Oil (HFO) berbasis Programmable Logic Controller (PLC) Siemens pada kapal MV. XYZ. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk menganalisis parameter teknis dan kinerja sistem melalui simulasi, sementara pendekatan kualitatif digunakan untuk menggali pengalaman dan persepsi para ahli otomasi kelautan terkait perancangan dan implementasi sistem tersebut. Jenis penelitian ini merupakan eksperimen simulasi, dengan pengujian terhadap performa sistem otomatisasi melalui skenario operasi tertentu, serta eksplorasi kualitatif melalui wawancara dan observasi.

2. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahapan sebagai berikut: Studi Literatur dan Perancangan Sistem

1. Mengumpulkan referensi terkait sistem bahan bakar kapal, arsitektur otomasi kelautan, serta standar penggunaan PLC Siemens dan standar keselamatan maritim.
2. Menganalisis diagram kelistrikan dan mekanisme kerja sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO.
3. Merancang sistem kontrol otomatisasi berbasis PLC Siemens sesuai spesifikasi teknis dan kebutuhan operasional kapal.

3. Simulasi dan Eksperimen (Pendekatan Kuantitatif)

1. Melakukan pemodelan sistem otomatisasi menggunakan perangkat lunak TIA Portal untuk pemrograman dan simulasi PLC Siemens.
2. Menentukan variabel teknis yang diuji, seperti:
 - a. Tekanan sistem bahan bakar

- b. Suhu proses separasi
 - c. Laju aliran bahan bakar
 - d. Efisiensi pemisahan antara bahan bakar dan kontaminan
3. Melakukan simulasi dengan beberapa skenario operasi yang merepresentasikan kondisi nyata di kapal.
4. Analisis data dilakukan menggunakan statistik deskriptif (rata-rata, simpangan baku, dsb.) dan statistik inferensial (uji-t, ANOVA, atau regresi) untuk menilai keandalan dan efisiensi sistem otomatisasi.
4. Wawancara dan Observasi (Pendekatan Kualitatif)
 1. Melakukan wawancara mendalam dengan para profesional, antara lain:
 - a. Insinyur kelautan
 - b. Teknisi kapal
 - c. Pakar sistem otomasi industri
 2. Observasi dilakukan terhadap dokumentasi sistem otomasi yang telah diterapkan pada kapal sejenis.
 3. Data kualitatif dianalisis dengan thematic analysis, untuk mengidentifikasi pola persepsi, tantangan teknis, serta manfaat dari penerapan sistem otomatisasi berbasis PLC dalam operasional kapal.
5. Teknik Analisis Data
 1. Analisis Kuantitatif
Data simulasi yang diperoleh dianalisis menggunakan perangkat lunak statistik seperti SPSS atau Excel, dengan metode:
 - a. Statistik deskriptif: untuk menggambarkan karakteristik data
 - b. Statistik inferensial: untuk menguji hipotesis dan hubungan antar variabel
 2. Analisis Kualitatif
Data hasil wawancara dianalisis secara tematik menggunakan pendekatan Braun & Clarke, dengan tahapan:
 - a. Transkripsi data wawancara
 - b. Koding data
 - c. Identifikasi tema utama
 - d. Penafsiran makna dan konteks e. Penarikan kesimpulan
6. Integrasi Data
Hasil analisis kuantitatif dan kualitatif kemudian dikombinasikan secara triangulatif untuk:
 - a. Menvalidasi hasil simulasi dengan wawasan para ahli
 - b. Menilai kesiapan sistem untuk diimplementasikan di lingkungan industri kelautan
 - c. Mengembangkan hipotesis dan rekomendasi teknis berbasis bukti

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem otomatisasi pada proses transfer dan separasi bahan bakar HFO dengan menggunakan Programmable Logic Controller (PLC). Hasil dari penelitian ini dapat dirangkum dalam tiga aspek utama, yaitu sistem transfer dan separasi bahan bakar, peralatan yang dikontrol, dan interface sistem.

a. Sistem Transfer dan Separasi Bahan Bakar HFO

Berdasarkan hasil pengujian dan pemantauan sistem, diperoleh bahwa sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO dapat berjalan secara otomatis setelah diintegrasikan dengan PLC. Proses ini diawali dari pemindahan

bahan bakar dari Bunker Tank/Storage Tank ke Settling Tank, kemudian dilakukan proses pengendapan selama 24 jam untuk memisahkan kotoran dan air. Setelah itu, bahan bakar dialirkan ke Day Tank / Service Tank setiap 8 jam sekali secara otomatis dan siap digunakan oleh mesin induk.

b. Peralatan yang Dikontrol pada Sistem Otomatisasi

Sistem otomatisasi yang dirancang memanfaatkan sensor level tinggi (High Level Sensor) dan sensor level rendah (Low Level Sensor) pada ketiga tangki utama (Storage Tank, Settling Tank, dan Service Tank). Sensor- sensor ini berfungsi sebagai input sistem, yang akan memicu aktivitas berbagai peralatan sebagai output sistem, yaitu:

- a. Pompa transfer, yang bertanggung jawab memindahkan bahan bakar dari satu tangki ke tangki berikutnya.
- b. Katup-katup otomatis, yang mengatur aliran bahan bakar.
- c. Separator, yang berfungsi untuk memisahkan air dan partikel padat dari bahan bakar.
- d. Pemanas (heater), yang menjaga viskositas bahan bakar agar tetap sesuai standar operasi mesin.

Melalui pemrograman PLC, seluruh proses tersebut dapat berjalan tanpa intervensi manual selama tidak ada gangguan sistem.

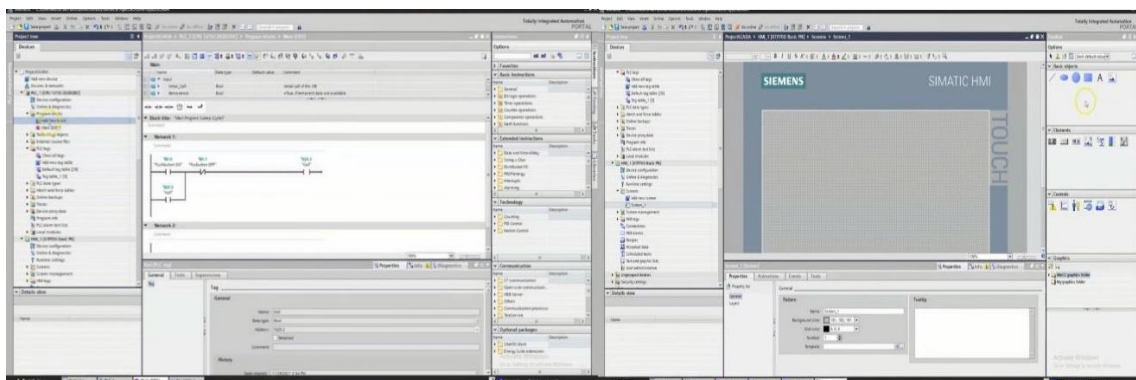
c. Interface Sistem Otomatisasi

Tampilan antarmuka sistem (Human Machine Interface / HMI) didesain dengan pendekatan user-friendly, yang memudahkan kru operator untuk melakukan pemantauan dan pengendalian. Antarmuka dibagi menjadi beberapa bagian utama yang merepresentasikan:

1. Sistem transfer bahan bakar
2. Sistem separasi dan pemurnian
3. Sistem sirkulasi bahan bakar ke mesin

Masing-masing tampilan memiliki indikator level, status pompa dan katup, serta parameter suhu, yang tersaji dalam bentuk grafik dan sinyal warna (merah, kuning, hijau) untuk menunjukkan status aktif, siaga, atau gangguan. Meskipun terpisah, antar tampilan saling terintegrasi sehingga operator dapat melihat alur keseluruhan dari bunker tank hingga ke service tank secara real-time.

Berikut tampilan Gambar. Proses desain HMI dan Pemrograman ladder diagram pada PLC :

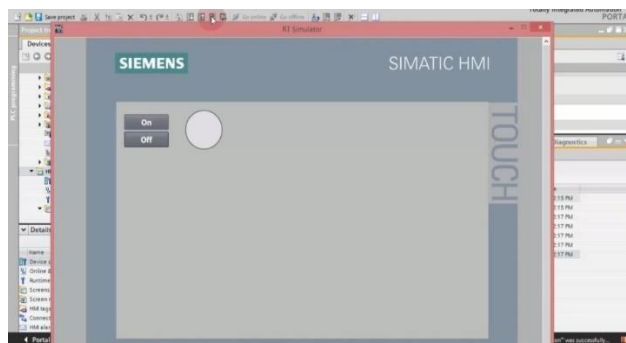


Gambar. Proses desain HMI dan Gambar Pemrograman ladder diagram pada PLC

2. Pembahasan

Sistem otomatisasi berbasis PLC yang dirancang dalam penelitian ini menunjukkan efektivitas tinggi dalam proses kontrol dan pemantauan distribusi bahan bakar HFO. Hasil yang diperoleh selaras dengan literatur dan standar industri, di mana efisiensi dan keamanan sistem distribusi bahan bakar menjadi faktor utama dalam

operasional mesin. Penggunaan sensor level sebagai input memberikan keunggulan dalam pengendalian berbasis kondisi nyata (real-time feedback control). Ketika bahan bakar dalam suatu tangki telah mencapai batas tertentu, sistem secara otomatis memberikan sinyal untuk mengaktifkan atau menonaktifkan peralatan terkait, sehingga aliran bahan bakar selalu terjaga pada level optimal dan tidak terjadi kondisi tangki kosong atau tumpah. Integrasi separator dan pemanas ke dalam sistem memperkuat kualitas bahan bakar yang masuk ke mesin. Pemanasan yang terkontrol mencegah bahan bakar menjadi terlalu kental, yang bisa merusak injector mesin, sementara separasi membantu menghindari air dan kotoran terbawa ke mesin, yang dapat menurunkan efisiensi pembakaran. Dari sisi antarmuka pengguna, hasil menunjukkan bahwa desain tampilan HMI yang intuitif dan terpisah berdasarkan fungsi memudahkan operator dalam pemantauan dan troubleshooting. Hal ini mendukung temuan dalam beberapa penelitian sebelumnya, bahwa desain HMI yang baik secara signifikan meningkatkan kecepatan dan akurasi operator dalam mengambil keputusan operasional (Yusuf et al., 2021). Berikut bentuk tampilan simulasi program HMI saat *running*



Gambar 4.20 Tampilan *Running* HMI

KESIMPULAN

1. Kesimpulan

1. Sistem Otomatisasi Transfer dan Separasi Bahan Bakar HFO
Otomatisasi dengan PLC memungkinkan alur pemindahan bahan bakar dari storage tank ke settling tank untuk pengendapan 24 jam, lalu ke service tank setiap 8 jam secara otomatis dan siap pakai oleh mesin utama.
2. Peralatan Terkontrol oleh PLC
Sensor level tinggi dan rendah pada tiap tangki menjadi input bagi PLC untuk mengaktifkan pompa, pemanas, katup, dan separator sebagai output sistem secara otomatis.
3. Interface Sistem
Antarmuka sistem dirancang terpisah per proses (transfer, separasi, sirkulasi) namun terintegrasi dalam satu layar, memudahkan kru memantau dan memahami interaksi antar sistem.

2. Saran

1. Penelitian sebaiknya dilanjutkan hingga tahap prototipe untuk mengasah keterampilan praktis mahasiswa.
2. Pemilihan komponen otomatisasi perlu memperhatikan kode dan spesifikasi untuk kemudahan instalasi.
3. Pemahaman dasar bahwa otomatisasi bertujuan membantu, bukan menggantikan kru, perlu ditanamkan sebelum penerapan sistem di kapal.

DAFTAR REFERENSI

Bolton W. *Programmable Logic Controllers*. 6th ed. Oxford: Newnes; 2015.

Petruzella FD. *Programmable Logic Controllers*. 4th ed. New York: McGraw-Hill Education; 2010. Groover MP. *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. 3rd ed. Upper Saddle River: Pearson Education; 2011.

Yusuf M, Ardiansyah R, Putra D. Pengaruh Desain Antarmuka HMI terhadap Efektivitas Monitoring Sistem Otomatisasi. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*. 2021;9(2):105–112.

Smith CA, Corripio AB. *Principles and Practice of Automatic Process Control*. 3rd ed. Hoboken: Wiley-Interscience; 2006.

International Electrotechnical Commission. *IEC 61131-3: Programmable controllers – Part 3: Programming languages*. Geneva: IEC; 2013.

American Petroleum Institute. *API Standard 614: Lubrication, Shaft-Sealing and Control-Oil Systems for Petroleum, Chemical and Gas Industry Services*. Washington, DC: API; 2014.

Syamsuddin MA, Nugroho YS. Implementasi PLC dalam Sistem Otomatisasi Pompa dan Katup pada Proses Distribusi Cairan. *Jurnal Teknologi Elektro dan Aplikasinya*. 2019;8(1):45–52.

Alamouh A, Yamin JA, Damrah OS. Optimization of marine fuel consumption using integrated automation systems. *Int J Energy Econ Policy*. 2020;10(5):471–8.

Vidović M, Tomić M, Stojanović I. Implementation of automated fuel treatment systems in large vessels: Safety, efficiency, and sustainability. *Brodogradnja*. 2023;74(1):57–68.

International Organization for Standardization. *ISO 8217:2012 – Petroleum products – Fuels (class F) – Specifications of marine fuels*. Geneva: ISO; 2012.

American Bureau of Shipping (ABS). *Fuel oil treatment systems: Note on heavy fuel oil (HFO)*. Houston: ABS; 2021.

Abdulrahman AA, Hassan SIS, Muda ZC. Performance analysis of purification systems for marine heavy fuel oil. *Int J Adv Res Eng Technol*. 2021;12(4):287–96.

Sehr R, Putz R, Dietz S. Industrial automation in maritime applications: PLC-based system integration and process optimization. *J Mar Sci Eng*. 2021;9(3):274.

Kishorre Annanth R, Rajendran V, Natarajan R. Automation and control in marine fuel systems using PLC and SCADA. *Int J Mech Eng Technol*. 2021;12(1):102–12.

Wang X, Liu Y, Chen J. Simulation of marine fuel treatment systems using PLC in MATLAB/Simulink. *J Mar Technol Environ*. 2023;2:45–53.

Tay CW, Lim YK, Kuan CH. Sensor-based automation for marine fuel systems: Enhancing efficiency and reducing environmental impact. *Ocean Eng.* 2021;239:109756.

Salkić A, Brkić M, Alihodžić A. Marine engine monitoring and control using PLC-based systems. *Shipb Mar Eng J.* 2022;72(2):85–96.

Langer S, Engel D, Bröckerhoff P. Challenges in managing variable quality HFO in maritime operations. *Mar Fuels Rev J.* 2020;15(2):129–37.

Balkan E. The role of automation in sustainable maritime transport. *Transp Res Procedia.* 2020;49:357–65.

Wang X, Liu Y, Chen J. Simulation of marine fuel treatment systems using PLC in MATLAB/Simulink. *J Mar Technol Environ.* 2023;2:45–53.