

Rancang Bangun Sistem Kendali Suhu dan *Level* Air pada *Boiler* di Kapal Tanker Menggunakan *Outseal* PLC dan HMI

Rizky Pradana Ilyas¹, Sonhaji², Henna Nurdiansari³

^{1,2,3}Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

Abstract. On tanker ships, boilers play a crucial role in providing steam for various operational needs. The stability and reliability of the temperature and water level control system are essential to maintaining efficiency and safety on board. This research aims to design and develop an automatic control system using *Outseal* PLC and HMI to regulate the temperature and water level in boilers. The research method used is experimental, where the system is designed, developed, and tested to evaluate its effectiveness. The system design involves a DS18B20 sensor to detect temperature, an ultrasonic sensor to measure water levels, and a heater as a heating actuator. The *Outseal* PLC functions as the main control unit, while the HMI facilitates monitoring and operation. The results show that the system can control water temperature within the desired range, with an average setpoint achievement time of 3.5 to 4.5 minutes. Additionally, the water level control system operates in real-time with a high level of accuracy. The implementation of this automatic control system based on *Outseal* PLC and HMI is expected to improve operational efficiency and safety on tanker ships. Moreover, it can serve as a reference for developing similar control systems in the maritime industry.

Keywords: Boiler, HMI, *Outseal* PLC, Temperature Control, Water Level.

Abstrak. Pada kapal tanker, boiler memiliki peran penting dalam menyediakan uap untuk berbagai kebutuhan operasional. Stabilitas dan keandalan sistem kendali suhu serta *level* air sangat krusial guna menjaga efisiensi dan keselamatan kapal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem kendali otomatis menggunakan *Outseal* PLC dan HMI dalam mengontrol suhu serta *level* air pada boiler. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental, di mana sistem ini dirancang, dikembangkan, serta diuji untuk mengukur efektivitasnya. Rancang bangun sistem ini melibatkan sensor DS18B20 untuk mendeteksi suhu, sensor ultrasonik untuk mengukur *level* air, serta heater sebagai aktuator pemanas. *Outseal* PLC berfungsi sebagai unit kontrol utama, sementara HMI digunakan untuk mempermudah pemantauan dan pengoperasian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengontrol suhu air dalam rentang yang diinginkan dengan rata-rata waktu pencapaian *setpoint* sebesar 3,5 hingga 4,5 menit. Selain itu, sistem kendali *level* air dapat beroperasi secara *real-time* dengan tingkat akurasi yang baik. Penerapan sistem kendali otomatis berbasis *Outseal* PLC dan HMI ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan keselamatan operasional kapal tanker, dan dapat dijadikan sebagai referensi dalam pengembangan sistem kendali serupa di industri maritim.

Kata Kunci: Boiler, HMI, Kendali Suhu, Level Air, *Outseal* PLC.

1. PENDAHULUAN

Pada kapal tanker, boiler memiliki peran yang sangat penting dalam menyediakan uap untuk berbagai keperluan operasional, seperti pemanasan kargo, sistem pemanas, dan kebutuhan energi lainnya. Oleh karena itu, kestabilan dan keandalan operasi boiler sangat krusial untuk menjaga kinerja dan keselamatan kapal (Robbi, 2024).

Salah satu aspek penting dalam operasi boiler adalah pengendalian suhu dan level air. Pengendalian suhu yang tepat diperlukan untuk memastikan efisiensi pembakaran dan menghindari kerusakan pada komponen boiler. Sementara itu, pengendalian level air yang tepat penting untuk mencegah kondisi dry fire (kekurangan air) yang dapat merusak Boiler dan overfilling (kelebihan air) yang dapat menyebabkan masalah dalam sistem uap.

Untuk mencapai pengendalian yang optimal, teknologi moderen seperti Programmable Logic Controller (PLC) dan Human Machine Interface (HMI) dapat diterapkan. Outseal PLC dan HMI adalah perangkat yang dapat memberikan fleksibilitas dan keandalan dalam pengendalian proses industri, termasuk sistem Boiler pada kapal tanker. Outseal Programmable Logic Controller (PLC) memiliki kemampuan untuk mengontrol berbagai parameter proses dengan akurasi tinggi dan dapat diprogram sesuai dengan kebutuhan spesifik dari sistem Boiler. Dengan dukungan Human Machine Interface (HMI), operator dapat

Outseal Programmable Logic Controller (PLC) memiliki kemampuan untuk mengontrol berbagai parameter proses dengan akurasi yang sangat tinggi. Sistem ini dapat diprogram sesuai dengan kebutuhan spesifik, yang membuatnya sangat adaptif dalam berbagai kondisi operasional. Keunggulan PLC terletak pada kemampuannya untuk mengatur siklus kerja Boiler, memantau suhu, tekanan, aliran, dan parameter lainnya secara real-time, yang sangat penting untuk menjaga kestabilan operasional kapal tanker. Dengan dukungan dari Human Machine Interface (HMI), operator dapat dengan mudah memonitor dan mengatur parameter-parameter tersebut melalui tampilan grafis yang intuitif, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan yang cepat dan tepat dalam pengelolaan proses.

Selain itu, kombinasi antara PLC dan HMI dapat meningkatkan efektivitas sistem kontrol dengan memberikan antarmuka yang ramah pengguna. Operator tidak hanya mendapatkan informasi terkait kondisi operasional Boiler, tetapi juga mendapatkan akses ke data yang lebih rinci untuk analisis lebih lanjut. Hal ini memungkinkan pemeliharaan prediktif, mengurangi downtime, dan meningkatkan keselamatan serta efisiensi sistem. Dengan implementasi teknologi ini, sistem Boiler pada kapal tanker dapat berjalan lebih optimal, efisien, dan aman.

Penggunaan sistem kendali berbasis Programmable Logic Controller dan Human Machine Interface diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi risiko kesalahan manusia, dan meningkatkan keselamatan operasi Boiler di kapal tanker. Selain itu, integrasi teknologi ini juga memungkinkan untuk pengawasan dan kontrol jarak jauh, yang semakin menambah nilai tambah dalam manajemen operasional kapal.

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi dan keselamatan operasi Boiler di kapal tanker. Implementasi sistem kendali otomatis berbasis Outseal Programmable Logic Controller (PLC) dan Human Machine Interface (HMI) diharapkan dapat menjadi solusi yang efektif untuk mengatasi masalah-masalah yang sering dihadapi dalam pengendalian suhu dan level air pada boiler. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan panduan praktis bagi

industri maritim dalam menerapkan teknologi kendali otomatis untuk meningkatkan kinerja dan keselamatan operasional.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Boiler

Boiler di atas kapal tanker berfungsi sebagai sumber energi utama untuk berbagai kebutuhan di kapal. *Boiler* ini digunakan untuk menghasilkan uap yang diperlukan untuk pemanasan kargo, penggerak mesin tambahan, dan pemanas ruangan. *Boiler* memiliki beberapa komponen utama *burner* (Pembakar) Membakar bahan bakar untuk menghasilkan panas. Bahan bakar yang digunakan biasanya adalah bahan bakar kapal seperti *heavy fuel oil* (HFO) atau *marine diesel oil* (MDO). *Combustion Chamber* (Ruang Bakar) Tempat pembakaran bahan bakar terjadi. Panas dari pembakaran ini digunakan untuk memanaskan air.

Outseal PLC

Outseal PLC adalah teknologi otomasi karya anak bangsa. Untuk merancang kontrol logika pada *outseal PLC*, digunakan perangkat lunak bernama *outseal Studio* (Arifuddin et al., 2021), yang juga merupakan produk dari *outseal*. *Outseal Studio* dijalankan di PC dengan menggunakan pemrograman visual berbasis *ladder diagram* (diagram tangga).

HMI Nextion

HMI berfungsi untuk memonitoring dan mengontrol data dan status dari mesin secara real-time sistem yang memungkinkan interaksi antara manusia dan mesin. Seperti pada gambar 2.3 dalam konteks industri dan teknologi, HMI sering merujuk pada antarmuka pengguna yang memungkinkan operator untuk berkomunikasi dengan mesin atau sistem kontrol. HMI biasanya terdiri dari layar sentuh, tombol, atau perangkat *input* lainnya yang memungkinkan pengguna untuk memonitor dan mengontrol operasi mesin atau proses (Dewi et al., 2023).

Mikrokontroler

Esp32 berfungsi sebagai mikrokontroler yang dikembangkan oleh *Espessif* sistem. Yang dilengkapi dengan fitur komunikasi nirkabel seperti Wi-Fi dan *Bluetooth*. Ini adalah perangkat yang sangat serbaguna dan hemat daya yang sering digunakan dalam proyek *Internet of Things* (IoT) dan aplikasi lainnya. pin *input* dan *output* digital yang dapat digunakan untuk membaca sensor atau mengendalikan, motor, dan relay.

Ultrasonik

Ultrasonik merupakan sensor yang menggunakan gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik yaitu gelombang yang umum digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu benda dengan memperkirakan jarak antara sensor dan benda tersebut. Sensor ini berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik begitu pula sebaliknya. Gelombang ultrasonik memiliki frekuensi sebesar 20.000 Hz. Bunyi tersebut tidak dapat didengar oleh telinga manusia. Bunyi tersebut dapat didengar oleh hewan tertentu seperti anjing, kelelawar dan kucing.

Heater

Water heater listrik adalah alat yang digunakan untuk menciptakan air panas dengan menggunakan energi listrik sebagai sumber panasnya. Seperti yang sudah banyak diketahui *water heater* memiliki fungsi sebagai pemanas air. Merubah air dari suhu normal menjadi suhu yang panas. Setiap *water heater* memiliki pemanas yang berbeda – beda ada yang menggunakan sistem pemanas energi listrik. Salah satu peralatan yang banyak digunakan di kehidupan sehari-hari, prinsip kerjanya adalah dengan menggunakan suatu elemen pemanas yang dialiri oleh arus listrik.

Sensor DS18B20

Sensor DS18B20 adalah sensor suhu digital yang banyak digunakan karena keakuratannya dan kemudahan penggunaannya. Sensor ini menggunakan protokol 1-Wire, yang hanya membutuhkan satu jalur data (dan ground) untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler, DS18B20 dapat mengukur suhu dari -55°C hingga +125°C (-67°F hingga +257°F) dengan akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pada rentang - 10°C hingga +85°C. Sensor DS18B20 bekerja dengan mengirimkan data suhu dalam format digital melalui protokol 1-Wire. Mikrokontroler mengirimkan perintah untuk memulai pengukuran suhu, dan sensor kemudian mengirimkan data suhu kembali ke mikrokontroler setelah pengukuran selesai.

Regulator Step Down

LM2596 adalah sebuah modul regulator tegangan DC-DC buck *converter* yang umum digunakan untuk menurunkan tegangan *input* menjadi tegangan *Output* yang lebih rendah dengan efisiensi tinggi (Darpono, 2023). LM2596 memiliki spesifikasi utama yang dapat digunakan sebagai *converter*, tegangan *Input* 4.5V hingga 40V, tegangan *Output* 1.23V hingga 37V (tergantung pada pengaturan). Arus *Output* hingga 3A efisiensi Hingga 92%,

Frekuensi *switching* 150 kHz, proteksi Perlindungan terhadap panas berlebih, arus lebih, dan tegangan lebih.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah eksperimental. Penulis menganggap metode ini sangat cocok karena penelitian ini mengembangkan sebuah alat dan melakukan eksperimen untuk menguji efektivitas alat tersebut dengan baik. Dengan menggunakan diagram alir penelitian, peneliti ingin menggambarkan 1 langkah-langkah proses dari awal hingga akhir saat alat ini berfungsi, sehingga setiap tahap dapat dimengerti dengan baik. Pengujian alat akan dilakukan dengan dua pengujian yaitu pengujian statis dan pengujian dinamis.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

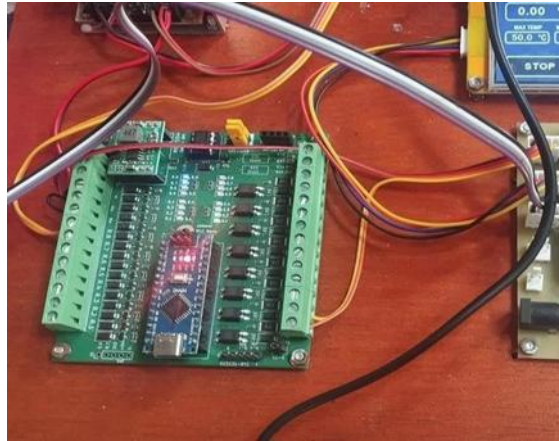
Perakitan Komponen

Proses perakitan komponen adalah tahap sangat penting dalam pembuatan alat atau produk, di mana berbagai part bagian di rakit menjadi satu kesatuan sesuai dengan rencana yang sudah ditentukan. Dalam proses ini membutuhkan ketelitian dan keahlian yang sangat tinggi untuk memastikan setiap komponen yang digunakan terpasang dengan benar sehingga alat dapat bekerja secara optimal. Perakitan dilakukan secara bertahap, dimulai dari tahap pertama pemasangan bagian-bagian penting hingga penyelesaian detail kecil. Selain itu, menguji kualitas pada setiap part komponen untuk memastikan bahwa seluruh komponen bekerja dengan baik.

Pengujian Statis

Pengujian *Outseal* PLC

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa *Outseal* PLC dapat terhubung dengan perangkat eksternal lain serta memastikan kinerja dari alat secara akurat (HMI, sensor ultrasonic dan sensor set point, dan perangkat lain yang terintegrasi dalam sistem). Serta pengelolaan data yang optimal, dalam tahap ini *Outseal* PLC digunakan sebagai media untuk menerima dan mengirim data.



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 1. Pengujian *Outseal* PLC

Pada hasil pengujian 1 terlihat bahwa lampu menyala dan Outseal PLC berhasil terhubung dengan perangkat eksternal melalui jalur komunikasi yang telah ditentukan. Koneksi antar perangkat berjalan stabil tanpa adanya gangguan. Data berhasil dikirimkan dan diterima antara Outseal PLC dan perangkat eksternal, menunjukkan komunikasi berjalan sesuai sistem kerja yang telah ditentukan.

Pengujian HMI

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa HMI berfungsi terhadap sensitivitas dan responsivitas layar sentuh, serta verifikasi komunikasi antara HMI dan perangkat lain yang terhubung. Pengujian dilakukan dengan menyentuh berbagai area layar sentuh pada HMI menggunakan jari. Setiap area layar diuji untuk memastikan bahwa sentuhan dapat terdeteksi dengan akurat, tanpa ada titik mati atau area yang tidak merespons. HMI diuji untuk memastikan dapat berkomunikasi dengan perangkat lain yang terhubung.



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 2. Penujian sensitivitas HMI

Pada pengujian 2 terlihat bahwa layar sentuh HMI memiliki sensitivitas dan responsivitas yang sangat baik, dapat mendeteksi dan merespons sentuhan dengan akurat. HMI dapat berkomunikasi dengan perangkat lain dengan lancar dan sesuai dengan perangkat yang digunakan.

Pengujian Regulator Step down

Pengujian terhadap regulator step down voltage untuk memastikan kinerjanya dalam menurunkan tegangan sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan tegangan input (12V DC) dimasukkan ke dalam regulator step down Setelah mengalirkan tegangan input ke regulator, dilakukan pengukuran pada terminal Output regulator untuk memastikan tegangan yang diterima sesuai dengan nilai yang diharapkan.



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 3. Pengujian Regulator Step Down

Hasil pengukuran menunjukkan tegangan Output sebesar 5V DC, sesuai dengan spesifikasi regulator step down berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa regulator step down voltage berfungsi dengan baik, dan berhasil menurunkan tegangan input menjadi tegangan Output sesuai dengan kerja alat tersebut.

Pengujian Sensor Ultrasonik

Peneliti menggunakan sensor HC SR-04 sebagai receiver yang berfungsi untuk membaca ketinggian air pada tangki kemudian disimpan ke mikrokontroler untuk memerintah buzzer yang akan bunyi dan nilai yang dibaca akan di tampilkan pada layar HMI sesuai dengan aktual keadaan.



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 4. Pengujian Sensor Ultrasonik

Peneliti melakukan pengambilan data saat pengujian sensor dengan tujuan agar mengetahui ketinggian air dengan angka yang sebenarnya yang telah diukur dengan nilai angka yang akan ditampilkan di HMI. Berikut data hasil pengujian pada sensor.

Tabel 1. Pengujian Sensor Ultrasonik

Percobaan ke	Pengujian Sensor Ultrasonik Dengan Perbandingan Manual	
	Ultrasonik	Penggaris
1	0% (23 cm)	23.12 cm
2	5% (22 cm)	23.01 cm
3	17% (19 cm)	19.08 cm
4	29% (16 cm)	17.03 cm
5	47% (14 cm)	14.02 cm
6	58% (12 cm)	12.05 cm
7	64% (11 cm)	11.01 cm
8	70% (10 cm)	10.13 cm
9	76% (9 cm)	10.01 cm
10	80% (8 cm)	8.03 cm

Sumber: Dokumen Pribadi

Berdasarkan hasil pengujian kedua tabel 1 tersebut, yang menunjukkan kinerja sistem berjalan sesuai dengan harapan yang telah percobaan untuk mendapatkan data yang maksimal sesuai yang diinginkan peneliti. Dalam melakukan percobaan peneliti mengambil data, ketinggian air dalam posisi low level di dalam tangki yaitu 0 cm dengan memberikan tanda buzzer menyala pada box panel dan pompa menyala. Kemudian pengambilan data pada level air mencapai 20% sesuai dengan yang telah di setting dengan otomatis buzzer akan berhenti akan tetapi pompa pengisian air di dalam tangki akan tetap menyala sampai dengan level air mencapai 70% sesuai dengan setpoint mengisi air karena sistem yang telah di program pada mikrokontroler. Setelah pengambilan data kemudian peneliti melakukan pengumpulan data untuk membandingkan sistem kerja alat dari setiap percobannya

Tabel 2. Pengujian Sensor Ultrasonik

Percobaan ke	Pengujian Sesnor Ultrasonik Dengan kerja Pompa		
	Level Air	Respon Pompa	BZZER
1	5%	ON	
2	10%	ON	
3	15%	ON	
4	20%	ON	F
5	30%	ON	F
6	40%	ON	F
7	50%	ON	F
8	60%	ON	F
9	70%	ON	F
10	80%	OFF	F

Sumber: Dokumen Pribadi

Pada tabel 2 peneliti melakukan pengujian pembacaan jarak sensor ultrasonik yaitu dengan cara membandingkan ketinggian air yang sebenarnya dengan tampilan yang akan ditampilkan pada layar HMI, dengan mengukur ketinggian air yang ada di tanki menggunakan alat ukur meteran. Pada setiap pengujian terdapat perbedaan antara sensor ultrasonik yang ditampilkan pada HMI dengan meteran yang di ukur secara manual, di HMI menunjukan low level 0% (23cm) dan pada meteran adalah 23.12 cm yang menunjukan perbedaan yang tidak terlalu signifikan hanya terpaut 0.12ml yang dapat disimpulkan kerja sensor berjalan dengan baik. Berikut peneliti meberikan bagaimana cara mengkonversi nilai % menjadi cm (centi meter)

Contoh :

$$\text{Ketinggian Air} = 29\% \times 23 = 0.29 \times 23 = 6.67 \text{ cm}$$

Jadi, air berada 6.67 cm dari dasar tangki.

Jarak sensor ke permukaan air:

$$\text{Jarak Sensor} = 23 - 6.67 = 16.33 \text{ cm}$$

Tabel 3. Pengujian Sensor Ultrasonik

Percobaan ke	Pengujian Sesnor Ultrasonik Dengan kerja Pompa		
	Level Air	Respon Pompa	BUZZER
1	5%	ON	
2	10%	ON	
3	15%	ON	
4	20%	ON	F
5	30%	ON	F
6	40%	ON	F
7	50%	ON	F
8	60%	ON	F
9	70%	ON	F
10	80%	OFF	F

Sumber: Dokumen Pribadi

Pada tabel 3 keterangan hasil pengujian sensor Ultrasonik yaitu peneliti menguji sensor dalam beberapa kali percobaan. Pada setiap pengujian terdapat perbedaan level ketinggian air dari masing-masing percobaan, angka low level ketinggian air tepat pada 23cm – 19 cm sementara angkat middle di 18 cm – 9 cm dan high level 8 cm – 7cm dengan ketinggian air sebenarnya pada tanki.

Pengujian Heater

Pada pengujian ini peneliti menguji heater dengan pembanding ternometer untuk mendapatkan nilai yang maksimal dan bisa dapat dijadikan sebagai data aktual.

Tabel 4. Pengujian Heater

Percobaan ke -	Pengujian Heater	
	Suhu	Termometer
1	36.08°C	36.33°C
2	40.51°C	40.31°C
3	45.91°C	46.13°C
4	50.14°C	50.99°C
5	55.30°C	55.48°C
6	60.31°C	61.10°C
7	65.11°C	65.81°C
8	70.43°C	71.33°C
9	75.01°C	75.11°C
10	80.20°C	80.71°C

Sumber: Dokumen Pribadi

Tabel 4 dalam percobaan selanjutnya, peneliti terus memantau perbedaan antara sensor dan termometer pada berbagai skenario. Pada percobaan kedua, dengan suhu awal yang sedikit lebih rendah, hasil yang diperoleh masih menunjukkan selisih yang relatif kecil, mengindikasikan bahwa sensor memiliki akurasi yang cukup baik. Seiring dengan meningkatnya jumlah percobaan, peneliti mulai mengidentifikasi pola perbedaan yang lebih jelas pada suhu air, baik tinggi maupun rendah. Suhu akhir adalah suhu air Ketika boiler mati yang bisa di simpulkan ketika peneliti menentukan berapa setpoint suhu akhir, maka sensor akan membaca dan memberi sinyal untuk memerintahkan heater berhenti.

Pengujian Dinamis

Pengujian *Heater* terhubung dengan sumber listrik 220V

Pada tahap ini untuk memastikan sumber tegangan 220V berfungsi agar supaya heater yang digunakan dapat bekerja dengan optimal dengan sebagai mana mestinya.



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 5. Pengujian *Heater* terhubung dengan tegangan 220V

Telah dilakukan pengujian untuk memastikan konektivitas heater dengan benar terhubung ke sumber listrik 220V, hasil pengukuran menunjukkan tegangan 232V sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan oleh heater. Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa heater telah terhubung dengan benar ke sumber listrik dan berfungsi dengan baik.

Pengujian Sensor DS18B20

Pengujian terhadap sensor DS18B20 sebagai receiver yang berfungsi untuk membaca suhu air didalam tangki Boiler kemudian disimpan ke mikrokontroler untuk memerintah heater berkerja dan nilai yang dibaca akan di tampilkan pada layar HMI sesuai dengan keadaan sebenarnya.



Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 6. Pengujian Sensor DS18B20

Pada pengujian ini peneliti telah melakukan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui perubahan nilai suhu, dengan cara melakukan uji alat dengan membandingkan suhu dengan thermometer untuk mendapatkan hasil dari nilai suhu yang didapatkan sementara dari gambar 4.7 menjelaskan bahwa thermometer bernilai 49.9 °C dan pada layar HMI suhu sekitar 50.48 °C dari hasil gambar kedua ini bahwa nilai suhu memiliki perbedaan yang tidak terlalu signifikan hanya terpaut 0.58 °C yang bisa kita ketahui bahwa sensor bekerja dengan baik.

Tabel 5. Pengujian Suhu Air

No.	Suhu setingan	u Awal	Suhu Akhir	Waktu (Menit)	Respon ON/OFF
1.	40°C	34.31°C Rabu,05/03/25 11.30 WIB	40.51°C Rabu,05/03/25 11.34 WIB	4 Mneit	OFF
2.	45°C	40.51°C Rabu,05/03/25 11.34 WIB	45.91°C Rabu,05/03/25 11.38 WIB	4 Menit	OFF
3.	50°C	45.91°C Rabu,05/03/25 11.38 WIB	50.14°C Rabu,05/03/25 11.43 WIB	5 Menit	OFF
4.	55°C	50.14°C Rabu,05/03/25 11.43 WIB	55.30°C Rabu,05/03/25 11.47 WIB	4 Menit	OFF
5.	60°C	55.30°C Rabu,05/03/25 11.47 WIB	60.12°C Rabu,05/03/25 11.52 WIB	5 Menit	OFF
6.	65°C	60.12°C Rabu,05/03/25 11.52 WIB	65.27°C Rabu,05/03/25 11.58 WIB	6 Menit	OFF
7.	70°C	65.27°C Rabu,05/03/25 11.58 WIB	70.14°C Rabu,05/03/25 12.04 WIB	5 Menit	OFF
8.	75°C	70.14°C Rabu,05/03/25 12.04 WIB	75.22°C Rabu,05/03/25 12.06 WIB	4 Menit	OFF
9.	85°C	75.22°C Rabu,05/03/25 12.07 WIB	85.13°C Rabu,05/03/25 12.10 WIB	3 Menit	OFF
10.	90°C	85.13°C Rabu,05/03/25 12.10 WIB	90.17°C Rabu,05/03/25 12.14 WIB	4 Menit	OFF
11.	95°C	90.17°C Rabu,05/03/25 12.14 WIB	95.31°C Rabu,05/03/25 12.17 WIB	3 Menit	OFF
12.	100°C	95.31°C Rabu,05/03/25 12.17 WIB	100.01°C Rabu,05/03/25 12.20 WIB	3 Menit	OFF
13.	105°C	100.01°C Rabu,05/03/25 12.20 WIB	105.01 Rabu,05/03/25 12.24 WIB	4 Menit	OFF
14.	42°C	36.21°C Senin,10/03/25 15.54 WIB	42.11°C Senin,10/03/2025 15.58 WIB	4 Menit	OFF
15.	47°C	42.11°C Senin,10/03/25 15.58 WIB	47.71°C Senin,10/03/2025 16.03 WIB	4 Menit	OFF
16.	52°C	47.71°C Senin,10/03/25 16.03 WIB	52.41°C Senin,10/03/2025 16.07 WIB	4 Menit	OFF
17.	57°C	52.41°C Senin,10/03/25 16.07 WIB	57.10°C Senin,10/03/2025 16.10 WIB	3 Menit	OFF
18.	62°C	57.10°C Senin,10/03/25 16.10 WIB	62.31°C Senin,10/03/2025 16.13 WIB	3 Menit	OFF
19.	67°C	62.31°C Senin,10/03/25 16.13 WIB	67.61°C Senin,10/03/2025 16.17 WIB	4 Menit	OFF
20.	72°C	67.61°C Senin,10/03/2025 16.17 WIB	72.81°C Senin,10/03/2025 16.21 WIB	4 Menit	OFF
21.	77°C	72.81°C Senin,10/03/2025 16.21 WIB	77.61°C Senin,10/03/2025 16.24 WIB	3 Menit	OFF
22.	82°C	77.61°C Senin,10/03/2025 16.24 WIB	81.05°C Senin,10/03/2025 16.27 WIB	3 Menit	OFF
23.	87°C	81.05°C Senin,10/03/2025 16.27 WIB	87.21°C Senin,10/03/2025 16.31WIB	4 Menit	OFF

Sumber: Dokumen Pribadi

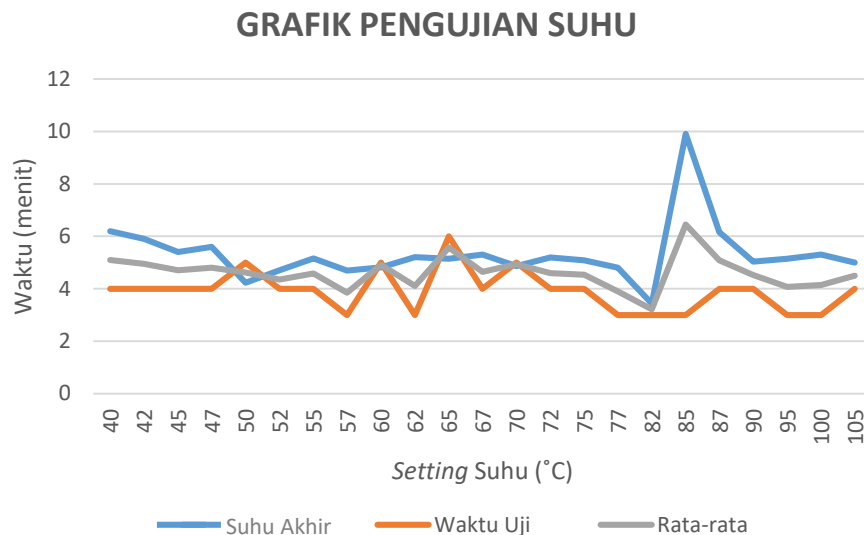
Pada tabel 5 peneliti melakukan 23 kali percobaan untuk mendapatkan data yang maksimal sesuai dengan yang diinginkan. Dalam melakukan percobaan peneliti mengambil data, pada alat yang sudah aktif dengan mula-mula suhu air pada 34°C air di dalam tanki

dengan memberikan tanda pada layar HMI, pengambilan data diambil dalam beberapa skenario agar data yang di dapatkan maksimal, dari data yang di dapat air dapat mencapai suhu sesuai dengan set point rata-rata dengan selisih waktu 3.5 sampai 4.5 menit dari set point yang telah diatur.

Selain itu, peneliti juga mengamati bahwa setiap percobaan dilakukan dalam kondisi yang serupa, variasi kecil dalam waktu pencapaian suhu optimal antara 3.5 hingga 4.5 menit tetap terjadi. Ini mungkin disebabkan oleh faktor eksternal seperti fluktuasi kecil dalam daya yang diberikan ke alat atau ketelitian pengukuran suhu. Namun, selisih waktu tersebut masih berada dalam rentang yang dapat diterima, yang mengindikasikan bahwa alat tersebut cukup stabil dalam mengatur suhu sesuai dengan set point yang telah ditetapkan. Secara keseluruhan, hasil dari 23 kali percobaan ini memberikan gambaran bahwa sistem pengaturan suhu yang diuji memiliki kinerja yang baik dalam mengontrol suhu air di dalam tanki sesuai dengan parameter yang telah ditentukan, dengan perbedaan waktu yang minimal antar percobaan. Data yang diperoleh dari berbagai skenario percobaan ini diharapkan dapat menjadi dasar untuk perbaikan lebih lanjut atau penerapan sistem pada kondisi yang lebih baik. Suhu akhir adalah suhu Ketika boiler mati yang dapat di simpulkan ketika peneliti menentukan berapa setpoint suhu akhir, maka sensor akan membaca memberi sinyal kepada outseal untuk memerintahkan heater untuk berhenti.

Analisa Penelitian

Penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan sistem kendali otomatis suhu dan level air pada boiler kapal tanker menggunakan Outseal PLC dan HMI. Pengujian statis menunjukkan bahwa setiap komponen, termasuk sensor DS18B20 untuk suhu dan sensor ultrasonik untuk level air, berfungsi sesuai dengan spesifikasinya.



Gambar 7. Grafik Pengujian Suhu

Dari grafik pengujian total 23 kali memberi data kesimpulan bahwa performa tingkat akurasi dalam perubahan suhu akhir tetap optimal handal tidak ada error yang terjadi selama pengujian berlangsung. Berikut perhitungan presentase keberhasilan ini:

$$\frac{((23 \times 1 \text{ Percobaan}) \text{ sesuai} - 0 \text{ tidak sesuai})}{23} \times 100\%$$

Tingkat keberhasilan = _____

$$\frac{23}{23} \times 100\% = 100\% (23)$$

Pada pengujian dinamis, sistem kendali suhu mampu mencapai setpoint dengan rata-rata waktu 3,5 hingga 4,5 menit, menandakan respons yang cukup cepat dalam menyesuaikan perubahan suhu air. Selain itu, sistem kendali level air bekerja secara real-time dengan tingkat akurasi yang tinggi, yang ditunjukkan oleh perbedaan minimal antara pembacaan sensor dan pengukuran manual. Integrasi Outseal PLC sebagai unit kendali utama memungkinkan pengolahan data secara efisien dan pengoperasian otomatis yang lebih presisi, sementara HMI mempermudah monitoring dan interaksi pengguna. Dengan hasil ini, penelitian membuktikan bahwa penerapan sistem kendali berbasis Outseal PLC dan HMI dapat meningkatkan efisiensi dan keselamatan operasional kapal tanker, serta berpotensi menjadi acuan dalam pengembangan sistem kendali otomatis di industri maritim.

Keunggulan utama dari sistem kendali ini terletak pada kemampuannya untuk mengurangi intervensi manual, sehingga mengurangi risiko human error dalam pengoperasian boiler. Dengan integrasi sensor yang mampu mendeteksi perubahan suhu dan level air secara

akurat, sistem ini dapat secara otomatis menyesuaikan kinerja pemanas dan pengisian air sesuai kebutuhan. Penggunaan Outseal PLC juga memberikan fleksibilitas dalam pemrograman logika kendali, memungkinkan adaptasi terhadap berbagai kondisi operasional kapal tanker. Selain itu, antarmuka HMI yang user-friendly memungkinkan operator untuk memantau dan mengontrol sistem dengan lebih mudah, sehingga meningkatkan efisiensi manajemen operasional di kapal.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa sistem kendali yang dirancang mampu mempertahankan suhu air dalam batas yang diinginkan tanpa fluktuasi yang signifikan, menandakan kestabilan sistem dalam jangka waktu yang lebih panjang. Efektivitas sistem ini membuka peluang untuk penerapan lebih luas di berbagai jenis kapal yang menggunakan boiler dalam operasionalnya. Dengan kemampuannya untuk meningkatkan efisiensi energi dan menjaga kestabilan operasional boiler, sistem ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi industri maritim dalam mengembangkan teknologi kendali otomatis yang lebih canggih. Selanjutnya, penelitian lebih lanjut dapat difokuskan pada pengembangan algoritma kendali yang lebih adaptif serta integrasi sistem dengan teknologi IoT untuk pemantauan jarak jauh dan analisis data yang lebih mendalam.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data, alat kendali suhu dan level air pada tangki berbasis Outseal PLC dapat disimpulkan bahwa perancangan dan implementasi sistem kendali otomatis menggunakan Outseal PLC dan HMI mampu menjaga suhu dan level air pada boiler secara real-time dan akurat. Dengan menerapkan kontrol otomatis sesuai standar operasional, sistem ini meningkatkan keamanan, efisiensi operasional, serta mengurangi keterlibatan manual, sehingga risiko kesalahan operator dapat diminimalkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem kendali berbasis Outseal PLC dan HMI memiliki efektivitas dan keandalan yang tinggi dalam menjaga kestabilan suhu serta level air pada boiler kapal tanker. Dengan sistem otomatis yang presisi, fluktuasi suhu dan level air dapat diminimalkan, sehingga operasional boiler menjadi lebih stabil dan efisien. Selain itu, implementasi sistem ini berkontribusi pada pengoptimalan kinerja kapal tanker, pengurangan risiko kerusakan peralatan, serta peningkatan keselamatan dan produktivitas operasional.

Beberapa hal yang harus diperhatikan untuk membantu sistem kerja alat ini agar lebih akurat dan efisien dalam pengukuran ketinggian air dan suhu air di dalam tangki adalah penggunaan sensor yang lebih presisi dan akurat ketika sistem bekerja mengukur level air dan suhu. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar sistem ini dikembangkan lebih maksimal

dalam mengukur level air dan suhu air dengan teknologi yang lebih modern, sehingga performa dan efisiensi sistem semakin meningkat.

REFERENSI

- Ahmad Zidan, Q. (2024). *Rancang bangun water level control pada boiler peraga pendidikan*.
- Alfiyanuddin, M. A. P. R. A. H. (2023). *Implementasi PLC Outseal sebagai pengontrol suhu ruangan peternakan burung walet dengan tampilan HMI*. JEUNISLA, 8. <https://doi.org/xxxx> (31 Agustus 2024).
- Arifuddin, R., Mujahidin, I., Subairi, S., & Wikantiyoso, R. (2021). Sistem kontrol suhu dan waktu otomatis mesin roasting kopi portabel. *CYCLOTRON*, 4(2). <https://doi.org/10.30651/cl.v4i2.6517> (11 September 2024).
- Darpono, R. N. B. H. N. (2023). *Sistem otomatis alat penjemur dan pengering ikan asin menggunakan sensor hujan dan suhu berbasis Outseal PLC Nano*.
- Dewi, A. K., Darussalam, A., Pujiyanto, P., Hamdani, C. N., & Septiani, N. A. (2023). Prototype of cascade level and flow control system on steam drum based on IoT. *JURNAL INFOTEL*, 15(2), 67–73. <https://doi.org/10.20895/infotel.v15i2.936> (31 November 2024).
- Gea, S. S., Rahardjo, P., & Nugraha, I. P. E. D. (2024). *Rancang bangun trainer modul praktikum programmable logic controller berbasis Outseal PLC Mega V.3 standar PP*. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 22(2), 311. <https://doi.org/10.24843/MITE.2023.v22i02.P20> (08 Desember 2024).
- Hajar, I., Damiri, J. D., & Sitorus, B. T. M. (2022). Penggunaan PLC dan HMI dalam simulasi kendali ketinggian air. *Prosiding Seminar Nasional Energi, Kelistrikan, Teknik, dan Informatika*, 3(3).
- Hamidin, I. (2019). *Saklar otomatis sistem kontrol terpadu menggunakan Arduino Uno*.
- Putri, T. W. O., Mowaviq, M. I., & Hajar, I. (2021). Rancang bangun sistem kendali level air berbasis programmable logic controller dan human-machine interface. *KILAT*, 10(2), 272–279. <https://doi.org/10.33322/kilat.v10i2.1315> (31 Januari 2025).
- Rizaldi, I. (2015). *Perancangan sistem kendali boiler menggunakan algoritma PID pada PLC (Programmable Logic Controller) Omron*.
- Robbi, S. D., M. R. W. I., & T. A. (2024). *Analisis gagalnya pembakaran pada boiler di kapal MT Gas Kalimantan*.
- Santoso, R. (2023). *Penerapan sistem kendali otomatis berbasis PLC pada industri pengolahan limbah*. *Jurnal Teknologi Rekayasa Otomasi*, 5(1), 45–57.
- Syahputra, D. H., & Wijaya, T. A. (2022). *Implementasi sensor suhu dan kelembaban dalam sistem kendali berbasis PLC pada rumah kaca*. *Jurnal Teknologi Elektro*, 6(2), 98–107.

- Wijayanti, M., & Saputra, B. (2023). *Analisis efisiensi boiler menggunakan metode fuzzy logic pada sistem kontrol otomatis. Jurnal Teknik Mesin dan Otomasi*, 8(3), 115–130.
- Zulkarnain, R. A. (2024). *Perancangan dan implementasi kendali tekanan boiler berbasis PLC di industri manufaktur. Jurnal Rekayasa Industri*, 9(4), 221–233.