

**RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI SUHU DAN
LEVEL AIR PADA BOILER DI KAPAL TANKER
MENGGUNAKAN OUTSEAL PLC DAN HMI**



Disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Pendidikan Diploma IV

**RIZKY PRADANA ILYAS
NIT 08.20.018.1.11**

**PROGRAM STUDI
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL**

**PROGRAM SARJANA TERAPAN POLITEKNIK
PELAYARAN SURABAYA
TAHUN 2025**

**RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI SUHU DAN
LEVEL AIR PADA BOILER DI KAPAL TANKER
MENGGUNAKAN OUTSEAL PLC DAN HMI**



Disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Pendidikan Diploma IV

**RIZKY PRADANA ILYAS
NIT 08.20.018.1.11**

**PROGRAM STUDI
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL**

**PROGRAM SARJANA TERAPAN POLITEKNIK
PELAYARAN SURABAYA
TAHUN 2025**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rizky Pradana Ilyas

Nomor Induk Taruna : 08.20.018.1.11

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI SUHU DAN LEVEL AIR PADA *BOILER* DI ATAS KAPAL TANKER MENGGUNAKAN *OUTSEAL* PLC DAN HMI

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri.

Jika pernyataan di atas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

SURABAYA,

2025



**PERSETUJUAN SEMINAR HASIL
KARYA ILMIAH TERAPAN**

Judul : **RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI SUHU DAN
LEVEL AIR PADA BOILER DI KAPAL TANKER
MENGGUNAKAN OUTSEAL PLC DAN HMI**

Nama Taruna : Rizky Pradana Ilyas

NIT : 08.20.018.1.11

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Dengan ini menyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan

SURABAYA,

Menyetujui

Pembimbing I



(SONHAJI, ST,MT.)

X

NIP. 197707132023211004

Pembimbing II



(HENNA NURDIANSARI, ST,MT.,M.Sc.)

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 198512112009122003

Mengelihui
Ketua Prodi Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

DIRHAM YAH, S.E., M.Pd.

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 197504302002121002

PENGESAHAN SEMINAR HASIL
KARYA ILMIAH TERAPAN

RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI SUHU DAN
LEVEL AIR PADA BOILER DI KAPAL TANKER
MENGGUNAKAN OUTSEAL PLC DAN HMI

Disusun dan Diajukan Oleh :

RIZKY PRADANA ILYAS

NIT. 08.20.018.1.11

D-IV TRKK

Telah dipresentasikan didepan Panitia Ujian Karya Ilmiah Terapan
Politeknik Pelayaran Surabaya
Pada Tanggal 19 FEBRUARI 2025

Menyetujui

Dosen Penguji I


Diana Alia, S.T., M.Eng.
Penata (III/c)
NIP. 199106062019022003

Dosen Penguji II


Jaka Septian Kustanto
X
NIP. 192209122023211025

Dosen Penguji III


Henna Nurdiansari, S.T., M.Sc.
Penata Tk I (III/d)
NIP. 198512112009122003

Mengetahui :
Ketua Prodi Teknologi Rekayasa
Kelistrikan Kapal


DIRHAMSKAH, S.E., M.Pd
Penata Tk. I (III/d)
NIP. 197504302002121002

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah Subhanahu wa ta'ala yang telah memberikan petunjuk dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan dengan judul “RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI SUHU DAN LEVEL AIR PADA BOILER DI KAPAL TANKER MENGGUNAKAN OUTSEAL PLC DAN HMI” ini dapat diselesaikan demi persyaratan menyelesaikan Pendidikan Diploma IV Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal pada Politeknik Pelayaran Surabaya.

Dalam keberhasilan dalam penyusunan Karya Ilmiah Terapan ini tidak lain berasal dari pihak yang telah memberi motivasi, bantuan, dan bimbingan sehingga penyusunan Karya Ilmiah Terapan ini dapat berjalan dengan lancar. Maka dari itu peneliti mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada yang terhormat :

1. Yth. Bapak Moejiono, M.T.,M.Mar.E. selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya dan juga jajarannya yang sudah memberikan kesempatan kepada peneliti untuk menempuh pendidikan dan menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan ini
2. Bapak Ahmad Kasan Gufron, M.Pd. selaku Ketua Program Studi Diploma IV Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal yang telah memberikan kontribusi penting untuk kelancaran dalam penulisan Karya Ilmiah Terapan.
3. Bapak Sonhaji, ST.,MT. selaku dosen Pembimbing I yang telah memberikan panduan secara teori dan membimbing peneliti sehingga dapat menyelesaikan penelitian Karya Ilmiah Terapan dengan lancar.
4. Ibu Henna Nurdiansari, ST.,MT.,M.Sc. selaku dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan memberikan bimbingan berkaitan dengan penulisan Karya Ilmiah Terapan.
5. Bapak Taufik Ilyas dan Ibu Delly selaku kedua orang tua saya yang saya sangat cintai yang telah memberikan motivasi, doa, dan materi serta semangat dukungan dalam menyusun Karya Ilmiah Terapan.
6. Teman saya. Salsabilla Alimin yang secara terus menerus memberikan dukungan dan motivasi untuk segera menyelesaikan penelitian ini. Terimakasih juga saya ucapkan kepada pihak yang telah ikut serta membantu dalam penelitian Karya Ilmiah Terapan ini yang tidak dapat peneliti sebutkan satu persatu.

Peneliti menyadari masih banyaknya kekurangan dalam penyusunan Karya Ilmiah Terapan ini, oleh sebab itu memohon maaf sebesar besarnya bila ditemukan suatu kesalahan.

Semoga Allah Subhanahu wa ta'ala memberikan balas budi yang berlimpah kepada seluruh pihak yang sudah memberikan motivasi, bantuan dan kesempatan dalam menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan ini dan peneliti berharap Karya Ilmiah Terapan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, aamiin.

Surabaya 19 Februari 2025

Rzky Pradana Ilyas
0820018111

ABSTRAK

RIZKY PRADANA ILYAS, Rancang Bangun Sistem Kendali Suhu Dan *Level* Air pada *Boiler* di Kapal Tanker Menggunakan *Outseal* PLC dan HMI. Dibimbing oleh Bapak Sonhaji, ST..MT. dan Ibu Henna Nurdiansari, ST..MT..M.Se.

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: Kendali suhu, level air, *boiler*, *Outseal* PLC, HMI.

ABSTRACT

RIZKY PRADANA ILYAS, *Design of Set point and Air Level Control Systems for Boilers on Tankers Using Outseal PLC And HMI. Supervised by Mr. Sonhaji, ST..MT. and Mrs. Henna Nurdiansari, ST..MT..M.Se.*

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: Temperature control, water level, boiler, Outseal PLC, HMI.

vDAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PERSETUJUAN SEMINAR HASILKARYA ILMIAH TERAPAN.....	iii
PENGESAHAN SEMINAR HASIL KARYA ILMIAH TERAPAN	iv
KATA PENGANTAR	V
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Penelitian	1
C. Batasan Masalah.....	4
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Review Penelitian Sebelumnya.....	6
B. Landasan Teori	7
BAB III METODE PENELITIAN	20
A. Jenis Penelitian.....	20
B. Diagram Alir Penelitian.....	20
C. Desain Penelitian.....	22
D. Rencana Pengujian	24

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	28
A. Hasil Penelitian	28
B. Pengujian Statis	30
C. Pengujian Dinamis	37
BAB V PENUTUP.....	44
A. Kesimpulan	44
B. Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Boiler</i>	8
Gambar 2.2 <i>Outseal PLC</i>	10
Gambar 2.3 <i>HMI Nextion</i>	12
Gambar 2.4 Mikrokontroler	14
Gambar 2.5 Sensor Ultrasonik	15
Gambar 2.6 <i>Heater 220V</i>	16
Gambar 2.7 Sensor DS18B20	17
Gambar 2.8 Regulator <i>Step Down</i>	19
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	21
Gambar 3.2 Blok Diagram	22
Gambar 3.3 Rangkaian Alat.....	23
Gambar 4. 1 Bagian alat (a) tampak atas (b) tampak depan (c) tampak seluruh	29
Gambar 4. 2 Pengujian Outseal PLC	30
Gambar 4. 3 Penujian sensitivitas HMI	31
Gambar 4. 4 Pengujian Regulator Step Down	32
Gambar 4. 5 Pengujian Sensor Ultrasonik	33
Gambar 4. 6 Pengujian Heater terhubung dengan tegangan 220V	37
Gambar 4. 7 Pengujian Sensor DS18B20	38
Gambar 4. 8 Grafik Pengujian Suhu	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Review Penelitian Sebelumnya.....	6
Tabel 3. 1 Rencana Pengujian Sensor Ultrasonik	25
Tabel 3. 2 Rencana Pengujian Suhu Air	26
Tabel 4. 1 Pengujian Sensor Ultrasonik	33
Tabel 4. 2 Pengujian Sensor Ultrasonik	34
Tabel 4. 3 Pengujian Sensor Ultrasonik	35
Tabel 4. 4 Pengujian Heater	36
Tabel 4.5 Pengujian Suhu Air	39

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

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 (PLC), 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.

memantau dan mengendalikan proses secara real-time melalui antarmuka yang user-friendly, yang memudahkan dalam pengambilan keputusan dan penanganan masalah.

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.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan dengan latar belakang masalah diatas maka perumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem kendali otomatis untuk menjaga suhu dan level air pada boiler kapal tanker menggunakan Outseal PLC dan HMI agar sesuai dengan standar operasional yang aman dan efisien?
2. Sejauh mana efektivitas dan keandalan sistem kendali berbasis Outseal PLC dan HMI dalam menjaga kestabilan suhu serta level air boiler guna mengoptimalkan kinerja dan efisiensi bahan bakar pada kapal tanker?

C. Batasan Masalah

Guna membatasi pembahasan, maka peneliti membatasi permasalahan yang akan dibahas, yaitu :

1. *Programmable Logic Controller (PLC)* yang digunakan adalah jenis nano V.52.
2. *Human Machine Interface (HMI)* yang di pakai adalah *Nextion*.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian dari Karya Ilmiah Terapan ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem kendali suhu dan *level* air pada *Boiler* di kapal *tanker* dengan menggunakan *Outseal* dan *Human Machine Interface*. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan keselamatan operasional *Boiler* melalui pengendalian yang lebih presisi dan monitoring yang lebih *real-time*.
2. Implementasi sistem kendali otomatis ini diharapkan dapat meminimalisir kesalahan manusia (human error) dan meningkatkan respon terhadap kondisi abnormal yang mungkin terjadi.

E. Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini akan diketengahkan beberapa bahasan yang diharapkan dapat bermanfaat bagi para pembaca, yaitu :

1. Manfaat Secara Teoritis
 - a. Penelitian ini akan memberikan kontribusi teoretis mengenai integrasi teknologi moderen seperti PLC dan HMI dalam industri maritim, termasuk analisis dampak dan manfaatnya.

b. Dengan adanya penelitian ini akan memperkaya literatur mengenai teori pengendalian otomatis dengan memberikan bukti empiris tentang efektivitas penggunaan outseal PLC dan HMI dalam mengendalikan suhu dan level air pada Boiler di kapal tanker.

2. Manfaat Secara Praktis

- a. Dengan otomatisasi proses pengendalian, risiko kesalahan yang disebabkan oleh faktor manusia dapat dikurangi secara signifikan, meningkatkan keandalan dan keamanan operasional kapal *tanker*.
- b. penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan operasional kapal *tanker* secara langsung, tetapi juga untuk menyediakan panduan bagi industri maritim dalam menerapkan teknologi kendali otomatis. Ini dapat mengarah pada standar baru dalam pengelolaan *Boiler* dan teknologi serupa di sektor industri lainnya.
- c. Manfaat untuk Institusi yaitu Politeknik Pelayaran Surabaya sebagai bahan acuan yang dapat diterapkan di dalam Institusi guna menyiapkan calon perwira yang memiliki pengetahuan yang baik.

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

A. *Review Penelitian Sebelumnya*

dengan penelitian yang akan dilakukan, perlu adanya *review* penelitian sebelumnya untuk mencari perbandingan antara penelitian terdahulu dan menunjukkan orisinalitas penelitian. Selain itu, penelitian terdahulu juga dapat digunakan sebagai referensi bagi penulis. Tabel berikut ini adalah tabel 2.1 penelitian terdahulu yang menjadi acuan dan bahan referensi yang menunjang penulis untuk melakukan penelitian terkait pola komunikasi lainnya yaitu :

Tabel 2. 1 *Review* Penelitian Sebelumnya

No	Judul Jurnal	Penulis	Kesimpulan	Perbedaan Penelitian
1	Rancang Bangun sistem kendali <i>level</i> air berbasis PLC dan HMI (Putri et al., 2021)	Triwahyu Oktaviana Putri	Pengendalian ketinggian air digunakan di berbagai sektor, termasuk rumah tangga dan industri, seperti pada <i>Boiler</i> pembangkit listrik. Sistem kendali <i>level</i> air ini menggunakan PLC FX3U yang memiliki <i>input</i> dan <i>Output</i> analog serta <i>Output</i> PWM. Suplai air diatur oleh pompa DC, dengan sensor <i>ultrasonic</i> HC-SR04 untuk mendeteksi ketinggian air. PLC ini dapat dikombinasikan dengan HMI untuk memudahkan pengoperasian. Sistem ini juga bisa digunakan sebagai media pembelajaran untuk mata kuliah terkait elektronika industri dan PLC. Berdasarkan pengujian dengan kontroler PID di PLC, ketinggian air dapat dikendalikan dengan rata-rata kesalahan 3% karena sifat dinamik air.	Penelitian sebelumnya mengenai sistem Kendali air menggunakan pengujian. PID dan <i>Program Logic Controller</i> yang terdiri dari beberapa komponen, PLC FX3U yang dikombinasikan dengan HMI. Sedangkan pada penelitian ini menggunakan <i>Outseal</i> PLC dan HMI serta mikrokontroler arduino uno sebagai pembaca <i>input</i> digital dari beberapa sensor yang digunakan.

2	Perancangan Sistem kendali <i>Boiler</i> menggunakan Algoritma PID pada PLC OMRON(Rizaldi, 2015)	Imron Rizaldi	<p><i>Boiler</i> digunakan di hampir semua proses industri untuk proses pemanasan. Panas merubah zat cair menjadi uap. Uap hasil dari <i>Boiler</i> dapat digunakan menjadi penggerak turbin untuk PLTU. Proses pemanasan <i>Boiler</i> bisa menggunakan bahan bakar dan bisa menggunakan listrik. Panas yang dihasilkan oleh pemanas disalurkankan ke drum penyimpanan air pada <i>Boiler</i> drum untuk memanaskan air hingga fasanya berubah menjadi uap. Dalam <i>Boiler</i> terdapat tiga <i>variable</i> proses yang saling berpengaruh yaitu <i>level</i> air, aliran air, dan suhu air. <i>Level</i> air yang akan dikendalikan berada pada <i>Boiler</i> drum. Dalam penelitian ini akan dirancang sistem kendali pada <i>level</i> air, aliran air PLC OMRON CP1H dengan metode kontrol PID.</p> <p>Penelitian sebelumnya mengenai sistem kendali <i>Boiler</i> yang dirancang menggunakan sistem Algoritma PID dan PLC. Sedangkan pada KIT ini mengenai sistem kendali suhu dan <i>level</i> air menggunakan <i>Outseal</i> PLC dan mikrokontroler sebagai tambahan yang dikombinasikan dengan HMI Nextion.</p>
---	--	---------------	--

Sumber : Dokumen Pribadi

B. Landasan Teori

Boiler adalah perangkat yang digunakan untuk memanaskan air menjadi uap yang kemudian digunakan untuk berbagai keperluan di atas kapal, seperti penggerak utama, penggerak bantu, dan pemanas. Pada kapal *tanker*, *Boiler* memainkan peran krusial dalam menjaga efisiensi operasi dan keamanan. Sistem *Boiler* pada kapal harus mampu mengatur suhu dan *level* air dengan presisi untuk mencegah *overheat* dan memastikan ketersediaan uap yang cukup. Maka dari itu untuk mengontrol dan mengoperasikan yang lebih mudah diciptakannya sebuah kontrol sistem PLC sebuah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengatur/mengontrol nyala (*ON*) atau tidak (*OFF*) nya perangkat lain (kontrol logika) yang tersambung dengan perangkat tersebut dan

logika pengaturan tersebut dapat diubah-ubah (diprogram). Umumnya pengubahan atau pemrograman kontrol logika untuk PLC tersebut dilakukan oleh sebuah perangkat lunak yang berjalan di komputer. Bagian utama dari sebuah PLC adalah *input*, *controller* dan *output*. Perangkat yang akan dikontrol terhubung dengan bagian *Output* PLC dan referensi yang digunakan untuk mengontrol logika *output* tersebut bisa berasal dari logika *input* atau logika lain di dalam memori.

1. Boiler



Gambar 2.1 Boiler

Sumber : <https://images.app.goo.gl/Er5gP6yQEnd26aNG6>

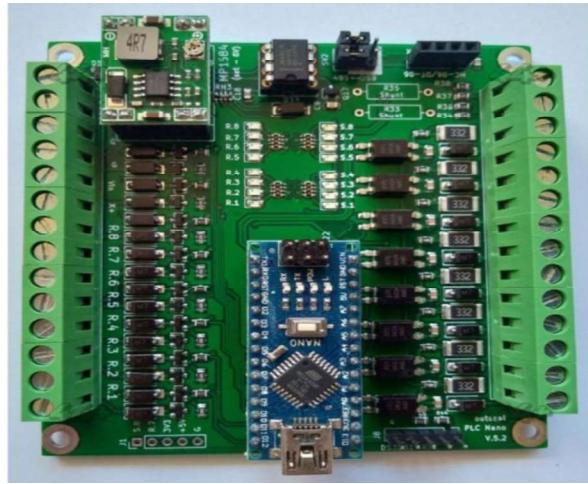
Seperti pada gambar 2.1 *Boiler* di atas kapal tanker berfungsi sebagai sumber energi utama untuk berbagai kebutuhan di kapal. *Boiler* ini digunakan untuk menghasilkan uap yang diperlukan untuk pemanasan kargo, penggerak mesin tambahan, dan pemanas ruangan. *Boiler* memiliki beberapa komponen utama *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. *Economizer Preheater* yang memanfaatkan panas dari gas buang untuk memanaskan air sebelum masuk ke *Boiler* , sehingga meningkatkan efisiensi bahan bakar. Steam Drum tempat di mana air dipanaskan dan uap dipisahkan dari air. Uap ini kemudian dialirkan ke sistem pengguna. *Superheater* memanaskan uap yang dihasilkan hingga mencapai suhu yang lebih tinggi, meningkatkan efisiensi dan kapasitas kerja uap.

Feedwater System sistem yang memasok air ke *Boiler* . Ini termasuk pompa air umpan dan tangki penyimpanan air. *Safety Valves* katup pengaman yang mencegah tekanan berlebih di dalam *Boiler* , menghindari risiko ledakan. *Boiler* diatas kapal memiliki beberapa komponen utama :

- a. *Burner* Tempat pembakaran bahan bakar (gas, minyak, atau batu bara) untuk menghasilkan panas.
- b. *Heat Exchanger* Mengalirkan panas dari pembakaran ke air.
- c. *Tangki*: Tempat menyimpan air yang dipanaskan.
- d. Pompa Mengalirkan air dari tangki ke seluruh sistem.
- e. Kontrol dan Sensor Memantau suhu, tekanan, dan aliran air untuk memastikan operasi yang aman dan efisien.

2. OUTSEAL PLC



Gambar 2.2 *Outseal* PLC

Sumber : <https://images.app.goo.gl/NnrJ8MEvayKjpkNu7>

Pada gambar 2.2 *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). *Ladder* diagram ini adalah hasil rancangan kontrol logika yang kemudian akan dikirim melalui kabel USB dan ditanam secara permanen dalam *hardware outseal* PLC. Setelah transfer selesai, kabel USB bisa dilepas dan *outseal* PLC dapat menjalankan hasil rancangan kontrol logika tersebut secara mandiri, tanpa perlu terhubung dengan komputer. Berikut adalah alasan menggunakan *outseal* PLC:

- Open *hardware*
- Bisa dirakit sendiri dirumah
- Harga terjangkau
- Kualitas profesional

- e. Karya anak bangsa
- f. Software gratis
- g. Diprogram secara visual (ladder diagram)
- h. Support MODBRUS RTU untuk komunikasi dengan HMI/SCADA
- i. Mudah dan berbahasa Indonesia
- j. Terdapat fasilitas simulasi tanpa hardware
- k. Terdapat fasilitas online mode
- l. Diprogram pakai kabel USB

Keuntungan Menggunakan outsea PLC Sudah layak digunakan untuk otomasi industri karena beberapa alasan diantaranya adalah

- a) Mampu bekerja pada tegangan listrik 24V.
- b) Tahan terhadap ESD (Electro StaticDischarger) yakni pelepasan arus listrik statik dari suatu benda ke benda lainnya (Syeh AjiAna & Tatang, 2017)
- c) Isolated Input .
- d) Analog input bisa membaca arus listrik 0-20mA dan terdapat
- e) resettable fuse.
- f) Skema elektronik terbuka untuk umum. Sehingga siapapun dapat melihat, mempelajari, membuat sendiri bahkan sampai mengembangkannya.
- g) Perangkat lunak untuk pemrograman diagram tangga diberikan secara gratis dan memakai bahasa indonesia sebagai bahasa utama serta mudah dioperasikan.
- h) Secara garis besar, PLC dibagi menjadi 2 Compact PLC merupakan

PLC yang sudah terintegrasi dengan modul power supply, CPU, I/O dan komunikasi. Ada yang fixed I/O, jadi jumlah input output nya tidak bisa ditambah lagi. Ada juga yang bisa ditambahkan expansion I/O. Contohnya schneider M221, Siemens S7- 1200, Allen Bradley Micro800. Modular PLC merupakan PLC yang memiliki modul terpisah antara modul power supply, CPU, I/O dan komunikasi. PLC ini ada yang in rack dan ada yang tidak.

3. HMI *EXTION*



Gambar 2.3 HMI *Nextion*
Sumber : <https://images.app.goo.gl/NnrJ8MEvayKjpkNu7>

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). HMI Nextion di lengkapi

dengan beberapa fitur canggih berikut :

- a. Nextion HMI dilengkapi dengan layar sentuh yang memudahkan pengguna untuk berinteraksi dengan sistem. Ukuran layar bervariasi, mulai dari 2.4 inci hingga 7 inci atau lebih besar.
- b. Layar Nextion memiliki resolusi yang baik, memungkinkan tampilan grafis yang jelas dan tajam.
- c. Pengguna dapat merancang antarmuka (UI) sesuai kebutuhan dengan menggunakan Nextion editor, perangkat lunak yang disediakan untuk mendesain dan mengatur elemen UI seperti tombol, *slider*, grafik, dan lainnya.
- d. Nextion HMI menggunakan komunikasi serial (UART) untuk terhubung dengan mikrokontroler atau perangkat lain, seperti Arduino, Raspberry Pi, atau PLC.
- e. Dilengkapi dengan prosesor sendiri yang memungkinkan pengolahan data dan kontrol elemen UI secara mandiri, mengurangi beban kerja pada mikrokontroler utama.
- f. Memiliki memori internal untuk menyimpan file proyek dan data UI.

4. MIKROKONTROLER



Gambar 2. 4 Mikrokontroler

Sumber: <https://images.app.goo.gl/usfYZmrCm3KwMkpe6>

Pada gambar 2.4 menunjukan bahwa esp32 berfungsi sebagai mikrokontroler yang dikembangkan oleh *Espressif* 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. Esp32 Sering digunakan untuk pembuatan *prototipe* perangkat elektronik karena mudah diatur dan diprogram, sehingga memungkinkan pengembang untuk menguji dan memodifikasi desain mereka dengan cepat. Esp32 memiliki beberapa komponen utama sebagai berikut :

- a. Mikrokontroler Esp32 memiliki koneksi wifi dan *Bluetooth* yang memungkinkan perangkat ini terhubung ke jaringan tanpa memerlukan module tambahan.
- b. CPU esp32 menggunakan prosesor Xtensa dual-core 32-bite LX6 yang berjalan dengan kecepatan hingga 240 MHz(hamidin, 2019).

- c. Static ram yang dimiliki Esp32 biasanya sebesar 520 KB, digunakan untuk menyimpan program data yang lebih besar.
- d. General purpose input digunakan untuk input /output , PWM, I2C, SPI,
- e. UART, dan lainnya.

5. ULTRASONIK



Gambar 2.5 Sensor Ultrasonik
Sumber: <https://images.app.goo.gl/XgQtEKqj8MCdM3XCA>

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. Bunyi gelombang ultrasonik dapat merambat melalui zat cair, padat dan gas. Benda cair merupakan media merambat yang paling baik untuk sensor ultrasonik jika dibandingkan dengan benda padat dan gas. Oleh karena itu, sensor ultrasonik pada umumnya banyak digunakan di atas kapal untuk

mengukur *water Level* pada *Boiler* digunakan untuk menentukan *level* air di dalam *Boiler*, memastikan bahwa *level* air tetap dalam rentang aman dan optimal untuk operasi *Boiler*. Dengan memonitor *level* air secara terusmenerus, sensor ultrasonik membantu mencegah kondisi berbahaya seperti overfilling kelebihan air atau low *water level* kekurangan air. Kedua kondisi ini bisa menyebabkan kerusakan pada *Boiler* atau bahkan kegagalan sistem

6. HEATER



Gambar 2. 6 Heater 220V
 Sumber: <https://images.app.goo.gl/kZGvGS5sAcqg5yuF6>

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 dikehidupan seharihari, prinsip kerjanya adalah dengan menggunakan suatu elemen pemanas yang dialiri oleh arus listrik. Kemudian, energi listrik dirubah menjadi energi panas yang terjadi pada

elemen pemanas. Beberapa keuntungan menggunakan *water heater* 220V berikut :

- a. Relatif mudah dipasang, terutama untuk model instan yang tidak memerlukan tangki besar.
- b. Model instan hanya memanaskan air saat dibutuhkan, mengurangi pemborosan energi.
- c. Menyediakan air panas dengan cepat dan konsisten.

7. Sensor DS18B20



Gambar 2. 7 Sensor DS18B20
Sumber: images.app.goo.gl/MrQWgXwDd98vh3gY8

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 $+85^\circ\text{C}$. 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.

Sensor ini memiliki keunggulan lain seperti mempermudah pengaturan dan koneksi dengan mikrokontroler, sensor yang telah dikalibrasi memberikan hasil yang akurat dan andal, sensor ini dapat menggunakan beberapa sensor pada satu jalur data, ideal untuk aplikasi yang memerlukan pengukuran suhu di berbagai lokasi. Memberikan fleksibilitas dalam kecepatan dan akurasi pengukuran sesuai kebutuhan aplikasi, banyak digunakan dalam proyek PLC dan Arduino atau mikrokontroler lainnya. Dengan berbagai fitur dan kelebihannya, sensor DS18B20 adalah pilihan yang populer untuk berbagai aplikasi pengukuran suhu.

Keunggulan sensor DS18B20 adalah mudah diintegrasikan dengan berbagai mikrokontroler, hanya membutuhkan satu kabel komunikasi data, beberapa sensor dapat dihubungkan pada satu jalur data yang sama dan memudahkan pantauan suhu, setiap sensor DS18B20 memiliki kode 64bit unik memungkinkan identifikasi individual pada satu jalur data. Cara kerja sensor ini dengan mengukur suhu menggunakan sirkuit sensor internal kemudian konversi digital meubah pembacaan suhu menjadi digital, lalu komunikasi data.

8. Regulator *Step Down*



Gambar 2. 8 Regulator *Step Down*

Sumber: <https://images.app.goo.gl/c8yshYFvdxxjHsdV8>

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. Cara kerja dari alat ini menggunakan metode *switching* regulator untuk mengubah tegangan *input* yang lebih tinggi menjadi tegangan *Output* yang lebih rendah dengan efisiensi tinggi.

Kelebihan dari alat ini adalah:

- a. Efisiensi Tinggi: Mengurangi panas dan meningkatkan kinerja sistem.
- b. Rentang tegangan input dan output yang Luas: Fleksibilitas untuk berbagai aplikasi.
- c. Proteksi internal melindungi modul dari kerusakan.

BAB III **METODE PENELITIAN**

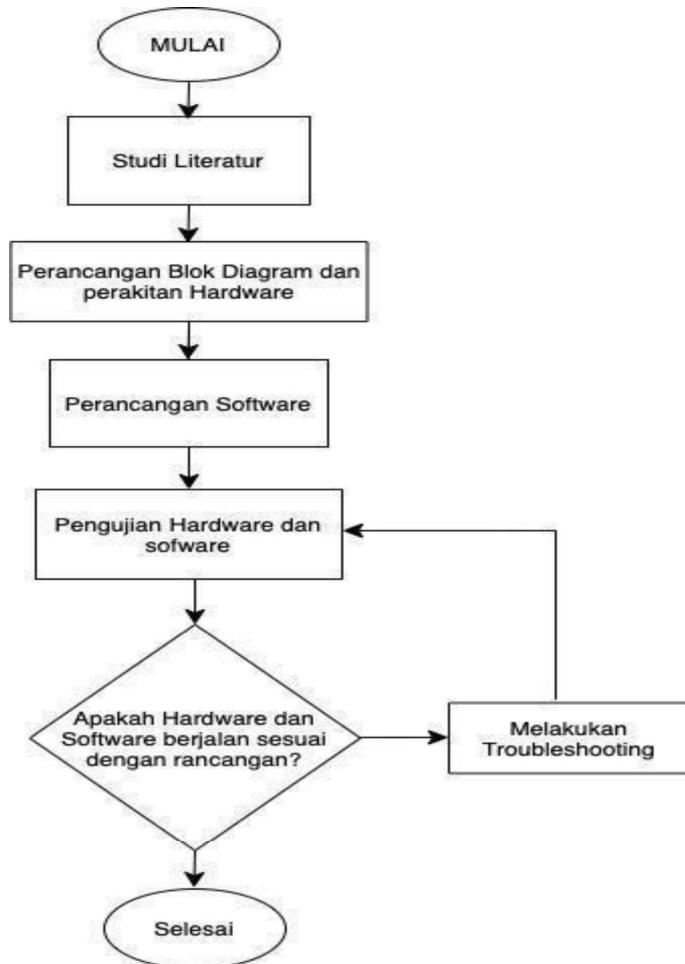
A. Jenis Penelitian

Dalam penyusunan dan perancangan sistem kendali suhu dan *level* air pada *Boiler* , penelitian ini dilakukan dengan cara sistematis. 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.

Menurut Cochran (1957) mengartikan eksperimen sebagai sebuah atau sekumpulan percobaan yang dilakukan melalui perubahan-perubahan terencana terhadap variabel *input* suatu proses atau sistem sehingga dapat ditelusuri penyebab dan faktor-faktor sehingga membawa perubahan pada *Output* sebagai respon dari eksperimen yang telah dilakukan.

B. Diagram Alir Penelitian

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. Langkah berikutnya dalam diagram alir adalah perencanaan metodologi penelitian. Ini mencakup pemilihan desain penelitian, metode pengumpulan data, serta teknik analisis yang akan digunakan. Pada tahap ini, peneliti juga harus menentukan alat dan bahan yang akan menjadi penelitian. Setelah metodologi direncanakan, proses pengumpulan data dimulai. Data dapat diperoleh melalui pengetesan, eksperimen, atau metode lain sesuai dengan penelitian.



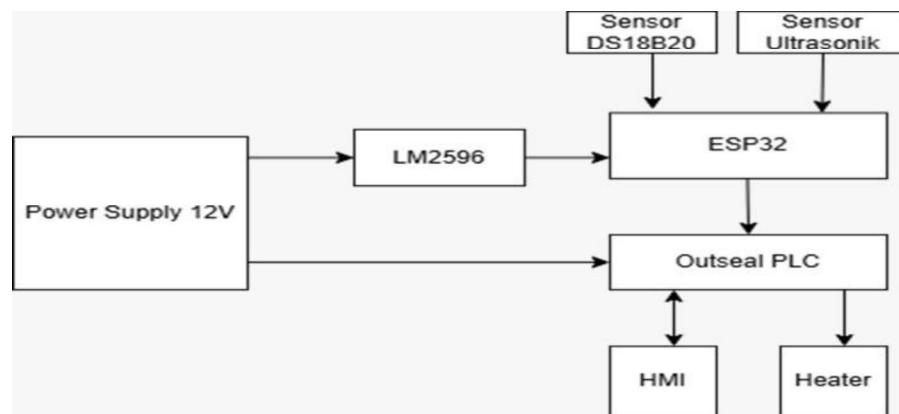
Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian
Sumber: Dokumen Pribadi

Diagram pada gambar 3.1 yang merujuk pada referensi jurnal yang berjudul Rancang Bangun Trainer Modul Praktikum Programmable Logic Controller Berbasis Outseal PLC Mega V.3 Standar PP (Gea et al., 2024) menjelaskan tentang tahapan-tahapan agar perancangan system. perancangan sistem yang dimulai dari studi literatur, perancangan hardware, perancangan software, dan pengujian sistem. Pada tahapan ini. Penelitian pertama yang akan dilakukan studi literatur, yaitu dengan mengumpulkan referensi jurnal dari penelitian sebelumnya dan datasheet komponen yang akan digunakan.

C. Desain Penelitian

Kemudian dilanjutkan dengan perancangan sistem dengan membuat tabel diagram dari setiap percobaan. Selanjutnya melakukan perakitan hardware dimana mulai dari membuat model alat, wiring komponen, finishing hasil, hingga troubleshooting pada alat yang dibuat. Selanjutnya membuat program sensor set point , water level. Kemudian yang terakhir melakukan pengujian secara menyeluruh hardware dan software untuk mengetahui apakah hardware dan software dapat bekerja dengan baik.

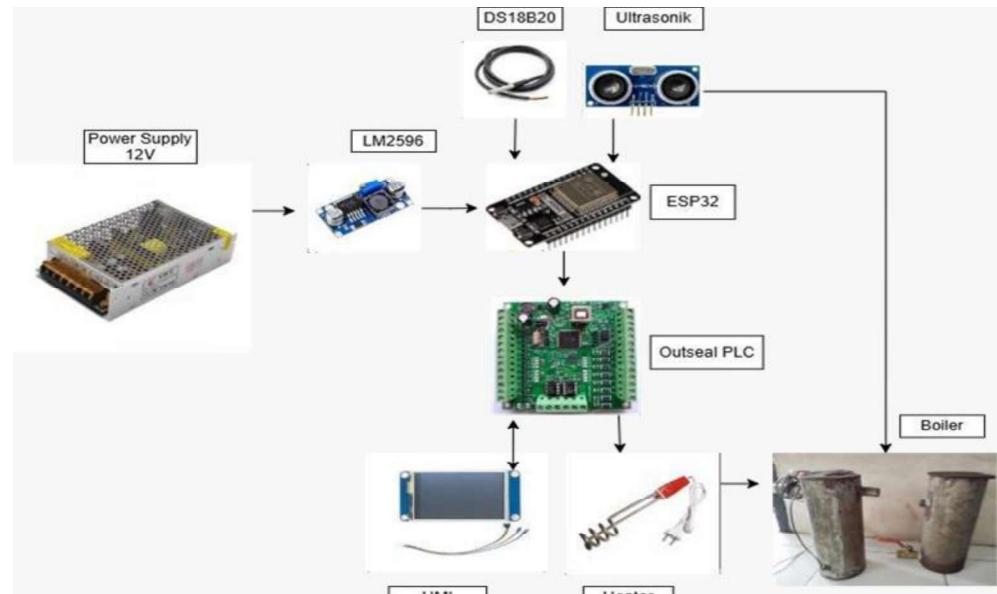
1. Blok Diagram



Gambar 3. 2 Blok Diagram
Sumber: Dokumen Pribadi

Berdasarkan blog diagram diatas 3.2 di jelaskan *Heater* akan bekerja secara otomatis sesuai dengan pembacaan dari sensor suhu. Ketika suhu air didalam tanki dibawah 100°C maka *heater* akan bekerja, apabila suhu air telah mencapai 100°C maka *heater* akan berhenti (OFF) sesuai dengan set-point yang telah ditentukan. Sementara tanki air akan diisi secara manual, sensor ultrasonik hanya membaca *level* bawah (Low Level) dan *level* tinggi (High Level) saja secara *real-time* yang akan ditampilkan pada HMI.

2. Rangkaian Alat



Gambar 3. 3 Rangkaian Alat
Sumber: Dokumen Pribadi

- a. *Outseal* PLC berfungsi sebagai pengatur *logic state* (status *ON* atau *OFF*) perangkat lain yang tersambung dengan PLC tersebut dalam skema pengaturan yang dapat diubah-ubah.
- b. Sensor suhu berfungsi membaca nilai suhu yang ada di dalam tanki pemanas.
- c. Sensor suhu yang digunakan adalah jenis DS18B60.
- d. *Heater*, berfungsi sebagai akuator untuk mengatur suhu besar kecilnya pemanas agar suhu dapat mencapai set-point tertentu.
- e. HMI untuk mempermudah penyajian data dan interface antara pengguna dengan alat
- f. Esp32 berfungsi sebagai pembaca digital dari beberapa sensor yang dipakai.
- g. LM2596 berfungsi untuk menurunkan tegangan DC maksimal hingga

3A dengan range 3-40V DC dan selisih minimum *input - Output* 1.5V

DC.(Alfiyanuddin, 2023)

h. Sensor Ultrasonik berfungsi sebagai pengukur/pendekripsi objek.

D. Rencana Pengujian

Rencana pengujian yang akan dilakukan bertujuan untuk mengetahui bagaimana cara kerja dan kemungkinan permasalahan yang terjadi pada alat. nilai pembacaan *input* sensor pada setiap perubahan suhu serta *level* air. Peneliti akan mengambil langsung data setelah melakukan pengujian.

1. Pengujian Alat

Untuk mendapatkan data hasil penelitian dan pengujian alat maka peneliti akan melakukan dua metode pengujian, pengujian alat akan dilakukan dengan dua pengujian yaitu.

a. Uji Statis

Pengujian ini dilakukan dengan cara menguji setiap komponen alat yang berdasarkan karakteristik dan fungsi nya masing-masing. Dengan tujuan untuk menentukan setiap komponen alat apakah dapat beroperasi dengan optimal dan sesuai dengan fungsinya. Hasil pengujian akan dilampirkan dalam sebuah kolom tabel.

Tabel 3. 1 Rencana Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian	Pembacaan Jarak Sensor <i>ultrasonic</i> Dengan Pengukuran Ketinggian Sebetulnya			Keterangan
	Kapasitas Tank	Jarak sensor	Keterangan <i>Level Air</i>	
1				
2				
3				
4				
5				

Sumber : Dokumen Pribadi

Pengujian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui nilai pembacaan input sensor pada setiap perubahan *level air* serta untuk mengetahui akurasi dan respons sensor ultrasonik dalam mengukur jarak aktual terhadap *level air* yang berbeda. Rencana pengujian mencakup pengukuran level air pada beberapa titik berbeda, mulai dari level terendah hingga tertinggi, untuk memastikan sensor ultrasonik dapat mendeteksi perubahan jarak secara akurat. Selain itu, pengujian juga akan dilakukan dengan beberapa skenario dan kondisi, seperti suhu dan tekanan, untuk melihat pengaruhnya terhadap kinerja sensor. Hasil pengujian ini akan digunakan untuk mengevaluasi apakah sensor dapat memberikan data yang konsisten.

b. Uji Dinamis

Pengujian akan dilakukan secara langsung oleh penulis, dengan menguji kinerja alat *prototipe* dengan menguji keefektifan kinerja dari alat sistem kendali suhu dan *level air* dan dapat bekerja secara optimal pada sistem ini. Pengujian akan dilakukan dalam beberapa tahap, diantaranya menguji sistem kendali suhu otomatis pada beberapa

percobaan dan menguji *level* air secara *real-time* yang sesuai ditampilkan pada HMI

Tabel 3. 2 Rencana Pengujian Suhu Air

No.	Waktu Awal	Suhu Awal	Suhu Akhir	Waktu Akhir
1				
2				
3				
4				
5				

Sumber : Dokumen Pribadi

Tabel 3.2 adalah rencana pengujian yang akan dilakukan peneliti untuk mendapatkan data yang maksimal sesuai dengan rencana. Dalam rencana pengujian ini, peneliti akan melakukan beberapa skenario *percobaan* untuk mendapatkan data yang sesuai, khususnya pada pengujian suhu air otomatis. Pengujian dimulai dari posisi awal suhu air, kemudian sistem kontrol otomatis akan mengatur pemanas untuk bekerja hingga mencapai suhu yang diinginkan sesuai dengan setpoint yang telah ditentukan. Setiap percobaan akan mengukur waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu setpoint dari kondisi awal, serta mencatat perubahan suhu selama proses tersebut. Selisih waktu yang didapat dari tiap percobaan akan dianalisis untuk mengevaluasi kecepatan respon sistem dalam mengatur suhu air secara otomatis. Selain itu, pengujian juga akan melihat konsistensi suhu yang tercapai dan kemampuan sistem dalam mempertahankan suhu pada setpoint yang diinginkan dalam

jangka waktu tertentu. Data yang diperoleh dari percobaan ini akan memberikan gambaran tentang efisiensi dan keandalan sistem kontrol suhu air otomatis.