

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**OTOMASI PENGATURAN SUHU *WATER HEATER*
MENGUNAKAN MIKROKONTROLLER DENGAN MEDIA
*PARAFFIN WAX***



ELSA MAULINDA SAVANA

NIT. 09.21.006.2.07

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL
TAHUN 2025

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**OTOMASI PENGATURAN SUHU *WATER HEATER*
MENGUNAKAN MIKROKONTROLLER DENGAN MEDIA
*PARAFFIN WAX***



ELSA MAULINDA SAVANA

NIT. 09.21.006.2.07

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KELISTRIKAN KAPAL
TAHUN 2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : ELSA MAULINDA SAVANA

Nomor Induk Taruna : 09.21.006.207

Program Studi : Sarjana Terapam Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

**OTOMASI PENGATURAN SUHU *WATER HEATER* MENGGUNAKAN
MIKROKONTROLLER DENGAN MEDIA *PARAFFIN WAX***

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri. Jika pernyataan diatas terbukti tidak benar, maka saya sendiri menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

SURABAYA, 28 Juli 2025



ELSA MAULIDA SAVANA

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Judul : OTOMASI PENGATURAN SUHU *WATER HEATER*
MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER DENGAN
MEDIA *PARAFFIN WAX*

Program Studi : Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Nama : ELSA MAULINDA SAVANA

NIT : 09.21.006.2.07

Jenis Tugas Akhir : Karya Ilmiah Terapan

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan
Seminar Proposal Tugas Akhir

Surabaya, Desember 2024

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



HENNA NURDIANSARI, S.T., M.T., M.Sc.
NIP. 198512112009122003



VIGIH HERY KRISTANTO
NIP. 198610242024211006

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



AKHMAD KASAN GUPRON, M.Pd
NIP. 19800517200502103

**PERSETUJUAN SEMINAR
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : OTOMASI PENGATURAN SUHU *WATER HEATER*
MENGUNAKAN MIKROKONTROLLER DENGAN
MEDIA *PARAFFIN WAX*

Program Studi : Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Nama : ELSA MAULINDA SAVANA

NIT : 09.21.006.2.07

Jenis Tugas Akhir : Karya Ilmiah Terapan

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan
Seminar Hasil Tugas Akhir

Surabaya, Juli 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



HENNA NURDIANSARI, S.T., M.T., M.Sc.
NIP. 198512112009122003

Dosen Pembimbing II



VIGIH HERY KRISTANTO
NIP. 198610242024211006

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



DIRHAMSYAH, S.E., M.Pd
NIP. 1975043020021212

**PENGESAHAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**OTOMASI PENGATURAN SUHU *WATER HEATER* MENGGUNAKAN
MIKROKONTROLLER DENGAN MEDIA *PARAFFIN WAX***

Disusun oleh:

ELSA MAULINDA SAVANA
NIT. 09.21.006.2.07

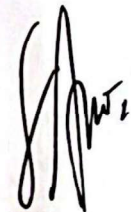
Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, Januari 2025
Mengesahkan,

Dosen Penguji I


SONHAJJ, S.T, M.T.
NIP. 197707132023211004

Dosen Penguji II


FARIS NOFANDI, S.Si.T., M.Sc.
NIP. 198411182008121003

Dosen Penguji III


HENNA NURDIANSARI, ST., M.T., M.Sc.
NIP. 198512112009122003

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal


DIRHAMSYAH, S.E, M.Pd
NIP. 197504302002121002

PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

OTOMASI PENGATURAN SUHU *WATER HEATER* MENGGUNAKAN
MIKROKONTROLLER DENGAN MEDIA *PARAFFIN WAX*

Disusun oleh:

ELSA MAULINDA SAVANA

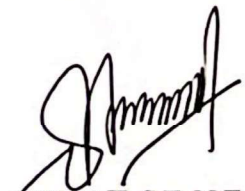
NIT. 09.21.006.2.07

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, Juli 2025

Mengesahkan,

Dosen Penguji I


SONHAJI, S.T, M.T.
NIP. 197707132023211004

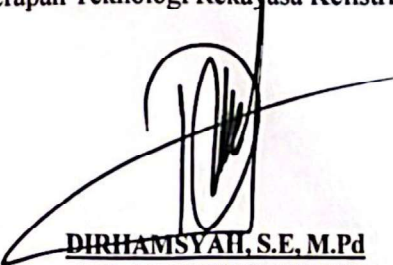
Dosen Penguji II


FARIS NOFANDI, S.Si.T., M.Sc.
NIP. 198411182008121003

Dosen Penguji III


HENNA NURDIANSARI, ST., M.T., M.Sc.
NIP. 198512112009122003

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal


DIRHAMSYAH, S.E, M.Pd
NIP. 197504302002121002

ABSTRAK

ELSA MAULINDA SAVANA, (2025) “Otomasi Pengaturan Suhu *Water Heater* Menggunakan Mikrokontroller Dengan Media *Paraffin Wax*”. Dibimbing oleh Ibu Henna Nurdiansari, S.T., M.T., M.Sc. dan Bapak Vigih Hery Kristanto.

Sistem pemanas air di kapal memiliki peranan penting dalam mendukung kenyamanan dan operasional kru. Namun, sistem konvensional sering kali tidak efisien karena pemanasan berlangsung terus-menerus tanpa kontrol otomatis, sehingga menyebabkan pemborosan energi dan biaya operasional tinggi. Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem otomasi pengaturan suhu water heater menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan metode kontrol *on/off* serta media *Paraffin Wax* sebagai penyimpan panas laten. Penelitian dilakukan melalui tahapan perancangan sistem, perakitan perangkat keras, dan pengujian performa baik secara statis maupun dinamis untuk mengevaluasi kestabilan suhu dan efisiensi energi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan *Paraffin Wax* mampu meningkatkan kestabilan suhu air dan mengurangi frekuensi nyala *heater*. Pada pengujian selama 24 jam, sistem tanpa *Paraffin Wax* mencatat waktu aktif *heater* selama 15 jam dengan konsumsi listrik sebesar 8,85 kWh dan biaya Rp11.965,20. Sementara itu, sistem dengan *Paraffin Wax* hanya membutuhkan waktu aktif *heater* selama 10 jam dengan konsumsi 5,90 kWh dan biaya Rp7.976,80. Hal ini menunjukkan adanya penghematan energi sebesar 2,95 kWh dan efisiensi biaya hingga 58%. Dengan demikian, sistem yang dirancang tidak hanya hemat energi, tetapi juga memberikan solusi inovatif yang ramah lingkungan untuk kebutuhan pemanas air di kapal.

Kata kunci: *Water heater*, mikrokontroler, kontrol *on/off*, *Paraffin Wax*, efisiensi energi, otomasi suhu.

ABSTRACT

ELSA MAULINDA SAVANA, (2025) "Automated Water Heater Temperature Control Using a Microcontroller with Paraffin Wax as a Medium." Supervised by Henna Nurdiansari, S.T., M.T., M.Sc., and Vigih Hery Kristanto.

Water heating systems on ships play a vital role in supporting crew comfort and operations. However, conventional systems are often inefficient due to continuous heating without automatic control, resulting in energy waste and high operational costs. This research successfully designed and implemented an automated water heater temperature control system using an ESP32 microcontroller with an on/off control method and Paraffin Wax as a latent heat storage medium. The study involved system design, hardware assembly, and performance testing—both static and dynamic—to evaluate temperature stability and energy efficiency. Test results showed that using Paraffin Wax improved water temperature stability and reduced the frequency of heater activation. In a 24-hour test, the system without Paraffin Wax had the heater operating for 15 hours, consuming 8.85 kWh of electricity at a cost of Rp11,965.20. In contrast, the system with Paraffin Wax operated the heater for only 10 hours, consuming 5.90 kWh at a cost of Rp7,976.80. This demonstrates an energy saving of 2.95 kWh and cost efficiency of up to 58%. Therefore, the proposed system is not only energy-efficient but also offers an innovative and environmentally friendly solution for shipboard water heating needs.

Keywords: *Water heater, microcontroller, on/off control, Paraffin Wax, energy efficiency, temperature automation.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya, kami dapat menyelesaikan laporan dengan judul **"Otomasi Pengaturan Suhu *Water Heater* Menggunakan Mikrokontroler Dengan Media *Paraffin Wax*"** ini dengan baik. Pada kesempatan kali ini peneliti ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah- Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah terapan ini.
2. Bapak Moejiono, M.T., M.Mar. E. selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya.
3. Bapak Dirhamsyah,S.E, M.Pd selaku Ketua prodi Diploma IV Teknologi Rekayasa Kelistrika Kapal.
4. Ibu Henna Nurdiansari, ST, MT., M. Sc dan Bapak Vigih Hery Kristanto selaku dosen pembimbing karya ilmiah terapan yang selalu memberikan bimbingan dan masukannya hingga selesainya karya ilmiah terapan ini.
5. Kedua orang tua saya, terima kasih atas segala doa yang tak pernah henti, dukungan moral yang selalu menenangkan, dan bantuan materi yang memungkinkan saya untuk terus melangkah sejauh ini. Cinta dan pengorbanan kalian tak ternilai oleh apapun. Semoga keberhasilan ini menjadi bukti kecil dari rasa syukur saya atas segala hal yang telah kalian berikan.
6. Teman-teman seangkatan dan rekan seperjuangan di Batalyon ETO Poltekpel Surabaya yang telah menjadi bagian penting dalam proses pembelajaran, dengan kebersamaan yang saling mendukung dalam suka maupun duka.
7. Seluruh crew kapal *MV Ocean Hiryu*, serta teman-teman cadet yang bersama-sama menjalani praktik di atas kapal tersebut. Terima kasih atas kerjasama, bimbingan, dan pengalaman berharga yang sangat berarti bagi perkembangan saya dalam dunia pelayaran.
8. Teman-teman satu kelompok *Capstone Design*. Terima kasih atas semangat kebersamaan, kerja sama yang solid, dan perjuangan bersama dalam menyelesaikan setiap tahap proyek. Semoga kebersamaan ini menjadi kenangan manis dan bekal berharga untuk masa depan kita masing-masing.
9. Teman-teman saya tersayang: Dhenha, Cece, Sintia, Putri, dan Rizka. Terima kasih atas segala dukungan, semangat, candaan, motivasi, dan waktu yang telah kalian luangkan untuk mendengarkan cerita serta keluh kesah saya.
10. Untuk diri saya sendiri. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini, meskipun dihadapkan dengan tantangan, keraguan, dan kelelahan. Terima kasih sudah tetap memilih untuk melanjutkan, meski terkadang ingin menyerah. Semoga pencapaian ini menjadi titik awal untuk terus berkembang, melangkah lebih jauh, dan menjadi pribadi yang lebih kuat dan bijak ke depannya.

Kami menyadari laporan ini masih memiliki keterbatasan, sehingga kritik dan saran yang membangun kami harapkan demi penyempurnaan di masa mendatang. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan menjadi referensi untuk penelitian lanjutan.

Surabaya, 02 Desember 2024

Elsa Maulinda Savana

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
UJI KELAYAKAN	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL	iv
PENGESAHAN SEMINAR PROPOSAL	v
PENGESAHAN SEMINAR HASIL.....	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Review Penelitian Sebelumnya.....	6
B. Landasan Teori.....	8
1. <i>Tubular Heater</i>	8
2. <i>Solid State Relay (SSR) 220V</i>	9
3. Sensor <i>DS18B20</i>	10

4. Plat <i>Stainless Steel</i>	11
5. ESP32.....	11
6. LCD 16x2 I2c	12
7. <i>Paraffin Wax</i>	13
8. Pompa	13
9. Pipa <i>Stainless Steel</i>	14
10. Metode <i>Research and Development</i> (R&D)	15
C. Kerangka Teoritis.....	15
BAB III METODE PENELITIAN	17
A. Perancangan Sistem	17
1. Blok Diagram.....	18
2. <i>Flowchart</i>	20
3. Rangkaian Perangkat Keras	22
4. Desain	23
5. Tahapan Perancangan Alat.....	24
a. Persiapan komponen	24
b. Perakitan Rangkaian Elektronik	24
c. Pemrograman Mikrokontrolller ESP32.....	25
d. Perakitan Sistem Pemanas Air	25
B. Rencana Pengujian.....	26
1. Uji Statis.....	26
2. Uji Dinamis.....	26
3. Table Uji Coba	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28

A. Proses Perancangan Alat	28
B. Pengujian Hasil Rancangan	29
1. Hasil Pengujian Statis	30
2. Hasil Pengujian Dinamis.....	35
C. Pembahasan Hasil.....	45
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	52
A. Simpulan	52
B. Saran	53
DAFTAR PUSTAKA.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Riview Jurnal Peneitian.....	6
Tabel 3.1 Tabel uji 1.....	27
Tabel 3.2 Tabel Uji 2.....	27
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor DS18B20.....	31
Tabel 4.2 Hasil Pengujian SSR	35
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Tanpa <i>Paraffin</i>	38
Tabel 4.4 Pengujian Menggunakan <i>Paraffin Wax</i>	41
Tabel 4.5 Biaya Tanpa <i>Paraffin Wax</i>	48
Tabel 4.6 Presentase Tanpa <i>Paraffin Wax</i>	48
Tabel 4.7 Biaya dengan <i>Paraffin Wax</i>	50
Tabel 4.8 Presentase dengan <i>Paraffin Wax</i>	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Heater Plate</i>	9
Gambar 2.2 <i>Heater Plate</i>	10
Gambar 2.3 Sensor DS18B20	10
Gambar 2.4 Plat Stainless Steel	11
Gambar 2.5 ESP32	12
Gambar 2.6 LCD.....	12
Gambar 2.7 <i>Paraffin Wax</i>	13
Gambar 2.8 Pompa Air.....	14
Gambar 2.9 Pipa Stainless Steel.....	14
Gambar 4. 1 Hasil Pengujian DS18B20.....	30
Gambar 4. 2 Grafik Hasil Pengujian Sensor DS18B2	31
Gambar 4. 3 Hasil Pengujian <i>Heater</i>	32
Gambar 4. 4 Hasil Pengujian ESP32.....	33
Gambar 4. 5 Hasil Pengujian LCD	34
Gambar 4. 6 Hasil Pengetesan SSR	34
Gambar 4. 7 Hasil Pengujian Alat Keseluruhan.....	37
Gambar 4. 8 Hasil Pengujian Tanpa <i>Paraffin Wax</i>	37
Gambar 4. 9 Grafik Hasil Pengujian Tanpa <i>Paraffin Wax</i>	39
Gambar 4. 10 Pengujian Menggunakan <i>Paraffin Wax</i>	40
Gambar 4. 11 Tabel Hasil Pengujian Menggunakan <i>Paraffin Wax</i>	42

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sistem pemanas air merupakan salah satu fasilitas penting di kapal, baik untuk keperluan operasional maupun kebutuhan kru kapal. Di lingkungan kapal, pemanas air berperan penting untuk berbagai tujuan, seperti kebutuhan kru (mandi dan mencuci), sistem pendingin mesin, atau proses lainnya yang memerlukan air panas. Namun, tantangan utama dalam pengaturan suhu air di kapal adalah konsumsi energi yang tinggi dan kestabilan suhu yang sulit dicapai akibat kondisi lingkungan yang dinamis, seperti perubahan suhu luar dan keterbatasan sumber daya energi. Secara umum, sistem pemanas air konvensional yang digunakan di kapal memiliki kelemahan, terutama dalam hal efisiensi energi dan kontrol suhu yang presisi. Sistem ini sering kali memanfaatkan metode pemanasan terus-menerus, yang menyebabkan pemborosan energi dan meningkatkan biaya operasional(Waskito, 2021).

Untuk mengatasi masalah tersebut, teknologi pengendalian suhu otomatis berbasis kontrol *on/off* dapat diterapkan(Firdaus et al., 2024). Selain itu, penggunaan *Paraffin Wax* sebagai material penyimpan panas dapat menjadi Solusi alternatif, dengan memanfaatkan sifatnya dalam menyimpan dan melepaskan energi secara efektif. Material ini dapat membantu menjaga kestabilan suhu, terutama dalam kondisi di mana pemanas tidak aktif(Sharma et al., 2009). Penggunaan *Paraffin Wax* sebagai media penyimpanan energi termal menawarkan solusi yang inovatif dalam sistem pemanas air. *Paraffin*

Wax memiliki kemampuan menyerap dan melepaskan panas secara efektif karena sifatnya sebagai bahan penyimpan energi laten. Dengan memanfaatkan material ini, sistem pemanas dapat dirancang untuk bekerja lebih efisien dan hemat energi, terutama pada kapal yang sering (Ummah, 2019)menghadapi tantangan penghematan sumber daya . *Phase Change Material* (PCM) dapat diterapkan pada berbagai jenis pemanas air , yang menggunakan berbagai konstruksi dan material tangki penyimpanan panas (Studi et al., 2021). Selain digunakan dalam tangki air, PCM juga bisa dimanfaatkan pada pipa stainless steel. Berdasarkan penelitian (Eko Kustiawan, 2018), penggunaan $\frac{1}{2}$ kg PCM pada pipa kolektor pelat datar dapat meningkatkan efisiensi sistem pemanas air.(Ummah, 2019)

Penelitian ini relevan karena kebutuhan akan sistem pemanas air yang hemat energi di kapal semakin mendesak, seiring dengan meningkatnya fokus pada pengurangan emisi dan efisiensi energi di sektor maritim. Dengan memanfaatkan kontrol otomatis dan material inovatif seperti *Paraffin Wax*, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan teknologi ramah lingkungan yang dapat diimplementasikan pada kapal.

Berdasarkan uraian di atas, perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan sistem otomatisasi pengaturan suhu *water heater* dengan *Paraffin Wax* menggunakan kontrol *on/off* sehingga dapat meningkatkan efisiensi energi dan menjaga suhu air tetap stabil. Dengan menggunakan teknologi otomatisasi, sistem ini diharapkan dapat mengurangi pemborosan energi, meningkatkan kenyamanan pengguna, serta memberikan solusi praktis dalam pengelolaan pemanas air. Berdasarkan permasalahan yang

terjadi maka penulis tertarik untuk mengembangkan dan meneliti alat dengan judul "OTOMASI PENGATURAN SUHU *WATER HEATER* MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER DENGAN *PARAFFIN WAX*".

B. Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dijelaskan di atas, maka rumusan masalah yang diangkat penulis yaitu antara lain:

1. Bagaimana merancang sistem otomasi pengaturan suhu pada *water heater* yang mampu bekerja dengan kontrol *on/off*?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan *Paraffin Wax* terhadap kestabilan suhu dalam sistem *water heater* dibandingkan tanpa penggunaan *Paraffin Wax*?

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini menjadi lebih terfokus, peneliti melakukan pembatasan masalah penelitian. Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu

1. Penelitian ini terfokus pada pengaturan suhu air menggunakan kontrol *on/off* dengan rentang suhu target antara 35°C hingga 40°C
2. Pemanfaatan *Paraffin Wax* hanya sebagai material penyimpan panas untuk membantu menjaga kestabilan suhu air.
3. Sistem menggunakan kontrol *on/off* sebagai metode pengaturan suhu, tanpa membahas implementasi kontrol lanjutan seperti PID.
4. Pengujian hanya mencakup dua skenario: sistem dengan *Paraffin Wax* dan sistem tanpa *Paraffin Wax*.

5. Fokus sistem hanya pada pemanasan air di dalam tangki dengan sirkulasi internal, tanpa mempertimbangkan distribusi air panas ke berbagai titik pengguna.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari Karya Ilmiah Terapan ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sistem otomasi pengaturan suhu *water heater* menggunakan kontrol *on/off* yang berbasis mikrokontroler.
2. Menganalisis pengaruh penggunaan *Paraffin Wax* sebagai material penyimpan panas terhadap kestabilan suhu dan efisiensi energi dibandingkan sistem tanpa *Paraffin Wax*.

E. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Secara teori manfaat dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai peningkatan pengetahuan tentang modifikasi material untuk penyimpanan panas serta dapat memberikan dasar ilmiah bagi penelitian selanjutnya.

2. Manfaat Praktis

- a. Bagi Penulis

Melalui penelitian ini, penulis belajar menganalisis kinerja sistem berdasarkan parameter seperti stabilitas suhu, efisiensi energi, dan respons sistem terhadap perubahan kondisi.

b. Bagi Institusi Pendidikan

Penelitian ini dapat memperkaya literatur terkait dengan pengembangan teknologi pemanas air berbasis energi terbarukan dan sistem pengendalian suhu yang efisien, khususnya dalam penggunaan bahan ramah lingkungan seperti *Paraffin Wax*.

c. Bagi Penelitian Lebih Lanjut

Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan untuk pengembangan metode kontrol lainnya, seperti *fuzzy logic* atau kontrol adaptif, yang mungkin lebih efektif dalam aplikasi pengendalian suhu pada sistem yang lebih kompleks.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Dalam konteks ini, tinjauan terhadap penelitian sebelumnya sangat penting untuk memahami hasil serta perbedaan dengan penelitian terdahulu. Hal ini juga membantu memastikan agar tidak terjadi kesamaan, sehingga peneliti dapat mengembangkan penelitian sebelumnya sekaligus memperkaya materi kajian yang akan diteliti. Oleh karena itu, penulis memanfaatkan informasi dari berbagai penelitian sebelumnya. Tabel 2.1 dibawah ini adalah tinjauan penelitian terdahulu yang dirangkum dalam tabel:

Tabel 2.1 Riview Jurnal Penelitian

No	Penulis	Judul	Hasil	Perbedaan
1.	Kumaya Aikathun, Nu'ma Andi Nurul Azisah (2019) (Politeknik Negeri Ujung Padang)	Analisis Unjuk Kerja Pemanas Air Surya Dengan Aditif Pasir Silika Pada <i>Paraffin Wax</i> Sebagai Material Penyimpan Panas Laten	Penelitian mengkaji sifat termal PCM (<i>Phase Change Material</i>) berupa <i>Paraffin Wax</i> dengan pasir silika dan pengaruhnya pada efisiensi pemanas air surya. Hasil menunjukkan bahwa efisiensi meningkat dengan penggunaan PCM(Ummah, 2019).	Perbedaan penulis dengan penelitian ini yaitu, jika penelitian ini menggunakan pemanas air surya. Sedangkan karya yang dibuat penulis menggunakan <i>heater</i> dari tenaga Listrik.
2.	Muhammad Najib(2016) (Universitas Diponegoro)	Penggunaan <i>Paraffin Wax</i> Sebagai Penyimpanan Kalor Pada Pemas Air Tenaga Matahari Thermosyphon	Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki perilaku thermal penggunaan <i>Paraffin Wax</i> sebagai bahan penyimpanan energi thermal pada Pemanas Air Tenaga Matahari (PATM) jenis <i>thermosyphon</i> . Pemanas air ini menggunakan kombinasi air sebagai penyimpan panas sensible dan <i>Paraffin Wax</i> sebagai <i>Phase Change Material</i> (PCM) untuk menyimpan	Perbedaan penelitian ini dengan penulis yakni pada project yang akan dibuat <i>Paraffin Wax</i> sebagai penyimpan panas untuk <i>water heater</i> . Penelitian ini sama dengan penelitian pada table pertama, yakni menggunakan

No	Penulis	Judul	Hasil	Perbedaan
	Muhammad Najib(2016) (Universitas Diponegoro)		panas laten. System eksperimen melibatkan tangka penyimpanan energi thermal dengan kapsul berisi <i>Paraffin Wax</i> yang dipasang secara horizontal, sedangkan air digunakan sebagai fluida perpindahan panas (HTF)(Nadjib, 2016).	pemanas air surya dan penulis menggunakan pemanas air Listrik.
3.	Dian Suryani Wulandari, M. Ramdhan Kirom, Tri Ayodha Ajiwiguna (2016). (Universitas Telkom e- Proceeding of Engineering)	Rancang Bangun Dan Implementasi Sistem Pemanas Air Terkontrol Berbasis Termoelektrik	Penelitian ini bertujuan untuk Mengembangkan sistem pemanas air otomatis dengan menggunakan modul termoelektrik yang lebih efisien daripada pemanas air konvensional berbasis resistansi. Sistem ini dirancang untuk volume kecil (kurang dari 200 mL) dengan suhu maksimum 60°C. Kesimpulan dari penelitian ini adalah Sistem berbasis termoelektrik efektif untuk memanaskan air dalam volume kecil dan memiliki efisiensi energi yang lebih baik dibandingkan dengan sistem konvensional. Desain ini cocok untuk aplikasi dengan kebutuhan air panas dalam jumlah kecil dan suhu yang terkontrol(Dian Suryani Wulandari , M. Ramdhan Kirom, 2016).	Perbedaan penelitian ini dengan penulis adalah, jika penelitian ini hanya untuk skala kecil dan modul yang digunakan adalah modul termoelektrik. Sedangkan pada penelitian penulis digunakan untuk skala besar serta media yang digunakan penulis adalah <i>Paraffin Wax</i>
4.	Ari Purnomoaji, Abdul Syakur dan Agung Warsito (2018). (Universitas Diponegoro)	Perancangan Sistem Kendali Suhu Pada Oven Listrik Hemat Energi Dengan Metode Kontrol <i>On-Off</i>	Penelitian ini bertujuan untuk Mendesain sistem kendali suhu oven listrik yang hemat energi dan ramah lingkungan menggunakan metode kontrol <i>on-off</i> berbasis Arduino Nano. Kesimpulan dari penelitian ini adalah Metode kontrol <i>on-off</i> efektif untuk pemanas resistif (Kanthal dan Nichrome) dengan akurasi dan stabilitas yang	Perbedaan penelitian ini dengan penulis yakni, jika pada penelitian ini outputnya digunakan untuk oven Listrik. Sedangkan pada penelitian penulis outputnya digunakan untuk pemanas air Listrik.

No	Penulis	Judul	Hasil	Perbedaan
			baik. Sistem ini cocok untuk aplikasi hemat energi dengan kebutuhan suhu terkontrol pada oven listrik(Purnomoaji et al., 2019).	

Perbedaan Penelitian:

1. Jika pada penelitian sebelumnya menggunakan *solar water heater* dan sumber energinya dari panas surya(Dian Suryani Wulandari , M. Ramdlan Kirom, 2016), Sedangkan pada penelitian penulis menggunakan pemanas air Listrik yang bersumber dari *battery*.
2. Penelitian sebelumnya tidak menggunakan *Paraffin Wax* sebagai media tambahan di *heaternya*, Sedangkan pada penelitian penulis menggunakan *Paraffin Wax* sebagai media penyimpanan panas yang ada di *heater*.

B. Landasan Teori

Menurut Ahmad Suparman, dalam konteks pendidikan dan penelitian, landasan teori merupakan kerangka berpikir yang digunakan sebagai pedoman dalam melaksanakan penelitian. Kerangka ini meliputi teori-teori yang sesuai dengan topik penelitian dan berperan sebagai dasar ilmiah serta arahan selama proses penelitian.

1. Tubular Heater

Heater yang digunakan dalam sistem ini adalah jenis *heater* tubular.

Heater tubular merupakan elemen pemanas berbentuk silinder yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi pemanas, baik di industri maupun rumah tangga. Elemen ini terdiri atas tabung logam—umumnya terbuat dari stainless steel atau Incoloy—yang di dalamnya terdapat kawat resistif

sebagai sumber panas. Kawat tersebut dilapisi oleh isolator magnesium oksida (MgO) yang berfungsi untuk mengoptimalkan penghantaran panas sekaligus memberikan perlindungan terhadap risiko korsleting listrik (MATSUMOTO et al., 2014) Perhatikan Gambar 2.1 di bawah ini yang menunjukkan bentuk fisik dan struktur dari *heater* tubular yang digunakan.



Gambar 2.1 Heater Plate

Sumber: <https://images.app.goo.gl/2roLFM23AUiwAcSe8>

2. *Solid State Relay (SSR) 220V*

Solid State Relay (SSR) memiliki pengertian dan fungsi yang serupa dengan relay elektromekanik atau *magnetic contactor (MC)*, yaitu berperan sebagai saklar elektronik yang umum digunakan dalam berbagai aplikasi industri sebagai alat pengendali. Namun, *relay elektromekanik* memiliki sejumlah keterbatasan dibandingkan dengan SSR, seperti usia pakai kontak yang terbatas, ukuran yang lebih besar, serta konsumsi daya yang tinggi. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, banyak produsen relay kini menawarkan SSR yang menggunakan teknologi semikonduktor modern, seperti SCR, TRIAC, atau transistor sebagai pengganti kontak mekanik. Output perangkat ini, berupa SCR, TRIAC, atau transistor, dihubungkan

secara optik dengan sumber cahaya LED yang terdapat di dalam relay(Eko Kustiawan, 2018; Studi et al., 2021), perhatikan gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2 Heater Plate

Sumber: <https://images.app.goo.gl/1pv49NoCGkAfqJtm8>

3. Sensor DS18B20

Sensor DS18B20 digunakan untuk mendeteksi suhu air. Sensor ini dikenal memiliki akurasi yang tinggi dengan biaya yang relatif ekonomis, sehingga menjadi pilihan yang sangat disarankan. Keunggulan lainnya adalah kemampuan tahan air (*waterproof*) dan data keluaran berbentuk digital. Fitur ini sangat berguna untuk pengukuran suhu air, terutama pada jarak jauh, karena panjang kabel tidak memengaruhi akurasi data keluaran sensor(Ady Wijaya et al., 2025). Perhatikan gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.3 Sensor DS18B20

Sumber: <https://images.app.goo.gl/NteDSTGTHXy9yX4U7>

4. Plat *Stainless Steel*

Plat *stainless steel* digunakan sebagai media penghantar panas dari elemen pemanas menuju *Paraffin Wax* atau air. Dibandingkan tembaga, *stainless steel* memiliki ketahanan terhadap korosi, terutama di lingkungan lembap atau yang mengandung air panas. Meski konduktivitas termalnya lebih rendah dibandingkan tembaga, *stainless steel* tetap banyak dipilih karena daya tahannya yang tinggi, sifat non-toksik, dan kemampuan mempertahankan kekuatan struktural pada suhu tinggi (Santoso, 2019). Perhatikan gambar 2.4 di bawah ini.

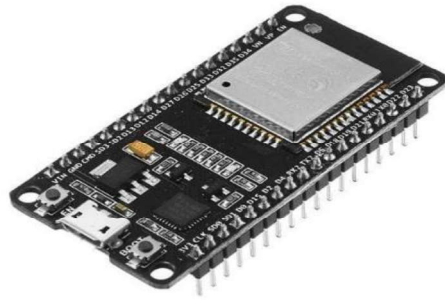


Gambar 2.4 Plat Stainless Steel

Sumber: <https://images.app.goo.gl/owSqwvaNiDWPJj8Z9>

5. ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikembangkan sebagai penerus dari ESP8266. Salah satu perbedaan utama antara keduanya adalah jumlah *GPIO* pin (ADC/DAC) yang dimiliki. ESP32 memiliki 36 pin (18 ADC dan 2 DAC), sedangkan ESP8266 hanya memiliki 17 pin (1 ADC dan tanpa DAC). Selain itu, ESP32 telah dilengkapi dengan modul *WiFi* bawaan, memungkinkan pengguna untuk mengontrol mikrokontroler dari jarak jauh melalui jaringan internet (S et al., 2025), perhatikan gambar 2.5 di bawah ini.



Gambar 2.5 ESP32

Sumber: <https://images.app.goo.gl/4NbxDJsWq6Nwgi6b6>

6. LCD 16x2 I2c

Liquid Crystal Display (LCD) 16x2, merupakan salah satu jenis display elektronik yang dibuat menggunakan teknologi CMOS logic [14] yang dalam penelitian ini dimanfaatkan untuk menampilkan informasi sistem. LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah jenis media tampilan atau Display dari bahan cairan kristal sebagai penampil utama. LCD I2C 16x2 dapat menampilkan sebanyak 32 karakter yang terdiri dari 2 baris dengan tiap baris menampilkan 16 karakter. Di perancangan alat ini, LCD berfungsi untuk menampilkan data *voltase* dan arus yang terbaca (Fauziah et al., 2024), perhatikan gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 2.6 LCD

Sumber: <https://images.app.goo.gl/YTQgpwzgs4w9bqta9>

7. *Paraffin Wax*

Paraffin Wax merupakan salah satu material perubahan fasa (*Phase Change Material* atau PCM) yang memiliki berbagai keunggulan, seperti densitas energi, stabilitas termal, dan rentang suhu leleh yang luas, yaitu antara 8 hingga 106°C (Nadjib et al., 2015). Keunggulan lain dari *Paraffin Wax* termasuk sifatnya yang aman, mudah diprediksi, terjangkau, dan tidak korosif. Selain itu, perubahan volumenya selama proses pencairan relatif kecil, dan tekanan uapnya dalam keadaan cair juga rendah (Ummah, 2019), perhatikan gambar 2.7 di bawah ini



Gambar 2.7 *Paraffin Wax*

Sumber: <https://images.app.goo.gl/UzbcFNUGqdZeqCxn8>

8. Pompa

Pompa pemanas air di tangki berfungsi untuk memindahkan air dari satu tempat ke tempat lain, terutama dalam sistem pemanas air. Pompa ini dapat membantu sirkulasi air panas dan memastikan suhu yang diinginkan tercapai secara efisien (Yudianto, 2023). Pompa air untuk tangki *water heater* digunakan untuk memastikan pasokan air yang stabil, baik untuk mengisi tangki maupun untuk mengatur aliran air ke dalam pemanas, perhatikan gambar 2.8 di bawah ini.



Gambar 2.8 Pompa Air

Sumber : <https://images.app.goo.gl/whPC4KmkeX6pSS9Q7>

9. Pipa *Stainless Steel*

Pipa *stainless steel* sangat cocok untuk sistem *water heater* karena tahan terhadap korosi, suhu tinggi, dan tekanan, menjadikannya andal dan tahan lama. Bahan ini juga higienis, memastikan air tetap bersih, dan memiliki daya *konduktivitas* termal yang cukup baik untuk efisiensi pemanasan. Umumnya digunakan dalam sirkulasi, distribusi air panas, dan heat exchanger, *stainless steel* grade 304 atau 316 sering menjadi pilihan karena kekuatan dan ketahanan terhadap zat kimia dalam air. Pipa ini juga dapat diisolasi untuk mengurangi kehilangan panas, sehingga meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan (Yudianto, 2023).

Perhatikan gambar 2.9 di bawah ini.



Gambar 2.9 Pipa *Stainless Steel*

Sumber : <https://images.app.goo.gl/hUEz1e414PTR1hR96>

10. Metode *Research and Development* (R&D)

Metode Research and Development (R&D) adalah metode penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan dan menghasilkan produk tertentu serta menguji keefektifannya agar dapat digunakan secara luas. Menurut (Gustiani, 2019), metode ini mencakup tahapan sistematis seperti identifikasi masalah, perancangan produk, validasi, uji coba, revisi, hingga implementasi. Dalam penelitian teknik dan otomasi, metode ini cocok digunakan karena memungkinkan perancangan, pengujian, dan penyempurnaan sistem secara langsung dan terukur.

C. Kerangka Teoritis

Kerangka teoritis dalam penelitian ini disusun berdasarkan hubungan antara landasan teori, hasil penelitian sebelumnya, dan alur pikir peneliti. Landasan teori memberikan dasar ilmiah mengenai komponen utama sistem, seperti kontrol on/off, mikrokontroler ESP32, sensor suhu DS18B20, Solid State Relay (SSR), serta penggunaan *Paraffin Wax* sebagai media penyimpanan panas laten. Kontrol on/off dipilih karena mampu menjaga suhu dalam batas tertentu secara sederhana dan efisien (Rosiana et al., 2022). Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai otak sistem otomasi, mengolah data dari sensor suhu dan mengatur kerja pemanas. *Paraffin Wax*, sebagai *Phase Change Material* (PCM), memiliki kemampuan menyimpan dan melepaskan energi panas secara bertahap, sehingga dapat menjaga suhu air tetap stabil walaupun pemanas tidak aktif.

Berdasarkan teori dan hasil penelitian terdahulu, penulis menyusun alur pikir bahwa sistem pemanas air dapat dibuat lebih efisien dan stabil melalui penerapan teknologi otomasi berbasis mikrokontroler dan pemanfaatan media penyimpan panas. Oleh karena itu, peneliti merancang sistem pengatur suhu *water heater* berbasis mikrokontroler ESP32 dengan kontrol on/off dan media *Paraffin Wax*, untuk mengurangi konsumsi energi, memperpanjang masa kerja pemanas, serta menjaga kestabilan suhu air secara otomatis. Dengan pendekatan tersebut, diharapkan sistem yang dibangun mampu memberikan solusi praktis dan efisien dalam pengelolaan pemanas air, khususnya di lingkungan kapal.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

Dalam penelitian ini, sistem otomasi pengaturan suhu *water heater* dengan *Paraffin Wax* menggunakan kontrol *on/off* adalah teknologi pengendalian suhu yang mengintegrasikan elemen pemanas, sensor suhu, dan *Paraffin Wax* sebagai bahan penyimpan energi termal (*phase change material*). Sistem ini bekerja dengan prinsip menghidupkan elemen pemanas saat suhu air turun di bawah ambang batas dan mematikannya ketika suhu mencapai *setpoint*. *Paraffin Wax* berfungsi menyimpan energi panas selama proses pemanasan dan melepaskannya kembali untuk menjaga stabilitas suhu air saat elemen pemanas mati. Dengan kontroler *on/off* yang sederhana, sistem ini meningkatkan efisiensi energi, mengurangi frekuensi pemanasan ulang, dan menjaga suhu air tetap dalam rentang yang diinginkan secara otomatis.

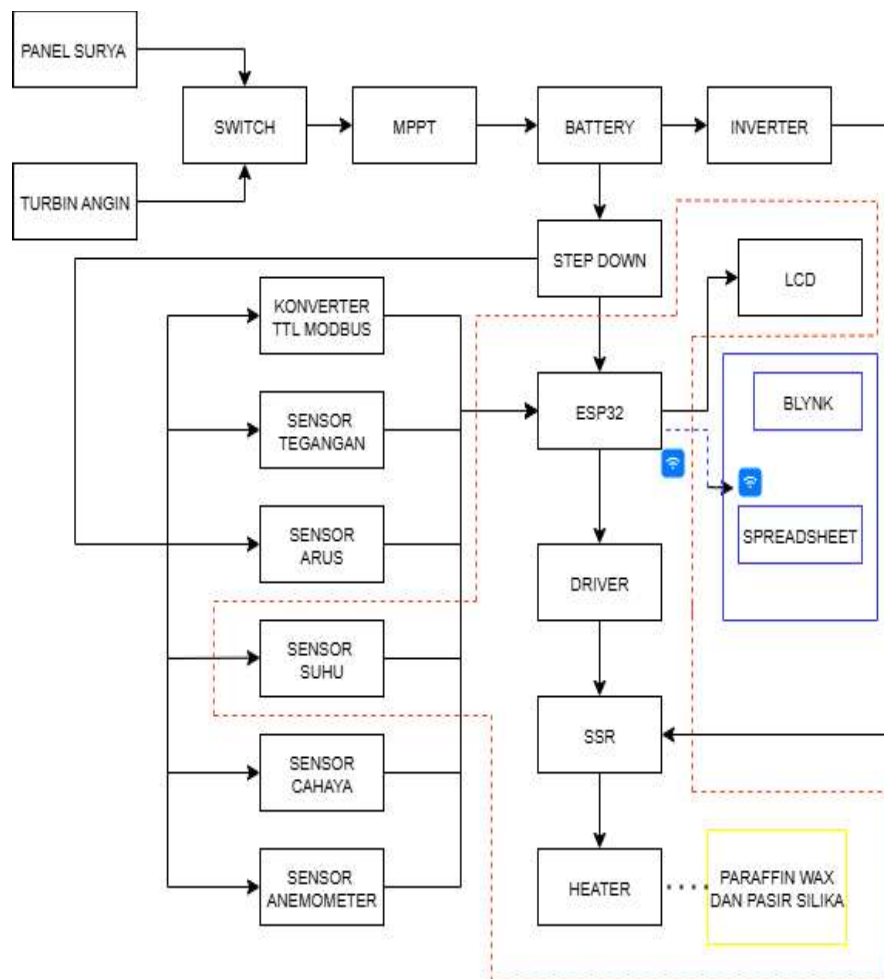
Metode Research and Development (R&D) adalah suatu proses yang melibatkan langkah-langkah untuk menciptakan produk baru atau memperbaiki produk yang sudah ada. Penelitian pengembangan ini berfungsi sebagai jembatan atau penghubung antara penelitian dasar dan penelitian terapan. Dengan demikian, R&D adalah metode penelitian yang bertujuan menghasilkan produk-produk tertentu.

Dalam konteks pendidikan, R&D dapat digunakan untuk menemukan solusi terhadap masalah pendidikan, memungkinkan pengembangan dan penerapan metode pembelajaran yang lebih inovatif. Salah satu contohnya

adalah penelitian R&D dalam bidang pendidikan yang dapat memberikan kontribusi untuk menciptakan sistem pendidikan yang lebih baik (Okpatrioka Okpatrioka, 2023).

1. Blok Diagram

Penelitian keseluruhan ini digambarkan dalam bentuk diagram blok pada gambar 3.1 dibawah ini hingga berikut.



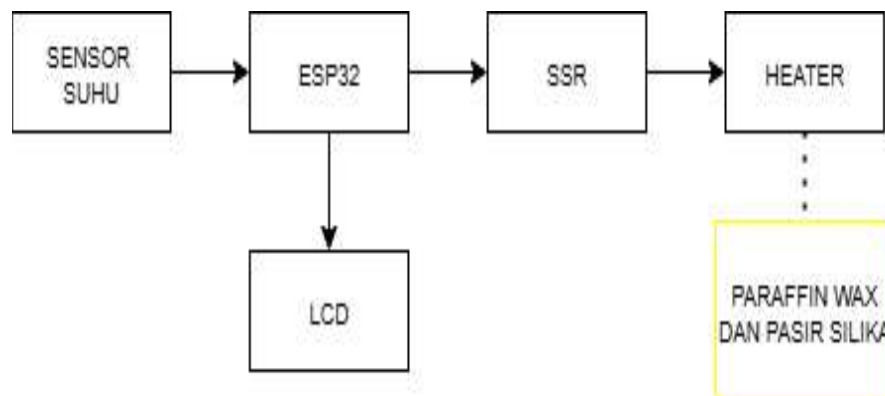
Gambar 3.1 Blok Diagram

Sumber: Dokumen Pribadi

Penelitian ini merupakan gabungan dari proyek karya ilmiah terapan lainnya, fokus pada penelitian ini pada bagian yang diarsir garis merah yaitu bagaimana *water heater* bekerja secara otomatis menggunakan

mikrokontroller dengan media *Paraffin Wax*. Pada blok diagram keseluruhan menunjukkan bahwa sistem ini terdiri dari ESP32, sensor suhu DS18B20, LCD, *Solid State Relay* (SSR), *Tubular Heater*. ESP32 disini berfungsi sebagai microcontroller, pembaca sensor, dan mengirim hasil bacaan ke *internet of think (IOT)*(Sofwan et al., 2020). Sensor DS18B20 berfungsi sebagai pembaca sensor suhu pada air dan mengirim data ke ESP32. *Liquid Crystal Display* (LCD) berfungsi untuk menampilkan informasi system yang diperoleh dari *microcontroller*. SSR digunakan untuk mengendalikan pemanas dalam sistem secara elektronik, mengatur daya yang lebih presisi ke *heater. Tubular heater* (atau elemen pemanas plat) digunakan dalam sistem pemanas air untuk mengubah energi listrik menjadi energi panas yang digunakan untuk memanaskan air.

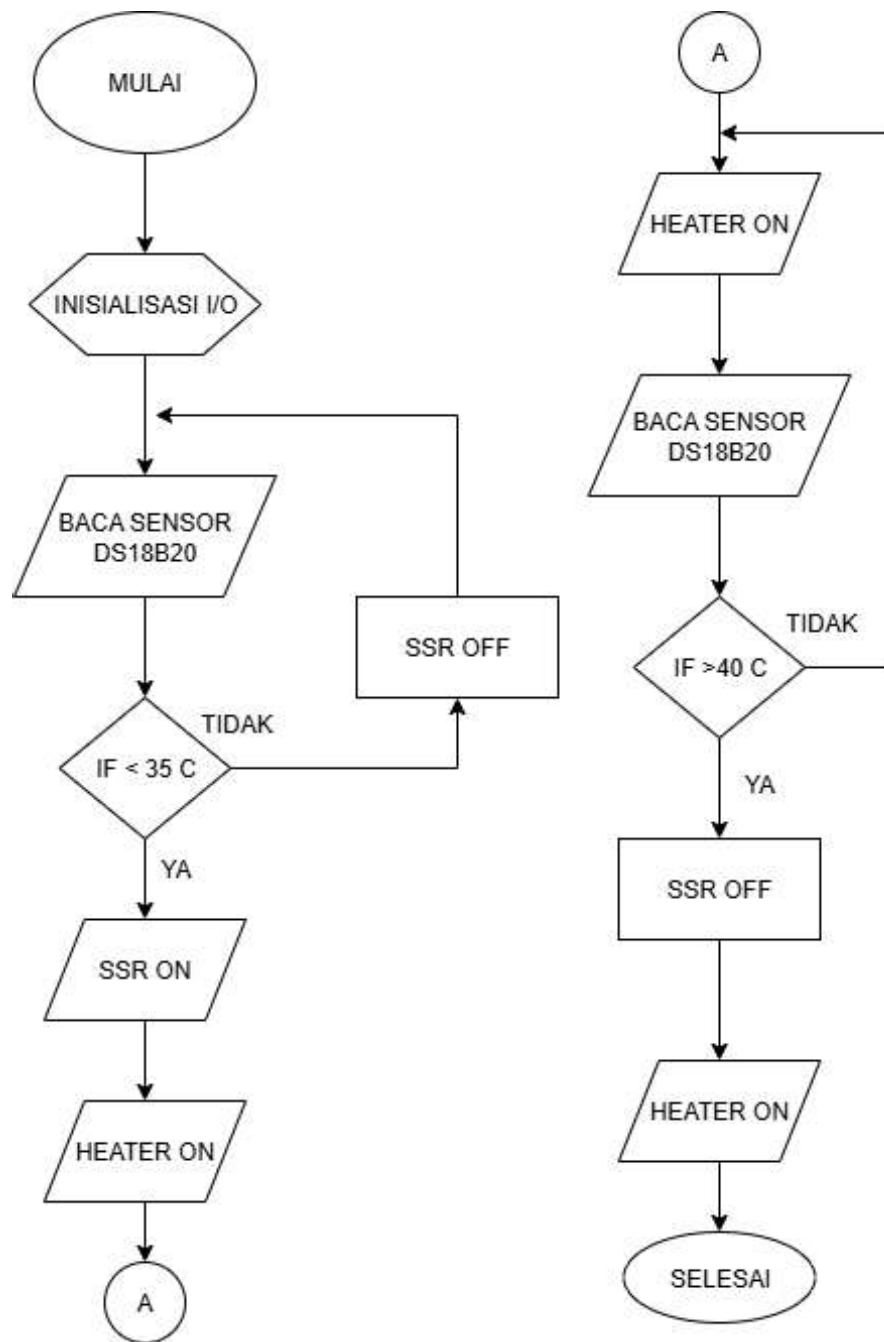
Penelitian ini secara khusus membahas otomasi pengaturan suhu *water heater* yang digambarkan dalam bentuk blok diagram pada gambar 3.2 di bawah ini:



Gambar 3.2 Blok Diagram

Sumber: Dokumen Pribadi

2. Flowchart

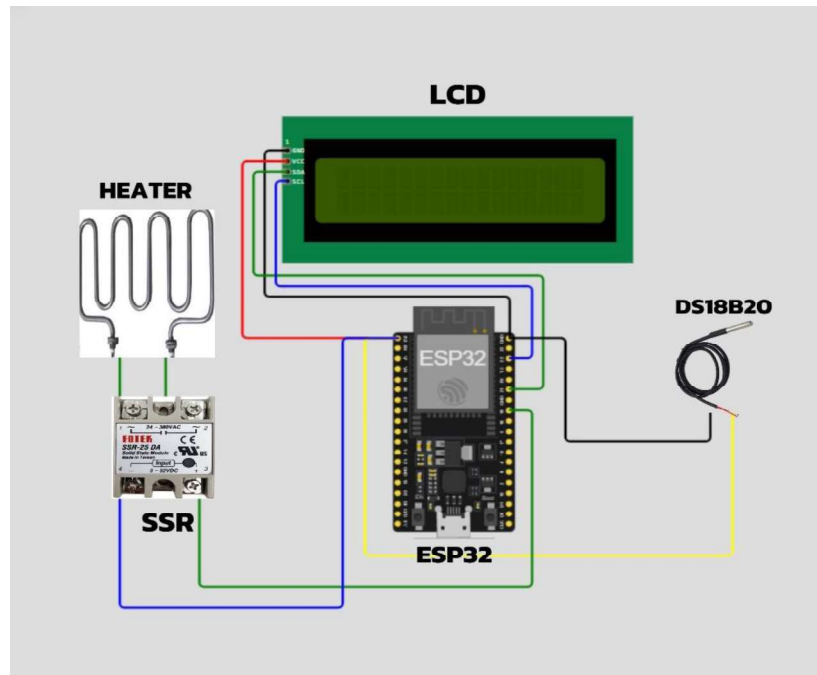


Gambar 3.3 Flowchart

Sumber: Dokumen Pribadi

Flowchart pada gambar 3.3 di atas menggambarkan proses otomatisasi sistem pemanas air yang dimulai dengan membaca suhu air menggunakan sensor suhu. Sensor ini mendeteksi suhu air secara *real-time* dan mengirimkan data yang diperoleh ke mikrokontroler. Mikrokontroler kemudian memproses data suhu untuk menentukan tindakan yang perlu dilakukan. Pertama, mikrokontroler mengevaluasi apakah suhu air berada di bawah 30°C, di atas 40°C, atau dalam rentang 30°C hingga 40°C. Jika suhu air kurang dari 30°C, mikrokontroler mengirimkan sinyal ke SSR (*Solid State Relay*) untuk menyalakan pemanas, sehingga air mulai dipanaskan. Sebaliknya, jika suhu air melebihi 40°C, mikrokontroler akan mematikan SSR untuk menghentikan pemanas, mencegah air menjadi terlalu panas. Jika suhu berada di antara 30°C dan 40°C, sistem akan mempertahankan kondisi pemanas sesuai status sebelumnya, baik tetap menyala maupun mati. Setelah setiap keputusan, sistem kembali membaca suhu secara berulang untuk memastikan suhu air tetap berada dalam batas yang diinginkan, menjamin proses pemanasan yang efisien dan konsisten. Proses ini terus berlangsung dalam siklus hingga sistem dihentikan.

3. Rangkaian Perangkat Keras



Gambar 3.4 Wiring Diagram

Sumber : Dokumen Pribadi

Rangkaian pada gambar 3.4 di atas merupakan *wiring diagram* dari system Otomasi Pengaturan Suhu *Water Heater* dengan *Paraffin Wax*. Rangkaian di atas menunjukkan sistem kontrol suhu pemanas yang menggunakan mikrokontroler ESP32, terhubung dengan sensor suhu DS18B20, *Solid State Relay* (SSR), dan layar LCD. Sensor DS18B20 berfungsi untuk mengukur suhu dan mengirimkan data ke ESP32, yang kemudian memproses informasi tersebut untuk mengatur pemanas. Sementara informasi mengenai suhu dan status pemanas ditampilkan di layar LCD. Berdasarkan data suhu yang diterima, ESP32 memberikan instruksi kepada SSR untuk mengendalikan aliran listrik ke pemanas, menyalakan atau mematikannya sesuai kebutuhan. SSR berfungsi untuk mengontrol pemanas secara elektronik, menggantikan *relay* mekanik,

sehingga meningkatkan *responsivitas* dan daya tahan sistem. Dengan demikian, sistem ini memungkinkan pengaturan suhu otomatis yang akurat dan efisien

4. Desain



Gambar 3.5 Desain Perangkat Keras

Sumber : Dokumen Pribadi

Desain alat pada gambar 3.5 di atas menggunakan sistem pemanas air yang memadukan teknologi kolektor panas dan penyimpanan energi termal. Salah satu ciri khas dari desain ini adalah posisinya yang dibuat miring agar air dapat bersirkulasi sendiri secara alami (*thermosiphon*), tanpa memerlukan pompa tambahan. Kemiringan ini memungkinkan air panas naik ke atas dan air dingin turun ke bawah secara otomatis, menciptakan sirkulasi alami yang efisien (Tumangke et al., 2021). Komponen utamanya meliputi *heater Tubular*, yang berfungsi sebagai sumber utama panas untuk menyerap energi dan mentransfernya ke media lain (Eko Kustiawan, 2018). Plat *Stainless Steel* digunakan sebagai penghantar panas efisien dari *heater*

ke lapisan berikutnya. *Paraffin Wax* berada di atas plat *stainless steel*, berperan sebagai penyimpan panas laten, yang menyerap dan melepaskan panas secara perlahan untuk menjaga kestabilan suhu. Di lapisan paling atas, terdapat pipa *stainless steel*, yang bertugas menyalurkan air dan mentransfer panas yang disimpan oleh sistem ke air yang mengalir, dan untuk bagian paling atas yaitu penutup agar panas di dalam tidak terkontaminasi dengan udara diluar. Struktur ini dirancang untuk efisiensi tinggi dengan memaksimalkan penyerapan, penyimpanan, dan distribusi panas.

5. Tahapan Perancangan Alat

Tahapan perancangan alat ini menguraikan langkah-langkah implementasi sistem otomasi pengaturan suhu *water heater*, meliputi perakitan subsistem dan pengujian fungsional.

a. Persiapan komponen

Tahapan awal dalam perancangan alat adalah persiapan seluruh komponen yang akan digunakan. Pada tahap ini, dilakukan identifikasi kebutuhan alat berdasarkan desain sistem yang telah dibuat. Komponen utama yang disiapkan meliputi mikrokontroler ESP32, sensor suhu DS18B20, Solid State Relay (SSR), *heater* tubular, *Paraffin Wax*, LCD 16x2 I2C, pompa air, serta pipa dan plat *stainless steel*. Selain itu, dilakukan pengecekan kualitas dan spesifikasi setiap komponen agar sesuai dengan kebutuhan sistem.

b. Perakitan Rangkaian Elektronik

Setelah seluruh komponen tersedia, langkah berikutnya adalah perakitan rangkaian elektronik. Sensor suhu DS18B20 dihubungkan ke

mikrokontroler ESP32 sebagai input utama. Mikrokontroler kemudian dihubungkan ke SSR yang berfungsi sebagai saklar elektronik untuk mengendalikan *heater* tubular. LCD 16x2 I2C dirangkai untuk menampilkan data suhu dan status sistem. Seluruh rangkaian elektronik dirakit pada breadboard atau PCB dan diuji untuk memastikan tidak ada kesalahan sambungan.

c. Pemrograman Mikrokontrolller ESP32

Tahap selanjutnya adalah pemrograman mikrokontroler ESP32. Pada tahap ini, dibuat program yang berisi logika pengaturan suhu otomatis menggunakan metode kontrol on/off. Program dirancang agar ESP32 dapat membaca data suhu dari sensor, mengatur kerja SSR dan *heater*, serta menampilkan data pada LCD. Pengujian program dilakukan secara bertahap untuk memastikan fungsi berjalan sesuai dengan logika yang diinginkan.

d. Perakitan Sistem Pemanas Air

Setelah rangkaian elektronik dan pemrograman selesai, dilakukan perakitan sistem pemanas air. *Heater* tubular diletakkan diatas pipa, dengan *Paraffin Wax* ditempatkan di sekitar pipa *stainless steel*. Pipa dan plat stainless steel dirakit sebagai penghantar panas. Penempatan sensor suhu juga diperhatikan agar dapat membaca suhu air secara akurat.

e. Integrasi Dan Penyusunan Alat

Pada tahap ini, seluruh rangkaian elektronik dan sistem pemanas air diintegrasikan ke dalam satu kesatuan alat. Komponen-komponen disusun secara kompak dan aman di dalam wadah atau panel sistem

pemanas air. Kabel dan koneksi dirapikan untuk meminimalisir risiko gangguan listrik dan memudahkan perawatan.

B. Rencana Pengujian

1. Uji Statis

Pengujian statis bertujuan untuk memastikan bahwa setiap komponen utama dalam sistem otomasi pengaturan suhu *water heater* berfungsi dengan baik secara individual sebelum diintegrasikan ke dalam sistem secara keseluruhan. Pengujian ini dilakukan tanpa perubahan suhu yang dinamis atau beban kerja sistem penuh. Hasil dari masing-masing pengujian statis ini akan dicatat dalam tabel pengamatan dan digunakan sebagai dasar untuk integrasi sistem secara keseluruhan sebelum dilakukan pengujian dinamis.

2. Uji Dinamis

Pengujian dinamis bertujuan untuk mengevaluasi respons sistem terhadap perubahan suhu secara *real-time*, di mana suhu dapat naik atau turun dalam waktu singkat. Pengujian ini akan dilakukan dengan membandingkan kedua kondisi: sistem dengan *Paraffin Wax* dan tanpa *Paraffin Wax*:

- a. Pengujian *overshoot* dan settling time untuk mengukur apakah ada *overshoot* suhu (suhu melampaui 40°C atau kurang dari 35°C) dan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu stabil.
- b. Pengujian ketahanan system guna menguji performa jangka panjang sistem untuk melihat perbedaan penggunaan *Paraffin Wax* dan tanpa *Paraffin Wax* dalam menjaga kestabilan suhu.

3. Table Uji Coba

Berikut adalah contoh dari table uji coba yang akan digunakan untuk mengumpulkan data. Perhatikan table 3.1 dan di bawah ini.

Tabel 3.1 Data Hasil Pengujian Tanpa Paraffin Wax

Pengujian Tanpa <i>Paraffin Wax</i>					
No	Waktu	Suhu <i>Heater</i>	Suhu Pipa	Suhu Air	Ket
1					
2					
3					
4					

Tabel 3.2 di atas merupakan tabel pengujian dinamis tanpa *Paraffin Wax*. Untuk tabel pengujian dinamis menggunakan *Paraffin Wax* dapat dilihat pada tabel 3.2 di bawah.

Tabel 3.2 Data Hasil Pengujian Menggunakan Paraffin Wax

Pengujian Menggunakan <i>Paraffin Wax</i>					
Waktu	Suhu <i>Heater</i>	Suhu Pipa	Suhu <i>Paraffin</i>	Suhu Air	Ket