

LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

**EFEKTIVITAS PENAMBAHAN ADITIF PASIR SILIKA PADA
PARAFFIN WAX UNTUK MEDIA PENYIMPAN PANAS
*WATER HEATER***



PUTU RISKA RESITA DEWI
NIT. 09.21.018.2.03

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

**EFEKTIVITAS PENAMBAHAN ADITIF PASIR SILIKA PADA
PARAFFIN WAX UNTUK MEDIA PENYIMPAN PANAS
*WATER HEATER***



PUTU RISKA RESITA DEWI

NIT. 09.21.018.2.03

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 : PUTU RISKA RESITA DEWI

Nomor Induk Taruna : 09.21.018.2.03

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul:

**“EFEKTIVITAS PENAMBAHAN ADITIF PASIR SILIKA PADA
PARAFFIN WAX UNTUK MEDIA PENYIMPAN PANAS WATER**

HEATER”

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



PUTU RISKA RESITA DEWI

**PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR**

Judul : EFEKTIVITAS PENAMBAHAN ADITIF PASIR SILIKA
PADA PARAFFIN WAX UNTUK MEDIA PENYIMPAN
PANAS WATER HEATER

Program Studi : Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Nama : PUTU RISKA RESITA DEWI

NIT : 09.21.018.2.03

Jenis Tugas Akhir : Karya Ilmiah Terapan

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

Surabaya, 03 Desember 2024

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

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

(FEMMY ASDIANA, S.H., M.H.)
NIP. 198509122008122003

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

(AKHMAD KASAN GUPRON, M.Pd.)
NIP. 19800517200502103

**PERSETUJUAN SEMINAR
HASIL TUGAS AKHIR**

Judul : EFEKTIVITAS PENAMBAHAN ADITIF PASIR SILIKA
PADA PARAFFIN WAX UNTUK MEDIA PENYIMPAN
PANAS WATER HEATER

Program Studi : Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal

Nama : PUTU RISKA RESITA DEWI

NIT : 09.21.018.2.03

Jenis Tugas Akhir : Karya Ilmiah Terapan

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

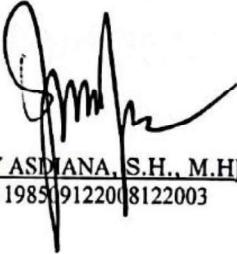
Surabaya, 10 Juli 2025

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


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


(FEMMY ASDIANA, S.H., M.H.)
NIP. 198509122008122003

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal


(DIRHAM SYAH, S.E, M.Pd)
NIP. 197504302002121002

PENGESAHAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN

EFEKTIVITAS PENAMBAHAN ADITIF PASIR SILIKA PADA PARAFFIN
WAX UNTUK MEDIA PENYIMPAN PANAS WATER HEATER

Disusun oleh:

PUTU RISKA RESITA DEWI
NIT. 09.21.018.2.03

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

Surabaya, 12 Desember 2025

Mengesahkan,

Penguji I

(DIANA ALIA, S.T., M.Eng.)
NIP. 199106062019022003

Penguji II

(DIRHAM SYAH, S.E., M.Pd.)
NIP. 197504302002121002

Penguji III

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

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal



(AKHMAD KASAN GUPRON, M.Pd.)
NIP. 19800517200502103

**PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**EFEKTIVITAS PENAMBAHAN ADITIF PASIR SILIKA PADA PARAFFIN
WAX UNTUK MEDIA PENYIMPAN PANAS WATER HEATER**

Disusun oleh:

PUTU RISKA RESITA DEWI

NIT. 09.21.018.2.03

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

Surabaya, 25 Juli 2025

Mengesahkan,

Penguji I

(DIANA ALIA, S.T., M.Eng.)
NIP. 199106062019022003

Penguji II

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

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

Penelitian ini mengembangkan sistem otomasi pengaturan suhu *water heater* yang efisien dan stabil, didasari kebutuhan solusi pemanas air hemat energi, khususnya untuk aplikasi di kapal. Tujuan utamanya adalah menciptakan sistem otomatis yang mampu menjaga suhu air dalam rentang optimal, sekaligus memaksimalkan efisiensi energi melalui material penyimpan panas. Metodologi yang digunakan adalah kontrol *on-off* berbasis mikrokontroler sebagai pengendali utama, yang dapat memproses data dari sensor suhu secara *real-time*. Sistem ini mengaktifkan/menonaktifkan pemanas secara cerdas untuk menjaga suhu air tetap optimal. *Paraffin wax* digunakan sebagai media penyimpanan panas latent, berperan krusial dalam menyimpan dan melepaskan energi termal secara bertahap untuk stabilisasi suhu.

Sistem pemanas air otomatis berbasis mikrokontroler ESP32 dengan kontrol *on-off* telah berhasil dirancang menggunakan media penyimpan panas *paraffin wax* dan aditif pasir silika. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan pasir silika meningkatkan efisiensi penyimpanan panas dan kestabilan suhu. Sistem ini mampu menurunkan konsumsi energi secara signifikan, dengan penghematan mencapai Rp12.762,88 per hari atau setara dengan 67% dari total konsumsi energi harian. Jika dihitung dalam jangka waktu satu tahun, total penghematan mencapai Rp4.658.103 membuktikan bahwa kombinasi *paraffin wax* dan pasir silika sangat efektif untuk efisiensi energi dan penghematan biaya operasional jangka panjang.

Kata Kunci: Sistem Otomasi, Pengaturan Suhu, *Water Heater*, *Paraffin Wax*, Penyimpanan Panas, Kontrol *On-off*, Mikrokontroler, Efisiensi Energi, dan Industri Maritim.

ABSTRACT

This research develops an automated temperature control system for water heaters, that is both efficient and stable, driven by the need for energy-saving heating solutions, particularly for marine applications. The main objective was to create an automatic system capable of maintaining water temperature within an optimal range while maximizing energy efficiency through the use of thermal storage materials. The methodology involved an on-off control system based on a microcontroller as the main controller, capable of processing temperature sensor data in real time. This system intelligently activates and deactivates the heater to keep the water temperature stable. Paraffin wax was used as a latent heat storage medium, playing a crucial role in gradually storing and releasing thermal energy to support temperature stability.

An automatic water heater system based on the ESP32 microcontroller with an on-off control mechanism was successfully designed using paraffin wax combined with silica sand as a thermal storage medium. The addition of silica sand significantly enhanced heat conductivity and temperature stability. Test results showed a substantial reduction in energy consumption, with daily savings reaching Rp12,762.88, equivalent to 67% of total daily energy costs. Over a one-year period, the total savings amounted to Rp4,658,103.20, demonstrating that the paraffin wax–silica sand combination is highly effective in improving energy efficiency and reducing long-term operational costs.

Keywords : Automation System, Temperature Control, Water Heater, Paraffin Wax, Heat Storage, On-off Control, Microcontroller, Energy Efficiency, Maritime Industry.

KATA PENGANTAR

Om Awighnam Astu Namo Siddham,

Om Swastyastu,

Dengan rahmat dan anugerah Ida Sang Hyang Widhi Wasa, sehingga penulis bisa menyelesaikan karya ilmiah terapan ini yang berjudul “Efektivitas Penambahan Aditif Pasir Silika Pada *Paraffin Wax* Sebagai Media Penyimpan Panas *Water Heater*”. Karya ilmiah terapan ini disusun agar terpenuhinya salah satu syaratuntuk menyelesaikan pendidikan Program Diploma IV Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal Politeknik Pelayaran Surabaya.

Penulis menyadari bahwa didalam karya ilmiah terapan ini terdapat kekurangan baik dari segi penyajian materi maupun teknik penulisannya, sehingga penulis mengharapkan pendapat dan petunjuk untuk dapat digunakan guna menyempurnakan karya ilmiah terapan ini.

Karya ilmiah terapan ini bertujuan guna memberikan informasi kepada para pembaca tentang analisis efektivitas media pasir silika dan *paraffin wax* sebagai pemanas air diatas kapal. Pembuatan karya ilmiah dengan judul “**EFEKTIVITAS PENAMBAHAN ADITIF PASIR SILIKA PADA PARAFFIN WAX UNTUK MEDIA PENYIMPAN PANAS WATER HEATER**” penulis berharap agar karya ilmiah terapan ini bermanfaat dan memberikan wawasan kepada pembaca sehingga dapat lebih memahami pemanfaatan panas matahari sebagai pemanas air dengan media *paraffin wax* dan pasir silika diatas kapal.

Berdasarkan kemampuan, dukungan dan beberapa pihak yang membantu penulis untuk *menyusun* karya ilmiah terapan. Oleh karena itu, penulis pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya yaitu kepada :

1. Ida Sang Hyang Widhi Wasa, atas tuntunan dan kekuatan-Nya dalam setiap proses kehidupan dan penyelesaian karya ilmiah 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 Kelistrikan Kapal dan Ibu Henna Nurdiansari, ST, MT., M.Sc selaku Sekretaris prodi Diploma IV Teknologi Rekayasa Kelistrikan Kapal.
4. Ibu Henna Nurdiansari, ST, MT., M. Sc dan Ibu Femmy Asdiana, SH., MH selaku Dosen Pembimbing karya ilmiah terapan yang selalu memberikan saran dan masukannya hingga selesaianya karya ilmiah terapan ini.
5. Kedua orang tua yang saya cintai yang sudah memberikan dukungan berupa doa, moral dan materi.
6. Saya mengucapkan terima kasih kepada diri sendiri atas keteguhan hati, keberanian menghadapi tantangan, dan kesabaran dalam setiap proses. Tanpa kekuatan untuk bertahan dan keyakinan untuk terus maju, pencapaian ini tidak

mungkin terwujud. Terima kasih telah memilih untuk tidak menyerah, meski jalan yang ditempuh tidak selalu mudah.

7. Pihak yang memberikan saran dan masukan yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan karya ilmiah terapan ini masih terdapat *banyak* kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan untuk penyempurnaan karya ilmiah ini di masa mendatang.

Akhir kata, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan menjadi referensi yang berguna bagi semua pihak.

Om Santih, Santih, Santih Om.

Surabaya, 28 Juli 2025

PUTU RISKA RESITA DEWI

NIT 09 21 018 2 03

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
UJI KELAYAKAN	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL	iv
PENGESAHAN SEMINAR PROPOSAL	v
PENGESAHAN SEMINAR HASIL.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	3
E. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Review Penelitian Sebelumnya	6
B. Landasan Teori.....	8
1. <i>Tubular Heater</i>	10
2. <i>SSR 220VAC Aktuator</i>	11

3. <i>Sensor DS18B20</i>	12
4. <i>ESP32</i>	113
5. <i>LCD 16x2 I2c</i>	13
6. <i>Paraffin Wax</i>	13
7. <i>Pasir Silika</i>	14
8. <i>Pipa Stainless Steel</i>	15
9. <i>Pompa Air</i>	16
10. <i>Plat Stainless Steel</i>	17
BAB III METODE PENELITIAN	18
A. Perancangan Sistem.....	18
B. Perancangan Alat.....	19
1. Blok Diagram Keseluruhan Alat	19
2. <i>Flowchart</i>	22
3. Rangkaian Perangkat Keras	23
4. Desain Perangkat Keras	24
C. Rencana Pengujian	25
1. Uji Statis.....	25
2. Uji Dinamis	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
A. Pengujian Hasil Rancangan	28
1. Pengujian Statis.....	28
a. Pengujian Sensor DS18B20	28
b. Pengujian ESP32	29
c. Pengujian Tubular Heater	30

d. Pengujian LCD	31
e. Pengujian SSR	32
2. Pengujian Dinamis.....	33
a. Pengujian Sistem Rancangan	33
b. Pengujian Media Paraffin Wax.....	35
c. Pengujian Media Paraffin Wax dengan Aditif Pasir Silika.....	38
B. Analisis	47
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	55
A. Simpulan	55
B. Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>Review Penelitian Sebelumnya.....</i>	6
Tabel 3. 1 Pengujian Menggunakan <i>Paraffin Wax</i>	27
Tabel 3. 2 Pengujian Menggunakan <i>Paraffin Wax</i> dan Pasir Silika.....	27
Tabel 4. 1 Pengujian Sensor DS18B20	29
Tabel 4. 2 Pengujian Tubular <i>Heater</i>	31
Tabel 4. 3 Pengujian Media <i>Paraffin Wax</i>	36
Tabel 4. 4 Pengujian Media <i>Paraffin Wax</i> dan Aditif Pasir Silika	39
Tabel 4. 5 Pengujian <i>Paraffin Wax</i> Sekala Kecil	42
Tabel 4. 6 Pengujian <i>Paraffin Wax</i> dan Pasir Silika Sekala Kecil	43
Tabel 4. 7 Biaya Dengan <i>Paraffin Wax</i>	52
Tabel 4. 8 Presentase Dengan <i>Paraffin Wax</i>	52
Tabel 4. 9 Biaya Dengan <i>Paraffin Wax</i> dan Pasir Silika.....	53
Tabel 4. 10 Presentase Dengan <i>Paraffin Wax</i> dan Pasir Silika	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tubular Heater.....	10
Gambar 2. 2 <i>SSR 220VAC Aktuator</i>	11
Gambar 2. 3 <i>Sensor DS18B20</i>	12
Gambar 2. 4 <i>ESP32</i>	13
Gambar 2. 5 <i>LCD 16x2 12c</i>	13
Gambar 2. 6 <i>Paraffin Wax</i>	14
Gambar 2. 7 <i>Pasir Silika</i>	15
Gambar 2. 8 <i>Pipa Stainless Steel</i>	16
Gambar 2. 9 Pompa Air.....	16
Gambar 2. 10 Plat Stainless Steel	17
Gambar 3. 1 Blok Diagram	19
Gambar 3. 2 Blok Diagram	21
Gambar 3. 3 <i>Flowchart</i>	22
Gambar 3. 4 Rangkaian Perangkat Keras	24
Gambar 3. 5 Desain Perangkat Keras	25
Gambar 4. 1 Pengujian Sensor DS18B20	29
Gambar 4. 2 Pengujian ESP32.....	30
Gambar 4. 3 Pengujian Tubular Heater.....	31
Gambar 4. 4 Pengujian LCD.....	32
Gambar 4. 5 Pengujian SSR.....	33
Gambar 4. 6 Pengujian Sistem	34
Gambar 4. 7 Pengujian Media <i>Paraffin Wax</i>	35
Gambar 4. 8 Grafik Pengujian Media <i>Paraffin Wax</i>	37
Gambar 4. 9 Pengujian Media <i>Paraffin Wax</i> dan Aditif Pasir Silika	38
Gambar 4. 10 Grafik Pengujian Media Paraffin Wax dan Pasir Silika	40

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Heater adalah salah satu teknologi yang banyak dikembangkan karena *heater* tidak menggunakan api untuk memanaskan benda melainkan dengan menginduksi yang didapat dari arus listrik bolak-balik mengalir melalui koil yang terbuat dari tembaga (Mukhlis dkk). *Water heater* di kapal adalah sistem yang dirancang untuk memanaskan air guna memenuhi kebutuhan kru selama berlayar. Ketersediaan air panas sangat penting untuk berbagai aktivitas, termasuk mandi, memasak, dan keperluan sanitasi lainnya.

Arus listrik bolak-balik yang didapat akan menimbulkan medan elektromagnetik yang besarnya berubah-ubah. Karena kebutuhan daya yang cukup besar maka pemakaian listrik juga akan meningkat sehingga konsumsi dan biaya akan cukup besar dikeluarkan. Beberapa kajian dilakukan untuk pemanfaatan *Phase Change Material* (PCM) dari hidrat garam, parafin dan senyawa organik (Abhat, 1981). Parafin merupakan salah satu bahan penyimpan panas laten yang telah banyak diaplikasikan sebagai penyimpan panas. Selain memiliki kemampuan menyimpan panas laten yang besar, jenis parafin yang beragam menyebabkan ketersediaannya untuk dimanfaatkan pada rentang suhu yang dibutuhkan (Sharma dan Chen, 2009). Kelebihan lainnya dari parafin yaitu aman, terpercaya, sifat yang mampu diprediksi, tidak terlalu mahal, dan tidak korosif. Parafin tidak mudah bereaksi secara kimia dan stabil dibawah suhu 500 °C.

Sebagaimana diuraikan sebelumnya bahwa untuk meningkatkan sifat perpindahan kalor *Phase Change Material* (PCM) ialah dengan memberi campuran bahan aditif. Sifat bahan aditif yang baik ialah mempunyai konduktivitas termal yang tinggi dan mudah didapatkan. Salah satu material yang memenuhi kriteria tersebut ialah pasir silika. Pasir silika cukup banyak di Indonesia dan mudah didapatkan. Selain konduktivitas termal, konsentrasi partikel juga berpengaruh terhadap karakteristik perpindahan kalor. Dengan demikian, konduktivitas termal dan konsentrasi partikel pasir silika juga berpengaruh terhadap efisiensi pemanas air surya.

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan metode terbaik dalam pemanasan dan hemat energi. Dengan membandingkan respons sistem dengan metode kontrol *on-off* pada *paraffin wax* dan aditif pasir silika. Sistem yang dirancang diharapkan mampu menjaga suhu air secara optimal, mengurangi konsumsi energi berlebih, mencegah terjadinya *overheat* dan meningkatkan keandalan dalam kondisi operasional dilingkungan maritim.

Dengan permasalahan yang terjadi maka penulis tertarik untuk mengembangkan dan meneliti alat dengan judul “EFEKTIVITAS PENAMBAHAN ADITIF PASIR SILIKA PADA *PARAFFIN WAX* UNTUK MEDIA PENYIMPAN PANAS *WATER HEATER*”.

B. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh penambahan pasir silika terhadap konduktivitas

termal *paraffin wax* pada *water heater*?

2. Berapa persen penghematan yang diperoleh dari pemanas air dengan kontrol *on-off* menggunakan media *paraffin wax* dan aditif pasir silika?

C. Batasan Masalah

1. Pada penelitian ini, terdapat batasan pada mempertahankan suhu *water heater* agar tetap stabil pada tingkat yang diinginkan menggunakan sistem kontrol *on-off*.
2. Penelitian ini hanya akan fokus pada penambahan pasir silika pada *paraffin wax* sebagai media penyimpanan pada *water heater*.
3. Penelitian ini akan dibatasi pada jenis dan kapasitas tertentu dari *water heater* yang digunakan.
4. Pada penelitian ini akan mengukur dan menganalisis performa dari kontrol *on-off* dalam menjaga kestabilan suhu, serta efektivitasnya dalam penghematan konsumsi daya setelah adanya penambahan pasir silika.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan dari Karya Ilmiah Terapan ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sistem pengendalian suhu *water heater* yang menggunakan *paraffin wax* dengan tambahan pasir silika sebagai media penyimpanan kalor dengan memanfaatkan kontrol *on-off*.
2. Menganalisis dampak penambahan aditif pasir silika pada *paraffin wax* sebagai media penyimpanan kalor.
3. Mengoptimalkan pengaturan parameter kontrol *on-off* pada penyimpanan

sistem *water heater*.

E. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Secara teoritis manfaat dari penelitian ini yakni dapat dijadikan sebagai tambahan pengetahuan tentang modifikasi media atau material untuk penyimpanan panas serta dapat memberikan dasar ilmiah bagi penelitian selanjutnya.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Penulis

Mengembangkan ilmu dan keterampilan dalam merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol *on-off* untuk memantau keefektivitasan penambahan bahan aditif pasir silika pada *paraffin wax* serta memperdalam pemahaman mengenai media penyimpan kalor dalam *water heater*.

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* dan aditif pasir silika.

c. Bagi Penelitian Lebih Lanjut

Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan 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 Review Penelitian Sebelumnya

Sumber: Dokumen Pribadi

NO	PENULIS	JUDUL	HASIL	PERBEDAAN
1.	Kumaya Aikathun, Nu'ma Andi Nurul Azisah (2019) Politeknik Negeri Ujung Pandang	Analisis Unjuk Kerja Pemanas Air Surya Dengan Aditif Pasir Silika Pada Parafin Wax Sebagai Material Penyimpanan Panas Laten	Penelitian ini menganalisis sifat termal dari material perubahan fasa (<i>Phase Change Material</i> , PCM) berupa parafin wax yang dicampur dengan pasir silika, serta dampaknya terhadap efisiensi sistem pemanas air tenaga surya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan PCM mampu meningkatkan efisiensi pemanas air surya. (Ummah,2019)	Perbedaan antara penelitian ini dan yang dilakukan oleh penulis terletak pada sumber pemanas yang digunakan. Penelitian ini memanfaatkan pemanas air tenaga surya, sedangkan penulisakan akan menggunakan pemanas yang berbasis tenaga listrik.
2.	Muhammad Najib (2016) Universitas Diponegoro	Penggunaan <i>Paraffin Wax</i> Sebagai Penyimpanan Kalor Pada Pemasok Air Tenaga Matahari Thermosyphon	Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perilaku termal parafin wax sebagai media penyimpanan energi panas dalam sistem Pemanas Air Tenaga Matahari (PATM) tipe thermosyphon. Sistem	Perbedaan penelitian ini dengan yang dilakukan oleh penulis terletak pada proyek yang dirancang. Penulis menggunakan parafin wax dengan tambahan aditif pasir

NO	PENULIS	JUDUL	HASIL	PERBEDAAN
			<p>ini mengombinasikan air sebagai penyimpan panas sensible dan parafin wax sebagai bahan <i>Phase Change Material</i> (PCM) untuk menyimpan panas laten. Eksperimen dilakukan dengan menggunakan tangki penyimpanan energi termal yang dilengkapi kapsul berisi parafin wax yang diposisikan secara horizontal, sementara air berfungsi sebagai fluida transfer panas (HTF). (Najib,2016)</p>	<p>silika sebagai media penyimpan panas untuk water heater. Penelitian ini serupa dengan penelitian pada tabel pertama, yaitu menggunakan pemanas air tenaga surya, sedangkan penulis nantinya akan memanfaatkan pemanas air berbasis listrik</p>
3.	Dian Suryani Wulandari, M. Ramdlan Kirom, Tri Ayodha Ajiwiguna (2016) Telkom University	Rancang Bangun Dan Implementasi Sistem Pemanas Air Terkontrol Berbasis Termoelektrik	<p>Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pemanas air otomatis menggunakan modul termoelektrik yang lebih efisien dibandingkan pemanas air konvensional berbasis elemen resistansi. Sistem ini dirancang khusus untuk memanaskan volume air kecil (kurang dari 200 mL) dengan suhu maksimum 60°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berbasis termoelektrik efektif untuk memanaskan air dalam jumlah kecil sekaligus menawarkan efisiensi energi yang lebih tinggi dibandingkan sistem konvensional. Desain ini sangat sesuai untuk aplikasi yang memerlukan air panas dalam volume kecil dengan suhu yang terkendali. (Dian Suryani Wulandari, M. Ramdlan Kirom,2016)</p>	<p>Perbedaan antara penelitian ini dan penelitian yang dilakukan oleh penulis terletak pada skala dan media yang digunakan. Penelitian ini dirancang untuk skala kecil dengan modul termoelektrik yang berguna sebagai komponen utama. Sebaliknya, penelitian penulis berfokus pada skala besar, dengan menggunakan parafin wax yang dipadukan dengan bahan aditif berupa pasir silika sebagai media penyimpan panas.</p>

NO	PENULIS	JUDUL	HASIL	PERBEDAAN
4.	Ari Purnomoaji, Abdul Syakur dan Agung Warsito (2019) Universitas Diponegoro	Perancangan Sistem Kendali Suhu Pada Oven Listrik Hemat Energi Dengan Metode Kontrol On-Off	Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pengendalian suhu pada oven listrik yang efisien dalam penggunaan energi dan ramah lingkungan dengan menerapkan metode kontrol on-off berbasis Arduino Nano. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode kontrol on-off efektif untuk pemanas resistif (Kanthal dan Nichrome), memberikan akurasi serta stabilitas yang baik. Sistem ini sesuai untuk aplikasi yang memerlukan penghematan energi dengan pengendalian suhu yang presisi pada oven listrik. (Purnomoaji et al., 2019).	Perbedaan antara penelitian ini dan penelitian yang dilakukan oleh penulis terletak pada penggunaan dari outputnya. Penelitian ini memanfaatkan output untuk oven listrik, sedangkan penelitian penulis menggunakan outputnya untuk pemanas air listrik.

Perbedaan Penelitian:

Pada penelitian sebelumnya, solar *water heater* digunakan dengan sumber energi berasal dari panas surya, sedangkan dalam penelitian ini, pemanas air listrik yang bersumber dari baterai digunakan sebagai inovasi utama. Selain itu, penelitian sebelumnya tidak memanfaatkan *paraffin wax* maupun aditif pasir silika sebagai media tambahan di *heater*, sedangkan penelitian ini mengintegrasikan *paraffin wax* sebagai media penyimpanan panas dan pasir silika sebagai aditif untuk meningkatkan efisiensi penyimpanan panas di dalam *heater* sehingga akan memperlambat penurunan panas dari *water 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 peneliti.

Sistem ini menggunakan sensor DS18B20 sebagai pengukur suhu yang bekerja secara digital dengan tingkat akurasi tinggi. Data suhu yang dihasilkan sensor dikirim ke ESP32, sebuah mikrokontroler dengan kemampuan pemrosesan tinggi yang bertindak sebagai pengendali utama sistem. ESP32 akan membandingkan suhu aktual dengan suhu target (*setpoint*) yang diinput melalui *keypad*. Jika suhu aktual lebih rendah dari *setpoint*, ESP32 mengirim sinyal ke SSR (*Solid State Relay*) untuk mengaktifkan *heater* sehingga air dipanaskan. Sebaliknya, ketika suhu mencapai nilai *setpoint*, SSR akan memutus aliran listrik ke *heater*.

Selain itu, pompa air dikendalikan oleh ESP32 untuk menjaga distribusi panas agar merata. Pompa juga bertugas untuk memompa air yang nantinya akan mengalir dari tangki menuju pipa – pipa yang terpasang pada rangkaian alat, sementara LCD menampilkan suhu *real-time*, *setpoint*, serta status sistem kepada pengguna.

Dalam sistem ini, digunakan *paraffin wax* dan aditif pasir silika sebagai media penyimpan panas tambahan. *Paraffin wax* dan pasir silika memiliki kombinasi dan kapasitas panas yang baik, sehingga dapat menyimpan energi panas dalam jumlah signifikan dan membantu menjaga stabilitas suhu air

ketika *heater* tidak aktif.

Metode kontrol yang digunakan adalah kontrol on-off, yaitu metode sederhana yang mengaktifkan atau menonaktifkan *heater* berdasarkan batas suhu yang telah ditentukan. Kontrol ini efektif dalam menjaga suhu air tetap stabil meskipun terdapat sedikit fluktuasi di sekitar suhu target. Dengan adanya media *paraffin wax* dan pasir silika sebagai penyimpan panas, energi panas dapat disimpan lebih lama dan dilepaskan secara bertahap, sehingga meningkatkan efisiensi sistem.

Dengan penggabungan sensor, aktuator, *paraffin wax* juga pasir silika sebagai media penyimpan panas, dan mikrokontroler, sistem ini bekerja secara otomatis dan efisien dalam mengatur suhu pemanas air. Hal ini menjadikannya solusi yang praktis dan hemat energi untuk berbagai kebutuhan, termasuk aplikasi industri dan maritim.

1. Tubular Heater

Heater yang digunakan ada jenis Tubular *heater*. Tubular *Heater* adalah sebuah komponen pemanas yang biasanya berbentuk lempengan dan dirancang untuk mentransfer panas secara merata ke permukaan benda yang bersentuhan dengannya.

Komponen ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi industri, laboratorium, dan rumah tangga, seperti untuk memanaskan cairan, bahan padat, atau komponen elektronik. (Arsenyeva *et al.*, 2023). Ditunjukkan pada Gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2. 1 Tubular Heater

Sumber : <https://acesse.one/LsOtn>

2. SSR 220VAC Aktuator

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 *Solid State Relay* (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 *Solid State Relay* (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). Ditunjukkan pada Gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2. 2 SSR 220VAC Aktuator

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 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.(Ramadhani, 2016). Ditunjukkan pada Gambar 2.3 dibawah ini.

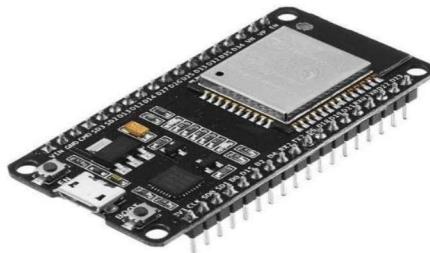


Gambar 2. 3 Sensor DS18B20

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

4. 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 (Imran dan Rasul 2020). Ditunjukkan pada Gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2. 4 *ESP32*
Sumber: <http://surl.li/vygmkf>

5. LCD

Liquid Crystal Display (LCD) Liquid Crystal Display (LCD) yang terlihat diintegrasikan dengan konverter I2C. Antarmuka cerdas ini memfasilitasi transfer data secara serial dari mikrokontroler, yang secara fundamental berbeda dari metode komunikasi paralel yang boros pin. Proses komunikasinya hanya memerlukan dua jalur utama yang esensial yaitu Serial Data (SDA) untuk jalur transmisi data dua arah, dan Serial Clock (SCL) untuk sinkronisasi sinyal waktu. Dengan demikian, alokasi pin pada mikrokontroler untuk pengendalian layar menjadi jauh lebih

efisien, membebaskan sumber daya sistem yang terbatas (Prassetyo et al., 2024). Ditunjukkan pada Gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2. 5 LCD 16x2 12c

Sumber: <http://surl.li/fpxpsk>

6. *Paraffin Wax*

Paraffin wax merupakan salah satu material perubahan fasa (*Phase Change Material* atau PCM) yang memiliki berbagai keunggulan, seperti densitas energi yang tinggi, stabilitas termal, tidak berbahaya, tidak reaktif, dan rentang suhu leleh yang luas, yaitu antara 8 hingga 106°C (Nadjib et al., 2015). Parafin dianggap ideal sebagai bahan penyimpan panas laten karena tersedia dalam berbagai rentang suhu dan memiliki kapasitas panas laten yang besar.

Keunggulan lain dari parafin termasuk sifatnya yang aman, mudah diprediksi, terjangkau, dan tidak korosif. Parafin juga *inert* secara kimia dan tetap stabil hingga suhu 500°C. Selain itu, perubahan volume dari *paraffin wax* selama proses pencairan relatif kecil, dan tekanan uapnya dalam keadaan cair juga rendah (Ummah, 2019). Ditunjukkan pada Gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2. 6 *Paraffin Wax*

Sumber: <https://images.app.goo.gl/UzbcFNuGqdZeqCxn8>

7. Pasir Silika

Silika merupakan material yang tersedia dialam dan secara kuantitatif memiliki jumlah yang banyak. Silika merupakan salah satu senyawa oksida dengan rumus kimia SiO_2 dimana senyawa ini memiliki daya tahan terhadap temperatur, dan stabilitas termal yang tinggi (Katsuki, 2005). Silika biasanya diperoleh melalui proses penambangan yang dimulai dari menambang pasir kuarsa sebagai bahan baku. Pasir silika sangat banyak dan mudah didapatkan di Indonesia.

Menurut Prayogo (2009), hasil pemantauan Biro Pusat Statistik dalam kurun waktu 1981- 1993, konsumsi pasir silika meningkat sekitar 24,70% per tahun. Sementara itu, hasil survei Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dalam kurun waktu yang sama, produksi pasir silika meningkat sekitar 28,30% per tahun. Ditunjukkan pada Gambar 2.7 dibawah ini.



Gambar 2. 7 Pasir Silika

Sumber : <https://l1nk.dev/E99b6>

8. Pipa *Stainless Steel*

Pipa *stainless steel* adalah pipa yang terbuat dari *stainless steel* (atau baja tahan karat), yang dikenal karena ketahanannya terhadap korosi, oksidasi, dan kondisi lingkungan yang keras. Pipa ini banyak digunakan dalam berbagai industri seperti minyak dan gas, konstruksi, sistem perpipaan air, serta peralatan industri lainnya yang memerlukan ketahanan tinggi terhadap bahan kimia dan suhu ekstrem. Ditunjukkan pada Gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2. 8 Pipa *Stainless Steel*

Sumber : <https://acesse.one/kbbgq>

9. Pompa Air

Pompa adalah perangkat mekanis yang digunakan untuk memindahkan cairan atau gas dari satu tempat ke tempat lain. Pompa bekerja dengan mengubah energi mekanik menjadi energi potensial atau kinetik untuk mendorong *fluida*. Pompa banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk sistem perpipaan, pemompaan air, proses industri, dan banyak lagi. Ditunjukkan pada Gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2. 9 Pompa Air

Sumber : <https://images.app.goo.gl/whPC4KmkcX6pSS9Q7>

10. 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 termasuk lebih rendah dibandingkan dengan tembaga, *stainless steel* tetap banyak dipilih karena daya tahannya yang tinggi, sifat non-toksik, dan kemampuan mempertahankan kekuatan struktural pada suhu tinggi (Santoso, B.2020). Perhatikan Gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2.10 Plat Stainless Steel

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

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

Penelitian ini menitik beratkan pada pengontrolan suhu dengan menggunakan sistem kontrol *on-off* pada *water heater* diatas kapal. Untuk dibaca oleh sensor nilai *setpoint* minimum dan maksimum suhu yang dicapai kemudia *controller* akan merespon sesuai suhu yang terdeteksi. Apabila suhu kurang dari sama dengan 35° maka sensor akan memerintahkan sistem kontrol untuk “*on*” dan apabila suhu lebih dari sama dengan 40° maka sensor akan memerintahkan sistem kontrol untuk “*off*”.

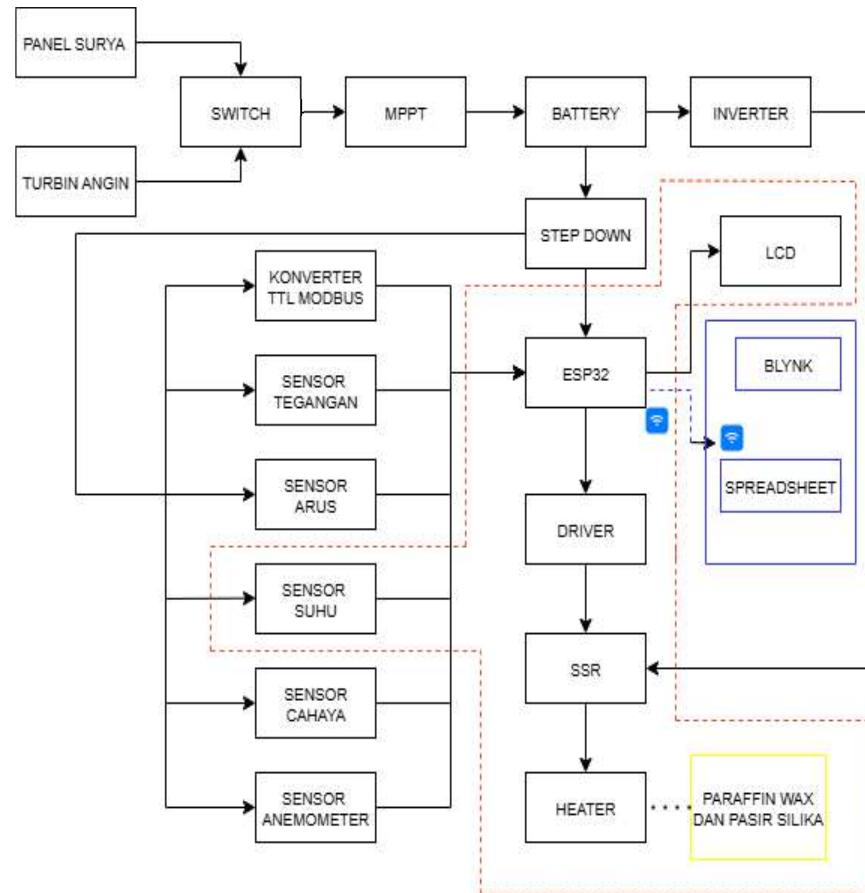
Metode *Research and Development* (R&D) adalah suatu proses yang melibatkan langkah-langkah untuk menciptakan produk baru atau memperbaiki produk yang sudah ada. Penelitian pengembangan ini berfungsi sebagai jembatan atau penghubung antara penelitian dasar dan penelitian terapan. Dengan demikian, R&D 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 2023).

B. Perancangan Alat

1. Blok Diagram Keseluruhan Alat

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



Gambar 3. 1 Blok Diagram
Sumber: Dokumen Pribadi

Gambar 3.1 diatas menunjukkan bahwa sistem ini terdiri dari ESP32, sensor suhu DS18B20, LCD, *Solid State Relay* (SSR), *Tubular Heater*. Sensor DS18B20 (Sensor Suhu) berfungsi untuk membaca suhu didalam tangka air secara *real-time*. Sensor ini mengukur suhu dengan

akurat dan mengirimkan data suhu ke mikrokontroler ESP32 dalam bentuk digital.

Data suhu yang dikirim akan digunakan sebagai acuan untuk mengontrol pemanas (*heater*) agar bekerja sesuai dengan suhu yang diinginkan.

ESP32 (Mikrokontroler) merupakan pengendali utama dalam sistem ini. Mikrokontroler ini memiliki beberapa tugas penting, yaitu menerima data suhu dari sensor DS18B20. Mengontrol SSR (*Solid State Relay*) untuk menyalakan atau mematikan *heater* berdasarkan kondisi suhu. Mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air sesuai kebutuhan untuk menjaga distribusi panas yang merata. Menampilkan suhu aktual, status pemanas, pompa, dan suhu target pada LCD. Dengan adanya ESP32, semua proses kontrol dapat dilakukan secara otomatis dan efisien.

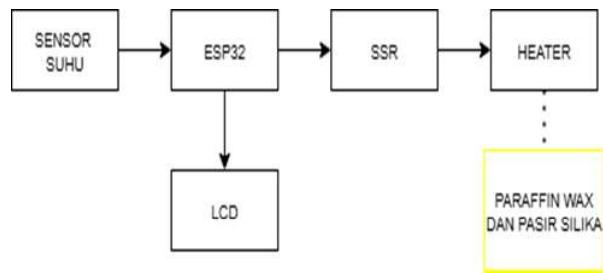
SSR (*Solid State Relay*) SSR adalah komponen saklar elektronik yang digunakan untuk mengontrol aliran listrik ke *heater*. ESP32 akan mengirimkan sinyal ke SSR untuk menyalakan atau mematikan *heater*. Jika suhu air sama dengan atau di bawah suhu target, SSR akan mengaktifkan *heater* untuk memanaskan air. Ketika suhu air mencapai suhu target atau lebih, SSR akan memutus aliran listrik ke *heater* sehingga pemanas berhenti bekerja.

Heater (Pemanas) adalah komponen yang bertugas memanaskan air. *Heater* akan menyala ketika suhu air sama dengan atau masih di bawah suhu target, dan akan mati ketika suhu telah mencapai nilai yang diinginkan atau lebih dari suhu target. Aktivasi *heater* ini dikendalikan

oleh SSR, yang menerima perintah dari ESP32. Dengan kontrol otomatis ini, suhu air dapat dijaga tetap stabil.

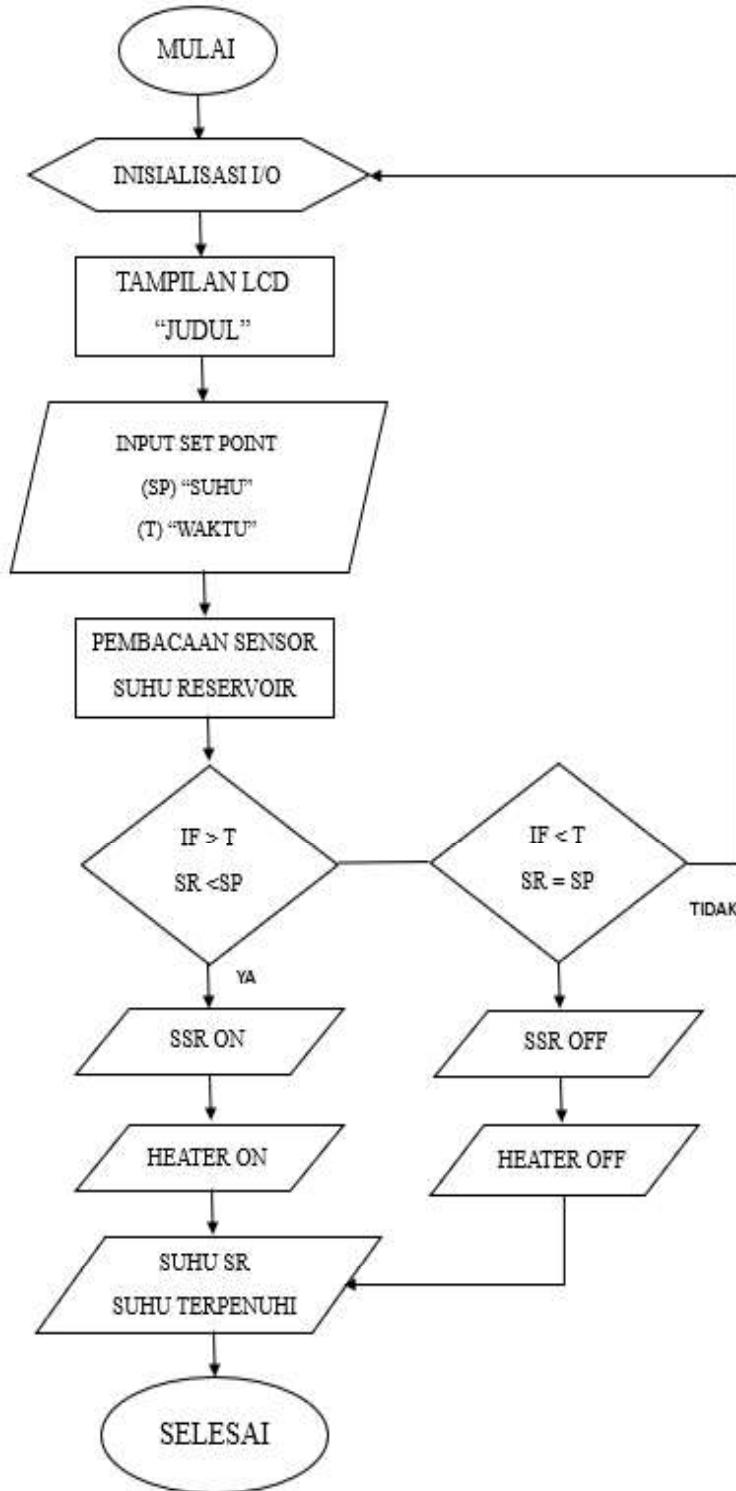
Pompa (Pompa Air) berfungsi untuk mengalirkan atau mensirkulasikan air panas agar distribusi suhu merata. ESP32 mengontrol pompa agar menyala atau mati sesuai kebutuhan. Pompa ini memastikan bahwa panas dari *heater* menyebar secara merata ke seluruh bagian sistem pemanas air.

LCD (*Liquid Cristal Display*) berfungsi untuk menampilkan informasi penting dari sistem kepada pengguna. Informasi yang ditampilkan meliputi suhu air aktual yang diukur oleh sensor DS18B20, suhu target (*setpoint*) yang telah ditentukan oleh pengguna, dan status *heater (ON/OFF)* dan pompa (*ON/OFF*). Jadi, sensor DS18B20 membaca suhu air dan mengirimkan data suhu ke ESP32. Jika suhu air sama dengan atau lebih rendah dari suhu target maka ESP32 mengaktifkan SSR untuk menyalakan *heater*. Jika suhu air mencapai suhu target atau lebih maka ESP32 mematikan SSR, sehingga *heater* berhenti bekerja. ESP32 juga mengontrol pompa agar menyala atau mati untuk menjaga distribusi panas merata. Seluruh data suhu, suhu target, dan status sistem ditampilkan pada LCD agar pengguna dapat memantau kinerja sistem secara langsung. Penelitian ini secara khusus membahas tentang pengendalian suhu otomatis yang digambarkan dalam bentuk blok diagram pada gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3. 2 Blok Diagram
Sumber : Dokumen Pribadi

2. Flowchart



Gambar 3. 2 Flowchart

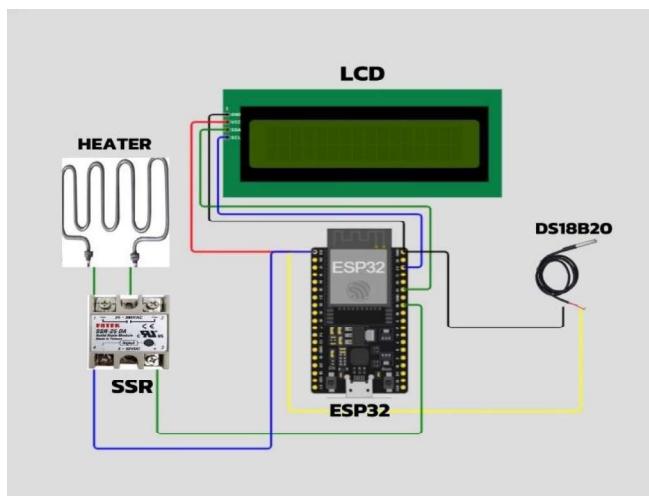
Sumber: Dokumen Pribadi

Flowchart pada Gambar 3.3 diatas 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

Rangkaian di atas menggambarkan sistem kontrol suhu pemanas berbasis mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan sensor suhu ES5220, *keypad*, *Solid State Relay* (SSR), dan tampilan LCD. Sensor ES5220 mengukur suhu dan mengirimkan data ke ESP32, yang memprosesnya untuk mengontrol pemanas. Pengguna dapat mengatur suhu yang diinginkan melalui *keypad*, dan informasi suhu serta status

pemanas ditampilkan pada LCD. Berdasarkan input suhu, ESP32 menginstruksikan SSR untuk mengontrol aliran listrik ke pemanas, menyalakan atau mematikannya sesuai kebutuhan. SSR digunakan untuk mengendalikan pemanas secara elektronik, menggantikan *relay* mekanik, meningkatkan responsivitas dan daya tahan sistem. Dengan demikian, sistem ini memungkinkan pengaturan suhu otomatis yang akurat dan efisien. Ditunjukkan pada Gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3. 3 Rangkaian Perangkat Keras

Sumber : Dokumen Pribadi

4. Desain Perangkat Keras

Desain alat dalam gambar ini menggunakan sistem pemanas air yang mengintegrasikan teknologi kolektor panas dengan penyimpanan energi termal. Komponen utama terdiri dari *plate heater* yang berfungsi sebagai sumber panas untuk menyerap energi dan mentransfernya ke media lain. Elemen tembaga digunakan sebagai pengantar panas yang efisien dari plat heater ke lapisan berikutnya. Di atas elemen tembaga, terdapat *paraffin wax* yang berfungsi sebagai penyimpan panas laten, menyerap

dan melepaskan panas secara perlahan untuk menjaga kestabilan suhu. Di lapisan teratas, pipa *stainless steel* berfungsi untuk menyalurkan air dan mentransfer panas yang disimpan oleh sistem ke air yang mengalir, menghasilkan air panas yang siap digunakan. Struktur ini dirancang untuk mencapai efisiensi tinggi dengan memaksimalkan penyerapan, penyimpanan, dan distribusi panas. Ditunjukkan pada Gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3. 4 Desain Perangkat Keras

Sumber : Dokumen Pribadi

C. Rencana Pengujian

1. Uji Statis

Pengujian akan dilakukan dengan cara menguji setiap bagian alat berdasarkan karakteristik dan fungsi masing – masing komponen. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah setiap bagian dari perangakat dapat bekerja secara maksimal dan sesuai dengan fungsinya dan menulis hasil pengujian komponen. Pengujian statis ini bertujuan untuk menilai efektivitas penambahan pasir silika pada *paraffin wax*.

sebagai media penyimpanan panas dalam *water heater* dengan kontrol *on-off*. Variabel bebas yang diuji adalah konsentrasi pasir silika, sementara variabel terikat yang diukur adalah efisiensi penyimpanan panas, termasuk kapasitas termal dan durasi pelepasan panas. Alat yang digunakan meliputi *paraffin wax*, pasir silika, Sensor DS18B20, ESP 32, LCD, *Keypad*, Sensor dan *Heater*. Eksperimen dilakukan dengan membandingkan sampel kontrol (*paraffin wax* tanpa pasir silika) dan sampel eksperimen (*paraffin wax* dengan variasi konsentrasi pasir silika, misalnya 5%, 10%, 15%). Prosedur pengujian meliputi pencampuran pasir silika dengan *paraffin wax*, pemanasan hingga suhu tertentu, kemudian pengukuran waktu pelepasan panas dan kapasitas panas spesifik. Data yang diperoleh akan dianalisis untuk membandingkan durasi penyimpanan panas dan kapasitas panas antar sampel guna menilai pengaruh pasir silika terhadap efisiensi penyimpanan panas.

2. Uji Dinamis

Rencana pengujian dinamis akan dilakukan sesudah semua komponen selesai dirangkai dan terpasang. Pengujian dinamis bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem penyimpanan panas pada *paraffin wax* dengan tambahan pasir silika dalam *water heater* yang beroperasi dengan adanya kontrol *on-off*. Variabel yang diuji meliputi konsentrasi pasir silika, suhu air, durasi siklus pemanasan, dan efisiensi energi, sementara variabel kontrolnya adalah daya pemanas dan suhu awal air.

Eksperimen dilakukan dengan mengisi *water heater* dengan air pada suhu awal tertentu, kemudian menambahkan *paraffin wax* dengan variasi

pasir silika (misalnya 5%, 10%, 15%). Sistem dipanaskan dengan kontrol *on-off*, dan suhu air serta konsumsi daya diukur selama siklus pemanasan dan pendinginan. Hasil yang diperoleh akan dianalisis untuk membandingkan waktu siklus, efisiensi penyimpanan panas, dan konsumsi daya antar sampel guna menentukan pengaruh pasir silika terhadap performa sistem *water heater*. Ditunjukkan pada Tabel 3.5 dan Tabel 3.6 dibawah ini.

Tabel 3. 1 Pengujian Menggunakan *Paraffin Wax*
Sumber : Dokumen Pribadi

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

Tabel 3. 2 Pengujian Menggunakan *Paraffin Wax* dan Pasir Silika
Sumber : Dokumen Pribadi

Pengujian Dengan Media <i>Paraffin Wax</i> dan Aditif Pasir Silika					
Waktu	Suhu Heater	Suhu Air	Paraffin dan Pasir Silika	Suhu Pipa	Keterangan