

**STUDI EKSPERIMENTAL PROSES PEMANASAN MEDIA PENYIMPANAN  
KALOR DI DALAM TANGKI PEMANAS AIR TENAGA SURYA SISTEM AKTIF  
YANG MELIBATKAN *PHASE CHANGE MATERIAL***

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Program Studi S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



**UMY**  
UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH  
YOGYAKARTA

Unggul & Islami

**Disusun oleh :**

**AHMAD SILLAHUDDIN**

**20160130144**

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
YOGYAKARTA**

**2021**

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi / tugas akhir berjudul **“Studi Eksperimental Proses Pemanasan Media Penyimpanan Kalor Di Dalam Tangki Pemanas Air Tenaga Surya Sistem Aktif Yang Melibatkan *Phase Change Material*”** ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, Juli 2021



Ahmad Sillahuddin

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

“Yakinlah ada sesuatu yang menantimu selepas banyak kesabaran ( yang kau jalani ) yang akan membuatmu terpana hingga kau lupa pedihnya rasa sakit. “

(Imam Ali Ibn Abi Thalib AS)

Skripsi ini saya persembahkan kepada kedua orang tua saya serta seluruh dosen Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah membimbing saya selama kuliah

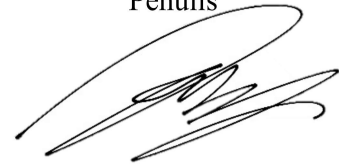
## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alaamiin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul "**Studi Eksperimental Proses Pemanasan Media Penyimpanan Kalor Di Dalam Tangki Pemanas Air Tenaga Surya Sistem Aktif Yang Melibatkan *Phase Change Material***".

Tugas Akhir ini diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kata kesempurnaan. Untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan penyusunan laporan tugas akhir ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembacanya.

Yogyakarta, Juli 2021

Penulis



Ahmad Sillahuddin

20160130144

## UACAPAN TERIMAKASIH

*Bismillahirrahmanirrahim*

*“For indeed, with hardship [will be] ease. Indeed, with hardship [will be] ease.”*

*{Q.S. Al- Insyirah (94): 5-6}*

*Alhamdulillah*

*Terimakasih Ya Allah*

*Untuk kebaikan orang yang ada*

*Untuk setiap tegur sapa mereka*

*Yang telah menguatkan dikala duka*

*Yang tak pernah rela*

*Membiarkan jatuh dan terpuruk*

Dengan rahmat Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang, dengan ini saya mempersembahkan karya ini untuk kedua orang tua saya yang sangat saya sayangi, yang senantiasa memberikan do'a, motivasi serta semangat dalam mengiringi setiap langkah saya.

Untuk teman-teman seperjuangan Teknik Mesin 2016, kehidupan ini adalah hampan samudera luas yang kita renangi dan selami kedalamannya untuk mencari tiram didasarnya dan kita petik mutiaranya, bahwa selalu ada yang bermakna pada setiap kehadiran dan pertemuan.

Bapak dosen pembimbing, Bapak dan Ibu dosen di jurusan Teknik dan seluruh staff di jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan bantuan dan fasilitas.

Dan untuk semua orang baik yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah menjadi motivasi dan penyemangat.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI</b> .....	ii
<b>PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iv
<b>INTISARI</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>UACAPAN TERIMAKASIH</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Batasan Masalah .....	3
1.4. Tujuan Penelitian .....	4
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b> .....	5
2.1. Tinjauan pustaka .....	5
2.1.1. Pemanas air tenaga surya (PATS).....	5
2.1.2. PCM sebagai material penyimpan energi.....	6
2.1.3. Karakteristik PCM.....	8
2.1.4. <i>Solar simulator</i> sebagai <i>source of energy</i> .....	10
2.2. Landasan Teori.....	11
2.2.1. Energi matahari .....	11
2.2.2. Sistem pemanas air tenaga surya.....	12
2.2.3. Phase change material .....	18
2.2.4. Charging dan discharging.....	19
2.2.5. Kalor tersimpan sesaat .....	20
2.2.6. Kapasitas energi tersimpan.....	20
2.2.7. <i>Stefan number</i> .....	21

<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	23
3.1. Bahan Penelitian .....	23
3.2. .Alat Penelitian.....	24
3.3. Prosedur Penelitian .....	33
3.3.2. Diagram penelitian .....	34
3.3.3. Langkah pelaksanaan .....	35
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	37
4.1. Kalibrasi Rotameter .....	37
4.2. Kalibrasi Termokopel .....	38
4.3. Hasil Uji <i>Solar Simulator</i> .....	40
4.4. Evolusi Temperatur Input-Output.....	40
4.5. Evolusi Temperatur Rata-Rata HTF .....	41
4.6. Evolusi Temperatur Rata-Rata PCM .....	42
4.7. Evolusi Temperatur Rata-Rata HTF dan PCM .....	43
4.8. Evolusi Temperatur HTF di Dalam Tangki .....	44
4.9. Evolusi Temperatur PCM di Dalam tangki .....	46
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	50
5.1. Kesimpulan .....	50
5.2. Saran .....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	51
<b>LAMPIRAN</b> .....	54

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur Dari Matahari.....	12
Gambar 2.2. Sistem PATS.....	13
Gambar 2.3. PATS sistem aktif.....	14
Gambar 2.4. Sistem <i>thermoshyphon</i> .....	15
Gambar 2.5. Sistem Batch.....	15
Gambar 2.6. Jenis penyimpanan Thermal <i>Energi Storage</i> .....	16
Gambar 2.7. Diagram suhu -waktu pada pemanasan suatu zat.....	17
Gambar 2.8. <i>Solar simulator</i> .....	22
Gambar 3.1. <i>Paraffin wax</i> jenis RT55.....	24
Gambar 3.2. Skema alat penelitian.....	24
Gambar 3.3. <i>Solar simulator</i> .....	25
Gambar 3.4. Kolektor Surya.....	25
Gambar 3.5. <i>Pyranometer</i> .....	26
Gambar 3.6. Tangki PATS.....	27
Gambar 3.7. Rotameter Air.....	27
Gambar 3.8. Applent AT4532 <i>Multi-Channel temperature water</i> .....	28
Gambar 3.9. Laptop Asus E410MA.....	29
Gambar 3.10. Termokopel Tipe-K.....	29
Gambar 3.11. Pompa SHARP SPS.109SN.....	30
Gambar 3.12. Kapsul PCM.....	31
Gambar 3.13. Voltage regulator.....	31
Gambar 3.14. Dimmer Arduino 4000W.....	32
Gambar 3.15. Pipa Rucika JIS.....	32
Gambar 3.16. Termometer standar.....	33
Gambar 3.17. Diagram alir penelitian.....	34
Gambar 3.18. Diagram alir penelitian (Lanjutan).....	35
Gambar 4.1. Sketsa letak termokopel didalam tangki TES.....	39
Gambar 4.2. Evolusi temperatur rata-rata <i>input</i> dan <i>output</i> HTF 2 LPM.....	41
Gambar 4.3. Evolusi temperatur rata-rata HTF 2 LPM.....	42
Gambar 4.4. Evolusi temperatur rata-rata PCM 2 LPM.....	42
Gambar 4.5. Evolusi temperatur rata-rata HTF dan PCM 2 LPM.....	43
Gambar 4.6. Evolusi temperatur rata-rata HTF.....	44
Gambar 4.7. Evolusi temperatur PCM.....	47



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik PCM yang diinginkan pada sistem PATS .....	18
Tabel 3.1. Sifat Fisis Air.....	23
Tabel 3.2.Sifat termofisik <i>Paraffin wax RT55</i> .....	23
Tabel 3.3. Detail spesifikasi tangki TES .....	27
Tabel 3.4. Spesifikasi Applent AT4532 <i>Multi-Channel</i> .....	28
Tabel 3.5. Spesifikasi Laptop Asus E410MA .....	29
Tabel 3.6. Spesifikasi Pompa .....	30
Tabel 3.7. Spesifikasi Dimmer .....	32
Tabel 4.1. Hasil uji coba rotameter.....	37
Tabel 4. 2 Hasil persamaan regresi pada rotameter.....	38
Tabel 4.3. Kalibrasi Termokopel.....	38
Tabel 4.4.Hasil uji <i>solar simulator</i> .....	40
Tabel 4.5. Temperatur HTF awal dan akhir pada setiap lapisan .....	45
Tabel 4.6. Temperatur PCM awal dan akhir pada setiap kapsul .....	48
Tabel 4.7.Perbandingan kecepatan pemanasan rata-rata .....	49

## DAFTAR NOTASI

$c_{p,w}$	: kalor jenis air ( $kJ/kg \cdot ^\circ C$ )
$c_{p,ps}$	: kalor jenis PCM padat ( $kJ/kg \cdot ^\circ C$ )
$c_{p,pl}$	: kalor jenis PCM cair ( $kJ/kg \cdot ^\circ C$ )
$c_{p,c}$	: kalor jenis dinding kapsul ( $kJ/kg \cdot ^\circ C$ )
$C_{pl}$	: panas spesifik ( $kJ/kg \cdot ^\circ C$ )
$L$	: panas laten ( $kJ/kg$ )
$\dot{m}$	: laju aliran massa air panas ( $kg/s$ )
$m_w$	: massa air ( $kg$ )
$m_p$	: massa PCM ( $kg$ )
$m_c$	: massa kapsul ( $kg$ )%
$\rho_d$	: densitas air dingin ( $kg/m^3$ )
$\rho_p$	: densitas air panas ( $kg/m^3$ )
$Ste$	: <i>Stefan number</i>
$T_{d,i}$	: temperatur awal HTF proses <i>charging</i> ( $^\circ C$ )
$T_{p,i}$	: temperatur awal PCM proses <i>charging</i> ( $^\circ C$ )
$T_{p,s}$	: PCM berubah fasa <i>solid-liquid</i> ( $^\circ C$ )
$T_{d,o}$	: proses <i>charging</i> HTF selesai ( $^\circ C$ )
$T_w$	: temperatur air panas ( $^\circ C$ )
$T_{w,i}$	: temperatur awal air ( $^\circ C$ )
$T_m$	: temperatur leleh PCM ( $^\circ C$ )
$T_{p,am}$	: temperatur PCM di atas titik leleh ( $^\circ C$ )
$T_{p,l}$	: temperatur awal PCM ( $^\circ C$ )
$T_c$	: temperatur kapsul ( $^\circ C$ )
$T_{c,i}$	: temperatur awal kapsul ( $^\circ C$ )
$T$	: temperatur fluida ( $^\circ C$ )
$T_m$	: temperatur leleh ( $^\circ C$ )

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Datasheet</i> PCM RT55.....	54
Lampiran 2. <i>Saturated Water</i> .....	55
Lampiran 3. Data riil temperatur <i>input</i> dan <i>output</i> variasi debit 2 LPM.....	56
Lampiran 4. Data riil temperatur <i>input</i> dan <i>output</i> variasi debit 3 LPM.....	60
Lampiran 5. Data riil temperatur <i>input</i> dan <i>output</i> variasi debit 4 LPM.....	64
Lampiran 6. Data riil temperatur HTF variasi 2 LPM.....	68
Lampiran 7. Data riil temperatur HTF variasi 3 LPM.....	72
Lampiran 8. Data riil temperatur HTF variasi 4 LPM.....	76
Lampiran 9. Data riil temperatur PCM variasi 2 LPM.....	80
Lampiran 10. Data riil temperatur PCM variasi 3 LPM .....	85
Lampiran 11. Data riil temperatur PCM variasi 4 LPM.....	87