

**SKRIPSI**

**STUDI EKSPERIMENTAL KAPASITAS PENGUMPULAN ENERGI  
TERMAL DI DALAM TANGKI PEMANAS AIR TENAGA SURYA TIPE  
AKTIF BERISI *PARAFFIN WAX* DENGAN VARIASI DEBIT AIR DAN  
*HEAT FLUX***

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:**

**AKBAR RAIHAN MA'RUF**

**20190130175**

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

**2024**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan yang sesungguhnya bahwa skripsi / tugas akhir berjudul "**Studi Eksperimental Kapasitas Pengumpulan Energi Termal Di Dalam Tangki Pemanas Air Tenaga Surya Tipe Aktif Berisi *Paraffin Wax* Dengan Variasi Debit Air Dan *Heat Flux***" ini adalah hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar ke sarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah dituliskan atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 1 Januari 2024



Akbar Raihan Ma'ruf

## **MOTTO**

*“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya beserta kesulitan itu ada kemudahan.”*

**(QS. Al-Insyirah,5-6)**

*“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”*

**(QS. Al-Baqarah,286)**

*“Janganlah kamu berduka cita, sesungguhnya Allah beserta kita.”*

**(QS. At-Taubah,40)**

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Skripsi ini adalah bagian dari ibadah saya kepada Allah SWT karena kepada-Nya kami menyembah, dan kepada-Nya kami memohon pertolongan.

Sekaligus, sebagai ungkapan terima kasih kepada Bapak Anang Adriyanto, Ibu Istriningsih, yang terus memotivasi saya dalam hidup saya, dan kakak saya Alditama Adha Shidiq, atas semua dukungan dan bantuannya.

Serta seluruh dosen Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah membimbing saya selama kuliah.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Robbil'aalamiin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "**Studi Eksperimental Kapasitas Pengumpulan Energi Termal Di Dalam Tangki Pemanas Air Tenaga Surya Tipe Aktif Berisi Paraffin Wax Dengan Variasi Debit Air Dan Heat Flux**". Penulis bersyukur dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dan sebagai bukti bahwa penulis telah menyelesaikan pendidikan sarjana di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini membahas tentang pengaruh kapasitas pengumpulan energi termal terhadap variasi debit air dan *heat flux* dengan menggunakan PATS-PCM sistem aktif metode *indoor* yang mengaplikasikan *solar simulator*.

Dalam penyusunan 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. Penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca serta dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

Yogyakarta, 5 Oktober 2023

Penulis



Akbar Raihan Ma'ruf

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa tersusunnya Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, saran, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Berli Paripurna Kamiel, S.T., M. Eng. Sc., Ph.D, selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Ir. Muhammad Nadjib, S.T., M.Eng, selaku pembimbing I yang telah memberikan banyak ilmu dan waktu luang untuk memberikan masukan dan arahan terkait penulisan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Wahyudi, S.T., M.T., selaku pembimbing II yang telah membimbing dan membantu selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
4. Bapak/Ibu selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran pada ujian pendadaran Tugas Akhir.
5. Seluruh pegawai dan staff TU Prodi dan Fakultas di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
6. Kakak tingkat tim riset "Tim Sibela IV", yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.
7. Teman seperjuangan "Alferi Ariyanto Marfiansyah, Hilal Mufti Aziz, Muhammad Baihaqi, Ridwan Santoso, Yudha Prasetya Aditama" yang telah membantu penulis dalam penelitian tugas akhir.
8. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2019 dan pihak-pihak yang telah membantu pembuatan tugas akhir yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.

Terakhir, semoga Allah SWT membalas kebaikan dan jasa-jasa mereka semua dengan rahmat dan kebaikan yang terbaik dari-Nya dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk kemajuan teknologi, khususnya teknologi pemanas air tenaga surya.

Yogyakarta, 1 Januari 2024



Akbar Raihan Ma'ruf

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI</b> .....	ii
<b>PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>INTISARI</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	4
1.3    Asumsi dan Batasan Masalah.....	4
1.4    Tujuan Penelitian.....	5
1.5    Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI</b> .....	6
2.1    Tinjauan Pustaka .....	6
2.2    Landasan Teori.....	9
2.2.1. Energi surya.....	9
2.2.2. Sistem Pemanas Air Tenaga Surya .....	10
2.2.3. <i>Thermal Energy Storage</i> .....	13

2.2.4. <i>Phase Change Material</i> .....	15
2.2.5. Kapasitas Pengumpulan Energi Termal di Dalam Tangki TES .....	16
2.2.6. <i>Solar Simulator</i> .....	17
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	19
3.1. Bahan Penelitian.....	19
3.2. Skema alat penelitian .....	20
3.3. Komponen dan alat penelitian.....	21
3.4. Prosedur penelitian.....	31
3.4.1. Diagram alir penelitian.....	31
3.4.2. Langkah pelaksanaan .....	33
3.4.3. Pengumpulan data .....	33
3.4.4. Olah data dan analisis data .....	33
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	34
4.1. Kalibrasi Rotameter.....	34
4.2. Kalibrasi Termokopel.....	35
4.3. Evolusi Temperatur Rata-rata HTF.....	37
4.4. Evolusi Temperatur Rata-rata PCM.....	38
4.5. Kapasitas Pengumpulan Energi Termal Dengan Variasi Debit Air... 39	
4.5.1. Perhitungan kapasitas pengumpulan energi termal 2 LPM.....	39
4.5.2. Perhitungan kapasitas pengumpulan energi termal 3 LPM.....	41
4.5.3. Perhitungan kapasitas pengumpulan energi termal 4 LPM.....	42
4.6. Kapasitas Pengumpulan Energi Termal dengan Variasi <i>Heat Flux</i> ... 44	
4.6.1. Perhitungan kapasitas pengumpulan energi termal variasi <i>heat flux</i> 800 W/m <sup>2</sup> 3 LPM .....	44
4.6.2. Perhitungan kapasitas pengumpulan energi termal variasi <i>heat flux</i> 1000 W/m <sup>2</sup> 3 LPM .....	45
4.6.3. Perhitungan kapasitas pengumpulan energi termal variasi <i>heat flux</i> 1200 W/m <sup>2</sup> 3 LPM .....	47



<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	57
5.1.    Kesimpulan.....	57
5.2.    Saran.....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	58

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema struktur matahari.....	9
Gambar 2.2 Klasifikasi sistem PATS.....	10
Gambar 2.3 PATS sistem aktif (terbuka).....	11
Gambar 2.4 PATS sistem aktif (tertutup) .....	11
Gambar 2.5 Sistem <i>thermoshypon</i> dengan pemanas tambahan <i>Integrated collector storage</i> .....	12
Gambar 2.6 Sistem <i>integrated collector storage</i> (ICS) .....	13
Gambar 2.7 Volume dari TES yang dibutuhkan untuk menyimpan energi .....	14
Gambar 2.8 Solar simulator berskala besar untuk pengujian kolektor surya.....	18
Gambar 3.1 <i>Paraffin wax</i> RT55 .....	19
Gambar 3.2 Skema alat penelitian. ....	20
Gambar 3.3 <i>Solar simulator</i> .....	21
Gambar 3.4 Kolektor surya.....	22
Gambar 3.5 Piranometer .....	23
Gambar 3.6 Kapsul PCM .....	23
Gambar 3. 7 Termokopel tipe K .....	24
Gambar 3.8 Tangki TES .....	25
Gambar 3.9 Akuisisi data.....	25
Gambar 3.10 Laptop.....	26
Gambar 3.11 Rotameter air .....	27
Gambar 3.12 Pompa.....	28
Gambar 3.13 Dimmer pompa.....	29
Gambar 3.14 Rangkaian pipa rucika <i>Kelen Green</i> .....	30
Gambar 3.15 <i>Voltage Regulator</i> .....	30
Gambar 3.16 Diagram alir penelitian.....	31
Gambar 3.16 Diagram alir penelitian (lanjutan) .....	32
Gambar 4.1 Sketsa letak termokopel di dalam tangki TES .....	36
Gambar 4.2 Evolusi temperatur HTF 2,3 dan 4 LPM.....	37
Gambar 4.3 Evolusi temperatur PCM 2,3 dan 4 LPM.....	38

Gambar 4.4 Kapasitas pengumpulan energi termal variasi debit air (a) 2 LPM (b) 3 LPM (c) 4 LPM.....	49
Gambar 4.5 Kapasitas pengumpulan energi termal variasi <i>heat flux</i> 3 LPM (a) <i>heat flux</i> 800 W/m <sup>2</sup> (b) <i>heat flux</i> 1000 W/m <sup>2</sup> (c) <i>heat flux</i> 1200 W/m <sup>2</sup> .....	51
Gambar 4.6 Presentase pengumpulan energi termal variasi debit air (a) 2 LPM (b) 3 LPM (c) 4 LPM.....	53
Gambar 4.7 Presentase pengumpulan energi termal variasi <i>heat flux</i> 3 LPM (a) <i>heat flux</i> 800 W/m <sup>2</sup> (b) <i>heat flux</i> 1000 W/m <sup>2</sup> (c) <i>heat flux</i> 1200 W/m <sup>2</sup> .....	55

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik PCM yang diaplikasikan pada sistem PATS.....	16
Tabel 3.1 Sifat Fisis Air .....	19
Tabel 3.2 Sifat termofisik <i>Paraffin Wax</i> RT55 .....	20
Tabel 3.3 Spesifikasi lampu pada <i>solar simulator</i> .....	21
Tabel 3.4 Spesifikasi AT4532 <i>multi-channel temperature</i> meter .....	26
Tabel 3.5 Spesifikasi laptop .....	27
Tabel 3.6 Spesifikasi Pompa.....	28
Tabel 3.7 Spesifikasi Dimmer.....	29
Tabel 4.1 Data kalibrasi rotameter .....	34
Tabel 4.2 Kalibrasi rotameter.....	34
Tabel 4.3 Hasil kalibrasi termokopel .....	35
Tabel 4.4 Data pengujian 2 LPM .....	39
Tabel 4.5 Data pengujian 3 LPM .....	41
Tabel 4.6 Data pengujian 4 LPM .....	42
Tabel 4.7 Data pengujian variasi <i>heat flux</i> 800 W/m <sup>2</sup> dan 3 LPM.....	44
Tabel 4.8 Data pengujian variasi <i>heat flux</i> 1000 W/m <sup>2</sup> dan 3 LPM.....	46
Tabel 4.9 Data pengujian variasi <i>heat flux</i> 1200 W/m <sup>2</sup> dan 3 LPM.....	47
Tabel 4. 10 Jumlah kalor sensibel dan kalor laten pada variasi debit air.....	50
Tabel 4. 11 Jumlah kalor sensibel dan kalor laten pada variasi <i>heat flux</i> .....	52
Tabel 4. 12 Kontribusi material kapasitas pengumpulan energi termal setiap variasi debit air.....	54
Tabel 4. 13 Kontribusi material pengumpulan energi termal setiap variasi <i>heat flux</i> .....	56

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Datasheet</i> PCM RT55 .....	63
Lampiran 2. Data riil temperatur HTF variasi debit air 2 LPM .....	64
Lampiran 3. Data riil temperatur HTF variasi debit air 3 LPM .....	73
Lampiran 4. Data riil temperatur HTF variasi debit air 4 LPM .....	82
Lampiran 5. Data riil temperatur HTF variasi <i>heat flux</i> 800 W/m <sup>2</sup> 3 LPM .....	91
Lampiran 6. Data riil temperatur HTF variasi <i>heat flux</i> 1000 W/m <sup>2</sup> 3 LPM .....	100
Lampiran 7. Data riil temperatur HTF variasi <i>heat flux</i> 1200 W/m <sup>2</sup> 3 LPM .....	109
Lampiran 8. Data riil temperatur PCM variasi debit air 2 LPM .....	118
Lampiran 9. Data riil temperatur PCM variasi debit air 3 LPM .....	127
Lampiran 10. Data riil temperatur PCM variasi debit air 4 LPM .....	136
Lampiran 11. Data riil temperatur PCM variasi <i>heat flux</i> 800 W/m <sup>2</sup> 3 LPM .....	145
Lampiran 12. Data riil temperatur PCM variasi <i>heat flux</i> 1000 W/m <sup>2</sup> 3 LPM ...	154
Lampiran 13. Data riil temperatur PCM variasi <i>heat flux</i> 1200 W/m <sup>2</sup> 3 LPM ...	163