

**SKRIPSI**  
**STUDI PROSES PEMANASAN MEDIA PENYIMPAN KALOR PADA**  
**TANGKI PEMANAS AIR TENAGA SURYA TIPE AKTIF BERISI**  
***PARAFFIN WAX* DENGAN VARIASI DEBIT AIR DAN *HEAT FLUX***



**UMY**

**UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH  
YOGYAKARTA**

**Unggul & Islami**

Disusun Oleh:

**ALFERI ARIYANTO MARFIYANSYAH**

**20190130154**

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

**2024**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi/tugas akhir berjudul “**Studi Proses Pemanasan Media Penyimpan Kalor Pada 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 kesarjanaan 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, 09 Agustus 2024



Alferi Ariyanto Marfiyansyah

## **MOTTO**

“Ilmu adalah cahaya yang menerangi hati”

(Ali bin Abi Thalib)

“Tidak gampang takluk oleh kegagalan, terus mencipta momen kebangkitan”

(Najwa Shihab)

“Barangsiapa yang bertakwa kepada Allah, niscaya Dia akan memberi jalan keluar.”

(QS. At-Talaq: 2)

“Apapun yang menjadi takdirmu, akan mencari jalannya menemukanmu.”

(Ali bin Abi Thalib)

“Fortis fortuna adiuvat”

(Terrence)

“Belajar menderita tanpa protes.”

## **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 Imam Samroni, Ibu Asmonah, yang terus memotivasi saya dalam hidup saya, adik saya Elnevaline Orchidia, dan Risik Team 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 sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana di Program S1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang berjudul "**Studi Proses Pemanasan Media Penyimpan Kalor Pada Tangki Pemanas Air Tenaga Surya Tipe Aktif Berisi Paraffin Wax Dengan Variasi Debit Air Dan Heat Flux**". Alat yang memanfaatkan energi matahari sebagai sumber tenaga adalah pemanas air tenaga surya (PATS). Karakteristik ketersediaan sumber energi PATS adalah tergantung oleh waktu dan kondisi cuaca. Oleh sebab itu, *thermal energy storage* (TES) diperlukan untuk mengatasi ketidaksesuaian tersebut.

Penelitian ini dilakukan secara indoor dengan menggunakan pemanas air tenaga surya tipe aktif yang berisi *paraffin wax* dengan variasi debit air dan *heat flux*. Tangki berkapasitas 60 L diletakkan secara horizontal yang di dalamnya berisi kapsul berjumlah 29 buah bertipe tumbuk. Penelitian ini perlu dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh debit air dan *heat flux* terhadap perilaku termal di dalam tangki PATS.

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, 09 Agustus 2024



Alferi Ariyanto Marfiyansyah



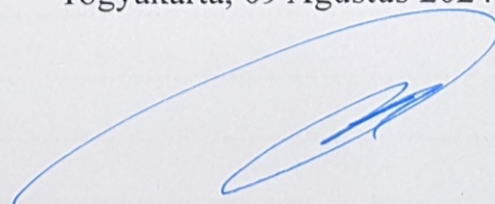
## UCAPAN TERIMAKASIH

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. Novi Caroko, S.T., M.Eng, selaku pembimbing II yang telah membimbing dan membantu selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
4. Bapak Thoharudin, S.T., M.T., Ph.D. 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 "Akbar raihan ma'ruf, Hilal Mufthi 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.
9. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for, for never quitting, I wanna thank me for just being me at all times.*

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, 09 Agustus 2024



Alferi Ariyanto Marfiyansyah

## 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 TERIMAKASIH</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Asumsi dan Batasan Masalah .....	4
1.4. Tujuan Penelitian .....	4
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI</b> .....	5
2.1. Tinjauan Pustaka .....	5
2.2. Landasan Teori.....	8
2.2.1. Energi Matahari.....	8
2.2.2. Sistem Pemanas Air Tenaga Surya .....	9
2.2.2.1 Sistem PATS Aktif.....	9
2.2.2.2 Sistem PATS Pasif .....	10
2.2.3. <i>Thermal Energy Storage</i> .....	12
2.2.3.1 <i>Sensible Heat Storage</i> .....	13
2.2.3.2 <i>Latent Heat Storage</i> .....	13
2.2.3.3 <i>Thermochemical Energy Storage</i> .....	14
2.2.4. <i>Phase Change Material</i> .....	14

2.2.5. <i>Solar Simulator</i> .....	15
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	17
3.1. Bahan Penelitian.....	17
3.2. Skema Alat .....	18
3.3. Komponen Alat Penelitian .....	19
3.3.1. <i>Solar Simulator</i> .....	19
3.3.2. Kolektor Surya .....	20
3.3.3. Piranometer .....	21
3.3.4. Kapsul PCM.....	22
3.3.5. Termokopel .....	23
3.3.6. Tangki <i>Thermal Energy Storage</i> (TES) .....	24
3.3.7. Akuisisi Data.....	25
3.3.8. Laptop .....	26
3.3.9. Rotameter Air.....	27
3.3.10. Pompa.....	28
3.3.11. Dimmer Pompa .....	29
3.3.12. Rangkaian Pipa Rucika Kelen Green.....	30
3.3.13. <i>Voltage Regulator</i> .....	30
3.4. prosedur penelitian .....	31
3.4.1. Diagram alir penelitian.....	31
3.4.2. Langkah Pelaksanaan .....	34
3.4.3. Pengumpulan data .....	34
3.4.4. Olah Data dan Analisis Data .....	34
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	35
4.1. Kalibrasi Rotameter .....	35
4.2. Kalibrasi Termokopel.....	36
4.3. Evolusi Temperatur Rata-rata HTF.....	37
4.4. Evolusi Temperatur Rata-rata PCM.....	40
4.5. Evolusi Temperatur Rata-rata HTF Tiap Lapis Di Tangki Pada Debit 3 LPM .....	42
4.6. Evolusi Temperatur Rata-Rata HTF Tiap Lapis Di Tangki Pada <i>Heat Flux</i> 1.000 W/m <sup>2</sup> .....	44



4.7. Evolusi Temperatur Rata-Rata PCM Tiap Lapis Di Tangki (K4, K15, K26) Pada Debit 3 LPM .....	46
4.8. Evolusi Temperatur Rata-Rata PCM Tiap Lapis Di Tangki (K4, K15, K26) Pada <i>Heat Flux</i> 1.000 W/m <sup>2</sup> .....	48
<b>BAB V KESIMPULAN</b> .....	51
5.1. Kesimpulan .....	51
5.2. Saran.....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	52
<b>LAMPIRAN</b> .....	56

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema struktur matahari.....	9
Gambar 2.2. PATS sistem aktif (a) sistem aktif terbuka, (b) sistem aktif tertutup .....	10
Gambar 2.3. Sistem <i>thermoshypon</i> .....	11
Gambar 2.4. Sistem <i>integrated collector storage</i> .....	12
Gambar 2.5. Volume dari storage yang dibutuhkan sebagai penyimpan energi (1800 kWh). .....	12
Gambar 2.6. Diagram temperatur - waktu pada pemanasan suatu zat.....	14
Gambar 3.1. <i>Paraffin wax</i> RT55 .....	18
Gambar 3.2. Skema alat penelitian .....	19
Gambar 3.3. <i>Solar simulator</i> .....	20
Gambar 3.4. Kolektor surya.....	21
Gambar 3.5. Piranometer .....	22
Gambar 3.6. Kapsul PCM .....	23
Gambar 3.7. Termokopel tipe K .....	24
Gambar 3.8. Tangki <i>thermal energy storage</i> .....	25
Gambar 3.9. Akuisisi data.....	26
Gambar 3.10. Laptop.....	27
Gambar 3.11. Rotameter air .....	28
Gambar 3.12. Pompa.....	28
Gambar 3.13. Dimmer pompa.....	29
Gambar 3.14. Rangkaian pipa rucika kelen green .....	30
Gambar 3.15. <i>Voltage regulator</i> .....	31
Gambar 3.16. Diagram alir penelitian.....	32
Gambar 4.1. Sketsa letak termokopel di dalam tangki TES (a) tampak depan (b) tampak samping .....	36
Gambar 4.2. Evolusi temperatur rata-rata HTF (a) variasi debit air 2, 3,dan 4 LPM pada <i>heat flux</i> 1000 W/m <sup>2</sup> (b) variasi <i>heat flux</i> 800, 1.000, dan 1.200 W/m <sup>2</sup> pada debit air 4 LPM. ....	38

- Gambar 4.3. Evolusi temperatur rata-rata PCM (a) variasi debit air 2, 3, dan 4 LPM pada *heat flux* 1000 W/m<sup>2</sup> (b) variasi *heat flux* 800, 1.000, dan 1.200 W/m<sup>2</sup> pada debit air 4 LPM. .... 40
- Gambar 4.4. Evolusi temperatur HTF di setiap ketinggian termokopel dengan variasi *heat flux* (a) *heat flux* 800 W/m<sup>2</sup> (b) *heat flux* 1.000 W/m<sup>2</sup> (c) *heat flux* 1.200 W/m<sup>2</sup> ..... 43
- Gambar 4.5. Evolusi temperatur rata-rata HTF tiap lapis di tangki pada *heat flux* 1.000 W/M<sup>2</sup> (a) 2 LPM, (b) 3 LPM, dan (c) 4 LPM. .... 45
- Gambar 4.6. Evolusi temperatur rata-rata PCM tiap lapis di tangki (K4, K15, K26) pada debit 3 LPM (a) 800 W/m<sup>2</sup>, (b) 1.000 W/m<sup>2</sup>, dan (c) 1.200 W/m<sup>2</sup> ..... 47
- Gambar 4.7. Evolusi temperatur rata-rata PCM tiap lapis di tangki (K4, K15, K26) pada *heat flux* 1.000 W/m<sup>2</sup> (a) 2 LPM, (b) 3 LPM, dan (c) 4 LPM. 49



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik PCM yang digunakan pada sistem PATS .....	15
Tabel 3.1. Sifat fisis air .....	17
Tabel 3.2. Sifat termofisik <i>paraffin wax</i> RT55 .....	18
Tabel 3.3. Spesifikasi lampu pada <i>solar simulator</i> .....	20
Tabel 3.4. Spesifikasi kolektor surya .....	21
Tabel 3.5. Spesifikasi onset S-LIB-M003.....	22
Tabel 3.6. Spesifikasi AT4532 <i>multi-channel temperatur meter</i> .....	26
Tabel 3.7. Spesifikasi laptop .....	27
Tabel 3.8. Spesifikasi pompa .....	29
Tabel 3.9. Spesifikasi dimmer pompa.....	30
Tabel 4.1. Hasil percobaan rotameter .....	35
Tabel 4.2. Kalibrasi rotameter.....	35
Tabel 4.3. Hasil kalibrasi termokopel .....	37
Tabel 4.4. Evolusi temperatur rata-rata HTF (a) variasi debit air 2, 3,dan 4 LPM pada <i>heat flux</i> 1000 W/m <sup>2</sup> (b) variasi <i>heat flux</i> 800, 1.000, dan 1.200 W/m <sup>2</sup> pada debit air 4 LPM. ....	39
Tabel 4.5. Evolusi temperatur rata-rata HTF (a) variasi debit air 2, 3,dan 4 LPM pada <i>heat flux</i> 1000 W/m <sup>2</sup> (b) variasi <i>heat flux</i> 800, 1.000, dan 1.200 W/m <sup>2</sup> pada debit air 4 LPM. ....	41
Tabel 4.6. Temperatur HTF awal dan akhir pada setiap lapisan variasi <i>heat flux</i>	43
Tabel 4.7. Temperatur HTF awal dan akhir pada setiap lapisan variasi debit.....	45
Tabel 4.8. Temperatur PCM awal dan akhir pada setiap lapisan variasi <i>heat flux</i>	47
Tabel 4.9. Temperatur PCM awal dan akhir pada setiap lapisan variasi debit .....	49

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Datasheet PCM RT55 .....	56
Lampiran 2. Data riil temperatur HTF dengan debit aliran 2 LPM pada <i>heat flux</i> 1000 W/m <sup>2</sup> .....	57
Lampiran 3. Data riil temperatur HTF dengan debit aliran 3 LPM pada <i>heat flux</i> 1000 W/m <sup>2</sup> .....	66
Lampiran 4. Data riil temperatur HTF dengan debit aliran 4 LPM pada <i>heat flux</i> 1000 W/m <sup>2</sup> .....	75
Lampiran 5. Data riil temperatur HTF dengan debit aliran 4 LPM dan <i>heat flux</i> 800 W/m <sup>2</sup> .....	84
Lampiran 6. Data riil temperatur HTF dengan debit aliran 4 LPM dan <i>heat flux</i> 1.000 W/m <sup>2</sup> .....	93
Lampiran 7. Data riil temperatur HTF dengan debit aliran 4 LPM dan <i>heat flux</i> 1.200 W/m <sup>2</sup> .....	102
Lampiran 8. Data riil temperatur PCM dengan debit aliran 2 LPM pada <i>heat flux</i> 1000 W/m <sup>2</sup> .....	111
Lampiran 9. Data riil temperatur PCM dengan debit aliran 3 LPM pada <i>heat flux</i> 1000 W/m <sup>2</sup> .....	120
Lampiran 10. Data riil temperatur PCM dengan debit aliran 4 LPM pada <i>heat flux</i> 1000 W/m <sup>2</sup> .....	129
Lampiran 11. Data riil temperatur PCM dengan debit aliran 4 LPM dan <i>heat flux</i> 800 W/m <sup>2</sup> .....	138
Lampiran 12. Data riil temperatur PCM dengan debit aliran 4 LPM dan <i>heat flux</i> 1.000 W/m <sup>2</sup> .....	147
Lampiran 13. Data riil temperatur PCM dengan debit aliran 4 LPM dan <i>heat flux</i> 1.200 W/m <sup>2</sup> .....	156
Lampiran 14. Data riil temperatur rata-rata HTF tiap lapis dengan debit 3 LPM dan <i>heat flux</i> 800 W/m <sup>2</sup> .....	165

Lampiran 15. Data riil temperatur rata-rata HTF tiap lapis dengan debit 3 LPM dan <i>heat flux</i> 1.000 W/m <sup>2</sup> .....	173
Lampiran 16. Data riil temperatur rata-rata HTF tiap lapis dengan debit 3 LPM dan i 1.200 W/m <sup>2</sup> .....	181
Lampiran 17. Data riil temperatur rata-rata HTF tiap lapis dengan <i>heat flux</i> 1.000 W/m <sup>2</sup> dan debit 2 LPM .....	189
Lampiran 18. Data riil temperatur rata-rata HTF tiap lapis dengan <i>heat flux</i> 1.000 W/m <sup>2</sup> dan debit 3 LPM .....	197
Lampiran 19. Data riil temperatur rata-rata HTF tiap lapis dengan <i>heat flux</i> 1.000 W/m <sup>2</sup> dan debit 4 LPM .....	205
Lampiran 20. Data rill temperatur rata-rata PCM tiap lapis pada debit 3 LPM dengan <i>heat flux</i> 800 W/m <sup>2</sup> .....	213
Lampiran 21. Data rill temperatur rata-rata PCM tiap lapis pada debit 3 LPM dengan <i>heat flux</i> 1.000 W/m <sup>2</sup> .....	221
Lampiran 22. Data rill temperatur rata-rata PCM tiap lapis pada debit 3 LPM dengan <i>heat flux</i> 1.200 W/m <sup>2</sup> .....	229
Lampiran 23. Data rill temperatur rata-rata PCM tiap lapis pada <i>heat flux</i> 1.000 W/m <sup>2</sup> dengan debit 2 LPM .....	237
Lampiran 24. Data rill temperatur rata-rata PCM tiap lapis pada <i>heat flux</i> 1.000 W/m <sup>2</sup> dengan debit 3 LPM .....	245
Lampiran 25. Data rill temperatur rata-rata PCM tiap lapis pada <i>heat flux</i> 1.000 W/m <sup>2</sup> dengan debit 4 LPM .....	253