

SKRIPSI

**KAJIAN STRATIFIKASI TERMAL PADA TANGKI PEMANAS AIR
TENAGA SURYA TIPE AKTIF BERBASIS *PHASE CHANGE MATERIAL*
DENGAN VARIASI DEBIT ALIRAN 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:

MUHAMMAD BAIHAQI

20190130106

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

2024

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan sesungguhnya bahwa skripsi/tugas akhir berjudul **“Kajian Stratifikasi Termal Pada Tangki Pemanas Air Tenaga Surya Tipe Aktif Berbasis *Phase Change Material* dengan Variasi Debit Aliran 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, 24 Januari 2024



Muhammad Baihaqi

MOTTO

“Maka sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah: 5)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(QS. Al-Baqarah: 286)

“Balas dendam terbaik adalah menjadikan dirimu lebih baik”

(Ali bin Abi Thalib)

“Berjalan tak seperti rencana adalah jalan yang sudah biasa dan jalan satu-satunya
jalani sebaik-baiknya”

(Gas-FSTVLST)

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 orang tua saya

Bapak Budi Suyono, Ibu Sri Wilujeng yang terus memotivasi saya dalam hidup

saya dan kedua adik saya Rahmania dan Rayyan atas semua dukungan dan

bantuannya.

Serta seluruh dosen Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

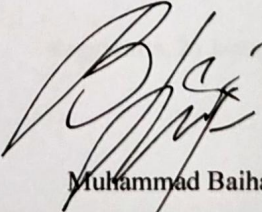
yang telah membimbing saya selama kuliah.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat, karunia serta hidayah yang telah diberikan. Sehingga, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul "**Kajian Stratifikasi Termal Pada Tangki Pemanas Air Tenaga Surya Tipe Aktif Berbasis *Phase Change Material* dengan Variasi Debit Aliran Dan *Heat Flux***". Penulis sangat bersyukur dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana dan sebagai bukti bahwa penulis telah menyelesaikan pendidikan sarjananya di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Selama penyusunan Tugas Akhir ini ini, penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kata kesempurnaan. Untuk itu kritik dan saran yang sifatnya 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, 24 Januari 2024

Penulis



Muhammad Baihaqi
20190130106

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 memberi masukan dan arahan terkait penulisan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Thoharudin, S.T., M.T., Ph.D., selaku pembimbing II yang telah membimbing dan membantu selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
4. Bapak Teddy Nurcahyadi, S.T., M.Eng., 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 SIBELA IV, yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini.
7. Teman seperjuangan Ridwan Santoso, Akbar Raihan Ma'ruf, Hilal Mufthi Aziz, Yudha Prasetya Aditama, dan Alferi Ariyanto Marfiyansyah 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 pemanas air tenaga surya.

Yogyakarta, 24 Januari 2024

Muhammad Baihaqi

DAFTAR ISI

HALAMAN MUKA	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
INTISARI	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
UCAPAN TERIMA KASIH	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Asumsi dan Batasan Masalah.....	5
1.4. Tujuan Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	6
2.1. Tinjauan Pustaka	6
2.2. Landasan Teori	9
2.2.1. Energi Matahari.....	9
2.2.2. Sistem Pemanas Air Tenaga Surya	10
2.2.3. <i>Thermal Energy Storage</i>	12
2.2.4. <i>Phase Change Material</i>	14
2.2.5. Stratifikasi Termal.....	15
2.2.6. <i>Solar Simulator</i>	16
BAB III METODE PENELITIAN	17

3.1. Bahan	17
3.2. Alat.....	19
3.2.1. Skema.....	19
3.2.2. Komponen	19
3.3. Prosedur.....	30
3.3.1. Diagram Alir Penelitian	30
3.3.2. Langkah Pelaksanaan	32
3.3.3. Pengumpulan Data	32
3.3.4. Olah Data dan Analisis Data	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1. Kalibrasi Rotameter	33
4.2. Kalibrasi Termokopel.....	34
4.3. Evolusi Temperatur Rata-rata HTF.....	36
4.4. Evolusi Temperatur Rata-rata PCM.....	36
4.5. Evolusi Temperatur HTF Tiap Lapisan	37
4.6. Evolusi Temperatur PCM Tiap Lapisan	39
4.7. Perbedaan Temperatur HTF Sisi Atas dan Bawah Tangki	39
4.8. Evolusi Bilangan Richardson.....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1. Kesimpulan.....	43
5.2. Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN.....	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema struktur matahari	9
Gambar 2.2 Klasifikasi sistem PATS.....	10
Gambar 2.3 (a) PATS sistem aktif terbuka, (b) PATS sistem aktif tertutup.....	11
Gambar 2.4 Sistem <i>thermosyphon</i> dengan pemanas tambahan	12
Gambar 2.5 Sistem <i>integrated collector storage</i>	12
Gambar 2.6 Volume dari <i>storage</i> yang dibutuhkan sebagai penyimpan energi (1800 kwh)	13
Gambar 2.7 <i>Solar simulator</i> skala besar untuk pengujian kolektor surya	16
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.....	22
Gambar 3.7 Termokopel tipe K	23
Gambar 3.8 Tangki PATS.....	23
Gambar 3.9 Pompa.....	24
Gambar 3.10 Rotameter	25
Gambar 3.11 Rangkaian pipa.....	26
Gambar 3.12 <i>Voltage regulator</i>	26
Gambar 3.13 Dimmer pompa.....	27
Gambar 3.14 AT4532 <i>Multi-Channel Temperature Meter</i>	28
Gambar 3.15 Laptop.....	29
Gambar 3.16 Diagram alir penelitian.....	31

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik PCM yang digunakan pada sistem PATS	15
Tabel 3.1 Sifat fisis air.....	17
Tabel 3.2 Spesifikasi <i>paraffin wax</i> jenis RT55	18
Tabel 3.3 Spesifikasi lampu <i>tungsten halogen</i>	20
Tabel 3.4 Spesifikasi pompa	24
Tabel 3.5 Spesifikasi dimmer pompa.....	27
Tabel 3.6 Spesifikasi AT4532 <i>Multi-Channel Temperature Meter</i>	28
Tabel 3.7 Spesifikasi laptop	29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Datasheet PCM RT55	48
Lampiran 2. Data riil Temperatur HTF dengan Debit Aliran 2 LPM dan <i>Heat Flux</i> 800 W/m ²	49
Lampiran 3. Data riil Temperatur HTF dengan Debit Aliran 2 LPM dan <i>Heat Flux</i> 1000 W/m ²	58
Lampiran 4. Data riil Temperatur HTF dengan Debit Aliran 2 LPM dan <i>Heat Flux</i> 1200 W/m ²	67
Lampiran 5. Data riil Temperatur PCM dengan Debit Aliran 2 LPM dan <i>Heat Flux</i> 800 W/m ²	76
Lampiran 6. Data riil Temperatur PCM dengan Debit Aliran 2 LPM dan <i>Heat Flux</i> 1.000 W/m ²	85
Lampiran 7. Data riil Temperatur PCM dengan Debit Aliran 2 LPM dan <i>Heat Flux</i> 1.200 W/m ²	94
Lampiran 8. Data riil Temperatur Rata-rata HTF Tiap Lapis dengan Debit 3 LPM dan <i>Heat Flux</i> 800 W/m ²	103
Lampiran 9. Data riil Temperatur Rata-Rata PCM Tiap Lapis Pada Debit 3 LPM dengan <i>Heat Flux</i> 800W/m ²	111
Lampiran 10. Data riil Perbedaan Temperatur HTF Sisi Atas dan Bawah Pada Debit 3 LPM.....	119
Lampiran 11. Data riil Perbedaan Temperatur HTF Sisi Atas dan Bawah Pada <i>Heat Flux</i> 1000 W/m ²	127
Lampiran 12. Data riil Evolusi Bilangan Richardson Pada <i>Heat Flux</i> 1000 W/m ²	135
Lampiran 13. Data riil Evolusi Bilangan Richardson Pada Debit 3 LPM	142