

**ANALISIS BILANGAN STEFAN PADA TANGKI SISTEM PEMANAS
AIR TENAGA SURYA TIPE AKTIF BERISI *PARAFFIN WAX* DENGAN
VARIASI DEBIT ALIRAN**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Program Studi S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun Oleh:

MUHAMMAD KARIM WIJAYANTO

20180130112

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

YOGYAKARTA

2022

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi/tugas akhir berjudul "**Analisis Bilangan Stefan pada Tangki Sistem Pemanas Air Tenaga Surya Tipe Aktif Berisi *Paraffin Wax* dengan Variasi Debit Aliran**" 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, 3 Oktober 2022

A 10,000 Rupiah Indonesian banknote is shown with a signature written over it. The banknote features the Garuda Pancasila emblem and the text 'REPUBLIK INDONESIA', 'DAPAT BELI TANPA BELI', and the serial number 'BF03CA20953774824'.

Muhammad Karim Wijayanto

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(QS. Al-Baqarah: 286)

“Maka sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan”

(QS. Al-Insyirah: 5)

“Keberhasilan bukanlah milik orang pintar. Namun keberhasilan itu adalah milik orang yang senantiasa berusaha”

(Bj Habibie)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini adalah bagian dari ibadah saya kepada Allah SWT karena kepada-Nya

kami menyembah, dan kepada-Nya kami mohon pertolongan.

Sekaligus, sebagai ungkapan terima kasih kepada

Alm. Bapak Jimianto, Ibu Wiji Lestari, yang terus memotivasi saya dalam

hidup saya, dan kakak saya Marmiyati

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 "**Analisis Bilangan Stefan pada Tangki Sistem Pemanas Air Tenaga Surya Tipe Aktif Berisi *Paraffin Wax* dengan Variasi Debit Aliran**". 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. Selain itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.

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, November 2022

Penulis



Muhammad Karim Wijayanto

20180130112

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. 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 Dr. Ir. Sudarja, M.T., IPM, 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 III”, yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.
7. Teman seperjuangan “Hanifan Darmawan, Tegar Bagaskara, Ardan Fakhriza, Yaafi Hidayat, Aminudin Fajrul Haqqu dan Tim Sibela V” yang telah membantu penulis dalam penelitian tugas akhir.
8. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2018 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, 3 November 2022



Muhammad Karim Wijayanto

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
INTISARI	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
UCAPAN TERIMAKASIH	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Asumsi dan Batasan Masalah.....	6
1.4. Tujuan Penelitian.....	6
1.5. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	7
2.1. Tinjauan Pustaka	7
2.2. Landasan Teori.....	11
2.2.1. Energi Surya.....	11
2.2.2. Sistem Pemanas Air Tenaga Surya	12

2.2.2.1.	PATS sistem aktif	13
2.2.2.2.	PATS Sistem Pasif.....	14
2.2.3.	<i>Thermal Energy Storage</i>	16
2.2.3.1.	<i>Sensibel Heat Storage</i>	16
2.2.3.2.	<i>Latent Heat Storage</i>	17
2.2.3.3.	<i>Chemical Energy Storage</i>	18
2.2.4.	<i>Phase Change Material</i>	18
2.2.5.	Bilangan Stefan	19
2.2.6.	<i>Solar Simulator</i>	20
2.2.7.	Perpindahan Kalor Konduksi	21
2.2.8.	Perpindahan Kalor Konveksi	22
2.2.9.	Perpindahan Kalor Radiasi.....	22
BAB III METODE PENELITIAN		23
3.1.	Bahan Penelitian.....	23
3.2.	Skema Alat Penelitian	24
3.3.	Komponen dan Alat Penelitian.....	25
3.4.	Prosedur Penelitian.....	35
3.4.1.	Diagram alir penelitian.....	35
3.4.2.	Langkah pelaksanaan	37
3.4.3.	Pengumpulan Data	37
3.4.4.	Olah Data dan Analisis Data	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		38
4.1.	Kalibrasi Termokopel.....	38
4.2.	Kalibrasi Rotameter.....	39
4.3.	Evolusi Temperatur Rata-rata HTF	40

4.4.	Evolusi Temperatur Rata-rata PCM	41
4.5.	Perbedaan Evolusi Temperatur Rata-rata HTF dan PCM	42
4.6.	Pengaruh Debit Aliran Terhadap Evolusi Temperatur Rata-rata HTF... ..	43
4.8.	Evolusi Bilangan Stefan	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		47
5.1.	Kesimpulan.....	47
5.2.	Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA		48
LAMPIRAN.....		51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema struktur matahari.....	12
Gambar 2.2. Klasifikasi sistem PATS.....	13
Gambar 2.3. PATS sistem aktif (a) sistem aktif terbuka, (b) sistem aktif tertutup	13
Gambar 2.4. Sistem <i>thermoshypon</i> dengan pemanas tambahan	15
Gambar 2.5. Sistem <i>integrated collector storage</i>	15
Gambar 2.6. Volume dari <i>storage</i> yang dibutuhkan sebagai penyimpan energi (1800 kWh)	16
Gambar 2.7. Diagram temperatur-waktu pada pemanasan suatu zat	18
Gambar 2.8. <i>Solar simulator</i> skala besar untuk pengujian kolektor surya	20
Gambar 3.1. <i>Paraffin wax</i> RT55	23
Gambar 3.2. Skema alat penelitian PATS.....	24
Gambar 3.3. <i>Solar Simulator</i>	25
Gambar 3.4. Kolektor Surya	26
Gambar 3.5. Piranometer	27
Gambar 3.6. Tangki PATS.....	28
Gambar 3.7. Kapsul PCM	28
Gambar 3.8. Termokopel tipe K	29
Gambar 3.9. Rangkaian pipa rucika kelen green	30
Gambar 3.10. Rotameter air	30
Gambar 3.11. Pompa.....	31
Gambar 3.12. Dimmer pompa.....	32
Gambar 3.13. <i>Voltage Regulator</i>	32
Gambar 3.14. AT4532 <i>multi-channel temperature meter</i>	33
Gambar 3.15. Laptop.....	34
Gambar 3.16. Diagram alir penelitian.....	35
Gambar 3.17. Diagram alir penelitian (lanjutan)	36
Gambar 4.1. Sketsa letak termokopel di dalam tangki TES	39
Gambar 4.2. Evolusi temperatur HTF.....	41
Gambar 4.3. Evolusi temperatur PCM.....	42

Gambar 4.4. Perbedaan evolusi temperatur HTF dan PCM.....	43
Gambar 4.5. Evolusi temperatur HTF.....	44
Gambar 4.6. Evolusi bilangan Stefan.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik PCM yang digunakan pada sistem PATS	19
Tabel 3.1. Sifat fisis air	23
Tabel 3.2. Sifat termofisik <i>paraffin wax</i> RT55	24
Tabel 3.3. Spesifikasi lampu pada <i>Solar Simulator</i>	25
Tabel 3.4. Spesifikasi kolektor surya	26
Tabel 3.5. Spesifikasi Onset S-LIB-M003	27
Tabel 3.6. Spesifikasi pompa	31
Tabel 3.7. Spesifikasi dimmer pompa.....	32
Tabel 3.8. Spesifikasi AT4532 <i>multi-channel temperature meter</i>	33
Tabel 3.9. Spesifikasi laptop	34
Tabel 4.1. Hasil kalibrasi termokopel	38
Tabel 4.2. Hasil percobaan rotameter	40
Tabel 4.3. Kalibrasi rotameter.....	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Datasheet</i> PCM RT55	51
Lampiran 2. Data riil temperatur HTF variasi 1 LPM	52
Lampiran 3. Data riil temperatur HTF variasi 2 LPM	60
Lampiran 4. Data riil temperatur HTF variasi 3 LPM	68
Lampiran 5. Data riil temperatur PCM variasi 1 LPM	76