

SKRIPSI

**PENGARUH DEBIT ALIRAN TERHADAP KAPASITAS PENGUMPULAN
ENERGI TERMAL DI DALAM TANGKI PEMANAS AIR TENAGA SURYA
SISTEM AKTIF YANG BERISI *PHASE CHANGE MATERIAL***

**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 :
DANI NOVRYADI
20160130149**

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

2021

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Dengan ini saya menyatakan :

1. Tulisan saya, tesis/tugas akhir yang berjudul “**Pengaruh Debit Aliran Terhadap Kapasitas Pengumpulan Energi Termal Di Dalam Tangki Pemanas Air Tenaga Surya Sistem Aktif Yang Berisi *Phase Change Material***” adalah karya saya, dan belum ada karya yang pernah diajukan untuk gelar sarjana, baik di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan di universitas lainnya.
2. Dalam tulisan ini, tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dilaporkan sebagai referensi dalam naskah dengan nama penulis disebutkan dan tercantum dalam daftar pustaka.
3. Pernyataan yang saya buat ini adalah sah, dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah saya peroleh karena makalah ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di universitas ini.

Yogyakarta, ... Juli 2021



Dani Novryadi

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

Bapak Abdul Kodir dan Ibu Yayah Dahlia, yang terus memotivasi saya dalam

hidup saya, dan kakak saya Dea Febryani

atas semua dukungan dan bantuannya.

Almamater saya, terima kasih telah mengizinkan saya untuk belajar tanpa henti

sampai akhir hayat saya.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh.

Segala puji bagi Allah SWT tidak ada Tuhan selain Dia yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar sebagaimana mestinya. Sholawat dan salam senantiasa tercurah kepada Nabi kita Muhammad SAW untuk keluarga, sahabat, dan seluruh pengikutnya hingga hari kiamat.

Alhamdulillahirobbil'alamin penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Debit Aliran Terhadap Kapasitas Pengumpulan Energi Termal Di Dalam Tangki Pemanas Air Tenaga Surya Sistem Aktif Yang Berisi *Phase Change Material*”**. 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. Semoga dibalas oleh Allah SWT.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat kesalahan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran untuk membangun Tugas Akhir ini lebih baik lagi kedepannya. Penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca serta dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya. Atas perhatiannya saya ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta,... Juli 2021



Dani Novryadi

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
MOTTO	iv
PERSEMBAHAN	v
INTISARI	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR	viii
UCAPAN TERIMA KASIH	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR NOTASI	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Asumsi dan Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1. Tinjauan Pustaka.....	5
2.1.1. Pemanas air tenaga surya.....	5
2.1.2. PCM sebagai <i>thermal energy storage</i> pada PATS.....	5
2.1.3. <i>Solar simulator</i>	8
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>	17
2.2.5. <i>Charging dan Discharging</i>	18
2.2.6. Kapasitas pengumpulan energi termal di dalam tangki TES	18
2.2.7. Bilangan Stefan	19
2.2.8. <i>Solar simulator</i>	19
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1. Bahan Penelitian	21
3.2. Skema Alat Penelitian.....	22
3.3. Komponen dan Alat Penelitian	23
3.4. Prosedur Penelitian	32
3.4.1. Diagram alir penelitian.....	32
3.4.2. Langkah pelaksanaan	34
3.4.3. Pengumpulan data	34
3.4.4. Olah data dan Analisis data.....	34
3.5. Kesulitan Penelitian	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1. Hasil Pengujian <i>Solar Simulator</i>	35
4.2. Kalibrasi Rotameter	35
4.3. Kalibrasi Termokopel	37
4.4. Evolusi Temperatur <i>Input dan Output</i> Tangki TES.....	38
4.5. Evolusi Temperatur Rata-rata HTF	40
4.6. Evolusi Temperatur Rata-rata PCM	41
4.7. Perbandingan Evolusi Temperatur HTF dan PCM.....	42
4.8. Kapasitas Pengumpulan Energi Termal di Dalam Tangki.....	43
4.8.1. Perhitungan kapasitas pengumpulan energi termal 2 LPM.....	43
4.8.2. Perhitungan kapasitas pengumpulan energi termal 3 LPM.....	45
4.8.3. Perhitungan kapasitas pengumpulan energi termal 4 LPM.....	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1. Kesimpulan	52
5.2. Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur matahari	10
Gambar 2.2. Sistem PATS.....	10
Gambar 2.3. Sistem PATS <i>thermosyphon</i>	11
Gambar 2.4. Sistem PATS ICS	12
Gambar 2.5. <i>Open loop system</i>	13
Gambar 2.6. <i>Closed loop system</i>	13
Gambar 2.7. Metode penyimpanan energi termal	14
Gambar 2.8. Volume dari <i>storage</i> yang dibutuhkan untuk menyimpan energi	15
Gambar 2.9. Diagram temperatur-waktu pada pemanasan suatu zat	16
Gambar 2.10. Skema variasi temperatur pada sistem LHS	18
Gambar 2.11. Solar simulator.....	20
Gambar 3.1 Paraffin wax RT55.....	21
Gambar 3.2. Skema alat penelitian.....	22
Gambar 3.3. <i>Solar simulator</i>	23
Gambar 3.4. Kolektor surya	24
Gambar 3.5. Piranometer	24
Gambar 3.6. Kapsul PCM	25
Gambar 3.7. Termokopel tipe K.....	26
Gambar 3.8. Tangki TES	26
Gambar 3.9. Akuisisi data	27
Gambar 3.10. Laptop	28
Gambar 3.11. Rotameter air	28
Gambar 3.12. Pompa	29
Gambar 3.13. Dimmer	30
Gambar 3.14. Rucika JIS	30
Gambar 3.15. Termometer standar	31
Gambar 3.16. <i>Voltage regulator</i>	31
Gambar 3.17. Diagram alir penelitian	32
Gambar 3.18. Diagram alir penelitian (lanjutan).....	33
Gambar 4.1. Kalibrasi rotameter	36
Gambar 4.2. Sketsa penempatan termokopel di tangki TES	38

Gambar 4.3. Evolusi temperatur input dan output selama proses charging	39
Gambar 4.4. Gambar 4.4. Evolusi temperatur rata-rata HTF	40
Gambar 4.5. Evolusi temperatur rata-rata PCM	41
Gambar 4.6. Perbandingan temperatur HTF dan PCM	42
Gambar 4.7. Kapasitas pengumpulan energi termal.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Sifat fisis air.....	21
Tabel 3.2 Sifat termofisik <i>paraffin wax</i> RT55.....	22
Tabel 3.3. Spesifikasi lampu pada <i>solar simulator</i>	23
Tabel 3.4. Spesifikasi kolektor surya.....	24
Tabel 3.5. Spesifikasi Onset S-LIB-M003	25
Tabel 3.6. Spesifikasi kapsul PCM.....	25
Tabel 3.7. Spesifikasi tangki TES	26
Tabel 3.8. Spesifikasi AT4532 <i>multi-channel temperature meter</i>	27
Tabel 3.9. Spesifikasi laptop	28
Tabel 3.10. Spesifikasi rotameter FL46300	29
Tabel 3.11. Spesifikasi pompa.....	29
Tabel 3.12. Spesifikasi dimmer	30
Tabel 4.1. Pengujian solar simulator	35
Tabel 4.2. Pengujian rotameter.....	36
Tabel 4.3. Kalibrasi termokopel	37
Tabel 4.4. Detail pengujian 2 LPM	43
Tabel 4.5. Detail pengujian 3 LPM	45
Tabel 4.6. Detail pengujian 4 LPM	47
Tabel 4.7. Densitas energi	50

DAFTAR NOTASI

m	: massa bahan penyimpanan (kg)
c_p	: kapasitas panas spesifik (kJ/kg.°C)
ΔT	: perbedaan temperatur (°C)
ρ	: massa jenis bahan (kg/ m ³)
V	: volume bahan penyimpanan (m ³)
E	: kapasitas pengumpulan energi termal (kJ)
m_w	: massa air (kg)
m_p	: massa PCM (kg)
m_d	: massa kapsul (kg)
$c_{p,w}$: kalor jenis air (kJ/kg.°C)
$c_{p,ps}$: kalor jenis PCM padat (kJ/kg.°C)
$c_{p,pl}$: kalor jenis PCM cair (kJ/kg.°C)
c_d	: kalor jenis dinding kapsul (kJ/kg.°C)
$T_{w,f}$: temperatur akhir air (°C)
$T_{w,i}$: temperatur awal air (°C)
$T_{p,f}$: temperatur akhir PCM (°C)
$T_{p,i}$: temperatur awal PCM (°C)
T_m	: temperatur leleh PCM (°C)
L	: kalor laten pelelehan (J/kg)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Datasheet PCM RT55	57
Lampiran 2. <i>Saturated Water</i>	58
Lampiran 3. Data riil temperatur <i>input</i> dan <i>output</i> variasi debit 2 LPM.....	59
Lampiran 4. Data riil temperatur <i>input</i> dan <i>output</i> variasi debit 3 LPM.....	63
Lampiran 5. Data riil temperatur <i>input</i> dan <i>output</i> variasi debit 4 LPM.....	67
Lampiran 6. Data riil temperatur HTF variasi 2 LPM.....	71
Lampiran 7. Data riil temperatur HTF variasi 3 LPM.....	75
Lampiran 8. Data riil temperatur HTF variasi 4 LPM.....	79
Lampiran 9. Data riil temperatur PCM variasi 2 LPM.....	83
Lampiran 10. Data riil temperatur PCM variasi 3 LPM.....	87
Lampiran 11. Data riil temperatur PCM variasi 4 LPM.....	91