

**UNJUK KERJA TERMAL PEMANAS AIR TENAGA SURYA
THERMOSYPHON YANG BERISI PCM KAPASITAS 60
LITER SELAMA PROSES CHARGING**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Program Studi S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



Disusun oleh :

IMAM RIZKY MUBTADI'IN

20130130194

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

2017

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi / tugas akhir berjudul **“Unjuk Kerja Termal Pemanas Air Tenaga Surya Thermosyphon Kapasitas 60 Liter Yang Berisi PCM Selama Proses Charging”** ini adalah asli 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 ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, Agustus 2017

Imam Rizky Muftadi'in

HALAMAN PERSEMBAHAN

Lantunan do'a kupanjatkan dalam setiap sujudku, menadahkan doa disetiap hariku, dalam syukur yang tiada terkira, Allah mengirimkanku anugrah yang begitu indah. terima kasihku untukmu. Kupersembahkan karya ini untuk Ayah dan Ibuku tercinta, yang tak pernah henti memberikan kasih dan sayangnya pada raga ini.

Ayah meski tak sempat dirimu melihatku menyelesaikan pendidikanku. Segala hasil capaianku selama ini adalah berkat seluruh usaha dan didikanmu. Engkaulah panutanku meski didunia ini tak dapat aku bertemu denganmu. Aku akan selalu berusaha untuk membahagiakanmu kusiapkan singgasana disurga untukmu.

Ibu engkau adalah gambaran malaikat yang nyata didunia ini. Kasih sayangmu tak akan mampu ditukar dengan dunia dan seisinya, tak ada kata yang dapat menggambarkan rasa cinta dan sayangku padamu. Aku berjanji akan selalu memberikan yang terbaik untukmu.

Ttd. Penulis

KATA PENGANTAR

Setinggi puji dan sedalam syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah S.W.T., Tuhan seluruh alam. Atas rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan perancangan untuk Tugas Akhir Program Studi S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan judul “Unjuk Kerja Termal Pemanas Air Tenaga Surya *Thermosyphon* Kapasitas 60 Liter Yang Berisi PCM Selama Proses *Charging*”.

Pada Tugas Akhir ini, penulis mencoba mengembangkan teknologi Pemanas Air Tenaga Surya dalam aspek unjuk kerja penyimpanan energi termal. Besar harapan penulis bahwa penelitian ini dapat berkelanjutan sehingga suatu saat menjadi produk yang bermanfaat.

Tugas Akhir ini dapat diselesaikan atas bimbingan Bapak Muhammad Nadjib, S.T., M.Eng. selaku pembimbing utama pada Tugas Akhir ini yang selalu menyediakan waktu untuk berdiskusi dan banyak memberikan inspirasi serta motivasi dalam pengerjaan penelitian ini. Atas hal tersebut penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Muhammad Nadjib, S.T., M.Eng.. Semoga Allah S.W.T. menetapkannya sebagai kebaikan yang tiada putus.

Penulis menyadari bahwa tersusunnya Tugas Akhir ini juga tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, saran dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Novi Caroko, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Tito Hadji Agung Santoso, S.T., M.T., selaku pembimbing kedua yang telah membimbing dan membantu selama proses pengerjaan Tugas akhir.
3. Seluruh pegawai dan staff TU Prodi, Jurusan, dan Fakultas di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

4. Ayahanda Ma'sum (Alm) beserta Ibunda Solihati serta seluruh keluarga atas segala do'a, dukungan, kasih sayang yang begitu besar kepada penulis.
5. Seluruh teman-teman seperjuangan jurusan "Teknik Mesin 2013" yang telah berjuang bersama-sama menempuh pendidikan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta serta semua yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Teman seperjuangan "Bangkit, Rasyid A, Iqbal, Imam D.S., Mantep, Arwan, Abdi" yang telah banyak membantu selama jalannya penelitian hingga akhir pengerjaan skripsi.
7. Teman seperjuangan "JOMBS Squad" yang telah berjuang bersama-sama baik didunia dan inshaa Allah akherat.

Semoga Allah SWT memberikan barakah atas kebaikan dan jasa-jasa mereka semua dengan rahmat dan kebaikan yang terbaik dari-Nya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membaca dan mempelajarinya. Aamiin.

Yogyakarta, 16 Agustus 2017

Penulis

INTISARI

Pemanas air tenaga surya (PATS) memanfaatkan panas dari radiasi matahari sebagai sumber pemanasannya. PATS menggunakan air sebagai penyimpanan kalor. Penggunaan air sebagai penyimpan kalor memiliki kekurangan seperti densitas yang relatif rendah, serta memiliki massa yang berat. Untuk menanggulangi hal tersebut perlu adanya sistem penyimpanan tambahan yaitu dengan menambahkan *Phase change material* (PCM). Penelitian sebelumnya menyatakan penggunaan PCM dengan menggabungkan air dengan *paraffin wax* mampu mengoptimalkan kinerja PATS.

Pengembangan dari penelitian sebelumnya pada penelitian kali ini kapasitas tangki diperbesar menjadi 60 liter. Penelitian ini berlangsung selama proses *charging*, bertujuan untuk mengetahui unjuk kerja termal mencakup evolusi temperatur HTF, PCM, permukaan kolektor, kecepatan pemanasan, dan efisiensi pengumpulan energi kumulatif yang terjadi selama proses *charging* berlangsung. Penelitian dimulai dari memposisikan kolektor kearah matahari, mengisi tangki air, hingga pengaktifan pembacaan data. Proses penelitian berlangsung hingga PCM mencapai temperatur lelehnya.

Hasil yang didapat selama pengujian rata-rata intensitas radiasi tertinggi didapat 580,17 W/m² besarnya intensitas radiasi mempengaruhi evolusi temperatur dari HTF, PCM, dan permukaan kolektor. Kecepatan pemanasan rata-rata tertinggi yang diperoleh pada HTF sebesar 0,1209°C dan PCM 0,1228°C. Kecepatan pemanasan rata-rata HTF dan PCM tidak berbeda jauh menyatakan pertukaran kalor antara HTF dan PCM berjalan dengan baik. Rendahnya kecepatan dari pemanasan HTF penyebabnya rugi-rugi kalor ke lingkungan yang masih terjadi. Efisiensi pengumpulan energi kumulatif tertinggi sebesar 46,54%, besarnya

efisiensi yang diperoleh mengindikasikan sistem kerja PATS mampu menerima dan menyimpan energi termal dengan baik.

Keywords: PATS, PCM, HTF, *paraffin wax*, *thermosyphon*, *charging*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
INTISARI	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	
2.1. Tinjauan Pustaka	
2.1.1. PATS dengan aliran <i>thermosyphon</i>	4
2.1.2. Penggunaan PCM Pada Sistem PATS	5
2.1.3. Penggunaan <i>Paraffin wax</i> Sebagai PCM Pada Sistem PATS.....	6
2.2. Landasan Teori	

2.2.1. Radiasi Matahari	6
2.2.2. Sistem PATS	8
2.2.3. Aliran <i>Thermosyphon</i>	12
2.2.4. Sistem <i>Thermal Energy Storage</i> (TES)	12
2.2.4.1. Penyimpanan Energi	12
2.2.4.2. <i>Thermal Energy Storage</i> (TES)	12
2.2.5. <i>Phase Change Material</i> (PCM)	15
2.2.6. Proses <i>Charging</i>	17
2.2.7. Efisiensi Pengumpulan Energi Kumulatif	19
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1. Bahan Penelitian.....	20
3.2. Alat Penelitian	20
3.2.1. Skema Alat.....	20
3.2.2. Alat Utama	22
3.3. Prosedur Penelitian	
3.3.1. Diagram alir penelitian	31
3.3.2. Langkah Pelaksanaan	33
3.3.3. Pengambilan Data	33
3.3.3. Analisis Data	33
3.4. Kesulitan Penelitian	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Kalibrasi Termokopel.....	35
4.2. Proses <i>Charging</i>	36
4.2.1. Intensitas radiasi.....	36
4.2.2. Distribusi temperatur HTF	39
4.2.3. Distribusi temperatur PCM	41
4.2.4. Kecepatan pemanasan rata-rata HTF dan PCM.....	44
4.2.5. Distribusi Temperatur Kolektor	47
4.2.6. Efisiensi Pengumpulan Energi Kumulatif	49

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan55

5.2. Saran.....56

DAFTAR PUSTAKA57

LAMPIRAN60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Cara radiasi mencapai bumi	7
Gambar 2.2 Kolektor matahari tipe plat datar.....	8
Gambar 2.3 Tangki penyimpanan	9
Gambar 2.4 Sistem pemanas air tenaga surya.....	10
Gambar 2.5 Sistem PATS (a) aktif langsung (b) aktif tidak langsung.....	10
Gambar 2.6 Sistem PATS thermosyphon	11
Gambar 2.7 Penyimpanan energi termal	13
Gambar 2.8 Skema kerja LHS sebagai penyimpan panas.....	14
Gambar 2.9 Klasifikasi material PCM	15
Gambar 2.10 Perubahan PCM dari padat ke cair	15
Gambar 2.11 Ilustrasi skema temperatur selama proses charging	17
Gambar 3.1 Skema PATS	21
Gambar 3.2 Letak termokopel HTF dan PCM dalam tangki TES.....	21
Gambar 3.3. kolektor surya.....	22
Gambar 3.4. Tangki penyimpanan air panas.....	22
Gambar 3.5. komputer.....	23
Gambar 3.6. Data logger	24
Gambar 3.7. Pyranometer	24
Gambar 3.8. Data akuisisi	25
Gambar 3.9. Termokopel	26
Gambar 3.10. Anemometer	26
Gambar 3.11. Sensor temperatur udara.....	27
Gambar 3.12. Kapsul pipa tembaga	28

Gambar 3.14. Flowmeter.....	28
Gambar 3.15. Katup pengaman.....	29
Gambar 3.16. Glass wool.....	29
Gambar 3.17 Diagram alir penelitian.....	31
Gambar 4.1. letak termokopel pada permukaan kolektor	36
Gambar 4.2. Radiasi matahari dan akumulasi energi tanggal 25 November 2016	37
Gambar 4.3. Radiasi matahari dan akumulasi energi tanggal 26 November 2016	37
Gambar 4.4. Radiasi matahari dan akumulasi energi tanggal 06 Desember 2016	38
Gambar 4.5. Evolusi temperatur HTF tanggal 25 November 2016.....	39
Gambar 4.6. Evolusi temperatur HTF tanggal 26 November 2016.....	40
Gambar 4.7. Evolusi temperatur HTF tanggal 06 Desember 2016.....	40
Gambar 4.8. Evolusi temperatur PCM tanggal 25 November 2016.....	42
Gambar 4.9. Evolusi temperatur PCM tanggal 26 November 2016.....	42
Gambar 4.10. Evolusi temperatur PCM tanggal 06 Desember 2016.....	43
Gambar 4.11. Evolusi temperatur permukaan kolektor tanggal 25 November 2016.....	47
Gambar 4.12. Evolusi temperatur permukaan kolektor tanggal 26 November 2016.....	48
Gambar 4.13. Evolusi temperatur permukaan kolektor tanggal 06 Desember 2016.....	48
Gambar 4.14. Efisiensi pengumpulan energi kumulatif tanggal 25 November 2016.....	52
Gambar 4.15. Efisiensi pengumpulan energi kumulatif tanggal 26 November 2016.....	52
Gambar 4.16. Efisiensi pengumpulan energi kumulatif tanggal 06 Desember 2016	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 karakteristik PCM berdasarkan sifat-sifatnya.....	16
Tabel 2.2. Perbandingan PCM organik dan non organik.....	16
Tabel 3.1 Sifat fisik paraffin wax RT52.....	20
Tabel 3.2. Spesifikasi kolektor surya.....	22
Tabel 3.3. Spesifikasi tangki penyimpanan air panas.....	23
Tabel 3.4. Spesifikasi komputer.....	23
Tabel 3.5. Spesifikasi data logger.....	24
Tabel 3.6. Spesifikasi pyranometer.....	25
Tabel 3.7. Spesifikasi data akuisisi.....	25
Tabel 3.8. Spesifikasi termokopel.....	26
Tabel 3.9. Spesifikasi <i>anemometer</i>	27
Tabel 3.10. Spesifikasi sensor temperatur udara.....	27
Tabel 3.11. Spesifikasi kapsul pipa tembaga.....	28
Tabel 3.12. Spesifikasi rotarimeter.....	29
Tabel 3.13. Spesifikasi katup pengaman.....	29
Tabel 3.14. Spesifikasi <i>glass wool</i>	30
Tabel 4.1. Kalibrasi termokopel HTF.....	35
Tabel 4.2. Kalibrasi termokopel PCM.....	35
Tabel 4.3 Kalibrasi termokopel permukaan kolektor.....	36
Tabel 4.4 Waktu pengujian.....	36
Tabel 4.5. Kecepatan pemanasan rata-rata HTF.....	45
Tabel 4.6. Kecepatan pemanasan rata-rata PCM.....	46
Tabel 4.7. Hasil perhitungan kumulatif.....	51

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

- u_{heat} = Kecepatan pemanasan ($^{\circ}\text{C}/\text{menit}$)
- $T_{k,1}$ = Temperatur termokopel saat ini ($^{\circ}\text{C}$)
- $T_{k,2}$ = Temperatur termokopel sebelumnya
($^{\circ}\text{C}$)
- V_{heat} = Kecepatan pemanasan
- t = Waktu (menit)
- A_C = Luas kolektor (m)
- I_c = Intensitas radiasi matahari (W/m^2)
- m_w = Massa air (Kg)
- $C_{p,w}$ = Kalor jenis air ($\text{kJ}/\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}$)
- $T_{w,1}$ = Temperatur awal ($^{\circ}\text{C}$)
- $T_{w,2}$ = Temperatur akhir ($^{\circ}\text{C}$)
- Q_{collect} = Energi termal yang diterima (kJ)
- Q_{incident} = Energi termal yang terjadi (kJ)
- η = Efisiensi pengumpulan energi kumulatif
(%)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data temperatur PATS 25 November 2016.....	61
Lampiran 2. Data radiasi dan kecepatan pemanasan PATS 25 November 2016	65
Lampiran 3. Olah data 25 November 2016.....	67
Lampiran 4. Data temperatur PATS 26 November 2016.....	70
Lampiran 5. Data radiasi dan kecepatan pemanasan PATS 26 November 2016	74
Lampiran 6. Olah data 26 November 2016.....	76
Lampiran 7. Data temperatur PATS 06 Desember 2016	79
Lampiran 8. Data radiasi dan kecepatan pemanasan PATS 06 Desember 2016	83
Lampiran 9. Olah data 06 Desember 2016.....	85