

**STUDI EKSPERIMENTAL PENYIMPANAN ENERGI TERMAL PADA
TANGKI PEMANAS AIR TENAGA SURYA BERBASIS PCM :
METODE EKSPERIMEN *INDOOR***

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Program Studi S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



Disusun oleh :

TRIA LENDRIK PRASETYA

20150130063

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

YOGYAKARTA

2019



LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PENYIMPANAN ENERGI TERMAL PADA
TANGKI PEMANAS AIR TENAGA SURYA BERBASIS PCM :
METODE EKSPERIMEN *INDOOR***

Oleh :

Tria Lendrik Prasetya

(20150130063)

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada Senin, 23 September 2019

Dosen Pembimbing 1

Muhammad Nadjib, S.T., M.Eng.
NIK. 19660616 199702 123033

Dosen Pembimbing 2

Tito Hadji Agung S., S.T., M.T.
NIK. 19720222 200310 123054

Dewan Penguji

Novy Caroko, S.T., M.Eng.
NIP. 19791113 200501 1001

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Pada Jumat, 27 September 2019

Mengetahui,

**Ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**

Berli P. Kamler, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D
NIK. 19740302 200104 123049

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi / tugas akhir berjudul **“Studi Eksperimental Penyimpanan Energi Termal Pada Tangki Pemanas Air Tenaga Surya Berbasis PCM: Metode Eksperimen Indoor”** 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, September 2019



Tria

Tria Lendrik Prasetya

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Yakinlah ada sesuatu yang menantimu selepas banyak kesabaran (yang kau jalani) yang akan membuatmu terpana hingga kau lupa pedihnya rasa sakit. “

(Imam Ali Ibn Abi Thalib AS)

Skripsi ini saya persembahkan kepada kedua orang tua dan kedua kakak saya serta seluruh dosen Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah membimbing saya selama kuliah.

INTISARI

Pemanas air tenaga surya (PATS) adalah salah satu aplikasi teknologi termal energi matahari yang berfungsi untuk menghasilkan air panas guna memenuhi kebutuhan rumah tangga maupun industri. Berfluktuasinya intensitas radiasi matahari menyebabkan penelitian PATS berbasis *phase change material* (PCM) sistem aktif dengan eksperimen *outdoor* memiliki kekurangan yaitu tidak dapat mengungkap pengaruh besarnya sumber energi input terhadap karakteristik termal yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan karakteristik penyimpanan energi termal pada tangki PATS selama proses *charging* menggunakan variasi *heat flux*.

Eksperimen ini dilakukan dengan metode *indoor* menggunakan *solar simulator* yang berfungsi untuk mensuplai *heat flux* konstan pada PATS-PCM. *Solar simulator* dipasang pada bagian atas kolektor. *Solar simulator* diatur sedemikian rupa sehingga menghasilkan *heat flux* dengan variasi 800 W/m^2 , 1000 W/m^2 , dan 1200 W/m^2 . Data temperatur air yang ada di dalam tangki direkam. Pengujian diulang dengan mengubah variasi *heat flux*. Analisis data dilakukan untuk mengetahui akumulasi penyimpanan energi termal yang tersimpan pada tangki PATS.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penelitian ini memakai *heat flux* sebesar 1200 W/m^2 dan debit 2 LPM. Akumulasi penyimpanan kalor adalah 10,07 MJ selama waktu *charging* 98 menit. Informasi ini dapat digunakan untuk memprediksi waktu yang dibutuhkan dalam proses pemanasan PATS. Waktu pemanasan merupakan parameter penting dalam menilai kinerja PATS.

Kata kunci : *Charging, HTF, PATS sistem aktif, PCM, solar simulator*

ABSTRACT

Solar water heater (SWH) is one of the applications of solar energy thermal technology that serves to produce hot air to fulfill household and industrial. The fluctuation of solar radiation intensity leads to research of SWH based on phase change material (PCM) active systems with outdoor experimentation that is unable to uncover the influence of the magnitude of input energy source against thermal characteristics are produced. The study was conducted with the aim of thermal energy storage characteristics of the SWH tanks during the filling process using heat flux variations.

This experiment was done by indoor method using solar simulator which serves to supply constant heat flux on SWH-PCM. Solar simulator is mounted on the top of the collector. Solar Simulator is set in such a way that produces heat flux with a variation of 800 W/m^2 , 1000 W/m^2 , and 1200 W/m^2 . The water temperature Data in the tank is recorded. Testing is repeated by changing the flux heat variation. Data analysis is conducted to determine the accumulation of thermal energy storage stored in the SWH tank.

Products research results that this research con heat flux of 1200 W/m^2 and discharge 2 LPM. The accumulation of heat storage is 10, 07 MJ during the time of charging 98 minutes. About this can be used to predict when it is needed in the SWH heating process. When liquid heating parameters repent in assessing SWH performance.

Keywords: *Active system SWH, Charging, HTF, PCM, Solar Simulator*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alaamiin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Studi Eksperimental Penyimpanan Energi Termal Pada Tangki Pemanas Air Tenaga Surya Berbasis PCM : Metode Eksperimen *Indoor*”. Tugas Akhir ini diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Tema tugas akhir ini masuk dalam klaster energi terbarukan khususnya energi matahari. Judul ini diangkat sebagai bentuk kepedulian penulis terhadap pengembangan teknologi energi matahari dengan fokus pemanas air tenaga surya (PATS). Penulis mencoba turut berkontribusi dalam pengembangan alat tersebut yaitu dengan menambahkan *paraffin wax* sebagai penyimpanan energi termal di dalam tangki. Penelitian ini hanya khusus membahas tentang penyimpanan energi termal pada tangki.

Tugas Akhir ini diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Dalam penyusunan laporan 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. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembacanya.

Yogyakarta, September 2019

Penulis

Tria Lendrik Prasetya

20150130063

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 Berli Paripurna Kamiel, S.T., M. Eng. Sc., Ph.D, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Muhammad Nadjib, S.T., M. Eng., selaku pembimbing I yang telah memberikan banyak ilmu dan waktu luangnya untuk memberi masukan dan inspirasi terkait penulisan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Tito Hadji Agung Santoso, S.T., M.T., selaku pembimbing II yang telah membimbing dan membantu selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
4. Bapak Novi Caroko, S.T., M.Eng., 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. Ibu, Bapak, dan kedua kakak serta seluruh keluarga yang telah memberikan banyak doa dan dukungan moral, maupun materil selama penulis menempuh kuliah di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
7. Kakak tingkat tim riset 2015 “ Mas Iqbal, Mas Imam, dan Mas Bangkit, yang selalu support dan membantu dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir ini.
8. Teman seperjuangan ” Yuda Nurhidayatulloh, Ryan Adi Cahyanto, Elfath Mustaqim, Wahyu Setyawan dan Aji Nur Sahid” yang telah banyak membantu penulis dalam penelitian tugas akhir.
9. Teman support untuk berdiskusi “Hanafi, Mitha, Emi, Bibah, Vier, Nanda, Elli, Hanif, Ornel, Mila, Amin” yang selalu memberikan masukan selama di Kota Yogyakarta ini.
10. Teman-teman KKN 2018 di Desa Kalitengkek, Kec.Gebang, Kab.Purworejo “Uzi, Aziz, Novi, Pampam, Bima, Audia, Ayumi, Arlia

dan Intan” yang selalu support dan banyak memberikan informasi dalam menyelesaikan penulisan naskah tugas akhir penulis.

11. Teman-teman Teknik Mesin 2015 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 sistem aktif.

Yogyakarta, September 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
INTISARI	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
UCAPAN TERIMAKASIH	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
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	3
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 (PATS).....	5
2.1.2. PCM sebagai Material Penyimpan Energi Termal.....	5
2.1.3. Karakteristik PCM	7
2.1.4. <i>Solar Simulator</i> sebagai <i>Source of Energy</i>	8
2.2 Landasan Teori.....	9
2.2.1. Energi matahari	9
2.2.2. Sistem Pemanas Air Tenaga Surya	11
2.2.3. <i>Thermal Energy Storage</i>	15
2.2.4. <i>Phase Change Material</i>	17
2.2.5. <i>Charging dan Discharging</i>	18

2.2.6.	Kalor Tersimpan Sesaat	19
2.2.7.	Kapasitas Energi Tersimpan	20
2.2.8.	<i>Solar simulator</i>	21
BAB III METODE PENELITIAN		22
3.1.	Bahan Penelitian	22
3.2.	Alat Penelitian	23
3.3.	Prosedur Penelitian	32
3.4.	Kesulitan Penelitian	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		37
4.1.	Hasil Uji <i>Solar Simulator</i>	37
4.2.	Kalibrasi Termokopel	38
4.3.	Evolusi temperatur rata-rata HTF	39
4.4.	Evolusi temperatur rata-rata PCM	40
4.5.	Perbandingan evolusi temperatur HTF dan PCM	42
4.6.	Penyimpanan kalor sesaat	43
4.7.	Akumulasi penyimpanan kalor	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		47
5.1.	Kesimpulan	47
5.2.	Saran	47
DAFTAR PUSTAKA		48
LAMPIRAN		51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik PCM yang diinginkan pada sistem PATS.....	18
Tabel 3.1. Sifat termofisik PCM RT52	22
Tabel 3.2. Spesifikasi lampu <i>tungsten halogen</i>	24
Tabel 3.3 Spesifikasi tangki TES	26
Tabel 3.3 Spesifikasi tangki TES (lanjutan)	27
Tabel 3.4. Spesifikasi PC	28
Tabel 3.5. Spesifikasi Laptop.....	29
Tabel 3.6. Spesifikasi pompa	30
Tabel 4.1. Hasil uji <i>solar simulator</i>	37
Tabel 4.2. Detail pengujian PATS- <i>solar simulator</i>	37
Tabel 4.3. Kalibrasi Termokopel	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Skema struktur matahari.....	10
Gambar 2.2. Sistem PATS	12
Gambar 2.3. PATS sistem aktif (a) Sistem terbuka,	13
Gambar 2.4. Sistem <i>thermosyphon</i> dengan pemanas tambahan	14
Gambar 2.5. Volume dari <i>storage</i> yang dibutuhkan untuk menyimpan energi	16
Gambar 2.6. Diagram temperatur-waktu pada pemanasan suatu zat	17
Gambar 2.7. Skema variasi temperatur pada sistem LHS.....	19
Gambar 3.1. <i>Paraffin wax</i> jenis RT52	22
Gambar 3.2. Skema PATS	23
Gambar 3.3. <i>Solar Simulator</i>	24
Gambar 3.4. Kolektor.....	25
Gambar 3.5. Piranometer	25
Gambar 3.6. Tangki PATS.....	26
Gambar 3.7. Rotameter air	27
Gambar 3.8. Akuisisi data.....	28
Gambar 3.9. PC	28
Gambar 3.10. Laptop.....	28
Gambar 3.11. Kalibrasi termokopel tipe K	30
Gambar 3.12. Pompa.....	30
Gambar 3.13. Kapsul PCM	31
Gambar 3.14. <i>Voltage regulator</i>	32
Gambar 3.15. Titik penempatan <i>pyranometer</i>	32
Gambar 3.16. Diagram alir penelitian.....	33
Gambar 3.16. Diagram alir penelitian (lanjutan)	34
Gambar 4.1. Sketsa letak termokopel di dalam tangki TES	39
Gambar 4.2. Evolusi temperatur rata-rata HTF selama proses <i>charging</i>	40
Gambar 4.3. Evolusi temperatur rata-rata PCM selama proses <i>charging</i>	41
Gambar 4.4. Evolusi temperatur rata-rata HTF dan PCM selama proses <i>charging</i>	42
Gambar 4.5. Kalor tersimpan sesaat selama proses <i>charging</i>	45
Gambar 4.6. Akumulasi penyimpanan kalor selama proses <i>charging</i>	45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. <i>Data sheet</i> PCM RT 52	51
Lampiran 2. <i>Saturated Water</i>	52
Lampiran 3. Data riil temperatur <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> variasi <i>heat flux</i> 800 W/m ²	53
Lampiran 4. Data riil temperatur <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> variasi <i>heat flux</i> 1000 W/m ²	54
Lampiran 5. Data riil temperatur <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> variasi <i>heat flux</i> 1200 W/m ²	55
Lampiran 6. Data riil temperatur HTF variasi <i>heat flux</i> 800 W/m ²	56
Lampiran 7. Data riil temperatur HTF variasi <i>heat flux</i> 1000 W/m ²	57
Lampiran 8. Data riil temperatur HTF variasi <i>heat flux</i> 1200 W/m ²	58
Lampiran 9. Data riil temperatur PCM variasi <i>heat flux</i> 800 W/m ²	59
Lampiran 10. Data riil temperatur PCM variasi <i>heat flux</i> 1000 W/m ²	60
Lampiran 11. Data riil temperatur PCM variasi <i>heat flux</i> 1200 W/m ²	61