

**KAJIAN KAPASITAS PENGUMPULAN ENERGI TERMAL PADA
TANGKI PEMANAS AIR TENAGA SURYA YANG MELIBATKAN PCM**

TUGAS AKHIR

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 :

YUDA NURHIDAYATULLOH

20150130047

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

YOGYAKARTA

2019



LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI
KAJIAN KAPASITAS PENGUMPULAN ENERGI TERMAL PADA
TANGKI PEMANA AIR TENAGA SURYA YANG MELIBATKAN PCM


Oleh :

Yuda Nurhidayatulloh
(20150130047)

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada tanggal, 24 September 2019


Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2


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


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


Dewan Penguji


Dr. Wahyudi, S.T., M.T.
NIK. 19700823 199702 123032

**Skripsi 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 Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.
NIK. 19740302 200104 123049

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yuda Nurhidayatulloh

NIM : 20150130047

Jurusan : Teknik Mesin

Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan benar-benar hasil karya sendiri dan tidak ada karya yang digunakan untuk memperoleh gelar sarjana di Perguruan Tinggi mana pun, serta tidak menjiplak karya orang lain, kecuali beberapa kutipan yang sudah tertulis sumbernya di dalam naskah dan daftar pustaka. Jika saya terbukti melakukan pelanggaran dalam penulisan skripsi ini saya bersedia diberi sanksi atas perbuatan tersebut.

Yogyakarta, 24 September 2019



Yuda Nurhidayatulloh
(20150130047)

MOTTO

“Jadilah! Lalu jadilah ia”

“Tantangan besar, tapi percayalah diri anda lebih besar dari tantangan itu sendiri”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya dan keluarga saya
tercinta,

Ayah Iskandar dan Almh. Ibu Rani

*Terimakasih atas segala do'a dan pengorbanan yang telah diberikan sampai saat
ini.*

INTISARI

Pemanas air tenaga surya (PATS) merupakan sebuah teknologi yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari oleh masyarakat, seperti untuk mandi air hangat pada skala rumah tangga. Umumnya instalasi PATS berada di luar ruangan, dengan memanfaatkan cahaya matahari. Namun, hal ini memiliki kelemahan dikarenakan radiasi matahari bersifat fluktuatif sehingga memerlukan metode lain untuk mendapatkan radiasi yang konstan. Penelitian ini mengkaji kapasitas pengumpulan energi termal pada PATS yang melibatkan PCM. HTF, PCM, kapsul, dan tangki merupakan material yang memiliki fungsi sebagai pengumpul energi termal pada tangki TES.

Metode penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *solar simulator* yang memiliki fungsi untuk mensuplai *heat flux* yang konstan pada PATS di dalam sebuah ruangan (*indoor*). Ada 25 buah termokopel yang ada di dalam tangki PATS, kemudian PATS diisi penuh oleh air dan *solar simulator* kemudian dinyalakan. Pada saat itu juga, PC (*personal computer*) dan laptop yang sudah dipasang data *logger* temperatur dan *software* diaktifkan. Kemudian, *solar simulator* di *setting* sehingga menghasilkan *heat flux* variasi 800 W/ m², 1000 W/m², dan 1200. Lalu merekam data temperatur air yang ada di dalam tangki. Pengujian dilakukan berulang dengan mengubah-ubah variasi *heat flux*. Analisis data ini dilakukan agar mengetahui informasi tentang pengaruh *heat flux* terhadap kapasitas pengumpulan energi termal di dalam tangki PATS-PCM.

Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah akumulasi energi termal paling tinggi adalah 7,734 MJ pada variasi *heat flux* 1200 W/m². Maka, semakin tinggi *heat flux*, semakin besar energi yang terkumpul. Peneliti menemukan bahwa HTF memiliki peranan penting dalam penyimpanan energi termal.

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

ABSTRACT

Solar water heater (SWH) is a technology that is widely used in daily life by the community, such as for bathing hot water on a household scale. Generally, SWH installations are outdoors, utilizing sunlight. However, this has a disadvantage because solar radiation is fluctuating so it requires other methods to get constant radiation. This study examines the capacity of collecting thermal energy in SWH involving PCM. HTF, PCM, capsules, and tanks are materials that have the function of collecting thermal energy in TES tanks.

This research method was carried out using a solar simulator that has a function to supply a constant heat flux to the SWH in an indoor room. There are 25 thermocouples in the SWH tank, then the SWH is fully filled with water and the solar simulator is turned on. At that moment, PC (personal computer) and laptops with temperature data loggers and software were installed. Then, the solar simulator is set to produce heat flux variations of 800 W/m^2 , 1000 W/m^2 , and 1200 W/m^2 . Then record data on the temperature of the water in the tank. Testing is done repeatedly by varying the variation of heat flux. This data analysis was carried out in order to find out information about the effect of heat flux on the thermal energy collection capacity in the SWH-PCM tank.

The results obtained from this study are the highest thermal energy accumulation is 7,734 MJ on 1200 W/m^2 heat flux variations. Then, the higher the heat flux, the greater the energy collected. Researchers found that HTF has an important role in thermal energy storage.

Keywords: PATS active system, HTF, PCM, solar simulator.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi atau laporan tugas akhir yang berjudul **“Kajian Kapasitas Pengumpulan Energi Pada Tangki Pemanas Air Tenaga Surya yang Melibatkan PCM”** ini dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai tugas akhir guna memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin pada Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Penelitian ini mengkaji tentang Pemanas Air Tenaga Surya. Studi eksperimental ini dilakukan dengan menggunakan *Solar Simulator* sebagai simulasi dari panas matahari. Variasi *heat flux* yang digunakan adalah 800 W/m², 1000 W/m², 1200 W/m², dengan 2 LPM selama proses *charging*.

Penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari bimbingan, nasihat, bantuan-bantuan fasilitas, serta dorongan moril dari berbagai pihak. Maka penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang sudah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, keterbatasan pengetahuan penulis pun menjadi faktornya. Maka dari itu penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari pembaca agar tugas akhir ini bisa menjadi lebih baik untuk ke depannya. Penulis berharap, tugas akhir ini bisa memberikan manfaat bagi pembaca.

Penulis

Yuda Nurhidayatulloh

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini dari awal sampai akhir telah banyak dibantu dan didukung oleh berbagai pihak sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan lancar dan baik. Maka dari itu penulis ingin mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M. Eng., Sc., Ph.D. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
2. Bapak Muhammad Nadjib, S.T., M.Eng. Selaku dosen pembimbing skripsi dari Program Studi Teknik Mesin yang sudah banyak membantu baik dari segi pemikiran maupun materil, mengarahkan dan membimbing dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.
3. Bapak Tito Hadji Agung S., ST, M. T. selaku dosen pembimbing akademik yang sudah memberi bantuan dalam mengarahkan penulisan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Wahyudi, S.T., M.T. selaku dosen penguji pendadaran yang sudah memberikan saran dan masukan dalam menguji penulisan tugas akhir ini.
5. Kedua Orang tua dan kedua kakak yang selalu memberikan dukungan moril serta do'a sehingga penulis bisa menyelesaikan penulisan tugas akhir ini.
6. Arin, Fulky, Desta, Adi, yang selalu membantu untuk berjalannya penulisan tugas akhir dan memotivasi dalam kehidupan ini.
7. Ryan, Wahyu, Elfath, Alen, dan Aji teman satu kelompok penulisan tugas akhir yang selalu memberikan bantuan berupa saran dan masukan selama proses penulisan tugas akhir ini.
8. BARSIT, Quantum *squad*, Saroja *squad*, Blok B, Andi, Tio, Ilham, Ami, Nurman, dan Avie teman yang selalu menemani selama perkuliahan ini.

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
INTISARI	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	viii
UCAPAN TERIMA KASIH	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
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 (PATS)	5
2.1.2. PCM sebagai <i>Thermal Energy Storage</i> (TES).....	6
2.1.3. <i>Solar Simulator</i> sebagai <i>Source of Energy</i>	7
2.1.4. <i>Heat Transfer Fluid</i> (HTF)	8
2.2. Landasan Teori	9
2.2.1. Sistem Pemanas Air Tenaga Surya	9
2.2.2. Energi Matahari	12
2.2.3. <i>Solar Simulator</i>	13
2.2.4. <i>Phase Change Material</i>	13

2.2.5 <i>Thermal Energy Storage</i>	15
2.2.6. <i>Charging dan Discharging</i>	16
2.2.7. Kalor Tersimpan Sesaat	18
2.2.8. Kapasitas Energi Tersimpan	18
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1. Bahan Penelitian	20
3.2. Alat Penelitian	20
3.3. Prosedur Penelitian	20
3.3.1. Uji <i>Solar Simulator</i>	29
3.3.2. Variasi Penelitian	29
3.3.3. Diagram Penelitian	29
3.3.4. Langkah Pelaksanaan	31
3.3.5. Pengumpulan Data	32
3.3.6. Olah Data dan Analisis Data	32
3.4. Kesulitan Penelitian	32
BAB IV PEMBAHASAN	33
4.1. Hasil uji solar simulator	33
4.2. Kalibrasi termokopel	33
4.3. Evolusi temperatur rata-rata HTF dan PCM	33
4.4. Pengumpulan energi termal akumulatif	37
4.5. Kontribusi material penyimpan kalor pada pengumpulan energi termal	40
BAB V PENUTUP	42
5.1. Kesimpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sistem PATS	10
Gambar 2.2. PATS sistem aktif terbuka.....	10
Gambar 2.3. PATS sistem aktif tertutup.	11
Gambar 2.4. Sistem <i>thermosiphon</i>	12
Gambar 2.5. Skema struktur matahari.....	13
Gambar 2.6. Diagram temperatur-waktu pada pemanasan suatu zat	16
Gambar 2.7. Skema variasi temperatur pada sistem LHS.....	18
Gambar 3.1. <i>Paraffin wax</i> RT52	20
Gambar 3.2. Instalasi PATS.....	21
Gambar 3.3. Skema PATS.	21
Gambar 3.4. <i>Solar Simulator</i>	22
Gambar 3.5. Kolektor Surya	22
Gambar 3.6. <i>Pyranometer</i>	23
Gambar 3.7. Kapsul PCM	23
Gambar 3.8. Tangki PATS.....	24
Gambar 3.9. Akuisisi Data	24
Gambar 3.10. Rotameter air	25
Gambar 3.11. <i>Voltage Regulator</i>	25
Gambar 3.12. Kalibrasi termokopel	26
Gambar 3.13. PC	27
Gambar 3.14. Laptop.....	27
Gambar 3.15 Pompa.....	28
Gambar 3.16. Titik Penempatan <i>Pyranometer</i>	29
Gambar 3.17. Diagram alir penelitian.....	31
Gambar 3.18. Diagram alir penelitian (lanjutan)	31
Gambar 3.19. Diagram alir penelitian (lanjutan)	31
Gambar 4.1. Sketsa letak termokopel di dalam tangki TES	35
Gambar 4.2. Evolusi temperatur HTF dan PCM	36
Gambar 4.3. Pengumpulan energi termal akumulatif	39

Gambar 4.4. Rekapitulasi energi akumulatif..... 41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik PCM yang diinginkan pada sistem PATS.....	14
Tabel 3.1. Spesifikasi dari <i>paraffin wax</i> RT52	20
Tabel 3.2. Spesifikasi <i>Voltage Regulator</i>	20
Tabel 3.3. Spesifikasi PC	27
Tabel 3.4. Spesifikasi Laptop.....	27
Tabel 3.5. Spesifikasi Pompa	28
Tabel 4.1. Hasil uji <i>solar simulator</i>	33
Tabel 4.2. Hasil kalibrasi termokopel	34
Tabel 4.3. Rekapitulasi persentase pengumpulan energi akumulatif.....	40
Tabel 4.4. Rekapitulasi pengumpulan energi akumulatif.....	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Total <i>Heat Flux</i> 800 W/m ²	46
Lampiran 2. Data Total <i>Heat Flux</i> 1000 W/m ²	47
Lampiran 3. Data Total <i>Heat Flux</i> 1200 W/m ²	48