



**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**Pengukuran Laju Pelepasan Kalor Secara Kontinyu
Pada Tangki Solar Water Heater Dengan Kapsul Berisi Paraffin Wax Dengan
Variasi Debit Air 1; 1,5; 2; 2,5 LPM**

*The Rate of Release of Continuous Calor in a Solar Tank Water Heater with a
Paraffin Wax Capsule with Water Discharge variations 1; 1,5; 2; 2,5 LPM*

Dipersiapkan dan disusun oleh :

Yudha Bagus Alkhahar

20150130144

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 19 Agustus 2019

Pembimbing Utama

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

Pembimbing Pendamping

Teddy Nurcahyadi, S.T., M.Eng.
NIK. 19790106 200310 123053

Penguji

Reli Adi Himarosa, S.T., M.Eng.
NIK. 19880729 201712 123104

**Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana**

Tanggal, 19 Agustus 2019

Mengetahui,

Ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin FT UMY



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

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yudha Bagus Alkhahar
Nomor Induk Mahasiswa : 20150130144
Progam Studi : S1 Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Penelitian : Pengukuran Laju Pelepasan Kalor Secara Kontinyu Pada Tangki *Solar Water Heater* Dengan Kapsul Berisi *Paraffin Wax* Dengan Variasi Debit Air 1; 1.5; 2; 2,5 LPM

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau terdapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumber dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 19 Agustus 2019



Yudha Bagus Alkhahar

20150130144

MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

“Jika Kamu Tidak Sanggup Menahan Lelahnya Belajar Maka Kamu Harus Sanggup Menahan Perihnya Kebodohan.” (Imam Syafi’ii)

“Fa-biayyi alaa’i Rabbi kuma tukadzdzai ban (Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan.” (Q.S. Ar-Rahman)

“Tetap berdoa dan berusaha, maka kamu akan sukses dan lelahmu akan menjadi lillah karna Allah Ta’ala” (Herning Dyah Homawaty dan Supriyadi)

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang.

Skripsi ini khusus dipersembahkan untuk kedua orang tua penulis, Bapak Supriyadi dan Ibu Hening Dyah Homawaty Atas segala Doa dan dukungan baik secara moral maupun moril.

SEMUA ELEMEN PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS
TEKNIK UMY

Atas segala kontribusi dalam pengembangan diri penulis, selama menempuh ilmu di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan anugrah dari-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Pengukuran Laju Pelepasan Kalor secara Kontinyu pada Tangki *Solar Water Heater* dengan Kapsul berisi *Paraffin Wax* dengan Variasi Debit Air 1; 1,5; 2; 2,5 LPM”. Sholawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan besar kita, Nabi Muhammad SAW yang telah menunjukkan kepada kita semua jalan yang lurus berupa ajaran agama islam yang sempurna dan menjadi anugrah terbesar bagi seluruh alam semesta.

Penulis sangat bersyukur karena dapat menyelesaikan tugas akhir yang menjadi syarat untuk mencapai derajat Strata-1 pada Progam Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Disamping itu, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis selama pembuatan tugas akhir ini berlangsung sehingga dapat terealisasikan tugas akhir ini.

Demikian yang dapat penulis sampaikan, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca. Penulis mengharapkan kritik dan saran terhadap tugas akhir ini Agar kedepannya dapat penulis perbaiki. Karena penulis sadar, tugas akhir yang penulis buat ini masih banyak terdapat kekurangannya.

Yogyakarta, 19 Agustus 2019

Yudha Bagus Alkhar
201501130144

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	xiii
INTISARI	xiv
ABSTRACT.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Asumsi dan Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.2 Dasar Teori.....	8
2.2.1 Definisi <i>Solar Water Heater (SWH)</i> / Pemanas Air Tenaga Surya	8
2.2.2 <i>Solar Water Heater (SWH)</i> / Pemanas Air Tenaga Surya Aktif	8
2.2.3 <i>Solar Water Heater (SWH)</i> / Pemanas Air Tenaga Surya Pasif.....	10
2.2.4 Definisi Tangki TES (<i>Thermal Energy Storage</i>).....	11
2.2.5 <i>Sensible Heat Storage</i>	12
2.2.6 <i>Latent Heat Storage</i>	13
2.2.7 <i>Thermo-Chemical Storage</i>	13
2.2.8 <i>Phase Change Material</i>	14
2.2.9 <i>Charging dan Discharging</i>	16
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1 Bahan Penelitian	17
3.2.1. Air.....	17
3.2.2. <i>Paraffin Wax</i> Lokal	17
3.2.3. Hasil Uji DSC (<i>Differential Scanning Calorimetry</i>).....	18
3.2.4. <i>Paraffin Wax Rubitherm 60</i>	20
3.2. Alat Penelitian.....	21
3.3. Prosedur Penelitian	33
3.3.1 Diagram Alir Penelitian	33
3.4. Rencana Analisis Data	35
3.4.1. <i>Pre-Processing</i>	35

3.4.2. <i>Processing</i>	41
3.4.3. <i>Post-Processing</i>	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Laju Pelepasan Kalor pada Variasi 1 LPM	42
4.1.1. Evolusi Suhu Arah Aksial	42
4.1.2. Evolusi Suhu Arah Vertikal.....	44
4.1.3. Evolusi Suhu Arah Horizontal.....	45
4.1.4. Grafik Energi Kumulatif 1 LPM	47
4.2. Laju Pelepasan Kalor pada Variasi 1,5 LPM	49
4.2.1. Evolusi Suhu Arah Aksial	49
4.2.2. . Evolusi Suhu Arah Vertikal.....	51
4.2.3. Evolusi Suhu Arah Horizontal.....	52
4.2.4. Grafik Energi Kumulatif 1,5 LPM	54
4.3. Laju Pelepasan Kalor pada Variasi 2 LPM.....	56
4.3.1. Evolusi Suhu Arah Aksial	56
4.3.2. Evolusi Suhu Arah Vertikal.....	58
4.3.3. Evolusi Suhu Arah Horizontal.....	60
4.3.4. Grafik Energi Kumulatif 2 LPM	61
4.4. Laju Pelepasan Kalor pada Variasi 2,5 LPM	62
4.4.1. Evolusi Suhu Arah Aksial	63
4.4.2 Evolusi Suhu Arah Vertikal.....	65
4.4.3. Evolusi Suhu Arah Horizontal.....	66
4.4.4. Grafik Energi Kumulatif 2,5 LPM	68
4.5. Laju Pelepasan Kalor dan Laju Penurunan Suhu.....	70
4.5.1. Laju Pelepasan Kalor Air	70
4.5.2. Laju Pelepasan Kalor <i>Paraffin Wax</i>	71
4.5.3. Laju Penurunan Suhu Air	71
4.5.4. Laju Penurunan Suhu <i>Paraffin Wax</i>	74
BAB V PENUTUP.....	76
5.1 Kesimpulan	76
5.2 Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN.....	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem PATS (Jamar, 2016).....	8
Gambar 2. 2 PATS sistem aktif, (a) sistem terbuka, (b) sistem tertutup	9
Gambar 2. 3 Sistem <i>thermosipon</i> dengan pemanas tambahan.....	11
Gambar 2. 4 Grafik temperatur waktu pada pemanasan suatu zat.....	13
Gambar 2. 5 Klasifikasi <i>phase change material</i> (PCM).....	15
Gambar 2. 6 Skema temperatur pada sistem LHS	16
Gambar 3. 1 <i>Paraffin Wax</i> Lokal	18
Gambar 3. 2. Hasil Uji DSC <i>Paraffin Wax</i> Lokal.....	19
Gambar 3.3. Skema Alat SWH.....	21
Gambar 3. 4. <i>Solar Water Heater</i>	22
Gambar 3. 5. Tangki tampak 2 dimensi.	23
Gambar 3. 6. Tangki <i>solar water heater</i> belum terpasang	24
Gambar 3. 7. Tangki <i>solar water heater</i> sudah terpasang	24
Gambar 3. 8. Susunan <i>tube</i> tembaga 2 dimensi	25
Gambar 3. 9. Susunan <i>tube</i> tembaga visual	25
Gambar 3. 10. Kapsul PCM.....	26
Gambar 3. 11. Kapsul PCM 2 dimensi.	26
Gambar 3. 12. Desain penomeran pemasangan termokopel.....	27
Gambar 3. 13. Rotameter 3 LPM.....	28
Gambar 3. 14. <i>Applent Temperature Data Logger</i> AT 4532	29
Gambar 3. 15. Termokopel tipe K.	30
Gambar 3. 16. <i>Valve</i>	30
Gambar 3. 17. Laptop	31
Gambar 3. 18. Selang Air.....	31
Gambar 3. 19. Bak penampung.....	32
Gambar 3. 20. Diagram Alir Penelitian	33
Gambar 3. 21. Grafik kalibrasi rotameter 3 LPM.....	37
Gambar 4.1. Evolusi Suhu <i>Paraffin Wax</i> Arah Aksial	42
Gambar 4.2. Evolusi Suhu Air Arah Aksial.....	43
Gambar 4.3. Evolusi Suhu <i>Paraffin Wax</i> Arah Vertikal.....	44
Gambar 4.4. Evolusi Suhu Air Arah Vertikal.....	45
Gambar 4.5. Evolusi Suhu <i>Paraffin Wax</i> Arah Horizontal.....	46
Gambar 4.6. Evolusi Suhu Air Arah Horizontal.....	47
Gambar 4.7. Grafik Energi Komulatif 1 LPM.....	48
Gambar 4.8. Evolusi Suhu <i>Paraffin Wax</i> Arah Aksial	49
Gambar 4.9. Evolusi Suhu Air Arah Aksial.....	50
Gambar 4.10. Evolusi Suhu <i>Paraffin Wax</i> Arah Vertikal.....	51
Gambar 4.11. Evolusi Suhu Air Arah Vertikal.....	52
Gambar 4.12. Evolusi Suhu <i>Paraffin Wax</i> Arah Horizontal.....	53

Gambar 4.13. Evolusi Suhu Air Arah Horizontal.....	54
Gambar 4. 14. Grafik Energi Kumulatif 1,5 LPM	55
Gambar 4. 15 Evolusi Suhu <i>Paraffin Wax</i> Arah Aksial	56
Gambar 4. 16 Evolusi Suhu Air Arah Aksial.....	57
Gambar 4.17. Evolusi Suhu <i>Paraffin Wax</i> Arah Vertikal.....	58
Gambar 4.18. Evolusi Suhu Air Arah Vertikal.....	59
Gambar 4. 19. Evolusi Suhu <i>Paraffin Wax</i> Arah Horizontal.....	60
Gambar 4. 20. Evolusi Suhu Air Arah Horizontal.....	61
Gambar 4. 21. Grafik Energi Kumulatif 2 LPM	62
Gambar 4. 22. Evolusi Suhu <i>Paraffin Wax</i> Arah Aksial	63
Gambar 4. 23. Evolusi Suhu Air Arah Aksial.....	64
Gambar 4. 24. Evolusi Suhu <i>Paraffin Wax</i> Arah Vertikal.....	65
Gambar 4. 25 Evolusi Suhu Air Arah Vertikal.....	66
Gambar 4. 26. Evolusi Suhu <i>Paraffin Wax</i> Arah Horizontal.....	67
Gambar 4. 27. Evolusi Suhu Air Arah Horizontal.....	68
Gambar 4. 28. Grafik Energi Kumulatif	69
Gambar 4. 29. Laju Pelepasan Kalor Air	70
Gambar 4. 30. Laju Pelepasan Kalor <i>Paraffin Wax</i>	72
Gambar 4. 31. Laju Penurunan Suhu Air.....	73
Gambar 4. 32. Laju Penurunan Suhu <i>Paraffin Wax</i>	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2. Karakteristik material <i>phase change material</i> (PCM) yang digunakan pada sistem SWH menurut Regin, dkk (2008).	14
Tabel 3.1. Hasil Uji DSC <i>Paraffin Wax</i> Lokal	18
Tabel 3.2 Hasil Uji DSC <i>Paraffin Wax</i> Lokal	19
Tabel 3.3. Spesifikasi dari <i>paraffin wax</i> RT 60 (<i>Rubitem phase change material</i>) ..	20
Tabel 3.4. Spesifikasi <i>Applent Temperature Data Logger</i> AT 4532	29
Tabel 3.5. Spesifikasi Perangkat Laptop.....	31
Tabel 3.7. Kalibrasi Termokopel	38
Tabel 4.1. Energi Kumulatif 1 LPM	72
Tabel 4.2. Energi Kumulatif 1,5 LPM	55
Tabel 4.3. Energi Kumulatif 2 LPM	62
Tabel 4.4. Energi Kumulatif 2,5 LPM	69
Tabel 4.5. Laju Pelepasan Kalor Air.....	70
Tabel 4.6. Laju Pelepasan Kalor <i>Paraffin Wax</i>	71
Tabel 4.7. Laju Penurunan Suhu Air	73
Tabel 4.8. Laju Penurunan Suhu <i>Paraffin Wax</i>	74

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Laju penurunan suhu rata-rata setiap penampang
- Lampiran 2. Laju penurunan suhu penampang
- Lampiran 3. Data suhu tidak terkalibrasi 1 LPM
- Lampiran 4. Data suhu tidak terkalibrasi 1,5 LPM
- Lampiran 5 . Data suhu tidak terkalibrasi 2 LPM
- Lampiran 6. Data suhu tidak terkalibrasi 2,5 LPM
- Lampiran 7. Data suhu terkalibrasi 1 LPM
- Lampiran 8. Data suhu terkalibrasi 1,5 LPM
- Lampiran 9. Data suhu terkalibrasi 2 LPM
- Lampiran 10. Data suhu terkalibrasi 2,5 LPM

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

m	= massa material (kg)
L	= kalor laten perubahan padat-cair (kJ/kg)
Lg	= kalor laten perubahan cair-gas (kJ/kg)
cp,s	= kalor jenis material fase padat (kJ/kg.°C)
cp,l	= kalor jenis material fase cair (kJ/kg.°C)
cp,g	= kalor jenis material fase gas (kJ/kg.°C)
Q	= energi yang diterima (J)
\dot{Q}	= laju penyerapan kalor (J/s)
Q_{kum}	= energi total yang diterima selama proses charging (J)
V	= volume material (m ³)
ρ	= densitas material (kg/m ³)
ρ_l	= densitas material fase cair (kg/m ³)
ρ_s	= densitas material padat (kg/m ³)
Δv	= Perubahan kecepatan (m/s)