

**SKRIPSI**

**PENGUKURAN LAJU PELEPASAN KALOR SECARA KONTINYU  
PADA TANGKI *SOLAR WATER HEATER* DENGAN KAPSUL BERISI  
CAMPURAN *PARAFFIN WAX* DAN SERBUK TEMBAGA 20% DENGAN  
VARIASI DEBIT AIR 1; 1,5; 2; 2,5 LPM**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat Strata-1  
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



**UMY**  
UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH  
YOGYAKARTA

Unggul & Islami

**Disusun Oleh :**

**MUHAMMAD DZAKY MUBARAK**

**20150130129**

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**YOGYAKARTA**

**2019**

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Dzaky Mubarak  
Nomor Induk Mahasiswa : 20150130129  
Progam Studi : S1 Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Judul Penelitian : Pengukuran Laju Pelepasan Kalor Secara Kontinyu Pada Tangki *Solar Water Heater* Dengan Kapsul Berisi Campuran *Paraffin Wax* Dan Serbuk Tembaga 20% 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, 28 Agustus 2019



Muhammad Dzaky Mubarak

20150130129

## MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

“Barang siapa keluar untuk mencari ilmu maka dia berada di jalan Allah”

(HR.Turmudzi)

“Jika kamu tidak sanggup menahan lelahnya belajar maka kamu harus sanggup menahan perihnya kebodohan.” (Imam Syafi’ii)

*“Man Jadda Wa Jadda”*

Barang siapa yang bersungguh - sungguh akan mendapatkannya.

“Allah mencintai pekerjaan yang apabila bekerja ia menyelesaikannya dengan baik”. ( HR. Thabrani )

## HALAMAN PERSEMBAHAN



Dengan mengucapkan Alhamdulillah rabbil'alamini, puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat-Nya dan atas dukungan dan doa dari orang-orang tercinta, akhirnya skripsi ini dapat dirampungkan dengan baik dan tepat pada waktunya. Oleh karena itu dengan rasa bahagia dan bangga penulis haturkan terimakasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Kedua orang tua tercinta Bapak Haryanta dan Ibu Sasmiyati yang telah memberikan Doa, dukungan, dan segala bentuk kebaikan yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, penulis hanya bisa mengucapkan terimakasih yang setulus-tulusnya semoga Allah membalas dengan pahala yang berlimpah dan semoga penulis bisa membahagiakan bapak dan ibu dengan kesuksesan kelak aamiin.
2. Kedua adik saya Muhammad Arsyad Jundy dan Mufida Faizati Khoirunisa yang selalu memberi Doa dan semangat.
3. Teman-teman tim riset SWH yang telah bahu membahu dari membuat alat hingga terselesaikannya skripsi ini.
4. Teman-teman angkatan 2015 Teknik Mesin UMY yang tidak bisa saya sebutkan semuanya.
5. 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

Alhamdulillahirrabil'alamin atas segala karunia nikmat, rahmat serta petunjuk-Nya sehingga tugas akhir dengan judul “Pengukuran Laju Pelepasan Kalor Secara Kontinyu Pada Tangki *Solar Water Heater* Dengan Kapsul Berisi *Paraffin Wax* Dan Serbuk Tembaga 20% Dengan Variasi Debit Air 1; 1,5; 2; 2,5 LPM” berupa penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Penyusunan skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana S-1 di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis telah banyak mendapat arahan, bimbingan, serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Tito Hadji Agung S., S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I dan Bapak Teddy Nurcahyadi, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing II yang telah banyak mengarahkan dan memberikan masukan, membimbing dengan sabar, serta memotivasi dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Bapak Krisdiyanto, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji.
4. Kedua Orang Tua tercinta dan tersayang Bapak Haryanta, S.Ag. dan Ibu Sasmiyati, M.Pd. yang selalu memberikan bantuan baik doa maupun moril dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak-Ibu Dosen, mba Widi, dan staf lainnya serta seluruh civitas akademika Program Studi Teknik Mesin yang telah memberikan banyak pengalaman, dan bantuan kepada penulis selama berada di lingkungan Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
6. Tim riset SWH, serta semua angkatan 2015 khususnya Kelas TM “D” yang selalu memberikan motivasi dalam pengerjaan tugas akhir ini.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>INTISARI.....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	3
1.3    Asumsi dan Batasan Masalah.....	3
1.4    Tujuan Penelitian.....	3
2.5    Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>	<b>5</b>
2.1    Tinjauan Pustaka .....	5
2.1.1 <i>Solar Water Heater</i> (SWH).....	5
2.1.2 <i>Solar Water Heater</i> (SWH) / Pemanas Air Tenaga Surya Aktif .....	12
2.1.3 <i>Solar Water Heater</i> (SWH) / Pemanas Air Tenaga Surya Pasif.....	13
2.2    Dasar Teori .....	14
2.2.1    Thermal Energy Storage .....	14
2.2.2 <i>Phase Change Material</i> .....	16
2.2.6    Charging dan Discharging.....	21
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
3.1    Alat Penelitian .....	22
3.2    Bahan Penelitian.....	31
3.3    Skema Penelitian .....	35
3.4    Rencana Analisis Data.....	37
3.4.1    Variasi Penelitian .....	37
3.4.2    Diagram Alir Penelitian .....	38
3.4.3    Jalannya Penelitian.....	40



<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>46</b>
4.1 Evolusi Suhu pada Variasi 1 LPM .....	46
4.1.1 Evolusi Suhu Campuran PW + 20% Cu dalam Arah Aksial .....	46
4.1.2 Evolusi Suhu Campuran PW + 20% Cu dalam Arah Vertikal .....	48
4.1.3 Evolusi Suhu Campuran PW + 20% Cu dalam Arah Horisontal .....	49
4.1.4 Grafik Energi Kumulatif .....	51
4.2 Evolusi Suhu pada Variasi 1,5 LPM .....	52
4.2.1 Evolusi Suhu Campuran PW + 20% Cu dalam Arah Aksial .....	53
4.2.2 Evolusi Suhu Campuran PW + 20% Cu dalam Arah Vertikal .....	54
4.2.3 Evolusi Suhu Campuran PW + 20% Cu dalam Arah Horisontal .....	56
4.2.4 Grafik Energi Kumulatif .....	58
4.3 Evolusi Suhu pada Variasi 2 LPM .....	59
4.3.1 Evolusi Suhu Campuran PW + 20% Cu dalam Arah Aksial .....	59
4.3.2 Evolusi Suhu Campuran PW + 20% Cu dalam Arah Vertikal .....	60
4.3.3 Evolusi Suhu Campuran PW + 20% Cu dalam Arah Horisontal .....	62
4.3.4 Grafik Energi Kumulatif .....	63
4.4 Evolusi Suhu pada Variasi 2,5 LPM .....	65
4.4.1 Evolusi Suhu Campuran PW + 20% Cu dalam Arah Aksial .....	65
4.4.2 Evolusi Suhu Campuran PW + 20% Cu dalam Arah Vertikal .....	67
4.4.3 Evolusi Suhu Campuran PW + 20% Cu dalam Arah Horisontal .....	68
4.4.4 Grafik Energi Kumulatif .....	70
4.5 Laju Pelepasan Kalor dan Laju Penurunan Suhu .....	71
4.5.1 Laju Pelepasan Kalor Paraffin Wax + Cu 20% berat .....	71
4.5.2 Laju Pelepasan Kalor Air .....	72
4.5.3 Laju Penurunan Suhu Paraffin Wax + Cu 20% berat .....	74
4.5.4 Laju Penurunan Suhu Air .....	75
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>77</b>
5.1 Kesimpulan.....	77
5.2 Saran.....	78
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>79</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>82</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 PATS sistem aktif, (a) sistem terbuka, (b) sistem tertutup.....	12
Gambar 2.2 Sistem thermosipon dengan pemanas tambahan .....	13
Gambar 2.3 Grafik temperatur waktu pada pemanasan suatu zat.....	15
Gambar 2. 4 Klasifikasi <i>phase change material</i> (PCM) .....	18
Gambar 2. 5 Grafik temperatur pada LHS (a) proses <i>charging</i> (b) proses <i>discharging</i> .....	21
Gambar 3.1 Alat Penelitian Solar Water Heater.....	22
Gambar 3. 2 Tangki SWH 2 Dimensi .....	23
Gambar 3. 3 Tangki SWH dilapisi <i>glass woll</i> dan alumunium foil .....	23
Gambar 3. 4 Kapsul PCM sudah tersusun dan dipasang termokopel .....	24
Gambar 3. 5 Dudukan Penopang Pipa Tembaga .....	25
Gambar 3. 6 Dudukan Penopang Pipa Tembaga .....	25
Gambar 3. 7 Rotameter Air 3 LPM.....	26
Gambar 3. 8 Applent Temperatur Data logger.....	27
Gambar 3. 9 Termokopel .....	27
Gambar 3. 10 Laptop.....	28
Gambar 3. 11 Selang Air.....	28
Gambar 3. 12 Bak Penampung Air .....	28
Gambar 3. 13 <i>Valve</i> .....	29
Gambar 3. 14 Saringan 200 mesh .....	29
Gambar 3. 15 <i>Mixer</i> .....	30
Gambar 3. 16 Timbangan digital .....	30
Gambar 3. 17 <i>Paraffin Wax</i> Lokal .....	32
Gambar 3. 18 Gambar grafis hasil uji DSC pada <i>paraffin wax</i> -CU 20%.....	33
Gambar 3. 19 Serbuk CU .....	35
Gambar 3. 20 Skema Proses <i>Discharging</i> Kontinyu .....	36
Gambar 3. 21 Diagram alir penelitian.....	38
Gambar 3. 22 Grafik kalibrasi rotameter 3 LPM .....	42
Gambar 3. 23 Desain Penempatan Termokopel.....	44
Gambar 4. 1 Evolusi Suhu Campuran PW + 20% Cu dalam Arah Aksial.....	47
Gambar 4. 2 Evolusi Suhu Air dalam Arah Aksial .....	47
Gambar 4. 3 Evolusi Suhu Campuran PW + 20% Cu dalam Arah Vertikal.....	48
Gambar 4. 4 Evolusi Suhu Air dalam Arah Vertikal .....	49
Gambar 4. 5 Evolusi Suhu Campuran PW + 20% Cu dalam Arah Horisontal.....	50
Gambar 4. 6 Evolusi Suhu Air dalam Arah Horisontal .....	50
Gambar 4. 7 Grafik Energi Kumulatif .....	52
Gambar 4. 8 Evolusi Suhu Campuran PW + 20% Cu dalam Arah Aksial .....	53
Gambar 4. 9 Evolusi Suhu Air dalam Arah Aksial.....	54



Gambar 4. 10 Evolusi Suhu Campuran PW + 20% Cu dalam Arah Vertikal.....	55
Gambar 4. 11 Evolusi Suhu Air dalam Arah Vertikal .....	55
Gambar 4. 12 Evolusi Suhu Campuran PW + 20% Cu dalam Arah Horisontal... 56	
Gambar 4. 13 Evolusi Suhu Air dalam Arah Horisontal .....	57
Gambar 4. 14 Grafik Energi Kumulatif .....	58
Gambar 4. 15 Evolusi Suhu Campuran PW + 20% Cu dalam Arah Aksial .....	59
Gambar 4. 16 Evolusi Suhu Air dalam Arah Aksial .....	60
Gambar 4. 17 Evolusi Suhu Campuran PW + 20% Cu dalam Arah Horisontal... 62	
Gambar 4. 18 Evolusi Suhu Air dalam Arah Horisontal .....	63
Gambar 4. 19 Grafik Energi Kumulatif .....	64
Gambar 4. 20 Evolusi Suhu Campuran PW + 20% Cu dalam Arah Aksial .....	65
Gambar 4. 21 Evolusi Suhu Air dalam Arah Aksial .....	66
Gambar 4. 22 Evolusi Suhu Campuran PW + 20% Cu dalam Arah Vertikal..... 67	
Gambar 4. 23 Evolusi Suhu Air dalam Arah Vertikal .....	68
Gambar 4. 24 Evolusi Suhu Campuran PW + 20% Cu dalam Arah Horisontal... 69	
Gambar 4. 25 Evolusi Suhu Air dalam Arah Horisontal .....	69
Gambar 4. 26 Grafik Energi Kumulatif .....	71
Gambar 4. 27 Laju Pelepasan Kalor Paraffin Wax + Cu 20% .....	72
Gambar 4. 28 Laju Pelepasan Kalor Air .....	73
Gambar 4. 29 Laju Penurunan Suhu Paraffin Wax Cu 20% .....	74
Gambar 4. 30 Laju Penurunan Suhu Air .....	75

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ringkasan Jurnal .....	9
Tabel 2. 2 Karakteristik material <i>phase change material</i> (PCM) yang digunakan	17
Tabel 3. 2 Spesifikasi Rotameter .....	26
Tabel 3. 3 Spesifikasi Data Logger .....	26
Tabel 3. 4 Spesifikasi Perangkat Laptop .....	27
Tabel 3. 5 Spesifikasi <i>mixer</i> .....	30
Tabel 3. 6 Properties Air (Cengel, 2003) .....	31
Tabel 3. 7 Hasil uji DSC pada <i>paraffin wax</i> lokal .....	32
Tabel 3. 8 Hasil uji DSC <i>paraffin wax</i> lokal .....	33
Tabel 3. 9 Spesifikasi dari <i>paraffin wax</i> RT 60 ( <i>Rubitem phase change material</i> ) .....	34
Tabel 3. 10 Kalibrasi Rotameter 3 LPM .....	41
Tabel 3. 11 Kalibrasi Termokopel .....	42
Tabel 4. 1 Energi Kumulatif 1 LPM .....	51
Tabel 4. 2 Energi Kumulatif 1,5 LPM .....	58
Tabel 4. 3 Energi Kumulatif 2 LPM .....	64
Tabel 4. 4 Energi Kumulatif 2,5 LPM .....	70
Tabel 4. 5 Laju Pelepasan Kalor Paraffin Wax Cu 20% .....	73
Tabel 4. 6 Laju Pelepasan Kalor Air .....	72
Tabel 4. 7 Laju Penurunan Suhu Paraffin Wax Cu 20% .....	75
Tabel 4. 8 Laju Penurunan Suhu Air .....	74

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data suhu tidak terkalibrasi 1 LPM.....	82
Lampiran 2. Data suhu tidak terkalibrasi 1,5 LPM.....	83
Lampiran 3 . Data suhu tidak terkalibrasi 2 LPM.....	85
Lampiran 4. Data suhu tidak terkalibrasi 2,5 LPM .....	86
Lampiran 5. Data suhu terkalibrasi 1 LPM .....	88
Lampiran 6. Data suhu terkalibrasi 1,5 LPM .....	89
Lampiran 7. Data suhu terkalibrasi 2 LPM .....	91
Lampiran 8. Data suhu terkalibrasi 2,5 LPM.....	92

## 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 <sup>3</sup> )
$\rho$	= densitas material (kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_l$	= densitas material fase cair (kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_s$	= densitas material padat (kg/m <sup>3</sup> )