

**SKRIPSI**

**Pengukuran Laju Penyerapan Kalor Pada Tangki *Solar Water Heater*  
dengan Variasi Campuran *Paraffin Wax* dan Serbuk Tembaga dengan Berat  
20% dan Variasi Debit Air 600, 700, 800, dan 900 mLPM**

**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 :**

**ANDI SEPTIAN  
20150130028**

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
2019**

## HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi atau tugas akhir berjudul “**Pengukuran Laju Penyerapan Kalor Pada Tangki *Solat Water Heater* dengan Variasi Campuran *Paraffin Wax* dan Serbuk Tembaga dengan Berat 20% dan Variasi Debit Air 600, 700, 800, dan 900 mLPM**” ini adalah asli karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar keserjanaan di Perguruan Tinggi dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang sengaja tertulis dan disebutkan sumber dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 19 Oktober 2019



**Andi Septian**

## MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*“Jika rezekimu bukan hari ini percayalah hari esok masih menunggumu untuk  
mencapainya”*

**“PEJUANG TIDAK AKAN LARI MESKI DIDEPAN MASIH BANYAK  
RINTANGAN”**

**Tak ada yang lebih baik dari jujur, curang demi menggapai sesuatu adalah  
sebuah aib dari kebahagiaan tersebut**

## HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan menyebut nama ALLAH. Yang maha pengasih lagi maha penyayang.

Skripsi ini khusus dipersembahkan untuk kedua orangtua penulis,  
*Ibu Ati Diana* dan *Bapak Edi Chandra* serta kedua adik tercinta  
*Dwi Gunawan* dan *Auzhia kasih* atas cinta , segala doa,  
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

Allhamdulillahirrabil'alamin puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas berkat, rahmat serta hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penulisan untuk Tugas Akhir Program Studi S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan judul “Pengukuran Laju Penyerapan Kalor Pada Tangki *Solat Water Heater* dengan Variasi Campuran *Paraffin Wax* dan Serbuk Tembaga dengan Berat 20% dan Variasi Debit Air 600, 700, 800, dan 900 mLPM”.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis telah banyak mendapat arahan, bimbingan, support, serta motivasi 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 1 (satu) dan Bapak Teddy Nurcahyadi S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing 2 (dua) yang banyak memberikan arahan dan masukan serta ilmu-ilmu yang bermanfaat sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ini.
2. Bapak Reli Adi Himarosa, S.T., M.Eng sebagai dosen penguji Tugas Akhir yang telah memberikan dukungan dan masukan yang bersifat membangun.
3. Bapak Berli Paripurna Kamiel S.T.,M.Eng.Sc.,Ph.D., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta atas segala perhatiannya.
4. Bapak dan Ibu tercinta yang tiada hentinya selalu mendo'akan, mencurahkan kasih sayang, yang selalu diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ini dengan ridho-nya.
5. Kedua adik penulis Dwi Gunawan dan Auzia Kasih yang selalu memberikan bantuan baik doa maupun moril dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bapak-Ibu Dosen, staf dan seluruh civitas akademika Program Studi Teknik Mesin yang telah memberikan banyak pengalaman, dan bantuan kepada penulis selama berada di lingkungan Program Studi Tekni Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

7. Tim Riset SWH, anak kelas A ( Doa Ibu) serta teman-teman angkatan 2015 yang telah berjuang bersama-sama dalam perjuangan ini.
8. Melati Sukma Dewi yang sabar menemani dan membimbing penulis dalam membuat tugas akhir, yang bersedia menjemput dan membelikan makanan untuk penulis serta menjadi teman jalan disaat penulis lagi lelah dan bosan dalam menyelesaikan tugas akhir ini
9. PNK SQUAD, Nanda, Mbul, Kepin yang telah menjadi teman merantau dikota yogyakarta ini
10. Base camp, Eko, Maruf, Dirga, Abdul yang selalu memberikan rasa bahagia dan kekeluargaan
11. Bagus, Ical, Fajar, Amin yang telah berjuang bersama dan melewati suka duka bersama penulis dalam proses tinggal bersama selama ini hingga pendadaran.
12. Ayu, Dinda, Aulia, Nurul, dan Indra yang bersedia mendengarkan keluhan penulis saat menyelesaikan skripsi.
13. Serta kepada semua pihak yang belum penulis sebutkan diatas.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini baik materi maupun metode penyajian. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Yogyakarta, 19 Oktober 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

### SKRIPSI

<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>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>INTISARI</b> .....	<b>xvi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
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
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b> .....	<b>4</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	4
2.2 Dasar Teori .....	10
2.2.1 Air .....	10
2.2.2 Phase Change Materials .....	11
2.2.3 CU-PCM .....	13
2.2.4 Kalor .....	14
2.2.5 SolarWater Heater (SWH) .....	17
2.2.6 Thermal Energi Storage (TES) .....	19
2.2.7 Sensibel Heat Storange (SHS) .....	19
2.2.8 Laten Heat Storage (LHS) .....	19
2.2.9 Thermochemical .....	20

<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1 Alat Penelitian .....	21
3.2 Bahan Penelitian .....	30
3.3 Prosedur Penelitian .....	31
3.3.1 Diagram Alir Penelitian .....	35
3.3.2 Langkah Penelitian .....	39
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>42</b>
4.1 Laju Penyerapan Kalor .....	42
4.1.1 Laju Penyerapan Kalor Pada Campuran PW+20% Cu .....	42
4.1.2 Laju Penyerapan kalor Air .....	49
4.2 Energi Kumulatif .....	56
4.2.1 Energi Kumulatif Setiap Variasi .....	56
4.2.2 Energi Kumulatif Q <i>Heater</i> .....	59
4.2.3 Energi Kumulatif Q Air .....	60
4.2.4 Energi Kumulatif Q <i>Paraffin</i> -Cu .....	61
4.2.5 Energi Kumulatif Pipa-Cu .....	62
4.2.6 Energi Kumulatif lain-lain .....	63
4.3 Laju Penyerapan dan kenaikan <i>Paraffin</i> -Cu .....	64
4.3.1 Laju Penyerapan Sensibel .....	64
4.3.2 Laju penyerapan Laten .....	65
4.3.3 Laju kenaikan Sensibel .....	67
4.3.4 Laju kenaikan Laten .....	68
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>70</b>
5.1 Kesimpulan .....	70
5.2 Saran .....	71
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>72</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>74</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Ikatan hidrogen dalam molekul air (Susana, 2003).....	6
<b>Gambar 2.2</b> Kategori PCM (Shchukina, dkk, 2018).....	8
<b>Gambar 2.3</b> Skema perpindahan panas secara konduksi ( Cengel,2002 ).....	9
<b>Gambar 2.4</b> Skema perpindahan panas radiasi ( Cengel, 2002).....	16
<b>Gambar 2.5</b> SWH termosifon (pasif) [chen, B,2009].....	17
<b>Gambar 2.6</b> SWH aktif (Saferi, Ginting, 2018).....	18
<b>Gambar 3.1</b> Skema Alat .....	21
<b>Gambar 3.2</b> <i>Solar Water Heater</i> .....	22
<b>Gambar 3.3</b> Tangki SWH .....	23
<b>Gambar 3.4</b> Selang Air .....	23
<b>Gambar 3.5</b> <i>Data Logger 32 channel</i> .....	24
<b>Gambar 3.6</b> Rotameter Air 1000 mLPM.....	25
<b>Gambar 3.7</b> Pompa air .....	26
<b>Gambar 3.8</b> Multimeter .....	26
<b>Gambar 3.9</b> <i>DC Power Supply</i> .....	27
<b>Gambar 3.10</b> Voltage regulator .....	28
<b>Gambar 3.11</b> Katup .....	29
<b>Gambar 3.12</b> Timbangan Digital.....	29
<b>Gambar 3.13</b> <i>Magnetic stirer</i> .....	30
<b>Gambar 3.16</b> Diagram Alir Penelitian Gambar3. 1 Diagram Alir.....	36
<b>Gambar 3.17</b> Diagram Alir Penelitian (lanjutan) .....	37
<b>Gambar 3.18</b> Diagram Alir Penelitian (lanjutan) .....	38
<b>Gambar 3.19</b> Grafik kalibrasi rotameter.....	42
<b>Gambar 3.20</b> Letak penempatan termokopel.....	43
<b>Gambar 4.1</b> Penyerapan <i>paraffin-Cu</i> baris vertikal (a) 600 mLPM, (b) 700 mLPM, (c) 800 mLPM, (d) 900 mLPM.....	44
<b>Gambar 4.2</b> Penyerapan <i>paraffin-Cu</i> baris horisontal (a) 600 mLPM, (b) 700 mLPM, (c) 800 mLPM, (d) 900 mLPM.....	46
<b>Gambar 4.3</b> Penyerapan <i>paraffin-Cu</i> baris aksial (a) 600 mLPM, (b) 700 mLPM, (c) 800 mLPM, (d) 900 mLPM.....	48

<b>Gambar 4.4</b> Penyerapan air baris vertikal (a) 600 mLPM, (b) 700 mLPM, (c) 800 mLPM, (d) 900 mLPM .....	51
<b>Gambar 4.5</b> Penyerapan air baris horisontal (a) 600 mLPM, (b) 700 mLPM, (c) 800 mLPM, (d) 900 mLPM .....	53
<b>Gambar 4.6</b> Penyerapan air baris aksial (a) 600 mLPM, (b) 700 mLPM, (c) 800 mLPM, (d) 900 mLPM .....	55
<b>Gambar 4.7</b> Energi Kumulatif (a) 600 mLPM, (b) 700 mLPM, (c) 800 mLPM, (d) 900 mLPM .....	58
<b>Gambar 4.8</b> Energi kumulatif Q heater .....	59
<b>Gambar 4.9</b> Energi kumulatif Q Air .....	60
<b>Gambar 4.10</b> Energi kumulatif Q <i>Paraffin-CU</i> .....	61
<b>Gambar 4.11</b> Energi kumulatif Q Pipa CU .....	62
<b>Gambar 4.12</b> Energi kumulatif Q Lain-lain .....	63
<b>Gambar 4.13</b> Grafik laju penyerapan paraffin-Cu Sensibel .....	64
<b>Gambar 4.14</b> Grafik laju penyerapan paraffin-Cu laten .....	66
<b>Gambar 4.15</b> Grafik laju kenaikan paraffin-Cu sensibel .....	67
<b>Gambar 4.16</b> Grafik laju kenaikan paraffin-Cu laten .....	69

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Tinjauan Pustaka .....	7
<b>Tabel 2.2</b> Tinjauan Pustaka (lanjutan).....	8
<b>Tabel 2.3</b> Tinjauan Pustaka (lanjutan).....	9
<b>Tabel 2.4</b> <i>Properties air</i> (Cengel, 2003) .....	11
<b>Tabel 3.1</b> Spesifikasi Selang.....	24
<b>Tabel 3.2</b> Spesifikasi Data Logger .....	24
<b>Tabel 3.3</b> Spesifikasi Rotameter.....	25
<b>Tabel 3.4</b> Spesifikasi Pompa .....	26
<b>Tabel 3.5</b> Spesifikasi Multimer .....	27
<b>Tabel 3.6</b> Spesifikasi DC Power Supply .....	27
<b>Tabel 3.7</b> Spesifikasi Voltage regulator .....	28
<b>Tabel 3.8</b> Spesifikasi Timbangan tembaga.....	29
<b>Tabel 3.12</b> Hasil Kalibrasi Termokopel .....	40
<b>Tabel 3.13</b> Kalibrasi rotameter 1000 mLPM.....	41

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b> Variasi Debit Air terkalibrasi.....	74
<b>Lampiran 2</b> Data Suhu dan Waktu Penelitian Variasi Debit Air 600 mLPM .....	75
<b>Lampiran 3</b> Data Suhu dan Waktu Penelitian Variasi Debit Air 600 mLPM (lanjutan). 76	
<b>Lampiran 4</b> Data Suhu dan Waktu Penelitian Variasi Debit Air 700 mLPM .....	77
<b>Lampiran 5</b> Data Suhu dan Waktu Penelitian Variasi Debit Air 700 mLPM (lanjutan). 78	
<b>Lampiran 6</b> Data Suhu dan Waktu Penelitian Variasi Debit Air 800 mLPM .....	79
<b>Lampiran 7</b> Data Suhu dan Waktu Penelitian Variasi Debit Air 800 mLPM (lanjutan). 80	
<b>Lampiran 8</b> Data Suhu dan Waktu Penelitian Variasi Debit Air 900 mLPM .....	81
<b>Lampiran 9</b> Data Suhu dan Waktu Penelitian Variasi Debit Air 900 mLPM (lanjutan). 82	
<b>Lampiran 10</b> Data Suhu Terkalibrasi Variasi Debit Air 600 mLPM .....	83
<b>Lampiran 11</b> Data Suhu Terkalibrasi Variasi Debit Air 700 mLPM .....	84
<b>Lampiran 12</b> Data Suhu Terkalibrasi Variasi Debit Air 800 mLPM .....	85
<b>Lampiran 13</b> Data Suhu Terkalibrasi Variasi Debit Air 900 mLPM .....	86

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$Q_s$	: Jumlah panas yang disimpan material <i>sensible heat storage</i>	(J)
$M$	: Massa	(kg)
$c_p$	: Kalor Jenis	(J/kg.K)
$C$	: Kalor Jenis	(J/kg.°C)
$t_i$	: Temperatur awal	(°C)
$t_f$	: Temperatur akhir	(°C)
$\Delta T$	: Beda temperatur	(°C)
$T_{inlet}$	: Suhu masuk	(°C)
$Q$	: Kalor yang diperlukan	(J)
$C$	: Kapasitas kalor	(J/°C)
$\Delta Q$	: Jumlah kalor	(J)
$Q_{lepas}$ atau $\Delta Q_1$	: Kalor yang dilepas	(J)
$Q_{serap}$ atau $\Delta Q_2$	: Kalor yang diserap	(J)
$T_1$	: Suhu awal	(°C)
$T_2$	: Suhu akhir	(°C)
$\dot{Q}$	: Kecepatan pemindahan kalor	(J/s) atau (Watt)
$\Delta t$	: Beda waktu	(s)
$T$	: Waktu	(s)
$\dot{q}$	: Fluks kalor	(W/m <sup>2</sup> )
$A$ atau $A_s$	: Luas penampang	(m <sup>2</sup> )
$\dot{Q}_{konduksi}$	: Laju perpindahan kalor konduksi	(Watt)
$K$	: Konduktivitas termal	(W/m.°C)
$\Delta x$	: Ketebalan	(m)
$\frac{dT}{dx}$	: Gradien temperatur	(°C/m)
$\dot{Q}_{konveksi}$	: Laju perpindahan kalor konveksi	(Watt)
$H$	: Koefisien konveksi	(W/m <sup>2</sup> .°C)

$T_s$	: Temperatur permukaan	(°C)
$T_\infty$	: Temperatur bebas	(°C)
$\dot{Q}_{\text{radiasi}}$	: Laju perpindahan kalor radiasi	(Watt)
$T_{\text{surr}}$	: Temperatur <i>surrounding</i>	(K)
$Q_{\text{aktual}}$	: Debit aktual	(LPM)
$V$	: Volume	(ml)
$S$	: Waktu	(detik)
$Q_{\text{rotameter air}}$	: Debit rotameter terbaca	(LPM)
$Y$	: Persamaan linier	
$T_{\text{st}}$	: Temperatur standar	(°C)
$Q_{\text{kum}}$	: Pelepasan kalor kumulatif air	(J)
$\rho$	: Densitas atau massa jenis	(kg/m <sup>3</sup> )
$V_{\text{tangki}}$	: Volume tangki	(m <sup>3</sup> )
$\dot{V}$	: Debit air	(LPM)
$\bar{T}_i$	: Suhu awal rata-rata	(°C)
$\bar{T}_f$	: Suhu akhir rata-rata	(°C)
$\overline{\Delta T}$	: Beda temperatur rata-rata	(°C)
$t_{\text{total}}$	: Waktu total	(s)
SWH	: <i>Solar water heater</i>	
SHS	: <i>Sensible heat storage</i>	
HTF	: <i>Heat transfer fluid</i>	
SHWS	: <i>Solar Hot Water System</i>	
PATS	: Pemanas air tenaga surya	
ICS	: <i>Integrated collector storage</i>	
TES	: <i>Thermal energy storage</i>	
LHS	: <i>Latent heat storage</i>	
mLPM	: mili Liter per menit	
GPM	: Galon per menit	
Ms.	: Microsoft	