

**SKRIPSI**

**PENGUKURAN LAJU PELEPASAN KALOR SECARA KONTINYU  
PADA TANGKI *SOLAR WATER HEATER* BERISI AIR  
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 :**

**MELATI SUKMA DEWI**

**20150130100**

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

**2019**

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Melati Sukma Dewi  
Nomor Induk Mahasiswa : 20150130100  
Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi berjudul **“Pengukuran Laju Pelepasan Kalor Secara Kontinyu Pada Tangki *Solar Water Heater* Berisi Air Dengan Variasi Debit Air 1; 1,5; 2; 2,5 LPM”** 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 yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 13 Juli 2019



Melati Sukma Dewi

## MOTTO

*“Jangan hina pribadi anda dengan kepalsuan, karena dialah mutiara diri anda yang tak ternilai.”*

“Sesali masa lalu karena ada kekecewaan dan kesalahan-kesalahan didalamnya, dan jadikan penyesalan tersebut sebagai senjata untuk masa depan agar tidak terjadi kesalahan dan kekecewaan yang sama.”

“Orang-orang yang sukses telah belajar membuat diri mereka melakukan hal yang harus dikerjakan ketika hal itu memang harus dikerjakan, terlepas mereka menyukainya atau tidak.” (Aldus Huxley)

*“Ketika kamu tidak sanggup menyelesaikan suatu pekerjaan, maka jangan pernah kamu berkata bahwa pekerjaan orang lain adalah pekerjaanmu.”*

## HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang.

Rasa terima kasih selalu tercurahkan kepada Allah SWT  
dan kepada orang-orang yang selalu mendukung serta memberikan motivasi yaitu

Kedua orang tuaku Ibu Yulaili dan Bapak Hendra Widiyanto  
Serta kedua adikku Kenanga Putri Sukmadewi dan Adyatma Faizel Safaras  
Dan pendampingku kelak yang akan menemani hingga akhir hayat.

Skripsi ini ku persembahkan untuk kalian karena kasih sayang, pengertian, dan  
motivasi yang selalu kalian berikan membuat ku mampu menyelesaikan lika-liku  
dalam pembuatan skripsi ini.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirrabil'alamin segala puji dan syukur senantiasa penulis haturkan ke hadirat Allah SWT atas segala nikmat, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengukuran Laju Pelepasan Kalor Secara Kontinyu Pada Tangki *Solar Water Heater* Berisi Air Dengan Variasi Debit Air 1; 1,5; 2; 2,5 LPM”. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Penyusunan skripsi ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana S-1 di Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penyelesaian skripsi ini tentu tidak lepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua tercinta ibu dan bapak, adik-adikku tersayang Kenanga dan Faizel yang selalu memberikan kasih sayang, motivasi, dukungan, serta do'a pada setiap tahap penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Tito Hadji Agung Santoso, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I dan Bapak Teddy Nurcahyadi, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan banyak arahan, masukan serta membimbing dengan sabar dan selalu memotivasi dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Krisdiyanto, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji skripsi ini.
4. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
5. Bapak dan ibu dosen, serta staff Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah membantu penulis selama berada di lingkungan Teknik Mesin hingga penyelesaian skripsi ini.
6. Dewi Ariani, Desmawati, Siti Aisyah, dan Meyliana Eka Wati yang bersedia mendengarkan keluh kesah penulis saat menyelesaikan skripsi.

7. Tim Riset SWH, Isnan yang telah berbagi pengalaman dan selalu memberikan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Jaya Rifai, Andi Septian, dan Muhamad Bagus yang telah berjuang bersama dan melewati suka duka bersama penulis dari proses pengambilan data, pembuatan skripsi, hingga pendadaran.
9. Andi Septian yang selalu menemani, memotivasi, *hang out* bareng, membantu keuangan, dan berbagi suka duka bersama penulis selama perkuliahan.
10. Muhamad Bagus yang berjuang bersama dalam tes TOEFL, Dwi Eko Prasetyo yang selalu memberikan respon atas keluh kesah penulis, Prasetyo yang selalu memberikan kabar gembira kepada penulis, Imroatush Sholihah, M. Dirga, Abdul Maulana dan Hendrawan yang selalu menemani membuat skripsi, dan teman-teman angkatan 2015 yang telah membantu dalam perkuliahan.
11. Serta kepada semua pihak yang belum penulis sebutkan diatas.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini, baik materi maupun metode penyajiannya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Penulis berharap skripsi ini bermanfaat bagi banyak pihak, khususnya bagi civitas akademika Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dikemudian hari.

Yogyakarta, 13 Juli 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN</b> .....	xv
<b>INTISARI</b> .....	xviii
<b>ABSTRACT</b> .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	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
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI</b> .....	5
2.1. Tinjauan Pustaka .....	5
2.2. Landasan Teori.....	8
2.2.1. <i>Solar Water Heater</i> .....	8
2.2.2. <i>Thermal Energy Storage</i> .....	12
2.2.3. Air.....	15
2.2.4. Kalor.....	16

2.2.5. Hukum Kekekalan Energi atau Asas <i>Black</i> .....	16
2.2.6. Perpindahan Kalor.....	17
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
3.1. Bahan Penelitian .....	22
3.2. Alat Penelitian.....	22
3.3. Prosedur Penelitian .....	33
3.3.1 Variasi Penelitian .....	33
3.3.2 Diagram Alir Penelitian .....	33
3.3.3 Langkah Penelitian.....	37
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>43</b>
4.1. Hasil Penelitian .....	43
4.2. Evolusi Suhu Air Pada Tangki SWH.....	44
4.2.1. Evolusi Suhu Air Terhadap Penampang A-A Baris Vertikal dan Penampang C-C Baris Vertikal.....	44
4.2.2. Evolusi Suhu Air Terhadap Penampang A-A Baris Horizontal dan Penampang C-C Baris Horizontal.....	48
4.2.3. Evolusi Suhu Air Terhadap Penampang A-B-C Baris Aksial.....	53
4.2.4. Evolusi Suhu Air <i>Discharging</i> Kontinyu.....	58
4.3. Perbandingan Evolusi Suhu .....	62
4.3.1. Perbandingan Antara Penampang A-A Baris Vertikal Pada Suhu Keluar Tangki T17 Terhadap Waktu Proses <i>Discharging</i> Kontinyu.....	62
4.3.2. Perbandingan Antara Penampang A-A Baris Horizontal Pada T23 Terhadap Waktu Proses <i>Discharging</i> Kontinyu.....	63
4.3.3. Perbandingan Antara Penampang C-C Baris Aksial Pada T11 Terhadap Waktu Proses <i>Discharging</i> Kontinyu.....	64
4.3.4. Perbandingan Antara Penurunan Suhu <i>Discharging</i> Kontinyu Terhadap Waktu Proses <i>Discharging</i> Kontinyu.....	65
4.4. Pelepasan Kalor Kumulatif Air.....	66
4.5. Laju Pelepasan Kalor Air.....	68
4.6. Laju Penurunan Suhu Air.....	70



<b>BAB V PENUTUP</b> .....	72
5.1. Kesimpulan .....	72
5.2. Saran .....	73
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	74
<b>LAMPIRAN</b> .....	78

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem Aktif SWH.....	9
Gambar 2. 2 Sistem Pasif SWH.....	10
Gambar 2. 3 Sistem <i>Thermosyphon</i> .....	11
Gambar 2. 4 Ilustrasi <i>Charging</i> dan <i>Discharging Time</i> .....	13
Gambar 3. 1 <i>Solar Water Heater</i> .....	22
Gambar 3. 2 Skema <i>Solar Water Heater</i> .....	23
Gambar 3. 3 Penempatan Termokopel Pada Strimin dan Posisi Strimin Pada Tangki SWH .....	26
Gambar 3. 4 Tangki <i>Solar Water Heater</i> .....	27
Gambar 3. 5 Rotameter Air.....	28
Gambar 3. 6 <i>Applent Temperature Data Logger</i> .....	29
Gambar 3. 7 Termokopel dan Strimin.....	30
Gambar 3. 8 Selang Air.....	30
Gambar 3. 9 Bak Air .....	31
Gambar 3. 10 Katup .....	32
Gambar 3. 11 Laptop.....	33
Gambar 3.12 Diagram Alir Penelitian .....	34
Gambar 3. 13 Diagram Alir Penelitian (lanjutan).....	35
Gambar 3. 14 Diagram Alir Penelitian (lanjutan).....	36
Gambar 3. 15 Penempatan Termokopel Pada Strimin .....	41
Gambar 4. 1 Evolusi Suhu Air Terhadap Penampang A-A Baris Vertikal dan Penampang C-C Baris Vertikal (a) 1 LPM .....	44
Gambar 4. 2 Evolusi Suhu Air Terhadap Penampang A-A Baris Vertikal dan Penampang C-C Baris Vertikal (b) 1,5 LPM (c) 2 LPM (lanjutan) .....	45
Gambar 4. 3 Evolusi Suhu Air Terhadap Penampang A-A Baris Vertikal dan Penampang C-C Baris Vertikal (d) 2,5 LPM (lanjutan) .....	46
Gambar 4. 4 Penempatan Termokopel.....	47
Gambar 4. 5 Evolusi Suhu Air Terhadap Penampang A-A Baris Horizontal dan Penampang C-C Baris Horizontal (a) 1 LPM (b) 1,5 LPM .....	49
Gambar 4. 6 Evolusi Suhu Air Terhadap Penampang A-A Baris Horizontal dan Penampang C-C Baris Horizontal (c) 2 LPM (d) 2,5 LPM (lanjutan) .....	50
Gambar 4. 7 Penempatan Termokopel.....	52

Gambar 4. 8 Evolusi Suhu Air Terhadap Penampang A-B-C Baris Aksial (a) 1 LPM (b) 1,5 LPM .....	54
Gambar 4. 9 Evolusi Suhu Air Terhadap Penampang A-B-C Baris Aksial (c) 2 LPM (d) 2,5 LPM (lanjutan) .....	55
Gambar 4. 10 Penempatan Termokopel.....	57
Gambar 4. 11 Evolusi Suhu Air Terhadap Proses <i>Discharging</i> Kontinyu (a) 1 LPM (b) 1,5 LPM .....	59
Gambar 4. 12 Evolusi Suhu Air Terhadap Proses <i>Discharging</i> Kontinyu (c) 2LPM (d) 2,5 LPM (lanjutan) .....	60
Gambar 4. 13 Perbandingan Evolusi Suhu Air Pada Penampang A-A Baris Vertikal Pada Termokopel T17 Terhadap Waktu Proses <i>Discharging</i> Kontinyu .....	62
Gambar 4. 14 Perbandingan Evolusi Suhu Air Pada Penampang A-A Baris Horizontal Pada Termokopel T23 Terhadap Waktu Proses <i>Discharging</i> Kontinyu .....	63
Gambar 4. 15 Perbandingan Evolusi Suhu Air Pada Penampang C-C Baris Aksial Pada Termokopel T11 Terhadap Waktu Proses <i>Discharging</i> Kontinyu .....	64
Gambar 4. 16 Perbandingan Penurunan Suhu <i>Discharging</i> Kontinyu Terhadap Waktu Proses <i>Discharging</i> Kontinyu .....	65
Gambar 4. 17 Pelepasan Kalor Kumulatif Air .....	67
Gambar 4. 18 Laju Pelepasan Kalor Air .....	69
Gambar 4. 19 Laju Penurunan Suhu Air.....	71

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Properties Air .....	15
Tabel 3. 1 Spesifikasi Data <i>Logger</i> .....	28
Tabel 3. 2 Spesifikasi Data <i>Logger</i> (lanjutan) .....	29
Tabel 3. 3 Spesifikasi Laptop.....	32
Tabel 3. 4 Debit Aktual .....	38
Tabel 3. 5 Kalibrasi Termokopel .....	39
Tabel 4. 1 Nilai Pelepasan Kalor Kumulatif Air.....	66
Tabel 4. 2 Nilai Laju Pelepasan Kalor Air .....	69
Tabel 4. 3 Nilai Laju Penurunan Suhu Air.....	70

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Variasi Debit Air Terkalibrasi .....	78
Lampiran 2 Data Suhu dan Waktu Penelitian Variasi Debit Air 1 LPM .....	79
Lampiran 3 Data Suhu dan Waktu Penelitian Variasi Debit Air 1 LPM (lanjutan) ...	80
Lampiran 4 Data Suhu dan Waktu Penelitian Variasi Debit Air 1,5 LPM .....	81
Lampiran 5 Data Suhu dan Waktu Penelitian Variasi Debit Air 1,5 LPM (lanjutan)	82
Lampiran 6 Data Suhu dan Waktu Penelitian Variasi Debit Air 2 LPM .....	83
Lampiran 7 Data Suhu dan Waktu Penelitian Variasi Debit Air 2 LPM (lanjutan) ...	84
Lampiran 8 Data Suhu dan Waktu Penelitian Variasi Debit Air 2,5 LPM .....	85
Lampiran 9 Data Suhu dan Waktu Penelitian Variasi Debit Air 2,5 LPM (lanjutan)	86
Lampiran 10 Data Suhu Terkalibrasi Variasi Debit Air 1 LPM .....	87
Lampiran 11 Data Suhu Terkalibrasi Variasi Debit Air 1 LPM (lanjutan).....	88
Lampiran 12 Data Suhu Terkalibrasi Variasi Debit Air 1,5 LPM .....	89
Lampiran 13 Data Suhu Terkalibrasi Variasi Debit Air 2 LPM .....	90
Lampiran 14 Data Suhu Terkalibrasi Variasi Debit Air 2,5 LPM .....	91

## 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)

$\dot{Q}_{\text{konveksi}}$	: Laju perpindahan kalor konveksi	(Watt)
$h$	: Koefisien konveksi	(W/m <sup>2</sup> .°C)
$T_s$	: Temperatur permukaan	(°C)
$T_\infty$	: Temperatur bebas	(°C)
$\dot{Q}_{\text{emisi,max}}$	: Laju perpindahan kalor radiasi emisi maksimal	(Watt)
$\sigma$	: Konstanta Stefan Boltzmann, $\sigma = 5,67 \times 10^{-8}$	(W/m <sup>2</sup> .K <sup>4</sup> )
$\dot{Q}_{\text{emisi}}$	: Laju perpindahan kalor radiasi emisi	(Watt)
$\varepsilon$	: emisivitas	
$\dot{Q}_{\text{absorbed}}$	: Laju perpindahan kalor radiasi absorpsi	(Watt)
$\dot{Q}_{\text{incident}}$	: Laju perpindahan kalor radiasi insiden	(Watt)
$\alpha$	: Absorptivitas atau kemampuan menyerap radiasi termal	
$\dot{Q}_{\text{radiasi}}$	: 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>	
LPM	: Liter per menit	
GPM	: Galon per menit	
Ms.	: Microsoft	