

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hafizhar Farras Rizqi
Nomor Induk Mahasiswa : 20150130161
Progam Studi : S1 Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Penelitian : Pengukuran Laju Penyerapan Kalor pada Tangki *Solar Water Heater* dengan Kapsul Berisi *Paraffin Wax* dengan Variasi Debit Air 600, 700, 800, dan 900 mLPM

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, 30 Agustus 2019



Hafizhar Farras Rizqi
20150130161

MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

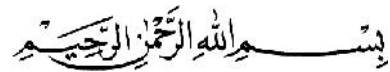
Menunda Pekerjaan Sama Halnya Dengan Menabung Penderitaan

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

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

“Karunia Allah Yang Paling Lengkap Adalah Kehidupan Yang Didasarkan Pada Ilmu Pengetahuan” (Ali bin Abi Thalib)

HALAMAN PERSEMBAHAN



Dengan mengucapkan Alhamdulillahilalamin, 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. Keluarga Bapak Ikhsan terutama kedua orang tua tercinta Bapak Ikhsan dan Ibu Muljani 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. Teman-teman tim riset SWH yang telah bekerja sama dari membuat alat hingga terselesaikannya skripsi ini.
3. Teman-teman angkatan 2015 Teknik Mesin UMY yang tidak bisa saya sebutkan semuanya.
4. 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 Penyerapan Kalor pada Tangki Solar Water Heater dengan Kapsul Berisi Paraffin Wax dengan Variasi Debit Air 600, 700, 800, dan 900 mLPM” 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 tugas akhir ini.
4. Kedua Orang Tua tercinta dan tersayang Bapak Ikhsan. dan Ibu Muljani. yang selalu memberikan bantuan baik doa maupun moral 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” yangselalu memberikan motivasi dalam pengerjaan tugas akhir ini.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
MOTTO.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
INTISARI.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Asumsi dan Batasan Masalah.....	2
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.....	9
2.2.1. Definisi Tangki TES (Thermal Energy Storage).....	9
2.2.2. Sensible Heat Storage	9
2.2.3. Latent Heat Storage	10
2.2.4. <i>Thermo-Chemical Storage</i>	11
2.2.5. <i>Phase Change Material</i>	11
2.2.6. <i>Charging dan Discharging</i>	13
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1. Bahan Penelitian	15

3.1.1.	Air.....	15
3.1.2.	<i>Paraffin Wax</i> Lokal.....	15
3.1.3.	<i>Paraffin Wax Rubitterm 60</i>	17
3.2.	Alat Penelitian	18
3.2	Prosedur Penelitian	30
3.2.1.	Variasi Penelitian.....	30
3.2.2.	Diagram Alir Penelitian	30
3.2.3.	Langkah Penelitian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		41
4.1.	Evolusi Suhu pada Variasi 600 mLPM.....	41
4.1.1.	Evolusi Suhu <i>Paraffin Wax</i> dan Air Arah Vertikal	41
4.1.2.	Evolusi Suhu <i>Paraffin Wax</i> dan Air Arah Horisontal	42
4.1.3.	Evolusi Suhu <i>Paraffin Wax</i> dan Air Arah Aksial.....	44
4.1.4.	Energi Kumulatif	45
4.2.	Evolusi Suhu pada Variasi 700 mLPM.....	46
4.2.1.	Evolusi Suhu <i>Paraffin Wax</i> dan Air Arah Vertikal	46
4.2.2.	Evolusi Suhu <i>Paraffin Wax</i> dan Air Arah Horisontal	47
4.2.3.	Evolusi Suhu <i>Paraffin Wax</i> dan Air Arah Aksial.....	49
4.2.4.	Grafik Energi Kumulatif	50
4.3.	Evolusi Suhu pada Variasi 800 mLPM.....	51
4.3.1.	Evolusi Suhu <i>Paraffin Wax</i> dan Air Arah Vertikal	51
4.3.2.	Evolusi Suhu <i>Paraffin Wax</i> dan Air Arah Horisontal	52
4.3.3.	Evolusi Suhu <i>Paraffin Wax</i> dan Air Arah Aksial.....	54
4.3.4.	Grafik Energi Kumulatif	55
4.4.	Evolusi Suhu pada Variasi 900 mLPM.....	56
4.4.1.	Evolusi Suhu <i>Paraffin Wax</i> dan Air Arah Vertikal	56
4.4.2.	Evolusi Suhu <i>Paraffin Wax</i> dan Air Arah Horisontal	57
4.4.3.	Evolusi Suhu <i>Paraffin Wax</i> dan Air Arah Aksial.....	58
4.4.4.	Grafik Energi Kumulatif	60
4.5.	Energi Kumulatif Q Heater, Air, PCM, Pipa Cu, dan lain-lain.....	61
4.5.1.	Energi Kumulatif Q Heater	61

4.5.2.	Energi Kumulatif Q Air	61
4.5.3.	Energi Kumulatif Q Paraffin Wax.....	62
4.5.4.	Energi Kumulatif Pipa Cu.....	63
4.5.5.	Energi Kumulatif Lain-lain	64
4.6.	Laju Penyerapan Kalor dan Laju Kenaikan Suhu	65
4.6.1.	Laju Penyerapan Paraffin Wax Sensibel dan Laten	65
4.6.2.	Laju Kenaikan Paraffin Wax Sensibel dan Laten.....	67
4.6.3.	Laju Penyerapan Kalor dan Kenaikan Suhu Air	69
BAB V PENUTUP		72
5.1.	Kesimpulan.....	72
5.1.	Saran	73
DAFTAR PUSTAKA		74
LAMPIRAN		76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik temperature-waktu pada pemanasan suatu zat	11
Gambar 2. 2 Klasifikasi phase change material (PCM)	13
Gambar 2. 3 Skema temperatur pada sistem LHS (a) proses charging (b) proses discharging	14
Gambar 3. 1 <i>Paraffin Wax</i> Lokal.....	16
Gambar 3. 2 Hasil uji DSC <i>paraffin wax</i> lokal	17
Gambar 3. 3 Skema aliran alat	19
Gambar 3. 4 Solar Water Heater	20
Gambar 3. 5 Tangki tampak 2 dimensi	20
Gambar 3. 6 Tangki SWH belum terpasang glasswool dan alumunium foil	21
Gambar 3. 7 Tangki SWH sudah terpasang glasswool dan alumunium foil	21
Gambar 3. 8 Susunan tube tembaga.....	22
Gambar 3. 9 Dudukan penopang pipa tembaga.....	22
Gambar 3. 10 Kapsul PCM	22
Gambar 3. 11 Kapsul PCM 2 dimensi	23
Gambar 3. 12 Katup pengaman diatas tangki.....	23
Gambar 3. 13 katup pengaman dibawah tangki	24
Gambar 3. 14 Rotameter 1000 mLPM.....	24
Gambar 3. 15 Applent Temperature Data Logger AT 4532	25
Gambar 3. 16 Termokopel tipe K.....	26
Gambar 3. 17 DC power supply	26
Gambar 3. 18 Voltase regulator.....	27
Gambar 3. 19 Immersion heater	28
Gambar 3. 20 Tabung pemanas air	28
Gambar 3. 21 Multimeter	28
Gambar 3. 22 Amperemeter	29
Gambar 3. 23 Pompa DC 12 V.....	29

Gambar 3. 24 Laptop	30
Gambar 3. 25 Diagram Alir.....	31
Gambar 3. 26 Diagram alir penelitian (lanjutan).....	32
Gambar 3. 27 Diagram alir penelitian (lanjutan).....	33
Gambar 3. 28 Desain numbering pemasangan termokopel	39
Gambar 4. 1 Evolusi Suhu Paraffin Wax Arah Vertikal.....	41
Gambar 4. 2 Evolusi Suhu Air Arah Vertikal	42
Gambar 4. 3 Evolusi Suhu Paraffin Wax Arah Horisontal	43
Gambar 4. 4 Evolusi Suhu Air Arah Horisontal.....	43
Gambar 4. 5 Evolusi Suhu Paraffin Wax Arah Aksial	44
Gambar 4. 6 Evolusi Suhu Air Arah Aksial.....	45
Gambar 4. 7 Grafik Energi Kumulatif	45
Gambar 4. 8 Evolusi Suhu Paraffin Wax Arah Vertikal.....	46
Gambar 4. 9 Evolusi Suhu Air Arah Vertikal	47
Gambar 4. 10 Evolusi Suhu Paraffin Wax Arah Horisontal	48
Gambar 4. 11 Evolusi Suhu Air Arah Horisontal.....	48
Gambar 4. 12 Evolusi Suhu Paraffin Wax Arah Aksial	49
Gambar 4. 13 Evolusi Suhu Air Arah Aksial.....	50
Gambar 4. 14 Grafik Energi Kumulatif	50
Gambar 4. 15 Evolusi Suhu Paraffin Wax Arah Vertikal.....	51
Gambar 4. 16 Evolusi Suhu Air Arah Vertikal	52
Gambar 4. 17 Evolusi Suhu Paraffin Wax Arah Horisontal	53
Gambar 4. 18 Evolusi Suhu Air Arah Horisontal.....	53
Gambar 4. 19 Evolusi Suhu Paraffin Wax Arah Aksial	54
Gambar 4. 20 Evolusi Suhu Air Arah Aksial.....	54
Gambar 4. 21 Grafik Energi Kumulatif	55
Gambar 4. 22 Evolusi Suhu Paraffin Wax Arah Vertikal.....	56
Gambar 4. 23 Evolusi Suhu Air Arah Vertikal	57
Gambar 4. 24 Evolusi Suhu Paraffin Wax Arah Horisontal	57
Gambar 4. 25 Evolusi Suhu Air Arah Horisontal.....	58
Gambar 4. 26 Evolusi Suhu Paraffin Wax Arah Aksial	59

Gambar 4. 27 Evolusi Suhu Air Arah Aksial	59
Gambar 4. 28 Grafik Energi Kumulatif	60
Gambar 4. 29 Energi kumulatif Q heater	61
Gambar 4. 30 Energi kumulatif Q air	62
Gambar 4. 31 Energi kumulatif Q paraffin wax	63
Gambar 4. 32 Energi kumulatif Q pipa Cu	64
Gambar 4. 33 Energi kumulatif lain-lain	65
Gambar 4. 34 Laju penyerapan paraffin wax sensibel.....	66
Gambar 4. 35 Laju penyerapan paraffin wax laten.....	67
Gambar 4. 36 Laju kenaikan paraffin wax sensibel	68
Gambar 4. 37 Laju kenaikan paraffin wax laten	69
Gambar 4. 38 Laju Penyerapan Kalor Air	70
Gambar 4. 39 Laju kenaikan suhu air	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ringkasan Tinjauan Pustaka	7
Tabel 2. 2 Karakteristik material phase change material (PCM) yang digunakan pada sistem SWH menurut Regin, dkk (2008).	12
Tabel 3. 1 Properties Air (Cengel, 2003)	15
Tabel 3. 2 Hasil uji DSC paraffin wax lokal	16
Tabel 3. 3 Hasil uji DSC paraffin wax lokal	16
Tabel 3. 4 Spesifikasi dari paraffin wax RT60 (Rubitherm phase change material)	18
Tabel 3. 5 Spesifikasi <i>Applent Temperature Data Logger</i> AT 4532.....	25
Tabel 3. 6 Spesifikasi voltase regulator	27
Tabel 3. 7 Spesifikasi pompa DC 12 V	29
Tabel 3. 8 Spesifikasi Perangkat Laptop.....	30
Tabel 3. 9 Kalibrasi termocouple data logger 32.....	34
Tabel 3. 10 Kalibrasi rotameter 1000 mLPM.....	36
Tabel 4. 1 Data energi kumulatif Q heater	61
Tabel 4. 2 Data energi kumulatif Q air	62
Tabel 4. 3 Data energi kumulatif Q paraffin wax	63
Tabel 4. 4 Data energi kumulatif pipa Cu	63
Tabel 4. 5 Data energi kumulatif Q lain-lain.....	64
Tabel 4. 6 Data laju penyerapan paraffin wax sensibel	65
Tabel 4. 7 Data laju penyerapan paraffin wax laten	66
Tabel 4. 8 Data laju kenaikan paraffin wax sensibel	67
Tabel 4. 9 Data laju kenaikan paraffin wax laten	68
Tabel 4. 10 Data laju penyerapan kalor air	69
Tabel 4. 11 Data laju kenaikan suhu air	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data <i>charging</i> 600 mLPM.....	76
Lampiran 2. Data <i>charging</i> 700 mLPM	77
Lampiran 3. Data <i>charging</i> 800 mLPM	79
Lampiran 4. Data <i>charging</i> 900 mLPM.....	80
Lampiran 5. Data <i>charging</i> terkalibrasi 600 mLPM	82
Lampiran 6. Data <i>charging</i> terkalibrasi 700 mLPM.....	83
Lampiran 7. Data <i>charging</i> terkalibrasi 800 mLPM.....	85
Lampiran 8. Data <i>charging</i> terkalibrasi 900 mLPM	86
Lampiran 9. Kalibrasi rotameter	88

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 (m³)

ρ = densitas material (kg/m³)