

SKRIPSI

**PENGUKURAN LAJU PENYERAPAN KALOR PADA TANGKI *SOLAR*
WATER HEATER DENGAN KAPSUL YANG BERISI CAMPURAN
PARAFFIN WAX DAN SERBUK TEMBAGA 10% BERAT DENGAN
VARIASI DEBIT AIR 600, 700, 800 DAN 900 MLPM**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Teknik



UMY

**UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH
YOGYAKARTA**

Unggul & Islami

Disusun Oleh :

MUHAMMAD ISNAN

20150130175

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
(2019)**

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa dalam skripsi ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang sengaja tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan sumbernya dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, Juli 2019



Muhammad Isnain

MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

“Mensyukuri apa-apa yang telah dimiliki. Man Yazra’ Yahshud.”

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

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

“Jangan tertipu oleh orang yang hanya pandai menguraikan Al-Quran. Uraian
hanyalah kata-kata. Lihatlah mereka yang mendasar perilaku pada Al-Quran.”
(Umar ibnu-Khattab)

“Pengetahuan yang terbaik adalah yang memberi manfaat. Bukan yang hanya
diingat?” (Imam al – Syafi’i)

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, **Ibu Surip dan Bapak Agus Sutrisman**
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

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 yang Berisi Campuran *Paraffin Wax* dan Serbuk Tembaga 10% Berat 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 Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. 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.
3. Bapak Krisdiyanto., S.T., M.Eng. selaku dosen penguji tugas akhir ini.
4. Kedua Orang Tua tercinta dan tersayang Bapak dan Ibu, mas Agung dan mba Ratna yang selalu memberikan bantuan baik doa maupun moril dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. 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 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
6. Tim SWH, serta semua angkatan 2015 khususnya Kelas TM “C” yang selalu memberikan motivasi dalam pengerjaan tugas akhir ini.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN 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 / ABSTRAK	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
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 LANDASAN TEORI	
2.1. Tinjauan Pustaka	4
2.2. Dasar Teori	7
2.2.1. Thermal Energy Storage	7
2.2.1.1. Sensibel Heat Storage	8
2.2.1.2. Laten Heat Storage	9
2.2.2. Phase Change Material	9
2.2.3. Charging dan Discharging	12

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Alat Penelitian	13
3.2. Bahan Penelitian	21
3.3. Prosedur Penelitian	22
3.3.1. Variasi Penelitian.....	22
3.3.2. Diagram Alir Penelitian.....	22
3.3.3. Langkah Penelitian	24
3.3.3.1. Pre-Processing	24
3.3.3.2. Processing	28
3.3.3.3. Post Processing	28
3.3.4. Skema Proses Charging	29
3.5. Hasil Uji DSC	30

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Evolusi Suhu	32
4.1.1. Evolusi Suhu Paraffin Wax + Cu 10%	33
4.1.2. Evolusi Suhu Air	39
4.2. Energi Kumulatif.....	45
4.2.1. Energi Kumulatif Setiap Variasi	45
4.2.2. Energi Kumulatif Q Heater	47
4.2.3. Energi Kumulatif Q Air.....	48
4.2.4. Energi Kumulatif Q Paraffin-Cu	49
4.2.5. Energi Kumulatif Q Pipa Cu	51
4.2.6. Energi Kumulatif Q Lain-lain.....	52
4.3. Laju Penyerapan Paraffin Cu	53
4.3.1. Laju Penyerapan Paraffin Cu Sensibel	53
4.3.2. Laju Penyerapan Paraffin Cu Laten.....	54
4.4. Laju Kenaikan Paraffin Cu	55
4.4.1. Laju Kenaikan Paraffin Cu Sensibel	55
4.4.2. Laju Kenaikan Paraffin Cu Laten.....	57
4.5. Laju Penyerapan dan Kenaikan Air	58

4.5.1.Laju Penyerapan Air	58
4.5.2.Laju Kenaikan Air	59

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	61
5.2. Saran	62

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tiga Proses Dalam Sistem TES	8
Gambar 2.2. Perbandingan dari Volume yang Dibutuhkan	8
Gambar 2.3. Skema temperatur pada LHS (a) <i>charging</i> (b) <i>discharging</i>	12
Gambar 3.1. Tangki TES	13
Gambar 3.2. Laptop.....	14
Gambar 3.3. <i>Applent Temperature Data logger</i>	14
Gambar 3.4 Voltase Regulator.....	15
Gambar 3.5. <i>DC Power Supply</i>	16
Gambar 3.6. Pompa DC 12 V	17
Gambar 3.7. Selang Air	18
Gambar 3.8. Rotameter 1000 mLPM	18
Gambar 3.9. Kabel Termokopel.....	19
Gambar 3.10. Multimeter	19
Gambar 3.11. <i>Clamp Meter</i>	20
Gambar 3.12. Tabung <i>Heater</i>	21
Gambar 3.13. Bak Penampungan	21
Gambar 3.14. Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 3.15. Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 3.16. Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3.17. Desain Penempatan <i>Termocouple</i>	27
Gambar 3.18. Skema Proses <i>Charging</i>	29
Gambar 3.19. Hasil Uji DSC	31
Gambar 4.1. Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu dalam Arah Vertikal 600 mLPM	33

Gambar 4.2.	Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu dalam Arah Vertikal 700 mLPM	33
Gambar 4.3.	Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu dalam Arah Vertikal 800 mLPM	34
Gambar 4.4.	Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu dalam Arah Vertikal 900 mLPM.....	34
Gambar 4.5.	Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu dalam Arah Horisontal 600 mLPM	35
Gambar 4.6.	Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu dalam Arah Horisontal 700 mLPM	35
Gambar 4.7.	Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu dalam Arah Horisontal 800 mLPM	36
Gambar 4.8.	Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu dalam Arah Horisontal 900 mLPM	36
Gambar 4.9.	Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu dalam Arah Aksial 600 mLPM	37
Gambar 4.10.	Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu dalam Arah Aksial 700 mLPM	37
Gambar 4.11.	Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu dalam Arah Aksial 800 mLPM	38
Gambar 4.12.	Evolusi Suhu Paraffin Wax + 10% Cu dalam Arah Aksial 900 mLPM	38
Gambar 4.13	Evolusi Suhu Air dalam Arah Vertikal 600 mLPM	39
Gambar 4.14	Evolusi Suhu Air dalam Arah Vertikal 700 mLPM	39
Gambar 4.15	Evolusi Suhu Air dalam Arah Vertikal 800 mLPM	40
Gambar 4.16	Evolusi Suhu Air dalam Arah Vertikal 900 mLPM	40
Gambar 4.17	Evolusi Suhu Air dalam Arah Horisontal 600 mLPM	41
Gambar 4.18	Evolusi Suhu Air dalam Arah Horisontal 700 mLPM.....	41
Gambar 4.19	Evolusi Suhu Air dalam Arah Horisontal 800 mLPM.....	42
Gambar 4.20	Evolusi Suhu Air dalam Arah Horisontal 900 mLPM.....	42
Gambar 4.21	Evolusi Suhu Air dalam Arah Aksial 600 mLPM	43

Gambar 4.22	Evolusi Suhu Air dalam Arah Aksial 700 mLPM	43
Gambar 4.23	Evolusi Suhu Air dalam Arah Aksial 800 mLPM	44
Gambar 4.24	Evolusi Suhu Air dalam Arah Aksial 900 mLPM	44
Gambar 4.25	Energi Kumulatif pada 600 mLPM	45
Gambar 4.26	Energi Kumulatif pada 700 mLPM	45
Gambar 4.27	Energi Kumulatif pada 800 mLPM	46
Gambar 4.28	Energi Kumulatif pada 900 mLPM	46
Gambar 4.29	Energi Kumulatif Q <i>Heater</i>	48
Gambar 4.30	Energi Kumulatif Q Air	49
Gambar 4.31	Energi Kumulatif Q Paraffin-Cu	50
Gambar 4.32	Energi Kumulatif Q Pipa Cu	51
Gambar 4.33	Energi Kumulatif Q Lain-lain	52
Gambar 4.34	Laju Penyerapan Paraffin-Cu Sensibel	53
Gambar 4.35	Laju Penyerapan Paraffin-Cu Laten	55
Gambar 4.36	Laju Kenaikan Paraffin-Cu Sensibel.....	56
Gambar 4.37	Laju Kenaikan Paraffin-Cu Laten	57
Gambar 4.38	Laju Penyerapan Kalor Air	59
Gambar 4.39	Laju Kenaikan Kalor Air	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Grup dari <i>Phase Change Material</i>	10
Tabel 2.2. Karakteristik Utama yang Diinginkan dari PCM.....	11
Tabel 3.1. Spesifikasi Perangkat Laptop.....	14
Tabel 3.2. Spesifikasi Data <i>Logger</i>	15
Tabel 3.3. Spesifikasi Voltase Regulator	15
Tabel 3.4. Spesifikasi DC <i>Power Supply</i>	16
Tabel 3.5. Spesifikasi Pompa DC	17
Tabel 3.6. Spesifikasi Multimeter	19
Tabel 3.7. Spesifikasi Clamp Meter.....	20
Tabel 3.8. Hasil Kalibrasi rotameter 1000 Mlpm	25
Tabel 3.9. Kalibrasi <i>Termocuple</i>	26
Tabel 3.10. Hasil Uji DSC	30
Tabel 3.11. Hasil Uji DSC	31
Tabel 4.1. Data Energi Kumulatif Q Heater	47
Tabel 4.2. Data Energi Kumulatif Q Air	48
Tabel 4.3. Data Energi Kumulatif Q Paraffin-CU	50
Tabel 4.4. Data Energi Kumulatif Q Pipa Cu	51
Tabel 4.5. Data Energi Kumulatif Q Lain-lain	52
Tabel 4.6. Data Laju Penyerapan Paraffin-Cu Sensibel.....	53
Tabel 4.7. Data Laju Penyerapan Paraffin-Cu Latenl	54
Tabel 4.8. Data Laju Kenaikan Paraffin-Cu Sensibel	56
Tabel 4.9. Data Laju Kenaikan Paraffin-Cu Laten	57
Tabel 4.10. Data Laju Penyerapan Kalor Air.....	58
Tabel 4.11. Data Laju Kenaikan Kalor Air	60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Charging 600 mLPM.....	65
Lampiran 2 Data Charging 700 mLPM.....	68
Lampiran 3 Data Charging 800 mLPM.....	71
Lampiran 4 Data Charging 900 mLPM.....	74
Lampiran 5 Data Suhu Terkalibrasi 600 mLPM	77
Lampiran 6 Data Suhu Terkalibrasi 700 mLPM.....	80
Lampiran 7 Data Suhu Terkalibrasi 800 mLPM	83
Lampiran 8 Data Suhu Terkalibrasi 900 mLPM	86
Lampiran 9 Kalibrasi Debit.....	87

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

\dot{m} = laju aliran massa air panas (kg/s)

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)