

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Anas Nasirudin
Nomor Induk Mahasiswa : 20140130216
Progam Studi : S1 Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Penelitian : Pengukuran Laju Pelepasan Kalor Secara Bertahap Pada Tangki *Solar Water Heater* Dengan Kapsul Berisi Campuran *Paraffin Wax* Dan Serbuk Tembaga 20% Pada 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, Oktober 2019

Anas Nasirudin
20140130216

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan mengucapkan Alhamdulillahirabbil‘alamin, puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat-Nya dan atas dukungan dan doa dari orang-orang tercinta, akhirnya tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu dengan rasa bahagia dan bangga penulis haturkan terimakasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta Bapak Slamet Witoro dan Ibu Yamini 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 Anisa Abriya Nur Afifa dan Anita Zum’atul Qolbi Azzahra 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 2014 Teknik Mesin UMY yang tidak bisa saya sebutkan semuanya.

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

Puji syukur penulis haturkan kehadirat Allah S.W.T. karena limpahan rahmat dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian untuk Tugas Akhir Program Studi S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan judul “Pengukuran Laju Pelepasan Kalor Secara Bertahap pada Tangki Solar Water Heater dengan Kapsul Berisi Campuran *Paraffin Wax* dan Serbuk Tembaga 20% Berat pada Variasi Debit Air 1; 1,5; 2 & 2,5 LPM”. Penyusunan tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana S-1 di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa tersusunnya Tugas Akhir ini juga tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, saran dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tito Hadji Agung Santoso, S.T., M.T., selaku pembimbing pertama yang telah memberikan waktu luangnya untuk memberi masukan dan inspirasi terkait penulisan Tugas Akhir.
2. Teddy Nurcahyadi, S.T., M.Eng. selaku pembimbing kedua yang telah membimbing dan membantu selama proses pengerjaan Tugas akhir.
3. Reli Adi Himarosa., S.T., M.Eng. selaku dosen penguji tugas akhir ini.
4. Berli Paripurna Kamiel, S.T., M. Eng. Sc., Ph.D, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Kedua Orang Tua beserta seluruh Keluarga yang telah memberikan doa, dukungan moral, ataupun materil selama penulis menempuh perkuliahan di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

5. Pihak-pihak yang telah membantu pembuatan tugas akhir yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.

Terakhir, semoga Allah SWT membalas kebaikan dan jasa-jasa mereka semua dengan rahmat dan kebaikan yang terbaik dari-Nya dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk kemajuan teknologi, khususnya teknologi *Solar Water Heater* (SWH).

Penulis mengharapkan skripsi yang telah disusun ini dapat memberikan sumbangsih guna menambah ilmu pengetahuan para pembaca, dan akhir kata dalam langkah perbaikan selanjutnya, penulis sangat mengharapkan saran dan masukan dari semua pihak karena dalam penyusunan skripsi ini masih memiliki bermacam kekurangan.

Yogyakarta, 12 Oktober 2019

Penulis

DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
INTISARI	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Asumsi dan Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II	4
LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.2 Dasar Teori	9

2.2.1.	Thermal Energy Storage.....	9
2.2.2.	Phase Change Material	11
2.2.3.	<i>Charging dan Discharging</i>	13
BAB III	.....	15
METODE PENELITIAN	.....	15
3.1.	Alat Penelitian.....	15
3.2.	Bahan Penelitian	21
3.3.	Skema Penelitian.....	27
3.4.	Rencana Analisis Data	28
BAB IV	.....	37
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	37
4.1.	Laju Pelepasan Kalor pada Variasi 1 LPM.....	37
4.2.	Laju Pelepasan Kalor pada Variasi 1,5 LPM.....	45
4.3.	Laju Penurunan suhu pada Variasi 2 LPM	53
4.4.	Laju Penurunan Suhu pada Variasi 2,5 LPM.....	60
4.5.	Laju Pelepasan Kalor Air dan Laju Penurunan Suhu Air	68
4.6.	Laju Pelepasan Kalor Paraffin dan Laju Penurunan Suhu Paraffin	71
BAB V	.....	75
PENUTUP	.....	75
5.1.	Kesimpulan	75
5.2.	Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	.....	78
LAMPIRAN	.....	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik temperatur waktu pada pemanasan suatu zat	10
Gambar 2.2 Volume dari storage untuk penyimpanan (1800 kWh)	11
Gambar 2.3 Klasifikasi Phase Change Material PCM (Gil dkk, 2010)	13
Gambar 2.4 Grafik temperatur pada LHS (a) charging (b) discharging	14
Gambar 3.1 Tangki TES	15
Gambar 3.2 Laptop	16
Gambar 3.3 Applent Temperature Data logger.....	17
Gambar 3.4 Rotameter Air 3 LPM	18
Gambar 3.5 Selang Air	18
Gambar 3.6 Bak Penampung Air	19
Gambar 3.7 Valve.....	19
Gambar 3.8 Timbangan Digital	20
Gambar 3.9 Saringan mesh 200	20
Gambar 3.10 Magnetic Hotplate Stirrer.....	21
Gambar 3.11 Paraffin Wax Lokal.....	23
Gambar 3.12 Gambar grafik hasil uji DSC pada paraffin wax-Cu 20%	24
Gambar 3.13 Serbuk Cu.....	26
Gambar 3.14 Skema Proses Discharging Bertahap	27
Gambar 3 15. Diagram alir penelitian.....	29
Gambar 3 16. Diagram alir penelitian lanjutan.....	30
Gambar 3. 17. Diagram alir penelitian (lanjutan)	31
Gambar 3.18. Desain Penempatan Termokopel	35
Gambar 4.1 Penurunan Temperatur PCM Arah Aksial Paraffin Wax Cu 20%	38
Gambar 4.2 Penurunan Temperatur PCM Arah Aksial Air.....	38
Gambar 4 3Penurunan Temperatur PCM Arah Vertikal Paraffin Wax Cu 20%	40
Gambar 4.4 Penurunan Temperatur PCM Arah Vertikal Air	41
Gambar 4.5 Penurunan Temperatur PCM Arah Horisontal Paraffin Wax Cu 20%	42
Gambar 4.6 Penurunan Temperatur PCM Arah Horisontal Air	43
Gambar 4.7 Grafik Energi Komulatif	44
Gambar 4.8 Penurunan Temperatur PCM Arah Aksial Paraffin Wax Cu 20%	46
Gambar 4.9 Penurunan Temperatur PCM Arah Aksial Air.....	47
Gambar 4.10 Penurunan Temperatur PCM Arah Vertikal Paraffin Wax Cu 20%	48
Gambar 4.11 Penurunan Temperatur PCM Arah Vertikal Air	49
Gambar 4.12 Penurunan Temperatur PCM Arah Horisontal Paraffin Wax Cu 20%	50
Gambar 4.13 Penurunan Temperatur PCM Arah Horisontal Air	51
Gambar 4.14 Grafik Energi Komulatif	52
Gambar 4.15 Penurunan Temperatur PCM Arah Aksial Paraffin Wax Cu 20%	54

Gambar 4.16 Penurunan Temperatur PCM Arah Aksial Air.....	54
Gambar 4.17 Penurunan Temperatur PCM Arah Vertikal Paraffin Wax Cu 20%	55
Gambar 4.18 Penurunan Temperatur PCM Arah Vertikal Air	56
Gambar 4.19 Penurunan Temperatur PCM Arah Horisontal Paraffin Wax Cu 20%	57
Gambar 4.20 Penurunan Temperatur PCM Arah Horisontal Air	58
Gambar 4.21 Grafik Energi Kumulatif	60
Gambar 4.22 Penurunan Temperatur PCM Arah Aksial Paraffin Wax Cu 20%	61
Gambar 4.23 Penurunan Temperatur PCM Arah Aksial Air.....	62
Gambar 4.24 Penurunan Temperatur PCM Arah Vertikal Paraffin Wax Cu 20%	63
Gambar 4.25 Penurunan Temperatur PCM Arah Vertikal Air	64
Gambar 4.26 Penurunan Temperatur PCM Arah Horisontal Paraffin Wax Cu 20%	65
Gambar 4.27 Penurunan Temperatur PCM Arah Horisontal Air	66
Gambar 4.28 Grafik Energi Kumulatif	67
Gambar 4.29 Laju Pelepasan Kalor Air	69
Gambar 4.30 Laju Penurunan Suhu Air.....	70
Gambar 4.31 Laju Pelepasan Kalor Paraffin	72
Gambar 4.32 Laju Penurunan Suhu Paraffin	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2 1. Rangkuman penelitian	6
Tabel 2.2 Karakteristik PCM menurut (Regin dkk, 2006).....	12
Tabel 3.1 Spesifikasi Perangkat Laptop.....	16
Tabel 3.2 Spesifikasi <i>Data Logger</i>	16
Tabel 3.3 Spesifikasi Rotameter	17
Tabel 3.4 Spesifikasi Selang	18
Tabel 3.5 Spesifikasi Bak Penampungan Air	19
Tabel 3.6 spesifikasi magnetic hotplate stirrer	21
Tabel 3.7 Properties Air (Cengel, 2003).....	22
Tabel 3.8 Hasil uji DSC pada <i>paraffin wax</i> lokal	23
Tabel 3.9 Spesifikasi dari paraffin wax RT 60 (Rubiterm phase change material)	25
Tabel 3.10 Sifat – sifat Tembaga Cu	26
Tabel 3.11 Kalibrasi Rotameter 3 LPM.....	32
Tabel 3.12 Kalibrasi Termokopel	34
Tabel 4.1 Energi Kumulatif 1 LPM	44
Tabel 4.2 Energi Kumulatif 1,5 LPM	52
Tabel 4.3 Energi Kumulatif 2 LPM	59
Tabel 4 4 Energi Kumulatif 2,5 LPM	67
Tabel 4.5 Laju Pelepasan Kalor Air.....	68
Tabel 4.6 Laju Penurunan Suhu Air	70
Tabel 4.7 Laju Pelepasan Kalor Paraffin Wax Cu 20%	71
Tabel 4.8 Laju Penurunan Suhu <i>Paraffin Wax Cu</i> 20%	73

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 pelepasan kalor (J/s)

Q_{kum} = energi total yang diterima selama proses charging (J)

V = volume material (m³)

ρ = densitas material (kg/m³)

ρ_l = densitas material fase cair (kg/m³)

ρ_s = densitas material padat (kg/m³)