

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	xiv
INTISARI	xvi
ABSTRAK	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Pemodelan Pelelehan PCM.....	4
BAB III LANDASAN TEORI.....	9
3.1 <i>Thermal Energy Storage</i>	9
3.2 <i>Latent Heat Thermal Energy Storage</i>	10
3.3 <i>Phase Change Material</i>	10
3.4 Optimalisasi LHTES	10
3.5 <i>Computational Fluid Dynamic</i>	13

3.6 Proses Simulasi CFD	15
3.7 Persamaan Atur Pelelehan	17
3.8 Finite Volume Method	18
3.9 Konduksi	18
3.10 Konveksi Alami	18
3.11 Asumsi Pendekatan	19
3.12 <i>User Define Function</i>	19
BAB IV METODE PENELITIAN	21
4.1 Diagram Alir Penelitian	21
4.2 Diagram Alir Konfigurasi Fluent terhadap Variasi.....	22
4.3 Langkah Penelitian.....	23
4.4 Objek Penelitian	29
4.5 Alat Penelitian.....	30
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	34
5.1 Perbandingan Hasil Simulasi dan Eksperimen	34
5.2 Parameter Simulasi.....	42
5.3 Validasi Simulasi dengan Eksperimen.....	46
5.4 Perpindahan Kalor.....	47
5.5 Pola Aliran HTF.....	49
5.6 Pengaruh Variasi Debit	50
5.7 Pengaruh Variasi Temperatur	56
5.8 Fraksi Pelelehan	61
5.9 Waktu Pelelehan.....	63
5.10 Pengaruh Konveksi Alami	64
BAB VI PENUTUP	66
6.1 Kesimpulan	66
6.2 Saran.....	67
Daftar Pustaka	68



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

SIMULASI PELELEHAN PARAFFIN WAX RT52 PADA TABUNG SILINDER
FAJAR ANGGARA, Ir. Joko Waluyo, M.T., Ph.D; Dr. Eng. Tri Agung Rohmat B.Eng., M.Eng
Universitas Gadjah Mada, 2017 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

Lampiran 1	70
Lampiran 2	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Perbandingan bilangan Stefan dengan waktu pelelehan	5
Gambar 2. 2	Perbandingan kontur pelelehan simulasi dengan eksperimen	5
Gambar 2. 3	Kontur (a) pelelehan dan (b) pembekuan	6
Gambar 3. 1	Macam-macam bentuk tabung PCM	12
Gambar 3. 2	Aliran <i>inlet</i> HTF	12
Gambar 3. 3	Tampilan GUI pada ANSYS Fluent	13
Gambar 3. 4	Macam-macam bentuk <i>mesh</i>	16
Gambar 3. 5	Pembagian volume kontrol 1 dimensi	18
Gambar 4. 1	Diagram alir penelitian secara umum	21
Gambar 4. 2	Diagram alir simulasi secara detail	22
Gambar 4. 3	Hasil pembuatan <i>mesh</i> di Gambit	24
Gambar 4. 4	Panel model pelelehan	25
Gambar 4. 5	Memasukan konstanta porositas	26
Gambar 4. 6	Panel pembuatan material	27
Gambar 4. 7	Panel input parameter material	27
Gambar 4. 8	Tampilan <i>panel cell zone</i>	28
Gambar 4. 9	Desain geometri pada Solidwork	30
Gambar 4. 10	(a) Ukuran geometri tabung luar PCM (b) Ukuran flange	31
Gambar 4. 11	Domain fluida yang digunakan pada simulasi	32
Gambar 4. 12	Tempat peletakan termokopel	32
Gambar 5. 1	Perubahan kontur pelelehan aksial terhadap waktu (a)30 detik (b) 3030 detik (c)5660 detik (d) 7360 detik (f) 8730 detik	36
Gambar 5. 2	Perubahan kontur pelelehan radial terhadap waktu (a) 30 detik (b) 3030 detik (c) 5660 detik (d) 7360 detik (f) 8730 detik	38
Gambar 5. 3	Distribusi temperatur radial	39
Gambar 5. 4	Fenomena <i>sinking</i> PCM pada eksperimen	40

Gambar 5. 5	Posisi padatan PCM pada penampang radial	40
Gambar 5. 6	Posisi padatan PCM pada penampang aksial	40
Gambar 5. 7	<i>Melting curve</i>	41
Gambar 5. 8	Peristiwa <i>Sinking</i> pada eksperimen	42
Gambar 5. 9	Pengaruh A_{mush} terhadap kontur pelelehan	43
Gambar 5. 10	Pengaruh A_{mush} terhadap waktu pelelehan	43
Gambar 5. 11	Pengaruh jumlah <i>mesh</i> terhadap waktu pelelehan	44
Gambar 5. 12	Bentuk <i>mesh</i> pada simulasi	45
Gambar 5. 13	Kualitas maksimum <i>skewness mesh</i>	45
Gambar 5. 14	Grafik temperatur <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> eksperimen-simulasi	48
Gambar 5. 15	Kontur temperatur HTF aksial	48
Gambar 5. 16	Vektor aliran HTF bertemperatur tinggi	49
Gambar 5. 17	Kontur temperatur radial $Z=0$	49
Gambar 5. 18	Vektor kecepatan aliran HTF	50
Gambar 5. 19	Perbandingan kurva T3 pada variasi debit	51
Gambar 5. 20	Waktu pelelehan pada variase debit	51
Gambar 5. 21	Distribusi temperatur aksial 75°C (a) 4 L/min (b) 8 L/min (c) 12 L/min	53
Gambar 5. 22	Distribusi temperatur radial 75°C (a) 4 L/min (b) 8 L/min (c) 12 L/min	54
Gambar 5. 23	Perbandingan T1 dan T5 dengan berbagai variasi debit	55
Gambar 5. 24	Pola pelelehan radial untuk variasi debit	56
Gambar 5. 25	Pengaruh variasi temperatur terhadap garis T3	57
Gambar 5. 26	Distribusi temperatur aksial 4 L/min (a) 60°C (b) 75°C (c) 90°C	59
Gambar 5. 27	Distribusi temperatur radial 4 L/min (a) 60°C (b) 75°C (c) 90°C	60
Gambar 5. 28	Pola pelelehan radial untuk variasi temperatur	62
Gambar 5. 29	Pengaruh temperatur terhadap fraksi pelelehan	63
Gambar 5. 30	Pengaruh variasi debit terhadap fraksi pelelehan	63
Gambar 5. 31	Perbedaan waktu pelelehan	64



Gambar 5. 32	Pelelehan (a) simetris (b) tidak simetris	65
Gambar 5. 33	Aliran sirkulasi di dalam tabung PCM	65
Gambar 5. 34	Kontur kecepatan sirkulasi pada tabung PCM pada 3300 detik (a) 60°C, (b) 75°C, (c) 90°C	66
Gambar 5.35	Kalor kumulatif untuk debit 4 L/min	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Perkembangan penelitian pemodelan LHTES	7
Tabel 4. 1	Spesifikasi perangkat komputasi	23
Tabel 4. 2	Kualitas <i>mesh</i>	24
Tabel 4. 3	Nilai parameter <i>mesh</i> yang digunakan	25
Tabel 4. 4	Klasifikasi jenis zona	28
Tabel 4. 5	Variabel bebas perlakuan objek penelitian	30
Tabel 4. 6	Sifat termal PCM RT52	33
Tabel 5. 1	Parameter validasi simulasi	46
Tabel 5. 2	Hasil perhitungan koefisien korelasi	47



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Program UDF	70
Lampiran 2.	Hasil perhitungan koefisien korelasi dari excel	71

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

T	:	Temperatur	(°C)
T_s	:	Temperatur beku	(°C)
T_l	:	Temperatur leleh	(°C)
V	:	Vektor kecepatan	(m/s)
v	:	Vector komponen kecepatan	(m/s)
β	:	<i>Thermal expansion</i>	(1/°C)
g	:	Gravitasi	(m/s ²)
C_p	:	Kapasitas kalor	(J/kgK)
k	:	Konduktivitas termal	(W/mK)
P	:	Tekanan	(Pa)
f	:	Fraksi massa pelelehan	
ρ	:	Massa jenis	(kg/m ³)
H	:	Total <i>enthalpy</i>	(J)
h	:	<i>Enthalpy</i> sensible	(J)
t	:	Detik	
L	:	Kalor laten	(J/kg)
μ	:	Viskositas dinamis	(Pa.s)
x	:	Panjang	(m)
Q_{kon}	:	Kalor konduksi	(W)
TES	:	<i>Thermal energy storage</i>	
PCM	:	<i>Phase change material</i>	
PATS	:	Pemanas air tenaga surya	
HTF	:	<i>Heat transfer fluid</i>	
HE	:	<i>Heat exchanger</i>	
CFD	:	<i>Computational fluid dynamics</i>	
LHTES	:	<i>Latent heat thermal energy storage</i>	
SHTES	:	<i>Sensible heat thermal energy storage</i>	



FDM	:	<i>Finite different method</i>
FVM	:	<i>Finite volume method</i>
FEM	:	<i>Finite element method</i>
UDF	:	<i>User define function</i>
LF	:	<i>Liquid fraction</i>