

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Abdul Aziz
NIM : 20150130162
Jurusan : Teknik Mesin
Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini yang berjudul “Simulasi *Computational Fluid Dynamics* pada Tangki *Solar Water Heater* Berisi Air dengan Variasi Debit Air pada Proses *Discharging* secara Bertahap” adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi manapun, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya di bagian naskah dan daftar pustaka tugas akhir ini.

Yogyakarta, 17 September 2019



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT. Yang Maha Esa atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini yang berjudul “Simulasi *Computational Fluid Dynamics* pada Tangki *Solar Water Heater* Berisi Air dengan Variasi Debit Air pada Proses *Discharging* secara Bertahap” selesai pada waktunya dan 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. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada :

1. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
2. Kedua orang tua dan keluarga yang senantiasa membantu secara moril maupun materil.
3. Bapak Tito Hadji Agung S., S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I dan 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.
4. Bapak Rela Adi Himarosa, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji 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.

Yogyakarta, September 2019

Penulis

DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
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.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II.....	4
DASAR TEORI	4
2.1. Tinjauan Pustaka	4
2.2. DASAR TEORI.....	12
2.2.1. Solar Water Heater (SWH)	12
2.2.2. Thermal Energy Storage	13
2.2.3. Phase Change Material.....	16
2.2.4. Charging dan Discharging.....	16
2.2.5. Computational fluid dynamics (CFD).....	16
2.2.6. Proses Simulasi CFD	20
2.2.7. Perpindahan Kalor.....	29
BAB III	32
METODE PENELITIAN.....	32

3.1. Alat Penelitian	32
3.1.1. Software	32
3.1.2. Hardware	32
3.2. Skema Penelitian	33
3.3. Prosedur Penelitian	34
3.3.1. Variasi Penelitian	34
3.2.2. Diagram Alir Penelitian	34
3.3.3. Langkah Penelitian	37
BAB IV	54
PEMBAHASAN	54
4.1. Perbandingan Hasil Simulasi dan Eksperimen	54
4.2. Evolusi Temperatur HTF	54
4.2.1. proses <i>discharging</i> secara bertahap	55
4.3. Pelepasan kalor komulatif	59
4.4. Laju Pelepasan Kalor	60
4.5. Laju Penurunan Suhu Air	61
BAB V	64
PENUTUP	64
5.1. Kesimpulan	64
5.2. Saran	65
LAMPIRAN	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. (a) <i>direc/open loop</i> (b) <i>indirec/close loop</i>	12
Gambar 2.2. pasif (<i>Thermoshypon</i>).....	13
Gambar.2.3. volume beberapa <i>storage</i> untuk penyimpanan(1800kWh)(levebvre dan tezel,2017)	14
Gambar 2. 4. Tampilan GUI pada <i>ANSYS Fluent</i>	18
Gambar 2 5. Macam-macam Bentuk <i>Mesh</i>	21
Gambar 2 6. <i>Periodic Boundary Condition</i>	24
Gambar 2 7. <i>Periodic Repeats</i>	25
Gambar 2.8 <i>Coupled Wall</i>	26
Gambar 2.9 <i>Matching</i>	26
Gambar 2.10 <i>Mapped</i>	27
Gambar 3.1 Logo <i>software</i> ANSYS Fluent 18.0.....	32
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian (lanjutan).....	35
Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian (lanjutan).....	36
Gambar 3.5 Bentuk geometri arah aksial dan radial	38
Gambar 3.6 Tempat letak termokopel.....	39
Gambar 3.7 Hasil Pembuatan <i>Meshing</i>	40
Gambar 3.8 Kualitas <i>Mesh Skewness</i> dan <i>Orthogonal Quality</i>	41
Gambar 3.9 Rentang Kualitas <i>Mesh</i>	41
Gambar 3.10 Kualitas <i>Mesh</i> pada ANSYS Fluent. Error! Bookmark not defined.	
Gambar 3.11. Pemberian Nama pada Setiap Part .. Error! Bookmark not defined.	
Gambar 3.12 Tampilan <i>fluent Launcher</i> 18.0	42
Gambar 3.13 Panel <i>General</i>	43
Gambar 3.14. Panel Tampilan <i>Models</i>	44
Gambar 3.15 Panel Parameter Material	45
Gambar 3.16 Panel Cell Zone	46
Gambar 3.17 Panel <i>Bounderi Condition</i> pada <i>Inlet</i>	47

Gambar 3.18 Panel Tampil <i>Report</i>	48
Gambar 3.19 Panel Tampilan URF	49
Gambar 3.20 Panel Tampilan <i>Solution Method</i>	50
Gambar 3.21 Panel Tampilan <i>Solution Initialization</i>	51
Gambar 3.22 Temperatur Awal Simulasi	51
Gambar 3.23 Panel tampilan <i>Calculation</i>	52
Gambar 3.24 Hasil Contur pada HTF	53
Gambar 4.1. Posisi Termokopel.....	55
Gambar 4.2 Grafik Evolusi Temperatur HTF pada Proses Discharging Secara....	49
Bertahap (a) Variasi 1,5 LPM dan (b) 2,5 LPM	56
Gambar 4.3 Contur HF pada Proses Discharging secara Bertahap Variasi 2,5 LPM dan 1,5 LPM (a) Contur Arah Aksial dan (b) Contur Arah Radial.....	58
Gambar 4.4 Grafik Nilai Pelepasan Kalor Kumulatif.....	60
Gambar 4.5 Grafik Laju Pelepasan Kalor	61
Gambar 4.6. Grafik Laju Penurunan Suhu Air	62

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Perangkat Komputer.....	32
Tabel 4.1 Pembagian Kelompok pada Termokopel di HTF.....	54
Tabel 4.2 Nilai Pelepasan Kalor Kumulatif.....	59
Tabel 4.3 Laju Pelepasan Kalor.....	61
Tabel 4.4 Nilai Laju Penurunan Suhu Air.....	62

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I <i>Profile</i> Debit Aliran <i>Dishcarging</i> Variasi 1,5 LPM.....	84
Lampiran II <i>Profile</i> Debit Aliran <i>Dishcarging</i> Variasi 2,5 LPM	85

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

CFD	: <i>Computational Fluid Dynamics</i>
GUI	: <i>Graphic User Interface</i>
HTF	: <i>Heat Transfer Fluid</i>
LES	: <i>Large Eddy Simulation</i>
LHS	: <i>Latent Heat Storage</i>
LPM	: <i>Liter Per Menit</i>
PCM	: <i>Phase Change Material</i>
PISO	: <i>Pressure Implicit with Splitting of Operators</i>
QUICK	: <i>Quadratic Upwind Interpolation</i>
RSM	: <i>Reynolds Stress</i>
SHS	: <i>Sensible Heat Storage</i>
SIMPLE	: <i>Semi Implicit Method for Pressure Linked Equation</i>
SIMPLEC	: <i>Semi Implicit Method for Pressure Linked Equation Consistent</i>
SWH	: <i>Solar Water Heater</i>
TES	: <i>Thermal Energy Storage</i>
UDF	: <i>User Define Function</i>
URF	: <i>Under Relaxation Factor</i>
C_p	: Kalor jenis (J/kg.K)
C_{ap}	: Kalor jenis rata-rata material penyimpanan (J/kg.°C)
$C_{p,g}$: Kalor jenis material fase gas (J/kg°C)
$C_{p,l}$: Kalor jenis material fase cair (J/kg°C)
$C_{p,pw}$: Kalor jenis <i>paraffin wax</i> (J/kg.K)
$C_{p,Cu}$: Kalor jenis tembaga (J/kg.K)
k	: Konduktivitas termal (W/m.K)
k_{pw}	: Konduktivitas termal <i>paraffin wax</i> (W/m.K)
k_{Cu}	: Konduktivitas termal tembaga (W/m.K)
T	: Temperatur (K)
ΔT	: Perubahan temperatur (K)
T_w	: Temperatur dinding (K)

T_{ref}	: <i>Reference</i> temperatur (K)
T_i	: Temperatur akhir ($^{\circ}\text{C}$)
T_f	: Temperatur awal ($^{\circ}\text{C}$)
ρ	: Densitas (kg/m^3)
ρ_l	: Densitas <i>liquid</i> (kg/m^3)
ρ_s	: Densitas <i>solid</i> (kg/m^3)
ρ_s	: Densitas bola (kg/m^3)
q	: Laju perpindahan kalor (W)
p	: <i>Static pressure</i> (Pa)
$\bar{\tau}$: <i>Stress tensor</i> (Pa)
t	: Waktu (s)
\vec{v}	: Kecepatan (m/s)
l	: Unit tensor
\vec{F}	: Gaya eksternal (N)
\vec{g}	: Gaya gravitasi (N)
∇	: <i>Nabla</i>
μ	: Viskositas (Pa.s)
H	: <i>Enthalpy</i> (J/kg)
h	: Koefisien konveksi ($\text{W}/\text{m}^2, \text{K}$)
h_{ref}	: <i>Reference enthalpy</i> (J/kg)
Δh	: Kalor endotermik (kJ/mol)
ΔH	: <i>Latent heat</i> (J/kg)
Δx	: Tebal (m)
α	: Fraksi yang bereaksi (mol)
S	: <i>Source term</i> (W/m^3)
A	: Luas penampang (m^2)
V	: Volume benda (m^3)
γ	: <i>Liquid fraction</i>
g	: Percepatan gravitasi (m/s^2)
r	: Jari-jari bola (m)

v	: Kecepatan bola (m/s)
%Pw	: Fraksi massa <i>paraffin wax</i>
%Cu	: Fraksi massa serbuk tembaga
σ	: Konstanta Stefan-Boltzmann ($5,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$)
e	: Emisivitas permukaan benda
m	: Massa (kg)
L	: Kalor laten perubahan padat-cair (J/kg)
L_g	: Kalor laten cair-gas (J/kg)