

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Abid Rizky Multazam
NIM : 20150130184
Jurusan : Teknik Mesin
Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini yang berjudul “Simulasi *Computational Fluid Dynamic* pada Tangki *Solar Water Heater* Berisi Air dengan Variasi Debit Air pada Proses *Discharging* secara Kontinyu” 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, September 2019




Muhammad Abid Rizky M

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT., Atas berkat, rahmat serta hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan penelitian untuk Tugas Akhir Program Studi S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan judul “Simulasi *Computational Fluid Dynamic* pada Tangki *Solar Water Heater* Berisi Air dengan Variasi Debit Air pada Proses *Discharging* secara Kontinyu”.

Tugas Akhir ini dapat diselesaikan atas bimbingan Bapak Tito Hadji Agung S.T., M.T. selaku pembimbing 1 (satu) dan Bapak Teddy Nurcahyadi, S.T., M.Eng. yang selalu menyediakan waktu untuk berdiskusi dan banyak memberikan inspirasi serta motivasi dalam pengerjaan penelitian ini. Atas hal tersebut penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Tito Hadji Agung S.T., M.T. dan Teddy Nurcahyadi, S.T., M.Eng. Semoga Allah SWT. menetapkannya sebagai kebaikan yang tiada putus.

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

1. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.M., M.Eng.Sc., Ph.D., selaku ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta atas segala perhatiannya.
2. Bapak Tito Hadji Agung S.T., M.T selaku dosen pembimbing 1 (satu) dan bapak Teddy Nurcahyadi, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing 2 (dua) yang banyak memberikan arahan dan masukan serta ilmu-ilmu yang bermanfaat sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ini.
3. Bapak Reli Adi Himarosa, S.T., M.Eng. sebagai dosen penguji Tugas Akhir yang telah memberikan dukungan dan masukan yang bersifat membangun.

4. Ayah dan Ibu tercinta yang tiada hentinya mencurahkan kasih sayang, perhatian serta diiringi dengan do'a yang selalu diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ini dengan ridho-Nya.
5. Keluarga tersayang yang selalu memberikan dorongan semangat, keyakinan, bantuan serta motivasi kepada penulis sehingga penulis lebih semangat untuk menyelesaikan karya ini.
6. Seluruh Dosen Pengajar dan staff di Program Studi S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta atas semua ilmu pengetahuan yang telah diberikan kepada penulis.
7. Sahabat serta teman se-perjuangan Muhammad Abid Rizky Multazam serta Teman-teman semua baik satu kelas maupun beda kelas, baik satu angkatan ataupun beda angkatan karena kita semua tetap *Solidarity M Forever*.
8. Pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu penulis menyelesaikan karya ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan karya ini yang disebabkan karena keterbatasan yang ada baik dari diri penulis, peralatan ataupun metode yang digunakan. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun supaya penulisan karya ini lebih baik lagi di masa yang akan datang. Semoga bermanfaat!!!

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, September 2019

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| PERNYATAAN | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI | iii |
| INTISARI | iv |
| <i>ABSTRACT</i> | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR TABEL | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN | xiv |
| BAB I 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 | 3 |
| BAB II LANDASAN TEORI | 4 |
| 2.1. Tinjauan Pustaka | 4 |
| 2.2. Dasar Teori | 12 |
| 2.2.1. <i>Solar Water Heater</i> (SWH) | 12 |
| 2.2.2. <i>Thermal Energy Storage</i> (TES) | 13 |
| 2.2.3. <i>Discharging</i> | 16 |
| 2.2.4. <i>Computational Fluid Dynamics</i> | 16 |
| 2.2.5. Proses Simulasi CFD | 19 |
| 2.2.6. Perpindahan Kalor | 28 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 31 |
| 3.1. Alat Penelitian | 31 |
| 3.2. Skema Penelitian Eksperimen | 32 |
| 3.3. Prosedur Penelitian | 33 |
| 3.3.2. Diagram Alir Penelitian | 33 |

| | |
|--|----|
| 3.3.3. Langkah Penelitian | 36 |
| BAB IV PEMBAHASAN | 50 |
| 4.1. Perbandingan Hasil Simulasi dan Ekperimen | 50 |
| 4.2. Evolusi Temperatur HTF | 50 |
| BAB V PENUTUP | 61 |
| 5.1. Kesimpulan..... | 61 |
| 5.2. Saran | 62 |
| DAFTAR PUSTAKA | 63 |
| LAMPIRAN | 67 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1. SWH Sistem (a) <i>Aktif-direct/Open Loop</i> (b) <i>Aktif-indirect/Close Loop</i> | 12 |
| Gambar 2.2. SWH Sistem Pasif | 13 |
| Gambar 2.3. Volume dari <i>Storage untuk Penyimpanan</i> (1800kWh) | 14 |
| Gambar 2.4. Tampilan GUI pada <i>ANSYS Fluent</i> | 18 |
| Gambar 2.5. Macam-macam Bentuk <i>Mesh</i> | 20 |
| Gambar 2.6. <i>Periodic Boundary Condition</i> | 24 |
| Gambar 2.7. <i>Periodic Repeats</i> | 24 |
| Gambar 2.8. <i>Coupled Wall</i> | 25 |
| Gambar 2.9. <i>Matching</i> | 25 |
| Gambar 2.10. <i>Mapped</i> | 26 |
| Gambar 3.1. Logo <i>ANSYS 18.0</i> | 31 |
| Gambar 3.2. Skema Penelitian Eksperimen | 32 |
| Gambar 3.3. Diagram Alir Penelitian | 33 |
| Gambar 3.4. Geometri Tangki HTF | 37 |
| Gambar 3.5. Posisi Termokopel pada Tangki | 38 |
| Gambar 3.6. Hasil geometri aksial..... | 39 |
| Gambar 3.7. Hasil Pembuatan <i>Mesh</i> | 39 |
| Gambar 3.8. Rentang Kualitas <i>Mesh</i> | 40 |
| Gambar 3.9. Pemberian nama pada setiap bagian | 41 |
| Gambar 3.10. Tampilan <i>Fluent launcher 18.0</i> | 41 |
| Gambar 3.11. Panel <i>general</i> | 42 |
| Gambar 3.12. Panel tampilan <i>models</i> | 43 |
| Gambar 3.13. Panel <i>input</i> parameter material | 43 |
| Gambar 3.14. Panel properti HTF | 44 |
| Gambar 3.15. Panel <i>Cell zone</i> | 44 |
| Gambar 3.16. Panel <i>Boundary Condition</i> | 45 |

| | |
|--|----|
| Gambar 3.17. Panel Tampilan <i>Solution Methods</i> | 46 |
| Gambar 3.18. Panel Tampilan URF..... | 47 |
| Gambar 3.19. Panel Tampilan <i>Report</i> | 47 |
| Gambar 3.20. Panel Tampilan <i>Solution Initialization</i> | 48 |
| Gambar 3.21. Temperatur Awal Simulasi | 48 |
| Gambar 3.22. Panel Penentuan <i>Calculation</i> | 49 |
| Gambar 3.23. Evolusi temperatur pada air..... | 49 |
| Gambar 4.1. Posisi Termokopel | 49 |
| Gambar 4.2. Grafik Evolusi Temperatur HTF pada Proses <i>Discharging</i> secara Kontinyu (a) Variasi 1,5 LPM (b) Variasi 2,5 LPM | 51 |
| Gambar 4.3. <i>Contour</i> Evolusi Temperatur HTF Arah Aksial pada Proses <i>Discharging</i> secara Kontinyu Variasi 1.5 LPM dan 2,5 LPM (a) Arah Aksial (b) Arah Radial | 53 |
| Gambar 4.4. Grafik Perbandingan Nilai Pelepasan Kalor Kumulatif..... | 54 |
| Gambar 4.5. Grafik Perbandingan Laju Pelepasan Kalor Air..... | 55 |
| Gambar 4.6. Grafik Perbandingan Laju Penurunan Temperatur Air | 56 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1. Ringkasan Tinjauan Pustaka | 8 |
| Tabel 3.1. Spesifikasi Perangkat Komputasi | 30 |
| Tabel 3.2. Kualitas <i>Mesh</i> pada Simulasi Ini | 39 |
| Tabel 4.1. Pembagian Kelompok pada Termokopel di HTF | 48 |
| Tabel 4.2. Hasil Perbandingan Pengujian <i>Discharging</i> Secara Kontinyu | 50 |
| Tabel 4.3. Perbandingan Laju Penurunan Temperatur Air pada Proses <i>Discharging</i> secara Kontinyu | 52 |
| Tabel 4.4. Data Pelepasan Kalor Kumulatif | 53 |
| Tabel 4.5. Data Laju Pelepasan Kalor Air | 55 |
| Tabel 4.6. Data Laju Penurunan Temperatur Air | 56 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Lampiran I Data Discharging 1,5 LPM | 62 |
| Lampiran II Data Discharging 2,5 LPM | 63 |

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> |
| 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) |
| k | : Konduktivitas termal (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 (°C) |
| T_f | : Temperatur awal (°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 (W/m ² ,K) |
| h_{ref} | : <i>Reference enthalpy</i> (J/kg) |
| Δh_r | : Kalor endotermik (kJ/mol) |
| ΔH | : <i>Latent heat</i> (J/kg) |
| Δx | : Tebal (m) |
| α_r | : Fraksi yang bereaksi (mol) |
| S | : <i>Source term</i> (W/m ³) |
| A | : Luas penampang (m ²) |
| V | : Volume benda (m ³) |
| g | : Percepatan gravitasi (m/s ²) |
| r | : Jari-jari bola (m) |
| v | : Kecepatan bola (m/s) |
| e | : Emisivitas permukaan benda |
| m | : Massa (kg) |
| L | : Kalor laten perubahan padat-cair (J/kg) |

L_g : Kalor laten cair-gas (J/kg)

\dot{m} : Laju aliran massa (kg/s)