UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pemodelan dan Validasi Distribusi Temperatur pada Reaktor Pirolisis Sekam Padi Berbasis Computational Fluid Dynamics
M. Irfan Faridh Syahira, Makbul Hajad, S.T.P., M.Eng., Ph.D., IPP.; Prof. Dr. Ir. Bambang Purwantana, M.Agr.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iv
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR TABEL xiv
DAFTAR LAMPIRAN xv
INTISARI xvi
ABSTRACT xvii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 7
1.3 Tujuan Penelitian 7
1.4 Batasan Penelitian 8
1.5 Manfaat Penelitian 8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 10
2.1 Sekam Padi 10
2.1.1 Karakteristik dan Morfologi Sekam Padi 11
2.1.2 Komposisi Kimia dan Sifat Termal Sekam Padi 13
2.2 Pirolisis Biomassa 14
2.2.1 Tahapan Pirolisis 15
2.2.2 Faktor yang Mempengaruhi Distribusi Temperatur 18
2.3 Reaktor *Fixed bed* dan Fenomena Fisik 21

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pemodelan dan Validasi Distribusi Temperatur pada Reaktor Pirolisis Sekam Padi Berbasis Computational Fluid Dynamics
M. Irfan Faridh Syahira, Makbul Hajad, S.T.P., M.Eng., Ph.D., IPP.; Prof. Dr. Ir. Bambang Purwantana, M.Agr.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.3.1 Konfigurasi dan Karakteristik Reaktor *Fixed bed* 21
2.3.2 Pembentukan Zona Reaksi dan Zona Temperatur 23
2.3.3 Mekanisme Perpindahan Panas..... 26
2.3.4 Distribusi Temperatur pada Reaktor *Fixed bed* 28
2.3.5 Aliran Gas dan Resistansi Unggun 31
2.4 *Computational Fluid Dynamics* 32
2.4.1 Persamaan *Governing* 33
2.4.2 Model Turbulensi Standard k-ε..... 35
2.4.3 Model Radiasi *Discrete Ordinates* (DO) 36
2.4.4 Model Gas Ideal (*Incompressible Ideal Gas*) 36
2.4.5 Uji Independensi *Mesh* (*Grid Independence Study*) 37
2.4.6 Visualisasi Pola Aliran Gas (Kontur Kecepatan dan *Streamline*) 38
2.5 Pendekatan *Porous media* 39
2.6 *Effective Heat-Release Decay Model*..... 41
BAB III METODE PENELITIAN 43
3.1 Gambaran Umum Penelitian..... 43
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian..... 46
3.3 Alat dan Bahan..... 46
3.3.1 Alat..... 46
3.3.2 Bahan 53
3.4 Data Eksperimen..... 54
3.4.1 Deskripsi Reaktor..... 55
3.4.2 Kondisi Eksperimen..... 58
3.4.3 Lokasi Pengukuran Temperatur 59
3.4.4 Data Temperatur Eksperimen..... 61

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pemodelan dan Validasi Distribusi Temperatur pada Reaktor Pirolisis Sekam Padi Berbasis Computational Fluid Dynamics
M. Irfan Faridh Syahira, Makbul Hajad, S.T.P., M.Eng., Ph.D., IPP.; Prof. Dr. Ir. Bambang Purwantana, M.Agr.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.4.5 Pengolahan Data Eksperimen 62
3.5 Tahapan Analisis CFD..... 63
3.5.1 *Pre-processing* 63
3.5.2 *Solving*..... 76
3.5.3 *Post-processing* 80
3.6 Validasi Model CFD..... 82
3.6.1 Root Mean Square Error (RMSE)..... 83
3.6.2 Koefisien Korelasi Pearson..... 83
3.6.3 Koefisien Determinasi (R^2) 84
3.7 Asumsi dan Keterbatasan Model 85
3.7.1 Asumsi Model 85
3.7.2 Keterbatasan Model 86
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 88
4.1 Hasil Simulasi CFD Variasi Massa Sekam 10 kg 88
4.1.1 Distribusi Temperatur pada Titik Pengamatan..... 88
4.1.2 Distribusi Temperatur Berdasarkan Kontur Temperatur..... 92
4.1.3 Distribusi Kecepatan pada Titik Pengamatan 95
4.1.4 Pola Aliran Gas Berdasarkan Kontur Kecepatan dan *Streamline* 98
4.2 Hasil Simulasi CFD Variasi Massa Sekam 15 kg 105
4.2.1 Distribusi Temperatur pada Titik Pengamatan..... 105
4.2.2 Distribusi Temperatur Berdasarkan Kontur Temperatur..... 109
4.2.3 Distribusi Kecepatan pada Titik Pengamatan 111
4.2.4 Pola Aliran Gas Berdasarkan Kontur Kecepatan dan *Streamline* 114
4.3 Hasil Simulasi CFD Variasi Massa Sekam 20 kg 121
4.3.1 Distribusi Temperatur pada Titik Pengamatan..... 121

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pemodelan dan Validasi Distribusi Temperatur pada Reaktor Pirolisis Sekam Padi Berbasis Computational Fluid Dynamics
M. Irfan Faridh Syahira, Makbul Hajad, S.T.P., M.Eng., Ph.D., IPP.; Prof. Dr. Ir. Bambang Purwantana, M.Agr.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.3.2 Distribusi Temperatur Berdasarkan Kontur Temperatur 125
4.3.3 Distribusi Kecepatan pada Titik Pengamatan 128
4.3.4 Pola Aliran Gas Berdasarkan Kontur Kecepatan dan *Streamline* 131
4.4 Validasi Model CFD 137
4.4.1 Validasi Model pada Variasi Massa Sekam 10 kg 137
4.4.2 Validasi Model pada Variasi Massa Sekam 15 kg 141
4.4.3 Validasi Model pada Variasi Massa Sekam 20 kg 145
4.4.4 Perbandingan Kinerja Model CFD 149
4.5 Pembahasan Umum Hasil Simulasi dan Validasi 151
4.5.1 Pengaruh Massa Sekam terhadap Distribusi Temperatur 152
4.5.2 Pengaruh Massa Sekam terhadap Distribusi Kecepatan dan Pola Aliran Gas 156
4.5.3 Evaluasi Kinerja dan Keterbatasan Model CFD 160
4.6 Implikasi Hasil Simulasi terhadap Kinerja Reaktor 163
4.6.1 Karakteristik Termal Reaktor 164
4.6.2 Karakteristik Aliran Gas dalam Reaktor 166
4.6.3 Implikasi terhadap Pengembangan Desain Reaktor 167
BAB V PENUTUP 173
5.1 Kesimpulan 173
5.2 Saran 173
DAFTAR PUSTAKA 175
LAMPIRAN 183