

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
ABSTRAK	xvii
ABSTRACT	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan	6
1.4 Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Potensi Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Biomassa.....	8
2.2 Konversi Energi Biomassa.....	12
2.2.1 Nilai Pembakaran (heating Value)	12
2.2.2. Proses Pembakaran di Udara.....	13
2.2.3. Rasio Bahan Bakar – Udara	14
2.3 Gasifikasi Biomassa	16
2.3.1 Proses Pengeringan	19
2.3.2 <i>Pyrolysis</i>	20
2.3.3 Oksidasi.....	20
2.4 Keseimbangan Termodinamika	20
2.5 Tahapan Proses Gasifikasi	22
2.6 Tipe Reaktor Gasifier	23

2.7 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Gasifikasi pada Gasifier	
Type Cyclone	27
2.7.1 Temperatur Gasifier	27
2.7.2 Tekanan Udara	27
2.7.3 Kecepatan Fluida	28
2.7.4 Kadar Air Bahan.	28
2.7.5 Ukuran Partikel.	28
2.7.6 Rasio Udara dan Uap Air	28
2.8 Computational Fluid Dynamic (CFD)	29
2.9 Uji Statistik.....	36
2.9.1 Rancangan Acak Lengkap (RAL).....	37
2.9.2 Uji One Way Anova.....	38
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	39
3.1 Pre-Orientasi Penelitian	39
3.2. Hasil Trail Pre-Orientasi Penelitian dengan Bahan Sekam Padi pada Gasifier type Cyclone.	41
3.3 Alat dan Bahan	45
3.3.1 Alat.....	45
3.3.2 Bahan.	49
3.4 Metode.....	50
3.4.1 Perancangan.	50
3.4.2 Simulasi dengan <i>Computational Fluid Dynamic (CFD)</i> . .	51
3.4.3 Uji Proximat.....	55
3.4.4 Analisis statistik.	56
3.5 Pengambilan Sampel dan Variabel yang Diamati.....	57
3.6 Perhitungan	60
3.7 Tabel Pengamatan Penelitian Gasifikasi tipe <i>Cyclone</i>	65
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	66
4.1 Kinerja badan <i>Cyclone</i> pada <i>Gasifier Type Cyclone</i> dengan Bahan Serbuk Tandan Kosong Kelapa Sawit.	66
4.2 Perilaku Suhu pada Perlakuan Ukuran Mesh TKKS.	67

4.3 Perilaku Suhu pada Perlakuan Kombinasi Kecepatan Udara Blower dan Kecepatan Putar Screw.	69
4.4 Perilaku Suhu pada Perlakuan Panjang Pipa <i>Cone</i> Reaktor <i>Gasifier</i> tipe <i>Cyclone</i>	70
4.5 Pengaruh Perlakuan Mesh pada Proses Gasifikasi.....	71
4.6 Kombinasi Perlakuan Kecepatan Udara dan Kecepatann Putar <i>Screw</i> Inlet.....	78
4.7 Perlakuan Panjang Pipa <i>Center</i> Reaktor <i>Powder Gasifier</i> tipe <i>Cyclone</i>	88
4.8. Hasil Pengukuran Sensor Gas pada Gas Keluaran Gasifikasi. ...	93
4.8.1 Hasil Pengukuran Sensor pada Perlakuan Mesh.....	93
4.8.2 Hasil Pengukuran Sensor pada Perlakuan Kombinasi Kecepatan Udara Dan Kecepatan Putar Screw.....	94
4.8.3 Hasil Pengukuran Sensor pada Perlakuan Panjang Pipa Reaktor Gasifier tipe Cyclone.....	96
4.9. Simulasi <i>Computer Fluid Dynamic</i> (CFD).	98
4.9.1 Simulasi CFD pada Perlakuan Panjang Pipa 30 cm dan Kecepatan udara 1,1 m/s.....	98
4.9.2 Simulasi CFD pada Perlakuan Panjang Pipa 30 cm dan Kecepatan udara 2 m/s.....	104
4.9.3 Simulasi CFD pada Perlakuan Panjang Pipa 40 cm dan Kecepatan udara 1,1 m/s.....	110
4.9.4 Simulasi CFD pada Perlakuan Panjang Pipa 40 cm dan Kecepatan udara 2 m/s.....	116
4.9.5 Simulasi CFD pada Perlakuan Panjang Pipa 50 cm dan Kecepatan udara 1,1 m/s.....	122
4.9.6 Simulasi CFD pada Perlakuan Panjang Pipa 50 cm dan Kecepatan udara 2 m/s.....	128
4.10. Validasi dengan Simulasi CFD pada Temperatur kondisi Optimal.....	134
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	138
5.1 Kesimpulan	138



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

**OPTIMASI GASIFIKASI SERBUK TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN POWDER
GASIFIER TIPE CYCLONE**

RIKSA PRAYOGI W, Prof. Dr. Ir. Bambang Purwantana, M.Agr.; Dr. Radi, S.TP., M.Eng.

Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>

5.2 Saran.....	139
DAFTAR PUSTAKA	140
LAMPIRAN.....	145

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data Hutan di Indonesia dari Tahun 1999-2015 (BPS, 2016).	9
Tabel 2. Luas Areal dan Produksi Kelapa Sawit (Minyak Sawit), Menurut Status Pengusahaan Tahun 1995 – 2015 (Direktorat Jenderal Perkebunan,2015).	10
Tabel 3. Property TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit)	11
Tabel 4. Property TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit) Hasil Uji Laboratorium.....	11
Tabel 5. Kinerja Powder Gaifier tipe Cyclone.	67
Tabel 6. Hasil Uji One Way Anova Perlakuan Mesh TKKS.....	76
Tabel 7. Hasil Uji One Way Anova antar Perlakuan Mesh TKKS.....	77
Tabel 8. Hasil Uji One Way Anova Perlakuan Kombinasi Kecepatan Udara Dan Kecepatan Putar Screw	82
Tabel 9. Hasil Uji One Way Anova antar Perlakuan Kombinasi Kecepatan Udara Dan Kecepatan Putar Screw	83
Tabel 10. Hasil Uji One Way Anova Perlakuan Panjang Pipa TKKS .	91
Tabel 11. Hasil Uji One Way Anova antar Perlakuan Panjang Pipa TKKS	91
Tabel 12. Hasil Uji One Way Anova Perlakuan Ukuran Mesh TKKS terhadap Sensor Gas.....	94
Tabel 13. Hasil Uji One Way Anova Perlakuan Kombinasi Kecepatan Udara Dan Kecepatan Putar Screw terhadap Sensor Gas.	96
Tabel 14. Hasil Uji One Way Anova Perlakuan Panjang Pipa terhadap Sensor Gas.....	97
Tabel 15. Perbandingan Temperatur Simulasi dengan Temperatur Pengukuran	135

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Reaksi Pembakaran Proses Gasifikasi	13
Gambar 2. Proses Gasifikasi Biomassa.	19
Gambar 3. Reaktor Gasifikasi Tipe Updraft.....	24
Gambar 4. Reaktor Gasifikasi Tipe Downdraft	25
Gambar 5. Reaktor Gasifikasi Tipe Crossdraft.....	26
Gambar 6. Reaktor Gasifikasi Tipe Cyclone.	27
Gambar 7. Hubungan waktu (t) dan suhu (T) pada asupan udara 1,89 m ³ /s.	42
Gambar 8. Hubungan waktu (t) dan suhu (T) pada asupan udara 2,83 m ³ /s.	43
Gambar 9. Efisiensi pembakaran berdasarkan asupan udara.....	44
Gambar 10. Skema Gambar reaktor gasifier tipe cyclone	47
Gambar 11. Tandan Kosong Kelapa Sawit dan serbuk Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	49
Gambar 12. General Setting pada Solidworkd 2014.....	53
Gambar 13. <i>Setting Initial Mesh</i>	54
Gambar 14. <i>Setting Boundary Condition</i>	54
Gambar 15. <i>Goal Parameter</i>	55
Gambar 16. Diagram Alir Penelitian	59
Gambar 17. Skema Pemasangan Thermostate Type K Dan Sensor Gas Pada Badan Powder Gasifier Type Cyclone.....	63
Gambar 18. Grafik Perilaku Suhu pada Perlakuan Mesh	68
Gambar 19. Grafik Perilaku Suhu pada Perlakuan Panjang Pipa Cone Reaktor Gasifier tipe Cyclone.	70
Gambar 20. Grafik Perilaku Suhu pada Perlakuan Panjang Pipa Cone Reaktor Gasifier tipe Cyclone.	71
Gambar 21. Pengaruh Mesh terhadap Rataan KKM bahan powder TKKS.....	72
Gambar 22. Pengaruh Mesh terhadap Rataan Nilai Energi Kalor.....	73
Gambar 23. Pengaruh Perlakuan Mesh terhadap Nilai Efisiensi.....	74
Gambar 24. Pengaruh Perlakuan Mesh terhadap Nilai AFR.....	75

Gambar 25. Asap pada Perlakuan Mesh 14 dengan panjang pipa cone 50 cm	75
Gambar 26. Asap pada Perlakuan Mesh 30 dengan panjang pipa cone 50 cm	76
Gambar 27. Asap pada Perlakuan Mesh 50 dengan panjang pipa cone 50 cm	76
Gambar 28. Kombinasi Perlakuan Kecepatan Udara dan Kecepatan Screw terhadap nilai KKM.	79
Gambar 29. Pengaruh Perlakuan Kombinasi Kecepatan Udara dan Kecepatan Putar Screw Inlet terhadap Nilai Energi Kalor.....	80
Gambar 30. Grafik Pengaruh Perlakuan Kombinasi Kecepatan Udara dan Kecepatan Putar Screw Inlet terhadap Efisiensi Gasifikasi.	81
Gambar 31. Grafik Pengaruh Perlakuan Kombinasi Kecepatan Udara dan Kecepatan Putar Screw Inlet terhadap Nilai AFR.	81
Gambar 32. Pengaruh Panjang Pipa terhadap Nilai KKM.	89
Gambar 33. Pengaruh Panjang Pipa terhadap Nilai Kalor.....	89
Gambar 34. Pengaruh Panjang Pipa terhadap Efisiensi.....	90
Gambar 35. Pengaruh Panjang Pipa terhadap Nilai AFR.....	90
Gambar 36. Pengukuran Gas pada Perlakuan Mesh Bahan.....	93
Gambar 37. Pengukuran Gas pada Perlakuan Kombinasi Kecepatan Udara dan Kecepatan Rotasi Screw.....	95
Gambar 38. Pengukuran Gas pada Perlakuan Panjang Pipa.....	97
Gambar 39. Simulasi temperatur fluida pada $V_{udara} = 1,1$ m/s dan panjang pipa 30 cm.....	99
Gambar 40. Simulasi visual temperatur fluida pada $V_{udara} = 1,1$ m/s dan panjang pipa 30 cm.	100
Gambar 41. Simulasi kecepatan pada $V_{udara} = 1,1$ m/s dan panjang pipa 30 cm.	101
Gambar 42. Simulasi visual kecepatan pada $V_{udara} = 1,1$ m/s, panjang pipa 30 cm.	102

Gambar 43. Simulasi tekanan pada Vudara = 1,1 m/s dan panjang pipa 30 cm.	103
Gambar 44. Simulasi visual tekanan pada Vudara = 1,1 m/s, panjang pipa 30 cm.	104
Gambar 45. Simulasi temperatur fluida pada Vudara = 2 m/s, panjang pipa 30 cm.	105
Gambar 46. Simulasi visual temperatur fluida pada Vudara = 2 m/s dan panjang pipa 30 cm.	106
Gambar 47. Simulasi kecepatan fluida pada Vudara = 2 m/s, panjang pipa 30 cm.	107
Gambar 48. Simulasi visual kecepatan fluida pada Vudara = 2 m/s dan panjang pipa 30 cm.	108
Gambar 49. Simulasi tekanan fluida pada Vudara = 2 m/s dan panjang pipa 30 cm.	109
Gambar 50. Simulasi visual tekanan pada Vudara = 2 m/s dan panjang pipa 30 cm.	110
Gambar 51. Simulasi temperatur fluida pada Vudara = 1,1 m/s dan panjang pipa 40 cm.	111
Gambar 52. Simulasi visual temperatur fluida pada Vudara = 1,1 m/s dan panjang pipa 40 cm.	112
Gambar 53. Simulasi kecepatan fluida pada Vudara = 1,1 m/s dan panjang pipa 40 cm.	113
Gambar 54. Simulasi visual kecepatan pada Vudara = 1,1 m/s dan panjang pipa 40 cm.	114
Gambar 55. Simulasi tekanan pada Vudara = 1,1 m/s dan panjang pipa 40 cm.	115
Gambar 56. Simulasi visual tekanan pada Vudara = 1,1 m/s, panjang pipa 40 cm.	116
Gambar 57. Simulasi temperatur fluida pada Vudara = 20 m/s, panjang pipa 40 cm.	117
Gambar 58. Simulasi visual temperatur fluida pada Vudara = 2 m/s dan panjang pipa 40 cm.	118

Gambar 59. Simulasi kecepatan pada Vudara = 2 m/s dan panjang pipa 40 cm.	119
Gambar 60. Simulasi visual kecepatan pada Vudara = 2 m/s, panjang pipa 40 cm... ..	120
Gambar 61. Simulasi tekanan pada Vudara = 2 m/s dan panjang pipa 40 cm.	121
Gambar 62. Simulasi visual tekanan pada Vudara = 2 m/s dan panjang pipa 40 cm.. ..	122
Gambar 63. Simulasi temperatur pada Vudara = 1,1 m/s dan panjang pipa 50 cm.	123
Gambar 64. Simulasi visual temperatur pada Vudara = 1,1 m/s, panjang pipa 50 cm.	124
Gambar 65. Simulasi kecepatan pada Vudara = 1,1 m/s dan panjang pipa 50 cm.	125
Gambar 66. Simulasi visual kecepatan pada Vudara = 1,1 m/s, panjang pipa 50 cm.	126
Gambar 67. Simulasi tekanan pada Vudara = 1,1 m/s dan panjang pipa 50 cm.	127
Gambar 68. Simulasi visual tekanan pada Vudara = 1,1 m/s, panjang pipa 50 cm.	128
Gambar 69. Simulasi temperatur pada Vudara = 2 m/s dan panjang pipa 50 cm.	129
Gambar 70. Simulasi visual temperatur pada Vudara = 2 m/s, panjang pipa 50 cm.	130
Gambar 71. Simulasi kecepatan pada Vudara = 2 m/s dan panjang pipa 50 cm.	131
Gambar 72. Simulasi visual kecepatan pada Vudara = 2 m/s, panjang pipa 50 cm.	132
Gambar 73. Simulasi tekanan pada Vudara = 2 m/s dan panjang pipa 50 cm.	133
Gambar 74. Simulasi visual tekanan pada Vudara = 2 m/s dan panjang pipa 50 cm.	134



Gambar 75. Simulasi visual temperatur pada kondisi <i>real</i> ($T = 350^{\circ}\text{C}$).....	135
Gambar 76. Grafik Hubungan Temperatur dengan Jarak Sebaran Suhu	136
Gambar 77. Hubungan Temperatur pada Simulasi CFD dengan Temperatur Pengukuran Sensor Suhu.....	137

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Pengamatan Pre-Orientasi dengan Bahan Serbuk Sekam kecepatan asupan udara 1,89 m ³ /s.	145
Lampiran 2. Tabel Pengamatan Pre-Orientasi dengan Bahan Serbuk Sekam kecepatan asupan udara 2,83 m ³ /s.	147
Lampiran 3. Efisiensi pembakaran dengan perlakuan asupan udara hasil pre-orientasi penelitian.	148
Lampiran 4. Hasil uji proximat TKKS.	149
Lampiran 5. Kinerja ukuran mesh, kecepatan udara dan kecepatan screw, serta ukuran panjang pipa center cyclone terhadap energi (LHV) yang dihasilkan.....	154
Lampiran 6. Hasil uji bom kalorimeter.....	155
Lampiran 7. Perilaku suhu pada proses gasifikasi (°C)	156
Lampiran 8. Rataan data suhu pada setiap perlakuan.....	157
Lampiran 9. Rataan tegangan pada sensor gas	158
Lampiran 10. Perkiran CFD Pada Kondisi Optimal (Temperatur Fluida)	160
Lampiran 11. Perkiran CFD Pada Kondisi Optimal (Tekanan Fluida)	160
Lampiran 12. Perkiran CFD Pada Kondisi Optimal (Kecepatan Fluida)	161
Lampiran 13. Skema gambar teknik powder gasifier tipe cyclone.....	162
Lampiran 14. Hasil uji gas menggunakan GC-MS.....	163