



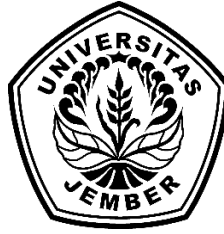
**PENGARUH KECEPATAN UDARA MASUK TERHADAP EFISIENSI
TERMAL PROSES GASIFIKASI SISTEM *DOWNDRAFT* SATU SALURAN
UDARA MASUK DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN BAKU SEKAM PADI**

SKRIPSI

Oleh

**MOCHAMMAD HERU SISWANTO
NIM 101910101038**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**



**PENGARUH KECEPATAN UDARA MASUK TERHADAP EFISIENSI
TERMAL PROSES GASIFIKASI SISTEM *DOWNDRAFT* SATU SALURAN
UDARA MASUK DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN BAKU SEKAM PADI**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**MOCHAMMAD HERU SISWANTO
NIM 101910101038**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**

PERSEMBAHAN

Dengan mengucap puja, puji syukur kepada Allah SWT dan dengan tulus ikhlas serta segala kerendahan hati, skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Keluargaku, Ayahanda tercinta Kasbari dan Ibunda tercinta Luluk Ulfah yang tak henti-hentinya memberikan kasih sayang, memanjatkan do'a dan memberikan dukungan dari segi moril maupun materil.
2. Adik-adikku tersayang Achmad Bram Maulana dan Nur Rosyidah Rahmah, yang selalu menjadi penyemangat dalam hidup saya.
3. Segenap staf pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan kepada saya. Terutama Bapak Dr. Nasrul Ilminnafik., S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama, Bapak Tri MUlyono., S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing anggota, Bapak Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc., selaku dosen penguji I dan Bapak Aris Zainul M., S.T., M.T., selaku dosen penguji II.
4. Almamater Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

“Jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu. Dan sesungguhnya yang demikian itu sungguh berat, kecuali bagi orang-orang yang khusuk”

(Terjemahan Al-Qur'an Surat Al-Baqarah ayat 45)

“Siapa kamu, Dimana kamu, dan Bagaimana kamu”

(Mega Dwiantari)

“Sukses = Sempat + Siap.

(Martha A. Afrianto)

“Jadi apa kamu di masa depan, ialah apa yang sedang kamu perjuangkan sekarang”

(Yusufi Hanny P.)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Mochammad Heru Siswanto**

NIM : **10191010138**

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “Pengaruh Kecepatan Udara Masuk Terhadap Efisiensi Termal Proses Gasifikasi Sistem *Downdraft* Satu Saluran Udara Masuk Dengan Menggunakan Bahan Baku Sekam Padi” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 22 September 2014

Yang menyatakan,



Mochammad Heru Siswanto

NIM. 10191010138

SKRIPSI

PENGARUH KECEPATAN UDARA MASUK TERHADAP EFISIENSI TERMAL PROSES GASIFIKASI SISTEM *DOWNDRAFT* SATU SALURAN UDARA MASUK DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN BAKU SEKAM PADI

Oleh

Mochammad Heru Siswanto

101910101038

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Tri Mulyono, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Kecepatan Udara Masuk Terhadap Efisiensi Termal Proses Gasifikasi Sistem *Downdraft* Satu Saluran Udara Masuk Dengan Menggunakan Bahan Baku Sekam Padi” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Senin, 22 September 2014

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T.
NIP. 197111114 1999 03 1 002

Tri Mulyono, S.Si., M.Si.
19681020 1998 02 1 002

Anggota I,

Anggota II

Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc.
NIP. 19680617 199501 1 001

Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.
NIP. 19681207 1995 12 1 002

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi M.T.
NIP. 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

Pengaruh Kecepatan Udara Masuk Terhadap Efisiensi Termal Proses Gasifikasi Sistem *Downdraft* Satu Saluran Udara Masuk Dengan Menggunakan Bahan Baku Sekam Padi; Mochammad Heru Siswanto, 101910101038: Program Studi Strata Satu Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Proses Gasifikasi adalah proses konversi biomassa secara termokimia yang membutuhkan media untuk bereaksi yaitu udara, sehingga dapat menghasilkan *synthetic gas* sebagai energi baru. Proses gasifikasi ini membutuhkan udara yang sangat minim. Udara yang masuk ke dalam *gasifier* akan mempengaruhi kondisi temperatur *gasifier* dan kandungan dari *flammable gas* yang terdapat pada gas hasil proses gasifikasi (*syn-gas*).

Penelitian ini memfokuskan tentang pengaruh kecepatan udara masuk ke dalam *gasifier* terhadap efisiensi termal dalam proses gasifikasi. Dengan variasi kecepatan udara masuk 0,8 m/s, 1 m/s, 1,2 m/s, dan 14 m/s.

Penelitian ini dilakukan di laboratorium konversi energi dan Laboratorium Rekayasa Energi LPPM ITS. Dari hasil penelitian proses gasifikasi dengan memvariasikan kecepatan udara masuk dapat disimpulkan bahwa Semakin bertambahnya kecepatan udara masuk akan meningkatkan nilai ER. Pada range ER 0,2 sampai 0,3 adalah range proses gasifikasi yang optimal. Semakin menjauh dari range ER yang optimal, kandungan *flammable gas* turun, sehingga LHV dari *syn-gas* juga turun. Pada kecepatan 1 m/s, nilai ER adalah 0,26. Konversi karbon mencapai 60-95%, sehingga kandungan *flammable gas* lebih tinggi daripada kandungan *flammable gas* pada kecepatan 0,8 m/s, 1,2 m/s dan 1,4 m/s. Efisiensi termal berbanding lurus dengan LHV-nya. Efisiensi Tertinggi diperoleh pada kecepatan udara masuk 1 m/s sebesar 59,64%, dikarenakan pada kecepatan udara tersebut memiliki nilai energi *syn-gas* yang besar dan termasuk pada range ER yang optimal.

SUMMARY

The Effect of Incoming Air Velocity To The Thermal Efficiency Downdraft Gasification Process With One Channel of Air Entry By Using The Rice Husk;

Mochammad Heru Siswanto, 101910101038: Tier One Mechanical Engineering Department of Engineering Faculty, Jember University.

Gasification is the process of converting biomass thermo-chemically that needs the air as a media to react, so it can produce synthetic gas as new energy. Gasification requires a little bit air. The Air that enter into the gasifier will influence temperature conditions to the gasifier, on yield and composition of the product gas.

This research focused on the influence of the velocity of air enters to the gasifier for the thermal efficiency of the process of gasification .With the variation of the velocity of the air enters 0.8 m/s, 1 m/s, 1.2 m/s, and 14 m/s.

research was doing in Konversi Energi's Laboratory and Rekayasa Energi's Laboratory LPPM ITS. From the result of this research by varying the velocity entrance air, can be concluded that the increasing velocity of entrance air will increase the value of the ER. The optimally ER is in the range 0,2 to 0,3. If it getting away from the optimal range of ER, the content of flammable gas down, so LHV of syngas also down. At the velocity of 1 m/s, ER is in 0,26. The Conversion of carbon reached 60-95%, so the content of flammable gas higher than the content of flammable gas at the velocity 0,8 m/s, 1,2 m/s and 1,4 m/s. Thermal efficiency is directly proportional to LHV of syngas. The highest of thermal efficiency was obtained on the entrance air velocity 1 m/s of 59,64%, due at that condition had a highest value of energy syngas and included in the optimal range of ER.

PRAKATA

Segala puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW sebagai sumber inspirasi dan panutan umat manusia dalam menjalani kehidupan di dunia ini.

Skripsi yang berjudul “*Pengaruh Kecepatan Udara Masuk Terhadap Efisiensi Termal Proses Gasifikasi Sistem Downdraft Satu Saluran Udara Masuk Dengan Menggunakan Bahan Baku Sekam Padi*” ini diajukan guna untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan arahan kepada penulis selama penyusunan skripsi ini khususnya kepada :

1. Kedua orangtua dan keluarga, ayahanda Kasbari dan Ibunda Luluk Ulfah atas segala bentuk kasih sayang, do'a dan dukungan yang tak hentinya diberikan kepada saya. Kedua adikku tercinta Achmad Bram Maulana dan Nur Rosyidah Rahmah, yang telah menjadi penyemangat tersendiri untuk saya.
2. Bapak Dr. Nasrul Ilminnafik S.T., M.T. selaku bapak dosen pembimbing utama serta Bapak Tri Mulyono S.Si., M.Si., selaku bapak dosen pembimbing anggota. Yang selalu memberikan motivasi, saran dan ide, serta telah bersedia untuk meluangkan waktu dalam membimbing dan mengarahkan saya selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini dari awal sampai akhir.
3. Bapak Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc., selaku bapak dosen penguji I, dan Bapak Aris Zainul Muttaqin S.T., M.T., selaku bapak dosen penguji II yang telah memberikan kritik dan saran yang sangat membangun dalam penyusunan skripsi ini.

4. Seluruh staf pengajar dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah banyak memberikan ilmu, pengetahuan, dan wawasan selama saya belajar di bangku perkuliahan.
5. Segenap teman-teman teknik mesin, khususnya angkatan 2010 (Mechanical-X) yang telah banyak sekali berbagi ilmu dan pengalaman selama masa perkuliahan.
6. Teman-teman Himpunan Mahasiswa Mesin, yang telah banyak mengajari saya dalam berorganisasi dan bekerja sebagai tim.
7. Orang-orang terdekat yang selalu ada ketika saya dalam keadaan susah, Martha A, Yusufi Hanny, Rizal Septyanto, Bastomy, Gilang, Anjelius, Gatut, Prasetya, Endra, Akbar, Arif Nur, Mbak Indri, Mas Sam, Iqbal W, Irsan, Tantowi, Indra Jaya, Ubaidillah, Ghofur, Mega Dwiantari, Memed, Mega, Hasby Rames, Ibrahim Itok, Bayu, Nasir dan Lukman Jeverboy, Mbak Halima. *I will not forget you in my life.*
8. Semua pihak yang telah membantu proses penelitian dan penyusunan skripsi ini, dari pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan Fakultas Teknik jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.

Penulis menyadari bahwa sebagai manusia yang tak lepas dari kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu diharapkan adanya kritik, saran, dan ide yang bersifat konstruktif demi kesempurnaan karya tulis skripsi ini dan penelitian berikutnya yang berkaitan. Semoga hasil dari penelitian pada skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada berbagai pihak.

Jember, September 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN SAMBUNG.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Biomassa	4
2.1.1 Biomassa Sekam Padi	4

2.2 Pemanfaatan Biomassa.....	6
2.3 Proses Gasifikasi	7
2.3.1 Tipe <i>Gasifier</i>	9
2.3.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi proses gasifikasi	10
2.4 Gasifier	14
2.5 Nilai Kalor.....	17
2.6 Kestimbangan Massa dan Kestimbangan Energi Gasifikasi	18
2.7 Efisiensi Termal	19
2.8 <i>Heat loss</i>	19
2.9 Hipotesa	23
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Metode Penelitian.....	23
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	23
3.3.1. Alat.....	23
3.3.2. Bahan	26
3.4 Variabel Penelitian	26
3.4.1. Variabel Bebas	26
3.4.2. Variabel Terikat	27
3.5 Prosedur Penelitian.....	27
3.5.1. Tahapan Persiapan	27
3.5.2. Tahapan Penelitian	27
3.5.3. Tahap Akhir Penelitian	28

3.6 Rangkaian Proses Gasifikasi <i>Downdraft</i> dengan 1 saluran udara masuk	28
3.7 Penyajian Data Penelitian	29
3.8 Diagram Alur Penelitian	34
3.9 Jadwal Kegiatan Penelitian	35
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1 Data Hasil Pengujian dan Perhitungan.....	36
4.2 Pembahasan.....	48
4.2.1 Analisis Distribusi Temperatur Reaktor.....	48
4.2.2 Efisiensi Termal Proses Gasifikasi	52
4.2.3 Analisis Keseimbangan Energi	56
BAB 5. PENUTUP	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran.....	57

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	HALAMAN
Tabel 2.1 Data hasil produksi pertanian di Indonesia.....	4
Tabel 2.2 Analisa <i>proximate</i> dan <i>ultimate</i> biomassa.....	5
Tabel 2.3 Distribusi temperatur proses konversi energi utama secara termokimia.....	8
Tabel 2.4 Kekurangan dan kelebihan <i>gasifier</i> tipe <i>downdraft</i>	9
Tabel 3.1 Penyajian data distribusi temperatur reaktor	29
Tabel 3.2 Penyajian data perhitungan massa udara total	30
Tabel 3.3 Penyajian data perhitungan ER.....	30
Tabel 3.4 Penyajian data komposisi gas hasil proses gasifikasi	30
Tabel 3.5 Penyajian data perhitungan LHV <i>syn-gas</i>	30
Tabel 3.6 Penyajian data perhitungan massa <i>syn-gas</i>	31
Tabel 3.7 Penyajian data massa <i>char</i>	31
Tabel 3.8 Penyajian data perhitungan energi pada biomassa	31
Tabel 3.9 Penyajian data perhitungan energi yang terkandung pada udara	31
Tabel 3.10 Penyajian data perhitungan energi masuk	32
Tabel 3.11 Penyajian data perhitungan energi <i>syn-gas</i>	32
Tabel 3.12 Penyajian data perhitungan efisiensi termal proses gasifikasi	32
Tabel 3.13 Penyajian dara perhitungan <i>heatloss</i>	33
Tabel 3.14 Jadwal kegiatan penelitian	35
Tabel 4.1 Data distribusi temperatur reaktor pada kecepatan udara masuk 1 m/s.	37

Tabel 4.2 Data komposisi <i>syn-gas</i>	38
Tabel 4.3 Data perhitungan massa udara total	39
Tabel 4.4 Data Perhitungan <i>Equivalence Ratio</i>	40
Tabel 4.5. Data perhitungan LHV <i>syn-gas</i> proses gasifikasi	41
Tabel 4.6 Data massa <i>char</i>	41
Tabel 4.7 Data hasil perhitungan massa <i>syn-gas</i>	42
Tabel 4.8 Data perhitungan Energi yang terkandung pada biomassa	42
Tabel 4.9 Energi yang terkandung pada udara	43
Tabel 4.10 Data hasil perhitungan energi masuk	43
Tabel 4.11 Data hasil perhitungan Energi <i>syn-gas</i>	44
Tabel 4.12 Data hasil perhitungan efisiensi	45
Tabel 4.13 Data hasil perhitungan <i>heatloss</i>	48

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 2.1 Biomassa sekam padi	5
Gambar 2.2 Produk dari gasifikasi	7
Gambar 2.3 Skema Konversi Biomassa	8
Gambar 2.4 Tipe <i>gasifier</i> (<i>Updraft, Downdraft, Crossdraft</i>)	9
Gambar 2.5 Perbandingan AFR dan variasi ukuran biomassa terhadap efisiensi biomassa	11
Gambar 2.6 Desain <i>gasifier</i> tipe <i>downdraft</i>	12
Gambar 2.7 Desain reaktor gasifikasi	14
Gambar 2.8 Hubungan antara berat sekam dengan efisiensi termal proses gasifikasi	15
Gambar 2.9 Perpindahan panas pada silinder	21
Gambar 3.1 Reaktor gasifikasi	23
Gambar 3.2 Termokopel tipe K	24
Gambar 3.3 Stopwatch	24
Gambar 3.4 Timbangan sekam	24
Gambar 3.5 Blower	25
Gambar 3.6 <i>Anemometer</i>	25
Gambar 3.7 <i>Data logger</i>	25
Gambar 3.8 <i>Gas Chromatography</i>	26
Gambar 3.9 Arang Kayu yang sudah membara	26

Gambar 3.10 Skema Rangkaian Proses Gasifikasi	28
Gambar 3.11 Diagram alir pengujian ukuran biomassa pada proses gasifikasi....	34
Gambar 4.1 <i>Gasifier</i>	36
Gambar 4.2 Distribusi temperatur reaktor T3	48
Gambar 4.3 Distribusi temperatur reaktor T4	49
Gambar 4.4 Pengaruh temperatur proses pirolisis terhadap produk gas.....	50
Gambar 4.5 Pengaruh nilai ER terhadap temperatur reaktor	51
Gambar 4.6 Pengaruh kecepatan udara masuk terhadap Efisiensi temal proses gasifikasi	52
Gambar 4.7 Pengaruh temperatur reaktor terhadap gas produk (<i>syn-gas</i>)	53
Gambar 4.8 Hubungan antara nilai <i>ER</i> dengan efisiensi karbon yang terkonversi	54
Gambar 4.9 <i>Throated gasifier</i>	55
Gambar 4.10 Diagram kesetimbangan energi proses gasifikasi	56

DAFTAR LAMPIRAN

	HALAMAN
A. Tabel Data Dan Hasil Pengujian	60
B. <i>Properties Of Air And Gases At 1 atm Pressure</i>	66
C. <i>Heatloss</i>	69
D. Diagram Kesetimbangan Energi	70

C	= Kandungan <i>carbon</i> dalam analisis <i>ultimate</i>
C _p	= kapasitas panas udara (kJ/kg °K)
C _{td}	= Kandungan <i>carbon</i> dalam kondisi <i>total dry-basis</i>
H	= Kandungan <i>hydrogen</i> dalam analisis <i>ultimate</i>
h	= Koefisien perpindahan panas konveksi (W/m ² .K)
k	= koefisien perpindahan panas konduksi (W/m.K)
k _a	= Koefisien perpindahan panas konduksi pada tabung reaktor
k _o	= Konduktivitas termal udara pada tabung luar
LHV _i	= LHV dari gas yang terbakar.
L _i	= Panjang silinder pada tabung dalam
L _o	= Panjang silinder pada tabung luar
m _(ash)	= Massa <i>ash</i> (kg)
m _(biomassa)	= Massa biomassa (kg)
m _(char)	= Massa <i>char</i> (kg)
m _(syn-gas)	= Massa <i>syn-gas</i> (kg)
m _(udara)	= Massa udara masuk (kg)
M	= Kandungan <i>moisture</i> pada biomassa
M _f	= Massa bahan baku (sekam padi)
M _{fa}	= Massa udara total
m _{th}	= Stokiometri udara untuk pembakaran
η	= Efisiensi termal
Nu	= Nuselt number
O	= Kandungan <i>oxygen</i> dalam analisis <i>ultimate</i>
Pr	= Prandtl number
Pr	= Prandtl Number pada temperatur 800°C pada Lampiran B.1
Q	= <i>Heatloss</i>
R	= Tahanan termal
Re	= Reynolds Number
S	= Kandungan sulfur dalam analisis <i>ultimate</i>

u	= Viskositas kinematis pada temperatur 800°C pada Lampiran B.1
u_o	= Viskositas kinematis pada tabung luar
v	= Kecepatan udara masuk
Y_i	= Konsentrasi gas yang terbakar (CO, CH ₄ , H ₂)
ΔT	= Suhu udara(°K)
ρ_{syngas}	= Densitas dari <i>syn-gas</i>
ρ_{udara}	= Densitas udara (kg/m ³)
$\rho_{i_{\text{syn-gas}}}$	= <i>Thermophysical properties of gaseous at atmosphere pressure</i>