



**PENGARUH VARIASI AFR (*AIR-FUEL RATIO*) TERHADAP EFISIENSI
THERMAL PADA PROSES GASIFIKASI
SEKAM PADI TIPE *DOWNDRAFT* DENGAN
DUA SALURAN UDARA MASUK**

SKRIPSI

Oleh:
Gilang Hermawan
NIM 101910101030

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



**PENGARUH VARIASI AFR (*AIR-FUEL RATIO*) TERHADAP EFISIENSI
THERMAL PADA PROSES GASIFIKASI
SEKAM PADI TIPE *DOWNDRAFT* DENGAN
DUA SALURAN UDARA MASUK**

SKRIPSI

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

Oleh:
Gilang Hermawan
NIM 101910101030

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

PERSEMBAHAN

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

1. Ayahanda tercinta Bambang Wiedjatnarko dan Ibunda tercinta Retno Wulandari yang tak henti-hentinya memberikan kasih sayang, memanjatkan do'a dan memberikan dukungan dari segi moral maupun material.
2. Adik-adikku tersayang Galang Fajar Herlambang dan Gadis Herdanti, yang selalu memberi semangat dan motivasi untuk terus berjuang mengerjakan skripsi ini.
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

“Barangsiapa sungguh-sungguh, sesungguhnya kesungguhannya itu adalah untuk dirinya sendiri”

(terjemahan Surat Al-Ankabut [29]: 6)

“Jika orang berpegang pada keyakinan, maka hilanglah kesangsian. Tetapi, jika orang sudah mulai berpegang pada kesangsian, maka hilanglah keyakinan”

(Sir Francis Bacon)

“Orang yang tidak pernah membuat kesalahan adalah orang yang tidak pernah mencoba hal baru”

(Albert Einstein)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Gilang Hermawan**

NIM : **10191010130**

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “Pengaruh Variasi AFR (*Air-Fuel Ratio*) terhadap Efisiensi Thermal Proses Gasifikasi Sekam Padi Tipe *Downdraft* dengan Dua Saluran Udara Masuk” 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, 6 Oktober 2014

Yang menyatakan,



Gilang Hermawan
NIM. 10191010130

SKRIPSI

PENGARUH VARIASI AFR (*AIR-FUEL RATIO*) TERHADAP EFISIENSI THERMAL PROSES GASIFIKASI SEKAM PADI TIPE *DOWNDRAFT* DENGAN DUA SALURAN UDARA MASUK

Oleh
Gilang Hermawan
101910101030

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing Anggota : Tri Mulyono, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Variasi AFR (*Air-Fuel Ratio*) terhadap Efisiensi Thermal Proses Gasifikasi Sekam Padi Tipe *Downdraft* dengan Dua Saluran Udara Masuk” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal :
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

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

Tri Mulyono, S.Si., M.Si.
NIP. 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 Variasi AFR (*Air-Fuel Ratio*) terhadap Efisiensi Thermal Proses Gasifikasi Sekam Padi tipe *Downdraft* dengan Dua Saluran Udara Masuk; Gilang Hermawan, 101910101030: Program Studi Strata Satu Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Proses gasifikasi adalah proses konversi energi dari bahan yang mengandung karbon (padat ataupun cair) menjadi gas yang disebut *syn-gas* (*synthetic gas*) dimana gas tersebut memiliki nilai bakar dengan oksidasi parsial pada temperatur tinggi. Proses gasifikasi ini membutuhkan udara yang sangat minim. Suplai 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 dari proses gasifikasi. Dengan variasi suplai udara masuk 0,8 m/s, 1,0 m/s, 1,2 m/s, dan 1,4 m/s.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember dan pengujian gas hasil gasifikasi dilakukan di Laboratorium Rekayasa Energi LPPM ITS Gedung Robotika. Dari hasil penelitian proses gasifikasi dengan memvariasikan suplai udara masuk dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya suplai udara masuk akan meningkatkan nilai AFR. Nilai AFR yang optimal untuk proses gasifikasi adalah 1,25-1,5. Ketika AFR semakin menjauh dari AFR yang optimal, kandungan *flammable gas* akan turun, sehingga LHV dari *syn-gas* juga turun. Pada suplai udara 1,0 m/s dan 1,2 m/s, diperoleh AFR 1,3 dan 1,5. Konversi karbon mencapai 60-95%, sehingga kandungan *flammable gas* lebih tinggi daripada kandungan *flammable gas* pada suplai udara 0,8 m/s dan 1,4 m/s. Efisiensi thermal berbanding lurus dengan LHV. Efisiensi tertinggi diperoleh pada suplai udara masuk 1,2 m/s sebesar 63,70%, karena pada suplai udara tersebut memiliki nilai energi *syn-gas* yang paling tinggi dan termasuk pada AFR yang optimal.

SUMMARY

The Effect of Variation AFR (Air-Fuel Ratio) to Thermal Efficiency of a Rice Husk Gasification Process Downdraft Type with Two Channels Incoming Air;

Gilang Hermawan, 101910101030: Tier One Mechanical Engineering Department of Engineering Faculty, Jember University.

Gasification process is the process of conversion of energy from the material that containing carbon (solid or liquid) into gas called syn-gas (synthetic gas) where the gas having value fuel by partial oxidation at high temperatures. This gasification process requires air very minimal. Air supply who enters into gasifier will affect the temperature gasifier and the content of flammable gas that are found on gas result of the gasification process (syn-gas).

This research focuses on the effect of air velocity into the gasifier for thermal efficiency of the gasification process, with the variation of the air supply in 0,8 m/s, 1,0 m/s, 1,2 m/s, and 1,4 m/s.

This research was conducted in the Conversion Energy's Laboratory of Mechanical Engineering Department of Engineering Faculty of Jember University and the testing of gasification gas result carried out at Rekayasa Energi's Laboratory LPPM ITS Robotics Building. The results of research on the gasification process by varying the incoming air supply can be concluded that the increasing of incoming air supply will increase the value of the AFR. The optimum of AFR value for gasification process is 1,25-1,5. When the AFR is getting away from the optimum, content of flammable gas will go down, so the LHV of syn-gas also dropped. In air supply 1,0 m/s and 1,2 m/s, AFR 1,3 and 1,5 obtained. Conversion of carbon reaches 60-95%, so the content of flammable gas are higher than the content of flammable gas at the air supply 0,8 m/s and 1,4 m/s. Thermal efficiency is directly proportional to LHV. The highest efficiency it was obtained at air supply entrance 1,2 m/s worth 63,70 %, because at this air supply has the highest syn-gas energy value and condition in optimal AFR.

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 Variasi AFR (Air-Fuel Ratio) terhadap Efisiensi Thermal Proses Gasifikasi Sekam Padi dengan Dua Saluran Udara Masuk*” ini diajukan guna 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, Ayahanda Bambang Wiedjatnarko dan Ibunda Retno Wulandari atas segala bentuk kasih sayang, do'a dan dukungan yang selalu diberikan. Kedua adik tercinta Galang Fajar Herlambang dan Gadis Herdanti, 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. Orang-orang terdekat yang selalu ada ketika saya dalam keadaan susah dan banyak membantu dalam pengerjaan skripsi ini, M. Diaz Bastomi, Prasetya Wahyu Hidayat, Endra Pratama Putra, Moch. Heru Siswanto, Gatut Sasmita Ferry Laksono, Anjelius Okta Franico, Moch. Tantowi dan Rizal Septyanto N.
7. Teman-teman kost “Dewa” yang sudah menjadi keluarga kedua, Roni Agista Apriansyah, Adhe Reza Firmansyah, Dany Kusuma Putra, Arga Dwi Admaja, Sanditya Ramadhan, Oriza Livanda, Setyo Tri Yudhiarso, Rizky Dwi Cahyono dan Sastra W. P. Negara.
8. Semua pihak yang telah membantu proses penelitian dan penyusunan skripsi ini, dari pihak LPPM Institut Sepuluh Nopember dan 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 COVER | i |
| HALAMAN JUDUL | ii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | iii |
| HALAMAN MOTTO | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN | v |
| LEMBAR PENGESAHAN | vii |
| RINGKASAN | viii |
| SUMMARY | ix |
| PRAKATA | x |
| DAFTAR ISI | xii |
| DAFTAR TABEL | xv |
| DAFTAR GAMBAR | xvii |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan dan Manfaat | 3 |
| 1.4.1 Tujuan | 3 |
| 1.4.2 Manfaat | 4 |
| BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Biomassa | 5 |
| 2.1.1 Klasifikasi Biomassa | 5 |
| 2.1.2 Biomassa Sekam Padi | 5 |
| 2.1.3 Karakteristik Biomassa | 6 |
| 2.1.4 Konversi Biomassa | 6 |
| 2.2 Gasifikasi | 7 |
| 2.2.1 Tipe Reaktor Gasifikasi | 7 |

| | | |
|---------------|--|-----------|
| 2.2.2 | Proses Gasifikasi | 11 |
| 2.2.3 | Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Gasifikasi..... | 13 |
| 2.3 | Gasifier | 15 |
| 2.4 | Gasifying Agent | 17 |
| 2.5 | AFR (Air-Fuel Ratio)..... | 18 |
| 2.6 | Nilai Kalor..... | 20 |
| 2.7 | Neraca Massa pada <i>Gasifier</i> | 21 |
| 2.9 | Efisiensi Gasifikasi..... | 21 |
| 2.10 | Hipotesa | 22 |
| 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 | 27 |
| 3.4.1 | Variabel Bebas | 27 |
| 3.4.2 | Variabel Terikat | 27 |
| 3.5 | Parameter Penelitian..... | 27 |
| 3.6 | Prosedur Penelitian..... | 28 |
| 3.6.1. | Tahapan Persiapan | 28 |
| 3.6.2 | Tahapan Penelitian | 28 |
| 3.6.3 | Tahap Akhir Penelitian | 28 |
| 3.7 | Penyajian Data Penelitian | 29 |
| 3.7.1 | Tabel Distribusi Temperatur | 29 |
| 3.7.2 | Tabel Laju Alir Udara Total..... | 29 |
| 3.7.3 | Tabel Perbandingan Udara dengan Bahan Bakar..... | 29 |
| 3.7.4 | Tabel Komposisi <i>Syn-gas</i> | 30 |
| 3.7.5 | Tabel Nilai Kalor (LHV) <i>Syn-gas</i> | 30 |
| 3.7.6 | Tabel Massa <i>syn-gas</i> | 30 |

| | |
|---|-----------|
| 3.7.7 Tabel Energi Biomassa | 30 |
| 3.7.8 Tabel Energi pada Udara..... | 31 |
| 3.7.9 Tabel Energi Masuk..... | 31 |
| 3.7.10 Tabel Energi <i>Syn-gas</i> | 31 |
| 3.7.11 Tabel Efisiensi Termal Proses Gasifikasi | 31 |
| 3.8 Skema Alat Uji..... | 32 |
| 3.9 Diagram Alir Penelitian | 33 |
| 3.10 Jadwal Kegiatan Penelitian | 34 |
| BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 35 |
| 4.1 Data Hasil Pengujian..... | 35 |
| 4.1.1 Data Distribusi Temperatur..... | 36 |
| 4.1.2 Data Laju Alir Massa Udara | 37 |
| 4.1.3 Perbandingan Komposisi Udara dengan Bahan Bakar (AFR) ... | 38 |
| 4.1.4 Perhitungan Nilai Kalor (LHV) <i>Syn-gas</i> | 38 |
| 4.1.5 Perhitungan Energi Masuk..... | 39 |
| 4.1.6 Perhitungan Energi <i>Syn-gas</i> | 40 |
| 4.1.7 Perhitungan Efisiensi Termal Gasifikasi..... | 42 |
| 4.2 Pembahasan Data Hasil Penelitian..... | 42 |
| 4.2.1. Analisa Distribusi Temperatur | 42 |
| 4.2.2 Analisa Komposisi <i>Syn-gas</i> | 45 |
| 4.2.3 Analisa Nilai Kalor | 47 |
| 4.2.4 Analisa Efisiensi Termal Gasifikasi..... | 48 |
| BAB 5 PENUTUP | 50 |
| 5.1 Kesimpulan | 50 |
| 5.2 Saran..... | 51 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |

DAFTAR TABEL

| | HALAMAN |
|--|---------|
| Tabel 2.1 Data hasil produksi pertanian di Indonesia | 6 |
| Tabel 2.2 Analisa <i>proximate</i> dan <i>ultimate</i> biomassa | 6 |
| Tabel 2.3 Kelebihan dan kekurangan reaktor gasifikasi tipe <i>downdraft</i> | 8 |
| Tabel 2.4 Data performa reaktor <i>single-stage</i> dan <i>two-stage</i> dengan aliran udara 35 m ³ /h | 10 |
| Tabel 2.5 Hasil uji performa reaktor gasifikasi <i>downdraft</i> pada berbagai berat sekam | 16 |
| Tabel 2.6 Hasil uji komposisi <i>syn-gas</i> | 20 |
| Tabel 3.1 Data distribusi temperatur dengan variasi suplai udara | 29 |
| Tabel 3.2 Data laju alir udara dengan variasi suplai udara | 29 |
| Tabel 3.3 Data perbandingan udara dan bahan bakar | 29 |
| Tabel 3.4 Data komposisi <i>syn-gas</i> | 30 |
| Tabel 3.5 Data nilai kalor (LHV) <i>syn-gas</i> | 30 |
| Tabel 3.6 Data massa <i>syn-gas</i> | 30 |
| Tabel 3.7 Data energi pada biomassa | 30 |
| Tabel 3.8 Data energi pada udara | 31 |
| Tabel 3.9 Data energi masuk | 31 |
| Tabel 3.10 Data energi <i>syn-gas</i> | 31 |
| Tabel 3.11 Data efisiensi thermal proses gasifikasi | 31 |
| Tabel 3.12 Tabel jadwal kegiatan | 34 |
| Tabel 4.1 Distribusi temperatur reaktor dengan variasi suplai udara 1,2 m/s | 36 |
| Tabel 4.2 Perhitungan laju alir udara | 38 |
| Tabel 4.3 Perhitungan komposisi udara dan bahan bakar (AFR) | 38 |
| Tabel 4.4 <i>Themophysical properties of gases at atmosphere pressure</i> | 39 |
| Tabel 4.5 Data komposisi dan LHV <i>syn-gas</i> | 39 |
| Tabel 4.6 Perhitungan energi masuk | 40 |
| Tabel 4.7 Perhitungan massa <i>syn-gas</i> | 41 |

| | |
|--|----|
| Tabel 4.8 Perhitungan energi <i>syn-gas</i> | 42 |
| Tabel 4.9 Perhitungan efisiensi thermal gasifikasi | 42 |

DAFTAR GAMBAR

| | HALAMAN |
|--|---------|
| Gambar 2.1 Variasi reaktor gasifikasi <i>fixed-bed</i> | 7 |
| Gambar 2.2 Tipe <i>thtoatless gasifier</i> dan tipe <i>throated gasifier</i> | 8 |
| Gambar 2.3 Reaktor gasifikasi tipe <i>single-stage</i> dan <i>two-stage</i> | 9 |
| Gambar 2.4 Desain reaktor gasifikasi | 15 |
| Gambar 2.5 Hubungan berat sekam padi dengan <i>output</i> | 16 |
| Gambar 2.6 Hubungan berat sekam padi dengan efisiensi panas | 17 |
| Gambar 2.7 Distribusi temperatur = f (waktu) pada tiap variasi <i>dimmer</i> | 19 |
| Gambar 3.1 Reaktor gasifikasi tipe <i>downdraft</i> | 23 |
| Gambar 3.2 Gas <i>chromatography</i> | 24 |
| Gambar 3.3 Termokopel tipe-K | 24 |
| Gambar 3.4 Data <i>logger</i> | 25 |
| Gambar 3.5 <i>Stopwatch</i> | 25 |
| Gambar 3.6 Timbangan | 25 |
| Gambar 3.7 <i>Blower</i> | 26 |
| Gambar 3.8 Anemometer | 26 |
| Gambar 3.9 Sekam padi | 26 |
| Gambar 3.10 Arang kayu | 27 |
| Gambar 3.11 Skema alat uji | 32 |
| Gambar 3.12 Diagram alir penelitian | 33 |
| Gambar 4.1 Zona distribusi temperatur pada reaktor gasifikasi 2 saluran masuk .. | 35 |
| Gambar 4.2 Grafik distribusi temperatur reaktor pada T3 | 43 |
| Gambar 4.3 Grafik distribusi temperatur reaktor pada T4 | 44 |
| Gambar 4.4 Grafik perbandingan komposisi <i>syn-gas</i> terhadap AFR | 45 |
| Gambar 4.5 Grafik perbandingan nilai kalor terhadap AFR | 48 |
| Gambar 4.6 Grafik perbandingan efisiensi termal gasifikasi sekam padi | 49 |