



**ANALISA UNJUK KERJA MESIN BENSIN DUA LANGKAH *DUAL FUEL*  
(BENSIN – SYN-GAS) GASIFIKASI SEKAM PADI DENGAN VARIASI  
TEMPERATUR OPERASI REAKTOR GASIFIKASI**

**SKRIPSI**

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

oleh

**Prasetya Wahyu Hidayat  
NIM 101910101020**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2014**



**ANALISA UNJUK KERJA MESIN BENSIN DUA LANGKAH *DUAL FUEL*  
(BENSIN – *SYN-GAS*) GASIFIKASI SEKAM PADI DENGAN VARIASI  
TEMPERATUR OPERASI REAKTOR GASIFIKASI**

**SKRIPSI**

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

oleh

**Prasetya Wahyu Hidayat  
NIM 101910101020**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2014**

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Juariah dan Alm. Ayahanda Nunung Abubakar Ali Basyah yang tercinta;
2. guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
3. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

## MOTO

Wahai golongan jin dan manusia , jika kamu sanggup menembus penjuru langit dan bumi maka tembuslah! Kamu tidak akan mampu menembusnya kecuali dengan kekuatan Allah Swt.  
(terjemahan Surat *Ar-Rahman* ayat 33)

Keseluruhan ilmu pengetahuan tidaklah lebih dari penyempurnaan pemikiran sehari-hari  
(Albert Einstein)

Teruslah mencoba, karena dengan mencoba akan ada fenomena menarik yang didapat  
(Nasrul Iminnafik)

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Prasetya Wahyu Hidayat

NIM : 101910101020

menyatakan dengan sebenarnya bahwa karya Ilmiah yang berjudul “*Analisa Unjuk Kerja Mesin Bensin Dua Langkah Dual Fuel (Bensin-Syn-gas) Gasifikasi Sekam Padi dengan Variasi Temperatur Operasi Reaktor Gasifikasi*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan 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 ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 15 September 2014

Yang menyatakan,



Prasetya Wahyu Hidayat  
NIM 101910101020

**SKRIPSI**

**ANALISA UNJUK KERJA MESIN BENSIN DUA LANGKAH *DUAL FUEL*  
(BENSIN-SYN-GAS) GASIFIKASI SEKAM PADI DENGAN VARIASI  
TEMPERATUR OPERASI REAKTOR GASIFIKASI**

oleh

Prasetya Wahyu Hidayat  
NIM 101910101020

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Digdo Listiyadi S., M.Sc.

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

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisa Unjuk Kerja Mesin Bensin Dua Langkah *Dual Fuel* (Bensin-*Syn-gas*) Gasifikasi Sekam Padi dengan Variasi Temperatur Operasi Reaktor Gasifikasi” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Kamis, 2 Oktober 2014

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

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

Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T.  
NIP 197111114 199903 1 002

Anggota I,

Anggota II,

Hari Sutjahjono, S.T., M.T.  
NIP 19681205199702 1 002

Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.  
NIP 19681207 199512 1 002

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. Widodo Hadi, M.T.  
NIP 19610414 198902 1 001

## RINGKASAN

**Analisa Unjuk Kerja Mesin Bensin Dua Langkah *Dual Fuel* (Bensin-Syn-gas) Gasifikasi Sekam Padi dengan Variasi Temperatur Operasi Reaktor Gasifikasi;** Prasetya Wahyu Hidayat, 101910101020: 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 unjuk kerja mesin bensin dua langkah berbahan bakar ganda antara bensin dan *syn-gas* dari proses gasifikasi. Dengan variasi temperatur reaktor 350-400 °C, 401-450 °C dan 451-500 °C .

Penelitian ini dilakukan di laboratorium konversi energi dan Laboratorium Rekayasa Energi LPPM ITS. Dari hasil penelitian unjuk kerja mesin bensin dua langkah berbahan bakar ganda antara bensin dan *syn-gas* dengan memvariasikan temperatur reaktor dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur reaktor gasifikasi maka komposisi *flammable syn-gas* yang terbentuk semakin tinggi sehingga komposisi bahan bakar (*flammable syn-gas* dan bensin) pas dan pembakaran bahan bakar semakin mendekati sempurna sehingga konsumsi bensin semakin irit dan daya efektif yang dihasilkan mesin semakin besar. Pada pengujian torsi dan daya diperoleh torsi terbesar mesin sebesar 17,25 Nm. Pada pengujian daya efektif mesin bensin dua langkah terjadi peningkatan daya efektif mesin sebesar 9,9 % dari kondisi normal, yaitu 3,32 kw ke 3,55 kw dikarenakan pada saat penambahan *syn-gas* komposisi bahan bakar mesin pas menyebabkan pembakaran yang lebih sempurna sehingga menghasilkan daya efektif mesin yang lebih besar. Pada kondisi keseluruhan konsumsi bensin mesin



bensin dua langkah mengalami konsumsi yang lebih sedikit 0,04 ml/s dari kondisi normal, ini dikarenakan pada saat penambahan *syn-gas* ke dalam mesin komposisi bahan bakar dengan udara lebih pas sehingga menghasilkan pembakaran yang mendekati sempurna daripada kondisi normal yang menyebabkan konsumsi bensin lebih sedikit.

## SUMMARY

**Analyze Performance of Two Stroke Engine Dual Fuel (Gasoline-Syn-gas) Rice Husk Gasification with Gasifier Temperature Variation:** Prasetya Wahyu Hidayat 101910101020: Tier One Mechanical Engineering Department of Engineering Faculty, Jember University.

Gasification is the process of converting biomass with thermochemical process that requires the media to react of an air , so has to produced a synthetic gas as a new energy . The gasification process requires small scalled air . Air entering the gasifier will affect the temperature of the gasifier and the gas content of flammable gases contained in the gasification process ( syn - gas ) .

This study focuses on the performance of a gasoline two stroke engine dual-fuel between gasoline and syn - gas from the gasification process . With the variation of gasifier temperature are 350-400 °C , 401-450 °C and 451-500 °C .

This research was conducted in the laboratory energy conversion Univesity of Jember and Laboratory of Energy Engineering LPPM ITS . From the research performance gasoline two stroke engine dual fuel between gasoline and syn - gas by varying the temperature of the reactor can be concluded that the higher temperature gasification reactor , the composition of flammable gas that is formed so that the higher the fuel composition (syn - gas and flammable gasoline) and fuel combustion fit closer to perfect that gasoline consumption more efficient and effective power of the engines increases. In testing the torque and power gained the largest torque of engine is 17.25 Nm . In testing the effective power gasoline two stroke engine power effective increased by 9.9 % of normal conditions , from 3.32 kw to 3.55 kw due at the time of the addition of syn - gas composition engine fuel fitting causes more complete combustion so that makes effective power engine more larger. In the overall condition of fuel consumption gasoline two stroke engine suffered less consumption of 0.04 ml/s of normal conditions , is due at the time of the addition of syn - gas into the engine with the air fuel composition is more fitting to produce a near-perfect combustion than conditions normal which causes less gasoline consumption.

## 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. Orangtua dan keluarga, Alm ayahanda Nunung Abubakar Ali Basyah dan Ibunda Juariyah atas segala bentuk kasih sayang, do'a dan dukungan yang tak hentinya diberikan kepada saya. Kakak dan adikku tercinta Yuniar Syafitri dan Prayoga Tri Kurniawan, yang telah menjadi penyemangat tersendiri untuk saya.
2. Bapak Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc., selaku bapak dosen pembimbing utama serta Bapak Dr. Nasrul Ilminnafik S.T., M.T., 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 Hari Sutjahjono, S.T., M.T., 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, Andi, Bayu, Sandi, Agus, Domas, Diah, Tanfidz, Fitri, Riyan, Agel, Ishom, Angga, Sendy, Tomi, Gilang, Nico, Gatot, Heru, Endra. *I'll always remember you guys.*
8. Semua pihak yang telah membantu proses penelitian dan penyusunan skripsi ini, dari pihak Laboratorium Energi LPPM Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya dan jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.

Penulis menyadari bahwa sebagai manusia yang tak lepas 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
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>SUMMARY</b> .....	x
<b>PRAKATA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xviii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xx
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xxi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	4
<b>1.3 Tujuan dan Manfaat</b> .....	4
1.3.1 Tujuan .....	4
1.3.2 Manfaat .....	5
<b>1.4 Batasan Masalah</b> .....	5
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
<b>2.1 Biomassa</b> .....	6
2.1.1 Sumber Biomassa .....	7
2.1.2 Potensi Biomassa di Indonesia .....	8
<b>2.2 Teknologi Pengkonversian Biomassa</b> .....	9
2.2.1 Biodiesel .....	11
2.2.2 Etanol ( <i>Bioethanol</i> ).....	11
2.2.3 Biogas .....	11

2.2.4 <i>Syn-gas</i> (Gas hasil gasifikasi) .....	12
<b>2.3 Sekam Padi</b> .....	12
<b>2.4 Gasifikasi</b> .....	14
2.4.1 Keunggulan gasifikasi.....	14
2.4.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi proses gasifikasi.....	15
<b>2.5 Gasifier</b> .....	16
2.5.1 <i>Fixed bed gasifiers</i> .....	17
2.5.2 <i>Fluidized bed gasifier</i> .....	20
<b>2.6 Motor Bensin Dua Langkah</b> .....	23
2.6.1 Konstruksi motor bensin dua langkah .....	23
2.6.2 Cara Kerja Motor Bensin Dua Langkah .....	27
<b>2.7 Uji Performa Mesin</b> .....	29
2.7.1 Daya Motor .....	30
2.7.2 Konsumsi bahan bakar ( <i>fuel consumption</i> ).....	30
<b>2.8 Penelitian Terdahulu</b> .....	30
<b>2.7 Hipotesa</b> .....	35
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	36
<b>3.1 Metode Penelitian</b> .....	36
<b>3.2 Waktu dan Tempat Penelitian</b> .....	36
<b>3.3 Alat dan Bahan Penelitian</b> .....	36
3.3.1 Alat.....	36
<b>3.4 Variabel Penelitian</b> .....	42
3.4.1 Variabel Bebas .....	42
3.4.2 Variabel Terikat .....	42
<b>3.5 Prosedur Penelitian</b> .....	42
3.5.1 Tahapan Persiapan .....	42
3.5.2 Tahapan Penelitian.....	43
3.5.3 Tahap Akhir Penelitian .....	46
<b>3.6 Skema Alat Uji</b> .....	47
<b>3.7 Diagram Alir Penelitian</b> .....	48
<b>3.8 Jadwal Kegiatan Penelitian</b> .....	49

<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	50
<b>4.1 Data Hasil Penelitian</b> .....	50
4.1.1 Pengujian torsi dan daya.....	50
4.1.2 Pengujian konsumsi bahan bakar.....	55
4.1.3 Pengujian komposisi <i>syn-gas</i> hasil gasifikasi.....	56
<b>4.2 Pembahasan Hasil Penelitian</b> .....	59
4.2.1 Pembahasan hasil pengujian torsi dan daya.....	59
4.2.2 Pembahasan hasil pengujian konsumsi bahan bakar .....	61
4.2.3 Pembahasan hasil pengujian komposisi <i>syn-gas</i> hasil gasifikasi.....	64
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	66
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	66
<b>5.2 Saran</b> .....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	68
<b>LAMPIRAN</b> .....	70

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Sumber biomassa .....	8
Tabel 2.2 Potensi biomassa di Indonesia .....	9
Tabel 2.3 Sifat fisik sekam padi .....	13
Tabel 2.4 <i>Proximate</i> dan <i>ultimate</i> sekam padi .....	13
Tabel 2.5 <i>Syn-gas</i> hasil pembakaran sekam padi.....	13
Tabel 2.6 Kelebihan dan kekurangan dari beberapa tipe dari <i>fixed bed gasifier</i> ..	21
Tabel 2.7 Performa mesin dengan 100 % kayu .....	32
Tabel 2.8 Performa mesin dengan 75% kayu dan 25% pallet.....	32
Tabel 2.9 Performa mesin dengan 50% kayu dan 50% pallet.....	32
Tabel 2.10 Hasil pengujian komposisi <i>syn-gas</i> sekam bunga matahari.....	34
Tabel 3.1 Data kandungan <i>syn-gas</i> hasil gasifikasi .....	44
Tabel 3.2 Data pengujian torsi dan daya.....	44
Tabel 3.3 Data hasil pengolahan daya mesin .....	45
Tabel 3.4 Data pengujian konsumsi bahan bakar.....	46
Tabel 3.5 Tabel jadwal kegiatan .....	49
Tabel 4.1 Hasil penelitian (pengujian 1) torsi dan daya.....	50
Tabel 4.2 Pengolahan data hasil pengujian daya rata-rata mesin bensin 2 langkah .....	53
Tabel 4.3 Data hasil pengujian konsumsi bahan bakar .....	55
Tabel 4.4 Data hasil pengujian komposisi <i>syn-gas</i> hasil gasifikasi .....	56



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Kegunaan dari biomassa.....	6
Gambar 2.2 Skema biomassa menjadi energi terbarukan .....	7
Gambar 2.3 Peta penyebaran biomassa di Indonesia .....	8
Gambar 2.4 Proses pengkonversian biomassa .....	10
Gambar 2.5 Sekam padi .....	12
Gambar 2.6 <i>Gasifier</i> tipe <i>downdraft</i> .....	15
Gambar 2.7 <i>Updraft</i> gasifier .....	18
Gambar 2.8 <i>Downdraft</i> Gasifier.....	19
Gambar 2.9 <i>Crossdraft</i> gasifier.....	20
Gambar 2.10 Motor bensin 2 langkah.....	26
Gambar 2.11 Langkah kompresi dan hisap.....	27
Gambar 2.12 Langkah usaha dan buang .....	28
Gambar 2.13 Siklus otto mesin 2 langkah .....	28
Gambar 2.14 Performa mesin bensin 2 langkah dengan <i>intake</i> 0,85 mm (a) dan performa mesin bensin 2 langkah dengan 0,70 mm (b).....	31
Gambar 2.15 Kadar CO(a), kadar CO <sub>2</sub> (b), kadar HC(c).....	34
Gambar 3.1 <i>Downdraft Gasifier</i> .....	36
Gambar 3.2 <i>Gas chromatography</i> (GC) .....	37
Gambar 3.3 Kabel <i>thermocouple</i> tipe K .....	37
Gambar 3.4 <i>Stopwatch</i> .....	37
Gambar 3.5 (a) Timbangan duduk (b) Timbangan gantung .....	38
Gambar 3.6 Gelas ukur .....	38
Gambar 3.7 <i>Blower</i> .....	39
Gambar 3.8 <i>Anemometer</i> .....	39
Gambar 3.9 <i>Cooler</i> .....	39
Gambar 3.10 Mesin bensin dua langkah tipe SHARK SBC-328.....	40
Gambar 3.11 Alat uji <i>prony brake</i> .....	40
Gambar 3.12 Sekam padi .....	41
Gambar 3.13 Bensin.....	41

Gambar 3.14 Arang kayu .....	41
Gambar 3.15 Skema alat uji .....	47
Gambar 3.16 Diagram Alir .....	48
Gambar 4.1 Hasil pengujian Torsi mesin bensin dua langkah.....	58
Gambar 4.2 Pengolahan data hasil pengujian daya rata-rata mesin bensin dua langkah .....	59
Gambar 4.3 Data hasil konsumsi bahan bakar mesin pada kondisi putaran <i>idle</i> ..	61
Gambar 4.4 Data hasil konsumsi bahan bakar mesin pada kondisi putaran 5400 rpm .....	62
Gambar 4.5 Data hasil pengujian komposisi <i>syn-gas</i> hasil gasifikasi .....	63

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>A. DATA HASIL PENENELITIAN TORSI DAN DAYA</b> .....	68
<b>A.1 Tabel hasil penelitian (pengujian 1)</b> .....	68
<b>A.2 Tabel hasil penelitian (pengujian 2)</b> .....	68
<b>A.3 Tabel hasil penelitian (pengujian 3)</b> .....	69
<b>A.4 Tabel pengolahan data hasil daya mesin</b> .....	71
<b>B. DATA HASIL PENELITIAN KONSUMSI BAHAN BAKAR</b> .....	72
<b>B.1 Tabel hasil penelitian (pengujian 1)</b> .....	72
<b>B.2 Tabel hasil penelitian (pengujian 2)</b> .....	72
<b>B.3 Tabel hasil penelitian (pengujian 3)</b> .....	72
<b>C. ALAT-ALAT UJI PENELITIAN</b> .....	74
<b>C.1 Reaktor Gasifikasi (<i>Gasifier</i>)</b> .....	74
<b>C.2 Alat Uji <i>Prony Brake</i> dan Mesin Bensin Dua Langkah</b> .....	72
<b>C.3 Spesifikasi Mesin Bensin Dua Langkah</b> .....	75
<b>C.4 <i>Tachometer</i></b> .....	76
<b>C.5 <i>Anemometer</i></b> .....	76
<b>C.6 <i>Data Logger</i></b> .....	76
<b>C.7 <i>Gas Chromatography (GC)</i></b> .....	76
<b>D. BAHAN</b> .....	77
<b>D.1 Arang</b> .....	77
<b>D.2 Sekam Padi</b> .....	77
<b>D.3 Bensin</b> .....	77
<b>D.4 <i>Syn-gas</i></b> .....	77

## DAFTAR NOTASI

T	= torsi
Ne	= daya efektif mesin
Fc	= konsumsi bahan bakar
m	= massa
L	= panjang lengan
g	= percepatan gravitasi
n	= putaran mesin
	= pi
$y = ax+b$	= persamaan linier
a,b	= konstanta (bilangan rasional)
y	= ordinat y dalam besaran angka (satuan rpm)
x	= absis x dalam besaran angka (satuan daya)
CH <sub>4</sub>	= gas methana
CO	= gas karbon monooksida
CO <sub>2</sub>	= gas karbon dioksida
H <sub>2</sub>	= Gas hidrogen