



ANALISA EMISI GAS BUANG MESIN DUA LANGKAH *DUAL FUEL* (BENSIN – SYNGAS) GASIFIKASI SEKAM PADI DENGAN VARIASI TEMPERATUR REAKTOR GASIFIKASI

SKRIPSI

Oleh
Gatut Sasmita Ferry Laksono
NIM 101910101072

PROGRAM STUDI STRATA SATU TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014



ANALISA EMISI GAS BUANG MESIN DUA LANGKAH *DUAL FUEL* (BENSIN – SYNGAS) GASIFIKASI SEKAM PADI DENGAN VARIASI TEMPERATUR 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
Gatut Sasmita Ferry Laksono
NIM 101910101072

PROGRAM STUDI STRATA SATU TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah SWT Tuhan penguasa jagat raya, skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayah dan ibu tercinta Jupri dan Ridayati yang senantiasa memberikan semangat, kasih sayang, materil, dorongan, bimbingan, dan pengorbanan yang tidak kenal lelah serta doa yang tiada hentinya tercurahkan dengan penuh keikhlasan hati dan jiwa.
2. Adikku yang tercinta Silvia Firana yang senantiasa memberikan semangat dan dukungannya. Saya ucapkan terima kasih serta sukses selalu.
3. Kedua teman dekat yang saya sayangi dan kasihi yaitu Rozy Aminy Noer dan Herlika Indrawati yang selalu senantiasa memberikan semangat, doa dan dukungannya. Saya ucapkan banyak terima kasih dan semoga mendapatkan kebaikan juga dari-Nya.
4. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa menularkan ilmunya, semoga menjadi ilmu yang bermanfaat dan barokah dunia maupun akhirat. Bapak Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang selalu memberikan saran dan arahan yang sangat membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini. Bapak Andi Sanata, S.T., M.T. dan Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. selaku dosen penguji 1 dan 2 yang telah banyak sekali saran dan berbagai pertimbangan menuju ke arah yang benar dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Semua guru mulai dari guru TK, SD, SMP, maupun SMA yang tidak kenal lelah menularkan ilmunya, membimbing serta memberikan arahan yang terbaik hingga saya ke jenjang perguruan tinggi.
6. Teman-temanku yang telah membantu penelitian dan selama saya kuliah yaitu Iftah Ricky Vidian, Eko Widodo, Bagus Krida, Hasby Rabullah, Endra Pratama, Prasetya Wahyu H, Anjelius Ockta Frenico, Moch. Heru Siswanto,

Muhammad Diaz B, Gilang Hermawan, Mohammad Tantowi, dan saya ucapkan terima kasih banyak dan semoga kebaikan kalian akan dibalas dengan kebaikan pula oleh-Nya. Serta teman-teman Mech-X yang tidak disebutkan satu-persatu namanya, saya ucapkan terima kasih atas dukungannya, kekompakannya, sehingga kita menjadi keluarga hingga saat ini dan sampai akhir hayat (Salam *Solidarity Forever*).

MOTO

*“Harte Arbeit und Wissenschaft, um eine Brücke zu einem Ort,
der nicht verfolgt wurde, zu bauen “*

*Kerja keras dan ilmu pengetahuan membangun jembatan ke
tempat yang belum pernah ditelusuri.*

(Adolf Hitler)

“If you can't explain it simply, then you don't really understand it “

*Jika anda tidak dapat menjelaskan secara sederhana,
maka anda tidak benar-benar memahaminya.*

(Albert Einstein)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Gatut Sasmita Ferry Laksono

NIM : 101910101072

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: “Analisa Emisi Gas Buang Mesin Dua Langkah *Dual Fuel* (Bensin-Syngas) Gasifikasi Sekam Padi Dengan Variasi Temperatur Reaktor Gasifikasi” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, 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 mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 03 Oktober 2014

Yang menyatakan,



Gatut Sasmita Ferry Laksono

NIM 101910101072

ANALISA EMISI GAS BUANG MESIN DUA LANGKAH *DUAL FUEL* (BENSIN – SYNGAS) GASIFIKASI SEKAM PADI DENGAN VARIASI TEMPERATUR REAKTOR GASIFIKASI

SKRIPSI

Oleh

**GATUT SASMITA FERRY LAKSONO
NIM 101910101072**

Dosen Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Digo Listyadi S., M.Sc.

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

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Analisa Emisi Gas Buang Mesin Dua Langkah *Dual Fuel* (Bensin-Syngas) Gasifikasi Sekam Padi Dengan Variasi Temperatur Reaktor Gasifikasi” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Jum’at, 03 Oktober 2014

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua

Sekretaris

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

Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T.
NIP 19711114 199903 1 002

Anggota I

Anggota II

Andi Sanata, S.T., M.T.
NIP 19750502 200112 1 001

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

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

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

RINGKASAN

Analisa Emisi Gas Buang Mesin Dua Langkah *Dual Fuel* (Bensin – Syngas) Gasifikasi Sekam Padi Dengan Variasi Temperatur Reaktor Gasifikasi; Gatut Sasmita Ferry Laksono, 101910101072; 2014; 78 halaman; Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember.

Saat ini di dunia cadangan dan produksi bahan bakar minyak bumi (fosil) di Indonesia mengalami penurunan setiap tahunnya sedangkan tingkat konsumsi minyak rata-rata naik per tahun. Teknologi gasifikasi sebagai salah satu teknologi konversi energi biomas saat ini masih sangat terbatas perkembangannya di Indonesia. Penelitian mengenai gasifikasi biomas juga masih sangat sedikit dilakukan. Padahal teknologi tersebut menghasilkan bahan bakar gas yang sangat fleksibel penggunaannya, mulai dari untuk memasak dengan nyala yang bersih sampai untuk menjalankan motor penggerak (motor bensin, motor diesel, maupun turbin)

Melihat kondisi tersebut, dan kurangnya penelitian tentang dual fuel (bensin-*syn-gas*) khususnya emisi gas buang motor dua langkah. Maka perlu penelitian tentang pengembangan proses gasifikasi dengan analisa variasi temperatur ruang reaktor gasifer dan pemanfaatan hasil gasifikasi pada mesin bensin dua langkah terhadap emisi gas buang. Percobaan ini menggunakan sekam padi sebagai bahan utama gasifikasi dan pemanfaatan pada mesin dua langkah serta melihat emisi gas buang dari mesin dua langkah tersebut. Pada akhirnya penelitian lanjutan ini dapat menggunakan limbah sekam padi sebagai bahan bakar alternative dan manfaatnya mengurangi emisi gas buang pada mesin dua langkah. Tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh temperatur reaktor gasifikasi sekam padi terhadap komposisi *gas flammable* gasifikasi, 2. Untuk mengetahui pengaruh komposisi *gas flammable* gasifikasi sekam padi terhadap emisi gas buang mesin bensin dua langkah.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu suatu metode yang digunakan untuk menguji variasi temperatur pada gasifikasi yaitu dari temperature 350-500° C dan satu saluran masuk dengan kecepatan udara saluran

masuk 1,2 m/s serta melihat komposisi *gas flammable* (CO, CO₂, H₂ dan CH₄) pengaruhnya terhadap hasil emisi gas buang mesin bensin dua langkah (bensin-*syn-gas*).

Dari hasil penelitian didapatkan dari semua percobaan, kandungan gas buang CO yang kurang baik (kadarnya tinggi) adalah pada non *syn-gas* yaitu 5000 rpm 2,17%. Kandungan gas buang CO yang baik (kadarnya rendah) adalah pada suhu 350-400° C yaitu 5000 rpm 1,60%, selisih kedua kandungan tersebut adalah 0,57. Untuk kadar CO₂ yang paling baik dari semua percobaan adalah di campuran *syn-gas* 350-400° C, karena kadar emisinya rendah dengan penambahan komposisi *syn-gas* yang redah pula. Pada non *syn-gas* kandungan CO₂ mengalami peningkatan pada tiap kenaikan rpm kandungan HC pada gas buangnya meningkat pada rpm awal dan rpm akhir, tapi mengalami naik-turun pada rpm pertengahan. Kandungan pada rpm akhir yang paling tinggi yaitu pada non *syn-gas*, menunjukkan bahan bakar yang digunakan terlalu berlebihan. Jumlah kandungan HC paling sedikit yaitu pada campuran *syn-gas* 350-400° C: 1508 ppm dibandingkan dengan percobaan yang lainnya. Perbandingan kadar gas buang *syn-gas* 350-400° C dengan non *syn-gas* adalah 51,64%. Kadar O₂ yang paling baik yaitu pada campuran *syn-gas* suhu 451-500° C 14% karena kadarnya lebih rendah dibandingkan percobaan yang lainnya. Dari seluruh percobaan dapat disimpulkan penambahan *syn-gas*, emisi gas buang yang dihasilkan lebih baik dari non *syn-gas* terutama pada campuran *syn-gas* 350-400° C dibandingkan campuran *syn-gas* yang lainnya.

SUMMARY

Engine Exhaust Emissions Analysis Two Steps Dual Fuel (Gasoline - Syngas) Gasification of Rice Husk Gasification Reactor With Temperature Variations;

Gatut Sasmita Ferry Laksono, 101910101072; 2014; 78 pages; Faculty of Engineering Department of Mechanical Engineering University of Jember.

Currently in the world reserves and production of petroleum fuels (fossil) in Indonesia has decreased every year while oil consumption rose on average per year. Gasification technology as a biomass energy conversion technology is still very limited development in Indonesia. Research on the gasification of biomass is still very little done. Though these technologies produce fuel gas which is very flexible to use, ranging from flame to cook with clean up to run the motor (motor gasoline, diesel, or turbine)

Seeing these conditions, and the lack of research on dual fuel (petrol-syn-gas) exhaust emissions, especially two-step motors. It is necessary to research on the gasification process pengembangan analysis of variations in temperature and utilization of space reactor gasifer gasification results on the two stroke gasoline engine exhaust emissions. This experiment uses rice husk as the main ingredient gasification and utilization in two-cycle engine and see the exhaust emissions of the two-cycle engine. At the end of this follow-up study can use waste rice husk as an alternative fuel and reduce exhaust emissions benefits on two stroke engines. The purpose of this study is: 1 To determine the effect of rice husk gasification reactor temperature on the composition of syn-gas gasification, 2 To determine the effect of the composition of the syn-gas gasification of rice husk to exhaust emissions of two stroke gasoline engine. The method used in this study is an experimental method, which is a method used to test the temperature of the gasification is variasai of 350-500° C and the temperature of the inlet with inlet air velocity of 1,2 m/s and the see

the composition of the syn-gas (CO, CO₂, H₂ and CH₄) influence on the result of exhaust emissions of two stroke petrol engines (gasoline-syn-gas).

From the results of all the experiments, the CO content of the exhaust gas is less good (high levels) is a non syn-gas at 5000 rpm which is 2.17%. CO content of the exhaust gas is good (low levels) is at a temperature of 5000 rpm 350-400° C is 1.60%, the difference between the two levels is 0.57. For most good CO₂ levels from all experiments are in syn-gas mixture 350-400° C, because the low emission levels with the addition of syn-gas composition redah anyway. In non syn-gas CO₂ content undergo peningkata at each rpm increase the content of HC in the exhaust gas is increased in rpm rpm beginning and end, but experienced a rise and fall in the mid rpm. The content of the most high end rpm is on the non syn-gas, indicate the fuel used too much. HC least amount of content that is in the syn-gas mixture 350-400° C: 1508 ppm compared with the other experiments. Comparison of the levels of syn-gas exhaust gas 350-400° C with non syn-gas is 51.64%. O₂ levels is the best mixture of syn-gas temperature 451-500° C 14% due to lower levels than the other experiments. Of the entire experiment can be concluded the addition of syn-gas emissions that are produced better than non syn-gas is mainly the syn-gas mixture 350-400° C syn-gas mixture than others.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, hidayah serta karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisa Emisi Gas Buang Mesin Dua Langkah *Dual Fuel* (Bensin-Syngas) Gasifikasi Sekam Padi Dengan Variasi Temperatur Reaktor Gasifikasi”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ayah dan ibu tercinta Jupri dan Ridayati yang senantiasa memberikan semangat, doa, kasih sayang, materil, dorongan, bimbingan, dan pengorbanan yang tiada henti-hentinya.
2. Bapak Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Utama, bapak Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang selalu memberikan saran dan arahan yang sangat membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Andi Sanata, S.T., M.T. dan Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T. selaku dosen penguji 1 dan 2 yang telah banyak sekali saran dan berbagai pertimbangan menuju ke arah yang benar dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Kedua teman dekat yang saya sayangi dan kasihi yaitu Rozy Aminy Noer dan Herlika Indrawati yang selalu senantiasa memberikan semangat, doa dan dukungannya.
5. Adikku yang tercinta Silvia Firana yang selalu memberikan dorongan dan semangat sehingga terselesaikannya skripsi ini.
6. Guru-guru mulai dari TK sampai dengan SMA yang tidak kenal lelah memberikan ilmunya.
7. Semua keluarga besarku yang selalu memberikan dukungan dan doa sehingga kelancaran yang tercipta memberikan dampak yang positif terhadap proses

penyelesaian skripsi ini.

8. Teman-temanku Mech-X seperjuangan, salam “*Solidarity forever*”
9. Mbak Halimah selaku staf administrasi Jurusan Teknik Mesin, terima kasih atas bantuannya selama ini.
10. Staf Fakultas Teknik Universitas Jember
11. Serta semua pihak yang membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis sadar bahwa dalam menyusun skripsi ini masih banyak kekurangan, penulis menampung segala saran dan kritik pembaca yang dapat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat. dan selama perkuliahan

Jember, 03 Oktober 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTO	iv
PERNYATAAN	v
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR SIMBOL	xx
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan masalah	4
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	4
1.3.1 Tujuan	4
1.3.2 Manfaat	4
1.4 Batasan Masalah	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Potensi Sekam Padi	6
2.2 Definisi Sekam Padi	7
2.3 Gasifikasi	9
2.3.1 Reaktor Gasifikasi	11

2.3.2 Distributor Udara.....	13
2.3.3 Pengumpan Bahan Bakar.....	13
2.3.4 Keseimbangan Massa dan <i>Equivalence Ratio</i>	14
2.4 Definisi motor bakar.....	15
2.4.1 Jenis Motor Bakar.....	16
2.4.2 Mesin Bensin Dua Langkah.....	17
2.5 Gas buang motor bakar.....	23
2.5.1 Prinsip Pengujian Emisi.....	25
2.5.2 Jenis Gas Buang Motor Bakar.....	26
2.6 Penelitian Terdahulu.....	29
2.6.1 Gasifikasi Gambut dan Sekam Padi untuk Pembangkit Listrik Skala kecil dan Pemompaan Air.....	29
2.6.2 Studi Eksperimen Gasifikasi Sekam Padi pada <i>Updraft Circulating Fluidized Bed Gasifier</i>	31
2.6.3 Kaji Ekperimental Prestasi dan Emisi Gas Buang Motor Bakar Diesel Menggunakan Variasi Campuran Bahan Bakar Biodiesel Miyak Jarak dengan Solar.....	32
2.6.4 Studi Eksperimen Pengaruh Penggunaan Catalytic Converter Terhadap Emisi Gas Bunag Pada Motor Yamaha Rx-King (Riman 2011).....	33
2.7 Hipotesa Penelitian.....	33
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	34
3.1 Metode Penelitian.....	34
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	34
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	34
3.3.1 Alat.....	34
3.3.2 Bahan.....	38
3.4 Variabel Penelitian.....	38
3.4.1 Variabel Bebas.....	38

3.4.2 Variabel Terikat	38
3.5 Prosedur Penelitian.....	39
3.5.1 Tahapan Persiapan	39
3.5.3 Tahap Akhir Penelitian	41
3.6 Skema Alat Uji	42
3.6.1 Skema Alat Uji Gasifikasi.	42
3.6.2 Skema Alat Uji Gas buang.....	43
3.7 Diagram Alir Penelitian.....	44
3.8. Jadwal Kegiatan Penelitian.....	45
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	46
4.1 Hasil Penelitian.....	46
4.2 Pembahasan Hasil Penelitian.....	47
4.2.1 Pembahasan kandungan gas buang CO terhadap rpm pada motor bakar. ..	47
4.2.2 Pembahasan kandungan gas buang CO ₂ terhadap rpm pada motor bakar..	49
4.2.3 Pembahasan kandungan gas buang O ₂ terhadap rpm pada motor bakar. ...	51
4.2.4 Pembahasan kandungan gas buang HC terhadap rpm pada motor bakar. ..	53
4.2.5 Pembahasan komposisi syn-gas yang dihasilkan terhadap temperatur reaktor.	54
4.3 Pembahasan Keseluruhan Hasil Penelitian	56
BAB 5. PENUTUP	58
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN A. DATA HASIL PENGUJIAN	62
LAMPIRAN B. GAMBAR DOKUMENTASI PENELITIAN	66

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Komposisi umum dari sekam padi.....	8
2.2 kimia abu mineral umum dari sekam padi	8
2.3 Karakteristik kimia-fisika dari sekam padi	9
2.4 Sifat fisis sekam padi	12
2.5 Kecepatan fluidisasi dan tinggi reaktor.....	13
2.6 Parameter hasil desain plat distributor udara	13
2.7 Parameter hasil desain pengumpan bahan bakar.....	14
2.8 Analisis <i>proximate</i> dan <i>ultimate</i> sekam padi	14
2.9 Energi gas hasil pembakaran sekam padi.....	14
2.10 Aliran masa gasifikasi sekam padi.....	15
2.11 Presentase komponen pencemaran udara dari gas buang kendaraan	24
3.1 Data kandungan syngas hasil gasifikasi terhadap temperature reaktor.....	40
3.2 Data kandungan emisi gas buang mesin bensin dua langkah	41
3.3 Tabel jadwal kegiatan	45
4.1 Hasil penelitian emisi gas buang mesin bensin dua langkah	46
4.2 Hasil penelitian dari kandungan syngas hasil gasifikasi terhadap temperature raktor	57
A.1 Hasil pengujian pertama gas buang mesin bensin dua langkah	62
A.2 Hasil pengujian kedua gas buang mesin bensin dua langkah.....	63
A.3 Hasil pengujian ketiga gas buang mesin bensin dua langkah	64
A.4 Hasil pengujian komposisi syngas terhadap temperatur reaktor	65

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Lemna dan Palea pada tumbuhan.....	7
2.2 Hubungan THD dengan diameter dalam reaktor berdasarkan kecepatan fluidisasi.....	12
2.3 Motor bensin 2 langkah.....	20
2.4 Langkah Kompresi dan hisap.....	21
2.5 Langkah usaha dan buang	22
2.6 Bagian-bagian mesin 2 langkah	22
2.7 Emisi gas buang sebagai fungsi rasio ekuivalen udara-bahan bakar	27
2.8 Skema gasifikasi bioner-1	30
3.1 Reaktor gasifikasi.....	34
3.2 <i>Gas Chromatography</i>	35
3.3 <i>Gas Analyzer</i>	35
3.4 <i>Dataloger</i>	35
3.5 Timbangan sebagai pengukur berat sekam padi	36
3.6 <i>Anemometer</i>	36
3.7 <i>Blower</i> suplay udara masuk ke reaktor	36
3.8 <i>Coller</i>	37
3.9 <i>Tachometer</i>	37
3.10 Sekam padi sebagai bahan gasifikasi	38
3.11 Premium	38
3.12 Arang kayu	38
3.13 Skema alat uji gasifikasi.....	42
3.14 Skema alat uji gas buang.....	43
3.15 Diagram alir penelitian.....	44
4.1 Kandungan CO pada gas buang mesin dua langkah terhadap rpm dengan penambahan <i>syngas</i> dan non <i>syngas</i>	47

4.2 Kandungan CO ₂ pada gas buang mesin dua langkah terhadap rpm dengan penambahan <i>syngas</i> dan non <i>syngas</i>	49
4.3 Kandungan O ₂ pada gas buang mesin dua langkah terhadap rpm dengan penambahan <i>syngas</i> dan non <i>syngas</i>	51
4.4 Kandungan HC pada gas buang mesin dua langkah terhadap rpm dengan penambahan <i>syngas</i> dan non <i>syngas</i>	53
4.5 Presentase komposisi <i>syngas</i> dengan suhu reaktor 350-500° C.....	54
B.1 Proses penimbangan sekam padi.....	66
B.2 Pengukuran suplay udara yang masuk ke reaktor.....	66
B.3 proses memasukkan sekam dan menutup pintu masuk biomassa.....	67
B.4 proses pemasukan bara arang ke dalam reaktor.....	67
B.5 Proses mencatat suhu reaktor.....	68
B.6 proses menentukan kecepatan motor.....	68

DAFTAR SIMBOL

μm	= mikromili
$^{\circ}$	= indikator suhu (C)
φ	= ekuivalen rasio
m	= massa (kg)
V	= volume (m^3)
v	= kecepatan (m/s)
GKG	= gabah kering giling
PAH	= <i>polyaromatic hydrocarbon</i>
x	= jumlah atom
%	= perseratus
CC	= <i>catalytic converter</i>
TMA	= titik mati atas
TMB	= titik mati bawah
CO	= karbon monoksida
CO ₂	= karbon dioksida
O ₂	= oksigen
H ₂	= hidrogen
CH ₄	= metan
HC	= hidrocarbon
SiO	= silika monoksida
SiO ₂	= silika dioksida
K ₂ O	= dikalium monoksida
MgO	= magnesium monoksida
Al ₂ O ₃	= alumina
CaO	= kalsium oksida
Fe ₂ O ₃	= ferri oksida