

**KAJI EKSPERIMENTAL PENGARUH JENIS BAHAN BAKAR DAN  
TINGKAT PEMBEBANAN 6 – 9 kW TERHADAP UNJUK KERJA  
GENERATOR GASIFIKASI TIPE POWER PALLET 10kW**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat Sarjana  
Strata-1 Pada Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



**Disusun Oleh :  
ABDUL JALAL  
20090130017**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA**

**2014**

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

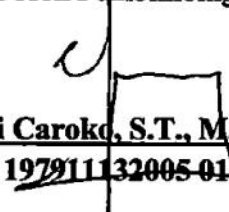
**KAJI EKSPERIMENTAL PENGARUH JENIS BAHAN BAKAR DAN  
TINGKAT PEMBEBANAN 6 – 9 kW TERHADAP UNJUK KERJA  
GENERATOR GASIFIKASI TIPE POWER PALLET 10 Kw**

Disusun Oleh :  
**ABDUL JALAL**  
**20090130017**


Telah Dipertahankan Di Depan Tim Penguji  
Pada Tanggal 24 Mei 2014

Susunan Tim Penguji :

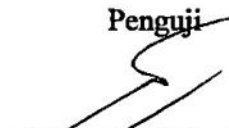
Dosen Pembimbing I

  
**Novi Caroko, S.T., M.Eng.**  
**NIP. 197911132005 011 001**

Dosen Pembimbing II

  
**Rahmad Adi Prasetya, S.T., M.Eng.**  
**NIP. 19751112005 011 002**

Penguji

  
**Wahyudi, S.T., M.T.**  
**NIK. 1970083199702123032**

Tugas Akhir ini telah sah sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal 7 Juni 2014

Mengesahkan

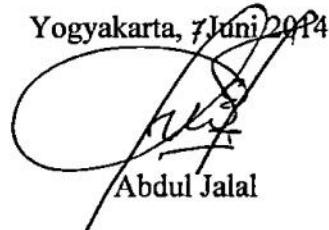
Ketua Program Studi Teknik Mesin



## PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa sekripsi ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 7 Juni 2014



Abdul Jalal

## MOTTO

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*"Bacalah dengan nama Tuhanmu yang menciptakan. Dia telah menciptakan manusia dari segumpal darah. Bacalah, dan Tuhanmulah Yang Maha Pemurah. Yang mengajar dengan Qalam. Dialah yang mengajar manusia segala yang belum diketahui"*

*(Q.S Al-'Alaq 1-5)*

*Jadilah seperti karang di lautan yang kuat dihantam ombak dan kerjakanlah hal yang bermanfaat untuk diri sendiri dan orang lain, karena hidup hanyalah sekali. Ingat hanya pada Allah apapun dan di manapun kita berada kepada Dia-lah tempat meminta dan memohon.*

*Bukanlah hidup kalau tidak ada masalah, bukanlah sukses kalau tidak melalui rintangan, bukanlah menang kalau tidak dengan pertarungan, bukanlah lulus kalau tidak ada ujian, dan bukanlah berhasil kalau tidak berusaha.*

*Hidup ini singkat, maka, jangan membuatnya lebih singkat lagi dengan sesuatu yang sia-sia*

*Kenyataan yang terburuk sekalipun, kita harus diterima, sebab sedikitpun kegelisahan tak pernah menyelesaikan masalah*

*Jalan keluar acap datang setelah kesabaran dan kegembiraan acap pula datang setelah kesedihan.*

*Kemarin adalah mimpi yang telah berlalu,  
Esok hari adalah cita-cita yang indah dan hari ini adalah kenyataan*

**KAJI EKSPERIMENTAL PENGARUH JENIS BAHAN BAKAR DAN TINGKAT  
PEMBEBANAN 6 – 9 kW TERHADAP UNJUK KERJA GENERATOR  
GASIFIKASI TIPE POWER PALLET 10 kW**

**INTISARI**

Pada tahun-tahun terakhir ini, biomassa sebagai sumber energi alternatif terbarukan memiliki berbagai macam pemanfaatan untuk menggantikan bahan bakar fosil yang semakin menipis, sehingga mendapat perhatian kembali di seluruh dunia, salah satunya dengan metode gasifikasi. Power Pallet 10 kW, adalah jenis gasifikasi biomassa tipe *down draft gasifier* dengan bahan bakar biomassa padat seperti cacahan kayu, kulit kacang, tempurung kelapa dan tongkol jagung yang diubah menjadi *syngas* sebagai bahan bakar mesin diesel untuk menggerakkan generator sebagai penghasil listrik.

Pada penelitian ini, biomassa yang digunakan adalah Pelet Hutan, cacahan kayu Sengon dan Mahoni. Sebelum penelitian, dilakukan pengujian karakteristik bahan bakar dengan pengujian proksimat. Pengambilan data dilakukan dengan memvariasikan tingkat pembebanan 6 – 9 kW. Hasil dari penelitian menunjukkan massa jenis bahan bakar yang berat diperoleh laju aliran bahan bakar ( $m_f$ ) yang rendah, sehingga lebih efisien konsumsi bahan bakarnya. Semakin tinggi tingkat pembebanannya, maka daya yang dihasilkan juga semakin tinggi. SFC terendah terdapat pada bahan bakar Pelet Hutan (1,737 kg/kWh) saat diberikan pembebanan 8 kW, sedangkan SFC tertinggi terdapat pada bahan bakar Sengon (2,242 kg/kWh) saat diberikan pembebanan 9 kW.

**Kata kunci :** *syngas*, *down draft gasifier*, Pelet Hutan.

**EXPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECT OF FUEL DENSITY AND  
LOADING LEVEL 6 – 9 kW FOR THE PERFORMANCE OF GASIFICATION  
BASED ELECTRICAL POWER GENERATOR OF POWER PALLET 10 kW**

**ABSTRACT**

In recent years this, biomass as a renewable alternative energy source has a wide range of utilization to replace fossil fuels dwindling, so it gets the attention back around the world one of them with a method of gasification. Power Pallet 10 kW is type of type down draft biomass gasification gasifier with solid biomass fuels such as wood chopped, peanut shells, coconut shells and corn cobs which is converted into syngas as fuel for diesel engines to rotate a generator producing electricity.

In this research, biomass used is Forest Pallet, chopped wood Sengon, and Mahogany. Before a reasearch, testing the fuel characteristics with testing proximate. data retrieval was performed by varying the loading level of 6-9 kW. The results of the research, the density of heavy fuel derived fuel flow rate ( $\dot{m}_f$ ) low, so that more efficient fuel consumption. The higher level of the assignment, the power generated is also higher. Lowest SFC contained in Forest Pallet (1,737 kg/kWh) when given loading 8 kW, while the highest SFC contained in Sengon (2,242 kg/kWh) when given loading 9 kW.

**Key Word :** syngas, down draft gasifier, Forest Pallet.

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh.*

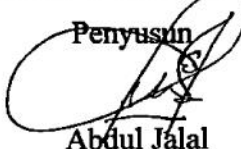
Segala puji dan syukur senantiasa penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir yang berjudul **“Kaji Eksperimental Pengaruh Jenis Bahan Bakar dan Tingkat Pembebanan 6 – 9 kW Terhadap Unjuk Kerja Generator Gasifikasi Tipe Power Pallet 10 kW”**. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Oleh karenanya, ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Novi Caroko, S.T., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan dosen pembimbing I.
2. Bapak Rahmad Adiprasetya, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan saran dan masukan selama penelitian.
3. Bapak Wahyudi, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberi masukan, kritik dan saran dalam laporan tugas akhir.
4. Staff pengajar, laboran dan tata usaha Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang memberi layanan terbaiknya.
5. Segenap keluarga besar penulis yang telah memberikan dukungan baik material maupun spiritual.
6. Teman-teman Teknik Mesin UMY 2009 yang telah membantu dan memberikan dorongan sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Laporan Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penyusun berharap kritik dan saran dari pembaca demi kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat dan digunakan sebagaimana mestinya.

*Wassalaamu'alikum Warahmatullahi Wabarokatuh.*

Yogyakarta, 7 Juni 2014

Penyusun  
  
Abdul Jalal

20090130017

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>MOTTO</b> .....	iv
<b>INTISARI</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b> .....	5
2.1. Kajian Pustaka .....	5
2.2. Dasar Teori.....	6
2.2.1. Biomassa .....	6
2.2.2. Gasifikasi Biomassa .....	7
2.2.3. Sengon Laut.....	15
2.2.4. Mahoni .....	17
2.2.5. Pelet Hutan .....	17
2.2.6. Power Pallet 10 kW.....	19
2.2.7. Kualitas daya listrik.....	21



2.2.8. Perhitungan Daya Listrik, Laju Aliran Bahan Bakar dan SFC .....	24
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>27</b>
3.1. Tempat Penelitian .....	27
3.2. Alat dan Bahan Penelitian .....	27
3.2.1. Alat Penelitian .....	27
3.2.2. Bahan Penelitian .....	29
3.3. Diagram Alir Penelitian .....	30
3.4. Persiapan Pengujian .....	32
4.5. Tahap Pengujian .....	33
4.6. Parameter yang Digunakan dalam Perhitungan .....	34
4.7. Skema Alat Uji .....	35
4.8. Metode Pengujian .....	36
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>37</b>
4.1. Pengujian Proksimat .....	37
4.2. Reaksi Temperatur dan Tekanan pada PCU ( <i>Power Control Unit</i> ) .....	38
4.3. Persiapan sebelum Pengujian .....	38
4.4. Pengujian Power Pallet .....	42
4.4.1. Konsumsi Bahan Bakar .....	42
4.4.2. Daya Listrik .....	48
4.4.3. Kualitas Daya Listrik .....	50
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>55</b>
5.1 Kesimpulan .....	55
5.2 Saran .....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Net-zero carbon cycle.....	6
Gambar 2.2. Perbedaan pirolisis, gasfikasi dan pembakaran.....	8
Gambar 2.3. Proses 4 tahapan utama pada gasifikasi.....	10
Gambar 2.4. <i>Moving bed, Fluidized bed, Entrained flow gasifier</i> .....	12
Gambar 2.5. Skema <i>downdraft gasifie</i> .....	13
Gambar 2.6. <i>Skema upraft gasifier</i> .....	13
Gambar 2.7. Skema <i>crossdraft gasifier</i> .....	14
Gambar 2.8. Pohon Sengon Laut .....	16
Gambar 2.9. Pohon Mahoni .....	17
Gambar 2.10. Pelet Hutan .....	18
Gambar 2.11. Generator Gasifikasi tipe Power Pallet 10 kW.....	20
Gamabr 3.1. Generator Gasifikasi tipe Power Pallet 10 kW.....	27
Gambar 3.2. <i>Power Quality Analyzer</i> model 3945-B .....	28
Gambar 3.3. Philips 1000 Watt Halogen T3 <i>Double Ended (RT) Base 240-</i> Volt.....	28
Gambar 3.4. <i>Flow chart</i> pengujian konsumsi bahan bakar.....	30
Gambar 3.5. <i>Flow chart</i> pengujian kualitas daya listrik .....	31
Gambar 3.6. Skema alat uji konsumsi bahan bakar, tegangan dan frekuensi .....	35
Gambar 4.1. Grafik volume dan waktu tempuh untuk mencapai $\geq 800^{\circ}\text{C}$ .....	40
Gambar 4.2. Grafik perbandingan laju aliran bahan bakar untuk mencapai $\geq$ $800^{\circ}\text{C}$ .....	41
Gambar 4.3. Grafik laju aliran bahan bakar terhadap tingkat pembebanan 6 – 9 kW selama 20 menit .....	45
Gambar 4.4. Variasi volume bahan bakar Sengon dan Pelet Hutan .....	46
Gambar 4.5. Skema <i>Hopper</i> .....	47
Gambar 4.6. Grafik daya listrik terhadap tingkat pembebanan 6 – 9 kW.....	49
Gambar 4.5. Grafik SFC terhadap tingkat pembebanan 6 – 9 kW.....	50
Gambar 4.6. Grafik hubungan Tegangan dan Daya Pembebanan 6 – 9 kW.....	52
Gambar 4.7. Grafik hubungan Frekuensi dan Daya Pembebanan 6 – 9 kW.....	53

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Proksimat di Laboratorium PAU UGM .....	37
Tabel 4.2. Temperatur dan tekanan awal pada PCU .....	38
Tabel 4.3. Laju aliran bahan bakar untuk mencapai Temperatur $T_{ired} \geq 800^{\circ}\text{C}$ dari awal penyalaan.....	39
Tabel 4.4. Perbandingan $m_f$ , Daya Listrik dan SFC terhadap tingkat pembebanan 6 – 9 kW selama 20 menit.....	42
Tabel 4.6. Tegangan dan Frekuensi bahan bakar terhadap tingkat pembebanan 6 – 9 kW .....	51

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

- $P$  = Daya (Watt atau Joule/sekon)
- $W$  = Energi listrik (Joule)
- $t$  = Waktu (sekon)
- $I$  = Kuat arus (Ampere)
- $\dot{m}_f$  = Laju aliran bahan bakar (kg/menit)
- $\rho_{bb}$  = Massa jenis bahan bakar (kg/ $\ell$ )
- $b$  = Penurunan bahan bakar atau perubahan volume ( $\ell$ )
- $SFC$  = Konsumsi bahan bakar sfesifik (kg/kWh)