

**PENGARUH LAJU ALIRAN UDARA PADA PROSES GASIFIKASI TIPE  
*UP-DRAFT REACTOR* DENGAN BIOMASSA *RDF AREN*  
TERHADAP KANDUNGAN SENYAWA DAN *LHV SYNTHETIC GAS***



**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
Juli 2019**

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Garindo Prayitno

NIM : K2515035

Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Menyatakan bahwa skripsi saya berjudul **“PENGARUH LAJU ALIRAN UDARA PADA PROSES GASIFIKASI TIPE *UP-DRAFT REACTOR* DENGAN BIOMASSA *RDF* AREN TERHADAP KANDUNGAN SENYAWA DAN *LHV SYNTHETIC GAS*”** ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri. Selain itu, sumber informasi yang dikutip dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Apabila pada kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan pada skripsi ini hasil jiplakan saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan saya.

Surakarta, 8 Juli 2019

Yang membuat pernyataan



Garindo Prayitno

**PENGARUH LAJU ALIRAN UDARA PADA PROSES GASIFIKASI TIPE  
*UP-DRAFT REACTOR* DENGAN BIOMASSA *RDF* AREN  
TERHADAP KANDUNGAN SENYAWA DAN *LHV SYNTHETIC GAS***



Oleh :

**GARINDO PRAYITNO**

**K2515035**

**Skripsi**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan mendapatkan gelar  
Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan teknik Mesin**

**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

**Juli 2019**

## PERSETUJUAN PEMBIMBING

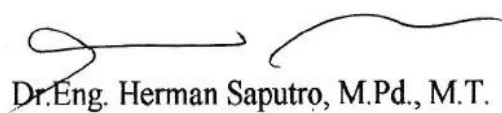
Nama : Garindo Prayitno  
NIM : K2515035  
Judul Skripsi : Pengaruh Laju Aliran Udara pada Proses Gasifikasi Tipe *Up-Draft Reactor* dengan Biomassa *RDF* Aren terhadap Kandungan Senyawa dan *LHV Synthetic Gas*


Skripsi ini telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji Skripsi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Surakarta, Juli 2019

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

  
Dr. Eng. Herman Saputro, M.Pd., M.T.  
NIP. 198208112006041001

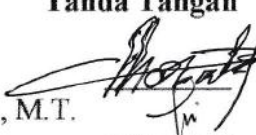
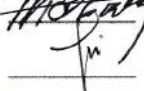


  
Danar Susilo Wijayanto, S.T., M.Eng.  
NIP. 197902142002121002

## PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Garindo Prayitno  
NIM : K2515035  
Judul Skripsi : Pengaruh Laju Aliran Udara pada Proses Gasifikasi Tipe *Up-Draft Reactor* dengan Biomassa *RDF* Aren terhadap Kandungan Senyawa dan *LHV Synthetic Gas*

Skripsi ini telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Skripsi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta pada hari, *Jumat*.... Tanggal *26* Juli 2019 dengan hasil *Lulus dengan Revisi*..... Skripsi telah direvisi dan mendapat persetujuan dari Tim Penguji.

Persetujuan hasil revisi oleh Tim Penguji:

	Nama Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua	: Ir. Husin Bugis, M.Si.		<i>6/8-19</i>
Sekretaris	: Dr.Eng. Nyenyep Sriwardani, S.T., M.T.		<i>6/8/19</i>
Anggota I	: Dr.Eng. Herman Saputro, M.Pd., M.T.		<i>6/8/19</i>
Anggota II	: Danar Susilo Wijayanto, S.T., M.Eng.		<i>02/2019</i> <i>18</i>

Skripsi disahkan oleh Kepala Program Studi Pendidikan Teknik Mesin pada :

Hari : *Selasa*

Tanggal : *6 Agustus 2019*

Mengesahkan

Dekan  
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan  
Universitas Sebelas Maret



Dr. Mardiyana, M.Si.  
NIP. 196602251993021002

Kepala Program Studi  
Pendidikan Teknik Mesin

Dr. Yuyun Estriyanto, S.T., M.T  
NIP. 197801132002121009

**MOTTO**

“Dan tidaklah Aku menciptakan jin dan manusia kecuali supaya mereka menyembah-Ku”

**(Q.S. Adz-Dzariyat: 56)**

“Wahai orang beriman, apabila kalian diseru untuk menunaikan shalat jumat, maka bersegeralah (berlarilah) kalian untuk mengingat Allah (shalat) dan tinggalkan jual beli, yang demikian itu lebih baik bagimu, jika kamu mengetahui”

**(Q.S. Al-Jumu'ah: 9)**

“...Maka berlomba-lombalah (dalam membuat) kebikan...”

**(Q.S. Al-Baqarah: 148)**

“Dan bersegeralah kamu kepada ampunan dari Tuhanmu dan kepada surga yang luasnya seluas langit dan bumi yang disediakan untuk orang-orang yang bertakwa”

**(Q.S. Ali-Imran: 133)**

“Dan bergegaslah kembali kepada (mentaati) Allah...”

**(Q.S. Adz-Dzariyat: 50)**

“Dia yang menjadikan bumi itu mudah bagi kamu, maka berjalanlah di segala penjurunya dan makanlah sebagian dari rezeki-Nya...”

**(Q.S. Al-Mulk: 15)**

“Seorang mukmin hendaknya senantiasa merasa bahwa ujian atau musibah yang menimpa dirinya adalah tanda cinta dari Allah”

*Ust. Umair Khaz, Lc.*

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

### **Bapak Urip Narto dan Ibu Sutinah**

“Tiada suatu ucapan atau perbuatan yang bisa kulakukan untuk membalas kebaikanmu Pak, Bu. Semoga Allah berikan surga atas kebaikan Bapak Ibu selama ini”

### **Tim Gasifikasi dan Lab ECCL**

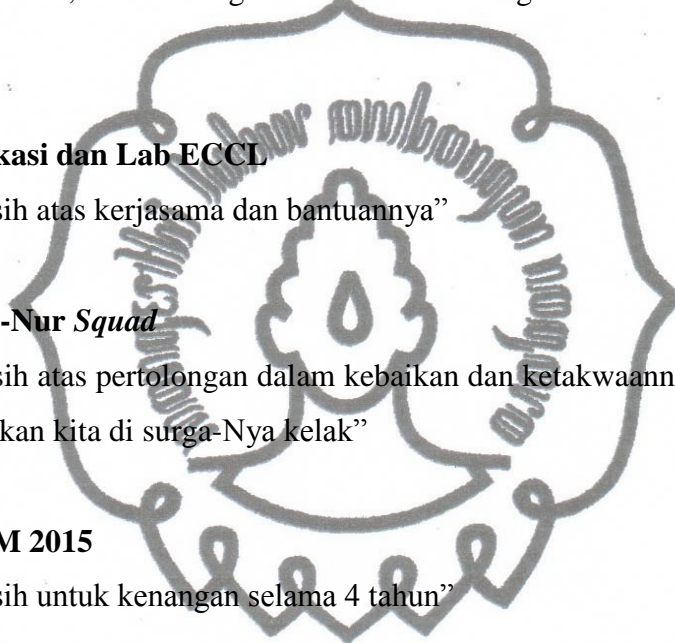
“Terima kasih atas kerjasama dan bantuannya”

### **Marbot An-Nur Squad**

“Terima kasih atas pertolongan dalam kebaikan dan ketakwaannya. Semoga Allah mengumpulkan kita di surga-Nya kelak”

### **Teman PTM 2015**

“Terima kasih untuk kenangan selama 4 tahun”



## ABSTRAK

Garindo Prayitno. **PENGARUH LAJU ALIRAN UDARA PADA PROSES GASIFIKASI TIPE UP-DRAFT REACTOR DENGAN BIOMASSA RDF LIMBAH AREN TERHADAP KANDUNGAN SENYAWA DAN LHV SYNTHETIC GAS.** Skripsi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret. Juli 2019

Permasalahan limbah dan energi memerlukan suatu upaya untuk menanggulangnya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah melakukan proses gasifikasi berbasis biomassa dari limbah. Pada penelitian ini, biomassa terbuat dari limbah aren yang diproses menjadi *Refuse Deriverd Fuel (RDF)* tipe 5 untuk. Gasifikasi mengubah bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ) dengan proses pembakaran di dalam reaktor. Gas mampu bakar yang dihasilkan tersebut yang kemudian dijadikan sumber energi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi laju udara pembakaran terhadap kandungan senyawa pada *synthetic gas (syngas)* supaya dihasilkan *syngas* yang optimal.

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan metode eksperimen. Sampel diambil secara acak dari industri pati aren dusun Bendo desa Daleman kecamatan Tulung kabupaten Klaten. Sampel diproses menjadi *RDF* tipe 5 kemudian diumpukan pada reaktor gasifikasi tipe *up-draft*. Data diperoleh dari pengujian gasifikasi dengan variasi udara 15, 35, dan 45 lpm yang dilakukan di laboratorium PUSLITBANG TEKMITRA Bandung. Penelitian menggunakan *flow meter* untuk mengatur laju aliran udara serta *gas chromatography* untuk mengukur kandungan senyawa dan *LHV* gas.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) Variasi laju aliran udara pembakaran yang menghasilkan kandungan senyawa *syngas* paling optimal yaitu laju aliran udara 35 lpm. Pada laju aliran tersebut kandungan senyawa gas mampu bakar ( $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ , dan  $\text{H}_2$ ) mencapai nilai tertinggi diantara ketiga variasi. kandungan senyawa ( $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ , dan  $\text{H}_2$ ) pada variasi laju aliran tersebut secara berurutan adalah 18,17%, 1,53%, 5,96%. (2) Variasi laju aliran udara pembakaran yang menghasilkan *LHV syngas* paling optimal yaitu laju aliran udara 35 lpm. Pada laju aliran tersebut *LHV* mencapai nilai tertinggi diantara ketiga variasi. *LHV* pada variasi laju aliran tersebut secara adalah  $831 \text{ kkal/m}^3$ .

**Kata kunci:** Gasifikasi, Laju Aliran Udara Pembakaran, *Syngas*, Limbah Aren, *RDF*



## ABSTRACT

*Garindo Prayitno. THE EFFECT OF AIR FLOW RAPID OF THE GASIFICATION PROCESS UP-DRAFT REACTOR TYPE WITH RDF BIOMASS SUGAR PALM TO THE DEGREE OF COMPOUND AND LHV SYNTHETIC GAS. Thesis, Faculty of Teacher Training and Education, Universitas Sebelas Maret. July, 2019.*

*The waste and energy issues require certain solutions. Gasification process based on biomass waste is considered as one of the solutions. The biomass here is created from sugar palm waste which is processed to be Refuse Derived Fuel (RDF) type 5. The gasification changes the solid fuel into combustible gas ( $CH_4$ ,  $H_2$ ,  $CO$ ) through the combustion process in the reactor. The objective of this study is to investigate the effect of combustion air rapid alternative to the synthetic gas compound content in order to produce optimum syngas.*

*This is a quantitative experimental study which takes the industrial sugar palm starch from Bendo village, Daleman, Tulung of Klaten regency as the samples. Those samples are processed to be RDF type 5 delivered to the up-draft gasification reactor. The data is collected from gasification testing with the air temperature variation 15, 35, and 45 lpm in PUSLITBANG TEKMIIRA Bandung laboratory. Flow meter is used to adjust the air flow rate and the gas chromatography as they used to measure the level of LHV gas compound.*

*The findings of the study are: (1) Variation of combustion air flow rate which produces the most optimal content of syngas compound is 35 lpm air flow rate. At the flow rate the content of combustible gas compounds ( $CO$ ,  $CH_4$ , and  $H_2$ ) reaches the highest value among the three variations. the compound content ( $CO$ ,  $CH_4$ , and  $H_2$ ) at the variation of the flow rate sequentially is 18.17%, 1.53%, 5.96%. (2) The most optimum variation of combustion air flow rate that produces LHV syngas is 35 lpm air flow rate. At the flow rate, LHV reaches the highest value among the three variations. LHV at the variation of the flow rate is 831 kcal /  $m^3$ .*

**Keywords:** *Gasification, Air Flow Rapid Combustion, Syngas, Palm Sugar Waste, RDF*

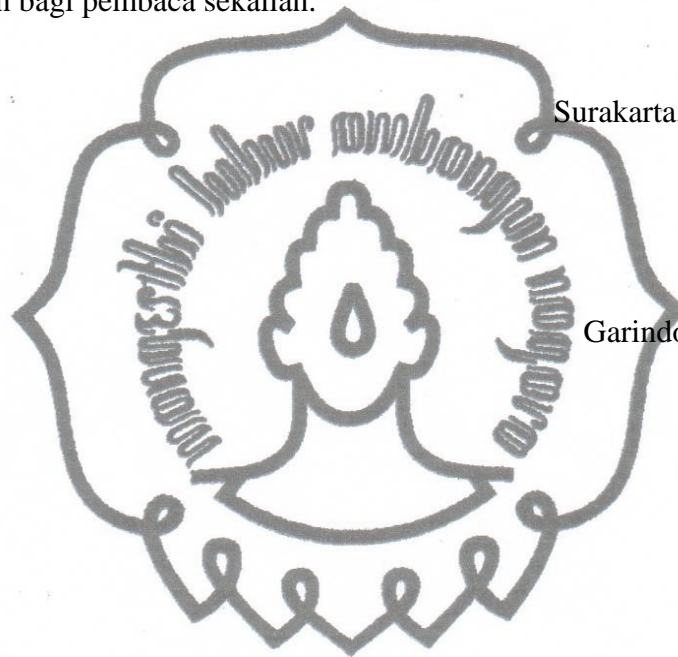
## KATA PENGANTAR

Puji syukur peneliti panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya berupa akal budi, ilmu pengetahuan, kesehatan dan keselamatan, sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Laju Aliran Udara pada Proses Gasifikasi Tipe *Up-Draft Reactor* dengan Biomassa *RDF* Limbah Aren terhadap Kandungan Senyawa dan *LHV Synthetic Gas*”**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan mendapatkan gelar Sarjana pada Program Studi pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret surakarta. Peneliti menyadari bahwa terselesaikannya skripsi ini tidak lepas dari doa, bantuan, bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, kami ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Kepala Program Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Dr. Eng.Herman Saputro, M.Pd., MT., selaku Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan arahan dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Danar Susilo Wijayanto, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan arahan dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Dr. Nyenyep Sriwardani, S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan arahannya selama perkuliahan.
6. Seluruh teman-teman Pendidikan Teknik Mesin angkatan 2015 yang selalu memberikan dukungan.

Peneliti menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat kekurangan dan masih jauh dari sempurna dikarenakan keterbatasan peneliti. Oleh karena itu, peneliti berharap saran, kritik dan masukan yang membangun dari para pembaca sekalian demi lebih baiknya penelitian selanjutnya. Akhirnya, peneliti berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan tambahan wawasan dan ilmu pengetahuan bagi pembaca sekalian.

Surakarta, 8 Juli 2019

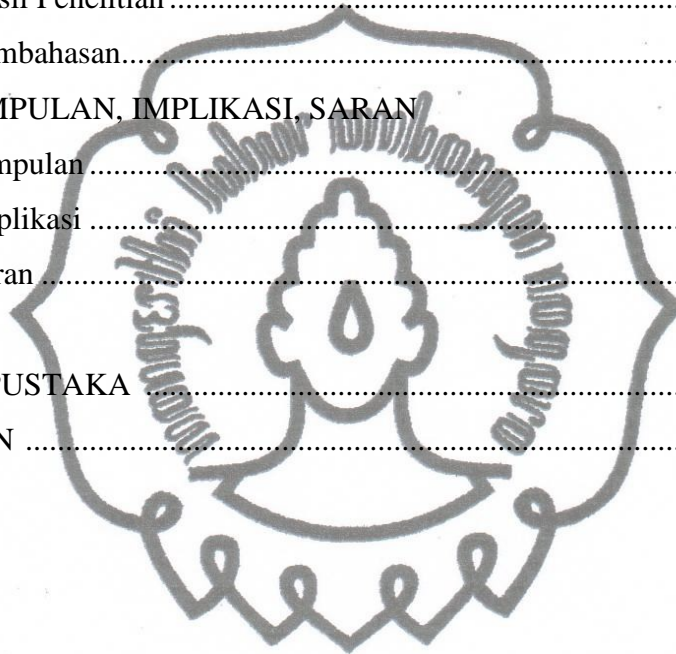


Garindo Prayitno

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN MOTTO .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
HALAMAN ABSTRAK.....	viii
HALAMAN ABSTRACT.....	ix
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	3
C. Pembatasan Masalah.....	3
D. Perumusan Masalah .....	3
E. Tujuan Penelitian .....	4
F. Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR DAN HIPOTESIS</b>	
A. Kajian Pustaka .....	5
B. Kerangka Berpikir .....	13
C. Hipotesis .....	14
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	15
B. Desain Penelitian .....	15

C. Populasi dan Sampel .....	16
D. Teknik Pengambilan Sampel .....	16
E. Teknik Pengumpulan Data .....	16
F. Teknik Analisis Data .....	22
G. Prosedur Penelitian .....	23
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Hasil Penelitian .....	25
B. Pembahasan .....	26
<b>BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, SARAN</b>	
A. Simpulan .....	35
B. Implikasi .....	35
C. Saran .....	36
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	37
<b>LAMPIRAN</b> .....	41



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1. Pohon Aren.....	5
Gambar 2.2. Limbah .....	6
Gambar 2.3. Diagram Proses Pembuatan <i>RDF</i> .....	7
Gambar 2.4. Skema Proses Gasifikasi .....	10
Gambar 2.5. Skema Proses Operasi Gasifikasi.....	10
Gambar 2.6. <i>Gasifier</i> tipe <i>Up-draft</i> .....	11
Gambar 2.7. Kerangka Berpikir.....	14
Gambar 3.1. Limbah Aren .....	18
Gambar 3.2. Air.....	18
Gambar 3.3. Tepung Kanji.....	19
Gambar 3.4. Pencetak <i>RDF</i> .....	19
Gambar 3.5. Timbangan <i>Digital</i> .....	19
Gambar 3.6. <i>Mesh</i> Ukuran 2 mm.....	20
Gambar 3.7. Kompor <i>Portable</i> .....	20
Gambar 3.8. Gelas Ukur.....	20
Gambar 3.9. Alat Gasifikasi.....	21
Gambar 3.10. Kompresor.....	22
Gambar 3.11. <i>Gas Chromatography</i> .....	22
Gambar 3.12. Diagram Aliran Penelitian.....	24
Gambar 4.1. Pengaruh Laju Aliran Udara Pembakaran terhadap Waktu Proses Gasifikasi .....	29
Gambar 4.2. Pengaruh Laju Aliran Udara Pembakaran terhadap Kandungan CO, CH <sub>4</sub> , dan H <sub>2</sub> .....	30
Gambar 4.3. Pengaruh Laju Aliran Udara Pembakaran terhadap Kandungan CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , dan N <sub>2</sub> .....	31
Gambar 4.4. Pengaruh Laju Aliran Udara Pembakaran terhadap <i>LHV</i> ( <i>Low Heating Value</i> ).....	32

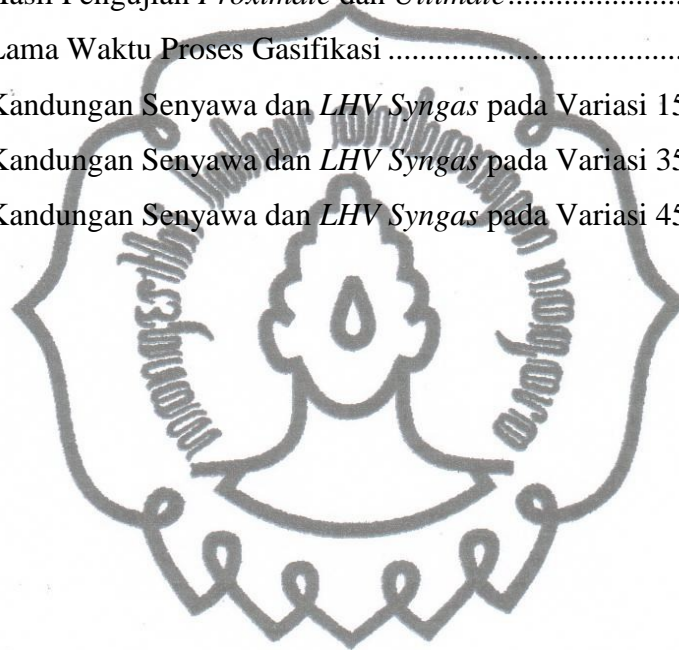
Gambar 4.5. Nilai Konsentrasi CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan *LHV* untuk AR=80% ..... 33

Gambar 4.6. Pengaruh *AFR* terhadap Komposisi *Syngas* ..... 33



**DAFTAR TABEL**

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1. Jenis <i>RDF</i> .....	8
Tabel 2.2. Karakteristik <i>Syngas</i> .....	9
Tabel 3.1. Data yang Diperlukan .....	17
Tabel 4.1. Hasil Pengujian <i>Proximate</i> dan <i>Ultimate</i> .....	26
Tabel 4.2. Lama Waktu Proses Gasifikasi .....	26
Tabel 4.3. Kandungan Senyawa dan <i>LHV Syngas</i> pada Variasi 15 lpm.....	27
Tabel 4.4. Kandungan Senyawa dan <i>LHV Syngas</i> pada Variasi 35 lpm.....	27
Tabel 4.5. Kandungan Senyawa dan <i>LHV Syngas</i> pada Variasi 45 lpm.....	28





## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Hasil Pengujian Pada <i>Gas Chromatography</i> .....	41
Lampiran 2. Penjemuran Limbah Padat Aren .....	42
Lampiran 3. Pembuatan <i>RDF</i> Tipe 5 Limbah Aren .....	43
Lampiran 4. Proses Pengujian .....	43
Lampiran 5. Perhitungan <i>Equivalence Ratio</i> .....	44
Lampiran 6. Surat Permohonan Izin Penyusunan Skripsi .....	45
Lampiran 7. Surat Keputusan Dekan FKIP tentang Izin Penyusunan Skripsi .....	46

