

**STUDI EKSPERIMENTAL KOMPOSISI BAHAN BAKAR PADAT  
DARI LIMBAH KULIT KETAPANG (*Terminalia catappa*)  
DENGAN TEKNOLOGI *HYDROTHERMAL***



**SKRIPSI**

Oleh :

**AJI NUGROHO**

**K2514007**

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

**Juni 2018**

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aji Nugroho

NIM : K2514007

Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “**STUDI EKSPERIMENTAL KOMPOSISI BAHAN BAKAR PADAT DARI LIMBAH KULIT KETAPANG (*Terminalia catappa*) DENGAN TEKNOLOGI HYDROTHERMAL**” ini 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 skripsi ini hasil jiplakan, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan saya.

Surakarta, 6 Juni 2018

Yang membuat Pernyataan

Aji Nugroho

**STUDI EKSPERIMENTAL KOMPOSISI BAHAN BAKAR PADAT  
DARI LIMBAH KULIT KETAPANG (*Terminalia catappa*)  
DENGAN TEKNOLOGI *HYDROTHERMAL***

**Oleh :**

**AJI NUGROHO  
K2514007**

**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**

**Juni 2018**

## PERSETUJUAN

Nama : Aji Nugroho

Nim : K2514007

Judul Skripsi : Studi Eksperimental Komposisi Bahan Bakar Padat dari Limbah Kulit Ketapang (*Terminalia catappa*) dengan Teknologi *Hydrothermal*

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

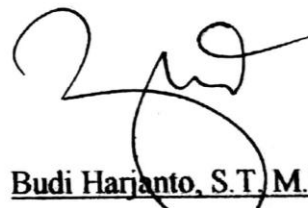
### Persetujuan Pembimbing

Dosen Pembimbing I,



Dr. Eng. Nugroho Agung Pambudi, M.Eng.  
NIP. 1981/23020121210002

Dosen Pembimbing II,



Budi Harjanto, S.T., M.Eng.  
NIP. 197901162005011001

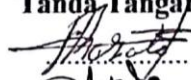



## PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Aji Nugroho  
Nim : K2514007  
Judul Skripsi : Studi Eksperimental Komposisi Bahan Bakar Padat dari Limbah Kulit Ketapang (*Terminalia catappa*) dengan Teknologi *Hydrothermal*

Skripsi ini telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Skripsi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Univeritas Sebelas Maret Surakarta pada hari Rabu, 6 Juni 2017 dengan hasil LULUS dan revisi 2 (dua) bulan.

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.		10/7/18
Sekretaris	Dr. Indah Widiastuti, M.Eng.		10/7/18
Anggota 1	Dr.Eng. Nugroho Agung Pambudi, M.Eng.		10/7/18
Anggota 2	Budi Harjanto, S.T., M.Eng.		10/7/18

Skripsi disahkan oleh Kepala Program Studi Pendidikan Teknik Mesin pada,

Hari : Selasa

Tanggal : 10 Juli 2018

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Universitas Sebelas Maret



Prof. Dr. Joko Nurkamto, M.Pd.  
NIP. 196101241987021001

Kepala Program Studi

Pendidikan Teknik Mesin



Dr. Suharno, S.T., M.T.  
NIP 197106032006041001

## ABSTRAK

Aji Nugroho. K2514007. **Studi Eksperimental Komposisi Bahan Bakar Padat dari Limbah Kulit Ketapang (*Terminalia catappa*) dengan Teknologi Hydrothermal.** Skripsi, Surakarta: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret Surakarta, Juni 2018.

Masalah yang dihadapi dalam pengolahan bahan bakar padat dari biomassa adalah rendahnya kualitas bahan bakar padat, terutama dalam hal nilai kalor. Salah satu treatment yang dapat meningkatkan kualitas bahan bakar padat secara efisien dan rendah emisi yaitu dengan teknologi *hydrothermal*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *hydrothermal treatment* limbah kulit ketapang terhadap nilai kalor dan komposisi kimia dari bahan bakar padat yang dihasilkan.

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu studi eksperimental. Eksperimen *hydrothermal* ini dilakukan di Laboratorium Bioenergi Universitas Janabadra, Yogyakarta. Percobaan ini dilakukan pada variasi suhu 160°C dan 220°C dengan *holding time* 30 dan 60 menit. Rasio yang digunakan antara limbah kulit ketapang dan air adalah 1:4. Untuk mengetahui kualitas bahan bakar padat dilakukan pengujian nilai kalor dan analisis *proximate*.

Nilai kalor tertinggi dihasilkan pada variasi suhu 220°C *holding time* 60 menit, yaitu 4.675,25 *cal/gram*. Nilai tersebut memenuhi standar nilai kalor bahan bakar padat Austria (ONORM M 7135) yaitu  $\geq 4299,5$  *cal/gram*. Apabila dilihat dari komposisinya, analisis *proximate* menunjukkan penurunan kadar air, kadar abu, *volatile matter* dan peningkatan kadar karbon seiring dengan peningkatan variasi suhu dan *holding time hydrothermal treatment*. Pada variasi ini kadar air mencapai 6,4%, kadar *volatile* sebesar 51,8%, kadar abu mencapai 2,2%, dan kadar karbon 39,58%. Hasil tersebut menunjukkan peningkatan kualitas bahan bakar padat secara signifikan. Oleh karena itu, teknologi *hydrothermal* mampu menjawab kebutuhan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan.

**Kata Kunci :** Bahan bakar padat, teknologi *hydrothermal*, limbah kulit ketapang

## **ABSTRACT**

Aji Nugroho. K2514007. ***Experimental study of solid fuel material composition of Terminalia catappa peels waste with hydrothermal technology.*** Thesis, Surakarta : Faculty of Teacher Training and Education, Sebelas Maret University Surakarta, July 2017.

*The problem encountered in solid biofuels is their low quality especially in terms of heating value. One treatment can improve this quality by employed a hydrothermal processes. This study aims to determine the effect of a hydrothermal treatment of Terminalia catappa peels waste on the heating value and chemical composition.*

*Hydrothermal experiment was executed in Bioenergy Laboratory of Janabadra University. This experiment was conducted on temperature variations of 160°C and 220°C with a holding time of 30 and 60 minutes. The water and biomass ratio used is 1:4. The heating value and proximate analysis furthermore is conducted.*

*The highest heating value is generated at a temperature variation of 220° C with a holding time of 60 minutes by 4,675.25 cal/gram. This value meets the Austrian solid fuel heating value standard (ONORM M 7135) i.e.  $\geq 4,299.5$  cal/gram. In the proximate analysis composition, the product showed a decrease in water content, ash content, volatile matter and an increased in carbon content along with an increasing temperature variation and its holding time. In this variation, the water content had reached 6.41%, volatile level of 51.8%, ash content of 2.2%, and carbon content of 39.59%. These results indicate significant improvement in the quality of solid fuel. Therefore, the hydrothermal is able to answer the alternative fuels' needs that are environmentally friendly.*

**Keywords :** *Solid biofuels, hydrothermal treatment, Terminalia catappa peels waste*

## **MOTTO**

Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan pada diri mereka.

(QS. Ar-Ra'd : 11)

“Musuh yang paling berbahaya di atas dunia ini adalah penakut dan bimbang.  
Teman yang paling setia hanyalah keberanian dan keyakinan yang teguh.”

(Andrew Jackson)

“Jangan tunggu kesuksesan, tapi raih kesuksesan.”

(Aji Nugroho)

“Hidup akan lebih bermakna bila kita memiliki tekad yang kuat, doa yang mendalam, dan usaha yang keras.”

(Aji Nugroho)



## **PERSEMBAHAN**

Puji syukur senantiasa peneliti panjatkan kehadirat Allah SWT, atas izin dan kuasa-Nya, sehingga akhirnya peneliti dapat mempersembahkan skripsi ini untuk:

### **Ibu dan Ayah Tercinta**

“Terima kasih telah memberikan semangat, motivasi, dan doa serta selalu menyertaiku saat keadaan susah dan senang.”

### **Keluarga Besar**

“Terima kasih semangat, bimbingan, doa dan dukungan yang kalian berikan kepadaku.”

### **Tim Skripsi**

“Terima kasih atas dukungan dan kerjasamanya, terima kasih telah kebersamai dan saling membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Hambatan tidak akan mengalahkan kita karena kita satu, maju bersama mengalahkan semua hambatan itu.”

### **Sahabatku**

“Terima kasih semuanya, kalian yang selalu memberikan masukan dan dorongan motivasi dalam hidupku serta memberikan doa yang tulus.”

### **Pejuang Skripsi PTM 2014**

“Terima kasih telah menjadi keluarga dan sahabat yang hebat selama empat tahun, perjuangan kita belum selesai sampai disini.”

### **Almamaterku**

“Mangesthi Luhur Ambangun Nagara.”

## KATA PENGANTAR

Segala puja dan puji senantiasa peneliti panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayat-Nya. Atas kehendak-Nya peneliti dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Studi Eksperimental Komposisi Bahan Bakar Padat dari Limbah Kulit Ketapang (*Terminalia catappa*) dengan Teknologi *Hydrothermal*”**.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian dari persyaratan untuk 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 terlepas dari bantuan, bimbingan, dan pengarahan dari berbagai pihak. Untuk itu, peneliti menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Joko Nurkamto, M.Pd., selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret.
2. Dr. Suharno, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret.
3. Dr. Eng. Agung Pambudi, M.Eng selaku Pembimbing I, yang selalu memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Budi Harjanto, S.T., M.Eng. selaku Pembimbing II, yang selalu memberikan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Semua pihak yang turut membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.

Peneliti menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan peneliti. Meskipun demikian, peneliti berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca dan pengembangan ilmu.

Surakarta, 6 Juni 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN .....	ii
HALAMAN PENGAJUAN .....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN ABSTRAK.....	vi
HALAMAN <i>ABSTRACT</i> .....	vii
HALAMAN MOTTO .....	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	ix
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	6
C. Pembatasan Masalah.....	6
D. Perumusan Masalah .....	6
E. Tujuan Penelitian .....	6
F. Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR DAN HIPOTESIS</b>	
A. Kajian Pustaka .....	8
B. Kerangka Berpikir .....	15
C. Hipotesis .....	16
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	17
B. Desain Penelitian .....	17

	Halaman
C. Teknik Pengumpulan Data .....	18
D. Teknik Analisis Data .....	26
E. Prosedur Penelitian .....	27
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Hasil Penelitian .....	35
B. Pembahasan .....	42
<b>BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN SARAN</b>	
A. Simpulan .....	48
B. Implikasi .....	48
C. Saran .....	49
DAFTAR PUSTAKA .....	50
LAMPIRAN .....	52

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1. Kebutuhan Bahan Bakar Pembangkit Listrik.....	2
2.1. Pohon Ketapang .....	8
2.2. Biji Ketapang .....	9
2.3. Buah Ketapang .....	9
2.4. Pohon Ketapang sebagai Pengisi RTH .....	10
2.5. Produk distribusi <i>Hydrothermal Carbonization</i> .....	12
2.6. Diagram Fase Tekanan Terhadap Suhu pada Proses <i>Hydrothermal</i> .....	13
2.7. Proses <i>Hydrothermal Carbonization</i> .....	15
3.1. Buah Ketapang .....	22
3.2. Komponen Mesin <i>Hydrothermal</i> .....	23
3.3. Oven Listrik .....	23
3.4. Nampan Oven.....	23
3.5. <i>Electric scale</i> .....	24
3.6. Panci Besi.....	24
3.7. Baskom Plastik.....	24
3.8. Saringan Plastik.....	25
3.9. Wadah Plastik Sampel.....	25
3.10. Botol Plastik.....	25
3.11. <i>Bomb Calorimeter</i> .....	26
3.12. <i>Furnace</i> . .....	26
3.13. Diagram Alur Penelitian .....	27
3.14. Proses <i>Hydrothermal</i> Limbah Kulit Ketapang.....	28
3.14. Penimbangan Kulit Ketapang .....	29
3.15. Penimbangan Air.....	29
3.17. Mesin <i>hydrothermal</i> .....	30
4.1. <i>Raw material</i> kering.....	35
4.2. <i>Hydrochar</i> kering suhu 160°C dengan <i>holding time</i> 30 menit .....	36
4.3. <i>Hydrochar</i> kering suhu 160°C dengan <i>holding time</i> 60 menit .....	37

Gambar	Halaman
4.4. <i>Hydrochar</i> kering suhu 220°C dengan <i>holding time</i> 30 menit .....	38
4.5. <i>Hydrochar</i> kering suhu 220°C dengan <i>holding time</i> 60 menit .....	39
4.6. Grafik Nilai Kalor .....	43
4.7. Grafik Kadar Air .....	44
4.8. Grafik Kadar <i>Volatile</i> .....	45
4.9. Grafik Kadar Abu.....	46
4.10. Grafik Kadar Karbon.....	47

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1. Sumber Energi Baru dan Terbarukan.....	3
2.1. Klasifikasi Tanaman Ketapang .....	8
2.2. Klasifikasi batubara menurut <i>World Energy Council</i> .....	12
2.3. Perbandingan energi yang dibutuhkan dari proses termokimia. ....	13
2.4. Produk dari proses <i>hydrothermal</i> pada beberapa biomassa .....	15
3.1. Data yang diperlukan .....	19
4.1. Data Variasi Suhu 160°C <i> Holding time</i> 30 Menit.....	36
4.2. Data Variasi Suhu 160°C <i> Holding time</i> 60 Menit.....	37
4.3. Data Variasi Suhu 220°C <i> Holding time</i> 30 Menit.....	38
4.4. Data Variasi Suhu 220°C <i> Holding time</i> 60 Menit.....	39
4.5. Data Nilai Kalor .....	40
4.6. Data Kadar Air .....	40
4.7. Data Kadar <i> Volatile</i> .....	41
4.8. Data Kadar Abu.....	41
4.9. Data Kadar Karbon .....	42
4.10. Standar Nilai Kalor Bahan Bakar Padat di Beberapa Negara.....	43
4.11. Standar Kandungan Bahan Bakar Padat di Beberapa Negara.....	45

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian .....	53
Lampiran 2. Sertifikat Hasil Analisis <i>Proximate</i> dan Pengujian Nilai Kalor .....	54
Lampiran 3. Hasil Uji <i>Proximate</i> dan Pengujian Nilai Kalor .....	55
Lampiran 4. Hasil Uji <i>Proximate</i> .....	56
Lampiran 5. Surat Keputusan Izin Menyusun Skripsi .....	57
Lampiran 6. Permohonan Izin Penelitian Universitas Janabadra.....	58
Lampiran 7. Permohonan Izin Penelitian Universitas Sebelas Maret.....	59
Lampiran 8. Permohonan Izin Penelitian Fakultas .....	60
Lampiran 9. Permohonan Izin Menyusun Skripsi.....	61
Lampiran 10. Daftar Peserta Seminar Proposal Skripsi.....	62