

**TESIS**

**PRODUKSI BIOFUEL DARI CANGKANG KELAPA SAWIT  
MELALUI PROSES *THERMAL CRACKING*  
ADSORBSI DAN DISTILASI**



**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Pendidikan pada  
Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan  
Politeknik Negeri Sriwijaya**

**OLEH :**

**Leila Utarina  
062050442836**

**PROGRAM MAGISTER TERAPAN  
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA  
PALEMBANG  
2021**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**TESIS**

**PRODUKSI BIOFUEL DARI CANGKANG KELAPA SAWIT  
MELALUI PROSES *THERMAL CRACKING*  
ADSORBSI DAN DISTILASI**

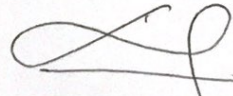
OLEH :  
LEILA UTARINA  
062050442836

Pembimbing I,



Prof. Dr. Ir. Rusdianasari, M.Si.  
NIP.196711191993032003

Palembang, Juli 2022  
Menyetujui,  
Pembimbing II,



Dr. Ir. Leila Kalsum, M.T.  
NIP.196212071989032001

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Energi Terbarukan  
Program Magister Terapan



Prof. Dr. Ir. Rusdianasari, M.Si.  
NIP.196711191993032003

## HALAMAN PERSETUJUAN

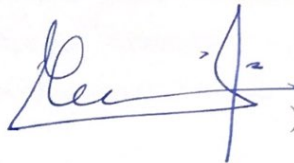
Karya tulis ilmiah berupa Tesis ini dengan judul “Produksi Biofuel dari Cangkang Kelapa Sawit Melalui Proses *Thermal Cracking* Adsorpsi Dan Distilasi” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya pada tanggal 18 Juli 2022.

Palembang, 18 Juli 2022

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Berupa Tesis

Ketua:

Dr. Ir. H. M. Yerizam, M.T.  
NIP 196107091989031002

(  )

Anggota:

1. Dr. Ir. Abu Hasan, M.Si  
NIP 196410231992031001

(  )

2. Dr. Ir. Aida Syarif, M.T.  
NIP 196501111993032001

(  )

3. Dr. Indrayani, S.T., M.T.  
NIP 197402101997022001

(  )

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Energi Terbarukan  
Program Magister Terapan



Prof. Dr. Ir. Rusdianasari, M.Si., IPM  
NIP 196711191993032003

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Leila Utarina  
NPM : 062050442836  
Judul Tesis : Produksi Biofuel dari Cangkang Kelapa Sawit melalui Proses *Thermal Cracking*, Adsorpsi dan Distilasi

Memberikan izin kepada pembimbing dan Politeknik Negeri Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun

Palembang, 18 Juli 2022



Leila Utarina

NIM. 062050442836



## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Leila Utarina  
NPM : 062050442836  
Judul Tesis : Produksi Biofuel dari Cangkang Kelapa Sawit melalui Proses *Thermal Cracking*, Adsorpsi dan Distilasi

Menyatakan bahwa Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi Pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Politeknik Negeri Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, 18 Juli 2022



Leila Utarina

NIM 062050442836

## RINGKASAN

### Produksi Biofuel Dari Cangkang Kelapa Sawit Melalui Proses Thermal Cracking Adsorpsi Dan Distilasi

Karya Tulis Ilmiah berupa tesis, 18 Juli 2022

Leila Utarina; Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. Rusdianasari, M.Si., IPM., Dr. Ir. Leila Kalsum, M.T.

*Biofuel Production from Palm Shell through Thermal Cracking Adsorption and Distillation*

xiii + 53 halaman, 19 tabel, 31 gambar, 4 lampiran (30 halaman)

Intensitas penggunaan yang tidak terkendali serta kurangnya konservasi energi menimbulkan masalah pada ketersediaan bahan bakar fosil. Keterbatasan cadangan sumber energi ini dibutuhkan perhatian serius seperti mencari alternatif lain untuk mengoptimalkan penggunaan sumber energi terbarukan. Biomassa cangkang kelapa sawit memiliki potensi sebagai alternatif bahan baku pembuatan bahan bakar cair, dilihat berdasarkan kandungan yang dimiliki yaitu lignoselulosa (lignin 42,96 %; hemiselulosa 12,61 %; dan selulosa 26,27 %) serta analisa proksimat (kadar air, kadar abu, zat terbang, dan karbon tetap) dan ultimat (C, H, O, N, dan S). Salah satu jenis bahan bakar yang dapat diproduksi menggunakan bahan baku biomassa yakni biofuel. Pada penelitian ini, proses yang digunakan untuk mengkonversi cangkang kelapa sawit menjadi biofuel yaitu *thermal cracking*. Proses *thermal cracking* adalah pendekomposisi bahan dengan menggunakan panas yang menghasilkan minyak, dalam hal ini bio-oil. Penelitian ini dimulai dengan proses delignifikasi cangkang kelapa sawit. Delignifikasi bertujuan untuk menurunkan kadar lignin yang terdapat pada cangkang kelapa sawit. Kadar lignin perlu diturunkan karena kadar lignin yang terlalu tinggi dapat membuat proses *thermal cracking* terhambat karena terbentuknya *coke*. Proses delignifikasi dilakukan melalui metode klorinasi menggunakan HCl 5% dan 10%. Cangkang kelapa sawit yang sudah didelignifikasi dimasukkan ke dalam *thermal cracking reactor* untuk selanjutnya dikonversi menjadi bio-oil. Suhu *thermal cracking* diatur mulai dari 300 °C, 350 °C, 400 °C, 450 °C untuk melihat perbedaan karakteristik produk dari setiap suhu yang dipakai. Bio-oil yang sudah dihasilkan selanjutnya di diamkan selama 2 hari dan diadsorpsi menggunakan adsorben zeolit alam teraktivasi. Adsorpsi bio-oil menggunakan 7 gr zeolit alam membuat minyak yang sebelumnya berwarna gelap menjadi lebih jernih serta menghilangkan endapan-endapan yang sebelumnya terdapat pada minyak. Bio-oil hasil adsorpsi kemudian didistilasi selama 60 menit. Proses distilasi berfungsi untuk memisahkan minyak berdasarkan titik didihnya sehingga menghasilkan produk biofuel yang terbebas dari komponen yang tidak diinginkan seperti senyawa tar dan Hidrokarbon Polisiklik Aromatik (PAH). Produk hasil distilasi selanjutnya dapat disebut sebagai biofuel berdasarkan hasil analisa yang sudah dilakukan. Biofuel yang dihasilkan dihitung volumenya serta dianalisa sifat fisik dan sifat kimianya. Volume biofuel tertinggi yang didapatkan pada penelitian ini yaitu sebanyak 162 ml dengan penggunaan adsorben zeolit alam dan suhu *thermal cracking* 450 °C. Sifat fisik biofuel yang diperoleh dari penelitian ini antara lain, densitas (897,41

– 1015,76 kg/m<sup>3</sup>), viskositas kinematik (1,22 – 1,62 mm/s<sup>2</sup>), titik nyala (60 – 68,7 °C), dan kadar air (5432 – 6298 ppm) dimana nilai-nilai tersebut sudah sesuai dengan SNI 8220-2017. Produk biofuel yang dihasilkan tergolong sebagai gasoline dengan fraksi C<sub>5</sub>-C<sub>15</sub> paling dominan (80,93 %) menurut hasil analisa GC-MS. Keseluruhan proses produksi biofuel dianalisa lebih lanjut menggunakan *Life Cycle Assessment* (LCA) melalui aplikasi SimaPro V.9. Pendekatan *Cradle to Gate* digunakan untuk mengevaluasi setiap tahapan proses produksi biofuel (*thermal cracking*, adsorpsi, dan distilasi) sesuai dengan ISO 14044. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa tahapan *thermal cracking* menghasilkan dampak pemanasan global paling tinggi dibandingkan proses lainnya, yaitu sebesar 118,374 kg CO<sub>2</sub> eq. Untuk kategori lainnya yang dievaluasi antara lain *human health*, *ecosystem quality*, dan *climate change* masing-masing memiliki nilai sebesar 14,92 mPt; 1,14 mPt; dan 33,85 mPt dimana nilai tersebut merupakan total nilai *single score* dari keseluruhan proses produksi biofuel.

**Kata kunci:** Adsorpsi, Biofuel, Cangkang Kelapa Sawit, *Thermal cracking*.  
Kepustakaan: 51 (1971-2022)

## SUMMARY

### Biofuel Production from Palm Shell through Thermal Cracking Adsorbtion and Distillation

Scientific papers in the form of Thesis, 18 July 2022

Leila Utarina; Supervised by Prof. Dr. Ir. Rusdianasari, M.Si., IPM., Dr. Ir. Leila Kalsum, M.T.

*Produksi Biofuel dari Cangkang Kelapa Sawit melalui Proses Thermal Cracking Adsrobsi dan Distilasi*

xiii + 53 pages, 19 tables, 31 figures, 4 attachments (30 pages)

The intensity of uncontrolled use and lack of energy conservation pose a problem in the availability of fossil fuels. The limited reserves of this energy source require serious attention such as looking for another alternatives to optimize the use of renewable energy sources. Palm shell biomass has the potential as an alternative raw material for the manufacture of liquid fuel, based on its content, namely lignocellulose (lignin 42.96%; hemicellulose 12.61%; and cellulose 26.27%) and proximate analysis (moisture, ash content, volatile matter, and fixed carbon) and ultimate analysis (C, H, O, N, and S). One type of fuel that can be produced using biomass as it raw materials is biofuel. In this study, the process used to convert palm shells into biofuel is thermal cracking. Thermal cracking process is the decomposition of materials using heat which produces oil, in this case bio-oil. This research begins with the process of delignification of oil palm shells. Delignification aims to reduce the levels of lignin contained in palm shells. The lignin level needs to be reduced because an excess number of lignin can hamper the thermal cracking process due to the formation of coke. The delignification process was carried out through klason method using 5% and 10% of HCl. Delignified palm shells are put into a thermal cracking reactor to be further converted into bio-oil. Thermal cracking temperature is set from 300 °C, 350 °C, 400 °C, and 450 °C to see the difference in product characterization of each temperature used. The bio-oil that has been produced is then allowed to stand for 2 days and is adsorbed using an activated natural zeolite adsorbent. Bio-oil adsorption using 7 g of natural zeolite makes the previously dark oil clearer and removes the residues that were previously found in the oil. The adsorbed bio-oil was then distilled for 60 minutes. The distillation process aims to separate oil based on its boiling point so we can produce biofuel products that are free from unwanted components such as tar compounds and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). The product from the distillation can then be referred to as biofuel based on the results of the analysis that has been done. The volume of the biofuel produced is calculated and its physical and chemical properties are analyzed. The highest volume of biofuel obtained in this study was 162 ml with the use of natural zeolite adsorbent and a thermal cracking temperature of 450 °C. The physical properties of biofuels obtained from this study include density (897.41 – 1015.76 kg/m<sup>3</sup>), kinematic viscosity (1.22 – 1.62 mm/s<sup>2</sup>), flash point (60 – 68.7 °C). ,



and water content (5432 – 6298 ppm) where these values are in accordance with SNI 8220-2017. The resulting biofuel product is classified as gasoline with the most dominant C<sub>5</sub>-C<sub>15</sub> fraction (80.93%) according to the results of GC-MS analysis. The entire biofuel production process is further analyzed using the Life Cycle Assessment (LCA) through the SimaPro V.9 application. Cradle to Gate approach is used to evaluate each stage of the biofuel production process (thermal cracking, adsorption, and distillation) according to ISO 14044. The evaluation results shows that the thermal cracking stage produces the highest global warming impact compared to other processes, which is 118,374 kg CO<sub>2</sub> eq. For other categories that were evaluated, among others, human health, ecosystem quality, and global warming each had a value of 14.92 mPt; 1.14 mPt; dan 33.85 mPt where this value is the total amount of the whole process of single score.

**Keywords:** Adsorbtion, Biofuel, Palm Shell, Thermal Cracking.  
Citation: 51 (1971-2022)

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

*“But perhaps you hate a thing and it is good for you, and perhaps you love a thing and it is bad for you. Allah knows, while you know not.” (Al- Baqarah : 216)*

*“An expert in everythings is once a beginner”*

*“For indeed, with hardship (will be) ease” (Al- Insyirah : 5)*

Kupersembahkan untuk:

- ❖ Ayah dan Ibu serta Keluargaku
- ❖ Kedua Dosen Pembimbingku
- ❖ Teman-Teman Seperjuangan
- ❖ Almamaterku

## KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tesis dengan judul “Produksi Biofuel dari Cangkang Kelapa Sawit melalui *Thermal cracking* Adsorpsi dan Distilasi”. Tesis ini disusun untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya.

Dalam penyusunan Tesis ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Ing. Ahmad Taqwa, M.T., selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Carlos RS, S.T., M.T., selaku Pembantu Direktur I Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Prof. Dr. Ir. Rusdianasari, M.Si., selaku Ketua Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya, dan selaku Dosen Pembimbing I di Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya,
4. Dr. Ir. Leila Kalsum, M.T., selaku Dosen pembimbing II di Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Segenap Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya.
6. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Energi Terbarukan Program Magister Terapan Politeknik Negeri Sriwijaya angkatan 2020.

Dengan adanya Tesis ini penulis mengharapkan semoga penelitian ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan dan menunjang perkembangan ilmu pengetahuan secara umum.

Palembang, Juli 2022

Penulis

## RIWAYAT HIDUP



Leila Utarina adalah anak kedua dari dua bersaudara yang lahir dari pasangan Bapak Firdaus dan Ibu Siti Sundari yang lahir di Palembang pada tanggal 27 Maret 1999. Penulis memulai Pendidikan dasar di TK Aisyah Busthanul Alfa 19 Palembang dilanjutkan dengan SD Muhammadiyah 06 Palembang pada tahun 2004 – 2010. Pendidikan menengah di SMPK Xaverius 1 Palembang pada tahun 2010-2013 dilanjutkan dengan SMA Xaverius 1 Palembang pada tahun 2013-2016, kemudian melanjutkan Pendidikan tinggi di Program Studi Diploma IV Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang. Selama menempuh Pendidikan DIV, penulis mengikuti beberapa program magang di antaranya program magang yang diselenggarakan oleh SEA-TVET yang bekerjasama dengan Pangasinan State Univesity untuk magang mahasiswa di Food and Innovation Center Filipina selama 1 bulan pada Januari-Februari 2019. Selanjutnya kerja praktik di PT Semen Baturaja selama 3 bulan pada Agustus 2019-Oktober 2019. Penulis berhasil menyelesaikan tugas akhir yang berjudul Produksi *Green Diesel* dari Bahan Baku *Crude Palm Oil* (CPO) melalui Proses *Hydrotreating* ditinjau dari variasi katalis. Pada akhir tahun 2020 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata 2 Program Magister Terapan Teknik Energi Terbarukan Politeknik Negeri Sriwijaya dan pada tahun 2022 penulis bekerja di PT Tribhakti Inspektama.

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN TESIS</b> .....	<b>iii</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS</b> .....	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	<b>vii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GLOSARIUM</b> .....	<b>xiii</b>
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Hipotesa .....	4
1.6 Novelty .....	4
1.7 Kerangka Pikir Penelitian .....	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Cangkang Kelapa Sawit .....	6
2.2 <i>Thermal cracking</i> .....	7
2.2.1 Mekanisme Perengkahan Selulosa .....	19
2.2.2 Mekanisme Lignin .....	11
2.3 Delignifikasi .....	12
2.4 Bio-oil .....	14
2.4.1 Pemurnian Bio-Oil .....	14
2.5 Biofuel .....	16
2.5.1 Biogasoline .....	16
2.6 Pengujian Karakteristik Bahan Bakar Cair .....	20
2.6.1 Berat Jenis .....	20
2.6.2 Viskositas .....	20
2.6.3 Titik Nyala ( <i>Flash Point</i> ) .....	21
2.6.4 Yield .....	21
2.6.5 Analisa Senyawa Kimia dan Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS) .....	21



2.7 LCA .....	22
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	25
3.2 Alat dan Bahan .....	25
3.4.1 Alat Ukur dan <i>Tools</i> .....	26
3.4.2 Bahan dan <i>Supporting</i> Penelitian.....	26
3.3 Prosedur Penelitian dan Pengambilan Data.....	26
3.3.1 Prosedur Penelitian .....	26
3.3.1.1 Persiapan Bahan Baku .....	26
3.3.1.2 Delignifikasi Bahan Baku .....	26
3.3.1.3 Karakterisasi Bahan Baku .....	27
3.3.1.4 Prosedur <i>Thermal cracking</i> .....	27
3.3.1.5 Prosedur Aktivasi Zeolit Alam.....	28
3.3.1.6 Prosedur Adsorpsi Bio-oil .....	28
3.3.1.7 Prosedur Distilasi Bio-oil .....	28
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	29
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
4.1 Hasil Penelitian.....	30
4.2 Pembahasan .....	33
4.2.1 Preparasi dan Karakterisasi Cangkang Kelapa Sawit .....	33
4.2.2 Analisa Karakteristik Biofuel.....	37
4.2.3 Analisa GC-MS .....	41
4.2.4 Analisa LCA.....	43
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>48</b>
5.1 Kesimpulan .....	48
5.2 Saran .....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>50</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>54</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Kandungan <i>Proximate</i> Cangkang Kelapa Sawit .....	6
2. Kandungan <i>Ultimate</i> Cangkang Kelapa Sawit .....	7
3. Karakteristik Bio-Oil .....	12
4. Spesifikasi Bahan Bakar Bensin RON 88 (Premium) .....	17
5. Spesifikasi Bahan Bakar Bensin Jenis 90 (Pertalite) .....	17
6. Bahan Bakar Bensin Jenis 98 (Pertamax Turbo) .....	18
7. Hasil Analisa Proksimat Cangkang Kelapa Sawit .....	30
8. Hasil Analisa Ultimat Cangkang Kelapa Sawit .....	30
9. Hasil Analisa Kadar Lignin pada 1 Gram Cangkang Kelapa Sawit .....	30
10. Analisa Sifat Fisik Bio-Oil Sebelum dan Sesudah Adsorpsi .....	31
11. Volume Bio-Oil dan Biofuel dari Proses <i>Thermal Cracking</i> Adsorpsi dan Distilasi .....	31
12. Sifat Fisik Biofuel .....	31
13. Fraksi dan Komposisi Senyawa Kimia Biofuel .....	32
14. <i>Characterization</i> Proses Produksi Biofuel Cangkang Kelapa Sawit .....	32
15. <i>Damage Assessment</i> Proses Produksi Biofuel Cangkang Kelapa Sawit .....	32
16. <i>Single Score</i> Proses Produksi Biofuel Cangkang Kelapa Sawit .....	33
17. Data Hasil Perhitungan Densitas .....	54
18. Data Hasil Perhitungan Viskositas .....	55
19. Data Hasil Perhitungan Kadar Air .....	55

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pikir Penelitian.....	5
2. Reaksi Degradasi Selulosa.....	9
3. Mekanisme reaksi dehidrasi selulosa .....	10
4. Mekanisme perengkahan selulosa menjadi selulosa aktif .....	10
5. Mekanisme reaksi detail perengkahan selulosa.....	11
6. Reaksi degradasi lignin.....	12
7. Skema Proses Delignifikasi .....	13
8. Reaktor <i>Thermal cracking</i> .....	28
9. Diagram Alir Penelitian.....	29
10. Perbandingan Analisa Proksimat Cangkang Kelapa Sawit dengan Penelitian Sebelumnya .....	34
11. Perbandingan Analisa Ultimat Cangkang Kelapa Sawit dengan Penelitian Sebelumnya .....	35
12. Analisa Kadar Lignin Cangkang Kelapa Sawit.....	36
13. Hubungan Penggunaan Adsorben dan Suhu <i>Thermal Cracking</i> terhadap Volume Produk .....	37
14. Hubungan Penggunaan Adsorben dan Suhu <i>Thermal Cracking</i> terhadap Densitas Biofuel.....	38
15. Hubungan Penggunaan Adsorben dan Suhu <i>Thermal Cracking</i> terhadap Viskositas Biofuel.....	39
16. Grafik Hubungan Penggunaan Adsorben dan Suhu <i>Thermal Cracking</i> terhadap Titik Nyala Biofuel .....	40
17. Grafik Hubungan Penggunaan Adsorben dan Suhu <i>Thermal Cracking</i> terhadap Kadar Air Biofuel .....	41
18. Fraksi dan Komposisi Biofuel .....	42
19. <i>Network</i> Proses Produksi Biofuel Cangkang Kelapa Sawit .....	44
20. Grafik <i>Characterization</i> Produksi Biofuel Cangkang Kelapa Sawit.....	45
21. Grafik <i>Damage Assessment</i> Produksi Biofuel Cangkang Kelapa Sawit .....	46
22. Grafik <i>Single Score</i> Produksi Biofuel .....	47
23. Preparasi Cangkang Kelapa Sawit.....	62
24. Proses Delignifikasi Cangkang Kelapa Sawit .....	63
25. Pengujian Kadar Lignin Cangkang Kelapa Sawit .....	64
26. Tahapan <i>Thermal Cracking</i> .....	65
27. Tahapan Aktivasi Zeolit Alam .....	66
28. Tahapan Adsorpsi Bio-Oil menggunakan Zeolit Alam.....	67
29. Tahapan Distilasi Bio-Oil.....	67
30. Analisa Produk Biofuel .....	68
31. <i>Thermal Cracking Reactor</i> .....	77

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
I. Perhitungan.....	54
II. Dokumentasi Penelitian.....	62
III. Desain Alat .....	69
IV. Surat-Menyurat.....	78

## DAFTAR GLOSARIUM

- Adsorpsi
- Adsorben
- Alkali
- Alkohol
- *Aromatic*
- Asetaldehid
- Aseton
- *Ash*
- Benzopiren
- Bio-Char
- Biofuel
- Bio-Oil
- *Bleaching*
- *Broido-shafizadeh*
- Butanedion
- Butiraldehid
- *Carbon Foot Print*
- *Catalytic*
- *Climate Change*
- *Cradle to Gate*
- *Cradle to Grave*
- Crotonaldehid
- Crude Palm Oil
- *Cyclone*
- Dehidrasi
- Dekomposisi
- Delignifikasi
- Densitas
- Depolimerisasi
- Distilasi
- *Elaeis melanococa*
- *Elaeis oleifera*
- *Elais guineensis Jacq*
- Eter
- Fenol
- *Fixed Carbon*
- Furan



- *Gasoline*
- *Gate to Gate*
- GC-MS
- Guaiacol
- Hemiselulosa
- Hidrokarbon
- Hidroperoksida
- Hidrotermal
- Karboksil
- Karbonil
- *Kerosene*
- Kondensasi
- *Levogluconan*
- *Life Cycle Assessment*
- *Life Cycle Impact Assessment*
- *Life Cycle Interpretation*
- *Life Cycle Inventory*
- Lignin
- Methanol
- *Moisture*
- Nafta
- Palm Kernell Oil
- Pertalite
- Pertamina
- Pesifer
- Propion aldehyd
- *Proximate*
- *Renewable Energy*
- Selulosa
- Tar
- Tenera
- Termografimetri
- Thermal Cracking
- Titik Nyala
- *Ultimate*
- Viskositas
- *Volatile Matters*
- Zeolit alam