

## **HALAMAN JUDUL**

# **PENGARUH PERSENTASE KATALIS CaO-ZEOLIT ALAM PADA PIROLISIS CAMPURAN CANGKANG SAWIT DAN PLASTIK TERHADAP SIFAT FISIK DAN KIMIA *PYROLYTIC OIL***

Diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar  
Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

**TAUFIK FADILAH**

**20140130118**

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

**2018**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Taufik Fadilah

NIM : 20140130118

Menyatakan bahwa skripsi ini dengan judul **“PENGARUH PERSENTASE KATALIS CaO-ZEOLIT ALAM PADA PIROLISIS CAMPURAN CANGKANG SAWIT DAN PLASTIK TERHADAP SIFAT FISIK DAN KIMIA *PYROLYTIC OIL*”** tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat tertulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan di dalam Daftar Pustaka.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, apabila ternyata dalam skripsi ini diketahui karya yang pernah tertulis atau diterbitkan oleh orang lain, maka saya bersedia karya tersebut untuk dibatalkan.

Yogyakarta, 24 Agustus 2018

Yang menyatakan



Taufik Fadilah

## MOTTO



- “Sukses bukanlah sesuatu kebetulan, melainkan buah dari tekun belajar, kerja keras dan do’a”
- “Beribadahlah seakan-akan kau mati besok dan belajarlh seakan-akan kau akan hidup selamanya”
- “Karena sesungguhnya sesudah kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan” (Q.S. Al-Insyirah: 5-6)



## PERSEMBAHAN

*Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

*Alhamdulillah Hirabbil 'Alamin.*

*Puji syukur atas nikmat dan rahmat Allah SWT, dimana saya diberikan kemampuan untuk dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini saya susun untuk dipersembahkan kepada kedua orang tua yang sangat saya sayangi dan yang ingin saya bahagiakan yakni Ibu **Sindon** dan Bapak **Sukendar**. Berkat do'a dan segala bentuk dukungan dari keduanya lah skripsi ini dapat terselesaikan dengan penuh sungguh-sungguh dan semangat. Skripsi ini juga saya persembahkan untuk adik saya **Alifah Munawaroh** dan **Yayi Sufiana**. Terlebih dari itu, saya harus mengucapkan banyak terimakasih kepada segenap keluarga **Pimpinan Cabang Muhammadiyah Kajen – Kab. Pekalongan** yang selama ini tiada hentinya mendoakan dan memberikan motivasi serta atas segala bentuk dukungannya lah saya dapat menempa studi empat tahun ini. Terimakasih juga unuk Almamaterku tercinta, **Universitas Muhammadiyah Yogyakarta** dan pihak-pihak yang terkait didalamnya yang sudah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat berharga selama empat tahun ini.*

*Selain itu saya harus mengucapkan banyak terimakasih juga kepada teman-teman sharing skripsi **Suharko**, **Rahmat Dwijayanto**, dan **Maulana Wahyu Ayatullah** serta **Teman-teman Teknik Mesin 2014 dan KKN 011 2018** yang selama empat tahun ini saling bahu membahu serta berbagi ilmu dan semuanya merupakan bagian dari perjuangan saya selama kuliah di kampus tercinta Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.*

*Dengan penuh rasa syukur, sekali lagi saya mengucapkan banyak terimakasih.*

*Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh*

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang tiada hentinya memberikan rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga pelaksanaan laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Sholawat serta salam semoga tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kita dari jaman jahiliah ke jaman yang terang benderang seperti yang saat ini kita rasakan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh persentase katalis CaO dan Zeolit Alam pada pirolisis campuran cangkang sawit dan plastik terhadap sifat fisik dan kimia *pyrolytic-oil*. Dari penelitian yang telah dilakukan didapat parameter optimal pada *pyrolytic-oil* dengan persentase katalis (CaO + Zeolit alam) 75% dengan menghasilkan nilai densitas 836,70 kg/m<sup>3</sup>, viskositas 4,85 cP, nilai pH 5,70 serta nilai kalor sebesar 44,503 MJ/kg.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam menyusun Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih dan apresiasi setinggi-tingginya kepada:

1. Kedua orang tua dan segenap keluarga yang telah memberi dukungan baik material maupun doanya.
2. Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Thoharudin, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I Tugas Akhir yang dengan penuh kesabaran telah memberikan pengarahan, motivasi, dan bimbingannya selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
4. Muhammad Nadjib, ST., M.Eng., selaku dosen pembimbing II Tugas Akhir yang dengan penuh kesabaran telah memberikan pengarahan, motivasi, dan bimbingannya selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
5. Bapak Novi Caroko, S.T., M.Eng., selaku dosen penguji yang telah masukan dalam laporan tugas akhir.

6. Staff pengajar, laborat dan tata usaha jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
7. Seluruh rekan-rekan Teknik Mesin UMY yang tidak bias disebutkan satu persatu yang telah memotivasi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga segala amal dan bantuan dari semua pihak akan mendapat balasan oleh Allah SWT dan semoga menjadi amal ibadah. Amin.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan agar tugas akhir ini dapat menjadi lebih baik. Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat memberi manfaat bagi pembaca. Amin.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh*

Yogyakarta, 16 Agustus 2018

Taufik Fadilah

2014 013 0118

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN UJIAN PENDADARAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....</b>	<b>xv</b>
<b>INTISARI.....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>xv</b>

### **BAB I PEBDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Asumsi dan Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4

### **BAB II LANDASAN TEORI**

2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori .....	7
2.2.1 Cangkang Sawit .....	7
2.2.2 Plastik .....	8
2.2.3 Jenis-jenis Plastik .....	10
2.2.4 Pirolisis .....	13
2.2.5 Katalis .....	18

2.2.6 Golongan Senyawa.....	21
2.2.7 Karakteristik Bahan Bakar.....	26

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Bahan Penelitian .....	28
3.2 Alat Penelitian.....	30
3.2.1 Alat Utama Penelitian.....	30
3.2.2 Alat Pendukung Penelitian.....	32
3.2.3 Alat Uji Sampel <i>Pyrolytic-oil</i> .....	37
3.3 Tempat Penelitian .....	42
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	43
3.5 Prosedur Penelitian .....	47
3.5.1 Proses Kerja .....	47
3.5.2 Variasi Pengujian .....	48
3.5.3 Metode Pengambilan Data.....	48

### **BAB IV PEMBAHASAN**

4.1 Pengaruh Persentase Katalis Terhadap Kuantitas Produk Pirolisis .....	51
4.2 Pengaruh Persentase Katalis Terhadap Nilai Densitas <i>Pyrolytic-oil</i> .....	53
4.3 Pengaruh Persentase Katalis Terhadap Derajat Keasaman <i>Pyrolytic-oil</i> .....	55
4.4 Pengaruh Persentase Katalis Terhadap Viskositas <i>Pyrolytic-oil</i> .....	58
4.5 Pengaruh Persentase Katalis Terhadap Nilai Kalor <i>Pyrolytic-oil</i> .....	60
4.6 Pengaruh Persentase Katalis Terhadap Senyawa Penyusun <i>Pyrolytic-oil</i> .....	61
4.7 Penggolongan Unsur Karbon Pada <i>Pyrolytic-oil</i> .....	66

### **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan.....	68
5.2 Saran.....	69

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>70</b>
-----------------------------	-----------

<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>74</b>
-----------------------	-----------



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kode Plastik Jenis PETE atau PET .....	11
Gambar 2.2 Kode Plastik Jenis HDPE.....	11
Gambar 2.3 Kode Plastik Jenis PVC .....	12
Gambar 2.4 Kode Plastik Jenis LDPE .....	12
Gambar 2.5 Kode Plastik Jenis PP .....	12
Gambar 2.6 Kode Plastik Jenis PS .....	13
Gambar 2.7 Kode Plastik Jenis <i>Other</i> .....	13
Gambar 2.8 Reaktor <i>Fixed Bed</i> .....	16
Gambar 2.9 Reaktor <i>Bubbling Fluidized Bed Reactor</i> .....	16
Gambar 2.10 Reaktor <i>Circulating Fluidized Bed</i> .....	17
Gambar 2.11 Reaktor <i>Ultra-Rapid</i> .....	17
Gambar 2.12 Reaktor <i>Rotating Cone</i> .....	18
Gambar 2.13 Katalis CaO .....	19
Gambar 2.14 Katalis Zeolit Alam.....	20
Gambar 2.15 Senyawa Aromatik.....	21
Gambar 2.16 Senyawa Alifatik .....	21
Gambar 2.17 Senyawa Siklik .....	22
Gambar 2.18 Senyawa <i>Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH)</i> .....	22
Gambar 2.19 Senyawa Aldehyd .....	23
Gambar 2.20 Senyawa Alkohol.....	23
Gambar 2.21 Senyawa Asam .....	24
Gambar 2.22 Senyawa Keton.....	24
Gambar 2.23 Senyawa Phenol.....	24
Gambar 2.24 Senyawa Furan .....	25
Gambar 2.25 Senyawa Ester .....	25
Gambar 2.26 Senyawa Glycol.....	25
Gambar 3.1 Cangkang kelapa sawit .....	28
Gambar 3.2 Plastik.....	29

Gambar 3.3 Katalis CaO .....	29
Gambar 3.4 Katalis Zeolit Alam.....	30
Gambar 3.5 Skema Alat Pirolisis .....	31
Gambar 3.6 <i>Thermocouple Type-K</i> .....	32
Gambar 3.7 <i>Thermocontroller</i> .....	33
Gambar 3.8 Terminal Listrik.....	33
Gambar 3.9 Kunci Ring .....	34
Gambar 3.10 Neraca Digital.....	34
Gambar 3.11 <i>Stopwatch Handphone</i> .....	35
Gambar 3.12 Pompa Akuarium.....	35
Gambar 3.13 Selang.....	36
Gambar 3.14 Bak Air .....	37
Gambar 3.15 Gelas <i>Breaker</i> .....	37
Gambar 3.16 Gelas Ukur.....	38
Gambar 3.17 Alat pH <i>Meter</i> .....	38
Gambar 3.18 Alat <i>Viscometer</i> .....	39
Gambar 3.19 Alat <i>Bomb Calorimeter</i> .....	40
Gambar 3.20 Alat GC-MS .....	41
Gambar 3.21 Diagram Alir Penelitian .....	43
Gambar 4.1 Perbandingan Kuantitas Produk Pirolisis.....	51
Gambar 4.2 Perbandingan Kuantitas Produk Pirolisis.....	52
Gambar 4.3 Perbandingan Persentase Katalis (CaO + Zeolit Alam) Terhadap Densitas <i>Pyrolytic-oil</i> .....	53
Gambar 4.4 Perbandingan Persentase Katalis (CaO + Zeolit Alam) Terhadap Densitas <i>Pyrolytic-oil</i> .....	54
Gambar 4.5 Perbandingan Persentase Katalis (CaO + Zeolit Alam) Terhadap Nilai pH <i>Pyrolytic-oil</i> .....	56
Gambar 4.6 Perbandingan Persentase Katalis (CaO + Zeolit Alam) Terhadap Nilai pH <i>Pyrolytic-oil</i> .....	57

Gambar 4.7 Perbandingan Persentase Katalis (CaO + Zeolit Alam) Terhadap Viskositas <i>Pyrolytic-oil</i> .....	58
Gambar 4.8 Perbandingan Persentase Katalis (CaO + Zeolit Alam) Terhadap Viskositas <i>Pyrolytic-oil</i> .....	59
Gambar 4.9 Perbandingan Persentase Katalis (CaO + Zeolit Alam) Terhadap Nilai Kalor <i>Pyrolytic-oil</i> .....	60
Gambar 4.10 Identifikasi Senyawa Hasil Uji GC-MS <i>Pyrolytic-oil</i> Campuran Cangkang Sawit dan Plastik dengan Katalis (CaO + Zeolit Alam) 75% .....	62
Gambar 4.11 Identifikasi Senyawa Hasil Uji GC-MS <i>Pyrolytic-oil</i> Cangkang Sawit dengan Katalis CaO 75% .....	62
Gambar 4.12 Identifikasi Senyawa Hasil Uji GC-MS <i>Pyrolytic-oil</i> Cangkang Sawit dengan Katalis Zeolit alam 75% .....	62
Gambar 4.13 Identifikasi Senyawa Hasil Uji GC-MS <i>Pyrolytic-oil</i> Plastik dengan Katalis CaO 75% .....	63
Gambar 4.14 Identifikasi Senyawa Hasil Uji GC-MS <i>Pyrolytic-oil</i> Plastik dengan Katalis Zeolit alam 75% .....	63
Gambar 4.15 Komposisi Senyawa Penyusun <i>Pyrolytic-oil</i> .....	65
Gambar 4.16 Penggolongan Unsur Karbon Pada <i>Pyrolytic-oil</i> .....	66

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Hasil Minyak Pirolisis Dengan Bahan Bakar Solar .....	6
Tabel 2.2 Analisis <i>Ultimate</i> dan <i>Proximate</i> Cangkang Sawit .....	8
Tabel 2.3 Analisis <i>Ultimate</i> dan <i>Proximate</i> Plastik .....	10
Tabel 2.4 Karakteristik Bahan Bakar .....	26
Tabel 3.1 Spesifikasi Pompa .....	36
Tabel 3.2 Spesifikasi Alat pH Meter .....	39
Tabel 3.3 Spesifikasi Alat <i>Viscometer</i> .....	39
Tabel 3.4 Spesifikasi Alat <i>Bomb Calorimeter</i> .....	40
Tabel 3.5 Spesifikasi Alat GC-MS .....	41
Tabel 3.6 Program GC-MS .....	42
Tabel 3.7 Variasi Pengujian .....	48
Tabel 4.1 Komposisi Senyawa <i>Pyrolytic-oil</i> .....	64

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kuantitas Produk Hasil Pirolisis .....	74
Lampiran 2. Hasil Pengujian Densitas <i>Pyrolytic-oil</i> .....	75
Lampiran 3. Hasil Pengujian Viskositas <i>Pyrolytic-oil</i> .....	75
Lampiran 4. Hasil Pengujian Derajat Keasaman (pH) <i>Pyrolytic-oil</i> .....	76
Lampiran 5. Hasil Pengujian Nilai Kalor <i>Pyrolytic-oil</i> .....	76
Lampiran 6. Hasil Pengujian GC-MS <i>Pyrolytic-oil</i> Campuran Cangkang Sawit dan Plastik dengan Katalis (CaO + Zeolit Alam) 75% .....	77
Lampiran 7. Hasil Pengujian GC-MS <i>Pyrolytic-oil</i> berbahan Cangkang Sawit dengan Katalis CaO 75% .....	80
Lampiran 8. Hasil Pengujian GC-MS <i>Pyrolytic-oil</i> berbahan Cangkang Sawit dengan Katalis Zeolit Alam 75% .....	81
Lampiran 9. Hasil Pengujian GC-MS <i>Pyrolytic-oil</i> berbahan Plastik dengan Katalis CaO 75% .....	82
Lampiran 10. Hasil Pengujian GC-MS <i>Pyrolytic-oil</i> berbahan Plastik dengan Katalis Zeolit Alam .....	84

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

%	= Persen
% wt	= Persen Berat atau <i>Weight Percent</i>
°C	= Derajat Celcius
cSt	= Centistoke
cP	= Centipoise
ml	= Mililiter
cm	= Centimeter
mm	= Milimeter
g	= Gram
kg	= Kilogram
Rpm	= Rotasi per Menit atau <i>Rotation per Minute</i>
MJ/kg	= Megajoule per Kilogram
kg/m <sup>3</sup>	= Kilogram per Meter Kubik
ND	= Not Detected
GC-MS	= <i>Gass Chromatoraphy Mass Spectrometry</i>
CaO	= <i>Calcium Oxide</i>