

HALAMAN JUDUL

**PENGARUH CAMPURAN CANGKANG SAWIT DAN PLASTIK
PADA PIROLISIS BERKATALIS CaO–ZEOLIT ALAM TERHADAP
SIFAT FISIK DAN KIMIA *PYROLYTIC OIL***

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Teknik



Disusun oleh:

RAHMAT DWIJAYANTO

20140130107

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2018**

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini adalah asli hasil karya saya dan di dalamnya tidak terdapat karya (tulisan) yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain sebelumnya. Selain itu, karya tulis ilmiah ini juga tidak berisi pendapat atau hasil penelitian yang sudah dipublikasikan oleh orang lain selain referensi yang ditulis dengan menyebutkan sumbernya di dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, 24 Agustus 2018



Rahmat Dwijayanto

HALAMAN MOTTO



“Belajar dari masa lalu, hidup untuk masa kini, dan berharap untuk masa yang akan datang” (Albert Einstein)

“Belajar, bekerja, dan berkarya”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. *Alhamdulillah rabbil 'alamin*, dengan ridha Allah SWT penyusun dapat menyelesaikan skripsi sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang berjudul “**PENGARUH CAMPURAN CANGKANG SAWIT DAN PLASTIK PADA PIROLISIS BERKATALIS CAO-ZEOLIT ALAM TERHADAP SIFAT FISIK DAN KIMIA PYROLYTIC OIL**”. Limbah cangkang sawit dan plastik memiliki potensi menjadi produk yang bermanfaat. Kandungan volatil yang cukup banyak pada kedua bahan tersebut berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan bakar minyak alternatif. Salah satu metode kompetitif guna mengkonversi limbah tersebut menjadi minyak yaitu dengan metode pirolisis. Pirolisis merupakan suatu proses dekomposisi kimia dengan bantuan pemanasan pada bahan organik maupun anorganik tanpa adanya keterlibatan oksigen dalam prosesnya.

Penelitian ini dilakukan dengan variasi perbandingan cangkang sawit dengan plastik LDPE yaitu 100%:0%, 75%:25%, 50%:50%, 25%:75%, dan 0%:100% dengan penambahan katalis (CaO dan zeolit alam) sebesar 75% pada setiap variasi. Bahan baku akan dipirolisis pada temperatur 500°C dengan bantuan pemanas dari listrik untuk menghasilkan minyak. Selanjutnya minyak tersebut akan diuji karakteristiknya yaitu densitas, kadar pH, viskositas, nilai kalor, dan dilengkapi dengan identifikasi senyawa penyusun kimia menggunakan *gas chromatography – mass spectrometry* (GC-MS).

Penyusun skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, peran, dukungan, doa serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Kedua orangtua tercinta yang telah memberikan doa serta dukungan kepada penyusun secara moril maupun materil.
2. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memberikan kesempatan untuk dapat belajar dan berkembang di jenjang Strata-1.

3. Program Studi Teknik Mesin yang telah memfasilitasi dan memberikan ilmu yang bermanfaat dalam mengembangkan *skill*.
4. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng Sc., Ph.D. selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
5. Bapak Thoharudin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang dengan penuh kesabaran membimbing, memberikan saran serta meluangkan waktu untuk konsultasi selama proses penelitian.
6. Bapak Muhammad Nadjib, S.T. M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan masukan yang bermanfaat dalam penulisan naskah tugas akhir.
7. Bapak Novi Caroko, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji yang bersedia meluangkan waktu untuk menguji penelitian ini, serta memberikan kritik maupun saran dalam penelitian ini.
8. Segenap dosen serta staff tata usaha Prodi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah membantu dan mendukung dalam penelitian ini.
9. Sahabat serta teman seperjuangan Prodi Teknik Mesin angkatan 2014.
10. Semua pihak yang telah memberikan semangat, dukungan, dan bantuan dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari memiliki banyak kekurangan dalam tugas akhir ini. Oleh karena itu, masukkan kritik maupun saran sangat diperlukan guna sebagai pengembangan karya penelitian yang berikutnya. Semoga dapat bermanfaat bagi penyusun serta pembaca sehingga menambah wawasan pengetahuan.

Yogyakarta, 17 Juli 2018

Rahmat Dwijayanto

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
INTISARI	xv
ABSTRACT	xvi

BAB 1 PENDAHULUAN

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

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka	4
2.2. Dasar Teori	7
2.2.1. Pirolisis	7
2.2.2. Bahan Baku Cangkang Sawit	15
2.2.3. Bahan Baku Plastik	17
2.2.4. Katalis CaO dan Zeolit Alam	21
2.2.5. Produk Cair (<i>Pyrolytic oil</i>)	22
2.2.6. Golongan Senyawa	23

2.2.6.1. Golongan Hidrokarbon	23
2.2.6.2. Golongan Oksigenat	25
2.2.7. Karakteristik Bahan Bakar Cair	28
2.2.7.1. Densitas	29
2.2.7.2. Viskositas	30
2.2.7.3. Kadar pH	31
2.2.7.4. Nilai Kalor	31
2.2.7.5. Kromatografi Gas – Spektrometri Massa (GC-MS)	33

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Bahan Penelitian	35
3.2. Alat Penelitian	37
3.3. Diagram Alir Penelitian	45
3.4. Prosedur Penelitian	47
3.4.1. Persiapan Bahan dan Alat	47
3.4.2. Proses Pirolisis	49
3.4.3. Pengujian <i>Pyrolytic oil</i>	49
3.4.4. Analisis Data dan Kesimpulan	49
3.4.5. Variasi Data Sampel	50
3.4.6. Metode Pengambilan Data	50
3.6. Tempat dan Waktu Penelitian	53

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengaruh Persentase Bahan Baku Terhadap Kuantitas Produk Pirolisis ..	54
4.2. Pengaruh Persentase Bahan Baku Terhadap Densitas <i>Pyrolytic oil</i>	58
4.3. Pengaruh Persentase Bahan Baku Terhadap Kadar pH <i>Pyrolytic oil</i>	59
4.4. Pengaruh Persentase Bahan Baku Terhadap Viskositas <i>Pyrolytic oil</i>	61
4.5. Pengaruh Persentase Bahan Baku Terhadap Nilai Kalor (HHV) <i>Pyrolytic oil</i>	63
4.6. Pengaruh Persentase Bahan Baku Terhadap Senyawa Penyusun Kimia <i>Pyrolytic oil</i>	65

4.7. Penggolongan Unsur Hidrokarbon pada <i>Pyrolytic oil</i>	70
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Reaksi dari proses pirolisis	8
Gambar 2.2. Reaktor tipe <i>fixed-bed</i>	13
Gambar 2.3. Reaktor tipe <i>fluidized-bed</i>	14
Gambar 2.4. Reaktor tipe <i>auger kiln</i>	15
Gambar 2.5. Nomor kode plastik	19
Gambar 2.6. Struktur molekul polietilena	20
Gambar 2.7. Contoh senyawa alifatik	24
Gambar 2.8. Contoh senyawa siklik	24
Gambar 2.9. Contoh senyawa aromatik	24
Gambar 2.10. Contoh senyawa PAH	25
Gambar 2.11. Struktur aldehid	26
Gambar 2.12. Contoh senyawa alkohol	26
Gambar 2.13. Struktur asam	26
Gambar 2.14. Struktur keton	27
Gambar 2.15. Struktur <i>phenol</i>	27
Gambar 2.16. Struktur furan	27
Gambar 2.17. Struktur ester	28
Gambar 2.18. Struktur <i>glycol</i>	28
Gambar 3.1. Limbah cangkang kelapa sawit	35
Gambar 3.2. Plastik kresek	36
Gambar 3.3. (a) Katalis CaO, (b) Katalis zeolit alam	36
Gambar 3.4. Alat pirolisis reaktor tipe <i>fixed-bed</i>	37
Gambar 3.5. <i>Control panel</i> listrik	37
Gambar 3.6. <i>Thermocontroller</i>	38
Gambar 3.7. <i>Thermocouple</i> tipe k	38
Gambar 3.8. (a) <i>Heater tubular</i> , (b) <i>Heater spiral</i>	39
Gambar 3.9. Timbangan digital	39
Gambar 3.10. Gelar ukur 30 ml	40
Gambar 3.11. Alat pH meter	40

Gambar 3.12. Alat viskometer	41
Gambar 3.13. Alat bom kalorimeter	41
Gambar 3.14. Alat GC-MS	42
Gambar 3.15. Skema komponen utama alat pirolisis tipe <i>fixed-bed reactor</i>	44
Gambar 3.16. Diagram Alir Penelitian	46
Gambar 4.1. Perbandingan kuantitas produk arang, <i>pyrolytic oil</i> , gas dan <i>wax</i>	54
Gambar 4.2. Perbandingan bahan baku terhadap densitas <i>pyrolytic oil</i>	58
Gambar 4.3. Perbandingan bahan baku terhadap kadar pH <i>pyrolytic oil</i>	59
Gambar 4.4. Perbandingan bahan baku terhadap viskositas <i>pyrolytic oil</i>	61
Gambar 4.5. Perbandingan bahan baku terhadap nilai kalor <i>pyrolytic oil</i>	63
Gambar 4.6. Identifikasi senyawa hasil GC-MS pada variasi plastik 0%	65
Gambar 4.7. Identifikasi senyawa hasil GC-MS pada variasi plastik 50%	65
Gambar 4.8. Identifikasi senyawa hasil GC-MS pada variasi plastik 75%	66
Gambar 4.9. Identifikasi senyawa hasil GC-MS pada variasi plastik 100%	66
Gambar 4.10. Identifikasi senyawa hasil GC-MS pada variasi plastik 0% (a)....	66
Gambar 4.11. Identifikasi senyawa hasil GC-MS pada variasi plastik 100% (a)	66
Gambar 4.12. Perbandingan senyawa hidrokarbon dengan oksigenat pada <i>pyrolytic oil</i> berdasarkan variasi bahan baku	67
Gambar 4.13. Penggolongan unsur hidrokarbon pada <i>pyrolytic oil</i>	70

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kandungan <i>proximate</i> dan <i>ultimate</i> cangkang sawit	16
Tabel 2.2. Kode, jenis <i>thermoplastic</i> , dan contoh aplikasi	19
Tabel 2.3. Analisis <i>proximate</i> dan <i>ultimate</i> dari LDPE	20
Tabel 2.4. Karakteristik <i>pyrolytic oil</i>	22
Tabel 2.5. Karakteristik bahan bakar cair	29
Tabel 3.1. Spesifikasi alat pH meter	40
Tabel 3.2. Spesifikasi viskometer	41
Tabel 3.3. Spesifikasi bom kalorimeter	41
Tabel 3.4. Spesifikasi alat GC-MS.....	42
Tabel 3.5. GC-MS program	43
Tabel 3.6. Keterangan komponen alat pirolisis.....	44
Tabel 3.7. Persentase penambahan plastik terhadap cangkang sawit	50
Tabel 4.1. Komposisi senyawa <i>pyrolytic oil</i> berdasarkan variasi bahan baku ...	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Jumlah kuantitas <i>pyrolytic oil</i>	79
Lampiran 2. Nilai densitas <i>pyrolytic oil</i>	79
Lampiran 3. Nilai kadar pH <i>pyrolytic oil</i>	80
Lampiran 4. Nilai viskositas <i>pyrolytic oil</i>	80
Lampiran 5. Nilai kalor <i>pyrolytic oil</i>	81
Lampiran 6. Data uji GC-MS pada persentase plastik 0%	82
Lampiran 7. Data uji GC-MS pada persentase plastik 50%	83
Lampiran 8. Data uji GC-MS pada persentase plastik 75%	85
Lampiran 9. Data uji GC-MS pada persentase plastik 100%	87
Lampiran 10. Data uji GC-MS pada persentase plastik 0% (a)	89
Lampiran 11. Data uji GC-MS pada persentase plastik 100% (a)	90

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

%	= Persen
kg	= Kilogram
MJ/kg	= Megajoule per kilogram
°C	= Derajat celcius
m	= Meter
cm	= Centimeter
mm	= Milimeter
ml	= Mililiter
g/cm ³	= Gram per centimeter kubik
kg/l	= Kilogram per liter
% wt	= Persen berat (<i>weight percent</i>)
cP	= Centipoise
cSt	= Centistoke
gr/ml	= Gram per mililiter
rpm	= Rotasi per menit
µm	= Mikrometer
kPa	= Kilopascal
ml/min	= Mililiter per menit
cm/s	= Centimeter per detik
cal/gr	= Kalori per gram
kg/m ³	= Kilogram per meter kubik
µl	= Mikroliter