

**OPTIMASI *HYDROCRACKING BIO-OIL* HASIL PIROLISIS
TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DENGAN KATALIS Ni/ZAA
DAN PEMODELANNYA MENGGUNAKAN
*RESPONS SURFACE METHOD (RSM)***

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Bidang Kimia



OLEH :
RISA AGUSTINI
08031181520090

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

**OPTIMASI *HIDROCRACKING BIO-OIL* HASIL PIROLISIS
TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DENGAN KATALIS Ni/ZAA
DAN PEMODELANNYA MENGGUNAKAN
*RESPONS SURFACE METHOD (RSM)***

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Bidang Kimia

Oleh:

RISA AGUSTINI

08031181520090

Pembimbing I



Zainal Fanani, M. Si

NIP. 196708211995121001

Indralaya, 2 Agustus 2019

Pembimbing II



Dr. Ady Mara, M.Si

NIP.196404301990031003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Prof. Dr. Iskhag Iskandar, M.Sc

NIP. 197210041997021001

HALAMAN PERSETUJUAN


Skripsi dengan judul “Optimasi *Hydrocracking Bio-Oil* Hasil Pirolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Katalis Ni/ZAA dan Pemodelannya Menggunakan Respons Surface Method (RSM)” telah diseminarkan di hadapan dosen pembimbing dan penguji Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam pada tanggal 31 Juli 2019 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai dengan masukan yang diberikan.

Indralaya, 2 Agustus 2019

Ketua :

1. Zainal Fanani, M.Si

NIP. 196708211995121001



Anggota :

1. Dr. Ady Mara, M.Si

NIP. 196404301990031003



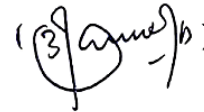
2. Dr. Hasanudin, M.Si

NIP.197205151997021003



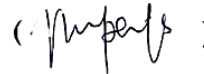
3. Dr. Eliza, M.Si

NIP.196407291991022001



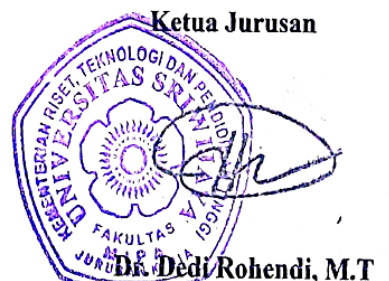
4. Nurlisa Hidayati, M.Si

NIP. 197211092000032001



Mengetahui,


Dekan FMIPA
Prof. Dr. Iskhq Iskandar, M.Sc
NIP. 197210041997021001


Ketua Jurusan
Dr. Dedi Rohendi, M.T
NIP.196704191993031001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa : Risa Agustini

NIM : 08031181520090

Fakultas/ Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/ Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil kerja saya sendiri didampingi pembimbing dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata 1 (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lainnya.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya,

Indralaya, 2 Agustus 2019

Penulis

Risa Agustini

08031181520090

**HALAMAN ERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Risa Agustini
NIM : 08031181520090
Fakultas/ Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/ Kimia
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Optimasi *Hydrocracking Bio-Oil* Hasil Pirolisi Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Katalis Ni/ZAA dan Pemodelannya Menggunakan Respons Surface Method (RSM)” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasi tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 2 Agustus 2019
Yang menyatakan,

Risa Agusrtini
08031181520090

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Untuk mendapatkan sesuatu yang kau inginkan kau harus bersabar dengan sesuatu yang kau benci”

(Imam Ghazali)

Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.

(QS. Alam Nasyroh: 5)

”Katakana pa yang kau lakukan, lakukan apa yang kau katakan”
(Risa Agustini)

“Selalu berbuat baik kepada orang lain, karena Allah SWT. akan membalas kebaikan itu dengan cara yang tak disangka-sangka”
(Risa Agustini)

Skripsi ini sebagai tanda syukur saya kepada:

Allah S.W.T

Nabi besar Muhammad S.A.W

Dan saya persembahkan kepada :

Kedua orang tuaku

Kakak-kakakku

Guru-guru dan dosen-dosenku

Sahabat-sahabatku dan sahabat hidupku

Almamaterku Universitas Sriwijaya

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya lah penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini yang berjudul “Optimasi *Hydrocracking Bio-Oil* Hasil Pirolisi Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Katalis Ni/ZAA dan Pemodelannya Menggunakan Respons Surface Method (RSM)” shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad S.A.W yang telah membawa kita dari zaman kegelapan kea alam berilmu seperti sekarang ini. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Dalam penelitian dan penulisan skripsi ini, penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Zainal Fanani, M.Si** dan Bapak **Dr. Ady Mara, M.Si** yang telah meluangkan waktu memberikan bimbingan, pengalaman, motivasi, saran dan petunjuk, kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih dan rasa hormat kepada:

1. Allah SWT. atas segala rahmat, kasih dan hidayah Nya terhadap penulis yang sungguh tak terhitung jumlahnya hingga terselesainya skripsi ini.
2. Terkhusus untuk kedua orangtuaku (Aba&Mak) yang selalu mendukung, memberikan motivasi, memberikan kasih sayang dan do'a untuk penulis. Serta Kakak-kakakku dan Keluarga besar (Alm M.Hasan & Alm Cik Entik) yang telah memberikan kasih sayang dan semangat untuk penulis.
3. Bapak Dr. Dedi Rohendi, M.T. selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Dr. Muharni, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik sekaligus penguji. Bapak Dr. Hassanudin, M.Si, Ibu Nurlisa Hidayati, M.Si, dan Ibu Dr. Eliza M.Si selaku dosen penguji siding sarjana, terimakasih atas bimbingan dan masukannya serta telah menjadi bagian terpenting dari penulis.
5. Seluruh Staf Dosen Jurusan Kimia Fakultas MIPA UNSRI yang telah menyumbangkan ilmunya.

6. Staf Analis Laboratorium Kimia FMIPA terimakasih atas bantuannya selama penelitian.
7. Mbak Novi, Kak Chosi'in dan Kak Roni yang selalu sabar membantu setiap urusan Administrasi selama perkuliahan
8. Rian Nopriansyah, S.Si yang telah menjadi orang terdepan yang selalu melindungi penulis selama ditanah rantau, serta telah menjadi teman, sahabat, kakak serta sahabat hidup yang selalu menguatkan penulis.
9. Sahabat-sahabatku (Dian Pratiwi, S.Si; Dini Aprilin, S.Si dan Nur Imaniyah, S.Si) yang selalu menemani setiap cerita suka maupun duka yang terukir selama masa perkuliahan. Tetaplah menjadi sahabat-sahabatku ya, jangan pernah saling melupakan.
10. Sahabat-sahabat seperjuangan (Santi, Laras, Tiwi, Winda, Rian, Wisnu, Arya, Ardi) tak terasa kita sudah dipenghujung acara ya, sukses untuk kita semua.
11. Sahabat-sahabatku Novita, Lili, Julya , dan Nurjanah (S.Si) yang selalu menemani, mensupport dan membantu penulis selama perkuliahan.
12. Teman Seperjuangan MIKI'2015 yang telah memberikan banyak cerita menarik selama 4 tahun masa perkuliahan ini, sampai ketemu di REUNI 2025 gengs bar-barku.
13. Kakak dan Adik tingkatku
14. Semua pihak yang telah mendukung, membantu serta mendoakan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan masukan yang membangun dari para pembaca. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Indralaya, 3 Agustus 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
SUMMARY	ix
RINGKASAN	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>Bio-Oil</i>	4
2.2 Sumber Bahan Baku Bio Oil.....	5
2.2.1 Kelapa Sawit.....	6
2.2.2 Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	7
2.3 Proses Pembuatan <i>Bio-Oil</i>	
2.3.1 Proses Pirolisis.....	8
2.3.2 Proses <i>Hydrocracking</i>	8
2.4 Katalis.....	9
2.4.1 Zeolit.....	10
2.4.2 Logam Nikel.....	10
2.5 <i>Matrix Laboratory</i> (MATLAB).....	11
2.6 <i>Response Surface Methodology</i> (RSM).....	11
2.7 <i>Central Composite Design</i>	13
2.8 Minitab16.....	13
BAB 3 METODELOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	14
3.2 Alat dan Bahan	

3.2.1	Alat	14
3.2.2	Bahan.....	14
3.3	Prosedur Penelitian	
3.3.1	Persiapan TKKS	14
3.3.2	Karakterisasi TKKS	14
3.3.3	Pembuatan Zeolit Alam Aktif	15
3.3.4	Pembuatan Katalis Ni/ZAA	15
3.3.5	Karakterisasi Katalis Ni/ZAA dengan Amoniak dan Piridin.....	16
3.3.6	<i>Hydrocracking</i> Bio-Oil.....	16
3.3.7	Model Matematik <i>Hydrocracking</i>	16
3.3.8	Penentuan Kondisi Optimum <i>Hydrocracking</i>	18
3.3.9	Uji Bio-oil dengan Beberapa Parameter	19
3.3.9.1	Penentuan Konversi Hasil Reaksi	19
3.3.9.2	Penentuan Berat Jenis Hasil Reaksi	19
3.3.9.3	Pengujian Kandungan Senyawa dengan GC-MS ...	19
3.4	Analisis Data	
3.4.1	Analisis Karakter Katalis Ni/ZAA	19
3.4.2	Analisis Karakterisasi TKKS	20
3.4.3	Karakterisasi Produk <i>Hydrocracking</i>	20
3.4.4	Validasi Model	20

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Karakterisasi TKKS.....	21
4.2	Karakterisasi Katalis Ni/ZAA menggunakan XRD	22
4.3	Karakterisasi Keasaman Katalis dengan Ammonia dan Piridin	23
4.4	Optimasi Variabel Temperatur dan Jumlah Katalis Terhadap Persen Konversi Bio Oil	24
4.5	Optimasi Variabel Temperatur dan Jumlah Katalis Terhadap Berat Jenis Bio Oil	25
4.6	Analisis Persen Konversi dan Berat Jenis Bio Oil Tahap I	27
4.7	Analisis Persen Konversi dan Berat Jenis Bio Oil Tahap II	29
4.7.1	Uji Kenormalan Persen Konversi dan Berat Jenis Bio Oil ...	30

4.7.2 Uji Keidentikan Persen Konversi dan Berat Jenis Bio Oil	32
4.8 Analisis Hasil Produk Hidrocracking dengan Gas Cromatografy Mass Spektrometry (GCMS)	33
4.9 Validasi Model	34
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	42

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Struktur Selulosa	5
Gambar 2 Proses Kerja Katalis.....	9
Gambar 3 Difaktogram Hasil Karakterisasi Katalis Ni/ZAA	22
Gambar 4 Diagram Batang Situs Asam pada Katalis Zeolit Alam Aktif dan Ni/ZAA.....	23
Gambar 5 Grafik Tiga Dimensi Optimasi Pengaruh Temperatur dan Jumlah Katalis terhadap Persen Konversi.....	25
Gambar 6 Grafik Tiga Dimensi Optimasi Pengaruh Temperatur dan Jumlah Katalis Terhadap Berat Jenis	27
Gambar 7 Uji Kenormalan Residual Persen Konversi Bio Oil	31
Gambar 8 Uji Kenormalan Residual Berat Jenis Bio Oil	31
Gambar 9 Uji Keidentikan Residual Persen Konversi Bio Oil	32
Gambar 8 Uji Keidentikan Residual Berat Jenis Bio Oil	32
Gambar 11 Grafik regresi % Konversi Bio Oil Hasil Eksperimen terhadap % Konversi Bio Oil Hasil Pemodelan	35
Gambar 12 Grafik regresi Berat Jenis Bio Oil Hasil Eksperimen terhadap Berat Jenis Bio Oil Hasil Pemodelan	35

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Rendeman Produk <i>Bio-Oil</i>	6
Tabel 2 Komposisi Kimiawi TKKS	7
Tabel 3 Sifat Biomasa dari Kelapa Sawit.....	7
Tabel 4 Rancangan Percobaan Tahap I	17
Tabel 5 Daftar Variabel dari Pengkodean	18
Tabel 6 <i>Central Composite Design</i> (CCD) dengan Dua Variabel.....	18
Tabel 7 Komposisi Kimia TKKS	21
Tabel 8 Pengaruh Temperatur dan Jumlah Katalis terhadap Persen Konversi.....	24
Tabel 9 Pengaruh Temperatur dan Jumlah Katalis terhadap Berat Jenis	26
Tabel 10 Koefisien Regresi Model Persen Konversi Tahap I	27
Tabel 11 Koefisien Regresi Model Berat Jenis Tahap I	28
Tabel 12 Analisis Variasi Model Persen Konversi Tahap I.....	28
Tabel 13 Analisis Variasi Model Berat Jenis Tahap I	28
Tabel 14 Koefisien Regresi Model Persen Konversi Tahap II.....	29
Tabel 15 Koefisien Regresi Model Berat Jenis Tahap II.....	30
Tabel 16 Analisis Senyawa pada Produk <i>Hydrocracking</i> Tanpa Katalis	33
Tabel 17 Analisis Senyawa pada Produk <i>Hydrocracking</i> Dengan Katalis	34

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Hasil Uji Karakterisasi TKKS	42
Lampiran 2 Perhitungan Kandungan Kimia TKKS	43
Lampiran 3 Hasil Karakterisasi Katalis Ni/ZAA Menggunakan XRD	44
Lampiran 4 Uji Keasaman Katalis Zeolit Alam Aktif dan Ni/ZAA	45
Lampiran 5 Perhitungan Porsen Konversi dan Berat Jenis	47
Lampiran 6 Kromatogram Produk Hidrocracking Tanpa Katalis	48
Lampiran 7 Kromatogram Produk Hidrocracking Dengan Katalis	51
Lampiran 8 Struktur Senyawa Produk Hidrocracking Tanpa Katalis	54
Lampiran 9 Struktur Senyawa Produk Hidrocracking Dengan Katalis	57
Lampiran 10 Validasi Konversi Eksperimen Terhadap Konversi Model	59
Lampiran 11 Validasi Berat Jenis Eksperimen Terhadap Berat Jenis Model	60
Lampiran 12 Gambar Kegiatan Penelitian	61

**OPTIMIZATION OF HYDROCRACKING BIO OIL OF PYROLYSIS
PRODUCTS FROM PALM EMPTY FRUIT BUNCHES WITH Ni/ZAA
CATALYST AND MODELING USING
RESPONSE SURFACE METHOD (RSM)**

RISA AGUSTINI

08031181520090

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya

E-mail : rizaagustini97@gmail.com

ABSTRACT: Indonesia has very extensive Palm plantations, which produce overflow palm empty fruit bunches (PEFB) waste. The PEFB waste can be used to make bio-oil by the hydrocracking process using Ni/ZAA catalyst. The characterization of Ni/ZAA catalyst includes the acidity of catalyst with adsorption ammonia and pyridine and the crystal structure of Ni/ZAA catalyst with XRD. Optimization includes temperature and catalyst weight with percent conversion and density response variables by modeling design Respons Surface Method (RSM). The diffractogram of catalyst characterization result shows the presence zeolite compounds at angles 2θ 26.67 and 27.71 and with nickel oxide there is an angle 2θ of 37.38; 43.42; 62.98. The acidity value of the catalyst's outer surface increased from 0.1995 mmol/g for ZAA to 0.8027 mmol/g for Ni/ZAA, as well for the acidity of the surface in the catalyst it increased from 0.6872 mmol/g for ZAA to 0.9303 mmol/g for Ni/ZAA. The results showed that the optimal conditions by RSM occurred at temperature 553.63°C and weight catalyst 2.2538 g with percent conversion produced at 29.05% and at temperature 568.13°C and weight catalyst 2.0363 g with the density of 0.9714 g/mL.

Keywords: Keywords: Bio-oil, Hydrocracking, Catalysts, Optimum Conditions, RSM.

Indralaya, 3 Agustus 2019

Pembimbing I



Zainal Fanani, M.Si
NIP. 196708211995121001

Pembimbing II



Dr. Ady Mara, M.Si
NIP. 196404301990031003

Mengetahui

Ketua Jurusan Kimia



Dr. Dedi Rohendi, M.T
NIP. 196704191993031001

**OPTIMASI *HIDROCRACKING BIO-OIL* HASIL PIROLISIS TANDAN
KOSONG KELAPA SAWIT DENGAN KATALIS Ni/ZAA
DAN PEMODELANNYA MENGGUNAKAN
*RESPONS SURFACE METHOD (RSM)***

RISA AGUSTINI

08031181520090

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya

E-mail : rizaagustini97@gmail.com

ABSTRAK: Indonesia memiliki perkebunan kelapa sawit yang sangat luas, yang menghasilkan limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) yang melimpah. Limbah TKKS ini dapat dimanfaatkan untuk membuat *bio-oil* melalui proses *hydrocracking* menggunakan katalis Ni/ZAA. Karakterisasi katalis Ni/ZAA meliputi uji keasaman katalis dengan adsorpsi ammonia dan piridin dan struktur kristal katalis Ni/ZAA dengan XRD. Optimasi *hydrocracking* meliputi variasi temperatur dan berat katalis dengan variabel respon persen konversi dan berat jenis serta perancangan pemodelan menggunakan *Respons Surface Method (RSM)*. Difraktogram hasil karakterisasi katalis menunjukkan adanya senyawa zeolit pada sudut 2θ 26,67 dan 27,71 dan senyawa nikel oksida ada sudut 2θ 37,38; 43,42; 62,98. Nilai keasaman permukaan luar katalis meningkat dari 0,1995 mmol/g untuk ZAA menjadi 0,8027 mmol/g untuk Ni/ZAA, Demikian juga untuk keasaman permukaan dalam katalis meningkat dari 0,6872 mmol/g untuk ZAA menjadi 0,9303 mmol/g untuk Ni/ZAA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum berdasarkan RSM terjadi pada temperatur 553,63°C dan berat katalis 2,2538 g dengan persen konversi yang dihasilkan 29,05% dan pada temperatur 568,13°C dan berat katalis 2,0363 g dengan berat jenis 0,9714 g/mL.

Kata kunci: *Bio-oil, Hydrocracking, Katalis, Kondisi Optimum, RSM.*

Indralaya, 3 Agustus 2019

Pembimbing I



Zainal Fanani, M.Si
NIP. 196708211995121001

Pembimbing II



Dr. Ady Mara, M.Si
NIP. 196404301990031003

Mengetahui

Ketua Jurusan Kimia



Dr. Dedi Rohendi, M.T
NIP. 196704191993031001

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia terus memperluas lahan perkebunan kelapa sawit dan meningkatkan produksi CPO. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan limbah padat terbesar yang dihasilkan oleh perkebunan kelapa sawit (PKS). Setiap pengolahan 1 ton tandan buah segar (TBS) dihasilkan TKKS sebanyak 22-23 % atau sebanyak 220-230 kg. TKKS merupakan limbah berlignoselulosa yang belum dimanfaatkan secara optimal. Selama ini tandan kosong kelapa sawit hanya digunakan sebagai bahan bakar boiler, kompos dan bahan pengeras jalan diperkebunan kelapa sawit (Faudi dan Pranoto, 2016).

Aktivitas manusia tidak terlepas dari pemakaian sumber energi fosil, intensitas penggunaan yang tidak terkendali serta kurangnya konservasi energi menimbulkan masalah pada ketersediaan bahan bakar fosil. Abdullah (2007) menyatakan bahwa krisis energi global akan terjadi pada akhir abad ini. Keterbatasan cadangan sumber energi ini dibutuhkan perhatian serius seperti mengoptimalkan penggunaan sumber energi terbarukan.

Sumber energi terbarukan yang berpotensi untuk diterapkan adalah energi biomassa dengan memproduksi bio-oil yang diperoleh dari limbah pertanian hutan, perkebunan, industri dan rumah tangga, bio-oil adalah bahan bakar cair berwarna gelap, beraroma seperti asap, dan diproduksi melalui teknologi pirolisa (pyrolysis). Bahan yang mengandung selulosa berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku *bio-oil*, bahan yang memiliki kandungan lignin yang tinggi, cenderung menghasilkan rendemen yang rendah (60-65 %). Sedangkan bahan baku dengan kandungan selulosa yang tinggi, cenderung menghasilkan *bio-oil* dengan rendemen yang tinggi (75-93 %) (Ridhuan dan Suranto, 2006).

Bio-oil yang dihasilkan dari proses pirolisis masih banyak menghasilkan senyawa - senyawa siklik dan rantai karbon rangkap karena setiap pemutusan rantai hidrokarbon akan mengakibatkan kekurangan hidrogen (Nurchayyo dkk, 2008). Sehingga perlu dilakukan proses *hydrocracking*, dimana *hydrocracking* adalah proses perengkahan dengan mereaksikan biomassa dengan sejumlah gas hidrogen pada keadaan suhu tertentu dengan bantuan katalis (Nugroho dkk, 2014).

Berbagai macam katalis digunakan pada proses perengkahan karena dengan pemakaian katalis suatu reaksi dapat berjalan dengan waktu yang singkat dan nilai konversi yang lebih besar. Dalam *hydrocracking* digunakan katalis bifungsional. Katalis Ni/ZAA termasuk katalis bifungsional dimana logam Ni sebagai katalis hidrogenasi sedangkan zeolit alam aktif sebagai katalis rengkah (*cracking*), sehingga katalis Ni/ZAA digunakan sebagai katalis *hydrocracking* (katalis bifungsional). Zeolit di Indonesia sangat melimpah sehingga perlu dimanfaatkan. Anggoro dan Luqman (2015) menyatakan bahwa zeolit merupakan katalis yang baik, karena mempunyai pori atau saluran yang besar dan memiliki luas permukaan besar serta tingkat keasaman yang cukup tinggi.

Logam transisi Co telah diteliti sebagai logam yang diimbangkan pada zeolit alam aktif melalui impregnasi dengan hasil yang baik, karena Co memiliki sifat magnetik yang baik untuk dijadikan katalis, dan logam Co mempunyai orbital d yang kosong sehingga dapat digunakan sebagai inti aktif katalis dalam reaksi hidrogenasi (Dewi dkk, 2016). Oleh karena itu pada penelitian ini digunakan logam Ni karena termasuk logam transisi yang memiliki orbital kosong yang diharapkan dapat berperan dalam proses hidrogenasi dan dapat membantu meningkatkan hasil *hydrocracking* karena mekanisme hidrogenasi memungkinkan terjadinya pemutusan pada ikatan hidrokarbon.

Variabel proses yang dioptimasi dibutuhkan untuk memperoleh hasil *hydrocracking* yang optimal. Temperatur dan berat katalis sangat berpengaruh dalam proses *hydrocracking*, oleh karena itu dilakukan pemodelan menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) untuk mendapatkan hasil yang optimal. RSM adalah gabungan teknik statistik dan matematika untuk rancangan percobaan, membangun model, evaluasi pengaruh faktor dan mencari kondisi optimum dari faktor-faktor yang mempengaruhi respons (Assagaf dkk, 2012). Sehingga pada penelitian ini dilakukan *hydrocracking bio-oil* hasil pirolisis TKKS dengan katalis Ni/ZAA, serta diamati pengaruh variabel temperatur dan berat katalis dengan melakukan pemodelan menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) untuk memperoleh hasil *hydrocracking* yang optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Sumber daya biomassa sangat besar terutama dari sektor pertanian dan kehutanan, seperti limbah pemanenan dan limbah industri kehutanan, misalnya tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Pemanfaatan TKKS sebagai produk pirolisis masih terbatas pada produk arang, arang aktif dan briket arang. *Bio-oil* yang dihasilkan dari proses pirolisis juga masih banyak menghasilkan senyawa - senyawa siklik dan rantai karbon rangkap. Oleh karena itu pada penelitian ini diamati pengaruh temperatur dan berat katalis pada proses *hydrocracking bio-oil* hasil pirolisis tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dengan menggunakan katalis Ni/ZAA dan kemudian dengan dilakukan permodelan menggunakan RSM, serta produk hasil *hydrocracking* ini diamati dengan GC-MS.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kandungan TKKS meliputi kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin dengan metode *Chesson*.
2. Membuat Katalis Ni/ZAA dan karakterisasinya meliputi struktur kristal katalis menggunakan XRD serta keasaman katalis menggunakan amoniak dan piridin.
3. Membuat model matematik untuk menentukan temperatur dan berat katalis optimum pada proses *hydrocracking* terhadap persen konversi dan berat jenis menggunakan RSM.
4. Karakterisasi produk *hydrocracking* meliputi kandungan senyawa hidrokarbon rantai lurus menggunakan GC-MS.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang dilakukan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi berupa upaya memaksimalkan penggunaan TKKS yang berpotensi dijadikan sebagai energi alternatif, sehingga diperoleh suatu pola penggunaan yang tepat daya dan tepat guna dalam rangka memaksimalkan pengetahuan ilmu sains, ekonomi, sosial, dan lingkungan di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, N. 2007. Bio oil from Fast Pyrolysis of Oil Palm Empty Fruit Bunches. *Jurnal of Physical Science*. 18(1): 57-74.
- Anggara, P. A., Wahyudi, S., dan Prasetya, A. T. 2013. Optimasi Zeolit Alam Wonosari dengan Proses Aktivasi Secara Fisika dan Kimia. *Indonesia Journal of Chemical Science*. 2(1): 73-77.
- Anggoro, D. D., Buchori, L. 2015. Preparasi dan Karakterisasi Katalis Co/Zeorlite Y and Co-Mo/Zeorlite Y untuk Konversi Tar Batubara. *Prosiding Seminar Nasional "Kejuangan"*. ISSN 1693-4393.
- Assagaf, M., Hastuti, P, Hidayat, C., dan Supriyadi. 2012. Optimasi Ekstraksi Oleoresin Pala (*Myristica Fragrans Houtt*) Asal Maluku Utara Menggunakan Response Surface Methodology (RSM). *Jurnal AGRITECH*. 23(4): 383-391.
- Azri, R., Bahri, S., dan Aman. 2014. Pirolisis Biomassa Pelepah Sawit Menjadi Bio-Oil dengan Katalis Natural Zeolit Dealuminated (NZA). *Jurnal FTEKNIK*. 1(2): 1-11.
- Bariyah. K., Nuri. A., dan Purwiyatno. H. 2017. Pengurangan Kadar Digliserida dan Asam Lemak Bebas dalam Minyak Sawit Kasar Menggunakan Adsorben. *Agritech*. 37 (1): 48-58.
- Cahyono, A., Nugroho, W. A., Kadarisman., Muryanto. 2016. Penggunaan Lindi Hitam Pada Proses *Pretreatment* TKKS (*Elaeis Guineensis*). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*. 4(1): 33-40.
- Chowdhury, Z. Z., Hamid, B. A., Hasan, M., Zain, S. M., Khalid, K., and Udin, N. 2013. Prepaton of Carbonaceous Adsorbent ftom Lignocellulosic Biomass and Their Use in Removal of Contaminants from Aqueous Solution. *Journal BioResources*. 8(4): 6523- 6555.
- Dewi, T. K., Mahdi., dan Novriansyah, T. 2016. Pengaruh Rasio Reaktan Pada Impregnasi Dan Suhu Reduksi Terhadap Karakter Katalis Kobalt/Zeorlit Alam Aktif. *Jurnal Teknik Kimia*. 2(3): 34-42.
- Dewi, T. K., Mediana, M., dan Hidayati, N. 2014. Pengaruh Suhu Pada Hydrocracking Oli Bekas Menggunakan Katalis Cr/ZAA. *Jurnal Teknik Kimia*. 2(20): 64-69.
- Dolu, A., dan Hasan, H. 2010. Metode Elemen Hingga Dengan Program Matlab dan Aplikasi Sap 2000 Untuk Analisis Struktur Cangkang. *Jurnal SMARTek*. 8(2): 153 – 168.

- Fahmi, R., Bridgwater, A. V., Donnison, I., Yates, N., and Jones, J. M. 2008. The effect of lignin and inorganic species in biomass on pyrolysis oil yields, quality and stability on pyrolysis oil yields, quality and stability. *Journal Feul.* 87(1): 1230-1240.
- Fanani, Z., dan Hasanudin. 2010. Hidrocracking Tir Batu Bara dengan Katalis Ni/Co-ZAA. *Laporan Penelitian.* Lembaga penelitian UNSRI.
- Firdaus, L. H., Wicaksono, A. R., dan Widayat. 2013. Pengaruh Rasio Reaktan Pada Impregnasi Dan Suhu Reduksi Terhadap Karakter Katalis Kobalt/Zeolit Alam Aktif. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri.* 2(2): 148-154.
- Fuadi, A. M., dan Pranoto, H. 2016. Pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan baku pembuatan glukosa. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia.* 3(1): 1–5.
- Gozan, M., Biorata, A. M., and Setyahadi, S. 2013. Variation Of C/N Ratio And Fermentation Time In Response Surface Methodology For Cellulase Production From Bacillus Sp. Bppt Cc Rk2. *Journal of Pharma and Bio Sciences.* 4(4): 1063 – 1070.
- Kamal, N. 2012. *Karakterisasi dan Potensi Pemanfaatan Limbah Sawit.* ITENAS. Bandung.
- Maulana. E. A., Dwitama. M. I., Resyana. K. Y., dan Bahri. S. 2014. Analisis Mutu Sampel Produksi Minyak Kelapa Sawit Di Laboratorium Quality Control PT. Sinar Mas Agro Resources and Technology Tbk. Surabaya. Denpasar: Laporan Hasil Praktek Kerja Lapangan.
- Montgomery, D.C. 2001. Design and Analysis of Experiments. John Wiley and Sons. New York.
- Nugroho, A. P. P., Fitriyanto, D., dan Roesyadi, A. 2014. Pembuatan Biofuel dari Minyak Kelapa Sawit melalui Proses Hidrocracking dengan Katalis Ni-Mg/ γ Al₂O₃. *Jurnal Teknik Pomits.* 3(2): 2337-3539.
- Nurchahyo, I. F., Trisunaryanti, W., Triyono., dan Wahyuni, E. T. 2008. Pengaruh Karakterisasi Keasaman Total dan Pori Katalis Zeolit Alam Terimpreknasi Logam Terhadap Pembentukan Fraksi Bensin pada Reaksi Hidrorengkah Plastik Polipropilena. *Jurnal Alchemy.* 7(1): 70-75.
- Nuryanti., dan Salimy. D. H. 2008. Metode Permukaan Respon dan Aplikasinya Pada Optimasi Eksperimen Kimia. *Jurnal Komputasi dalam Sains dan Teknologi Nuklir.* 1(1): 373-391.
- Purnami., Wardana, I.N.G., dan Veronika, K. 2015. Pengaruh Penggunaan Katalis Terhadap Laju Dan Efisiensi Pembentukan Hidrogen. *Jurnal Rekayasa Mesin.* 6(1): 61-69.

- Rahmalia, W., Yulistira, F., Ningrum, J., Qurbaniah, M., Ismadi, M. 2012. Pemanfaatan Potensi Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elais guineensis jacq*) Sebagai Bahan Dasar C-Aktif Untuk Adsorpsi Logam Perak dalam Larutan. *PKM Penelitian*. 3(13): 1-10.
- Ramadhani, D. G., Fatimah, N. F., Sarjono. A. W., Setyoko, H., dan Nurhayati, N. D. 2017. Sintesis Ni/Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sebagai Katalis Pada Biodiesel Minyak Biji Ketapang. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*. 2(1): 72-79.
- Ridhuan, K dan Suranto, J. 2016. Perbandingan Pembakaran Pirolisis Dan Karbonisasi Pada Biomassa Kulit Durian Terhadap Nilai Kalori. *Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro*. 5(1): 50-56.
- Setiadi., dan Pertiwi, A. 2007. Preparasi dan Karkterisasi Zeolit Alam untuk Konversi Senyawa ABE menjadi Hidrokarbon. *Prosiding Kongres dan Simposium Nasional MKICS*. ISSN:0216-4183.
- Srivastava, N., and Srivastava, P. C. 2010. Realizing NiO nanocrystals form a simple chemical method. *Bull Mater Sci*. 23(6): 653-656.
- Sunarno dan Akbar, F. 2013. Pirolisis Katalitik Tandan Kosong Sawit Menjadi Bio-oil dengan Katalis HZSM-5. *Jurnal FTEKNIK*. 11(1): 1-10.
- Suyanti dan Sukestriarno. 2014, Deteksi Outlier Menggunakan Diagnosa Regresi Berbasis Estimator Parameter Robust. *UNNES Journal of Mathematics*. 3(2): 119-125.
- Pratiwi, L., Rachman, M.S., dan Hidayati, N. 2016. Ekstraksi Minyak Atsiri Bunga Cengkeh Dengan Pelarut Etanol dan N-Heksana. *University Research Colluquium*. ISSN:2407-9189.
- Wang, C., Hu, Y., Chen, Q., Lv, C., and Jia, S. 2013. Bio-oil upgrading by reactive distillation using p-toluene sulfonic acid catalyst loaded on biomass activated carbon. *Journal Biomass and Bioenergy*. 56: 405–411.
- Wibowo, S., Efiyanti, L., Gustan Pari. 2011. Karakterisasi Bio-Oil Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Penambahan Katalis Ni/Nza Menggunakan Metode Free Fall Pyrolysis. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 35(2): 83-100.
- Widarsono, T. 2005. *Tutorial Praktis Belajar MATLAB*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Widayat., Sadikky, A., dan Anggraeni, H. 2012. Proses Produksi Katalis Zeolit X Dan Uji Aktifitas Dalam Proses Penukaran Ion Kalsium. *Jurnal TEKNIK*. 31(1): 4-7.
- Widiaastuti, H dan Panji, T. 2007. Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sisa jamur merang (*Volvariella volvacea*) (TKSJ) sebagai pupuk organik pada pembibitan kelapa sawit. *Menara Perkebunan*. 75(2): 70-79.

- Wiratmaja, I. G. 2010. Pengujian Karakteristik Fisika Biogasolin sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Bensin Murni. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. 4(2): 145-154.
- Widodo., dan Budi Prasetyo. 2006. Reliabilitas dan Validitas Konstur Skala Konsep Diri untuk Mahasiswa Indonesia. *Jurnal Psikologi Universitas Diponegoro*. 3(1).
- Wuryanti, D., dan Suharyadi, E. 2016. Studi Adsorpsi Logam Co(II), Cu(II), dan Ni(II) dalam Limbah Cair Buatan Menggunakan Adsorben Nanopartikel Magnetik Fe₃O₄ dan ZnFe₂O₄. *Jurnal Fisika Indonesia*.20(2): 28-35.