

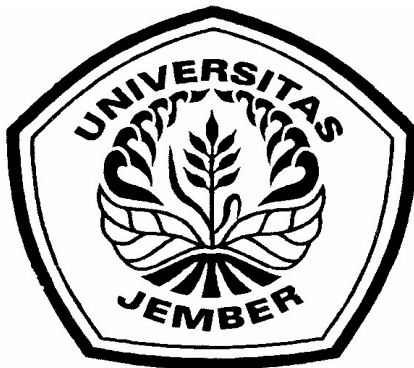
**STUDI AKTIVITAS KATALIS Ni/ZAAH₅ PADA
KONVERSI MINYAK GORENG JELANTAH
MENJADI SENYAWA FRAKSI BAHAN BAKAR CAIR**

S K R I P S I

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Penyelesaian Program Sarjana Sains
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Oleh:

DIAN WULANSARI
NIM 001810301006



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
OKTOBER, 2004**

MOTTO

Belajarlah tentang apa yang kamu kehendaki, jika kamu belajar tentang sesuatu maka Allah tidak akan memberikan pahala kepadamu sehingga kamu mengamalkan (ilmu yang kamu pelajari)

(Al-Hadits)

Sesungguhnya sembayangku, ibadahku, hidupku, dan matiku hanyalah untuk Allah, Tuhan seluruh alam semesta

(Al-An'aam: 162)

Jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar

(Al-Baqarah: 153)

*“Jerih payah yang disertai kesabaran tidak akan berlalu
dengan sia-sia”*

Karya Tulis Ilmiah ini Aku persembahkan untuk:

- *Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah serta karunia yang tak terkira,*
- *Nabi Muhammad SAW, yang menjadi tauladan serta membimbingku dalam mencapai cita-cita,*
- *Papa dan mama tercinta (Edi Sudarso dan Agustin), terima kasih atas doa, kasih sayang, bimbingan dan motivasi baik moril maupun materil, aku akan berusaha membahagiakan kalian,*
- *Adik-adikku tersayang dan kubanggakan (Devi dan Dinar), terima kasih atas doa dan kasih sayangnya, aku akan berusaha membahagiakan kalian, Dik Daning terima kasih atas kebersamaannya selama ini,*
- *Mas Hendra, terima kasih atas doa, kasih sayang, kebaikan, kesabaran, dan perhatiannya, semoga aku menjadi seseorang yang kamu harapkan,*
- *Temanku Putu, terima kasih atas kerja samanya di Laboratorium dan semua kesabaranmu membantu aku, aku tidak akan melupakanmu,*
- *Teman-temanku tersayang, Encik, Vita, Jujun, Yeni, Dina, Ira, Lina, Eri dan semua teman-temanku angkatan 2000 yang tidak bisa aku sebutkan satu-persatu, terima kasih atas kebersamaannya, aku tidak akan pernah melupakan kalian,*
- *Teman-temanku angkatan '99, '01, '02, dan '03, terima kasih atas bantuan dan kerja samanya selama kebersamaan kita, Mas Budi dan Mbak Sari, terima kasih,*
- *Almamaterku Universitas Jember, tempat aku menuntut ilmu dan memberi kenangan berharga selama kuliah.*

DEKLARASI

Skripsi ini hasil kerja/penelitian mulai bulan Maret 2004 sampai dengan Juli 2004 di Laboratorium Fisik Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Bersama ini saya menyatakan bahwa isi Skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri kecuali disebutkan sumbernya dan skripsi ini belum pernah diajukan pada institusi lain.

Jember, Oktober 2004

Dian Wulansari

ABSTRAK

Studi Aktivitas Katalis Ni/ ZAAH₅ Pada Konversi Minyak Goreng Jelantah Menjadi Senyawa Fraksi Bahan Bakar Cair. Dian Wulansari, 001810301006, Skripsi, Oktober 2004, Jurusan kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Telah dilakukan penelitian preparasi katalis Ni/ ZAAH₅ dan karakterisasinya. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh preparasi terhadap karakter katalis serta aktivitas dan selektifitasnya pada konversi minyak goreng jelantah menjadi senyawa fraksi bahan bakar cair. Preparasi katalis meliputi pengasaman, hidrotermal, kalsinasi, oksidasi, dan pengembunan logam Ni (nikel). Perbandingan logam Ni yang diembankan terhadap zeolit sebesar 1%, 5%, dan 10% (b/b). Selanjutnya katalis diberi kode Ni 1%/ZAAH₅, Ni 5%/ZAAH₅, dan Ni 10%/ZAAH₅. Karakterisasi meliputi penentuan kandungan logam (Na, K, Ca, Fe, dan Ni), keasaman, rasio Si/Al, luas permukaan spesifik (LPS), volume total pori, serta rata-rata jari-jari pori. Uji aktivitas katalis dilakukan pada 7,5 mL metil ester dan 7,5 mL butanol sebagai umpan menggunakan reactor *batch* selama ± 60 menit pada kisaran temperatur 375°C s/d 425 °C. Produk dari proses konversi minyak goreng jelantah, *Organic Liquid Product* (OLP) dianalisis dengan Kromatografi Gas (KG) dan Kalorimeter Bom. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa perlakuan pengasaman, hidrotermal, kalsinasi, oksidasi dan pengembunan logam Ni menurunkan kandungan logam (Na, K, Ca, dan Fe), meningkatkan keasaman dan rasio Si/Al, secara umum meningkatkan LPS, serta menurunkan rata-rata jari-jari pori dan volume total pori katalis. Katalis Ni 1%/ZAAH₅ memiliki aktivitas paling baik dibanding dengan katalis Ni 5%/ZAAH₅ dan katalis Ni 10%/ZAAH₅ yaitu dilihat dari menurunnya intensitas dua puncak dominan pada kromatogram minyak goreng jelantah awal dan terbentuknya puncak-puncak baru pada kromatogram OLP serta memiliki kalor pembakaran kecil. Semua katalis memiliki selektifitas yang sama pada konversi minyak goreng jelantah.

Kata kunci: *zeolit, minyak goreng jelantah, aktivitas, selektifitas, OLP*

Skripsi ini diterima oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember Pada :

Hari :
Tanggal :
Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

Tim Penguji

Ketua

Sekretaris

(D. Setyawan P.H, S.Si, M.Si)

NIP. 132 085 804

(Drs. Busroni, M.Si)

NIP. 131 945 805

Anggota I

Anggota II

(Drs. Agus Abdul Gani, M.Si)

NIP. 131 412 918

(Bambang Piluharto, S.Si, M.Si)

NIP. 132 164 055

Mengesahkan
Dekan F-MIPA UNEJ

(Ir. Sumadi, MS)

NIP. 130 368 784

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan program sarjana strata satu (S-1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penulisan skripsi ini banyak mendapatkan bantuan dan fasilitas dari berbagai pihak. Untuk itu dengan terselesainya skripsi ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Dekan Fakultas MIPA Universitas Jember.
2. Ketua Jurusan Kimia.
3. Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan bimbingan dan saran yang diberikan selama awal, proses maupun akhir dari penelitian ini.
4. Dosen Penguji yang telah meluangkan waktunya guna menguji serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini.
5. Segenap dosen dan staf akademik serta teknisi Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Jember.
6. Semua pihak yang telah membantu sehingga penelitian dan penyusunan tugas akhir ini selesai.

Penulis sangat menyadari bahwa dalam tulisan ini masih terdapat kekurangan dan dengan senang hati penulis akan menerima kritik dan saran demi penyempurnaan tugas akhir ini.

Jember, Oktober 2004

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN MOTTO	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
DEKLARASI	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvi

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Goreng	5
2.2 Bahan Bakar	7
2.3 Zeolit	9
2.4 Katalis	10
2.5 Zeolit Sebagai Katalis.....	11
2.5.1 Aktivitas	12
2.5.2 Selektivitas	12
2.5.3 Waktu Pakai Katalis.....	13
2.6 Modifikasi Zeolit	13

2.6.1	Dealuminasi.....	14
2.6.2	Pertukaran Ion.....	15
2.6.3	Kalsinasi.....	15
2.6.4	Oksidasi.....	16
2.6.5	Pengembangan Logam Pada Zeolit.....	16
2.7	Sifat Katalis Logam Transisi.....	17
2.8	Reaksi Perengkahan.....	18
2.8.1	Perengkahan Termal.....	18
2.8.2	Perengkahan Katalitik.....	18
2.9	Karakterisasi Katalis.....	20
2.9.1	Keasaman.....	20
2.9.2	Rasio Si/Al.....	21
2.9.3	Luas Permukaan Spesifik (LPS).....	21
2.9.4	Kandungan Logam.....	23
2.9.5	Porositas, Volume pori, dan Distribusi Ukuran Pori.....	25
2.10	Karakterisasi Hasil Perengkahan.....	25
2.10.1	Bom Kalorimeter.....	25
2.10.2	Kromatografi Gas (KG).....	25

III. METODE PENELITIAN

3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	26
3.2	Diagram Alir Penelitian.....	26
3.2.1	Persiapan Katalis.....	26
3.2.2	Uji Aktivitas Katalis.....	27
3.3	Alat dan bahan.....	27
3.3.1	Alat.....	27
3.3.2	Bahan.....	27
3.4	Prosedur Penelitian.....	28
3.4.1	Pembuatan Larutan.....	28
3.4.2	Pembuatan Katalis.....	28
3.4.3	Karakterisasi Katalis.....	30

3.4.4	Perlakuan Minyak Goreng Jelantah	32
3.4.5	Uji Aktivitas Katalis.....	33

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Karakter Katalis	35
4.1.1	Kandungan Logam dalam Sampel Katalis	35
4.1.2	Kandungan Logam Ni Terembankan dalam Sampel Katalis	36
4.1.3	Keasaman dan Rasio Si/Al Sampel Katalis	37
4.1.4	Luas Permukaan Spesifik (LPS).....	40
4.1.5	Frekuensi Distribusi Ukuran Pori Katalis	44
4.2	Perlakuan Minyak Goreng Jelantah	46
4.3	Uji Aktivitas dan Selektivitas Katalis	47
4.3.1	Analisis Kromatografi Gas (KG) Minyak Goreng Jelantah Awal	47
4.3.2	Analisis Kromatografi Gas (KG) OLP dengan Katalis Ni 1%/ZAAH ₅ Tanpa Butanol.....	49
4.3.3	Analisis Kromatografi Gas (KG) OLP dengan Katalis Ni 1%/ZAAH ₅ dan Butanol.....	51
4.3.4	Analisis Kromatografi Gas (KG) OLP dengan Katalis Ni 5%/ZAAH ₅ dan Butanol.....	52
4.3.5	Analisis Kromatografi Gas (KG) OLP dengan Katalis Ni 10%/ZAAH ₅ dan Butanol.....	54
4.3.6	Analisis Kalor Pembakaran dengan Kalorimeter Bom	55
4.4	Mekanisme Reaksi Konversi Minyak Goreng Jelantah	56
4.5	Hubungan Karakter Katalis dan Aktivitas Katalitiknya	58

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	60
5.2	Saran	60

DAFTAR PUSTAKA 61

LAMPIRAN-LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Komposisi Beberapa Asam Lemak Minyak Sawit.....	5
Tabel 2.	Komponen Volatil yang Terbentuk dari Autooksidasi Asam Lemak Tidak Jenuh	7
Tabel 3.	Komponen Penyusun Bahan Bakar	8
Tabel 4.	Perbandingan Berat Ni(SO ₄).6H ₂ O dengan Zeolit	30
Tabel 5.	Luas Area Puncak-puncak Kromatogram Minyak Goreng Jelantah Awal	49
Tabel 6.	Luas Area Puncak-puncak Kromatogram OLP dengan Katalis Ni 1%/ZAAH ₅ tanpa Butanol.....	50
Tabel 7.	Luas Area Puncak-puncak Kromatogram OLP dengan Katalis Ni 1%/ZAAH ₅ dan Butanol.....	52
Tabel 8.	Luas Area Puncak-puncak Kromatogram OLP dengan Katalis Ni 5%/ZAAH ₅ dan Butanol	53
Tabel 9.	Luas Area Puncak-puncak Kromatogram OLP dengan Katalis Ni 10%/ZAAH ₅ dan Butanol.....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Struktur Kerangka Zeolit	9
Gambar 2.	Struktur Tiga Dimensi Zeolit dari Jenis Mordenit	10
Gambar 3.	Profil Perubahan Energi Reaksi Katalisis dari Reaktan R hingga Produk P	11
Gambar 4.	Perlakuan Termal terhadap Amonium-zeolit sehingga diperoleh Bentuk H-zeolit	11
Gambar 5.	Dehidrasi terhadap Kation Multivalen pada Zeolit sehingga dihasilkan Situs Asam Bronsted	11
Gambar 6.	Dehidroksilasi Dua Gugus yang Berdekatan pada Temperatur Lebih Besar dari 477 °C dihasilkan Situs Asam Lewis	12
Gambar 7.	Perengkahan Secara Termal Melalui Mekanisme Radikal Bebas.....	18
Gambar 8.	Mekanisme Pembentukan Ion Karbonium	19
Gambar 9.	Skema Mekanisme Perengkahan Alkana pada Zeolit Asam ..	20
Gambar 10.	Prinsip Kerja X-Ray Fluorescence (XRF)	24
Gambar 11.	Kandungan Logam dalam Sampel Katalis	35
Gambar 12.	Kandungan Logam Ni yang Terembankan dalam Sampel Katalis	36
Gambar 13.	Keasaman dan Rasio Si/Al Sampel Katalis	37
Gambar 14.	Dealuminasi dalam proses hidrotermal	38
Gambar 15.	Rasio Si/Al dari berbagai jenis katalis	39
Gambar 16.	Pengaruh kandungan logam Ni terhadap keasaman sampel katalis	40
Gambar 17.	Luas Permukaan Spesifik Sampel katalis	40
Gambar 18.	Pengaruh kandungan logam Ni terembankan terhadap LPS ..	41

Gambar 19.	Distribusi yang merata dari logam terembankan dengan LPS yang meningkat cukup tinggi	42
Gambar 20.	Akumulasi logam terembankan pada mulut pori dengan LPS yang menurun	42
Gambar 21.	Kompetisi logam terembankan dengan LPS yang meningkat	43
Gambar 22.	Kompetisi dan Akumulasi Logam Terembankan pada Mulut Pori dengan LPS yang Menurun	44
Gambar 23.	Frekuensi Distribusi Ukuran Pori Katalis	45
Gambar 24.	Reaksi Transesterifikasi	46
Gambar 25.	Kromatogram Minyak Goreng Jelantah Awal	48
Gambar 26.	Kromatogram Bahan Bakar Solar	48
Gambar 27.	Kromatogram Minyak Goreng Jelantah Awal terhadap Bahan Bakar Solar	48
Gambar 28.	Kromatogram OLP dengan Katalis Ni 1%/ZAAH ₅ tanpa Butanol	50
Gambar 29.	Kromatogram OLP dengan Katalis Ni 1%/ZAAH ₅ dan Butanol	51
Gambar 30.	Kromatogram OLP dengan Katalis Ni 5%/ZAAH ₅ dengan Butanol	53
Gambar 31.	Kromatogram OLP dengan Katalis Ni 10%/ZAAH ₅ dengan Butanol	54
Gambar 32.	Kalor Pembakaran Bensin, Solar, dan OLP	56
Gambar 33.	Mekanisme Reaksi Pembentukan Ion Karbonium dari Butanol.....	57
Gambar 34.	Mekanisme Reaksi Antara ion Karbonium dengan Minyak Goreng Jelantah (Metil Ester)	57
Gambar 35.	Mekanisme Reaksi Pembentukan Kembali Katalis Zeolit Asam (H-Zeolit) dari Ion Karbonium.....	57
Gambar 36.	Mekanisme Reaksi Konversi Minyak Goreng Jelantah Melalui Pembentukan Radikal Bebas	58

Gambar 37. Mekanisme Reaksi Konversi Minyak Goreng Jelantah Tanpa Umpan (Butanol)	58
---	----

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Gambar Susunan Alat Kalsinasi dan Oksidasi	64
Lampiran 2.	Gambar Susunan Alat Refluks	65
Lampiran 3.	Gambar Susunan Alat Hidrotermal	66
Lampiran 4.	Gambar Susunan Alat Reaktor Katalitik	67
Lampiran 5.	Data Kandungan Logam Kation (Na, K, Ca dan Fe) dan Kandungan Logam Ni (nikel) dalam Katalis	68
Lampiran 6.	Data Kurva Kalibrasi Standart Na, K, Ca, dan Fe dengan SSA	69
Lampiran 7.	Data Perhitungan Kandungan Logam (Na, K, Ca dan Fe)	72
Lampiran 8.	Data Keasaman, Pori-pori, dan Distribusi Ukuran Pori Katalis	89
Lampiran 9.	Data Perhitungan Keasaman Katalis	91
Lampiran 10.	Data Hasil Analisis Ukuran Pori Katalis Zeolit Alam (ZA) ...	95
Lampiran 11.	Data Hasil Analisis Ukuran Pori Katalis Zeolit Alam Asam Hidrotermal (ZAAH ₅)	97
Lampiran 12.	Data Hasil Analisis Ukuran Pori Katalis Ni 1 %/ ZAAH ₅	99
Lampiran 13.	Data Hasil Analisis Ukuran Pori Katalis Ni 5 %/ ZAAH ₅	101
Lampiran 14.	Data Hasil Analisis Ukuran Pori Katalis Ni 10 %/ ZAAH ₅	103
Lampiran 15.	Data Hasil Analisis Kromatografi Gas Minyak Goreng Jelantah (Metil Ester)	105
Lampiran 16.	Data Hasil Analisis Kromatografi Gas Solar	106
Lampiran 17.	Gambar Plot antara Data Hasil Analisis Kromatografi Gas Minyak Goreng Jelantah dengan Data Hasil Analisis Kromatografi Gas Solar	107
Lampiran 18.	Data Hasil Analisis Kromatografi Gas OLP dengan Menggunakan Katalis Ni 1 %/ ZAAH ₅ Tanpa Butanol	108

Lampiran 19. Data Hasil Analisis Kromatografi Gas OLP dengan Menggunakan Katalis Ni 1 %/ ZAAH ₅ dan Butanol	109
Lampiran 20. Data Hasil Analisis Kromatografi Gas OLP dengan Menggunakan Katalis Ni 5 %/ ZAAH ₅ dan Butanol	110
Lampiran 21. Data Hasil Analisis Kromatografi Gas OLP dengan Menggunakan Katalis Ni 10 %/ ZAAH ₅ dan Butanol	111
Lampiran 22. Data Hasil Pengukuran Kalor Pembakaran	112
Lampiran 23. Data Hasil Analisis X-Ray Fluorescence (XRF)	113

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	viii

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Goreng	5
2.2 Bahan Bakar	7
2.3 Zeolit	9
2.4 Katalis	10
2.5 Zeolit Sebagai Katalis.....	11
2.5.1 Aktivitas	12
2.5.2 Selektivitas	12
2.5.3 Waktu Pakai Katalis.....	13
2.6 Modifikasi Zeolit	13
2.6.1 Pertukaran Ion	13
2.6.2 Dealuminasi	14
2.6.3 Kalsinasi	16
2.6.4 Oksidasi.....	16
2.7 Sifat Katalis Logam Transisi.....	16
2.8 Pengembangan Logam Pada Zeolit.....	17

2.8.1	Impregnasi	18
2.8.2	Pertukaran Ion.....	18
2.9	Reaksi Perengkahan.....	18
2.9.1	Perengkahan Termal	19
2.9.2	Perengkahan Katalitik	19
2.10	Karakterisasi Katalis	21
2.10.1	Keasaman	21
2.10.2	Rasio Si/Al.....	22
2.10.3	Luas Permukaan Spesifik (LPS).....	22
2.10.4	Kandungan Logam Kation	24
2.10.5	Porisitas, Volume pori, dan Distribusi Ukuran Pori	25
2.11	Karakterisasi Hasil Perengkahan.....	25
2.11.1	Bom Kalorimeter	25
2.11.2	Kromatografi Gas (KG)	25

III. METODE PENELITIAN

3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	27
3.2	Diagram Alir Penelitian	27
3.2.1	Persiapan Katalis	27
3.2.2	Uji Aktivitas Katalis	28
3.3	Alat dan bahan.....	28
3.3.1	Alat.....	28
3.3.2	Bahan.....	28
3.4	Prosedur Penelitian.....	29
3.4.1	Pembuatan Larutan	29
3.4.2	Pembuatan Katalis	29
3.4.3	Karakterisasi Katalis	31
3.4.4	Perlakuan Minyak Goreng Jelantah.....	33
3.4.5	Uji Aktivitas Katalis.....	34

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Karakter Katalis	36
4.1.1	Kandungan Kation dalam Sampel Katalis.....	36
4.1.2	Kandungan Logam Ni Terembankan dalam Sampel Katalis	37
4.1.3	Keasaman dan Rasio Si/Al Sampel Katalis	38
4.1.4	Luas Permukaan Spesifik (LPS).....	41
4.1.5	Frekuensi Distribusi Ukuran Pori Katalis	45
4.2	Perlakuan Minyak Goreng Jelantah	46
4.3	Uji Aktivitas dan Selektivitas Katalis	50
4.4	Hubungan Karakter Katalis dan Aktivitas Katalitiknya	59

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	60
5.2	Saran.....	60

DAFTAR PUSTAKA	61
-----------------------------	----

LAMPIRAN-LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Komposisi Beberapa Asam Lemak Minyak Sawit.....	5
Tabel 2.	Komponen Volatil yang Terbentuk dari Autooksidasi Asam Lemak Tidak Jenuh	7
Tabel 3.	Komponen Penyusun Bahan Bakar	8
Tabel 4.	Perbandingan Berat Ni(SO ₄).6H ₂ O dengan Zeolit	31
Tabel 5.	Besar Area Puncak-puncak Kromatogram Minyak Goreng Jelantah Awal	49
Tabel 6.	Besar Area Puncak-puncak Kromatogram OLP dengan Katalis Ni 1%/ZAAH ₅ tanpa Butanol.....	51
Tabel 7.	Besar Area Puncak-puncak Kromatogram OLP dengan Katalis Ni 1%/ZAAH ₅ dan Butanol.....	53
Tabel 8.	Besar Area Puncak-puncak Kromatogram OLP dengan Katalis Ni 5%/ZAAH ₅ dan Butanol	54
Tabel 9.	Besar Area Puncak-puncak Kromatogram OLP dengan Katalis Ni 10%/ZAAH ₅ dan Butanol.....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Struktur Kerangka Zeolit	9
Gambar 2.	Struktur Tiga Dimensi Zeolit dari Jenis Mordenit	10
Gambar 3.	Profil Perubahan Energi Reaksi Katalisis dari Reaktan R hingga Produk P	11
Gambar 4.	Perlakuan Termal terhadap Amonium-zeolit sehingga diperoleh Bentuk H-zeolit	1
Gambar 5.	Dehidrasi terhadap Kation Multivalen pada Zeolit sehingga dihasilkan Situs Asam Bronsted	1
Gambar 6.	Dehidroksilasi Dua Gugus yang Berdekatan pada Temperatur Lebih Besar dari 477 °C dihasilkan Situs Asam Lewis	12
Gambar 7.	Perengkahan Secara Termal Melalui Mekanisme Radikal Bebas.....	19
Gambar 8.	Mekanisme Pembentukan Ion Karbonium	20
Gambar 9.	Skema Mekanisme Perengkahan Alkana pada Zeolit Asam ...	21
Gambar 10.	Kandungan Kation dalam Sampel Katalis	36
Gambar 11.	Kandungan Logam Ni yang Terembankan dalam Sampel Katalis	37
Gambar 12.	Keasaman dan Rasio Si/Al Sampel Katalis	38
Gambar 13.	Dealuminasi dalam proses hidrotermal	39
Gambar 14.	Rasio Si/Al dari berbagai jenis katalis	40
Gambar 15.	Pengaruh kandungan logam Ni terhadap keasaman sampel katalis	40
Gambar 16.	Luas Permukaan Spesifik Sampel katalis	41
Gambar 17.	Pengaruh kandungan logam Ni terembankan terhadap LPS ...	42
Gambar 18.	Distribusi yang merata dari logam terembankan dengan LPS yang meningkat cukup tinggi	42

Gambar 19.	Akumulasi logam terembankan pada mulut pori dengan LPS yang menurun	43
Gambar 20.	Kompetisi logam terembankan dengan LPS yang meningkat	44
Gambar 21.	Kompetisi dan Akumulasi Logam Terembankan pada Mulut Pori dengan LPS yang Menurun	44
Gambar 22.	Frekuensi Distribusi Ukuran Pori Katalis	45
Gambar 23.	Reaksi Transesterifikasi	47
Gambar 24.	Kromatogram Minyak Goreng Jelantah Awal	48
Gambar 25.	Kromatogram Bahan Bakar Solar	48
Gambar 26.	Kromatogram Minyak Goreng Jelantah Awal terhadap Bahan Bakar Solar	49
Gambar 27.	Kromatogram OLP dengan Katalis Ni 1%/ZAAH ₅ tanpa Butanol	51
Gambar 28.	Kromatogram OLP dengan Katalis Ni 1%/ZAAH ₅ dan Butanol	52
Gambar 29.	Kromatogram OLP dengan Katalis Ni 5%/ZAAH ₅ dengan Butanol	53
Gambar 30.	Kromatogram OLP dengan Katalis Ni 10%/ZAAH ₅ dengan Butanol	55
Gambar 31.	Kalor Pembakaran Bensin, Solar, dan OLP	56
Gambar 32.	Mekanisme Reaksi Pembentukan Ion Karbonium dari Butanol.....	57
Gambar 33.	Mekanisme Reaksi Antara ion Karbonium dengan Minyak Goreng Jelantah (Metil Ester)	57
Gambar 34.	Mekanisme Reaksi Pembentukan Kembali Katalis Zeolit Asam (H-Zeolit) dari Ion Karbonium.....	58
Gambar 35.	Mekanisme Reaksi Konversi Minyak Goreng Jelantah Melalui Pembentukan Radikal Bebas.....	58
Gambar 36.	Mekanisme Reaksi Konversi Minyak Goreng Jelantah Tanpa Umpan (Butanol)	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Gambar Susunan Alat Kalsinasi dan Oksidasi	64
Lampiran 2.	Gambar Susunan Alat Refluks	65
Lampiran 3.	Gambar Susunan Alat Hidrotermal	66
Lampiran 4.	Gambar Susunan Alat Reaktor Katalitik	67
Lampiran 5.	Data Kandungan Logam Kation (Na, K, Ca dan Fe) dan Kandungan Logam Ni (nikel) dalam Katalis	68
Lampiran 6.	Data Kurva Kalibrasi Standart Na, K, Ca, dan Fe dengan SSA	69
Lampiran 7.	Data Perhitungan Kandungan Logam Kation (Na, K, Ca dan Fe)	72
Lampiran 8.	Data Keasaman, Pori-pori, dan Distribusi Ukuran Pori Katalis	89
Lampiran 9.	Data Perhitungan Keasaman Katalis	91
Lampiran 10.	Data Hasil Analisis Ukuran Pori Katalis Zeolit Alam (ZA) ...	95
Lampiran 11.	Data Hasil Analisis Ukuran Pori Katalis Zeolit Alam Asam Hidrotermal (ZAAH ₅)	97
Lampiran 12.	Data Hasil Analisis Ukuran Pori Katalis Ni 1 %/ ZAAH ₅	99
Lampiran 13.	Data Hasil Analisis Ukuran Pori Katalis Ni 5 %/ ZAAH ₅	101
Lampiran 14.	Data Hasil Analisis Ukuran Pori Katalis Ni 10 %/ ZAAH ₅	103
Lampiran 15.	Data Hasil Analisis Kromatografi Gas Minyak Goreng Jelantah (Metil Ester)	105
Lampiran 16.	Data Hasil Analisis Kromatografi Gas Solar	106
Lampiran 17.	Gambar Plot antara Data Hasil Analisis Kromatografi Gas Minyak Goreng Jelantah dengan Data Hasil Analisis Kromatografi Gas Solar	107

Lampiran 18. Data Hasil Analisis Kromatografi Gas OLP dengan Menggunakan Katalis Ni 1 %/ ZAAH ₅ Tanpa Butanol	108
Lampiran 19. Data Hasil Analisis Kromatografi Gas OLP dengan Menggunakan Katalis Ni 1 %/ ZAAH ₅ dan Butanol	109
Lampiran 20. Data Hasil Analisis Kromatografi Gas OLP dengan Menggunakan Katalis Ni 5 %/ ZAAH ₅ dan Butanol	110
Lampiran 21. Data Hasil Analisis Kromatografi Gas OLP dengan Menggunakan Katalis Ni 10 %/ ZAAH ₅ dan Butanol	111
Lampiran 22. Data Hasil Pengukuran Kalor Pembakaran	112