



**AKTIVITAS DAN SELEKTIVITAS KATALIS Ni/H₅-NZA
DALAM PERENKAHAN MINYAK KELAPA SAWIT
MENJADI SENYAWA HIDROKARBON
FRAKSI PENDEK**

SKRIPSI

Oleh :

**Ike Yulia Yusman
NIM 061810301117**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2012**



**AKTIVITAS DAN SELEKTIVITAS KATALIS Ni/H₅-NZA
DALAM PERENKAHAN MINYAK KELAPA SAWIT
MENJADI SENYAWA HIDROKARBON
FRAKSI PENDEK**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk penyelesaian Program Sarjana Sains (S1) Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh :

**Ike Yulia Yusman
NIM 061810301117**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2012**

PERSEMBAHAN

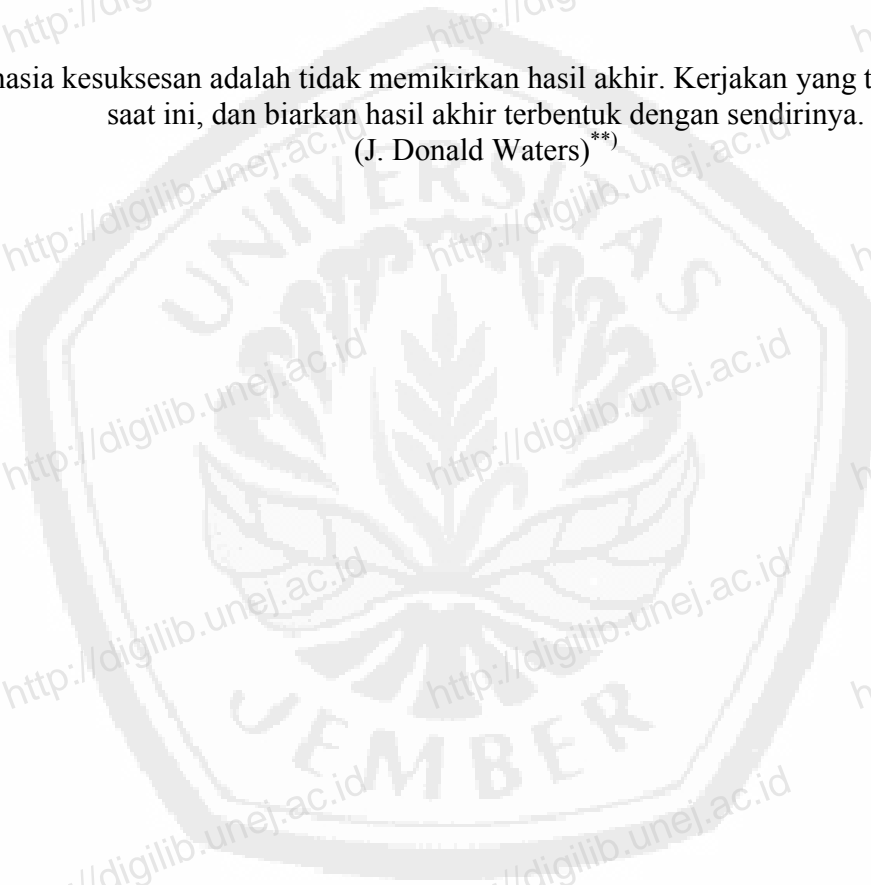
Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT sebagai rasa syukur atas nikmat pikiran dan ilmu yang telah dianugerahkan;
2. Ibunda Siti Yusmini dan Ayahanda Yeyek Katiman yang tercinta;
3. orang tua angkatku Ibunda Siti Rahayu dan Bapak Sumarto yang tercinta;
4. Suamiku Wahid Hasyim yang tersayang;
5. adik – adikku Dwi Oktavi Maulani Yusman dan Tri Angga Yunian Yusman yang tersayang;
6. guru – guruku sejak taman kanak – kanak sampai dengan perguruan tinggi dan orang – orang yang mengajarku walau hanya satu huruf;
7. Almamater Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTO

Allah akan meninggikan orang – orang yang beriman di antara kamu dan orang – orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.
(terjemahan Surat *Al – Mujadalah* ayat 11)^{*)}

Rahasia kesuksesan adalah tidak memikirkan hasil akhir. Kerjakan yang terbaik pada saat ini, dan biarkan hasil akhir terbentuk dengan sendirinya.
(J. Donald Waters)^{**)}



^{*)}Departemen Agama Republik Indonesia 1998. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT. Kumudasmoro Grafindo.

^{**)}J. Donald Waters dalam Asmoko, H. 2007. *Studi Aktivitas dan Selektivitas Katalis Cu(II)/H₂NZA dan Co(II)/H₂NZA pada Reaksi Perengkahan Plastik Menjadi Senyawa Fraksi Bahan Bakar Cair*. Skripsi, tidak dipublikasikan.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ike Yulia Yusman

NIM : 061810301117

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: “Aktivitas dan Selektivitas Katalis Ni/H₅-NZA dalam Perengkahan Minyak Kelapa Sawit Menjadi Senyawa Hidrokarbon Fraksi Pendek” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 24 Mei 2012

Yang menyatakan,

Ike Yulia Yusman

NIM 061810301117

SKRIPSI

**AKTIVITAS DAN SELEKTIVITAS KATALIS Ni/H₅-NZA DALAM
PERENKAHAN MINYAK KELAPA SAWIT
MENJADI SENYAWA HIDROKARBON
FRAKSI PENDEK**

Oleh

Ike Yulia Yusman
NIM 061810301117

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Novita Andarini, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Drs. Mukh. Mintadi.

PENGESAHAN

Karya ilmiah skripsi berjudul “Aktivitas dan Selektivitas Katalis Ni/H₅-NZA dalam Perengkahan Minyak Kelapa Sawit Menjadi Senyawa Hidrokarbon Fraksi Pendek” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

Hari, Tanggal :

Tempat : Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam -
Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Novita Andarini, S.Si, M.Si
NIP. 19721112 200003 2 001

Drs. Mukh. Mintadi
NIP. 19641026 199103 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Dwi Indarti, S.Si, M.Si
NIP. 19740901 200003 2 004

Tanti Haryati, S.Si, M.Si
NIP. 19801029 200501 2 002

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember,

Prof. Drs. Kusno, DEA., PhD.
NIP. 19610108 198602 1 001

RINGKASAN

Aktivitas dan Selektivitas Katalis Ni/H₅-NZA dalam Perengkahan Minyak Kelapa Sawit Menjadi Senyawa Hidrokarbon Fraksi Pendek; Ike Yulia Yusman, 061810301117; 2012: 57 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Pemilihan minyak kelapa sawit sebagai sumber energi alternatif sangat tepat dilakukan di Indonesia karena Indonesia merupakan negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar kedua di dunia setelah negeri jiran Malaysia. Ayhan Demirbas (2003), menjelaskan bahwa minyak kelapa sawit memiliki kandungan utama yaitu asam palmitat (16:0) dan asam oleat (18:1). Ooi Yean Sang (2003), dalam penelitiannya menjelaskan bahwa konversi katalitik minyak sawit menggunakan katalis komposit zeolit dengan ukuran mikro – meso pori dalam reaktor sistem *fixed bed* yang dioperasikan pada temperatur 450 °C menghasilkan produk gasoline 48 % (w/w) dari 99 % berat minyak sawit terkonversi.

Oleh karena itu dalam penelitian ini dibuat suatu katalis yang diharapkan memiliki karakteristik yang baik untuk perengkahan katalitik metil ester minyak sawit, melalui aktivasi dan modifikasi zeolit alam. Tujuan penelitian ini adalah untuk (1) mengetahui karakteristik katalis Ni/H₅-NZA pada beberapa variasi konsentrasi Ni 1%, 2%, dan 3% b/b hasil preparasi yang meliputi keasaman, kandungan Ni dan rasio Si/Al, dan (2) mengetahui aktivitas dan selektivitas katalis Ni/H₅-NZA dengan variasi konsentrasi 1%, 2%, dan 3% b/b serta menentukan jenis katalis yang memiliki aktivitas dan selektivitas paling baik pada proses perengkahan metil ester minyak sawit menjadi senyawa hidrokarbon fraksi pendek. Hasil penelitian ini diharapkan nantinya dapat digunakan sebagai sumber informasi mengenai (1) pemanfaatan minyak kelapa sawit tidak hanya untuk minyak goreng tetapi juga sebagai salah satu bahan dasar untuk bahan bakar cair, (2) pemanfaatan zeolit alam

sebagai material alternatif khususnya dalam bentuk katalis untuk reaksi perengkahan katalitik minyak kelapa sawit, (3) bahan kajian untuk penerapannya di masyarakat.

Penelitian telah dilaksanakan di Laboratorium Kimia Fisik dan Kimia Organik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember, Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UGM Yogyakarta. Preparasi katalis dilakukan melalui modifikasi zeolit alam yang melibatkan proses dealuminasi (menggunakan perlakuan asam dan hidrotermal), kalsinasi, oksidasi, reduksi dan impregnasi dengan logam Ni. Aktivitas katalitik diamati melalui perengkahan metil ester minyak sawit menggunakan reaktor *flow fixed bed* pada temperatur 450 °C, sedangkan selektivitas katalis diamati berdasarkan dari sebaran puncak masing-masing produk perengkahan yang didapatkan. Seluruh selektivitas senyawa yang dihasilkan pada penelitian ini dikelompokkan menjadi 2 fraksi, yang pertama fraksi ringan (gasoline dengan rantai hidrokarbon C₅ – C₁₁) dan fraksi sedang (kerosene dengan rantai hidrokarbon C₁₂ – C₁₈).

Katalis hasil modifikasi memiliki karakteristik sebagai berikut: keasaman rata – rata katalis Ni-1/H₅-NZA 1,2929 mmol/gram, Ni-2/H₅-NZA 1,4879 mmol/gram dan Ni-3/H₅-NZA 1,7859 mmol/gram. Rasio Si/Al katalis Ni-1/H₅-NZA 5,4745, Ni-2/H₅-NZA 4,5259 dan Ni-3/H₅-NZA 5,0267. Persentase kandungan logam Ni terimpregnasi Ni-1/H₅-NZA 0,4993%, Ni-2/H₅-NZA 1,0687% dan Ni-3/H₅-NZA 1,3374%. Karakterisasi katalis Ni/H₅-NZA dengan variasi konsentrasi 1%, 2% dan 3% dapat meningkatkan keasaman, tetapi menurunkan rasio Si/Al. Persentase keberhasilan Ni terimpregnasi terbesar adalah pada katalis Ni-2/H₅-NZA.

Aktivitas katalis dalam merengkah metil ester minyak sawit (metil palmitat dan metil oleat) menjadi senyawa hidrokarbon fraksi pendek menggunakan katalis Ni-1/H₅-NZA 69,5641%, Ni-2/H₅-NZA 30,2612% dan Ni-3/H₅-NZA 72,5194%. Katalis Ni-3/H₅-NZA memiliki selektifitas yang paling tinggi dalam menghasilkan produk hidrokarbon dengan panjang rantai C₅ – C₁₁. Seluruh proses perengkahan katalitik menghasilkan produk dominan pada rentang fraksi hidrokarbon C₁₂ – C₁₈ dan selektivitas paling tinggi dalam menghasilkan senyawa heptadekana.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Aktivitas dan Selektivitas Katalis Ni/H₂-NZA dalam Perengkahan Minyak Kelapa Sawit Menjadi Senyawa Hidrokarbon Fraksi Pendek”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, untuk itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Novita Andarini, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Drs. Mukh. Mintadi, selaku Dosen Pembimbing Anggota, serta Dwi Indarti, S.Si, M.Si, dan Tanti Haryati, S.Si, M.Si., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran serta pengetahuan dalam penulisan skripsi,
2. Yeni Maulidah Muflihah, S.Si, selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa,
3. D. Setyawan P. Handoko, S.Si, M.Si, atas dukungan dan kepercayaan yang diberikan,
4. teman-temanku Ratno, Yusro dan Haliq yang telah membantu selama ini, serta Keluarga Besar Jurusan Kimia.
5. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu

Penulis juga menerima segala kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demikesempurna skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Mei 2012

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Minyak Kelapa Sawit	5
2.2 Transesterifikasi	7
2.3 Katalis	8
2.3.1 Sifat Fisik Katalis	9
2.3.2 Kinerja Katalis	10
2.4 Zeolit	11
2.4.1 Zeolit Alam	12

2.4.2 Zeolit Sebagai Katalis	13
2.5 Aktivasi dan Modifikasi Zeolit	15
2.5.1 Aktivasi Zeolit.....	15
2.5.2 Modifikasi Zeolit.....	15
2.6 Sifat Katalis Logam Transisi.....	18
2.6.1 Nikel (Ni)	19
2.7 Reaksi Katalitik Heterogen	19
2.8 Reaksi Perengkahan	20
2.8.1 Perengkahan Termal.....	21
2.8.2 Perengkahan Katalitik	22
2.9 Karakterisasi Katalis	23
2.9.1 Keasaman	23
2.9.2 Rasio Si/Al	24
2.10 Spektroskopi Serapan Atom	24
2.11 Spektrometri Massa – Kromatografi Gas (GC – MS).....	25
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.2 Diagram Alir Penelitian	26
3.3 Alat dan Bahan	27
3.3.1 Alat	27
3.3.2 Bahan.....	27
3.4 Prosedur Penelitian.....	27
3.4.1 Pembuatan Katalis.....	27
3.4.1.1 Pembuatan Katalis NZA	27
3.4.1.2 Pembuatan Katalis H ₅ -NZA	28
3.4.1.3 Pembuatan Katalis Ni/H ₅ -NZA	28
3.4.2 Karakterisasi Katalis	29
3.4.2.1 Penentuan Keasaman Total Katalis	29
3.4.2.2 Penentuan rasio Si/Al dan Logam Ni	30

3.4.3 Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit	31
3.4.4 Perengkahan Termal.....	31
3.4.5 Uji Aktivitas dan Selektivitas Katalis	31
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Karakterisasi Katalis	33
4.1.1 Keasaman Katalis.....	33
4.1.2 Rasio Si/Al	35
4.1.3 Kandungan Logam Ni Terimpregnasi dalam H ₅ -NZA	36
4.2 Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit	38
4.3 Hasil Perengkahan Metil Ester Minyak Kelapa Sawit (MEPO)	41
4.3.1 Perengkahan Termal MEPO.....	41
4.3.2 Perengkahan Katalitik MEPO.....	44
4.4 Aktivitas dan Selektivitas Katalis	46
4.4.1 Aktivitas Katalis.....	47
4.4.2 Selektivitas Katalis.....	51
BAB 5. PENUTUP.....	54
5.1 Kesimpulan.....	54
5.2 Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN.....	58

DAFTAR TABEL

2.1 Komposisi Asam Lemak dalam Minyak Sawit.....	6
2.2 Kandungan Minor Minyak Sawit.....	6
2.3 Entalpi Disosiasi Ikatan, $H^\circ (A-B)/(kJ\ mol^{-1})$	20
3 Perbandingan Berat $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ dengan Katalis.....	29
4.1 Persentase Konsentrasi Konversi dari Setiap Senyawa MEPO yang dihasilkan Secara Perengkahan Termal.....	42
4.2 Perbandingan Persentase Konsentrasi Reaktan pada Setiap Proses Perengkahan	43
4.3 Persentase Konversi dari Setiap Senyawa Hasil Perengkahan Berbagai Katalis..	45
4.4 Persentase selektivitas produk dari masing-masing katalis terhadap pembentukan senyawa – senyawa dengan rantai hidrokarbon C_5-C_{11} dan $C_{12}-C_{18}$	51

DAFTAR GAMBAR

2.1 Reaksi Transesterifikasi antara trigliserida dan metanol	7
2.2 Profil Perubahan Energi Reaksi Katalisis dari Reaktan (R) hingga Produk (P)	9
2.3 Struktur Kerangka Zeolit.....	12
2.4 Struktur Tiga Dimensi Zeolit Mordenit	13
2.5 Perlakuan Termal terhadap Amonium – Zeolit sehingga diperoleh Bentuk H-Zeolit.....	14
2.6 Dehidrasi Terhadap Kation Multivalen pada Zeolit sehingga dihasilkan Situs Asam Bronsted.....	14
2.7 Dehidroksilasi Dua Gugus yang Berdekatan pada Temperatur Lebih Besar Dari 477 °C menghasilkan Situs Asam Lewis.....	14
2.8 Perengkahan Termal Metil Ester melalui Mekanisme Radikal Bebas.....	21
2.9 Mekanisme Perengkahan Alkana pada Zeolit Asam	23
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	26
4.1 Histogram Hubungan Jenis Katalis dengan Keasamannya.....	33
4.2 Perlakuan termal terhadap NH ₄ Cl hingga diperoleh H-zeolit.....	34
4.3 Peningkatan Rasio Si/Al Zeolit Hasil Modifikasi.....	36
4.4 Histogram Kadar Ni Terimpregnasi.....	37
4.5 (a) Reaksi oksidasi impregnasi logam Ni dalam H ₅ NZA (b) Reaksi reduksi impregnasi logam Ni dalam H ₅ NZA	38
4.6 Reaksi Pembentukan Kalium Metoksida	39
4.7 Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit	39
4.8 Hasil Analisa Produk Transesterifikasi Menggunakan Alat GC	40
4.9 Histogram Hubungan Jenis Perengkahan Terhadap Aktivitas Tiap Katalis	48
4.10 Kromatogram Hasil Analisis OLP (<i>Organic Liquid Product</i>) oleh Setiap Jenis Perengkahan	50
4.11 Prediksi mekanisme terbentuknya senyawa hepatadekana	53

DAFTAR LAMPIRAN

A. Gambar Susunan Alat.....	58
A.1 Alat Kalsinasi dan Oksidasi.....	58
A.2 Alat Hidrotermal.....	59
A.3 Alat Perengkahan Termal	60
A.4 Alat Perengkahan Katalitik.....	60
A.5 Susunan Alat Analisis Keasaman.....	61
B. Gambar MEPO dan Produk Hasil Perengkahan.....	62
B.1 Gambar MEPO Hasil Transesterifikasi	62
B.2 Gambar Produk Perengkahan Termal Terhadap MEPO	62
B.3 Gambar Produk Perengkahan MEPO menggunakan katalis H ₅ -NZA	62
B.4 Gambar Produk Perengkahan MEPO menggunakan katalis Ni-1/H ₅ -NZA	63
B.5 Gambar Produk Perengkahan MEPO menggunakan katalis Ni-2/H ₅ -NZA	63
B.6 Gambar Produk Perengkahan MEPO menggunakan katalis Ni-3/H ₅ -NZA	63
C. Data Tabel Keasaman Katalis, Rasio Si/Al, Persentase Keberhasilan Logam Ni Terimpregnasi dalam Katalis dan Konsentrasi Ni Sebelum dan Sesudah Proses Impregnasi	64
C.1 Keasaman Katalis	64
C.2 Rasio Si/Al.....	65
C.3 Persentase Logam Ni Terimpregnasi dalam Katalis.....	65
C.4 Konsentrasi Ni sebelum dan sesudah proses impregnasi	66
C.4.1 Konsentrasi Ni sebelum proses impregnasi.....	66
C.4.2 Konsentrasi Ni sesudah proses impregnasi	66
D. Perbandingan hasil Kromatogram Gas Kromatografi dan Gas Kromatografi Gas-Spektrum Massa	68
E. Daftar Senyawa – Senyawa yang Teridentifikasi dari Hasil Perengkahan Berbagai Katalis dengan No Puncak dan Konsentrasi Masing – Masing Senyawa yang	

Dianalisis Menggunakan GC dan Telah Disamakan dengan Puncak GCMS Katalis Ni-1/H ₅ -NZA.....	70
F. Konversi Sebaran Senyawa Hasil Perengkahan	72
G. Persentase Aktivitas Katalis pada Tiap Proses Perengkahan	74
H. Data Selektivitas Katalis pada Tiap Puncak dalam Kromatogram Hasil perengkahan.....	74
I. Kromatogram, Data Waktu Retensi dan Konsentrasi dari MEPO, Produk Perengkahan Termal dan Produk Perengkahan Katalitik.....	77
I.1 MEPO Sebelum Proses Perengkahan	77
I.2 Produk Perengkahan Termal	78
I.3 Produk Perengkahan Katalitik	79
I.3.1 Produk Perengkahan Katalitik Menggunakan Katalis H ₅ -NZA.....	79
I.3.2 Produk Perengkahan Katalitik Menggunakan Katalis Ni-1/H ₅ -NZA	81
I.3.3 Produk Perengkahan Katalitik Menggunakan Katalis Ni-2/H ₅ -NZA	83
I.3.4 Produk Perengkahan Katalitik Menggunakan Katalis Ni-3/H ₅ -NZA	84
J. Struktur dan Nama Senyawa Hasil Perengkahan MEPO yang Telah Dianalisis Menggunakan GCMS yang Diambil dari <i>Similar Indek</i> (SI) tertinggi	86