



**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

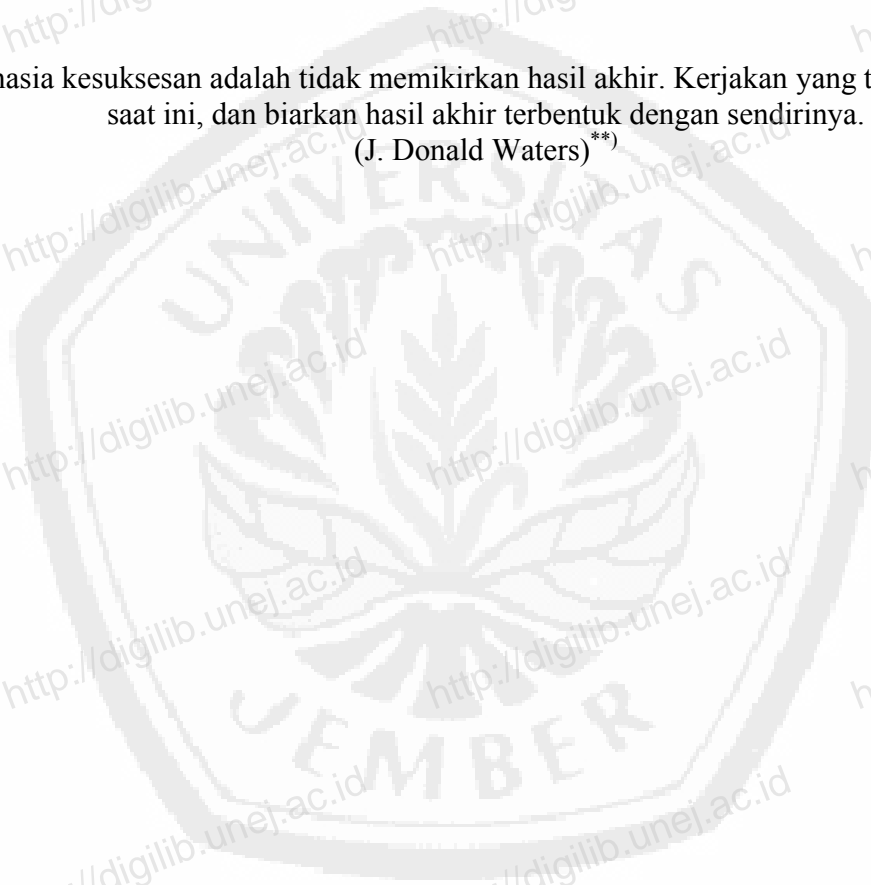
Skripsi ini saya persembahkan untuk:

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 demikesempurnaan 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 |