



**MODIFIKASI KATALIS ZEOLIT DENGAN SiO_2 DARI *FLY*
ASH UNTUK PROSES HIDRORENGKAH MINYAK
SAWIT MENJADI SENYAWA *BIOGASOLINE***

SKRIPSI

Oleh

**Karina Aprillia
NIM 111810301019**

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



**MODIFIKASI KATALIS ZEOLIT DENGAN SiO_2 DARI *FLY*
ASH UNTUK PROSES HIDRORENGKAH MINYAK
SAWIT MENJADI SENYAWA *BIOGASOLINE***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

Karina Aprillia
NIM 111810301019

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2019

PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang maha pengasih lagi maha penyayang, yang telah meridhoi setiap tahap dalam menyelesaikan skripsi ini. Saya persembahkan skripsi ini dengan penuh ketulusan kepada:

1. Ayahanda Didik Rusjayanto dan Ibunda Sri Rejeki atas doa, cinta dan kasih sayang serta kesabara yang telah diberikan selama ini;
2. Segenap keluarga besar dan saudara-saudara, Kakek Sutiyoso, Nenek Rusmini (Almh), Pakde Subarkat (Alm), Besut, serta Dewi Agustin atas doa, dukungan, dan motivasi yang tiada henti;
3. Bapak/Ibu guru TK Bhayangkari, SD 4 patokan, SMPN 1 Situbondo, SMAN 1 Situbondo, bapak/ibu dosen kimia, teknisi jurusan Kimia, dan segenap karyawan FMIPA Universitas Jember yang telah membimbing dan memberikan ilmu, serta pengalamannya;
4. Rhizaldy Bachtiar yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan perhatian dikala rasa lelah serta keinginan menyerah datang;
5. Kawan seperjuangan Kimia 2011 (SOLVENT), terima kasih atas semangat, bantuan, saran, perhatian dan kenangan yang telah diberikan;
6. Sahabat Nuri, Eka, Patrica, Dewinta, Ario, Ana, Ika, Ainun, Aranca, Gita, Nehemia, Irwan, Faizatur, terima kasih atas doa dan dukungan yang diberikan selama ini;

Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

MOTO

Keberhasilan adalah sebuah proses. Niatmu adalah awal keberhasilan. Peluh keringatmu adalah pendedaannya. Tetesan air matamu adalah pewarnanya. Doamu dan doa orang-orang disekitarmu adalah bara api yang mematangkannya. Kegagalan di setiap langkahmu adalah pengawetnya. Maka dari itu, bersabarlah! Allah selalu menyertai orang-orang yang penuh kesabaran dalam proses menuju keberhasilan. *)

*) Rais, H.S dan Almahendra, R. 2013. *99 Cahaya di Langit Eropa: Perjalanan Menapak Jejak Islam di Eropa*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Karina Aprillia

NIM : 111810301019

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Modifikasi Katalis Zeolit dengan SiO_2 dari *Fly Ash* untuk Proses Hidrorengkah Minyak Sawit menjadi Senyawa *Biogasoline*” 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 ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 11 Januari 2019

Yang menyatakan,

(Karina Aprillia)

NIM 111810301019

SKRIPSI

MODIFIKASI KATALIS ZEOLIT DENGAN SiO_2 DARI *FLY ASH* UNTUK PROSES HIDRORENGKAH MINYAK SAWIT MENJADI SENYAWA *BIOGASOLINE*

Oleh

Karina Aprillia
NIM 111810301019

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Donatus Setyawan P.H., S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Modifikasi Katalis Zeolit dengan SiO_2 dari *Fly Ash* untuk Proses Hidrorengkah Minyak Sawit menjadi Senyawa *Biogasoline*” karya Karina Aprillia telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

Tim Penguji;

Ketua,

Anggota I,

Novita Andarini, S.Si., M.Si.
NIP 197211122000032001

Dr. Donatus Setyawan P.H., S.Si., M.Si.
NIP 196808021994021001

Anggota II,

Anggota III,

Dwi Indarti, S.si, M.Si
NIP 197409012000032004

Tanti Haryati, S.Si, M.Si
NIP 198010292005012002

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember,

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP 196102041987111001

RINGKASAN

“Modifikasi Katalis Zeolit dengan SiO₂ dari Fly Ash untuk Proses Hidrorengkah Minyak Sawit menjadi Senyawa Biogasoline” Karina Aprillia, 111810301019; 2019; 44 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Indonesia merupakan salah satu penghasil minyak sawit terbesar di dunia. Minyak sawit dimanfaatkan sebagai minyak goreng, dan berpotensi sebagai sumber bahan bakar alternatif. Minyak kelapa sawit tersusun dari asam palmitat dan asam oleat serta asam lemak lain yang bersama dengan gliserol akan membentuk triasilgliserol (trigliserida). Komposisi asam lemak terbesar kedua penyusun minyak sawit adalah asam oleat dengan persentase 38% sampai 50%, sehingga minyak sawit berpotensi untuk dikonversi secara katalitik.

Salah satu cara untuk mengubah minyak sawit menjadi bahan bakar alternatif yakni dengan proses hidrorengkah katalitik. Proses hidrorengkah menghasilkan *biogasoline* (C₅-C₁₁) dimana dalam penelitian ini menggunakan zeolit sebagai katalis. Katalis zeolit yang digunakan dimodifikasi dengan menyisipkan Si untuk meningkatkan aktivitas dan selektivitas katalis.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik katalis zeolit yang dimodifikasi dengan menyisipkan Si dan mengetahui pengaruh variasi penyisipan Si. Penelitian ini diawali dengan preparasi zeolit alam, aktivasi zeolit dengan menambahkan larutan HF, HCl, dan NH₄Cl, kemudian dilanjutkan dengan proses hidrotermal hingga diperoleh katalis H₅NZA. Katalis H₅NZA tersebut disisipi dengan Si sebanyak 1%, 2%, 3%, dan 4%. Karakteristik katalis meliputi kandungan rasio Si/Al dan keasaman. Proses hidrorengkah dilakukan dalam kolom reaktor sistem *flow fixe bed* dengan temperatur 450°C dan laju alir gas hidrogen 20mL/menit. Katalis yang digunakan dalam hidrorengkah sebanyak 3 gram. Hasil hidrorengkah dianalisis menggunakan GC-MS sehingga dapat diketahui aktivitas dan selektivitas katalis H₅NZASi.

Hasil penelitian menunjukkan bahawa zeolit yang telah dimodifikasi mengalami peningkatan rasio Si/Al dan keasamannya. Katalis H₅NZASi dengan

variasi 2% memiliki rasio paling tinggi yakni sebesar 5,5499. Sedangkan untuk keasaman katalis yang paling tinggi pada katalis H₅NZASi variasi 3% yakni sebesar 1,2337 mmol/gram. Hubungan antara karakter katalis seperti rasio Si/Al dan keasaman meningkat seiring bertambahnya Si yang disisipkan. Penyisipan Si meningkatkan kemampuan katalis pada hidrerenkahan MEPO untuk menghasilkan *liquid product* dengan aktivitas sebesar 73,4 % dan selektivitas terhadap fraksi-fraksi *biogasoline* sebesar 45,37 menggunakan katalis H₅NZASi 3%.



PRAKATA

Puji syukur atas segala rahmat dan karunia yang dilimpahkan Allah SWT, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Modifikasi Katalis Zeolit dengan SiO₂ dari *Fly Ash* untuk Proses Hidrorengkah Minyak Sawit menjadi Senyawa *Biogasoline*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Drs. Sujito, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si., selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Novita Andarini, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dr. Donatus Setyawan P.H., S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
4. Dwi Indarti, S.Si, M.Si., selaku Dosen Penguji I, dan Tanti Haryati, S.Si, M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktunya guna menguji, serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
5. Tri Mulyonno, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang memberi masukan dan pengalaman dalam dunia perkuliahan;
6. Segenap dosen Fakultas MIPA, terutama dosen-dosen Jurusan Kimia Universitas Jember yang telah memberikan banyak ilmu dan pengetahuan;

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Januari 2019

Penulis

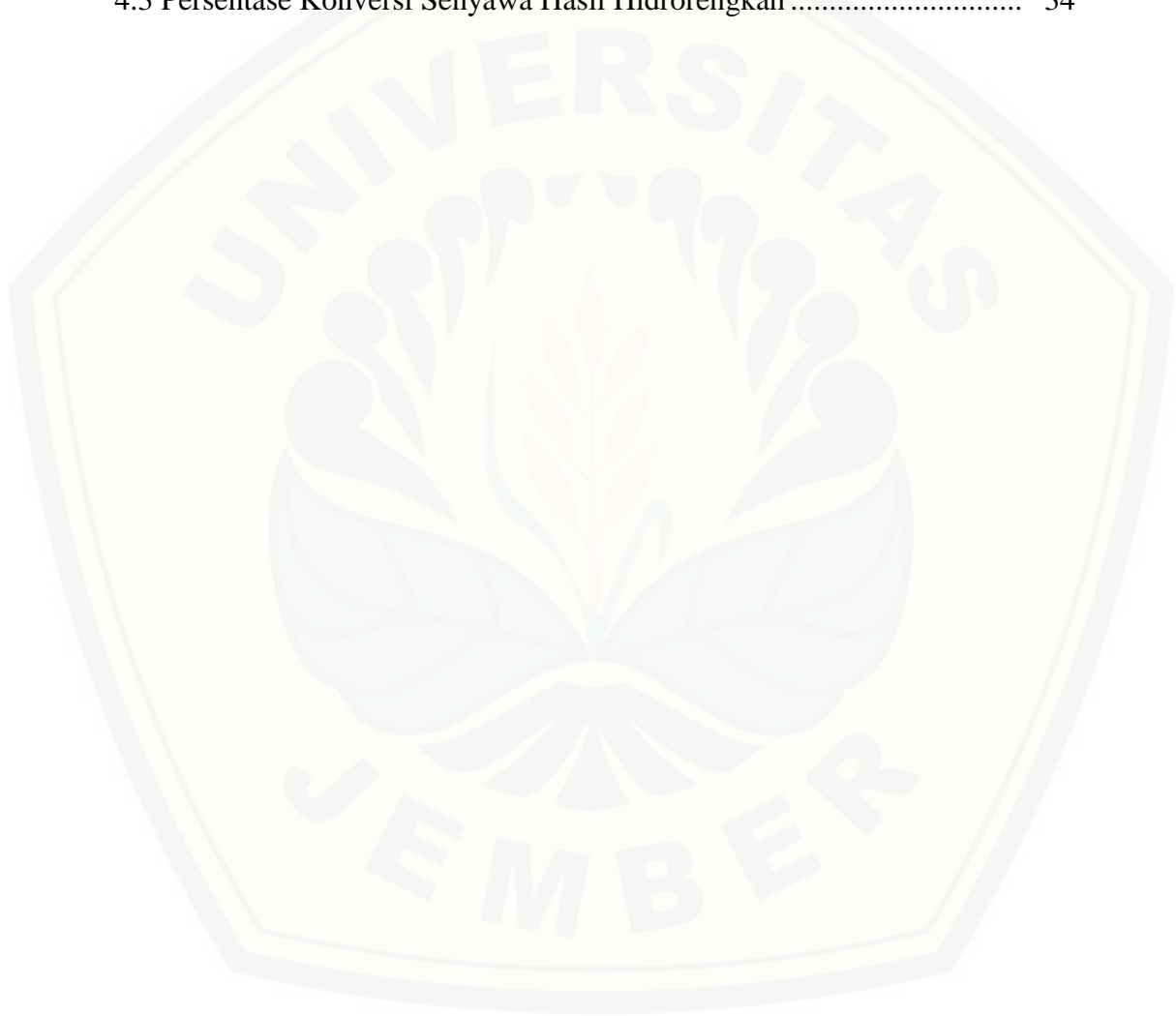
DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|---------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | ii |
| HALAMAN MOTTO | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN | iv |
| HALAMAN PEMBIMBING | v |
| HALAMAN PENGESAHAN | vi |
| RINGKASAN | vii |
| PRAKATA | ix |
| DAFTAR ISI | x |
| DAFTAR TABEL | xii |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiv |
| | |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Batasan Masalah | 4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 4 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Minyak Sawit | 5 |
| 2.2 Biogasoline | 6 |
| 2.3 Transesterifikasi | 7 |
| 2.4 Katalis | 8 |
| 2.5 Zeolit | 11 |
| 2.5.1 Kalsinasi | 12 |
| 2.5.2 Dealuminasi dan Desilikasi | 12 |
| 2.5.3 Pertukaran Ion | 13 |
| 2.5.4 Pengembanan Logam | 13 |
| 2.6 Fly Ash | 13 |
| 2.7 Silika | 14 |
| 2.8 Reaksi Hidrorengkah | 15 |
| 2.8.1 Hidrorengkah Termal | 16 |
| 2.8.2 Hidrorengkah Katalitik..... | 16 |
| 2.9 Spektroskopi Serapan Atom | 16 |
| 2.10 GC-MS | 17 |
| BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN | 18 |

| | |
|--|----|
| 3.1 Waktu Penelitian | 18 |
| 3.2 Alat dan Bahan | 18 |
| 3.2.1 Alat | 18 |
| 3.2.2 Bahan | 18 |
| 3.3 Diagram Alir Penelitian | 19 |
| 3.4 Prosedur Penelitian | 20 |
| 3.4.1 Preparasi larutan | 20 |
| 3.4.2 Ekstraksi SiO ₂ dari <i>Fly Ash</i> | 21 |
| 3.4.3 Preparasi Zeolit Alam | 21 |
| 3.4.4 Aktivasi Zeolit dengan Perlakuan Asam | 22 |
| 3.4.5 Pembuatan Katalis NZASi | 22 |
| 3.4.6 Proses Kalsinasi, Oksidasi, dan Reduksi | 23 |
| 3.4.7 Penentuan Rasio Si/Al | 23 |
| 3.4.8 Penentuan Keasamaan Katalis | 23 |
| 3.4.9 Hidrorengkah MEPO | 24 |
| 3.4.10 Perhitungan Aktivitas dan Selektivitas | 24 |
| BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN | 25 |
| 4.1 Hasil Preparasi Katalis H₅NZASi | 25 |
| 4.2 Karakteristik Katalis | 27 |
| 4.2.1 Rasio Si/Al | 27 |
| 4.2.2 Keasamaan Katalis | 28 |
| 4.3 Karakteristik Metil Ester Minyak Sawit | 29 |
| 4.4 Hasil Hidrorengkah MEPO | 31 |
| 4.4.1 Hidrorengkah Termal | 31 |
| 4.4.2 Hidrorengkah Katalitik | 33 |
| 4.5 Aktivitas dan Selektivitas Katalis | 35 |
| 4.5.1 Aktivitas Katalis | 35 |
| 4.5.2 Selektivitas Katalis | 36 |
| 4.6 Hubungan Antara Rasio Si/Al dengan Aktivitas dan selektivitas katalis | 38 |
| 4.7 Hubungan Antara Keasamaan dengan Aktivitas dan selektivitas katalis | 39 |
| BAB 5. PENUTUP | 43 |
| DAFTAR PUSTAKA | 44 |
| LAMPRAN | 48 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|---------|
| 2.1 Komposisi Asam Lemak dalam Minyak Sawit..... | 5 |
| 2.2 Kandungan Minor minyak Sawit | 6 |
| 2.3 Komposisi Kimia <i>Fly Ash</i> dari PLTU Paiton..... | 14 |
| 4.1 Produk Hasil Hidrorengkah Termal | 32 |
| 4.2 Produk Hasil Hdrorengkah katalis H ₅ NZASi 1% | 33 |
| 4.3 Persentase Konversi Senyawa Hasil Hidrorengkah | 34 |



DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| 2.1 Reaksi Transesterifikasi Antara Trigliserida dan Metanol..... | 7 |
| 2.2 Struktur Kerangka Zeolit..... | 11 |
| 4.1 Zeolit Alam | 25 |
| 4.2 Zeolit Hasil Aktivasi | 26 |
| 4.3 Zeolit Hasil Modifikasi | 27 |
| 4.4 Rasio Si/Al dari Berbagai Katalis | 28 |
| 4.5 Keasaman Tiap Katalis | 29 |
| 4.6 Reaksi Pembentukan Metoksi..... | 30 |
| 4.7 Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit | 31 |
| 4.8 Kromatogram Senyawa Hasil Transesterifikasi..... | 31 |
| 4.9 Kromatogram Hasil Hidrorengkah Termal | 32 |
| 4.10 Kromatogram Hasil Hidrorengkah dengan Katalis H ₅ NZASi 1%..... | 33 |
| 4.11 Aktivitas Tiap Katalis | 36 |
| 4.12 Selektivitas Katalis..... | 38 |
| 4.13 Hubungan Rasio Si/Al dengan Aktivitas Katalis | 39 |
| 4.14 Hubungan Rasio Si/Al dengan selektivitas Katalis..... | 40 |
| 4.15 Hubungan Keasaman dengan Aktivitas Katalis..... | 41 |
| 4.16 Hubungan Keasaman dengan Selektivitas Katalis..... | 42 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|--|---------|
| A. Gambar Susunan Alat..... | 48 |
| A.1 Alat Kalsinasi dan Oksidasi..... | 48 |
| A.2 Alat Hidrotermal..... | 49 |
| A.3 Alat Hidrorengkah..... | 50 |
| A.4 Alat Analisis Keasaman..... | 51 |
| B. Gambar MEPO dan Produk Hasil Perengkahan..... | 51 |
| B.1 Gambar MEPO..... | 51 |
| B.2 Produk Hidrorengkah Termal..... | 51 |
| B.3 Produk Hidrorengkah Menggunakan Katalis H ₅ NZA..... | 52 |
| B.3 Produk Hidrorengkah Menggunakan Katalis H ₅ NZASi 1%..... | 52 |
| B.3 Produk Hidrorengkah Menggunakan Katalis H ₅ NZASi 2%..... | 52 |
| B.3 Produk Hidrorengkah Menggunakan Katalis H ₅ NZASi 3%..... | 52 |
| B.3 Produk Hidrorengkah Menggunakan Katalis H ₅ NZASi 4%..... | 53 |
| C. Perhitungan Preparasi Bahan..... | 53 |
| C.1 Pembuatan Larutan NaOH 3M..... | 53 |
| C.2 Pembuatan Larutan HCl 5M, 2M, dan 1M..... | 53 |
| C.3 Pembuatan Larutan HF 2%..... | 54 |
| C.4 Pembuatan Larutan NH ₄ Cl 2M..... | 55 |
| D. Perhitungan Rasio Si/Al dan Keasaman Katalis..... | 56 |
| D.1 Rasio Si/Al..... | 56 |
| D.2 Keasaman Katalis..... | 57 |
| E. Perbandingan Kromatogram GC Hasil Hidrorengkah..... | 58 |
| F. Daftar Senyawa-senyawa yang Teridentifikasi dari Hasil Hidrorengkah Berbagai Katalis Sesuai dengan Hasil MS..... | 59 |
| G. Konversi Sebaran Senyawa Hasil Hidrorengkah..... | 62 |
| H. Aktivitas Katalis..... | 64 |
| I. Selektivitas Katalis Terhadap Fraksi Biogasoline..... | 64 |
| J. Kromatogram GC-MS..... | 65 |
| J.1 Kromatogram GC-MS Hasil Hidrorengkah Termal..... | 65 |
| J.1 Kromatogram GC-MS Hasil Hidrorengkah H ₅ NZA..... | 66 |
| J.1 Kromatogram GC-MS Hasil Hidrorengkah H ₅ NZASi 1%..... | 68 |
| J.1 Kromatogram GC-MS Hasil Hidrorengkah H ₅ NZASi 2%..... | 70 |
| J.1 Kromatogram GC-MS Hasil Hidrorengkah H ₅ NZASi 3%..... | 71 |
| J.1 Kromatogram GC-MS Hasil Hidrorengkah H ₅ NZASi 2%..... | 72 |
| K. Struktur dan Nama Senyawa Hasil Hidrorengkah MEPO..... | 74 |



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu penghasil minyak sawit terbesar di dunia. Minyak sawit di Indonesia umumnya hanya digunakan sebagai minyak goreng dan sebagian diekspor ke luar negeri. Minyak sawit selain dimanfaatkan sebagai minyak goreng, juga berpotensi sebagai sumber bahan bakar alternatif. Minyak kelapa sawit tersusun dari asam palmitat dan asam oleat serta asam lemak lain yang bersama dengan gliserol akan membentuk triasilgliserol (trigliserida). Salah satu cara untuk mengubah minyak sawit menjadi bahan bakar alternatif yakni dengan proses hidrorengkah katalitik. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Nurjannah,*et al.* (2010) hidrorengkah katalitik asam oleat dapat menghasilkan gasoline, kerosine, dan diesel oil. Komposisi asam lemak terbesar kedua penyusun minyak sawit adalah asam oleat dengan persentase 38% sampai 50%, sehingga minyak sawit berpotensi untuk dikonversi secara katalitik untuk menghasilkan *biogasoline*.

Penelitian tentang hidrorengkah minyak sawit menjadi *biogasoline* telah banyak dilakukan diantaranya Wijanarko,*et al.* (2012) memproduksi *biogasoline* dari minyak sawit dengan katalis γ -alumina diperoleh *yield* 11,8%. Reaksi hidrorengkah optimum terjadi pada perbandingan berat minyak/katalis 100:1 dalam waktu 1,5 jam pada suhu 340°C. Nasikin *et al* (2009) memproduksi *biogasoline* dari minyak sawit dengan katalis Ni-Mo/zeolit dengan perbandingan katalis:reaktan sebesar 1:75. Reaksi hidrorengkah berlangsung pada 300°C dan 320 °C selama 2 jam dengan tekanan atmosferik diperoleh *yield* 11,93%. Setiadi dan Benny (2006) juga melakukan hidrorengkah minyak sawit menjadi hidrokarbon fraksi *gasoline* dengan menggunakan katalis zeolit sintetik ZSM-5-Al₂O₃. Pada penelitian tersebut dilakukan variasi pada komposisi katalis yakni 5-20%, temperatur yakni 300-500°C, dan laju air gas 10mL/menit. Hasil yang penelitian tersebut menunjukkan bahwa komposisi katalis 5% pada temperatur reaksi 400°C dengan menggunakan umpan MEPO menghasilkan *gasoline* paling tinggi sebesar 63,1%.

Zeolit adalah kristal alumina-silika yang mempunyai struktur berongga atau pori dengan sisi aktif yang bermuatan negatif yang mengikat secara lemah kation penyeimbang muatan. Zeolit mempunyai dua jenis situs asam di dalam kerangka, yaitu situs asam Bronstead berupa proton yang melekat pada kerangka oksigen berikatan dengan atom silikon berada di sekitar atom aluminium dan asam Lewis yang terbentuk dari dehidroksilasi dua gugus asam Bronstead yang berdekatan (Oudejans, 1984), situs asam inilah yang berperan dalam perengkahan katalitik. Farouq (2003), menjelaskan bahwa katalis padat seperti zeolit dengan pori pada daerah mesopori, rasio Si/Al yang tinggi, luas permukaan yang tinggi akan sangat efektif dalam reaksi pemutusan rantai karbon yang panjang dalam minyak sawit untuk menghasilkan senyawa fraksi bahan bakar sebagai produknya. Penelitian Trisunaryati, *et al.* (1996) terhadap zeolit alam dari Wonosari telah diketahui bahwa zeolit ini merupakan mineral alam dengan komposisi utama mordenit sekitar 70 %. Zeolit alam banyak bercampur dengan materi pengotor selain zeolit, baik kristalin maupun amorpous. Oleh karena itu, zeolit alam perlu diaktivasi dan dimodifikasi guna meningkatkan karakternya yang meliputi rasio Si/Al dan aktivitas katalitiknya. Peningkatan rasio Si/Al akan menyebabkan zeolit semakin non polar dan zeolit yang bersifat non polar akan semakin mudah berinteraksi dengan senyawa non polar. Peningkatan rasio Si/Al dapat dilakukan dengan menyisipkan logam Si ke dalam katalis zeolit. Menurut Handoko (2013), penyisipan logam Si dari natrium silikat pada katalis zeolit mengakibatkan terjadinya peningkatan rasio Si/Al sebesar 40,17%.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dilakukan penelitian untuk hidorengkah minyak sawit menjadi *biogasoline* dengan menggunakan katalis zeolit yang dimodifikasi dengan SiO₂ dari *fly ash*. Proses ekstraksi SiO₂ dilakukan menggunakan NaOH 3M, kemudian diendapkan menggunakan HCl 1M (Retnosari, 2013). Langkah selanjutnya, dibuat natrium silikat dengan mereaksikan silika yang diperoleh dan larutan NaOH dengan perbandingan 2:3 berat (‘Adziimaa *et al.*, 2013). Minyak sawit ditransesterifikasi terlebih dahulu menjadi metil ester minyak sawit dan dikonversi menjadi *biogasoline* melalui proses hidorengkah. Proses hidorengkah dilakukan dalam kolom reaktor sistem

flow fixe bed dengan temperatur 400°C dan laju alir gas hidrogen 20mL/menit. Katalis yang digunakan pada penelitian ini adalah katalis H₅NZASi yang dibuat dengan melarutkan katalis H₅NZA ke dalam natirum silikat, dengan variasi logam Si sebesar 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% berat katalis. Produk yang diperoleh dari hasil hidrorengkah ini akan dianalisis dengan menggunakan GC-MS.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik katalis H₅NZASi dengan variasi komposisi Si sebesar 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% berat katalis pada hasil preparasi?
2. Bagaimana aktivitas katalis H₅NZASi dari beberapa variasi komposisi Si 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% berat katalis pada hasil hidrorengkah minyak sawit menjadi *biogasoline*?
3. Bagaimana selektivitas katalis H₅NZASi dari beberapa variasi komposisi Si 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% berat katalis pada hasil hidrorengkah minyak sawit menjadi *biogasoline*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik katalis H₅NZASi dengan variasi komposisi Si sebesar 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% berat katalis yang meliputi keasaman dan rasio Si/Al.
2. Mengetahui aktivitas katalis H₅NZASi dengan beberapa variasi komposisi Si 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% berat katalis pada hasil hidrorengkah minyak sawit menjadi *biogasoline*.
3. Mengetahui selektivitas katalis H₅NZASi dengan beberapa variasi komposisi Si 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% berat katalis pada hasil hidrorengkah minyak sawit menjadi *biogasoline*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. *Fly ash* batubara yang digunakan berasal dari PLTU Paiton-Probolinggo.
2. Zeolit alam diambil dari daerah Wonosari, Yogyakarta.
3. Zeolit yang digunakan sebagai katalis berukuran 100 mesh.
4. Suhu dalam proses hidorengkah sebesar 450°C.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menginformasikan pengolahan minyak sawit menjadi *biogasoline*
2. Solusi untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah *fly ash* dengan memanfaatkannya sebagai bahan dalam pembuatan katalis H₅NZASi.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Sawit

Kelapa sawit sebagai tanaman penghasil minyak sawit dan inti sawit merupakan salah satu primadona tanaman perkebunan yang menjadi sumber penghasil devisa non migas bagi Indonesia. Cerahnya prospek komoditi minyak kelapa sawit dalam perdagangan minyak nabati dunia telah mendorong pemerintah Indonesia untuk memacu pengembangan areal perkebunan kelapa sawit. 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. Tahun 2010 diproyeksikan produksi minyak sawit Indonesia mencapai 12 juta ton/tahun. Ketersediaan minyak sawit yang cukup banyak, maka minyak sawit merupakan salah satu bahan baku alternatif yang sangat potensial untuk membuat bahan bakar pengganti gasoline, kerosene dan solar yang dapat diperbaharui, selain itu pembuatan bahan bakar yang dihasilkan dari minyak sawit telah diteliti lebih ramah lingkungan karena bebas dari nitrogen dan sulfur (Yusman, 2012).

Minyak kelapa sawit yang diperoleh dari pengolahan buah kelapa sawit (*laeis guinensis jacq*) terdiri dari gliserida campuran yang merupakan ester dari gliserol dan asam lemak rantai panjang. Komposisi asam lemak minyak sawit seperti pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Asam Lemak dalam Minyak Sawit

| Nama Asam Lemak | Rumus Asam Lemak | Komposisi |
|-----------------|------------------|-----------|
| Laurat | C12:0 | 0,2% |
| Myeustat | C14:0 | 1,1% |
| Palmitat | C16:0 | 44,0% |
| Stearate | C18:0 | 4,5% |
| Oleat | C18:1 | 39,2% |
| Linoleat | C18:2 | 10,1% |
| Lainnya | - | 0,9% |

Sumber: Pahan,2008

Selain dari asam lemak, minyak sawit masih memiliki komponen minor. Kandungan minor minyak kelapa sawit dapat dilihat pada table 2.2 berikut ini:

Tabel 2.2 Kandungan Minor Minyak Sawit

| No | Komponen | Konsentrasi (ppm) |
|----|-----------------|-------------------|
| 1 | Karoten | 500 – 700 |
| 2 | Tokofenol | 400 – 600 |
| 3 | Sterol | ~ 300 |
| 4 | Phospatida | 500 |
| 5 | Besi | 10 |
| 6 | Tembaga | 0,5 |
| 7 | Air | 0,07 - 0,18 |
| 8 | Kotoran-kotoran | 0,01 |

Sumber: Pahan,2008

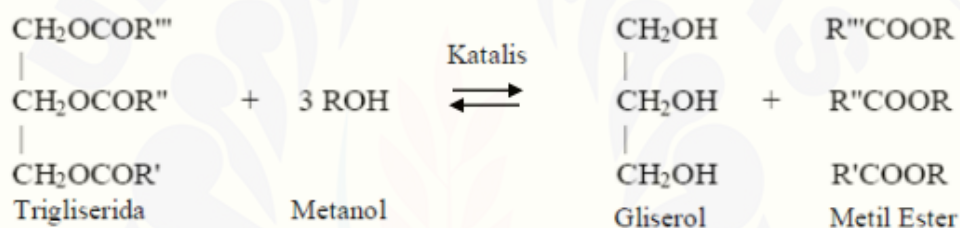
Minyak sawit banyak digunakan sebagai minyak goreng dan berfungsi sebagai penghantar panas, penambah rasa gurih, dan penambah nilai kalori bahan pangenyang dapat berasal dari hewan maupun tumbuhan. Molekul-molekul lemak yang mengandung radikal asam lemak tidak jenuh mengalami oksidasi dan menjadi tengik. Bau tengik disebabkan pembentukan senyawa-senyawa hasil penguraian hidroperoksida menjadi aldehid dan keton (Winarno, 1992).

2.2 Biogasoline

Gasoline atau yang sering kita sebut bensin sangat penting, terutama di zaman modern dengan mobilitas manusia yang sangat tinggi. *Biogasoline* merupakan jenis *gasoline* (bensin) yang terbuat dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Salah satu sumber daya alam yang dimaksud disini adalah minyak sawit. Fraksi *gasoline* tersusun atas hidrokarbon rantai lurus dengan rumus kimia C_nH_{2n+2} , mulai dari C_5 sampai dengan C_{11} . Di Indonesia terdapat beberapa bahan bakar jenis bensin yang mempunyai nilai mutu pembakaran berbeda. Nilai mutu jenis BBM bensin ditentukan berdasarkan nilai RON (*research octane number*) (Prihandana *et al.*, 2007). Jenis *biogasoline* yang dimaksud di sini adalah jenis premium dengan proses konversi, yaitu proses untuk mengubah ukuran dan struktur senyawa hidrokarbon. Salah satu caranya adalah dengan cara perengkahan termal dan terkatalisis (*thermal and catalytic cracking*).

2.3 Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi dari minyak atau lemak dengan alkohol untuk membentuk ester dan gliserol. Transesterifikasi terdiri dari tiga reaksi reversibel yaitu konversi trigliserida menjadi digliserida, digliserida menjadi monogliserida, dan monogliserida menjadi metil ester dan gliserol (Chouhan, 2011). Reaksi ini dibagi atas tiga jenis yaitu interesterifikasi yang merupakan pembentukan alkil ester dari ester dengan ester, alkoholisis pembentukan alkil ester dari suatu ester dengan alkohol, dan asidolisis yaitu reaksi antara suatu ester dengan asam karboksilat (Frank G, 2004). Reaksi transesterifikasi meliputi pengubahan lemak/minyak menjadi senyawa metil ester. Reaksi transesterifikasi diperlukan adanya katalis berdasarkan reaksi di bawah ini:



Gambar 2.1 Reaksi transesterifikasi antara trigliserida dan metanol

Proses transesterifikasi dipengaruhi oleh beberapa faktor penting antara lain:

a. Suhu Reaksi

Pengaruh suhu terhadap reaksi transesterifikasi menghasilkan metil ester dengan bahan baku trigliserida dapat dilakukan dalam berbagai suhu reaksi. Konwar, (2013) telah melakukan reaksi transesterifikasi minyak jarak dengan variasi suhu reaksi 50-100⁰C. Peningkatan suhu menghasilkan peningkatan laju transesterifikasi, namun suhu yang paling tepat untuk transesterifikasi adalah 80⁰C dengan tidak adanya kandungan asam lemak bebas di dalam bahan baku.

b. Perbandingan Molar Alkohol dengan Minyak

Perbandingan molar antara metanol dengan minyak merupakan salah satu faktor yang sangat penting dengan adanya asam lemak bebas yang terkandung di dalam bahan baku minyak maupun lemak. Transesterifikasi merupakan reaksi yang setimbang, maka dibutuhkan alkohol berlebih agar kesetimbangan mengarah pada pembentukan ester asam lemak. Yao (2010) telah melakukan reaksi

transesterifikasi minyak biji kapas dengan variasi mol alkohol dengan minyak yaitu 3:1; 9:1; 12:1 (mol/mol) dengan metil ester maksimal yang diperoleh pada perbandingan 12:1 (mol/mol)

c. Konsentrasi Katalis

Konsentrasi katalis yang digunakan bergantung pada bahan baku yang digunakan. Dalam katalis asam heterogen, konsentrasi katalis mengacu pada banyaknya gugus sulfonat yang terikat pada katalis tersebut yang bersifat polar sehingga mampu mengkonversi asam lemak bebas dalam bahan baku yang digunakan. Penelitian sebelumnya menggunakan konsentrasi katalis sebesar 2-6,5% (berat) untuk transesterifikasi minyak jarak dengan asam lemak bebas 8,17% (Konwar, 2013).

d. Waktu Reaksi

Semakin lama waktu reaksi transesterifikasi maka semakin besar yield yang diperoleh dari reaksi tersebut. Yao (2010) telah melakukan reaksi transesterifikasi minyak biji kapas dengan variasi waktu 1-5 jam. Diperoleh hasil bahwa metil ester meningkat pada waktu reaksi 1 dan 2 jam sedangkan pada 3-5 jam peningkatan kadar metil ester yang terjadi tidak terlalu signifikan.

2.4 Katalis

Katalis merupakan zat yang mampu meningkatkan laju suatu reaksi kimia agar reaksi tersebut dapat berjalan lebih cepat. Katalis ikut terlibat dalam suatu reaksi, tetapi pada akhir reaksi terbentuk kembali seperti bentuknya semula. Katalis tidak memberikan tambahan energi pada sistem dan secara termodinamika tidak dapat mempengaruhi keseimbangan. Katalis mempercepat reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi reaksi. Penurunan energi aktivasi tersebut terjadi sebagai akibat dari interaksi antara katalis dan reaktan (Campbell, 1998). Berdasarkan fase penyusunnya, interaksi katalis dengan reaktan dibedakan menjadi dua macam, yaitu katalis homogen dan heterogen. Katalis homogen adalah katalis yang memiliki fase yang sama dengan reaktan dalam campuran reaksinya sedangkan katalis heterogen adalah katalis yang memiliki fase yang berbeda dengan reaktan dalam campuran reaksinya.

Kinerja katalis ditentukan oleh tiga hal yaitu aktivitas, selektivitas, dan stabilitas operasi yang dapat mempengaruhi waktu pakai katalis. Waktu pakai inilah yang menentukan efektifitas penggunaan katalis.

a. Aktivitas.

Aktivitas katalis biasanya dinyatakan dalam persentase konversi atau jumlah produk yang dihasilkan dari (jumlah) reaktan yang digunakan dalam waktu reaksi tertentu. Aktivitas katalis sangat bergantung pada sifat kimia katalis, di samping luas permukaan dan distribusi pori katalis. Unjuk kerja reaktor dalam industri seringkali dikuantitaskan dalam 'space-time yield' (STY), artinya kuantitas produk yang terbentuk per unit waktu dan volume reaktor.

b. Selektivitas.

Selektivitas dapat diartikan sebagai kemampuan suatu katalis untuk menyokong satu atau beberapa macam produk yang dikehendaki dari keseluruhan macam produk yang mungkin dapat terjadi. Kualitas katalis menentukan selektivitasnya terhadap produk yang diinginkan. Selektivitas katalis sangat bergantung pada tekanan, temperatur reaksi, komposisi reaktan, luas permukaan dan distribusi ukuran pori serta macam reaksi.

Penggunaan katalis mungkin hanya diperlukan aktivitasnya saja atau mungkin selektivitasnya saja atau keduanya. Aktivitas katalis biasanya akan menurun dengan meningkatnya temperatur, dan peningkatan temperatur juga akan berakibat memperpendek waktu pakai (*life time*) katalis. Jika secara termodinamika produk sangat bervariasi maka peningkatan temperatur sistem dapat menyebabkan meningkat atau menurunnya selektivitas katalis, bergantung pada keseluruhan kinetik dan produk yang diinginkan. Berdasarkan hal tersebut, selektivitas dapat dikontrol melalui kondisi temperatur sistem (Satterfield, 1980).

c. Waktu Pakai Katalis.

Aktivitas suatu katalis berkaitan erat dengan kondisi waktu pakai katalis yang meliputi suhu, tekanan, macam reaktan yang digunakan dan frekuensi penggunaan katalis. Beberapa penyebab penurunan kemampuan waktu pakai katalis adalah:

1. Terjadinya keracunan katalis (*poisoning*), hal ini disebabkan adanya unsur tertentu dalam senyawa yang diumpankan ke dalam reaktor dan teradsorpsi dengan mudah ke permukaan katalis sehingga situs aktif katalis tertutup,
2. Terjadinya pengotoran (*fouling*) pada permukaan katalis, pengotoran terjadi karena adanya pengotor yang mengendap dan teradsorpsi secara fisik maupun kimia pada permukaan katalis sehingga akan mengurangi luas permukaan katalis,
3. Terjadinya penggumpalan (*sintering*), penggumpalan pada sistem katalis logam pengemban diakibatkan karena terjadi kerusakan struktur pengemban yang disebabkan suhu operasi yang terlalu tinggi. Penggumpalan tersebut akan mengurangi luas permukaan kontak sehingga aktivitas katalis menurun.

(Fatimah, 2013).

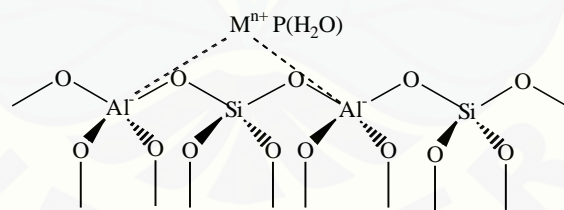
Kemampuan suatu padatan sebagai katalis sangat berkaitan erat dengan pori dan luas permukaan. Penentuan pori suatu permukaan katalis merupakan bagian yang cukup penting pada karakterisasi padatan, karena sangat berhubungan dengan aktivitas katalis. Semakin luas permukaan katalis maka akan semakin banyak molekul pereaksi yang dapat teradsorpsi pada permukaan dan akan bereaksi sehingga dapat menghasilkan produk dengan waktu yang cepat. Smith (1970) menjelaskan bahwa proses difusi dalam pori-pori akan selalu besar dari laju proses permukaan. Pori katalis akan ekuivalen sama banyaknya dengan permukaan yang tersebar pada lapisan datayang berarti jika proses permukaan cepat karena katalis aktif dan memiliki diameter pori kecil, maka proses laju difusi belum tentu besar juga. Chambell (1988) menggolongkan pori-pori katalis berdasarkan ukuran diameternya menjadi tiga, yaitu:

- a. Mikropori, pori-pori yang berukuran paling kecil dengan diameter kurang dari 2 nm,
- b. Mesopori, pori-pori yang memiliki ukuran diameter 2 nm sampai dengan 50 nm,
- c. Makropori, pori-pori dengan diameter lebih dari 50 nm.

2.5 Zeolit

Zeolit merupakan suatu mineral aluminosilikat dengan struktur berongga yang didalamnya ditempati ion-ion dan molekul air yang dapat bergerak bebas. Ion-ion yang ada dalam zeolit dapat dipertukarkan, sedangkan molekul-molekul airnya dapat didehidrasi. Rongga atau ruang dalam mineral zeolit saling berhubungan membentuk kanal-kanal intrakristal berukuran molekuler. Tetrahedral dalam struktur tersebut ditempati oleh kation Al^{3+} ataupun Si^{4+} dengan ion-ion O^{2-} berada pada sudut-sudutnya (Smith, 1992). Struktur tetrahedral dalam zeolit yaitu AlO_4^- dan SiO_4 yang masing-masing mempunyai bilangan koordinasi 4.

Struktur tetrahedral yang dimiliki zeolit sangat memungkinkan untuk digunakan sebagai pengemban dan katalis. Menurut Smith (1992), zeolit digunakan secara luas sebagai katalis dalam proses Hidrorengkah (*cracking*) didasarkan pada produksi situs asam Bronsted dan situs asam Lewis yang terdapat dalam pori zeolit. Rasio Si/Al di dalam kerangka zeolit tersebut sangat menentukan keasaman zeolit. Keasaman zeolit terdiri dari asam Bronstead dan asam Lewis dimana jumlah total asam Bronstead dan asam Lewis adalah konstan. Keasaman zeolit meningkat dengan bertambahnya rasio Si/Al.



Gambar 2.2 Struktur kerangka zeolit (Sumber : Oudejans, 1984)

Zeolit memerlukan modifikasi untuk memperbaiki karakter zeolit sebagai katalis ataupun sebagai zat pengemban. Modifikasi zeolit dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain dengan mengubah spesies kation, mengubah ukuran pori, mengubah perbandingan Si/Al dan mengubah derajat dehidrasinya. Modifikasi zeolit dapat dilakukan secara fisik maupun secara kimia meliputi proses kalsinasi, dealuminasi dan desilikasi, pertukaran ion, serta pengembanan logam (Hamdan, 1992).

2.5.1 Kalsinasi

Kalsinasi merupakan suatu proses perlakuan termal dan dialiri dengan gas nitrogen yang berfungsi untuk menghilangkan senyawa organik dan menghilangkan uap air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit. Perlakuan kalsinasi ini dapat mengubah stuktur padatan yang terdapat dalam zeolit, dan akibatnya adalah meningkatkan luas permukaan dan meningkatkan jumlah pori (Nurhadi, 1999). Proses kalsinasi tidak terjadi reaksi karena pada proses kalsinasi hanya mengubah struktur padatan yang terdapat dalam zeolit (Sutarti dan Rachmawati, 1994).

2.5.2 Dealuminasi dan Desilikasi

Perubahan rasio Si/Al akan pada suatu material akan mempengaruhi sifat dari material tersebut. Perubahan rasio Si/Al dapat dilakukan dengan 2 teknik yakni dealuminasi dan desilikasi. Dealuminasi zeolit merupakan suatu peristiwa penurunan kandungan Al dalam zeolit. Menurut Suyartono (1991), dealuminasi dapat dilakukan dengan perendaman zeolit dalam larutan asam yang bertujuan untuk meningkatkan rasio Si/Al. Karena zeolit dengan kandungan aluminium yang tinggi kurang stabil pada suhu tinggi. Menurut Sherington (2001), dealuminasi dapat dilakukan dengan penyisipan Si. Al dihilangkan dari kerangka zeolit dalam bentuk garam yang larut dalam air. Selanjutnya, Si akan menempati kerangka yang ditinggalkan Al. Contoh larutan yang sering digunakan pada proses ini adalah NH_4SiF_6 , Na_2SiO_3 , dan uap SiCl_4 . Yuanita (2010) melakukan modifikasi terhadap zeolit alam menggunakan metode dealuminasi dengan penyisipan Si dari natrium silikat pada kerangka zeolit. Berdasarkan hasil penelitian, zeolit alam awal memiliki rasio Si/Al 6,05 setelah dilakukan penyisipan Si, rasio Si/Al meningkat menjadi 9,71.

Desilikasi merupakan suatu perlakuan pada zeolit dengan prinsip ekstraksi yang selektif terhadap atom Si dari kerangka zeolit. Desilikasi biasanya menggunakan larutan alkali, dimana larutan yang paling cocok adalah NaOH. Metode ini sering disebut *alkali treatment*. Zeolit yang dihasilkan dari metode desilikasi memiliki rasio Si/Al yang lebih rendah dan perubahan sifat asamnya sangat kecil (Ogura *et al*, 2001).

2.5.3 Pertukaran Ion

Pertukaran ion dalam zeolit untuk mengaktifkan pori zeolit. Besarnya pori zeolit dapat diaktifkan dengan menurunkan sejumlah kation dengan penukaran kation logam yang bervalensi tinggi (Sutarti, 1994). Tujuan dari pertukaran ion dalam zeolit adalah memodifikasi pori zeolit, mereduksi kation membentuk partikel kation yang lebih kecil, dan meningkatkan kestabilan zeolit.

2.5.4 Pengembangan Logam

Pengembangan logam adalah memberikan komponen logam aktif ke dalam suatu bahan pengemban yang berpori. Perlakuan ini dilakukan untuk memperluas permukaan aktif zeolit dan diharapkan situs aktif logam tersebar merata diseluruh permukaan katalis. Menurut Augustine (1996), pengembangan logam dapat dilakukan dengan cara impregnasi kering, yaitu bahan pengemban dibasahi dengan larutan yang sesuai dengan volume pori kemudian dikeringkan atau impregnasi basah, yaitu merendam bahan pengemban dengan larutan garam yang volume larutan garamnya melebihi volume pori dari pengemban.

2.6 *Fly Ash*

Fly ash merupakan material yang memiliki ukuran butiran yang halus, berwarna keabu-abuan dan diperoleh dari hasil pembakaran batubara. *Fly ash* terdiri dari bahan anorganik yang terdapat di dalam batu bara yang telah mengalami fusi selama pembakarannya. Kandungan utama dari *fly ash* antara lain silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), dan besi oksida (Fe_2O_3), sisanya adalah karbon, kalsium, magnesium, dan belerang (Retnosari, 2013). Karakteristik *fly ash*:

- a. Dari segi gradasinya, jumlah prosentase yang lolos dari saringan No. 200 (0,074 mm) berkisar antara 60% sampai 90%.
- b. Warna dari *fly ash* dapat bervariasi dari abu-abu sampai hitam tergantung dari jumlah kandungan karbonnya, semakin terang semakin rendah kandungan karbonnya.
- c. *Fly ash* bersifat tahan air (*hydrophobic*) (Setiawan Ary dkk,2009).

Komposisi kimia abu terbang dari PLTU Paiton dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2. Komposisi kimia *fly ash* dari PLTU Paiton

| No. | Komposisi Penyusun | Kandungan (%W) |
|-----|--------------------------------|----------------|
| 1. | SiO ₂ | 30,25 – 36,83 |
| 2. | Al ₂ O ₃ | 14,52 – 23,78 |
| 3. | Fe ₂ O ₃ | 13,46 – 19,94 |
| 4. | CaO | 11,40 – 16,57 |
| 5. | MgO | 5,360 – 8,110 |
| 6. | Mn ₃ O ₄ | 0,140 – 0,480 |
| 7. | Na ₂ O | 0,250 – 0,740 |
| 8. | K ₂ O | 0,630 – 1,320 |
| 9. | TiO ₂ | 0,830 – 1,050 |
| 10. | P ₂ O ₅ | 0,630 – 3,750 |
| 11. | SO ₃ | 3,010 – 7,280 |

Sumber : PJB Paiton (2002)

Fly ash batubara umumnya digunakan dalam pabrik semen sebagai salah satu bahan campuran pembuat beton. Selain itu, sebenarnya *fly ash* batubara memiliki berbagai kegunaan yang amat beragam :

1. Penyusun beton untuk jalan dan bendungan
2. Penimbun lahan bekas pertambangan
3. *Recovery* magnetit, cenosphere, dan karbon
4. Bahan baku keramik, gelas, batu bata, dan refraktori
5. Bahan penggosok (polisher)
6. Filler aspal, plastik, dan kertas
7. Pengganti dan bahan baku semen
8. Konversi menjadi zeolit dan adsorben

Konversi abu terbang batubara menjadi zeolit dan adsorben merupakan contoh pemanfaatan efektif dari abu terbang batubara (Marinda, 2008).

2.7 Silika

Silika atau silikon dioksida merupakan bentuk senyawa kimia yang paling umum untuk persenyawaan silikon. Silika murni terdapat dalam dua bentuk yaitu kuarsa dan kristobalit. Struktur silika tersusun atas silikon yang berikatan secara tetrahedral terhadap empat atom oksigen, namun ikatannya memiliki sifat ionik.

Kristobalit susunan atom silikon ditempatkan seperti halnya atom karbon dalam intan dengan keberadaan atom oksigen berada di tengah setiap pasangan atom. Silika dalam keadaan kuarsa terdapat bentuk heliks sehingga kristal berbentuk enansiomorf (Cotton, 1989).

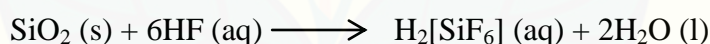
Kelimpahan silika di alam memiliki banyak manfaat hal ini dikarenakan struktur dari silika merupakan unit yang umumnya mendasari kebanyakan mineral. Kristal silika memiliki dua ciri utama yakni:

1. Setiap atom silikon berada pada pusat tetrahedral yang terdiri dari empat atom oksigen.
2. Setiap atom oksigen berada ditengah antara dua atom silikon (Keenan, 1992).

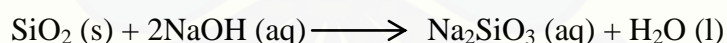
Silika berupa bubuk padat berwarna putih yang memiliki massa molar $60,08 \text{ g mol}^{-1}$, kepadatan sebesar $2,648 \text{ g cm}^{-3}$, titik lebur $1600\text{-}1725^\circ\text{C}$, dan titik didih sebesar 2230°C (Masramdhani, 2011). Silika relatif tidak reaktif terhadap asam kecuali asam hidrofiorida dan asam fosfat. Berikut merupakan reaksi silika dengan asam hidrofiorida:



Dalam asam berlebih reaksinya adalah:



Silika dapat bereaksi dengan basa terutama basa kuat seperti hidroksida alkali.



(Vogel, 1985).

2.8 Reaksi Hidrorengkah

Reaksi Hidrorengkah merupakan reaksi pemutusan ikatan C-C suatu rantai hidrokarbon yang bermolekul besar menjadi rantai hidrokarbon yang bermolekul lebih kecil. Proses pemutusan ini menggunakan suhu dan tekanan yang tinggi tanpa adanya katalis, atau suhu dan tekanan rendah dengan menggunakan katalis. Reaksi hidrorengkah dibagi menjadi 2 yakni hidrorengkah termal dan katalitik.

2.8.1 Hidrorengkah Termal

Hidrorengkah termal didefinisikan sebagai proses konversi satu substansi menjadi substansi lain melalui pemanasan tanpa adanya oksigen (pirolisis) dan pemecahan ikatan kimia yang menghasilkan molekul-molekul lebih kecil. Bahan yang dapat dipirolisis adalah minyak nabati, lemak hewan, asam lemak bebas, dan metal ester asam lemak (Ma, 1999). Hidrorengkah metil ester melalui mekanisme radikal bebas terjadi pemutusan ikatan rantai hidrokarbon yang menghasilkan molekul-molekul hidrokarbon lebih rendah.

2.8.2 Hidrorengkah Katalitik

Hidrorengkah katalitik merupakan proses Hidrorengkah yang menggunakan suatu katalis ke dalam reaksinya. Proses Hidrorengkah katalitik menghasilkan suatu ion karbonium. Ion karbonium akan mudah terbentuk apabila reaksi berlangsung pada temperatur tinggi. Terbentuknya karbonium akan menyesuaikan diri untuk keadaan stabilnya. Jika gugus R_2 cukup panjang, maka kestabilan karbonium akan mengikuti aturan:



Hidrorengkah terjadi pada ikatan dengan lokasi β dari atom karbon yang bermuatan positif. Hidrorengkah dari hidrokarbon rantai lurus menghasilkan pembentukan ion karbonium primer (Yusman, 2012).

2.9 Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)

Proses analisa menggunakan metode spektroskopi serapan atom (AAS, *Atomic Absorption Spectroscopy*), terjadi tahapan atomisasi dalam pembentukan atom netral wujud gas (Skoog, 1993). Tahap atomisasi melalui proses penyemprotan larutan membentuk kabut pada nyala api. Selanjutnya terjadi desolvasi pelarut menghasilkan partikel yang halus pada nyala. Partikel tersebut kemudian berubah menjadi gas, selanjutnya sebagian atau seluruh partikel mengalami disosiasi menjadi atom-atom (Christian, 1994). Proses ini diakibatkan oleh pengaruh langsung dari panas oleh substansi-substansi dalam nyala (Zainuddin, 1998).

2.10 Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS)

Kromatografi gas merupakan metode pemisahan campuran senyawa menjadi komponen-komponennya diantara fase gerak dan fase diam. Fase gerak berupa gas yang stabil, sedangkan fase diam bisa zat padat (GSC, *Gas Solid Chromatography*) atau zat cair (GLC, *Gas Liquid Chromatography*) yang sukar menguap. Cuplikan yang dapat dipisahkan dengan metode ini harus mudah menguap (Hendayana, 2006). Sedangkan pada spektroskopi massa, molekul-molekul organik ditembak dengan berkas elektron dan diubah menjadi ion-ion bermuatan bertenaga tinggi, yang dapat pecah menjadi ion-ion yang lebih kecil, lepasnya elektron dari molekul menghasilkan radikal kation. Ion-ion molekuler, ion-ion pecahan dan ion-ion radikal pecahan dipisahkan oleh pembelokan dalam medan magnet yang dapat berubah sesuai dengan massa dan muatannya sehingga menimbulkan arus pada kolektor yang sebanding dengan limpahan relatifnya.

Penentuan suatu senyawa dengan kromatografi gas didasarkan pada waktu retensi yang dimiliki oleh senyawa tersebut (Arthur *et al.*, 1991). Waktu retensi merupakan ciri khas cuplikan, sehingga waktu retensi ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi cuplikan. Setiap puncak yang dihasilkan akan memiliki luas tertentu yang sebanding dengan konsentrasi. Luas puncak digunakan untuk menentukan konsentrasi setiap komponen dari cuplikan (McNair dan Bonelli, 1988).

Kombinasi antara metode spektroskopi massa dengan kromatografi gas bertujuan untuk menghasilkan data yang lebih akurat. Kolom kromatografi gas berfungsi untuk memisahkan senyawa-senyawa yang terdapat dalam sampel yang diinjeksikan berdasarkan interaksinya dengan kolom GC. Selanjutnya senyawa-senyawa yang telah terpisah oleh kolom GC dilewatkan dalam spektrometer massa sehingga diperoleh data spectrum massa dari masing-masing senyawa yang berhasil dipisahkan oleh kolom GC (Siswoyo dan Asnawati, 2007).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Fisik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember pada bulan Januari 2016 sampai dengan Desember 2018.

3.2 Alat dan Bahan

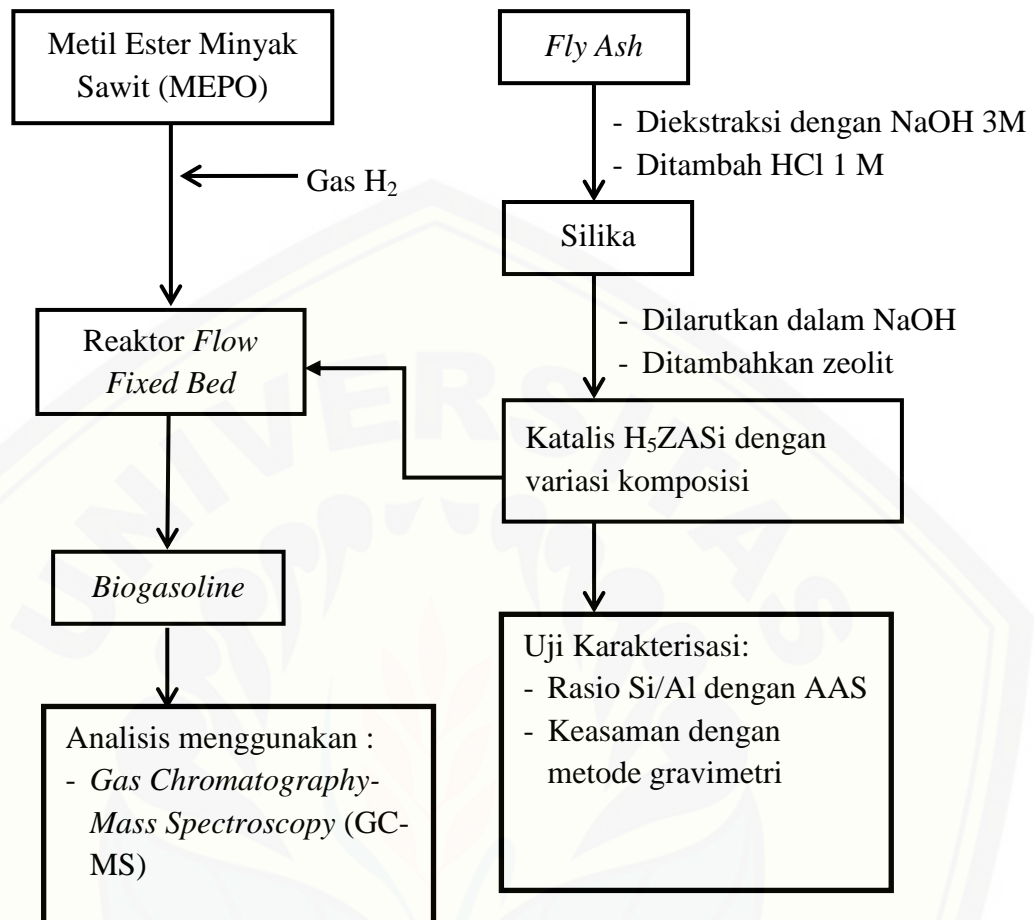
3.2.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *beaker glass* 50, 100, dan 250 ml, gelas ukur 50 ml, labu ukur 100 dan 250 ml, labu leher tiga 100 ml, erlenmeyer, pipet tetes, pipet volume 10 dan 25 ml, *stirrer magnetic*, *furnace*, saringan 100 mesh, oven, neraca analitik, termometer, spektrofotometer serapan atom (AAS), *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS), satu set reaktor jenis *flow fixe bed*, desikator, cawan porselin, corong pisah, dan pH meter.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah zeolit alam, *fly ash* dari PLTU Paiton-Probolinggo, Metil ester palm oil (lemigas), NH_4Cl 99,8% (merck), HF 49% (merck), HCl 37% (merck), KOH p.a, NaOH (merck), kertas saring Whatman 41, methanol p.a, NH_3 25% p.a, akuades (teknis), gas hidrogen (samator), gas oksigen (samator), dan gas nitrogen (samator).

3.3 Diagram Alir Penelitian



3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Preparasi Larutan

a. Pembuatan Larutan NaOH 3 M

Larutan NaOH 3 M dibuat dengan cara menimbang terlebih dahulu NaOH sebanyak 30 gram, kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 mL yang berisi sedikit akuades. NaOH yang telah dilarutkan kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL dan ditambah akuades hingga tanda batas. Labu ukur dikocok perlahan supaya larutan menjadi homogen.

b. Pembuatan Larutan HCl 5 M

Larutan HCl 5 M dibuat dengan mengambil 207,3 mL HCl 37% (12 M), kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL yang telah berisi sedikit akuades, kemudian ditambah akuades hingga tanda batas. Labu ukur dikocok perlahan supaya larutan menjadi homogen.

c. Pembuatan Larutan HCl 2 M

Larutan HCl 2 M dibuat dengan mengambil 82,9 mL HCl 37% (12 M), kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL yang telah berisi sedikit akuades, kemudian ditambah akuades hingga tanda batas. Labu ukur dikocok perlahan supaya larutan menjadi homogen.

d. Pembuatan Larutan HCl 1M

Larutan HCl 1M dibuat dengan mengambil 41,5 mL HCl 37% (12 M), kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL yang telah berisi sedikit akuades, kemudian ditambah akuades hingga tanda batas. Labu ukur dikocok perlahan supaya larutan menjadi homogen.

e. Pembuatan Larutan HF 2%

Larutan HF 2% dibuat dengan mengambil 20,25 mL HF 49%, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 500 mL, dan ditambah akuades hingga tanda batas. Labu ukur dikocok perlahan supaya larutan menjadi homogen.

f. Pembuatan Larutan NH₄Cl 2M

Larutan NH₄Cl 2M dibuat dengan cara menimbang terlebih dahulu NaOH sebanyak 53,49 gram, kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 mL yang berisi sedikit akuades. NH₄Cl yang telah dilarutkan kemudian dimasukkan ke

dalam labu ukur 500 mL dan ditambah akuades hingga tanda batas. Labu ukur dikocok perlahan supaya larutan menjadi.

3.4.2 Ekstraksi SiO₂ dari *Fly Ash*

Sebanyak 50 gram sampel (*fly ash*) yang diambil dari PLTU Paiton- Probolinggo direndam dalam air panas selama 2 jam untuk mengekstrak bahan organik larut air. Didekantasi lalu dikeringkan pada suhu 100°C selama 24 jam yang bertujuan untuk menguapkan air. Sampel yang telah dipreparasi direfluks dengan larutan HCl 5 M selama 5 jam, disaring dan dikeringkan dalam oven temperatur 100°C. Sebanyak 25 gram sampel direndam dalam larutan 150 ml NaOH dengan konsentrasi 3 M. Selanjutnya dipanaskan pada suhu 65-70°C yang disertai pengadukan dengan kecepatan 150 rpm dan dibiarkan selama 3 jam. Sampel disaring dan filtrat ditampung. Filtrat ditambahkan larutan HCl 1 M secara bertahap hingga pembentukan endapan berhenti ($\text{pH} \pm 7$). Setelah itu endapan dipisahkan dan dicuci dengan akuades panas untuk menghilangkan kelebihan asam. Endapan yang diperoleh dari perlakuan ini selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 6 jam untuk menghilangkan air (Retnosari, 2013). Silika yang diperoleh dilarutkan dalam larutan NaOH dengan perbandingan berat anantara NaOH:silika adalah 4:3 (Adziimaa, 2013). NaOH sebanyak 57,14 gram dilarutkan dalam 100 ml akuades. Setelah larut, ditambahkan silika hasil ekstraksi sebanyak 42,86 gram dan dipanaskan hingga silika larut dalam larutan.

3.4.3 Preparasi Zeolit Alam

Zeolit alam direndam dalam akuades sambil diaduk dengan *stirrer magnetic* selama 24 jam, kemudian campuran tersebut disaring dan endapan dikeringkan dalam oven pada temperatur 120°C selama 12 jam. Zeolit yang telah kering digerus dan diayak hingga lolos 100 mesh. Zeolit yang telah di preparasi diberi nama katalis NZ.

3.4.4 Aktivasi Zeolit dengan Perlakuan Asam

Zeolit dengan ukuran 100 mesh direndam dengan HF 2 % selama 30 menit dan dicuci kembali dengan akuades sebanyak 3 kali. Selanjutnya zeolit dioven pada temperatur 120 °C selama 3 jam dan didinginkan. Selanjutnya dilakukan pengasaman dengan dicuci menggunakan HCl 2 M dengan perbandingan antara zeolit:HCl = 1:2 (v/v) sambil diaduk selama 20 hingga 30 menit (Zhang, 1999), kemudian dicuci dengan akuades sampai pH=6 dan dikeringkan menggunakan oven dengan temperatur 120°C selama 3 jam. Kemudian zeolit didinginkan kembali dan ditambahkan dengan larutan NH₄Cl 2 M dengan pebandingan 1:2 (v/v) dalam wadah gelas beker dan dipanaskan dalam temperatur 90°C selama 4 jam dengan pengaduk magnet (Zhang, 1999). Zeolit yang diperoleh digunakan sebagai katalis dan diberi nama katalis NZA (zeolit aktif).

3.4.5 Pembuatan Katalis NZASi

Katalis NZA direfluks menggunakan natrium silikat yang telah dilarutkan dalam akuades dan proses ini dilakukan pada suhu 75⁰C selama 2 jam. Kemudian campuran tersebut dikeringkan pada temperatur 120°C selama 2 jam sehingga diperoleh katalis NZASi (Yuanita, 2009). Kadar Si yang terkandung dalam natrium silikat sebesar 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4%. Perbandingan berat natrium silikat dan zeolit dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Perbandingan berat natrium silikat dan zeolit

| Berat Si (% b/b) | Berat total zeolit+Na ₂ SiO ₃ (g) | Berat Na ₂ SiO ₃ (g) | Berat zeolit (g) |
|---------------------|---|---|---------------------|
| 0 | 50 | 0 | 50 |
| 1 | 50 | 2,17 | 47,83 |
| 2 | 50 | 4,34 | 45,66 |
| 3 | 50 | 6,52 | 43,48 |
| 4 | 50 | 8,69 | 41,31 |

Catatan: BM Na₂SiO₃ = 122,08 gram/mol

BM Si = 28,08 gram/mol

3.4.6 Proses Kalsinasi, Oksidasi, dan Reduksi Katalis

Katalis yang telah diaktivasi, dimasukkan dalam reaktor untuk dikalsinasi menggunakan gas nitrogen dengan laju alir gas 20 ml/menit selama 3 jam pada temperatur 500°C dan dilanjutkan oksidasi dengan gas oksigen pada laju, waktu dan temperatur yang sama kemudian didinginkan. Proses selanjutnya adalah reduksi dengan mengalirkan gas hidrogen selama 3 jam (Handoko, 2013). Zeolit yang telah daliri gas diberi nama H₅NZASi. Zeolit hasil preparasi, katalis NZA, dan katalis H₅NZASi yang diperoleh dianalisis untuk mengetahui karakteristiknya meliputi rasio Si/Al dengan menggunakan AAS dan keasaman total secara gravimetri.

3.4.7 Penentuan Rasio Si/Al

Rasio Si/Al dari zeolit sebelum dan sesudah perlakuan hingga diperoleh katalis H₅NZASi dianalisis menggunakan AAS. Rasio Si/Al ditentukan dari jumlah kandungan logam Si dan Al yang diidentifikasi menggunakan AAS. Rasio Si/Al dihitung melalui persamaan berikut:

$$\text{Rasio Si/Al} = \frac{\% \text{ Si dalam sampel}}{\% \text{ Al dalam sampel}}$$

3.4.8 Penentuan Keasaman Total

Keasaman total katalis ditentukan secara gravimetri atas dasar adsorpsi kimia gas amonia oleh situs asam pada permukaan zeolit. Cawan porselin dipanaskan dalam oven pada temperatur 120°C selama 2 jam, setelah itu didinginkan dan ditimbang massanya. Kemudian 1 gram zeolit dimasukkan ke dalam cawan porselin (W). Cawan porselin dan Zeolit dimasukkan ke dalam desikator dan divakumkan sambil dialiri gas amoniak p.a 25% selama 24 jam kemudian ditimbang kembali (W₁). Berat amoniak yang teradsorpsi dalam sampel adalah sebagai berikut:

$$\Delta W = (W_1 - W) \text{ gram}$$

Keasaman katalis didefinisikan sebagai jumlah mol NH_3 yang terserap ke katalis per gram berat. Persamaan untuk menghitung keasaman katalis sebagai berikut:

$$\text{Keasaman} = \frac{\text{Berat } \text{NH}_3 (\Delta W)}{\text{BM } \text{NH}_3 \times \text{Berat zeolit (W)}}$$

(Majid dkk, 2012).

3.4.9 Hidrorengkah MEPO menjadi Biogasolin dengan Katalis H_5NZASi

Metil ester minyak sawit (MEPO) sebanyak 10 gram ditempatkan dalam tangki umpan yang dilengkapi pemanas dan sebanyak 10 gram katalis H_5NZASi ditempatkan dalam kolom reaktor jenis *flow fixe bed*. Panas sistem reaktor diatur dengan memanaskan kolom reaktor hingga mencapai temperatur 450°C untuk kondisi reaksi katalitik. Tangki umpan dipanaskan untuk menguapkan metil ester minyak sawit setelah kondisi temperatur di reaktor tercapai. Gas hidrogen sebagai gas pembawa umpan dialirkan dengan laju alir gas sebesar 20mL/menit dan membawa umpan menuju kolom reaktor katalitik. Produk reaksi yang berupa gas dilewatkan ke dalam sebuah kondensator (pendingin) hingga berubah menjadi cair dan ditampung dalam sebuah wadah. Proses hidrorengkah metil ester minyak sawit (MEPO) dengan katalis H_5NZASi dilakukan selama 30-60 menit. Hasil produk reaksi dari masing-masing variasi katalis dianalisis menggunakan GC-MS.

3.4.10 Perhitungan Aktivitas dan Selektivitas Katalis

Aktivitas katalis terhadap produk didefinisikan sebagai jumlah produk hasil hidrorengkah dibandingkan dengan jumlah MEPO sebelum hidrorengkah.

$$\text{Aktivitas (\%)} = \frac{\text{Jumlah produk hasil perengkahan}}{\text{jumlah MEPO sebelum perengkahan}} \times 100\%$$

Selektivitas katalis adalah kemampuan suatu katalis untuk menyokong satu atau beberapa macam produk yang dikehendaki yaitu fraksi pendek (gasoline) $\text{C}_5\text{-C}_{11}$ dan fraksi sedang (kerosene) $\text{C}_{12}\text{-C}_{18}$ dari keseluruhan macam produk yang mungkin dapat terjadi dibandingkan dengan konsentrasi awal reaktan.

$$\text{Selektivitas (\%)} = \text{Jumlah produk senyawa hidrokarbon}$$

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari dan pembahasan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Karakterisasi katalis H₅NZASi dengan variasi konsentrasi 1%, 2%, 3%, dan 4% dapat meningkatkan rasio Si/Al maupun tingkat keasaman. Rasio Si/Al paling tinggi pada katalis H₅NZASi 2% sebesar 5,5499% dan keasaman paling tinggi terdapat pada katalis H₅NZASi 3% yakni sebesar 1,2337 mmol/gram.
2. Penyisipan Si meningkatkan kemampuan katalis pada proses hirorengkah MEPO dengan hasil aktivitas sebesar 73,40% pada katalis H₅NZASi 3%.
3. Penyisipan Si meningkatkan kemampuan katalis pada proses hirorengkah MEPO untuk menghasilkan fraksi biogasoline dengan hasil selektivitas sebesar 45,37% pada katalis H₅NZASi 2%.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah perlu dilakukan variasi konsentrasi Si yang lebih tinggi untuk meningkatkan rasio Si/Al, keasaman, aktivitas, dan selektivitas katalis dalam proses hidrorengkah katalitik MEPO.

DAFTAR PUSTAKA

- ‘Adziima, Fauzan, Risanti, dan Mawarni. 2013. Sintesis Natrium Silikat dari Lumpur Lapindo sebagai Inhibitor Korosi. *Jurnal Teknik POMITS*. **2(2)**: 384-389.
- Arthur, Gritter, dan James. 1991. *Pengantar Kromatografi*. Edisi kedua. Bandung: Penerbit ITB.
- Augustine, R.L. 1996. *Heterogeneous Catalysis for the Synthetic Chemistry*. New York: Marcell Dekker Inc.
- Campbell, I.M. 1988. *Catalysis at Surface*. New York: Chapman and Hall Ltd.
- Christian, D. dan Gary, H. 1994. *Analytical Chemistry*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Cotton & Wilkinson. 1989. *Kimia Anorganik Dasar*. Terjemahan Sahati Sunarto dari *Basic Inorganic Chemistry* (1976). Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia Press.
- Farouq, Asnawati, Abdul, dan Subhash. 2003. Catalytic Conversion of Palm Oil Over Meso Porous Aluminosilicate MCM 41 for The Production of Liquid Hydrocarbon Fuel". *Fuel Processing Technology*. **84** (1-3): 105-120.
- Hamdan, H. 1992. *Introduction to Zeolites: Synthesis, Characterization, and Modification*. Malaysia: Universiti Teknologi Malaysia.
- Handoko, D.S.P. 2001. Modifikasi Zeolit Alam dan Karakterisasinya sebagai Katalis Perengkahan Asap Cair Kayu Bengkirai. Tesis. Tidak Dipublikasikan. Yogyakarta: Universtas Gajah Mada.
- Handoko, D.S.P. 2013. Preparasi, Modifikasi dan Karakterisasi Katalis Ni/ZSiA. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, ISBN 978-602-0951-00-3.
- Hendayana, S. 2006. *Kimia Analitik Instrumen Edisi Kesatu*. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Keenan, C.W., Kleinfelter, D.C., dan Wood, J.H. 1992. *Ilmu Kimia Untuk Universitas Edisi Keenam Jilid 2*. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Ma, F. dan Hanna, M.A. 1999. Biodiesel production: a review. In *Bioresource Technology* 70.

- McNair, H. dan Bonelli, E.J. 1988. *Dasar Kromatografi Gas*. Bandung: Penerbit ITB.
- Nasikin, Bambang, Adam., dan Wijarnako. 2009. Biogasoline from Palm Oil by Simultaneous Cracking and Hydrogenation Reaction over NiMo/zeolite Catalyst. *World Applied Sciences Journal*: 74-79.
- Nurhadi, M. 1999. Pembuatan dan Karakterisasi Katalis Kromium-Zeolit Alam untuk Perengkahan Fraksi Minyak Bumi. Skripsi. Tidak Dipublikasikan. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Nurjannah, Irmawati, Roesyadi, dan Danawati. 2009. Perengkahan Katalitik Asam Oleat Untuk Menghasilkan Biofuel Menggunakan HZSM-5 Sintesis. ISBN 978-979-98300-1-2. **15**(3): 1-9.
- Oudejans, J.C. 1984. *Zeolite Catalyst in Some Organic Reaction*. Holland: The Netherland Foundations for Chemical Research.
- Pahan, I. 2008. *Panduan Lengkap Kelapa Sawit*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Paiton, PJB. 2002. *Material Safety Data Sheet*. Probolinggo : PT. Pembangunan Jawa Bali Unit Pembangunan Paiton.
- Retnosari, Agustin. 2013. Ekstraksi dan Penentuan Kadar Silika (SiO₂) Hasil Ekstraksi dari Abu Terbang (*Fly Ash*) Batubara. Skripsi. Tidak Dipublikasikan. Jember: Universitas Jember.
- Satterfield, C.N. 1980. *Heterogenous Catalysis in Practices*. New York: McGrawHill Book Co.
- Setiadi & Benny A. W. 2006. Kinerja Katalitik Zeolit Sintetik ZSM-5-Al₂O₃ dalam Reaksi Perengkahan Minyak Sawit Menjadi Hidrokarbon Fraksi Gasoline. *Jurnal Zeolit Indonesia*. **5**(2): 89-95.
- Setyawan, Musabbikhah., Nalarsih, dan Rosyida. 2009. Rekayasa Unit Pengolah Limbah Batubara dan Pemanfaatannya sebagai Pengganti Semen pada Pembuatan Bahan Bangunan Guna Mengendalikan Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Sains*.
- Sherrington, D. C dan A. P. Keybett. 2001. *Supported Catalyst and Their Application*. London: Royal Society of Chemistry
- Siswoyo dan Asnawati. 2007. *Analisis Spektrometri*. Tidak dipublikasikan. Diklat. Jember : Universitas Jember.

- Smith, J.M. 1970. *Chemical Engineering Kinetics. Second edition*. New York: Mc. Graw-Hill Book Co.
- Smith, K. 1992. *Solid Support and Catalyst in Organic Synthesis*. London: Ellis Horwood PTR.
- Sutarti, M. & Rachmawati, M. 1994. *Zeolit: Tinjauan Literatur*. Jakarta: Pusat Dokumentasi dan Informasi LIPI.
- Suyartono, H. 1991. Tinjauan terhadap Kegiatan Penelitian Karakteristik dan Pemanfaatan Zeolit Indonesia yang Dilakukan PPTM periode 1980-1991. *Buletin PPTM*. **13**(4): 1-13.
- Svehla G. 1985. *Vogel Bagian II Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro Edisi kelima*. Jakarta : PT. Kalman MediaPustaka.
- Trisunaryanti,. 1996. "Characterization and Modification of Indonesian Natural Zeolites and Their Properties for Hydrocracking of Paraffin". Dalam *Journal of The Japan Petroleum Institute*. **39**: 20-25.
- Wijanarko, Anondho., Dani Ahmad Mawardi., dan Mohammad Nasikin. 2006. Produksi Biogasoline dari Minyak Sawit melalui Reaksi Perengkahan Katalitik dengan Katalis γ -Alumina. *MAKARA, TEKNOLOGI*, **10**(2): 51-60.
- Winarno, F.G. 1992. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Yuanita, D. 2009. Hidrogenasi Katalitik Metil Oleat Menjadi Stearil Alkohol Menggunakan Katalis Ni/Zeolit Alam. Yogyakarta: Prosiding Seminar nasional Kimia UNY.
- Yusman, I.Y. 2012. Aktivitas dan Selektivitas Katalis Ni/H5-NZA dalam Perengkahan Minyak Kelapa Sawit Menjadi Senyawa Hidrokarbon Fraksi Pendek. Skripsi. Tidak Dipublikasikan. Jember: Universitas Jember.
- Yusro, Fatimah. 2012. Aktivitas dan Selektivitas Katalis Ni/H5NZA Pada Reaksi Hidrorengkah Asam Palmitat Menjadi Senyawa Hidrokarbon Fraksi Pendek. Skripsi. Tidak Dipublikasikan. Jember: Universitas Jember.
- Zainuddin. 1988. *Kursus Instrumental Atomic Absorption Spectrofotometer (paket A)*. Surabaya: Universitas Airlangga.

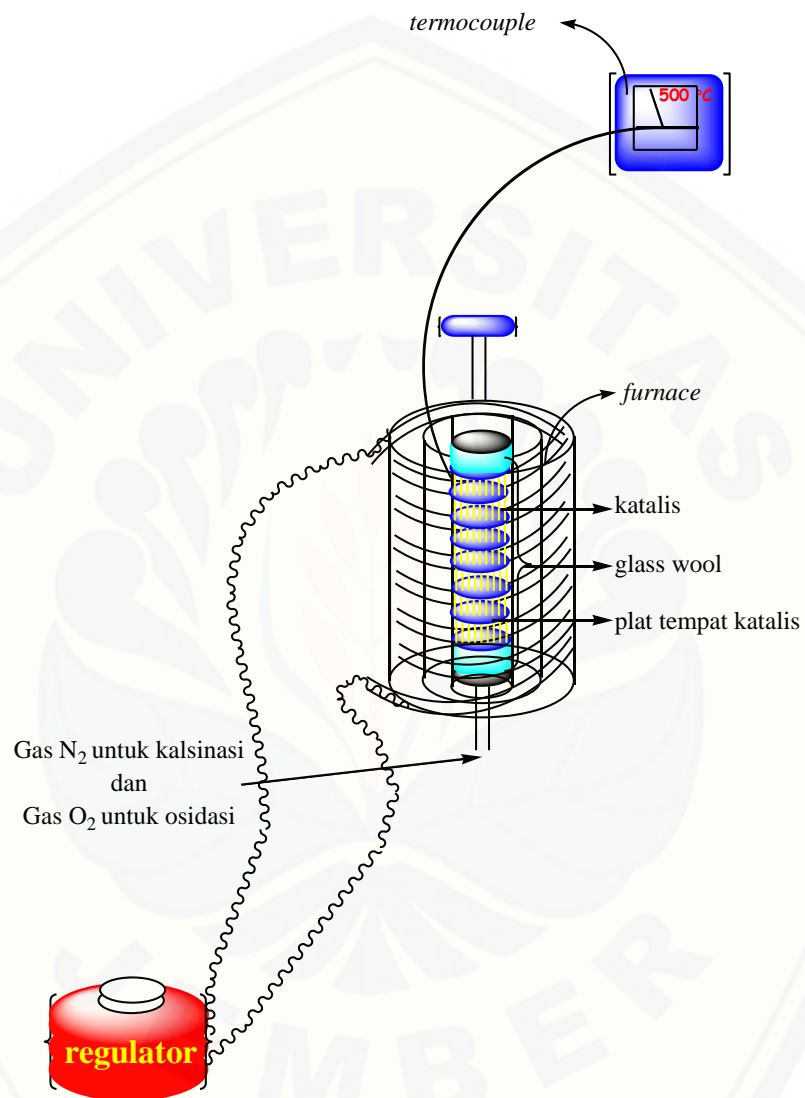
Zhang, W. & Smirniotis, P.G. 1999. Effect of Zeolite Structure and Acidity on the Product Selectivity and Reaction Mechanism for n-Octane Hydroisomerization and Hydrocracking. *J. Catal.* 182. 400-416.



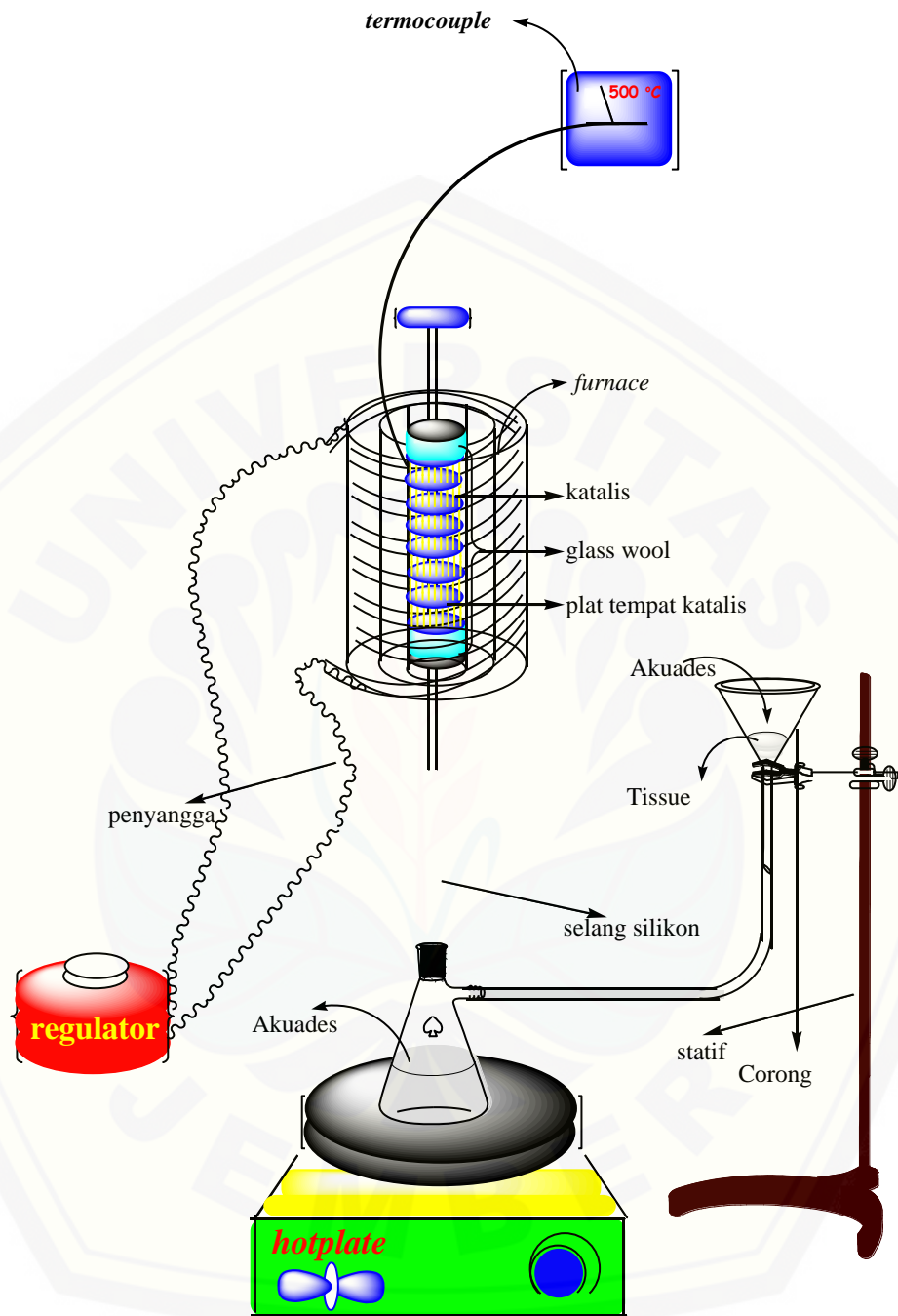
LAMPIRAN

Lampiran A. Gambar Susunan Alat

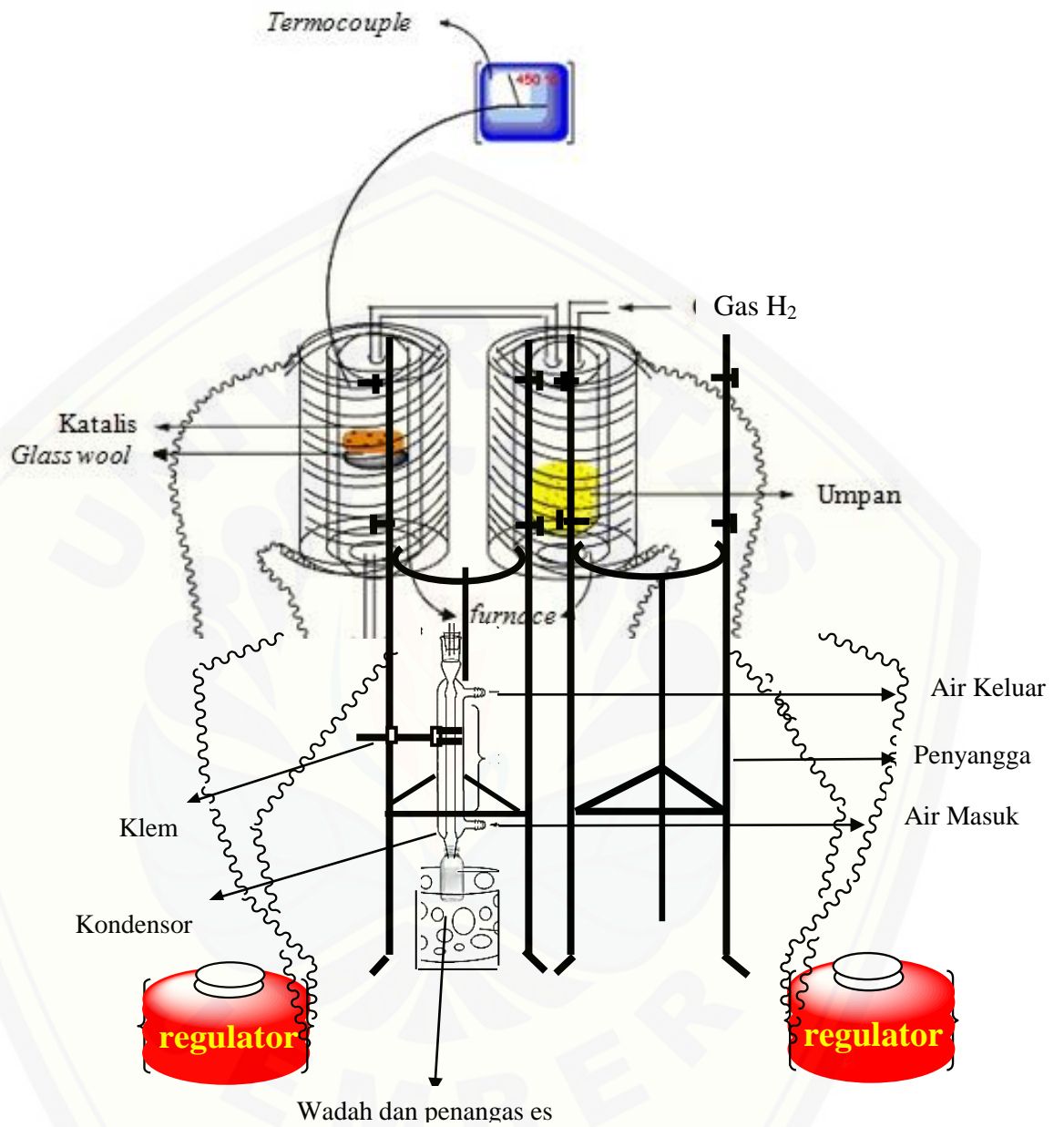
A.1 Alat Kalsinasi dan Oksidasi



A.2 Alat Hidrotermal



A.3 Alat Hidrorengkah (*Hydrocracking*)



A.4 Alat Analisis Keasaman

**Lampiran B. Gambar MEPO dan Produk Hasil Perengkahan**

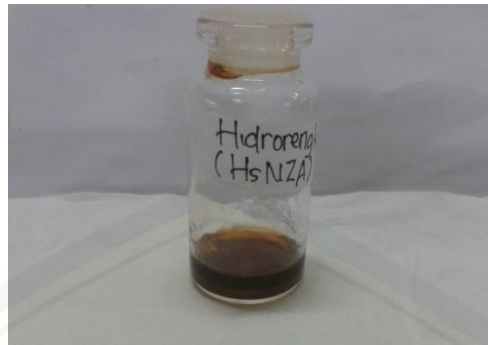
B.1 Gambar MEPO



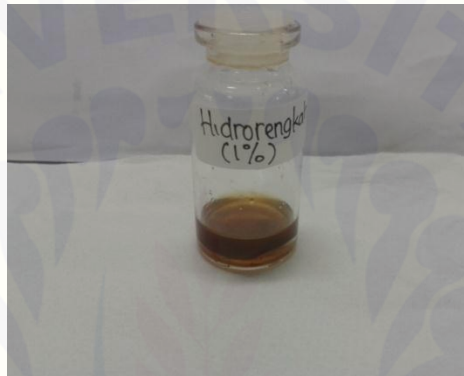
B.2 Gambar Produk Hasil Hidrorengkah Termal Terhadap MEPO



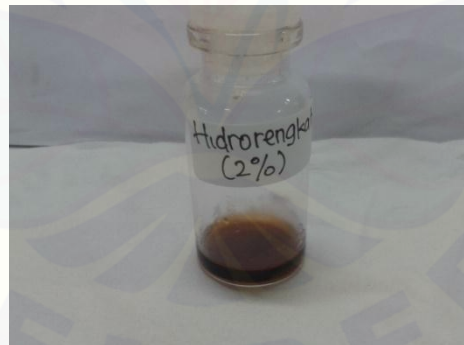
B.3 Gambar Produk Hasil Hidrorengkah Menggunakan Katalis H_5NZ_A



B.4 Gambar Produk Hasil Hidrorengkah Menggunakan Katalis H_5NZASi 1%



B.5 Gambar Produk Hasil Hidrorengkah Menggunakan Katalis H_5NZASi 2%



B.6 Gambar Produk Hasil Hidrorengkah Menggunakan Katalis H_5NZASi 3%



B.7 Gambar Produk Hasil Hidrorengkah Menggunakan Katalis H₅NZASi 4%**Lampiran C. Perhitungan Preparasi Bahan**

C.1 Pembuatan Larutan NaOH 3M

$$\begin{aligned}
 M \text{ NaOH} &= \frac{n \text{ NaOH}}{V \text{ NaOH}} \\
 &= \frac{m}{M_r \times V \text{ NaOH}} \\
 3M &= \frac{m}{40\text{g/mol} \times 250\text{mL}} \\
 m &= 30 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

C.2 Pembuatan Larutan HCl 5M, 2M, dan 1M dari larutan HCl 37%

- Konsentrasi HCl 37%

Dalam 100 ml larutan HCl 37% terdapat 37ml HCl

$$\begin{aligned}
 \rho \text{ HCl} &= \frac{m \text{ HCl}}{V} \\
 1,19 \text{ gram/ml} &= \frac{m \text{ HCl}}{37\text{ml}} \\
 m \text{ HCl} &= 1,19 \text{ gram/ml} \times 37 \text{ ml} \\
 &= 44,03 \text{ gram} \\
 n \text{ HCl} &= \frac{m \text{ HCl}}{M_r \text{ HCl}} \\
 &= \frac{44,03 \text{ gram}}{36,46 \text{ gram/mol}} \\
 &= 1,208 \text{ mol} \\
 M \text{ HCl} &= \frac{n \text{ HCl}}{V \text{ HCl}} = \frac{1,208 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} \\
 &= 12,08 \text{ M}
 \end{aligned}$$

- Larutan HCl 5M

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 12,08 \text{ M} = 500\text{ml} \times 5\text{M}$$

$$V_1 = \frac{500\text{ml} \times 5\text{M}}{12,08\text{M}}$$

$$= 206,95\text{ml} \approx 207 \text{ ml}$$

- Larutan HCl 2M

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 12,08\text{M} = 500\text{ml} \times 2\text{M}$$

$$V_1 = \frac{500\text{ml} \times 2\text{M}}{12,08\text{M}}$$

$$= 82,78 \text{ ml} \approx 82,8 \text{ ml}$$

- Larutan HCl 1M

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 12,08 \text{ M} = 500\text{ml} \times 1\text{M}$$

$$V_1 = \frac{500\text{ml} \times 1\text{M}}{12,08\text{M}}$$

$$= 41,39\text{ml} \approx 41,4 \text{ ml}$$

C.3 Pembuatan Larutan HF 2%

- Konsentrasi HF 49%

Dalam 100 ml larutan HF 49% terdapat 49ml HF

$$\rho \text{ HF} = \frac{m \text{ HF}}{V}$$

$$1,15 \text{ gram/ml} = \frac{m \text{ HF}}{49 \text{ ml}}$$

$$m \text{ HF} = 1,15 \text{ gram/ml} \times 49 \text{ ml}$$

$$= 56,35 \text{ gram}$$

$$n \text{ HF} = \frac{m \text{ HF}}{M_r \text{ HF}}$$

$$= \frac{56,35 \text{ gram}}{20,01 \text{ gram/mol}}$$

$$= 2,816 \text{ mol}$$

$$M \text{ HF} = \frac{n \text{ HF}}{V \text{ HF}} = \frac{2,81 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}}$$

$$= 28,16 \text{ M}$$

- Larutan HF 2%

$$\rho_{\text{HF}} = \frac{m_{\text{HF}}}{V}$$

$$1,15 \text{ gram/ml} = \frac{m_{\text{HF}}}{2 \text{ ml}}$$

$$m_{\text{HF}} = 1,15 \text{ gram/ml} \times 2 \text{ ml} \\ = 2,3 \text{ gram}$$

$$n_{\text{HF}} = \frac{m_{\text{HF}}}{M_{\text{r HF}}} \\ = \frac{2,3 \text{ gram}}{20,01 \text{ gram/mol}} \\ = 0,11 \text{ mol}$$

$$M_{\text{HF}} = \frac{n_{\text{HF}}}{V_{\text{HF}}} = \frac{0,11 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} \\ = 1,1 \text{ M}$$

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 28,16 \text{ M} = 500 \text{ mL} \times 1,1 \text{ M}$$

$$V_1 = \frac{500 \text{ mL} \times 1,1 \text{ M}}{28,16 \text{ M}}$$

$$= 19,53 \text{ mL} \approx 19,5 \text{ mL}$$

C.4 Pembuatan Larutan NH_4Cl 2M

$$M_{\text{NH}_4\text{Cl}} = \frac{n_{\text{NH}_4\text{Cl}}}{V_{\text{NH}_4\text{Cl}}} \\ = \frac{m}{M_{\text{r}} \times V_{\text{NH}_4\text{Cl}}}$$

$$2 \text{ M} = \frac{m}{53,49 \text{ g/mol} \times 0,5 \text{ L}}$$

$$m = 53,49 \text{ gram}$$

Lampiran D. Perhitungan Rasio Si/Al dan Keasaman Katalis**D.1 Rasio Si/Al**

Rasio Si/Al dihitung dengan persamaan:

$$\text{Rasio Si/Al} = \frac{\% \text{ Si}}{\% \text{ Al}}$$

Contoh perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{Rasio Si/Al} &= \frac{30,2193\%}{7,6274\%} \\ &= 3,9619 \end{aligned}$$

Data didapatkan dari hasil analisa menggunakan alat Spektroskopi Serapan

Atom yang terdapat dalam lampiran:

| Sampel | Parameter | Hasil Pengukuran (%) | | | Rata-rata | Rasio Si/Al |
|-------------------------|-----------|----------------------|---------|---------|-----------|-------------|
| | | I | II | III | | |
| NZ | Si | 30.6129 | 29.4322 | 30.6129 | 30.2193 | 3.9619 |
| | Al | 7.6274 | 7.5223 | 7.7326 | 7.6274 | |
| H ₅ NZA | Si | 33.5183 | 32.4 | 32.9907 | 32.9697 | 5.4462 |
| | Al | 5.9485 | 6.1589 | 6.0537 | 6.0537 | |
| H ₅ NZASi 1% | Si | 34.1719 | 33.5813 | 34.1719 | 33.9750 | 5.2918 |
| | Al | 7.2106 | 7.3157 | 7.4209 | 6.4203 | |
| H ₅ NZASi 2% | Si | 34.7452 | 34.7452 | 35.3355 | 34.9419 | 5.5499 |
| | Al | 6.2609 | 6.366 | 6.2609 | 6.2959 | |
| H ₅ NZASi 3% | Si | 35.9258 | 35.9258 | 35.9258 | 35.9258 | 5.4779 |
| | Al | 6.4172 | 6.5763 | 6.6814 | 6.5583 | |
| H ₅ NZASi 4% | Si | 33.5813 | 34.1719 | 32.9907 | 33.5813 | 4.8952 |
| | Al | 6.7899 | 6.8951 | 6.8951 | 6.8600 | |

D.2 Keasaman Katalis

Keasaman katalis dihitung dengan persamaan:

$$\text{keasaman (mmol/gram)} = \frac{\text{Berat NH}_3(\Delta W)}{\text{BM NH}_3 \times \text{Berat Katalis (W)}}$$

Dengan BM NH₃ = 17 g/mol = 0,017 g/mmol

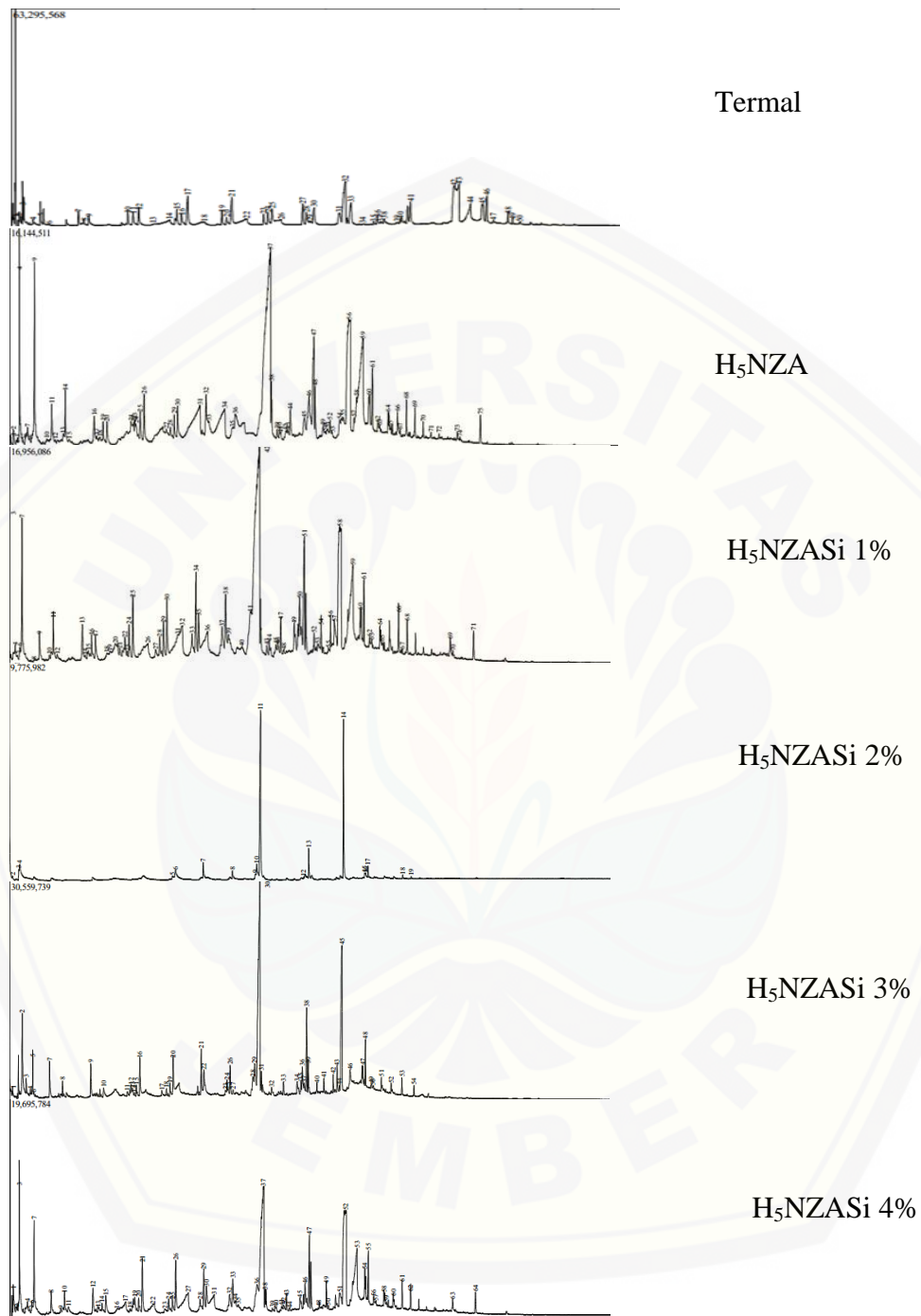
Contoh perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{keasaman (mmol/gram)} &= \frac{0,012 \text{ gram}}{0,017 \text{ g/mmol} \times 0,999 \text{ gram}} \\ &= 0,7066 \text{ mmol/gram} \end{aligned}$$

Maka keasaman katalis masing-masing sebagai berikut:

| Jenis Katalis | Berat Katalis (W) gram | Berat Katalis + NH ₃ (W ¹) gram | Berat NH ₃ (ΔW) gram | Keasaman Katalis (mmol/gram) |
|-------------------------|------------------------|--|---------------------------------|------------------------------|
| NZ | 0,999 | 1,011 | 0,012 | 0,7066 |
| H ₅ NZA | 0,985 | 0,999 | 0,014 | 0,8361 |
| H ₅ NZASi | 1,038 | 1,057 | 0,019 | 1,0767 |
| 1% H ₅ NZASi | 1,048 | 1,069 | 0,021 | 1,1787 |
| 2% H ₅ NZASi | 1,049 | 1,071 | 0,022 | 1,2337 |
| 3% H ₅ NZASi | 1,048 | 1,067 | 0,019 | 1,0664 |
| 4% H ₅ NZASi | | | | |

Lampiran E. Perbandingan Kromatogram GC Hasil Berbagai Hidrorengkah



Lampiran F. Daftar Senyawa-senyawa yang Teridentifikasi dari Hasil Hidrorengkah Berbagai Katalis Sesuai dengan Hasil MS

| Nama Senyawa | Termal | | H ₅ NZA | | H ₅ NZASi 1% | | H ₅ NZASi 2% | | H ₅ NZASi 3% | | H ₅ NZASi 4% | |
|--|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|
| | No. Puncak pada GC | % konsen-trasi | No. Puncak pada GC | % konsen-trasi | No. Puncak pada GC | % konsen-trasi | No. Puncak pada GC | % konsen-trasi | No. Puncak pada GC | % konsen-trasi | No. Puncak pada GC | % konsen-trasi |
| Heksana (C ₆ H ₁₄) | 0 | 0 | 2 | 0,42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1-Heksana (C ₆ H ₁₂) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1, 6 | 1,56 | 0 | 0 | 1 | 0,39 | 1 | 1,59 |
| 1-Heptana (C ₇ H ₁₆) | 0 | 0 | 4 | 2,83 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Heptena (C ₇ H ₁₄) | 3 | 3,38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Oktana (C ₈ H ₁₈) | 0 | 0 | 9 | 3,57 | 7 | 2,68 | 0 | 0 | 5 | 1,39 | 7 | 3,40 |
| 1-Oktana (C ₈ H ₁₆) | 0 | 0 | 15 | 0,12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0,25 | 6 | 0, |
| Nonana (C ₉ H ₂₀) | 8 | 0,76 | 14, 19, 25, 37, 47 | 32,41 | 10, 14, 29, 33, 37 | 3,07 | 5, 7 | 2,97 | 8 | 0,49 | 11, 16, 34, 38, 42 | 4,04 |
| 1-Nonena (C ₉ H ₁₈) | 7 | 0,83 | 0 | 0 | 9 | 0,50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 1,12 |
| Dekana (C ₁₀ H ₂₂) | 0 | 0 | 29, 32, 36 | 3,05 | 20, 25 | 2,52 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24,29 | 2,08 |
| 1-Dekana (C ₁₀ H ₂₀) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 | 0,80 |
| Undekana (C ₁₁ H ₂₄) | 32 | 8,12 | 44 | 0,68 | 0 | 0 | 8, 11 | 42,40 | 15, 19, 21, 26 | 4,95 | 51 | 1,09 |
| 1-Undekena (C ₁₁ H ₂₂) | 10, 15, 19, 23, 27 | 6,56 | 24, 38 | 1,36 | 24, 38 | 2,42 | 0 | 0 | 13, 25 | 0,92 | 15, 22, 37, 41, 46 | 20,3 |
| Dodekana (C ₁₂ H ₂₆) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 49 | 1,05 |
| 1-Dodekena (C ₁₂ H ₂₄) | 0 | 0 | 28, 42 | 0,39 | 28 | 0,56 | 9 | 0,89 | 18, 29 | 4,35 | 33 | 1,60 |
| Tridekana (C ₁₃ H ₂₈) | 0 | 0 | 0 | 0 | 43 | 0,41 | 0 | 0 | 30, 38 | 32,97 | 47 | 3,60 |
| Tetradekana (C ₁₄ H ₃₀) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 3,78 | 33 | 0,67 | 0 | 0 |
| 1-Tetradekena (C ₁₄ H ₂₈) | 31 | 2,05 | 46 | 2,81 | 36, 42 | 24,51 | 10 | 3,50 | 23, 24, 28, 35, 37 | 4,69 | 45 | 0,69 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|----|-------------|--------|--------------|----|--------------|----|--------------|--------|--------------|----|--------------|
| 1-Pentadekena (C15H30) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0,15 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Heksadekana (C16H34) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 | 0,24 | 0 | 0 |
| 1-Heksadekena (C16H32) | 40 | 1,31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36 | 2,06 | 0 | 0 |
| Oktadekanal (C18H36O) | 0 | 0 | 0 | 0 | 49 | 0,85 | 0 | 0 | 41 | 0,59 | 54 | 2,47 |
| 2-Dodekanon (C12H24O) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 43 | 1,48 | 0 | 0 |
| 7-Tridekanon (C13H26O) | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 | 1,84 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8-Pentadekanon (C15H30O) | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 | 1,17 | 18 | 0,41 | 40, 53 | 1,1 | 52 | 11,46 |
| 9-Heptadekanon (C17H34O) | 0 | 0 | 0 | 0 | 62 | 0,27 | 19 | 0,24 | 42, 54 | 1,12 | 56 | 0,42 |
| 3-Oktadekanon (C18H36O) | 0 | 0 | 58 | 1,28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7-Oktadekanon (C18H36O) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 52 | 0,31 | 0 | 0 |
| 9-Oktadekanon (C18H36O) | 0 | 0 | 49, 54 | 0,95 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Metil Miristat (C15H30O2) | 41 | 3,39 | 48 | 0,92 | 0 | 0 | 0 | 0 | 39 | 1,50 | 0 | 0 |
| Jumlah konsentrasi produk hidrorengkah (senyawa hidrokarbon dan non hidrokarbon) | | 26,4 | | 50,79 | | 42,36 | | 54,34 | | 59,47 | | 56,23 |

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|----|--------------|----|--------------|----|-------------|----|--------------|----|--------------|----|-------------|
| Metil Palmitat (C17H34O2) | 43 | 6,33 | 56 | 10,49 | 52 | 0,32 | 14 | 21,48 | 45 | 13,88 | 58 | 0,66 |
| Asam Palmitat (C16H32O2) | 44 | 6,08 | 59 | 9,81 | 0 | 0 | 0 | 0 | 46 | 1,36 | 59 | 0,13 |
| Asam Oleat (C18H34O2) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53 | 8,63 |
| Jumlah reaktan sisa | | 12,41 | | 20,30 | | 0,32 | | 21,48 | | 15,24 | | 9,42 |
| <i>Unknown</i> | | 61,19 | | 28,91 | | 57,32 | | 24,18 | | 25,29 | | 34,35 |

Lampiran G. Konversi Sebaran Senyawa Hasil Hidrorengkah

| Golongan Senyawa | Nama Senyawa | % Konsentrasi dari Tiap Perengkahan | | | | | | |
|---------------------------------------|---|---|--------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------|
| | | Termal | H ₅ NZA | H ₅ NZASi 1% | H ₅ NZASi 2% | H ₅ NZASi 3% | H ₅ NZASi 4% | |
| C ₅ hingga C ₁₁ | Parafin | Heksana (C ₆ H ₁₄) | 0 | 0,42 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Heptana (C ₇ H ₁₆) | 0 | 2,83 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Oktana (C ₈ H ₁₈) | 0 | 3,57 | 2,68 | 0 | 1,39 | 3,40 |
| | Nonana (C ₉ H ₂₀) | 0,76 | 0,96 | 1,06 | 0,68 | 0,49 | 1,12 | |
| | | 0 | 0,47 | 0,69 | 0 | 0 | 0,66 | |
| | | 0 | 0,59 | 0,66 | 0 | 0 | 0,75 | |
| | | 0 | 1,51 | 1,83 | 0 | 0 | 1,56 | |
| | | 0 | 1,06 | 22,40 | 0 | 0 | 15,46 | |
| | | 0 | 26,81 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Dekana (C ₁₀ H ₂₂) | 0 | 3,58 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | | 0 | 0,48 | 0,66 | 0 | 0 | 0,46 | |
| | | 0 | 0 | 1,76 | 0 | 0 | 1,60 | |
| | Undekana (C ₁₁ H ₂₄) | 8,12 | 0,68 | 0,85 | 2,29 | 0,57 | 0 | |
| | | 0 | 0 | 3,83 | 1,30 | 0,57 | 0 | |
| | | 0 | 0 | 0 | 41,10 | 2,23 | 0 | |
| 0 | | 0 | 0 | 0 | 1,58 | 0 | | |
| Jumlah | | 8,88 | 42,96 | 36,42 | 45,37 | 6,83 | 25,01 | |
| Olefin | 1-Heksena (C ₆ H ₁₂) | | 0 | 1,19 | 0 | 0,39 | 1,59 | |
| | 1-Heptena (C ₇ H ₁₄) | 3,38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | 1-Oktena (C ₈ H ₁₆) | 2,36 | 0,12 | 0,37 | 0 | 0,25 | 0,52 | |
| | | 0 | 0,81 | 0 | 0 | 0 | 1,08 | |
| | 1-Nonena (C ₉ H ₁₈) | 0,83 | 0 | 0,14 | 0 | 0 | 0,23 | |
| | 1-Undekena (C ₁₁ H ₂₂) | 1,04 | 0,27 | 0,15 | 0 | 0,58 | 0,80 | |
| | | 1,68 | 0,15 | 0,33 | 0 | 0,16 | 1,25 | |
| | | 1,20 | 1,09 | 0,89 | 0 | 0,70 | 1,14 | |
| | | 0,73 | 0 | 0,56 | 0 | 0,34 | 0 | |
| | | 1,73 | 0 | 0,80 | 0 | 0 | 0 | |
| | 2,05 | 0 | 1,32 | 0 | 0 | 0 | | |
| | 0 | 0 | 0,31 | 0 | 0 | 0 | | |
| Jumlah | | 15 | 2,44 | 6,06 | 0 | 2,42 | 6,61 | |
| Metil Ester | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Jumlah | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Aldehid | Nonanal (C ₉ H ₁₈ O) | 0 | 0,30 | 0 | 0 | 0,95 | 0 | |
| Jumlah | | 0 | 0,30 | 0 | 0 | 0,95 | 0 | |
| Keton | 2-Oktanon (C ₈ H ₁₆ O) | 0 | 0 | 0,30 | 0 | 0,41 | 0 | |
| | | | | | | 0,36 | | |
| Jumlah | | 0 | 0 | 0,30 | 0 | 0,77 | 0 | |

| Golongan Senyawa C ₁₂ hingga C ₁₈ | Nama Senyawa | % Konsentrasi dari Tiap Perengkahan | | | | | |
|--|--|-------------------------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|
| | | Termal | H ₅ NZA | H ₅ NZASi 1% | H ₅ NZASi 2% | 5NZASi 3% | H ₅ NZASi 4% |
| Parafin | Dodekana (C ₁₂ H ₂₆) | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,21 | 0,49 |
| | Tridekana (C ₁₃ H ₂₈) | 0 | 0 | 0,59 | 0 | 28,91 | 0 |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | 4,06 | 0 |
| | Tetradekana (C ₁₄ H ₃₀) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,67 | 3,60 |
| | Heksadekana (C ₁₆ H ₃₄) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,24 | 0 |
| Jumlah | | 0 | 0 | 0,59 | 0 | 35,09 | 4,09 |
| Olefin | 1-Dodekena (C ₁₂ H ₂₄) | 0,23 | 0,24 | 0 | 0 | 0,41 | 0,52 |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,94 | 0,33 |
| | 1-Tridekena (C ₁₃ H ₂₆) | 0 | 0 | 3,10 | 0 | 1,81 | 0 |
| | 1-Tetradekena (C ₁₄ H ₂₈) | 0 | 0 | 2,92 | 0,89 | 0,32 | 0,26 |
| | | 0 | 0 | 0 | 3,50 | 2,09 | 0 |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,77 | 0 |
| | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,81 | 0 |
| | 1-Pentadekena (C ₁₅ H ₃₀) | 0 | 0 | 0 | 0,15 | 0 | 0 |
| 1-Heksadekena (C ₁₆ H ₃₂) | 1,31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Jumlah | | 1,54 | 0,24 | 6,02 | 4,54 | 10,15 | 1,11 |
| Metil Ester | Metil Miristat (C ₁₅ H ₃₀ O ₂) | 3,39 | 0,92 | 0 | 0 | 1,50 | 0,14 |
| Jumlah | | 3,39 | 0,92 | 0 | 0 | 1,50 | 0,14 |
| Aldehid | Oktadekanal (C ₁₈ H ₃₆ O) | 0 | 0,50 | 0,57 | 0 | 0,59 | 0 |
| Jumlah | | 0 | 0,50 | 0,98 | 0 | 0,59 | 0 |
| Keton | 6-Dodekanon (C ₁₂ H ₂₄ O) | 0 | 0 | 0,54 | 0 | 0 | 0 |
| | 7-Tridekanon (C ₁₃ H ₂₆ O) | 0,19 | 0,55 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 8-Pentadekanon (C ₁₅ H ₃₀ O) | 0 | 0 | 0,59 | 0 | 0 | 0,59 |
| | 9-Heptadekanon (C ₁₇ H ₃₄ O) | 0 | 0 | 0,63 | 0,24 | 0,66 | 0,47 |
| | | 0 | 0 | 0,47 | 0 | 0,46 | 0 |
| | 3-Oktadekanon (C ₁₈ H ₃₆ O) | 0 | 1,28 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 7-Oktadekanon (C ₁₈ H ₃₆ O) | 0 | 0,41 | 0 | 0 | 0,68 | 0,62 |
| | | 0 | 0,07 | 0 | 0 | 0,31 | 0 |
| | 8-Oktadekanon (C ₁₈ H ₃₆ O) | 0 | 0 | 0 | 0,41 | 0,67 | 0 |
| | 9-Oktadekanon (C ₁₈ H ₃₆ O) | 0 | 0,39 | 0,32 | 0 | 0,43 | 0 |
| | | 0 | 0,56 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 0 | 0,11 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 10-Nonadekanon (C ₁₉ H ₃₈ O) | 0 | 0,19 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Jumlah | | 0,19 | 3,56 | 2,55 | 0,65 | 3,21 | 1,68 |

Lampiran H. Persentase Aktivitas Katalis pada Tiap Proses Hidrorengkah

Aktivitas katalis dihitung dengan persamaan:

$$\text{Aktivitas} = \frac{\text{Konsentrasi Produk Hidrorengkah}}{\text{Konsentrasi Reaktan}} \times 100\%$$

| Jenis Hidrorengkah | Konsentrasi Reaktan Sisa | Konsentrasi Pro-duk Hidrorengkah | Nilai Aktivitas |
|-------------------------|--------------------------|----------------------------------|-----------------|
| Mula-mula | 83,80 | 0 | 0 |
| Termal | 12,41 | 29 | 34,61 |
| H ₅ NZA | 20,30 | 50,73 | 60,54 |
| H ₅ NZASi 1% | 15,69 | 52,51 | 62,66 |
| H ₅ NZASi 2% | 21,48 | 50,56 | 60,33 |
| H ₅ NZASi 3% | 15,24 | 61,51 | 73,40 |
| H ₅ NZASi 4% | 20,9 | 41,91 | 50,01 |

Contoh perhitungan aktivitas katalis

$$\begin{aligned} \text{Aktivitas} &= \frac{29\%}{83,80\%} \times 100\% \\ &= 34,61\% \end{aligned}$$

Lampiran I. Selektivitas Katalis Terhadap Fraksi Biogasoline

Selektivitas katalis dihitung dengan persamaan:

Selektivitas = Jumlah konsentrasi produk biogasoline

Contoh perhitungan:

Selektivitas katalis H₅NZA (C₅-C₁₁) = 8,88% + 15% = 23,88 %

Selektivitas katalis H₅NZA (C₁₂-C₁₈) = 0% + 1,54% = 1,54 %

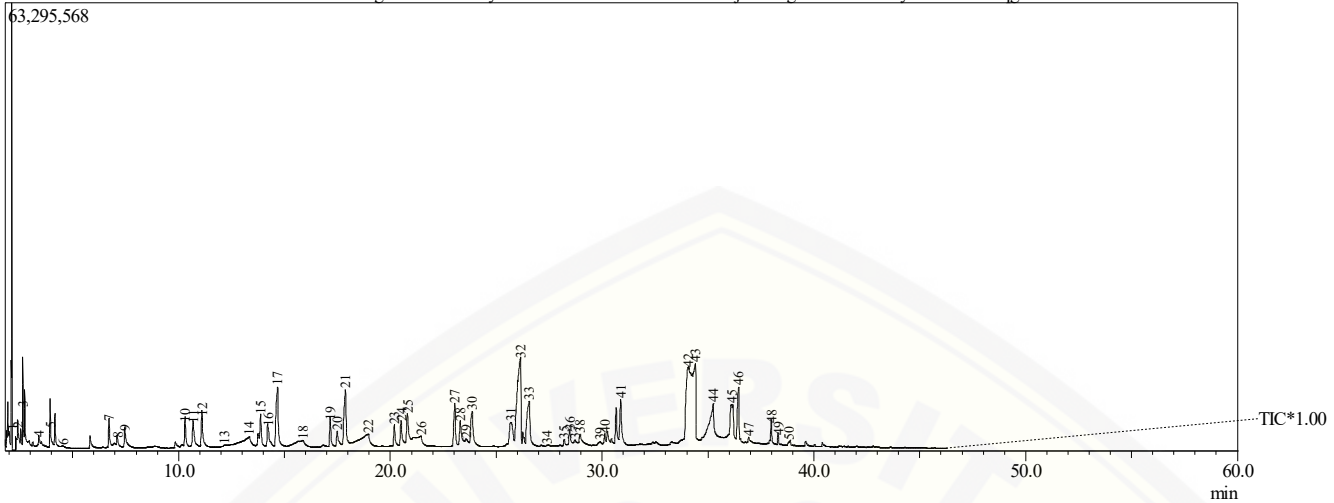
| Jenis Katalis | Selektivitas (%) | |
|-------------------------|------------------|---------|
| | C5-C11 | C12-C18 |
| Termal | 23,88 | 1,54 |
| H ₅ NZA | 45,4 | 0,24 |
| H ₅ NZASi 1% | 42,48 | 6,61 |
| H ₅ NZASi 2% | 45,37 | 4,54 |
| H ₅ NZASi 3% | 9,25 | 45,24 |
| H ₅ NZASi 4% | 31,62 | 5,2 |



Sample Information

Analyzed by : Admin
 Sample Name : Termal Setyawan
 Sample ID :
 Data File : C:\GCMSsolution\Data\Project1\Agustus 2014\Setyawan Termal.qgd
 Method File : C:\GCMSsolution\Data\Project1\Agustus 2014\Pyrolysis HP1 baru xx2.qgm
 Tuning File : C:\GCMSsolution\System\Tune\OKTOBER 18 2016.qgt

Chromatogram Termal Setyawan C:\GCMSsolution\Data\Project1\Agustus 2014\Setyawan Termal.qgd



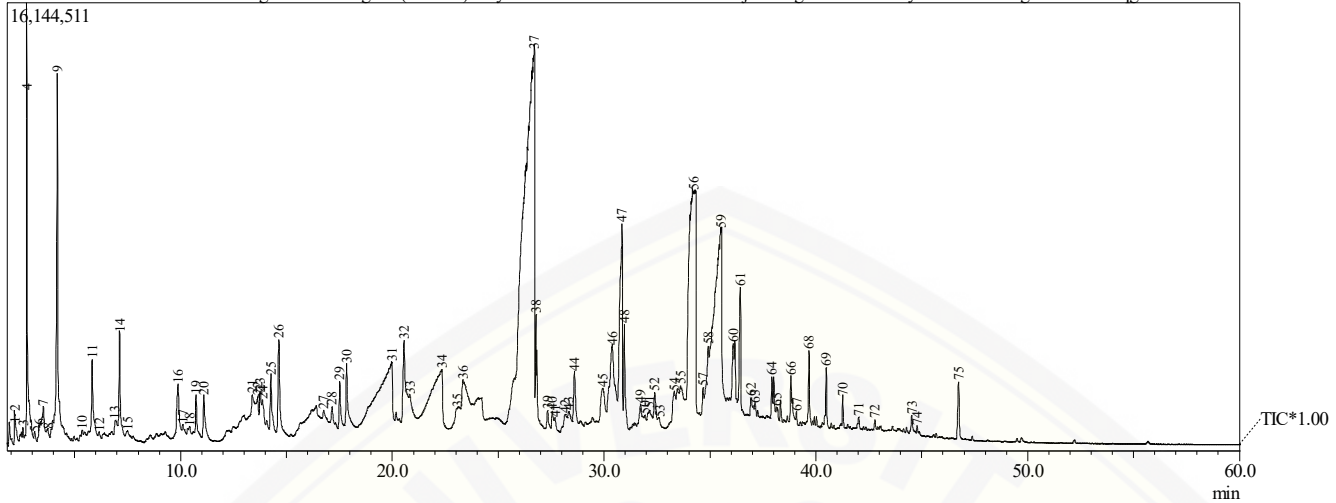
| Peak# | R.Time | I.Time | F.Time | Area | Area% | Height | Name |
|-------|--------|--------|--------|------------|--------|-----------|------|
| 1 | 2.010 | 1.858 | 2.158 | 81306142 | 3.95 | 1999702 | |
| 2 | 2.424 | 2.292 | 2.625 | 35833937 | 1.74 | 3743986 | |
| 3 | 2.660 | 2.625 | 3.225 | 69658968 | 3.38 | 9460887 | |
| 4 | 3.420 | 3.225 | 3.858 | 27296720 | 1.33 | 1729773 | |
| 5 | 3.958 | 3.858 | 4.425 | 48527278 | 2.36 | 4872481 | |
| 6 | 4.558 | 4.425 | 5.058 | 6920584 | 0.34 | 384089 | |
| 7 | 6.728 | 6.558 | 6.858 | 17102222 | 0.83 | 3799764 | |
| 8 | 7.125 | 6.858 | 7.358 | 15651481 | 0.76 | 1471161 | |
| 9 | 7.480 | 7.358 | 8.058 | 19121504 | 0.93 | 2345895 | |
| 10 | 10.322 | 10.058 | 10.525 | 21407554 | 1.04 | 3907606 | |
| 11 | 10.700 | 10.525 | 10.992 | 24244456 | 1.18 | 3446911 | |
| 12 | 11.114 | 10.992 | 11.558 | 28907991 | 1.40 | 4434820 | |
| 13 | 12.158 | 11.925 | 12.858 | 19243619 | 0.93 | 269130 | |
| 14 | 13.328 | 12.858 | 13.625 | 39395853 | 1.91 | 1457262 | |
| 15 | 13.886 | 13.625 | 14.092 | 34635173 | 1.68 | 4348493 | |
| 16 | 14.229 | 14.092 | 14.492 | 25009385 | 1.21 | 3210696 | |
| 17 | 14.679 | 14.492 | 15.125 | 69060034 | 3.35 | 8169830 | |
| 18 | 15.875 | 15.125 | 16.458 | 34274310 | 1.66 | 958323 | |
| 19 | 17.172 | 16.458 | 17.392 | 24631794 | 1.20 | 3435759 | |
| 20 | 17.492 | 17.392 | 17.692 | 15517931 | 0.75 | 2034427 | |
| 21 | 17.882 | 17.692 | 18.092 | 64125422 | 3.11 | 7810323 | |
| 22 | 18.953 | 18.092 | 19.492 | 65166904 | 3.17 | 1734987 | |
| 23 | 20.199 | 19.958 | 20.392 | 15075805 | 0.73 | 2769472 | |
| 24 | 20.520 | 20.392 | 20.692 | 21792254 | 1.06 | 3363187 | |
| 25 | 20.820 | 20.692 | 20.992 | 35307516 | 1.71 | 4469025 | |
| 26 | 21.458 | 20.992 | 21.825 | 38119419 | 1.85 | 1346394 | |
| 27 | 23.051 | 22.692 | 23.192 | 35634292 | 1.73 | 5800148 | |
| 28 | 23.317 | 23.192 | 23.492 | 28004277 | 1.36 | 3441317 | |
| 29 | 23.592 | 23.492 | 23.725 | 11533567 | 0.56 | 1064325 | |
| 30 | 23.867 | 23.725 | 24.358 | 44715726 | 2.17 | 4804969 | |
| 31 | 25.703 | 25.292 | 25.858 | 42301953 | 2.05 | 3371467 | |
| 32 | 26.143 | 25.858 | 26.392 | 167219182 | 8.12 | 12367182 | |
| 33 | 26.558 | 26.392 | 27.025 | 68680541 | 3.34 | 6236884 | |
| 34 | 27.392 | 27.325 | 28.125 | 3847027 | 0.19 | 150671 | |
| 35 | 28.222 | 28.125 | 28.325 | 4668466 | 0.23 | 870242 | |
| 36 | 28.482 | 28.325 | 28.625 | 15475912 | 0.75 | 2129958 | |
| 37 | 28.725 | 28.625 | 28.858 | 8150222 | 0.40 | 815086 | |
| 38 | 28.958 | 28.858 | 29.492 | 18230423 | 0.89 | 1572406 | |
| 39 | 29.892 | 29.492 | 30.025 | 7022493 | 0.34 | 513241 | |
| 40 | 30.134 | 30.025 | 30.558 | 26902574 | 1.31 | 1504964 | |
| 41 | 30.886 | 30.558 | 31.325 | 69861110 | 3.39 | 6128708 | |
| 42 | 34.080 | 33.525 | 34.225 | 185265745 | 9.00 | 10755018 | |
| 43 | 34.401 | 34.225 | 34.592 | 130371542 | 6.33 | 10996344 | |
| 44 | 35.247 | 34.592 | 35.725 | 125141485 | 6.08 | 5501619 | |
| 45 | 36.116 | 35.725 | 36.325 | 81295138 | 3.95 | 5446796 | |
| 46 | 36.447 | 36.325 | 36.692 | 50471748 | 2.45 | 7762518 | |
| 47 | 36.925 | 36.692 | 37.358 | 11252018 | 0.55 | 865802 | |
| 48 | 37.996 | 37.358 | 38.158 | 15390936 | 0.75 | 3090759 | |
| 49 | 38.324 | 38.158 | 38.625 | 4656667 | 0.23 | 1426980 | |
| 50 | 38.835 | 38.625 | 39.258 | 5325381 | 0.26 | 536156 | |
| | | | | 2058752681 | 100.00 | 184127743 | |



Sample Information

Analyzed by : Admin
 Sample Name : Hidrorengkah (H5NZA) Setyawan
 Sample ID :
 Data File : C:\GCMSsolution\Data\Project1\Agustus 2014\Setyawan Hidrorengkah H5NZA.qgd
 Method File : C:\GCMSsolution\Data\Project1\Agustus 2014\Pyrolysis HP1 baru xx2.qgm
 Tuning File : C:\GCMSsolution\System\Tune\OKTOBER 18 2016.qgt

Chromatogram Hidrorengkah (H5NZA) Setyawan C:\GCMSsolution\Data\Project1\Agustus 2014\Setyawan Hidrorengkah H5NZA.qgd



| Peak# | R.Time | I.Time | F.Time | Area | Area% | Height | Name |
|-------|--------|--------|--------|-----------|-------|----------|------|
| 1 | 1.913 | 1.858 | 2.108 | 4293990 | 0.24 | 854260 | |
| 2 | 2.158 | 2.108 | 2.375 | 7741527 | 0.42 | 1207856 | |
| 3 | 2.559 | 2.375 | 2.608 | 4476987 | 0.25 | 558054 | |
| 4 | 2.741 | 2.608 | 3.825 | 51662348 | 2.83 | 14236475 | |
| 5 | 3.125 | 3.058 | 3.192 | 939990 | 0.05 | 255864 | |
| 6 | 3.325 | 3.208 | 3.358 | 2521989 | 0.14 | 515673 | |
| 7 | 3.522 | 3.358 | 3.608 | 10042486 | 0.55 | 1112939 | |
| 8 | 3.742 | 3.608 | 3.775 | 1656488 | 0.09 | 193125 | |
| 9 | 4.181 | 3.825 | 4.558 | 65078098 | 3.57 | 11818112 | |
| 10 | 5.342 | 5.175 | 5.742 | 7734907 | 0.42 | 344241 | |
| 11 | 5.826 | 5.742 | 6.075 | 17782234 | 0.97 | 2849955 | |
| 12 | 6.158 | 6.075 | 6.258 | 1383840 | 0.08 | 227473 | |
| 13 | 6.908 | 6.825 | 7.042 | 4664281 | 0.26 | 504326 | |
| 14 | 7.122 | 7.042 | 7.375 | 17429167 | 0.96 | 3741356 | |
| 15 | 7.508 | 7.375 | 7.708 | 2097869 | 0.12 | 226159 | |
| 16 | 9.882 | 9.692 | 10.042 | 14741050 | 0.81 | 1839231 | |
| 17 | 10.108 | 10.042 | 10.275 | 3382832 | 0.19 | 425923 | |
| 18 | 10.442 | 10.275 | 10.525 | 3505924 | 0.19 | 338694 | |
| 19 | 10.733 | 10.525 | 10.975 | 8539254 | 0.47 | 1424642 | |
| 20 | 11.099 | 10.975 | 11.458 | 9879219 | 0.54 | 1484423 | |
| 21 | 13.395 | 13.242 | 13.525 | 7963824 | 0.44 | 827172 | |
| 22 | 13.642 | 13.525 | 13.708 | 6394615 | 0.35 | 852446 | |
| 23 | 13.763 | 13.708 | 13.825 | 5520751 | 0.30 | 1099775 | |
| 24 | 13.875 | 13.825 | 14.025 | 4936063 | 0.27 | 816811 | |
| 25 | 14.271 | 14.175 | 14.525 | 10730732 | 0.59 | 1979304 | |
| 26 | 14.644 | 14.525 | 15.125 | 21089849 | 1.16 | 3311128 | |
| 27 | 16.763 | 16.658 | 16.992 | 2331386 | 0.13 | 330270 | |
| 28 | 17.157 | 17.058 | 17.275 | 2802637 | 0.15 | 579835 | |
| 29 | 17.520 | 17.425 | 17.708 | 8812949 | 0.48 | 1640136 | |
| 30 | 17.842 | 17.708 | 18.258 | 15155014 | 0.83 | 2297292 | |
| 31 | 19.978 | 18.658 | 20.108 | 84716744 | 4.64 | 2099730 | |
| 32 | 20.557 | 20.425 | 20.775 | 27600186 | 1.51 | 2915263 | |
| 33 | 20.842 | 20.775 | 21.158 | 8725523 | 0.48 | 907760 | |
| 34 | 22.351 | 21.525 | 22.575 | 55030203 | 3.02 | 1958522 | |
| 35 | 23.058 | 22.842 | 23.225 | 6623981 | 0.36 | 429647 | |
| 36 | 23.338 | 23.225 | 23.758 | 19328356 | 1.06 | 1223618 | |
| 37 | 26.703 | 25.358 | 26.742 | 489043973 | 26.81 | 13675206 | |
| 38 | 26.782 | 26.742 | 27.175 | 19963099 | 1.09 | 3659731 | |
| 39 | 27.333 | 27.208 | 27.475 | 3669690 | 0.20 | 626959 | |
| 40 | 27.556 | 27.475 | 27.625 | 3729332 | 0.20 | 675978 | |
| 41 | 27.692 | 27.625 | 27.875 | 2760346 | 0.15 | 437336 | |
| 42 | 28.142 | 27.992 | 28.275 | 4288399 | 0.24 | 428918 | |
| 43 | 28.337 | 28.275 | 28.492 | 4471644 | 0.25 | 514402 | |
| 44 | 28.605 | 28.492 | 28.792 | 12313876 | 0.68 | 1896731 | |
| 45 | 29.939 | 29.725 | 30.108 | 16648222 | 0.91 | 1247405 | |
| 46 | 30.388 | 30.108 | 30.642 | 51262316 | 2.81 | 2883046 | |
| 47 | 30.846 | 30.642 | 30.908 | 65281122 | 3.58 | 7156874 | |
| 48 | 30.961 | 30.908 | 31.175 | 16826906 | 0.92 | 3590714 | |
| 49 | 31.724 | 31.542 | 31.875 | 7067946 | 0.39 | 775338 | |
| 50 | 31.925 | 31.875 | 31.992 | 2291179 | 0.13 | 410470 | |
| 51 | 32.151 | 31.992 | 32.308 | 8150483 | 0.45 | 582788 | |
| 52 | 32.395 | 32.308 | 32.525 | 9076044 | 0.50 | 1252379 | |
| 53 | 32.608 | 32.525 | 32.775 | 2423655 | 0.13 | 320783 | |
| 54 | 33.321 | 33.108 | 33.392 | 10280367 | 0.56 | 1115729 | |
| 55 | 33.611 | 33.392 | 33.792 | 25632238 | 1.41 | 1298867 | |
| 56 | 34.224 | 33.792 | 34.458 | 191275141 | 10.49 | 8276014 | |
| 57 | 34.677 | 34.458 | 34.725 | 7868512 | 0.43 | 1178871 | |
| 58 | 34.908 | 34.725 | 34.958 | 23353726 | 1.28 | 2579659 | |
| 59 | 35.512 | 34.958 | 35.758 | 178946300 | 9.81 | 6858413 | |

| Peak# | R.Time | I.Time | F.Time | Area | Area% | Height | Name |
|-------|--------|--------|--------|------------|--------|-----------|------|
| 60 | 36.102 | 35.758 | 36.308 | 40168571 | 2.20 | 2647592 | |
| 61 | 36.434 | 36.308 | 36.642 | 25387275 | 1.39 | 4527346 | |
| 62 | 36.944 | 36.642 | 37.092 | 6243714 | 0.34 | 666382 | |
| 63 | 37.142 | 37.092 | 37.208 | 1909499 | 0.10 | 447446 | |
| 64 | 37.925 | 37.842 | 38.092 | 11373004 | 0.62 | 1486868 | |
| 65 | 38.142 | 38.092 | 38.275 | 2945020 | 0.16 | 448791 | |
| 66 | 38.825 | 38.742 | 39.025 | 10079198 | 0.55 | 1683452 | |
| 67 | 39.092 | 39.025 | 39.158 | 1695918 | 0.09 | 480758 | |
| 68 | 39.679 | 39.525 | 39.808 | 9635958 | 0.53 | 2544314 | |
| 69 | 40.492 | 40.358 | 40.642 | 7425271 | 0.41 | 2115701 | |
| 70 | 41.273 | 41.158 | 41.358 | 3441640 | 0.19 | 1123563 | |
| 71 | 42.025 | 41.875 | 42.108 | 1982481 | 0.11 | 423071 | |
| 72 | 42.794 | 42.692 | 42.875 | 1356717 | 0.07 | 347706 | |
| 73 | 44.530 | 44.408 | 44.742 | 4370428 | 0.24 | 650410 | |
| 74 | 44.792 | 44.742 | 45.008 | 1743822 | 0.10 | 317753 | |
| 75 | 46.740 | 46.575 | 46.925 | 10184639 | 0.56 | 2055045 | |
| | | | | 1823884964 | 100.00 | 150836299 | |

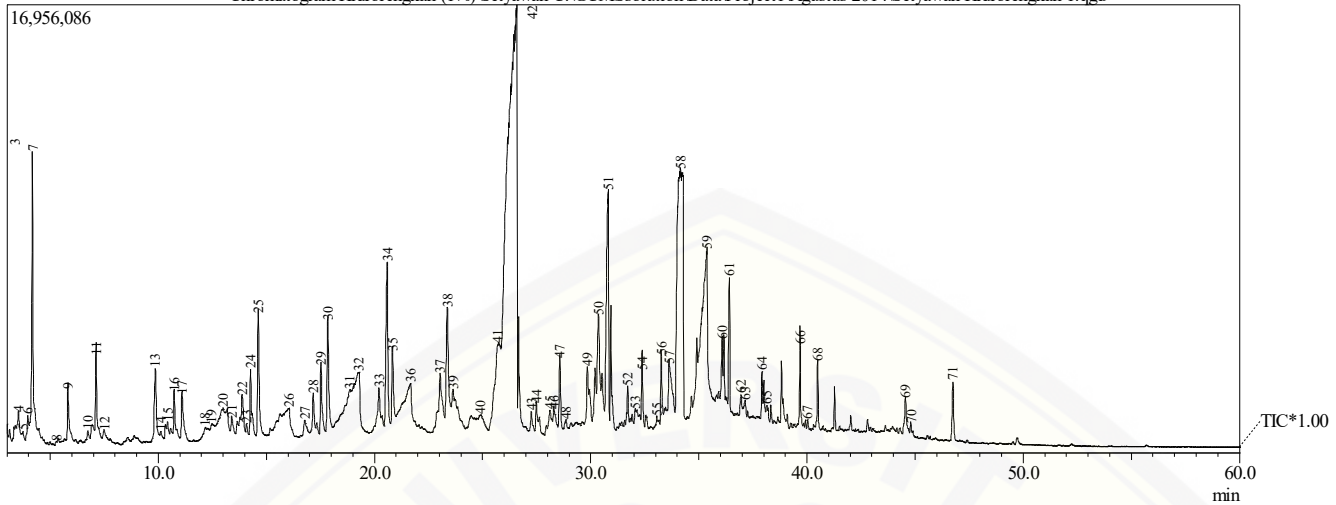




Sample Information

Analyzed by : Admin
 Sample Name : Hidrorengkah (1%) Setyawan
 Sample ID :
 Data File : C:\GCMSsolution\Data\Project1\Agustus 2014\Setyawan Hidrorengkah 1.qgd
 Method File : C:\GCMSsolution\Data\Project1\Agustus 2014\Pyrolysis HP1 baru xx2.qgm
 Tuning File : C:\GCMSsolution\System\Tune\OKTOBER 18 2016.qgt

Chromatogram Hidrorengkah (1%) Setyawan C:\GCMSsolution\Data\Project1\Agustus 2014\Setyawan Hidrorengkah 1.qgd



Peak Report TIC

| Peak# | R.Time | I.Time | F.Time | Area | Area% | Height | Name |
|-------|--------|--------|--------|-----------|-------|----------|------|
| 1 | 2.173 | 2.042 | 2.367 | 27236670 | 1.19 | 3698932 | |
| 2 | 2.417 | 2.367 | 2.542 | 8775936 | 0.38 | 959085 | |
| 3 | 2.758 | 2.542 | 3.217 | 80632785 | 3.51 | 11664125 | |
| 4 | 3.541 | 3.217 | 3.667 | 20284749 | 0.88 | 1372336 | |
| 5 | 3.742 | 3.667 | 3.842 | 4724912 | 0.21 | 588453 | |
| 6 | 3.967 | 3.842 | 4.042 | 8536350 | 0.37 | 1132033 | |
| 7 | 4.187 | 4.042 | 4.817 | 61635619 | 2.68 | 10194014 | |
| 8 | 5.292 | 5.192 | 5.767 | 3593049 | 0.16 | 110390 | |
| 9 | 5.833 | 5.767 | 6.117 | 11485399 | 0.50 | 1924251 | |
| 10 | 6.742 | 6.517 | 6.867 | 3165676 | 0.14 | 396813 | |
| 11 | 7.129 | 6.867 | 7.392 | 24375802 | 1.06 | 3130574 | |
| 12 | 7.517 | 7.392 | 7.717 | 3553259 | 0.15 | 383081 | |
| 13 | 9.870 | 9.617 | 10.042 | 19566651 | 0.85 | 2676665 | |
| 14 | 10.117 | 10.042 | 10.267 | 3347585 | 0.15 | 400201 | |
| 15 | 10.436 | 10.267 | 10.517 | 7608781 | 0.33 | 731367 | |
| 16 | 10.742 | 10.517 | 11.017 | 15754256 | 0.69 | 1923686 | |
| 17 | 11.110 | 11.017 | 11.492 | 13690657 | 0.60 | 1748894 | |
| 18 | 12.167 | 11.917 | 12.392 | 8073427 | 0.35 | 438980 | |
| 19 | 12.467 | 12.392 | 12.742 | 11171500 | 0.49 | 569834 | |
| 20 | 13.003 | 12.742 | 13.317 | 30468987 | 1.33 | 1128716 | |
| 21 | 13.417 | 13.317 | 13.567 | 6876819 | 0.30 | 794104 | |
| 22 | 13.891 | 13.567 | 14.042 | 20383689 | 0.89 | 1629636 | |
| 23 | 14.092 | 14.042 | 14.192 | 2975385 | 0.13 | 535977 | |
| 24 | 14.267 | 14.192 | 14.517 | 15124152 | 0.66 | 2374864 | |
| 25 | 14.630 | 14.517 | 14.992 | 27418793 | 1.19 | 4458697 | |
| 26 | 16.036 | 14.992 | 16.317 | 42973392 | 1.87 | 1070936 | |
| 27 | 16.776 | 16.517 | 17.017 | 6785076 | 0.30 | 604741 | |
| 28 | 17.175 | 17.017 | 17.442 | 12884589 | 0.56 | 1529529 | |
| 29 | 17.534 | 17.442 | 17.717 | 15176852 | 0.66 | 2541690 | |
| 30 | 17.847 | 17.717 | 18.067 | 26839340 | 1.17 | 4284475 | |
| 31 | 18.867 | 18.067 | 18.967 | 48627165 | 2.12 | 1625796 | |
| 32 | 19.281 | 18.967 | 19.592 | 45273797 | 1.97 | 2257900 | |
| 33 | 20.212 | 19.842 | 20.442 | 18458925 | 0.80 | 1604145 | |
| 34 | 20.590 | 20.442 | 20.742 | 42115586 | 1.83 | 6258514 | |
| 35 | 20.840 | 20.742 | 20.992 | 19343658 | 0.84 | 3065870 | |
| 36 | 21.659 | 20.992 | 21.967 | 48472599 | 2.11 | 1640215 | |
| 37 | 23.042 | 22.592 | 23.242 | 30259489 | 1.32 | 2251051 | |
| 38 | 23.375 | 23.242 | 23.542 | 40364431 | 1.76 | 4652455 | |
| 39 | 23.639 | 23.542 | 24.192 | 32475925 | 1.41 | 1638182 | |
| 40 | 24.901 | 24.192 | 25.292 | 30807851 | 1.34 | 708443 | |
| 41 | 25.692 | 25.292 | 25.867 | 71269134 | 3.10 | 3350275 | |
| 42 | 26.569 | 25.867 | 26.917 | 514288656 | 22.40 | 15896839 | |
| 43 | 27.262 | 26.917 | 27.417 | 9331207 | 0.41 | 847798 | |
| 44 | 27.491 | 27.417 | 27.867 | 10745975 | 0.47 | 1227147 | |
| 45 | 28.123 | 27.917 | 28.217 | 6400763 | 0.28 | 716287 | |
| 46 | 28.317 | 28.217 | 28.467 | 7107898 | 0.31 | 826072 | |
| 47 | 28.580 | 28.467 | 28.742 | 13513524 | 0.59 | 2570304 | |
| 48 | 28.867 | 28.742 | 29.017 | 2137685 | 0.09 | 326836 | |
| 49 | 29.852 | 29.717 | 30.067 | 19565915 | 0.85 | 2060966 | |
| 50 | 30.365 | 30.067 | 30.642 | 60726992 | 2.64 | 4239063 | |
| 51 | 30.807 | 30.642 | 31.167 | 88013705 | 3.83 | 8969345 | |
| 52 | 31.719 | 31.517 | 31.792 | 7357666 | 0.32 | 1478872 | |
| 53 | 32.071 | 31.792 | 32.217 | 9875757 | 0.43 | 662062 | |
| 54 | 32.392 | 32.217 | 32.492 | 13124869 | 0.57 | 2543104 | |
| 55 | 33.068 | 32.892 | 33.117 | 2750815 | 0.12 | 448987 | |
| 56 | 33.267 | 33.117 | 33.367 | 14514557 | 0.63 | 2841037 | |
| 57 | 33.642 | 33.367 | 33.892 | 37266250 | 1.62 | 2432763 | |
| 58 | 34.162 | 33.892 | 34.417 | 185445823 | 8.08 | 9640031 | |
| 59 | 35.372 | 34.417 | 35.767 | 174772564 | 7.61 | 6315031 | |

| Peak# | R.Time | I.Time | F.Time | Area | Area% | Height | Name |
|-------|--------|--------|--------|------------|--------|-----------|------|
| 60 | 36.084 | 35.767 | 36.267 | 42179393 | 1.84 | 2921557 | |
| 61 | 36.417 | 36.267 | 36.642 | 26856176 | 1.17 | 5131638 | |
| 62 | 36.961 | 36.642 | 37.017 | 6272068 | 0.27 | 814385 | |
| 63 | 37.142 | 37.017 | 37.217 | 4379574 | 0.19 | 598206 | |
| 64 | 37.928 | 37.842 | 38.092 | 12469117 | 0.54 | 1541973 | |
| 65 | 38.142 | 38.092 | 38.292 | 3724732 | 0.16 | 557611 | |
| 66 | 39.689 | 39.492 | 39.817 | 13523003 | 0.59 | 3572906 | |
| 67 | 40.042 | 39.817 | 40.117 | 2709928 | 0.12 | 357278 | |
| 68 | 40.500 | 40.192 | 40.642 | 10749571 | 0.47 | 2268747 | |
| 69 | 44.563 | 44.417 | 44.767 | 10016681 | 0.44 | 1394823 | |
| 70 | 44.817 | 44.767 | 45.067 | 2617025 | 0.11 | 493650 | |
| 71 | 46.760 | 46.567 | 47.017 | 11378244 | 0.50 | 2148600 | |
| | | | | 2296404830 | 100.00 | 179893843 | |

Digital Repository Universitas Jember

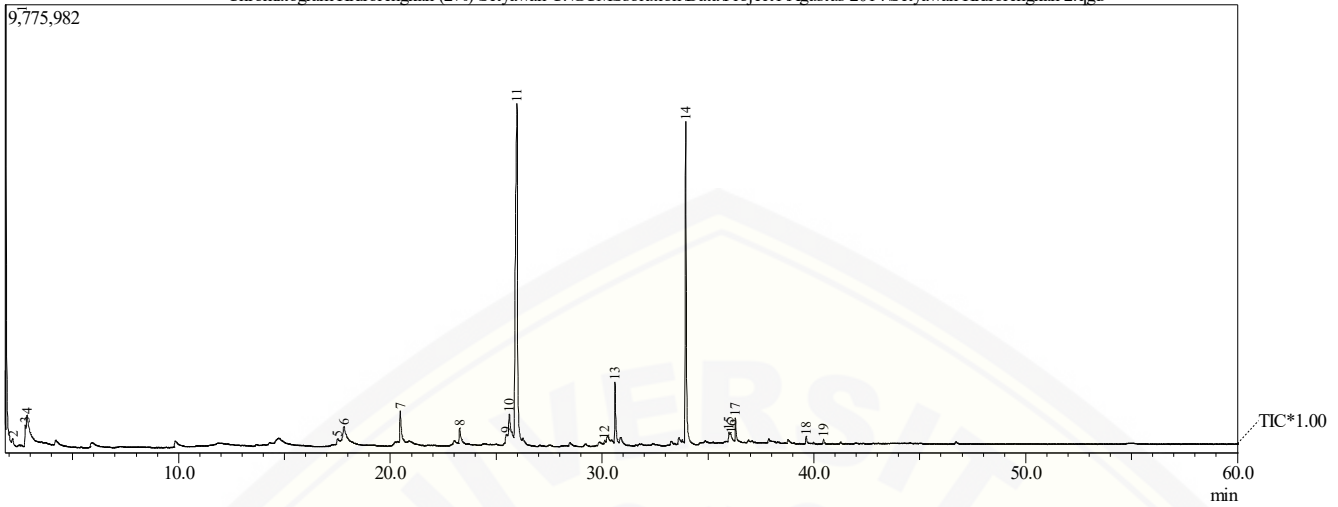




Sample Information

Analyzed by : Admin
 Sample Name : Hidrorenkah (2%) Setyawan
 Sample ID :
 Data File : C:\GCMSSolution\Data\Project1\Agustus 2014\Setyawan Hidrorenkah 2.qgd
 Method File : C:\GCMSSolution\Data\Project1\Agustus 2014\Pyrolysis HP1 baru xx2.qgm
 Tuning File : C:\GCMSSolution\System\Tune1\OKTOBER 18 2016.qgt

Chromatogram Hidrorenkah (2%) Setyawan C:\GCMSSolution\Data\Project1\Agustus 2014\Setyawan Hidrorenkah 2.qgd



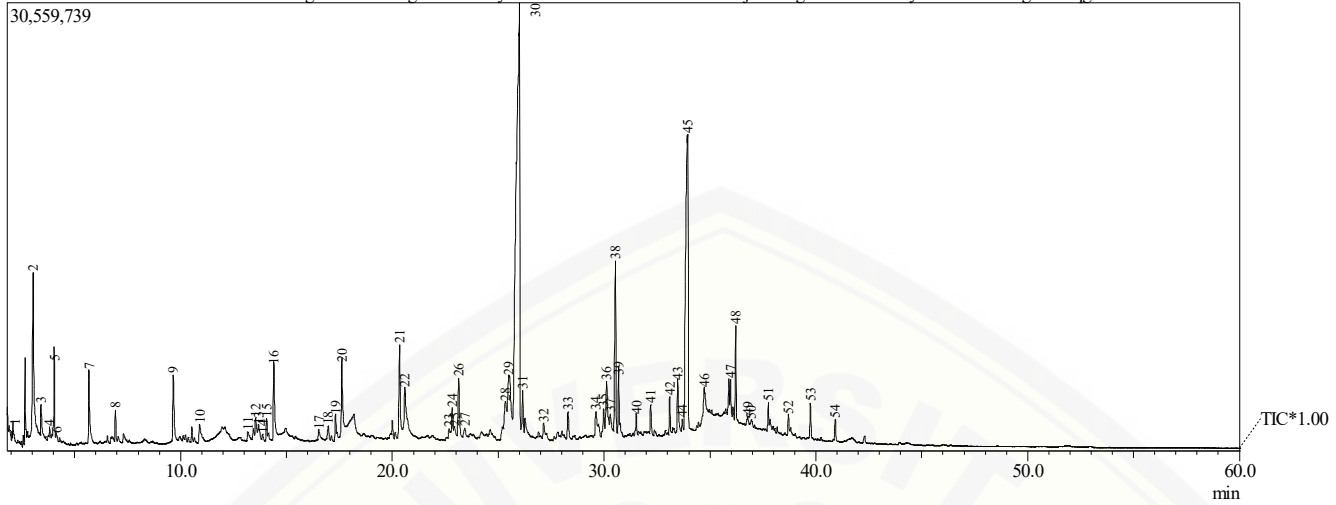
| Peak# | R.Time | I.Time | F.Time | Area | Area% | Height | Name |
|-------|--------|--------|--------|-----------|--------|----------|------|
| 1 | 1.849 | 1.833 | 2.075 | 17551339 | 14.02 | 9277638 | |
| 2 | 2.168 | 2.108 | 2.242 | 467794 | 0.37 | 120874 | |
| 3 | 2.760 | 2.708 | 2.792 | 1350891 | 1.08 | 447678 | |
| 4 | 2.841 | 2.792 | 3.092 | 5207811 | 4.16 | 611327 | |
| 5 | 17.492 | 17.450 | 17.733 | 847370 | 0.68 | 91032 | |
| 6 | 17.805 | 17.733 | 17.983 | 2276365 | 1.82 | 294510 | |
| 7 | 20.468 | 20.417 | 20.608 | 2866074 | 2.29 | 680029 | |
| 8 | 23.270 | 23.217 | 23.417 | 1622229 | 1.30 | 326737 | |
| 9 | 25.467 | 25.417 | 25.558 | 1114002 | 0.89 | 168427 | |
| 10 | 25.618 | 25.558 | 25.817 | 4384668 | 3.50 | 602955 | |
| 11 | 25.983 | 25.817 | 26.183 | 51461892 | 41.10 | 7359180 | |
| 12 | 30.108 | 30.075 | 30.192 | 191234 | 0.15 | 54933 | |
| 13 | 30.610 | 30.558 | 30.758 | 4735255 | 3.78 | 1327426 | |
| 14 | 33.950 | 33.883 | 34.175 | 26898882 | 21.48 | 7000688 | |
| 15 | 35.993 | 35.933 | 36.025 | 719778 | 0.57 | 205821 | |
| 16 | 36.092 | 36.025 | 36.158 | 975472 | 0.78 | 146139 | |
| 17 | 36.294 | 36.158 | 36.408 | 1720979 | 1.37 | 509431 | |
| 18 | 39.638 | 39.592 | 39.733 | 514825 | 0.41 | 155510 | |
| 19 | 40.457 | 40.408 | 40.525 | 302321 | 0.24 | 98066 | |
| | | | | 125209181 | 100.00 | 29478401 | |



Sample Information

Analyzed by : Admin
 Sample Name : Hidrorengkah 3% Setyawan
 Sample ID :
 Data File : C:\GCMSsolution\Data\Project1\Agustus 2014\Setyawan Hidrorengkah 3.qgd
 Method File : C:\GCMSsolution\Data\Project1\Agustus 2014\Pyrolysis HP1 baru xx2.qgm
 Tuning File : C:\GCMSsolution\System\Tune\OKTOBER 18 2016.qgt

Chromatogram Hidrorengkah 3% Setyawan C:\GCMSsolution\Data\Project1\Agustus 2014\Setyawan Hidrorengkah 3.qgd



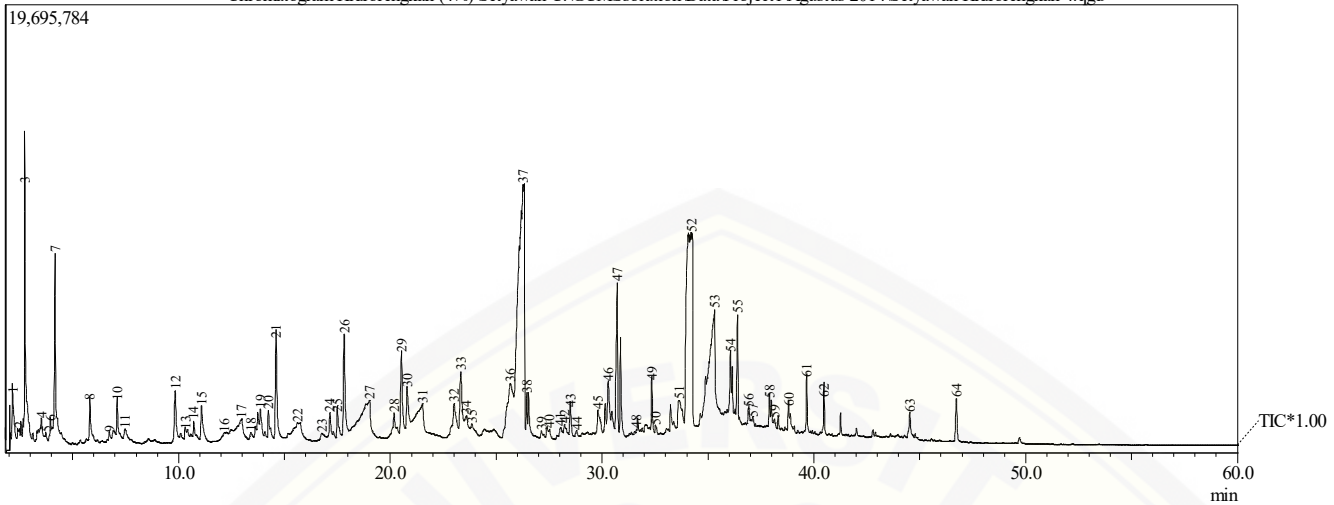
| Peak# | R.Time | I.Time | F.Time | Area | Area% | Height | Name |
|-------|--------|--------|--------|------------|--------|-----------|------|
| 1 | 2.091 | 2.025 | 2.258 | 4728968 | 0.39 | 1163755 | |
| 2 | 3.040 | 2.892 | 3.375 | 57684930 | 4.78 | 11176239 | |
| 3 | 3.408 | 3.375 | 3.592 | 8515335 | 0.71 | 2194178 | |
| 4 | 3.825 | 3.708 | 3.892 | 3012675 | 0.25 | 777027 | |
| 5 | 4.038 | 3.892 | 4.092 | 16780574 | 1.39 | 5782521 | |
| 6 | 4.142 | 4.092 | 4.258 | 1937784 | 0.16 | 446748 | |
| 7 | 5.675 | 5.608 | 5.925 | 20788404 | 1.72 | 5015620 | |
| 8 | 6.927 | 6.875 | 7.008 | 5912560 | 0.49 | 2073365 | |
| 9 | 9.660 | 9.542 | 9.875 | 19528750 | 1.62 | 4441483 | |
| 10 | 10.903 | 10.808 | 11.175 | 9232931 | 0.77 | 1235298 | |
| 11 | 13.175 | 13.092 | 13.392 | 4968333 | 0.41 | 636850 | |
| 12 | 13.547 | 13.392 | 13.625 | 11419777 | 0.95 | 1588702 | |
| 13 | 13.692 | 13.625 | 13.808 | 6992238 | 0.58 | 1075457 | |
| 14 | 13.875 | 13.808 | 13.975 | 1968671 | 0.16 | 451675 | |
| 15 | 14.058 | 13.992 | 14.342 | 6817390 | 0.57 | 1400195 | |
| 16 | 14.406 | 14.342 | 14.608 | 22344191 | 1.85 | 5132895 | |
| 17 | 16.530 | 16.442 | 16.692 | 4380294 | 0.36 | 739883 | |
| 18 | 16.973 | 16.692 | 17.058 | 4987999 | 0.41 | 948804 | |
| 19 | 17.322 | 17.258 | 17.458 | 6892998 | 0.57 | 1709843 | |
| 20 | 17.622 | 17.508 | 17.792 | 21789864 | 1.81 | 4914758 | |
| 21 | 20.344 | 20.225 | 20.458 | 26937420 | 2.23 | 6096277 | |
| 22 | 20.597 | 20.458 | 20.992 | 30122763 | 2.50 | 3315652 | |
| 23 | 22.675 | 22.625 | 22.775 | 3863917 | 0.32 | 620584 | |
| 24 | 22.830 | 22.775 | 22.892 | 8394193 | 0.70 | 2001990 | |
| 25 | 22.942 | 22.892 | 23.042 | 4080434 | 0.34 | 699540 | |
| 26 | 23.137 | 23.042 | 23.292 | 19013114 | 1.58 | 3982489 | |
| 27 | 23.425 | 23.292 | 23.558 | 3432298 | 0.28 | 585869 | |
| 28 | 25.325 | 25.058 | 25.408 | 25166734 | 2.09 | 2505547 | |
| 29 | 25.498 | 25.408 | 25.675 | 47561056 | 3.94 | 4314492 | |
| 30 | 26.003 | 25.675 | 26.075 | 348787901 | 28.91 | 29561919 | |
| 31 | 26.158 | 26.075 | 26.542 | 21858399 | 1.81 | 3210080 | |
| 32 | 27.148 | 27.075 | 27.242 | 3787740 | 0.31 | 890368 | |
| 33 | 28.299 | 28.208 | 28.458 | 8059482 | 0.67 | 1764346 | |
| 34 | 29.614 | 29.492 | 29.842 | 14587913 | 1.21 | 1716190 | |
| 35 | 29.975 | 29.842 | 30.042 | 9335793 | 0.77 | 1859688 | |
| 36 | 30.120 | 30.042 | 30.258 | 24831890 | 2.06 | 3720818 | |
| 37 | 30.292 | 30.258 | 30.442 | 9740936 | 0.81 | 1554223 | |
| 38 | 30.537 | 30.442 | 30.625 | 49019612 | 4.06 | 11778000 | |
| 39 | 30.689 | 30.625 | 30.942 | 18136818 | 1.50 | 4463845 | |
| 40 | 31.522 | 31.425 | 31.592 | 5237465 | 0.43 | 1456462 | |
| 41 | 32.201 | 32.142 | 32.325 | 7157833 | 0.59 | 1875123 | |
| 42 | 33.102 | 33.042 | 33.208 | 7985054 | 0.66 | 2387491 | |
| 43 | 33.480 | 33.208 | 33.642 | 17911234 | 1.48 | 3543364 | |
| 44 | 33.692 | 33.642 | 33.758 | 2906643 | 0.24 | 813747 | |
| 45 | 33.951 | 33.758 | 34.108 | 167415048 | 13.88 | 20148020 | |
| 46 | 34.730 | 34.525 | 34.925 | 16354312 | 1.36 | 2132340 | |
| 47 | 35.970 | 35.808 | 36.042 | 14694261 | 1.22 | 2305780 | |
| 48 | 36.220 | 36.158 | 36.375 | 17475777 | 1.45 | 6055996 | |
| 49 | 36.791 | 36.658 | 36.858 | 3603184 | 0.30 | 651086 | |
| 50 | 36.958 | 36.858 | 37.058 | 2819796 | 0.23 | 454804 | |
| 51 | 37.759 | 37.675 | 37.925 | 8174311 | 0.68 | 1856179 | |
| 52 | 38.708 | 38.642 | 38.775 | 3694157 | 0.31 | 1265286 | |
| 53 | 39.746 | 39.642 | 39.908 | 8114600 | 0.67 | 2264960 | |
| 54 | 40.919 | 40.792 | 41.025 | 5556336 | 0.46 | 1434076 | |
| | | | | 1206503090 | 100.00 | 186191927 | |



Sample Information

Analyzed by : Admin
 Sample Name : Hidrorengkah (4%) Setyawan
 Sample ID :
 Data File : C:\GCMSSolution\Data\Project1\Agustus 2014\Setyawan Hidrorengkah 4.qgd
 Method File : C:\GCMSSolution\Data\Project1\Agustus 2014\Pyrolysis HP1 baru xx2.qgm
 Tuning File : C:\GCMSSolution\System\Tune\OKTOBER 18 2016.qgt

Chromatogram Hidrorengkah (4%) Setyawan C:\GCMSSolution\Data\Project1\Agustus 2014\Setyawan Hidrorengkah 4.qgd



| Peak# | R.Time | I.Time | F.Time | Area | Area% | Height | Name |
|-------|--------|--------|--------|-----------|-------|----------|------|
| 1 | 2.170 | 1.992 | 2.367 | 23615390 | 1.59 | 2670137 | |
| 2 | 2.492 | 2.367 | 2.517 | 7292754 | 0.49 | 892539 | |
| 3 | 2.745 | 2.517 | 3.217 | 69889896 | 4.70 | 12084388 | |
| 4 | 3.526 | 3.217 | 3.667 | 18675222 | 1.26 | 1193440 | |
| 5 | 3.742 | 3.667 | 3.842 | 4559241 | 0.31 | 634581 | |
| 6 | 3.967 | 3.842 | 4.017 | 7736730 | 0.52 | 1136810 | |
| 7 | 4.169 | 4.017 | 4.917 | 50579614 | 3.40 | 7807215 | |
| 8 | 5.820 | 5.692 | 6.092 | 9188404 | 0.62 | 1830021 | |
| 9 | 6.739 | 6.567 | 6.842 | 3444715 | 0.23 | 443981 | |
| 10 | 7.111 | 6.842 | 7.367 | 16716595 | 1.12 | 1801966 | |
| 11 | 7.482 | 7.367 | 7.967 | 7693495 | 0.52 | 585024 | |
| 12 | 9.845 | 9.642 | 10.042 | 16110681 | 1.08 | 2271373 | |
| 13 | 10.342 | 10.042 | 10.517 | 10535752 | 0.71 | 587762 | |
| 14 | 10.717 | 10.517 | 10.992 | 9786362 | 0.66 | 885130 | |
| 15 | 11.095 | 10.992 | 11.492 | 12177407 | 0.82 | 1585021 | |
| 16 | 12.142 | 11.917 | 12.842 | 20320467 | 1.37 | 316407 | |
| 17 | 12.984 | 12.842 | 13.292 | 12068941 | 0.81 | 944170 | |
| 18 | 13.419 | 13.292 | 13.542 | 2906272 | 0.20 | 337830 | |
| 19 | 13.867 | 13.542 | 14.017 | 19285041 | 1.30 | 1358665 | |
| 20 | 14.242 | 14.017 | 14.492 | 11138597 | 0.75 | 1218687 | |
| 21 | 14.613 | 14.492 | 14.967 | 27320130 | 1.84 | 4664967 | |
| 22 | 15.621 | 14.967 | 16.142 | 24236193 | 1.63 | 775295 | |
| 23 | 16.767 | 16.567 | 17.067 | 3970349 | 0.27 | 280054 | |
| 24 | 17.158 | 17.067 | 17.442 | 7777466 | 0.52 | 1061625 | |
| 25 | 17.517 | 17.442 | 17.692 | 6813737 | 0.46 | 1211757 | |
| 26 | 17.827 | 17.692 | 18.042 | 24054793 | 1.62 | 4116456 | |
| 27 | 19.012 | 18.392 | 19.392 | 30853169 | 2.08 | 1384090 | |
| 28 | 20.186 | 19.842 | 20.417 | 11896371 | 0.80 | 1019955 | |
| 29 | 20.534 | 20.417 | 20.692 | 23151207 | 1.56 | 3584933 | |
| 30 | 20.800 | 20.692 | 20.967 | 17580471 | 1.18 | 2122987 | |
| 31 | 21.520 | 20.967 | 21.817 | 35346552 | 2.38 | 1314940 | |
| 32 | 23.019 | 22.692 | 23.217 | 18604783 | 1.25 | 1461009 | |
| 33 | 23.335 | 23.217 | 23.492 | 23817742 | 1.60 | 2781447 | |
| 34 | 23.592 | 23.492 | 23.767 | 10148934 | 0.68 | 891983 | |
| 35 | 23.867 | 23.767 | 24.192 | 6099345 | 0.41 | 495454 | |
| 36 | 25.676 | 25.217 | 25.842 | 48630501 | 3.27 | 2395127 | |
| 37 | 26.286 | 25.842 | 26.392 | 229723265 | 15.46 | 11127080 | |
| 38 | 26.451 | 26.392 | 26.792 | 16930948 | 1.14 | 1729910 | |
| 39 | 27.142 | 26.792 | 27.317 | 3729807 | 0.25 | 333696 | |
| 40 | 27.517 | 27.317 | 27.742 | 5309016 | 0.36 | 405340 | |
| 41 | 28.042 | 27.842 | 28.167 | 3857637 | 0.26 | 408528 | |
| 42 | 28.236 | 28.167 | 28.442 | 4838152 | 0.33 | 527673 | |
| 43 | 28.517 | 28.442 | 28.692 | 7336438 | 0.49 | 1382174 | |
| 44 | 28.817 | 28.692 | 28.917 | 1455822 | 0.10 | 229905 | |
| 45 | 29.814 | 29.667 | 30.017 | 10203311 | 0.69 | 1059752 | |
| 46 | 30.298 | 30.017 | 30.592 | 31636996 | 2.13 | 2356494 | |
| 47 | 30.714 | 30.592 | 31.117 | 53481361 | 3.60 | 6419813 | |
| 48 | 31.617 | 31.492 | 31.967 | 5941031 | 0.40 | 180650 | |
| 49 | 32.351 | 31.967 | 32.467 | 15605874 | 1.05 | 2196998 | |
| 50 | 32.542 | 32.467 | 32.692 | 2024515 | 0.14 | 353008 | |
| 51 | 33.641 | 33.492 | 33.892 | 16181816 | 1.09 | 1210473 | |
| 52 | 34.215 | 33.892 | 34.417 | 170354896 | 11.46 | 8498190 | |
| 53 | 35.307 | 34.417 | 35.742 | 128295708 | 8.63 | 5128659 | |
| 54 | 36.068 | 35.742 | 36.242 | 36749041 | 2.47 | 3239783 | |
| 55 | 36.403 | 36.242 | 36.617 | 25877716 | 1.74 | 4400317 | |
| 56 | 36.926 | 36.617 | 37.017 | 6310623 | 0.42 | 769815 | |
| 57 | 37.142 | 37.017 | 37.317 | 3155441 | 0.21 | 410648 | |
| 58 | 37.913 | 37.842 | 38.092 | 9835893 | 0.66 | 1360416 | |
| 59 | 38.142 | 38.092 | 38.267 | 1917888 | 0.13 | 384914 | |

| Peak# | R.Time | I.Time | F.Time | Area | Area% | Height | Name |
|-------|--------|--------|--------|------------|--------|-----------|------|
| 60 | 38.813 | 38.742 | 39.167 | 9210995 | 0.62 | 1196565 | |
| 61 | 39.668 | 39.467 | 39.892 | 8796428 | 0.59 | 2421985 | |
| 62 | 40.488 | 40.342 | 40.617 | 6991844 | 0.47 | 2003022 | |
| 63 | 44.540 | 44.392 | 44.742 | 6643353 | 0.45 | 1089402 | |
| 64 | 46.736 | 46.542 | 46.992 | 9580617 | 0.64 | 1837350 | |
| | | | | 1485999751 | 100.00 | 132809786 | |



Lampiran K. Struktur dan Nama Senyawa Hasil Perengkahan MEPO yang Telah Dianalisis Menggunakan GCMS yang Diambil dari *Similar Index* (SI) tertinggi.

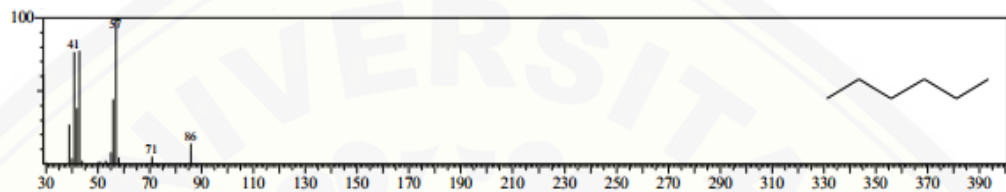
1. Hit#:1 Entry:736 Library:NIST62.LIB

SI:92 Formula:C₆H₁₄ CAS:110-54-3 MolWeight:86 RetIndex:0

CompName:Hexane \$\$ n-Hexane \$\$ Skellysolve B \$\$ n-C₆H₁₄ \$\$ Esani \$\$

Heksan \$\$ Hexanen \$\$ Hexyl hydride \$\$ Gettysolve-B \$\$ NCI-C60571 \$\$

UN 1208

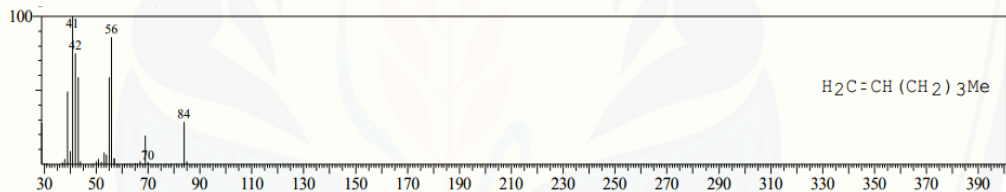


2. Hit#:1 Entry:2361 Library:WILEY229.LIB

SI:90 Formula:C₆H₁₂ CAS:592-41-6 MolWeight:84 RetIndex:0

CompName:1-Hexene (CAS) Hexene-1 \$\$ 1-n-Hexene \$\$ hex-1-ene \$\$

Hexene \$\$ Dialene 6 \$\$

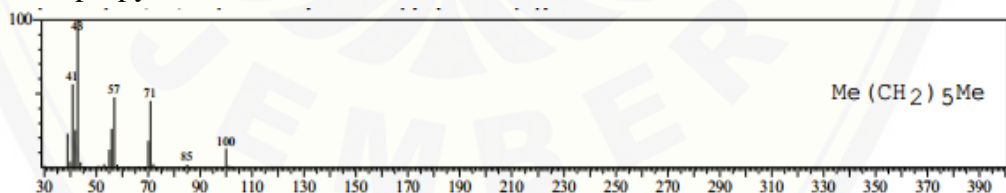


3. Hit#:1 Entry:5648 Library:WILEY229.LIB

SI:89 Formula:C₇H₁₆ CAS:142-82-5 MolWeight:100 RetIndex:0

CompName:Heptane (CAS) n-Heptane \$\$ Skellysolve C \$\$ Heptyl hydride

\$\$ Dipropylmethane \$\$

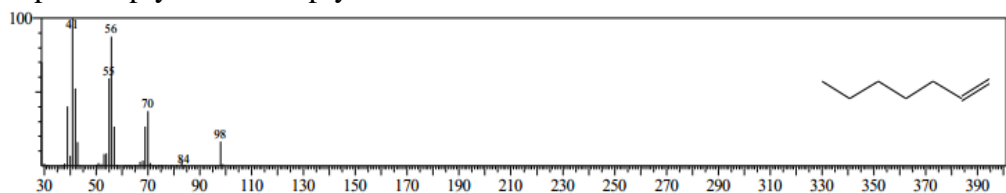


4. Hit#:1 Entry:1335 Library:NIST62.LIB

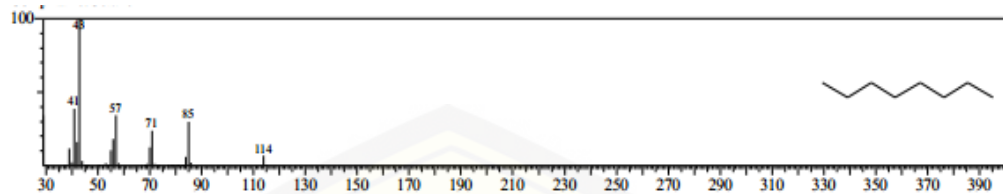
SI:91 Formula:C₇H₁₄ CAS:592-76-7 MolWeight:98 RetIndex:0

CompName:1-Heptene \$\$ n-Hept-1-ene \$\$ 1-n-Heptene \$\$ 1-C₇H₁₄ \$\$

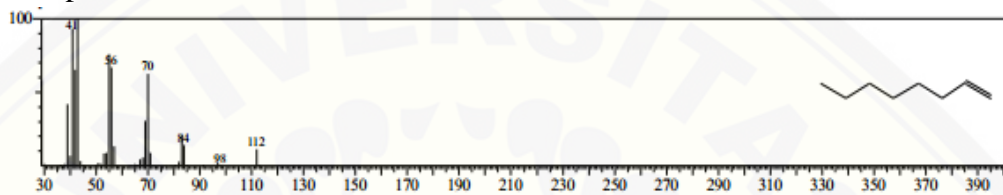
.alpha.-heptylene \$\$ Heptylene



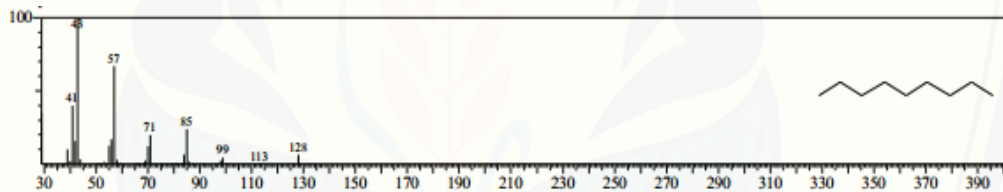
5. Hit#:1 Entry:1973 Library:NIST12.LIB
SI:91 Formula:C₈H₁₈ CAS:111-65-9 MolWeight:114 RetIndex:0
CompName:Octane



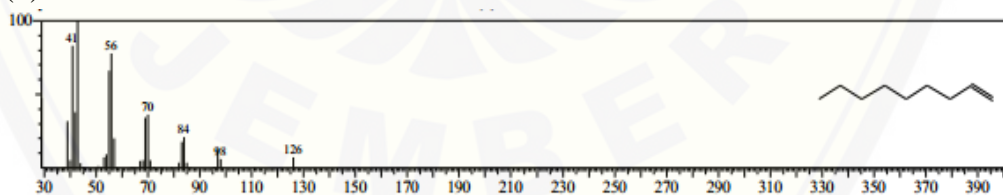
6. Hit#:1 Entry:1760 Library:NIST12.LIB
SI:90 Formula:C₈H₁₆ CAS:111-66-0 MolWeight:112 RetIndex:0
CompName:1-Octene



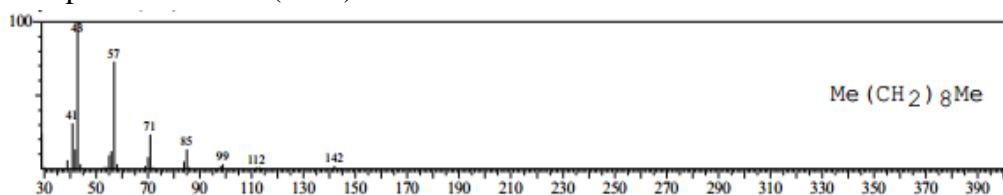
7. Hit#:2 Entry:5163 Library:NIST62.LIB
SI:93 Formula:C₉H₂₀ CAS:111-84-2 MolWeight:128 RetIndex:0
CompName:Nonane \$\$ n-Nonane \$\$ Shellsol 140 \$\$ n-C₉H₂₀ \$\$ UN 1920



8. Hit#:1 Entry:4675 Library:NIST62.LIB
SI:91 Formula:C₉H₁₈ CAS:124-11-8 MolWeight:126 RetIndex:0
CompName:1-Nonene \$\$ n-Non-1-ene \$\$ 1-C₉H₁₈ \$\$ Nonene \$\$ Nonene-(1) \$\$ NONYLENE



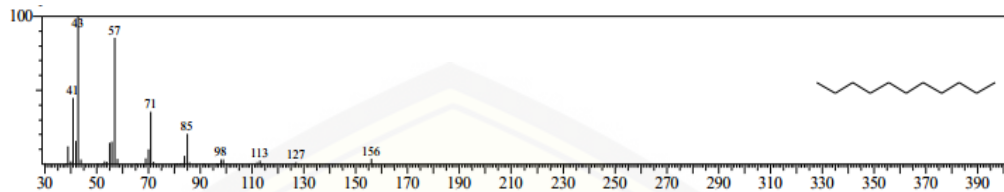
9. Hit#:2 Entry:23343 Library:WILEY229.LIB
SI:94 Formula:C₁₀ H₂₂ CAS:124-18-5 MolWeight:142 RetIndex:0
CompName:Decane (CAS) n-Decane \$\$ Isodecane \$\$



10. Hit#:1 Entry:11611 Library:NIST62.LIB

SI:94 Formula:C₁₁H₂₄ CAS:1120-21-4 MolWeight:156 RetIndex:0

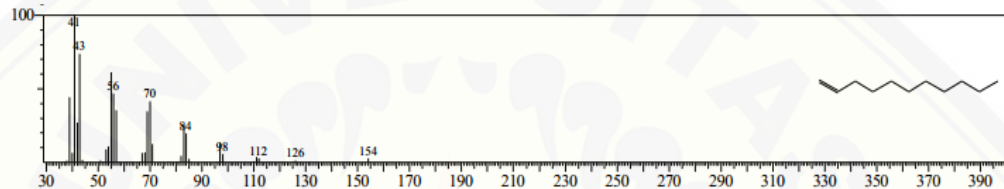
CompName:Undecane \$\$ n-Undecane \$\$ Hendecane \$\$ n-C₁₁H₂₄ \$\$ UN
2330



11. Hit#:1 Entry:4954 Library:NIST12.LIB

SI:93 Formula:C₁₁H₂₂ CAS:821-95-4 MolWeight:154 RetIndex:0

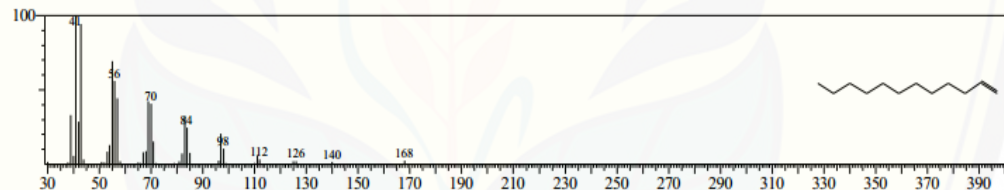
CompName:1-Undecene



12. Hit#:4 Entry:5876 Library:NIST12.LIB

SI:93 Formula:C₁₂H₂₄ CAS:112-41-4 MolWeight:168 RetIndex:0

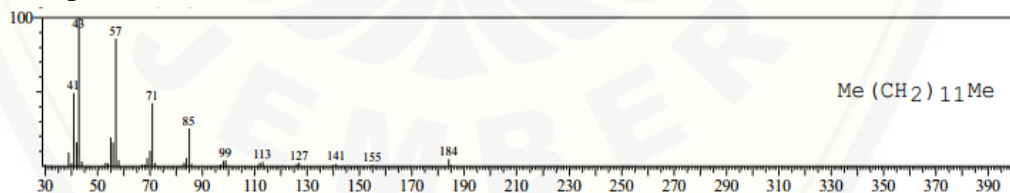
CompName:1-Dodecene



13. Hit#:2 Entry:54723 Library:WILEY229.LIB

SI:96 Formula:C₁₃H₂₈ CAS:629-50-5 MolWeight:184 RetIndex:0

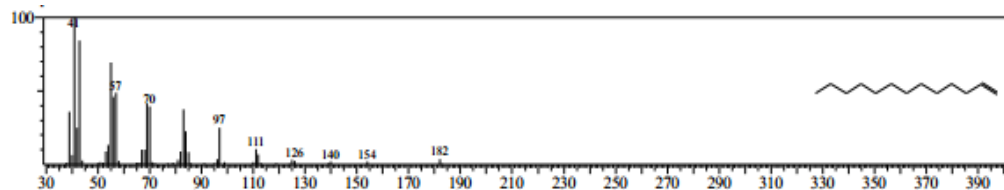
CompName:Tridecane (CAS) n-Tridecane \$\$



14. Hit#:3 Entry:6634 Library:NIST12.LIB

SI:92 Formula:C₁₃H₂₆ CAS:2437-56-1 MolWeight:182 RetIndex:0

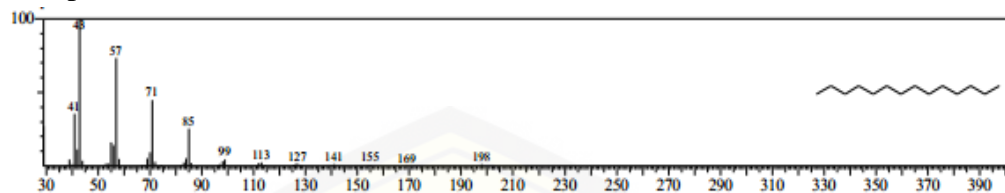
CompName:1-Tridecene



15. Hit#:2 Entry:7423 Library:NIST12.LIB

SI:93 Formula:C₁₄H₃₀ CAS:629-59-4 MolWeight:198 RetIndex:0

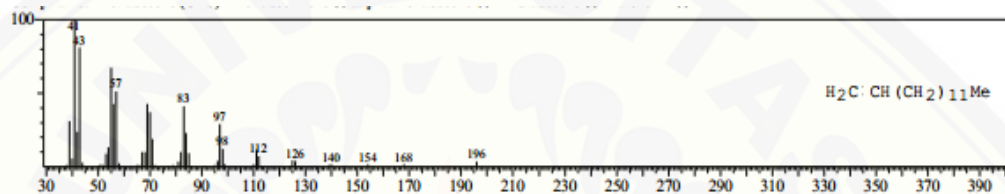
CompName:Tetradecane



16. Hit#:1 Entry:64403 Library:WILEY229.LIB

SI:93 Formula:C₁₄ H₂₈ CAS:1120-36-1 MolWeight:196 RetIndex:0

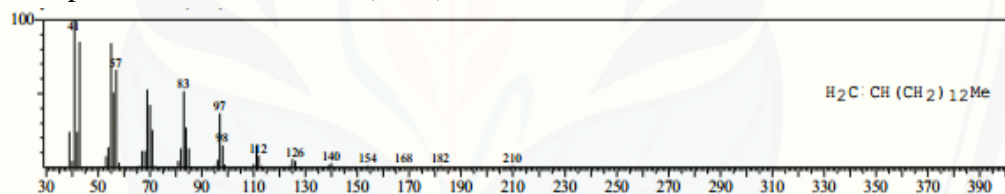
CompName:1-Tetradecene (CAS) n-Tetradec-1-ene \$\$.alpha.-Tetradecene \$\$
1-Butadecene \$\$ Dialene 14 \$\$



17. Hit#:1 Entry:76648 Library:WILEY229.LIB

SI:87 Formula:C₁₅ H₃₀ CAS:13360-61-7 MolWeight:210 RetIndex:0

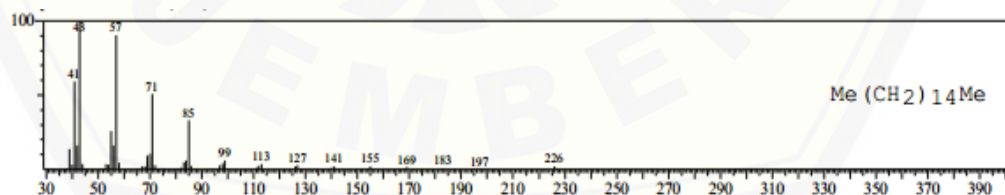
CompName:1-Pentadecene (CAS) Pentadec-1-ene \$\$



18. Hit#:1 Entry:90352 Library:WILEY229.LIB

SI:87 Formula:C₁₆ H₃₄ CAS:544-76-3 MolWeight:226 RetIndex:0

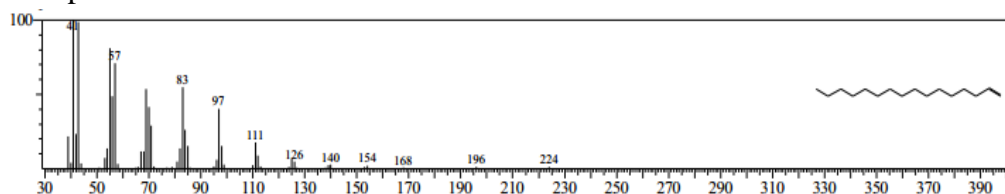
CompName:Hexadecane (CAS) n-Hexadecane \$\$ Cetane \$\$ n-Cetane \$\$
Isohexadecane \$\$



19. Hit#:4 Entry:8488 Library:NIST12.LIB

SI:93 Formula:C₁₆H₃₂ CAS:629-73-2 MolWeight:224 RetIndex:0

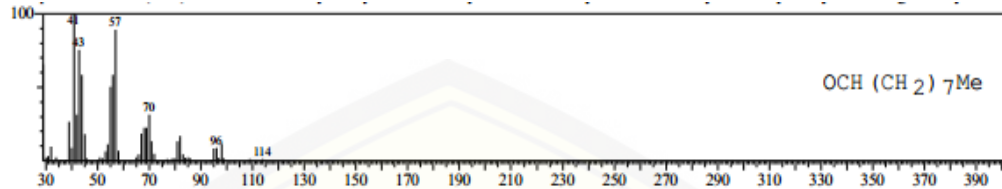
CompName:1-Hexadecene



20. Hit#:1 Entry:23166 Library:WILEY229.LIB

SI:87 Formula:C₉H₁₈O CAS:124-19-6 MolWeight:142 RetIndex:0

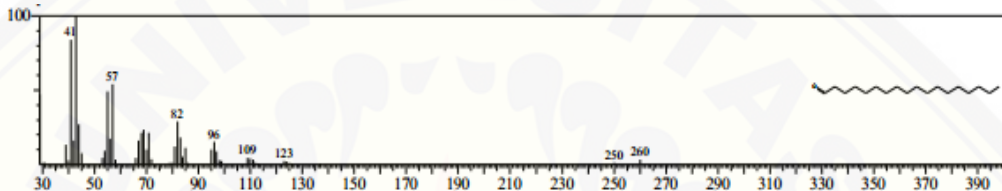
CompName:Nonanal (CAS) n-Nonanal \$\$ n-Nonylaldehyde \$\$ Nonaldehyde
\$\$ n-Nonaldehyde \$\$ Nonanaldehyde



21. Hit#:1 Entry:9710 Library:NIST12.LIB

SI:95 Formula:C₁₈H₃₆O CAS:638-66-4 MolWeight:268 RetIndex:0

CompName:Octadecanal

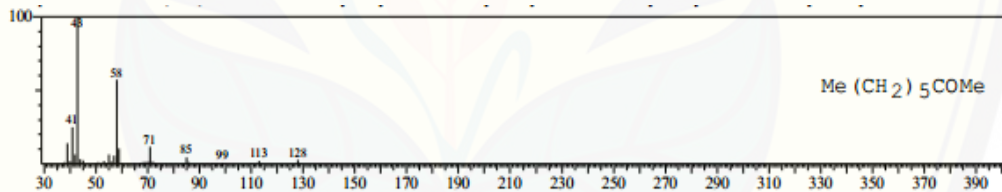


22. Hit#:1 Entry:15175 Library:WILEY229.LIB

SI:92 Formula:C₈H₁₆O CAS:111-13-7 MolWeight:128 RetIndex:0

CompName:2-Octanone (CAS) Octan-2-one \$\$ Methyl hexyl ketone \$\$

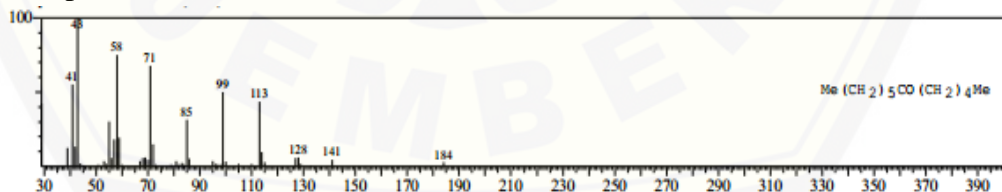
Hexyl methyl ketone \$\$ n-Hexyl methyl ketone \$\$ Methyl n-hexyl ketone \$\$



23. Hit#:1 Entry:54610 Library:WILEY229.LIB

SI:80 Formula:C₁₂H₂₄O CAS:6064-27-3 MolWeight:184 RetIndex:0

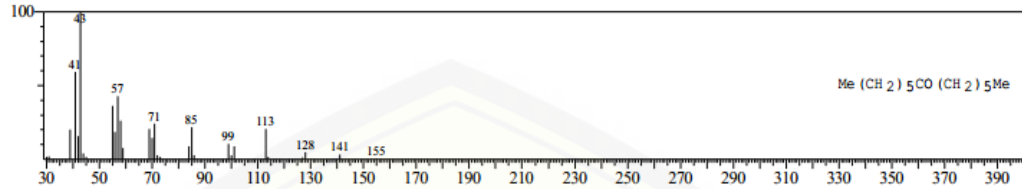
CompName:6-Dodecanone (CAS) DODECAN-6-ONE \$\$



24. Hit#:1 Entry:66066 Library:WILEY229.LIB

SI:81 Formula:C₁₃H₂₆O CAS:462-18-0 MolWeight:198 RetIndex:0

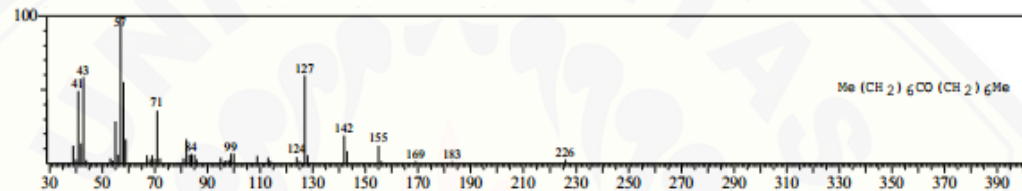
CompName:7-Tridecanone(CAS) Enanthone \$\$ Hexyl ketone \$\$ Dihexyl ketone \$\$ TRIDECAN-7-ONE \$\$



25. Hit#:1 Entry:90275 Library:WILEY229.LIB

SI:87 Formula:C₁₅H₃₀O CAS:818-23-5 MolWeight:226 RetIndex:0

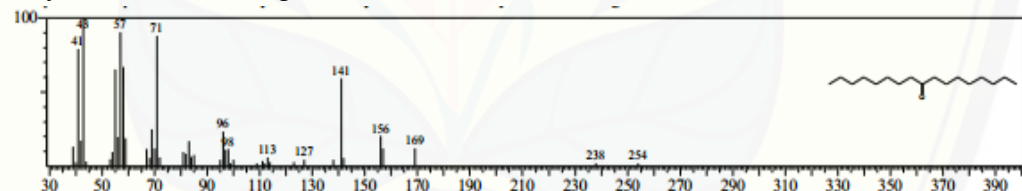
CompName:8-Pentadecanone (CAS) Caprylone \$\$ Heptyl ketone \$\$ Diheptyl ketone \$\$ Pentadecan-8-one \$\$



26. Hit#:2 Entry:34801 Library:NIST62.LIB

SI:85 Formula:C₁₇H₃₄O CAS:540-08-9 MolWeight:254 RetIndex:0

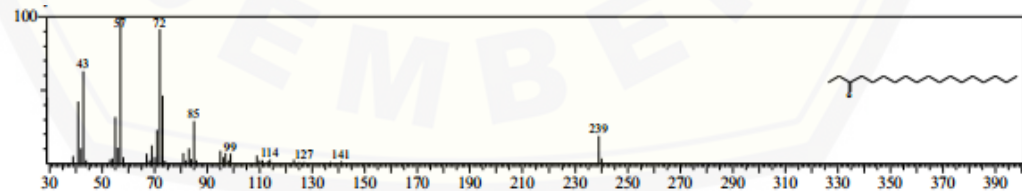
CompName:9-Heptadecanone \$\$ Dioctyl ketone \$\$ Octyl ketone \$\$ Di-n-octyl ketone \$\$ Pelargone



27. Hit#:1 Entry:37450 Library:NIST62.LIB

SI:90 Formula:C₁₈H₃₆O CAS:18261-92-2 MolWeight:268 RetIndex:0

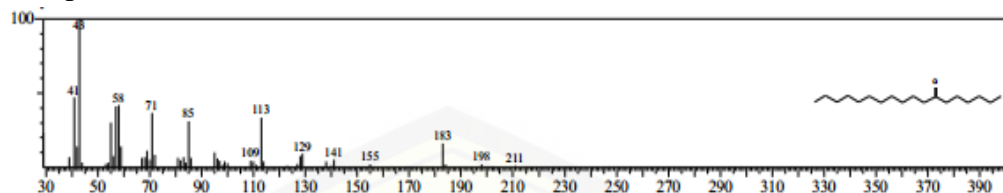
CompName:3-Octadecanone



28. Hit#:1 Entry:37444 Library:NIST62.LIB

SI:85 Formula:C₁₈H₃₆O CAS:0-00-0 MolWeight:268 RetIndex:0

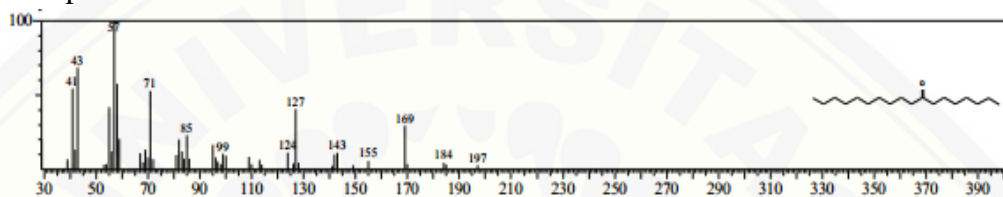
CompName:7-Octadecanone



29. Hit#:1 Entry:37446 Library:NIST62.LIB

SI:83 Formula:C₁₈H₃₆O CAS:0-00-0 MolWeight:268 RetIndex:0

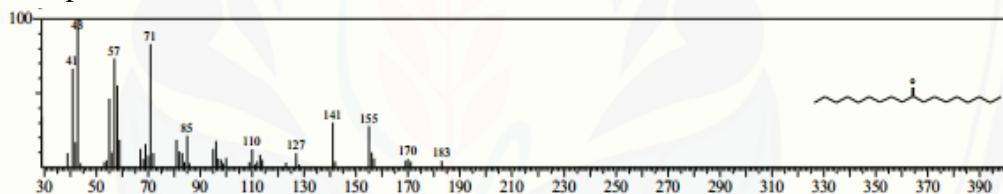
CompName:8-Octadecanone



30. Hit#:1 Entry:37445 Library:NIST62.LIB

SI:87 Formula:C₁₈H₃₆O CAS:0-00-0 MolWeight:268 RetIndex:0

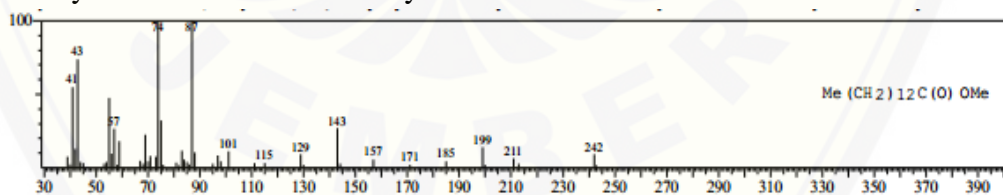
CompName:9-Octadecanone



31. Hit#:2 Entry:103146 Library:WILEY229.LIB

SI:91 Formula:C₁₅ H₃₀ O₂ CAS:124-10-7 MolWeight:242 RetIndex:0

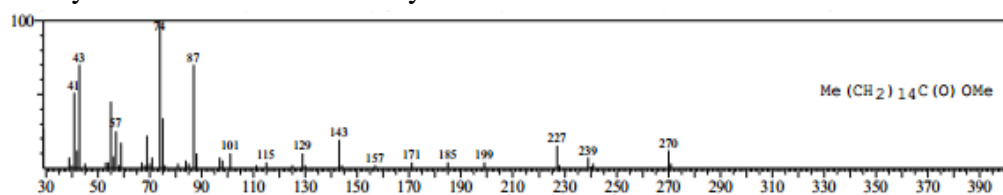
CompName:Tetradecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl myristate \$\$
Methyl tetradecanoate \$\$ Methyl n-tetradecanoate



32. Hit#:3 Entry:124628 Library:WILEY229.LIB

SI:90 Formula:C₁₇ H₃₄ O₂ CAS:112-39-0 MolWeight:270 RetIndex:0

CompName:Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate \$\$
Methyl hexadecanoate \$\$ Methyl n-hexadecanoate \$\$



33. Hit#:2 Entry:114038 Library:WILEY229.LIB

SI:86 Formula:C16 H32 O2 CAS:57-10-3 MolWeight:256 RetIndex:0

CompName:Hexadecanoic acid (CAS) Palmitic acid \$\$ Palmitinic acid \$\$ n-

Hexadecoic acid \$\$ n-Hexadecanoic acid \$\$

