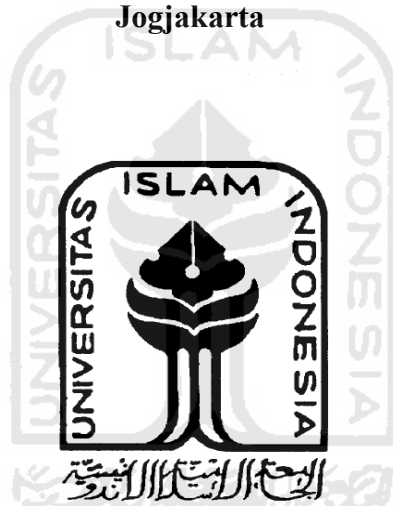


**PENGARUH H-ZEOLIT
TERHADAP REAKSI ESTERIFIKASI-TRANSESTERIFIKASI
PADA PEMBUATAN BIODIESEL
DARI MINYAK SAWIT HASIL PEMANASAN**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar
Sarjana Sains (S.Si.) Program Studi Ilmu Kimia
pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Jogjakarta**



disusun oleh :

**ARIA SULISTYASMARA
Nomor Mahasiswa : 02 612 001**

**JURUSAN ILMU KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA
2011**

**PENGARUH H-ZEOLIT
TERHADAP REAKSI ESTERIFIKASI-TRANSESTERIFIKASI
PADA PEMBUATAN BIODIESEL
DARI MINYAK SAWIT HASIL PEMANASAN**

oleh :

**ARIA SULISTYASMARA
Nomor Mahasiswa : 02 612 001**

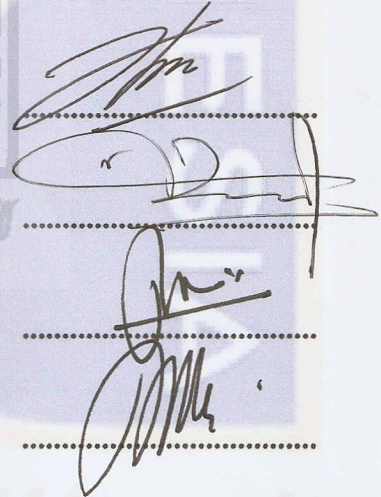
Telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Skripsi
Jurusan Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

Tanggal : 27 Mei 2011

Dewan Penguji :

1. Prof. Dr. Karna Wijaya, M. Eng
2. Tatang Shabur Julianto, M. Si
3. Prof. Dr. Harjono Sastrohamidjojo
4. Dwiarso Rubiyanto, M. Si

Tanda Tangan



Mengetahui,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia



(Yandi Syukri, M.Si., Apt.)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

ALLOHUMMA SHOLLI 'ALA MUHAMMAD

Do'a & pengharapan kupanjatkan pada-MU

Ya ALLOH...

Terima kasih atas segalanya...

Ya ROB...

Kuserahkan diriku hanya kepada-MU...

Jiwa & ragaku serta semua urusanku,
semua dalam Kuasa-MU...

Kumohon pada-MU...

Bimbinglah diriku,
karena sesungguhnya diriku ini lemah
dan tiada berdaya tanpa kekuatan dan petunjuk serta hidayah dari-MU...

Ya ALLOH...

Kumerindukan Diri-MU...

Sungguh tiada terbayang,
betapa ku ingin berjumpa dengan-MU...

Ya ALLOH...

Izinkanlah ku berjumpa dan menatap-MU...

Ya ROB, sungguh hamba takut

bila kini & bila esok

tiada lagi ku ingat & bersyukur pada-MU...

Karena itu, tolong mudahkanlah jalan bagiku
tuk senantiasa ingat & selalu bersyukur pada-MU...

Amiin...

Amiin, Amiin Ya ALLOH...

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

KATA PENGANTAR

Assalaamu 'alaikum warrohmatullahi wabarokatuh.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Syukur dan pujian hanyalah bagi ALLOH Tuhan Semesta Alam, sholawat dan salam semoga tercurah bagi Muhammad Rosul junjungan.

Alhamdulillah. Sekian lama sudah penulis mencoba untuk bersabar dan berharap, suka/duka pun telah dialami dalam upaya belajar dan berusaha menyelesaikan tugas akhir serta perkuliahan di Universitas Islam Indonesia ini.

Penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada semua pihak yang telah menjadi perantara sampainya ilmu, pemahaman, motivasi/dukungan, bantuan, serta bimbingan baik secara langsung ataupun tidak langsung selama ini.

Penulis banyak berharap, "mudah-mudahan apa-apa yang telah diupayakan ini dapat memberikan manfaat dan arti tersendiri bagi siapa saja yang mau membaca dan mempelajarinya serta bagi siapa saja yang turut serta dalam proses penyempurnaannya." *Amiin.*

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan keterbatasan dalam penyampaian, penulisan, ataupun penyusunan hasil penelitian dan skripsi ini, namun demikian penulis tetap mencoba memberikan sesuatu yang baik walaupun dirasa belum sanggup memberikan yang terbaik. Karena itulah, apabila pembaca ingin memberikan kritikan ataupun saran demi kebaikan bersama dan juga untuk penyempurnaan isi skripsi ini, maka *Insyaa* ALLOH... penulis akan menerimanya

dengan senang hati, dan tak lupa penulis sampaikan ucapan terimakasih atas kesediaan dan juga perhatiannya.

اَلْحَمْدُ لِلّٰهِ رَبِّ الْعَالَمِيْنَ

Wassalaamu 'alaikum warrohmatullahi wabarokatuh.

Jogjakarta, Mei 2011

Penulis,

Aria Sulistyasmara



PENGARUH H-ZEOLIT TERHADAP REAKSI ESTERIFIKASI-TRANSESTERIFIKASI PADA PEMBUATAN BIODIESEL DARI MINYAK SAWIT HASIL PEMANASAN

INTISARI

Aria Sulistyasmara
Nomor Mahasiswa : 02 612 001

Minyak goreng bekas dapat menjadi sumber pencemar yang berbahaya dan merugikan bagi alam sekitar. Selain itu, minyak goreng bekas juga dapat menjadi sumber pendapatan alternatif, dengan menjadikannya sebagai bahan baku pembuatan biodiesel.

Biodiesel dapat dihasilkan dari olahan minyak/lemak nabati ataupun hewani melalui beberapa tahapan reaksi kimiawi. Biodiesel merupakan salah satu jenis bahan bakar alternatif yang tersusun atas sebagian besar senyawa metil ester.

Metil ester memiliki sifat fisika dan kimia yang hampir sama dengan minyak diesel yang dihasilkan dari olahan minyak bumi (yaitu : solar), namun keuntungannya adalah hasil pembakarannya lebih ramah lingkungan jika dibandingkan dengan solar.

Pembuatan biodiesel dapat dilakukan dengan reaksi bertahap, yaitu esterifikasi yang dilanjutkan dengan transesterifikasi.

Reaksi esterifikasi yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan senyawa alkohol teknis berupa metanol, dengan dibantu katalis heterogen berupa H-zeolit yang divariasikan bobotnya (1,25%, 2,5%, 3,75%, dan 5%), tujuannya untuk mengetahui pengaruh variasi berat H-zeolit terhadap persentase kandungan metil ester pada produk biodiesel yang dihasilkan (setelah dilakukan analisa GC dan GC-MS).

Reaksi transesterifikasinya juga menggunakan campuran senyawa metanol, dan dibantu oleh NaOH sebagai katalisnya.

Pengujian biodiesel menggunakan metode ASTM pun dilakukan sebagai syarat kelayakan produk sebagaimana yang telah ditetapkan pada SNI.

Kata kunci : biodiesel, metil ester, esterifikasi, transesterifikasi, metanol, katalis, H-zeolit, analisa GC, analisa GC-MS, NaOH, uji ASTM.

**THE EFFECT OF H – ZEOLIT
IN THE ESTERIFICATION – TRANSESTERIFICATION REACTIONS
IN BIODIESEL PRODUCTION
FROM HEATING RESULTS OF PALM OIL**

ABSTRACT

Aria Sulistyasmara
Colleger Number : 02 612 001

Waste frying oil can be a source of pollutants that are harmful and detrimental to the natural surroundings. In addition, used frying oil can also be a source of alternative income, by making it as raw material for making biodiesel.

Biodiesel can be produced from refined vegetable oil or animal fat through several stages of chemical reactions. Biodiesel is one type of alternative fuel composed of most of the methyl ester compounds.

Methyl ester has the physical and chemical properties similar to diesel oil produced from refined oil (ie : diesel), but the benefits are the result of burning more environmentally friendly than diesel fuel.

Making biodiesel can be done with a gradual reaction, ie : esterification followed by transesterification.

Reaction of esterification what conducted in this study use of technical alcohol compound namely methanol, with assisted of heterogeneous catalysts in the form of H - zeolites which was varied weight (1,25%, 2,5%, 3,75%, and 5%), the aim is to know the effect of weight variation of H - zeolites on the percentage of methyl ester content in biodiesel products were produced (after the analysis of GC and GC - MS).

Reaction of transesterification also use a mixture of compounds methanol, and be aided by the NaOH as catalyst.

Testing biodiesel using ASTM methods were performed as a condition of eligibility of products as established in SNI.

Key words: biodiesel, methyl ester, esterification, transesterification, methanol, catalyst, H - zeolites, analysis by GC, GC - MS analysis, NaOH, ASTM test.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
UNTAIAN KATA MUTIARA.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
INTISARI.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR REAKSI KIMIA DAN PERSAMAAN MATEMATIS.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang penelitian.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	4
1.3 Tujuan penelitian.....	4
1.4 Manfaat penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Biodiesel.....	6
2.1.1 Sekilas tentang perkembangan biodiesel.....	6
2.1.2 Keuntungan penggunaan biodiesel.....	8
2.1.3 Biodiesel sebagai suatu solusi global.....	10

2.1.4	Bahan baku pembuatan biodiesel.....	11
2.1.5	Teknik pembuatan biodiesel.....	13
2.1.6	Pengujian yang dilakukan terhadap biodiesel.....	19
2.1.7	Karakteristik biodiesel yang diharapkan.....	20
2.1.8	Contoh pemanfaatan biodiesel.....	21
2.2	Katalis.....	21
2.2.1	Sekilas tentang perkembangan katalis.....	22
2.2.2	Keuntungan penggunaan katalis.....	23
2.2.3	Katalis sebagai solusi dalam produksi biodiesel.....	23
2.2.4	Penggunaan katalis dalam produksi biodiesel.....	24
2.2.5	Zeolit sebagai bahan alternatif yang patut dikaji.....	25
2.2.6	Penggunaan NaOH dalam produksi biodiesel.....	26
2.2.7	Penggunaan katalis (terkait dengan proses dan hasil yang diharapkan).....	26
BAB III DASAR TEORI.....		28
3.1	Biodiesel.....	28
3.2	Minyak / lemak nabati.....	33
3.2.1	Minyak sawit.....	34
3.2.2	Minyak goreng.....	35
3.3	Ester.....	38
3.3.1	Esterifikasi.....	38
3.3.2	Transesterifikasi.....	42
3.4	Katalis.....	44

3.4.1 Zeolit dan H-zeolit.....	46
3.4.2 NaOH.....	48
3.5 Analisis.....	48
3.5.1 Analisis GC-MS.....	48
3.5.2 Uji ASTM.....	50
3.6 Hipotesis.....	53
BAB IV METODE PENELITIAN.....	54
4.1 Alat yang digunakan.....	54
4.2 Bahan yang digunakan.....	56
4.3 Cara kerja.....	56
4.3.1 Preparasi zeolit.....	56
4.3.2 Preparasi H-zeolit.....	57
4.3.3 Preparasi minyak jelantah.....	57
4.3.4 Tahap esterifikasi.....	58
4.3.5 Tahap transesterifikasi.....	59
4.3.6 Analisis sampel biodiesel.....	60
4.3.6.1 Interpretasi data GC dan GC-MS.....	60
4.3.6.2 Interpretasi data ASTM.....	60
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	61
5.1 Preparasi H-zeolit.....	61
5.1.1 Proses pembuatan sampel zeolit.....	61
5.1.2 Aktivasi sampel zeolit menjadi sampel H-zeolit.....	64
5.2 Preparasi minyak jelantah sawit.....	64

5.3 Esterifikasi.....	65
5.4 Transesterifikasi.....	67
5.5 Analisis biodiesel dengan menggunakan GC dan GC-MS.....	69
5.6 Analisis biodiesel dengan menggunakan ASTM.....	76
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	78
6.1 Kesimpulan.....	78
6.2 Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA.....	80
LAMPIRAN.....	82



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Persyaratan Kualitas Biodiesel Menurut SNI-04-7182-2006.....	20
Table 3.1 Rumus Kimia dan Struktur Beberapa Asam Lemak.....	34
Tabel 3.2 Komposisi Asam Lemak Pada Minyak sawit.....	35
Tabel 3.3 Standar Mutu Minyak Goreng Menurut SNI 01 – 2902, Tahun 1992.....	37
Tabel 5.1 Tabel Bahan Reaksi Esterifikasi.....	66
Tabel 5.2 Tabel Bahan Reaksi Transesterifikasi.....	68
Tabel 5.3 Tabel Hasil Analisa Sampel Biodiesel dengan GC dan GC-MS.....	75
Tabel 5.4 Hasil Analisa ASTM (Sampel Biodiesel 4).....	76

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Rumus Umum Struktur Molekul Kimia Senyawa	
Ester.....	38
Gambar 3.2 Mekanisme Reaksi Esterifikasi.....	40
Gambar 3.3 Skema Kerektifan Beberapa Senyawa Alkohol.....	40
Gambar 3.4 Mekanisme Reaksi Transesterifikasi.....	43
Gambar 3.5 Beberapa Contoh Struktur Kisi-kisi Zeolit.....	46
Gambar 3.6 Mekanisme Pembentukan H-zeolit.....	47
Gambar 5.1 Proses Pemilihan Zeolit.....	61
Gambar 5.2 Proses Pencucian, Perendaman, dan Persiapan Pengeringan Zeolit.....	62
Gambar 5.3 Chromatogram (GC)_Biodiesel Sampel 1.....	69
Gambar 5.4 Chromatogram (GC)_Biodiesel Sampel 2.....	70
Gambar 5.5 Chromatogram (GC)_Biodiesel Sampel 3.....	70
Gambar 5.6 Chromatogram (GC)_Biodiesel Sampel 4.....	71
Gambar 5.7 Chromatogram Analisa GC-MS Biodiesel 4.....	71
Gambar 5.8 Ringkasan Chromatogram Analisa GC dan GC-MS.....	72
Gambar 5.9 Grafik Fragmentasi MS_Sampel Biodiesel 4 (Puncak 1, 2, 3, 4, 5).....	73

Gambar 5.10 Grafik Fragmentasi MS_Sampel Biodiesel 4

(Puncak 6, 7, 8, 10, 11)..... 74



DAFTAR REAKSI KIMIA DAN PERSAMAAN MATEMATIS

	Halaman
No. (1)	
Reaksi kimia : transesterifikasi dengan bantuan katalis.....	30
No. (2)	
Reaksi kimia : transesterifikasi-1, terbentuknya <i>digliserida</i>	30
No. (3)	
Reaksi kimia : transesterifikasi-2, terbentuknya <i>monogliserida</i>	30
No. (4)	
Reaksi kimia : transesterifikasi-3, terbentuknya <i>gliserol</i>	30
No. (5)	
Reaksi kimia : saponifikasi, terbentuknya sabun dan molekul H ₂ O.....	30
No. (6)	
Reaksi kimia : esterifikasi (dengan katalis dan pemanasan).....	39
No. (7)	
Persamaan Archenius (pengaruh suhu terhadap kecepatan reaksi).....	41
No. (8)	
Reaksi kimia : transesterifikasi (dengan katalis dan pemanasan).....	42
No. (9)	
Reaksi kimia : reaksi katalitik [1].....	45

No. (10)	
Reaksi kimia : reaksi katalitik [2].....	45
No. (11)	
Reaksi kimia : penggabungan reaksi katalitik [1] dan [2].....	45
No. (12)	
Hubungan waktu retensi dengan volum retensi.....	50
No. (13)	
Hubungan viskositas Redwood dengan viskositas kinematik.....	51
No. (14)	
Perbandingan mol MJS dengan mol metanol (esterifikasi).....	66
No. (15)	
BM MJS.....	66; 68
No. (16)	
BM metanol.....	66; 68
No. (17)	
Persamaan untuk menentukan nilai (besaran) $gr_metanol^{est}$	66
No. (18)	
Persamaan untuk menentukan nilai $gr_H\text{-zeolit } 1,25\%$	66
No. (19)	
Persamaan untuk menentukan nilai $gr_H\text{-zeolit } 2,5\%$	66

No. (20)

Persamaan untuk menentukan nilai $gr_H\text{-zeolit } 3,75\%$ 66

No. (21)

Persamaan untuk menentukan nilai $gr_H\text{-zeolit } 5\%$ 66

No. (22)

Perbandingan mol MJS dengan mol metanol (transesterifikasi)..... 68

No. (23)

Persamaan untuk menentukan nilai (besaran) $gr_metanol^{trans}$ 68



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<i>Lampiran 1.</i>	
Chromatogram & Peak Report Hasil Analisa GC_Biodiesel 1.....	82
<i>Lampiran 2.</i>	
Chromatogram & Peak Report Hasil Analisa GC_Biodiesel 2.....	83
<i>Lampiran 3.</i>	
Chromatogram & Peak Report Hasil Analisa GC_Biodiesel 3.....	84
<i>Lampiran 4.</i>	
Chromatogram & Peak Report Hasil Analisa GC_Biodiesel 4.....	85
<i>Lampiran 5.</i>	
Lembar Informasi - Kondisi Alat Saat Analisa GC-MS_Biodiesel 4...	86
<i>Lampiran 6.</i>	
Chromatogram & Peak Report Hasil Analisa GC-MS_Biodiesel 4.....	87
<i>Lampiran 7.</i>	
Lembar Informasi - MS Library_Peak 1.....	88
<i>Lampiran 8.</i>	
Lembar Informasi - MS Library_Peak 2.....	89
<i>Lampiran 9.</i>	
Lembar Informasi - MS Library_Peak 3.....	90

Lampiran 10.

Lembar Informasi - MS Library_Peak 4..... 91

Lampiran 11.

Lembar Informasi - MS Library_Peak 5..... 92

Lampiran 12.

Lembar Informasi - MS Library_Peak 6..... 93

Lampiran 13.

Lembar Informasi - MS Library_Peak 7..... 94

Lampiran 14.

Lembar Informasi - MS Library_Peak 8..... 95

Lampiran 15.

Lembar Informasi - MS Library_Peak 9..... 96

Lampiran 16.

Lembar Informasi - MS Library_Peak 10..... 97

Lampiran 17.

Lembar Informasi - MS Library_Peak 11..... 98

Lampiran 18.

Data Hasil Analisa ASTM_Biodiesel 4..... 99

Lampiran 19.

Data Hasil Penimbangan Sampel Pada Masing-Masing Tahapan..... 100

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang penelitian

Disiplin ilmu kimia memiliki lingkup yang beragam, salah satunya adalah ilmu kimia terapan (yang mencakup berbagai aplikasi di bidang kimia). Sebagian peristiwa yang kita alami sehari-hari tidak jarang melibatkan peristiwa/proses kimiawi. Selain itu, tidak dapat kita pungkiri bahwa sebagian dari dimensi (ruang kehidupan) yang ada di sekitar kita ini pun tersusun dari sejumlah materi kimia.

Sebagian dari kita pun menyadari akan suatu fakta, bahwa seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi (khususnya di bidang informasi dan industri) serta meningkatnya populasi manusia, maka bertambah pula tingkat kebutuhan kita akan sejumlah bahan baku dan berbagai produk kimiawi. Beberapa diantaranya adalah meningkatnya kebutuhan kita pada berbagai bahan pangan, serat alam, mineral logam (bahan tambang/galian), serta sumber-sumber energi.

Pembangunan fisik banyak dilakukan oleh sebagian masyarakat di Indonesia, terutama di daerah perkotaan dan juga di sejumlah kawasan industri. Dunia industri pun semakin maju dan berkembang pesat, kini telah banyak dijumpai produk-produk industri yang baru dan telah beredar luas di pasaran, dan tidak sedikit yang melibatkan aplikasi ilmu kimia dalam proses produksi maupun teknik pengolahan limbahnya. Sudah banyak pula sumber daya alam yang dieksploitasi secara berlebihan oleh sebagian umat manusia. Maka banyak pula kekayaan hayati serta lingkungan kita yang rusak, yang terkadang tidak terbaharui

lagi, karena kurangnya ilmu serta amalan mulia, dan juga kurangnya kepedulian bersama akan arti pentingnya alam dan kehidupan yang menyertainya, serta kurangnya kontrol dan pengawasan dari pihak-pihak yang juga terkait/berwenang. Selain itu, kini berbagai macam jenis limbah hampir dapat dijumpai di berbagai tempat, dan akan tampak jelas bahwa sebagian besar kurang pengelolaan. Karena itulah, perlu upaya kita bersama untuk mau peduli dan turut menanganinya, agar hidup dan kehidupan kita ini menjadi lebih baik dan berguna.

Alasan penelitian ini dirancang dan disusun salah satunya karena terdorong oleh keinginan kuat penulis dalam upaya pelestarian dan pemanfaatan sumber daya alam, serta pengembangan aplikasi ilmu kimia di bidang pengelolaan limbah, khususnya limbah minyak goreng sawit, dan penulis pun berharap mudah-mudahan suatu saat nanti limbah-limbah semacam ini dapat diolah kembali menjadi sesuatu yang lebih bermanfaat, misalnya sebagai bahan bakar serta ada upaya penerapannya, terlebih dalam skala rumah tangga.

Banyak sumber energi yang telah diteliti dan terus dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif ataupun pengganti minyak dan gas bumi. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa sumber daya hayati juga memiliki potensi yang besar sebagai bahan alternatif yang bersifat *renewable*. Salah satu contohnya adalah upaya pemanfaatan bahan baku dari jenis minyak nabati sebagai pengganti ataupun bahan campuran solar (mesin diesel) dan juga kerosin.

Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) di Medan (Indonesia) telah berhasil mengembangkan *palm* biodiesel dari minyak sawit mentah (CPO), *Refined Bleached Deodorized Palm Oil* (RBDPO) dan fraksi-fraksinya seperti stearin dan

olein serta minyak inti sawit. Selain itu, *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD) yang merupakan hasil samping dari pabrik minyak goreng maupun minyak goreng bekas (jelantah) dari *home industry* juga dikembangkan oleh PPKS sebagai bahan baku pembuatan *palm* biodiesel (Suhardiman dan Afantri, 2004).

Semakin menipisnya cadangan energi fosil dan semakin meningkatnya kebutuhan bahan bakar, termasuk minyak diesel, maka pemikiran mengenai sumber energi yang terbarukan serta diversifikasi energi pun semakin berkembang. Selain itu, ada fakta bahwa dunia internasional saat ini juga sedang berlomba-lomba untuk mempergunakan bahan bakar yang ramah lingkungan dalam rangka mengimplementasikan komitmen *Kyoto Protocol* dan isu global mengenai CDM (*Clean Development Mechanism*). Salah satu solusi untuk berbagai hal tersebut adalah produksi, pengolahan, serta penggunaan biodiesel, demikianlah info yang disadur dari forum *Engineering Center* – BBPT Indonesia.

Proses pembuatan biodiesel umumnya melibatkan reaksi kimia yang bertujuan merubah keseluruhan asam lemak menjadi senyawa metil ester dengan bantuan sejumlah katalis. Sudah banyak katalis yang diujicobakan, baik itu yang berwujud cair maupun yang berwujud padatan. Katalis yang berwujud padat kini semakin populer dan banyak digunakan, dan masih tetap diteliti hingga saat ini, alasannya pun sederhana, antara lain : karena bahan bakunya melimpah dan mudah diperoleh di alam; karena lebih irit/hemat sehingga dapat menekan biaya produksi total; karena umumnya lebih mudah dalam proses pemisahan maupun tahap pemurniannya sehingga dapat digunakan kembali selagi katalis tersebut tidak rusak; dan dipilih karena cenderung lebih aman terhadap manusia dan ramah

terhadap lingkungan. Zeolit merupakan salah satu jenis bahan alam yang memenuhi kriteria tersebut, dapat berfungsi sebagai katalis, jumlahnya melimpah di beberapa belahan dunia, termasuk di Indonesia, dan umumnya masih dapat digunakan kembali (*reuse*) setelah diproses lebih lanjut/dimurnikan kembali.

Zeolit merupakan salah satu jenis katalis yang unik. Zeolit alam umumnya mengemban jenis kation tertentu, kation ini dapat dipertukarkan dengan jenis kation lain yang sesuai, dalam artian ukuran partikel/zat tersebut sesuai dengan kapabilitas zeolit itu sendiri, yang meliputi ukuran pori-pori serta luas permukaan yang dimilikinya. Karena itulah, zeolit alam dapat diproses menjadi H-zeolit yang bersifat asam, yang diduga berpotensi besar dalam produksi biodiesel.

1.2 Rumusan masalah

Dapatkah limbah minyak goreng sawit diolah kembali menjadi biodiesel melalui dua tahap mekanisme reaksi (tahap pertama dengan reaksi esterifikasi menggunakan campuran metanol dan katalis H-zeolit, tahap ke dua dengan reaksi transesterifikasi menggunakan campuran metanol dan katalis NaOH)? Dan bagaimana pengaruh variasi berat H-zeolit terhadap persentase kandungan metil ester pada produk biodiesel yang dihasilkan?

1.3 Tujuan penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tujuan, diantaranya :

1. Pemanfaatan limbah, khususnya limbah dari minyak goreng sawit sebagai salah satu bahan baku pembuatan bio-energi alternatif.

2. Pemanfaatan mineral alam zeolit sebagai bahan baku katalis heterogen.
3. Pembelajaran dalam memproduksi biodiesel serta melakukan sejumlah karakterisasi pada biodiesel yang dihasilkan.
4. Mengetahui signifikansi pengaruh kadar H-zeolit terhadap kuantitas metil ester pada produk biodiesel di hasil akhirnya.

1.4 Manfaat penelitian

Ada beberapa manfaat yang dapat diperoleh dengan dilakukannya penelitian ini, diantaranya : terwujudnya salah satu pengembangan aplikasi dalam disiplin ilmu kimia; termanfaatkannya salah satu limbah rumah tangga dan juga bahan alam yang melimpah di Indonesia sebagai bahan kajian ilmiah dan upaya eksplorasi sumber daya alam terbaharu serta teknologi yang terkait dalam upaya pengolahannya. Selain itu, dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan akan ada penelitian dan pengembangan lanjutan yang mampu memicu munculnya berbagai unit pengolahan limbah skala kecil yang dimiliki oleh sebagian besar masyarakat Indonesia yang tergolong sederhana, murah dan mudah, serta aman dan ramah lingkungan. Bahkan dimungkinkan suatu saat nanti akan ada unit-unit produksi bahan bakar/energi untuk kebutuhan sehari-hari yang dikelola secara mandiri oleh sebagian besar masyarakat Indonesia, sehingga masyarakat kita tidak bergantung lagi dengan pasokan bahan bakar yang disediakan oleh pemerintah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biodiesel

Biodiesel merupakan salah satu jenis bahan bakar yang unik. Dapat diprediksikan bahwa biodiesel akan memiliki prospek cerah di masa yang akan datang, ini karena dia dapat menjadi substituen minyak diesel atau bahkan sebagai alternatif pengganti bahan bakar fosil tertentu yang kini semakin mahal harganya.

2.1.1 Sekilas tentang perkembangan biodiesel

Energi biomassa dari tumbuh-tumbuhan sebenarnya telah dipopulerkan sejak lama seperti kayu bakar, batu bara, gambut, dan *lignite*. Tetapi, untuk sektor transportasi, dibutuhkan suatu bahan bakar yang *simple*, mudah dikemas, dan dapat dibawa ke mana-mana dengan aman. Hal inilah yang mendorong digunakannya bahan bakar cair. Pada tahun 1890, Dr. Rudolph Christian Karl Diesel (Jerman, 1858 – 1913) dalam upayanya menemukan mesin injeksi, telah menggunakan minyak biji kacang dalam percobaan pada mesin pertamanya. Lain halnya dengan seorang jenderal perang dari Jerman, Erwin Rommel yang memakai minyak goreng pada tank ketika mereka kehabisan bahan bakar di Gurun Sahara pada Perang Dunia II. Suatu hal unik, yang sebenarnya kalau kita cermati ternyata dapat memberikan suatu pencerahan, dan terbetik suatu ide bahwa hasil-hasil kebun/pertanian yang layak nya dikonsumsi manusia ternyata dapat digunakan juga untuk menghidupkan mesin-mesin diesel yang selama ini

didominasi oleh solar semata. Suatu babak baru bagi bahan bakar yang disebut biodiesel. Demikianlah hasil saduran dari apa yang dipaparkan oleh Herwin Saputera dalam sebuah artikel yang ditulisnya, yang dimuat dalam Kompas Cyber Media, tanggal 22 November 2001.

Oleh karena keterbatasan sumber energi dan juga karena kerusakan lingkungan hidup yang terjadi di mana-mana dan terus berlanjut, pada akhir tahun 1970-an minyak nabati di Eropa telah digunakan sebagai bahan bakar motor diesel menggantikan minyak solar. Minyak nabati kemudian diolah menjadi biodiesel dan mulai dikembangkan sejak pertengahan tahun 1980-an. Terutama di Jerman dan Austria, biodiesel diproduksi dari minyak *rapeseed*. Akan tetapi, sampai pertengahan tahun 1990-an produksi biodiesel dari *rapeseed* di Jerman dinilai masih belum ekonomis. Tanpa subsidi dari pemerintah, biodiesel di Jerman tidak mampu bersaing dengan minyak solar (yang sebenarnya sudah kena pajak hampir 200 %). Sejak itu, mulailah dikembangkan biodiesel dari minyak jelantah dan dari sisa lemak hewani. Perkembangan biodiesel dari minyak jelantah semakin pesat dengan dilarangnya pemakaian minyak jelantah untuk campuran pakan ternak, karena sifatnya yang karsinogenik. Sekarang biodiesel dari minyak jelantah telah diproduksi di mana-mana, terutama di negara Eropa, Amerika dan Jepang. Biodiesel dari minyak jelantah di Austria dikenal dengan nama AME (*Altfett Methyl Ester*), sedang di Jerman selain dikenal dengan AME juga mendapat nama *Frittendiesel* atau *Ecodiesel*, sedang di Jepang dikenal dengan *e-oil*. Sementara di Indonesia, pemanfaatan minyak jelantah masih dinilai kontroversial. Sampai saat ini sebagian minyak jelantah dari perusahaan besar

dijual ke pedagang kaki lima dan kemudian digunakan untuk menggoreng makanan dagangannya dan sebagian lain hilang begitu saja ke saluran pembuangan. Bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik, yang terjadi selama proses penggorengan. Jadi jelas bahwa pemakaian minyak jelantah yang berkelanjutan dapat merusak kesehatan manusia dan akibat selanjutnya dapat mengurangi kecerdasan pada generasi berikutnya. Demikianlah uraian yang berhasil disadur (dengan beberapa perubahan tata bahasa dan penambahan kosa kata) dari apa yang disampaikan oleh Ananta Andy Anggraini Suess pada Kompas Cyber Media, tanggal 20 Juli 2002.

2.1.2 Keuntungan penggunaan biodiesel

Biodiesel tergolong bahan bakar yang unik, hal ini karena bahan baku utamanya adalah minyak atau lemak yang dapat diperoleh dari sumber daya alam hayati yang diregenerasikan kembali dalam waktu yang relatif singkat, selain itu proses produksinya pun lebih bervariasi dan juga jauh lebih murah dan sederhana bila dibandingkan dengan sumber energi yang berasal dari bahan bakar fosil.

Biodiesel juga tergolong produk yang ramah lingkungan jika dibandingkan dengan minyak solar yang masih banyak digunakan saat ini. Selain karena sifat bahan bakunya yang *renewable*, produk biodiesel dipilih sebagai energi alternatif karena sebagian limbah yang dihasilkannya akan lebih mudah diuraikan kembali oleh sejumlah makhluk hidup, sehingga tercapailah suatu keseimbangan alam sebagaimana yang diharapkan.

Biodiesel merupakan bahan bakar yang dapat bekerja pada mesin diesel konvensional, sekalipun tanpa perlu ada modifikasi ataupun dengan penambahan *converter kit*. Undang-Undang Lingkungan Hidup di Indonesia menyebutkan bahwa emisi yang diperbolehkan untuk SO₂ sebesar 800 mg per meter kubik. NO_x 100 mg per meter kubik, H₂S dan NH₃ 0,5 mg per meter kubik. Seperti halnya dengan mesin-mesin pembakaran umumnya, mesin diesel dengan bahan bakar petrodiesel memberikan emisi yang cukup besar, terutama karbon dan sulfur. Seperti yang kita ketahui mesin diesel umumnya didesain untuk berpelumas tinggi sehingga dituntut kandungan belerang yang cukup tinggi pada bahan bakar. Oleh karena biodiesel terdiri dari sekitar 11 % oksigen dan tidak mengandung belerang, maka penggunaan biodiesel pada mesin diesel akan mengurangi hidrokarbon yang tak terbakar, karbon monoksida, dan partikulat kasar seperti karbon dan debu. Dapat pula memperpanjang umur mesin karena lebih berpelumas dibanding petrodiesel dengan relatif tidak mempengaruhi konsumsi bahan bakar, *auto ignition*, daya keluaran dan torsi mesin, walaupun di sisi lain dapat meningkatkan kadar NO_x (Saputera, 2001).

Biodiesel yang berasal dari minyak goreng bekas (jelantah) menjadi kajian yang menarik untuk diteliti karena bernilai ekonomis serta dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan apabila ia berhasil diolah dan dikembangkan menjadi produk yang jauh lebih bermanfaat dan aman bagi kehidupan (Suhardiman dan Afantri, 2004).

2.1.3 Biodiesel sebagai suatu solusi global

Bahan bakar fosil, juga dikenal sebagai bahan bakar mineral, adalah sumber daya alam yang mengandung hidrokarbon, contohnya seperti batu bara, petroleum, dan gas alam. Pembakaran bahan bakar fosil oleh manusia merupakan sumber utama dari karbon dioksida yang merupakan salah satu gas rumah kaca yang dipercayai menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya *Global Warming*. Demikian menurut data yang diperoleh dari sumber internet di halaman web Wikipedia Indonesia yang terkait tentang topik bahan bakar fosil.

Kita pun mengetahui bahwa semakin lama bahan bakar fosil yang tersedia di bumi ini semakin menipis jumlahnya dan sudah tentu akan semakin mahal harganya, dan belumlah tentu bumi kita ini akan dapat memproduksinya kembali secara alami dalam waktu yang relatif singkat, padahal setiap harinya selalu saja ada banyak kebutuhan akan bahan bakar dan energi. Karena itulah, hingga kini para pakar di bidang IPTEK serta *Research and Development* telah banyak yang berupaya untuk terus mencari dan mengembangkan berbagai media (bahan) untuk dijadikan alternatif pengganti bahan bakar fosil. Salah satu penelitian yang dikembangkan adalah yang terkait dengan seluk-beluk biodiesel.

Biodiesel telah menjadi issue global yang hingga kini masih tetap hangat untuk terus dikaji dan diperbincangkan, karena biodiesel kini telah menjadi suatu solusi atas beberapa permasalahan dunia internasional yang muncul, yakni semakin menipisnya persediaan minyak dan gas bumi dunia, serta semakin tingginya tingkat polusi di berbagai negara akibat pemakaian bahan bakar yang kurang ramah lingkungan.

2.1.4 Bahan baku pembuatan biodiesel

Biodiesel merupakan senyawa kimia yang tersusun atas sebagian besar senyawa metil ester, dimana senyawa metil ester ini dapat disintesis dari asam lemak yang terdapat pada minyak/lemak nabati ataupun hewani. Namun, yang banyak digunakan dan dikembangkan prosesnya adalah sintesis dari minyak atau lemak nabati, beberapa alasannya karena jumlahnya melimpah, regenerasinya tergolong cepat, dan umumnya mengandung banyak asam lemak tak jenuh berantai panjang yang lebih mudah direaksikan secara kimiawi sehingga menghasilkan lebih banyak kandungan metil ester sebagaimana yang diharapkan.

Senyawa metil ester merupakan jenis alkil ester yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif maupun substituen bagi minyak diesel karena kemiripan sifat-sifatnya. Senyawa metil ester memiliki sifat fisik dan kimiawi yang hampir sama dengan minyak diesel yang dihasilkan dari minyak bumi, tetapi salah satu hal yang patut dicatat dan harus disyukuri adalah emisi pembakaran dari penggunaan senyawa metil ester jauh lebih rendah daripada emisi hasil pembakaran minyak solar. Seiring dengan semakin berkurangnya sumber minyak dan gas bumi, serta semakin gencarnya isue-isue yang terkait dengan pelestarian lingkungan hidup, maka pengembangan senyawa metil ester sebagai bahan bakar pengganti minyak bumi semakin gencar diperbincangkan dan disempurnakan risetnya.

Minyak goreng pada umumnya merupakan salah satu jenis minyak yang diperoleh dari pengolahan lebih lanjut minyak/lemak yang dihasilkan oleh tumbuh-tumbuhan. Minyak goreng kaya akan asam lemak esensial dan juga

berbagai jenis vitamin tertentu yang turut terlarut di dalamnya. Apabila minyak goreng telah rusak akibat teroksidasi di udara bebas, ataupun telah digunakan untuk menggoreng berulang kali, apalagi jika dilakukan pemanasan yang cukup lama pada temperatur tinggi, maka dapat dipastikan kandungan gizinya akan semakin berkurang. Minyak goreng yang telah berulang kali digunakan akan tampak kotor (keruh) dan akan mengalami perubahan, selain itu akan banyak mengandung residu, dan juga banyak mengandung asam lemak bebas yang bersifat radikal, sehingga akan sangat berbahaya apabila dilepas (dibuang begitu saja) di lingkungan, terlebih lagi bila sampai sering dikonsumsi oleh manusia yang tergolong rentan penyakit, dikhawatirkan akan memicu timbulnya berbagai macam penyakit, seperti : kanker, serangan jantung, tekanan darah tinggi, penyempitan pembuluh darah, dan lain sebagainya.

Perlu suatu pemikiran yang cemerlang dan usaha yang ulet/gigih dan nyata dalam upaya mewujudkan pemanfaatan limbah khususnya minyak goreng agar tidak terbuang sia-sia. Kemudian muncullah gagasan untuk menjadikan minyak goreng bekas sebagai sumber energi alternatif. Dan gagasan tersebut kini telah terealisasi, dan masih terus disempurnakan riset dan pengembangannya.

Minyak goreng bekas tidak layak digunakan secara langsung menjadi bahan bakar cair alternatif. Hal ini disebabkan karena masih adanya kandungan air dan asam lemak bebas, viskositas yang tinggi, angka/nilai *cetane*-nya yang rendah, serta berbagai sisa bahan yang dapat mengganggu proses pembakaran. Jelaslah bahwa hal itu semua akan berdampak terhadap efisiensi pembakaran yang rendah, dan lebih dikhawatirkan lagi akan membentuk sisa pembakaran yang berbahaya

bagi keseimbangan lingkungan. Oleh karena itulah, perlu dilakukan suatu pengolahan lebih lanjut terhadap minyak goreng bekas sehingga terbebas dari air dan asam lemak serta zat-zat pengotor, dan diupayakan viskositasnya menjadi cukup rendah, volatilitasnya cukup tinggi, angka/nilai *cetane*-nya cukup tinggi, dan juga menghasilkan zat sisa yang cukup aman bagi lingkungan serta efisiensi pembakarannya yang tinggi. Salah satu upaya yang dapat ditempuh untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan cara memanfaatkan minyak goreng bekas menjadi bahan baku pembuatan metil ester yang cukup ideal sebagai biodiesel (Suhardiman dan Afantri, 2004).

2.1.5 Teknik pembuatan biodiesel

Esterifikasi dan transesterifikasi merupakan salah satu cara untuk membuat alkil ester (metil ester) untuk biodiesel. Esterifikasi dan transesterifikasi dapat dilakukan secara bersamaan ataupun secara terpisah (Suhardiman dan Afantri, 2004).

Reaksi transesterifikasi yang diterapkan untuk sintesis biodiesel dari minyak sawit ataupun minyak-minyak nabati lainnya dianggap belum memberikan perolehan yang ekonomis untuk pengadaan bahan bakar pada mesin-mesin diesel di Indonesia. Penggunaan metanol sebesar 2 – 3 kali jumlah molar asam-asam lemak bebasnya (ALB) adalah tidak ekonomis sekaligus berbahaya mengingat sifatnya sebagai bahan kimia beracun dan berbahaya (B3), sedangkan perolehan metil ester dari minyak sawit atau *Palm Oil Methyl Ester* (POME) hanya sekitar 70 %-volum. Demikian informasi yang berhasil disadur dari apa yang

disampaikan oleh Setijo Bismo dalam penelitiannya (2005).

Senyawa metil ester dapat disintesis dari limbah minyak goreng.

Sintesis senyawa metil ester dari asam lemak bebas minyak goreng bekas sebagai pemanfaatan limbah rumah tangga dapat dilakukan dengan dua tahap reaksi yakni proses esterifikasi yang kemudian dilanjutkan dengan proses transesterifikasi. Keduanya menggunakan senyawa pereaksi berjenis alkohol. Reaksi-reaksi ini dapat dilakukan secara *batch* maupun *continue*. Pada penelitian yang telah dilakukan, pembuatan metil ester dari asam lemak bebas minyak goreng bekas dilakukan dengan reaksi esterifikasi secara *batch* pada temperatur 90°C, dengan reaktan berupa minyak goreng bekas dan etanol. Katalis yang digunakan adalah H₂SO₄. dari reaksi esterifikasi inilah dihasilkan metil ester yang perolehannya dipengaruhi beberapa faktor seperti waktu reaksi, jumlah katalis dan volume zat pereaksi (etanol) yang digunakan. Penambahan waktu reaksi esterifikasi dapat meningkatkan perolehan metil ester. Begitu juga dengan penambahan jumlah katalis dan volume etanol, keduanya akan meningkatkan perolehan metil ester. Penambahan jumlah katalis ternyata memberikan pengaruh yang tertinggi jika dibandingkan dengan peningkatan waktu reaksi dan volume etanol (Suhardiman dan Afantri, 2004).

Pembuatan biodiesel dari minyak jelantah telah dilakukan oleh para peneliti dengan berbagai metode. Pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dan metanol melibatkan reaksi transesterifikasi. Reaksi transesterifikasi adalah reaksi antara minyak dengan alkohol membentuk ester dan produk samping berupa gliserol. Reaksi transesterifikasi ini berjalan dengan katalis asam ataupun basa. Pada tahun

2002 *Agricultural Utilization Research Institute* melaporkan bahwa penelitian yang telah dilakukan oleh Peterson *et al* dan Rice *et al*, transesterifikasi minyak jelantah dan metanol dengan katalis basa ternyata tidak memperlihatkan adanya reaksi yang banyak berarti dalam mengkonversi minyak jelantah menjadi metil ester atau biodiesel. Hal tersebut disebabkan karena minyak jelantah mengandung 5 – 15 % asam lemak bebas yang tidak dapat terkonversi menjadi metil ester atau biodiesel. Minyak jelantah yang telah mengalami pemanasan pada temperatur tinggi mengandung asam lemak bebas tinggi. Kadar asam lemak bebas ini akan menimbulkan reaksi penyabunan dan menghambat pembentukan biodiesel pada reaksi transesterifikasi. Salah satu metode untuk mengatasi hal ini adalah dengan melakukan perlakuan awal terhadap jelantah melalui reaksi esterifikasi untuk mengurangi kadar asam lemak bebas sebelum dilakukan transesterifikasi. Tujuan dari perlakuan awal ini adalah untuk mengubah asam lemak bebas menjadi alkil ester (biodiesel). Reaksi esterifikasi berjalan dengan cepat pada keadaan asam. Katalis asam yang biasa digunakan dalam reaksi ini adalah asam sulfat (H_2SO_4) (Saefudin, 2005).

Dengan adanya penambahan katalis tertentu pada produksi biodiesel diharapkan hasil produksinya semakin meningkat, baik itu segi kuantitas (jumlah/volum yang diperoleh) maupun kualitasnya (tingkat kemurnian hasil akhirnya). Selain itu, penggunaan katalis jenis tertentu juga diharapkan akan dapat menekan pengeluaran tambahan untuk biaya produksi. Biaya produksi tambahan ini tidak jarang harus dikeluarkan, misalnya saja karena perlunya pembelian sejumlah katalis yang baru setiap kali akan memulai produksi biodiesalnya. Padahal hal

semacam ini bisa saja tidak perlu dilakukan setiap kali akan memulai proses produksi bilamana jenis katalis yang digunakan bisa dimurnikan kembali dengan metode yang jauh lebih efektif dan efisien, tergantung dari pemilihan jenis katalis dan alur proses produksinya.

Katalis asam sulfat merupakan katalis asam homogen. Namun, penggunaan asam sulfat sebagai katalis dalam skala industri dinilai kurang ekonomis karena asam sulfat yang telah digunakan bercampur dengan alkohol, sehingga sulit untuk dipisahkan. Untuk itulah diperlukan alternatif katalis yang dapat menggantikan asam sulfat, salah satunya yaitu katalis asam padat (Saefudin, 2005).

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengasaman zeolit, yang selanjutnya zeolit asam tersebut (H-zeolit) digunakan sebagai katalis dalam reaksi esterifikasi sebagai perlakuan awal pada minyak goreng bekas dengan tujuan untuk menurunkan kadar asam lemak bebasnya.

Reaksi terkatalisis asam dilanjutkan dengan katalisis basa merupakan salah satu metode yang baik dalam memproduksi alkil ester dari minyak atau lemak dengan kandungan asam lemak bebas tinggi. Katalis asam relatif cepat mengkonversi asam lemak bebas menjadi metil ester. Oleh karena itu reaksi terkatalisis asam digunakan sebagai proses perlakuan awal untuk minyak dengan kandungan asam lemak bebas tinggi. Setelah perlakuan awal dengan reaksi terkatalisis asam, jumlah asam lemak bebas berkurang sampai 0,5 % atau lebih rendah, kemudian dilanjutkan dengan reaksi terkatalisis basa untuk mengubah trigliserida menjadi alkil ester. Metode ini dapat digunakan untuk mengkonversi minyak dengan kandungan asam lemak bebas yang tinggi dengan cepat dan

efektif. Asam lemak bebas yang bereaksi dengan alkohol menghasilkan produk air. Oleh karena itu, jumlah air yang terbentuk meningkat selama reaksi transesterifikasi minyak yang mengandung asam lemak bebas dengan katalis basa. Jumlah kandungan air 0,3 % b/b dapat mengurangi produk karena air bereaksi dengan katalis basa alkali membentuk sabun. Terbentuknya air masih menjadi masalah selama proses perlakuan awal dengan katalis asam. Salah satu cara untuk mengatasinya adalah dengan penambahan metanol secara berlebih pada proses perlakuan awal, di mana air yang terbentuk akan terlarut dan tidak menghambat proses reaksi. Rasio molar alkohol dibanding asam lemak bebas yang baik adalah sebesar 40:1. Kekurangan dari metode ini adalah dibutuhkan energi yang banyak untuk mendapatkan kembali metanol yang telah digunakan. Metode lainnya adalah membiarkan reaksi esterifikasi terkatalisis asam berjalan sampai terhenti oleh pembentukan air. Selanjutnya, alkohol dan air diuapkan. Jika kandungan asam lemak bebas masih sangat tinggi, campuran ditambahkan metanol, jika dibutuhkan, katalis asam dapat ditambahkan pula untuk melanjutkan reaksi. Proses seperti ini dapat dilanjutkan berulang kali dengan menggunakan metanol yang lebih sedikit dari pada perlakuan sebelumnya. Namun metode ini masih memerlukan energi besar untuk distilasi dalam memperoleh metanol kembali. Salah satu metode untuk mengurangi penggunaan energi yang terlalu besar adalah dengan membiarkan reaksi berakhir. Setelah beberapa jam, campuran metanol dan air akan naik ke permukaan dan dapat dipisahkan. Kemudian, metanol dan katalis asam dapat ditambahkan untuk reaksi esterifikasi selanjutnya (Saefudin, 2005). Kemudian gliserol dan etilen glikol digunakan untuk

memisahkan air dari campuran metanol dan air.

Proses pengolahan biodiesel. Pada pembuatan biodiesel dari minyak nabati, kadar asam lemak bebasnya harus diminimalisasi terlebih dahulu, bahkan kalau bisa dihilangkan. Cara pengolahan asam lemak bebas dapat dilakukan dengan beberapa cara berikut :

- Kadar FFA $< 2\%$ → dengan reaksi penetralan.
- Kadar FFA $> 2\%$ → dengan reaksi esterifikasi.

Berikut ini beberapa tahapan perlakuan yang umumnya diterapkan dalam proses pengolahan biodiesel :

- Pengontrolan kadar air dan asam lemak bebas pada bahan baku yang digunakan, yaitu : minyak atau lemak. Jika kadar asam lemak bebas atau air dalam bahan baku terlalu tinggi maka dimungkinkan terjadinya proses saponifikasi dan juga pembentukan gliserin.
- Katalis dilarutkan dalam alkohol dengan pengadukan.
- Campuran alkohol dan katalis direaksikan secara *batch* dengan minyak. Sistem dibuat tertutup dari atmosfer untuk mencegah kehilangan alkohol.
- Fase gliserin yang terbentuk akan dapat dipisahkan secara alami dari fase biodiesel, karena keduanya dipisahkan oleh gaya berat masing-masing.
- Setelah fase gliserin dan biodiesel berhasil dipisahkan, maka kelebihan alkohol yang terdapat pada masing-masing fasenya dapat dikurangi atau bahkan dihilangkan dengan proses evaporasi ataupun destilasi.
- Produk gliserin umumnya masih bercampur dengan katalis dan sabun. Kemudian sabun yang bersifat basa tersebut dinetralkan dengan asam,

dan katalisnya dipisahkan dengan perlakuan tertentu tergantung jenis katalis yang telah digunakan.

- Biodiesel yang dihasilkan kemudian siap diolah kembali ataupun digunakan bilamana telah sesuai dengan standar mutu yang diinginkan.

2.1.6 Pengujian yang dilakukan terhadap biodiesel

Uji produk biodiesel yang berstandar internasional salah satunya dilakukan dengan metode yang ditetapkan oleh ASTM (*American Society for Testing and Materials*). ASTM mengeluarkan metode yang berisi tentang alat-alat dan prosedur-prosedur baku yang digunakan untuk menguji suatu produk sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar dengan membandingkan dengan standar yang digunakan di mana memiliki karakterisasi tertentu sebagai biodiesel. Bahan bakar diesel yang diproduksi Indonesia saat ini ada dua jenis yaitu bahan bakar solar yang digunakan untuk motor diesel dengan kecepatan putar tinggi dan bahan bakar untuk mesin diesel dengan kecepatan putar rendah (Saefudin, 2005).

Standar mutu biodiesel di Indonesia sudah diatur dalam SNI-04-7182-2006, yang telah diterbitkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) pada tanggal 22 Februari 2006, sebagaimana yang tercantum pada tabel berikut ini :

Tabel 2.1 Persyaratan Kualitas Biodiesel Menurut SNI-04-7182-2006

Parameter dan satuannya	Batasan	Test Method ASTM
Massa jenis pada 40°C, kg/m ³	850 – 890	D 1298
Viskositas kinematik pada 40°C, mm ² /s (cSt)	2,3 – 6,0	D 445
Angka setana	Min 51	D 613
Titik nyala (mangkuk tertutup), °C	Min 100	D 93
Titik kabut, °C	Maks 18	D 2500
Korosi bilah tembaga (3 jam, 50°C)	Maks no.3	D 130
Residu karbon, % berat		D 4530
- dalam contoh asli	Maks 0,05	
- dalam 10 % ampas destilasi	Maks 0,03	
Air dan sedimen, % volume	Maks 0,05	D 2709
Temperatur destilasi 90 %, °C	Maks 360	D 1160
Abu tersulfaktan, % berat	Maks 0,02	D 874
Sumber : Setyawan, 2010		

Selain itu, dalam penelitian ini juga dilakukan analisa GC dan GC-MS untuk memastikan keberadaan/kapasitas senyawa-senyawa metil ester yang dihasilkan secara kimiawi.

2.1.7 Karakteristik biodiesel yang diharapkan

Karakteristik biodiesel yang diharapkan tentunya sesuai dengan standar mutu yang ada, yang telah ditetapkan dan yang benar-benar diakui, baik secara nasional maupun internasional. Sehingga produk yang dihasilkan benar-benar bisa diterima oleh masyarakat umum, lebih terjamin keamanannya, dan akhirnya dapat tetap diproduksi serta dipasarkan secara bebas.

2.1.8 Contoh pemanfaatan biodiesel

Sama halnya dengan bahan bakar diesel, biodiesel pun dapat digunakan sebagai bahan bakar penggerak mesin bertenaga diesel, ia bahkan dapat digunakan sebagai bahan pencampur untuk beberapa jenis bahan bakar lain sehingga menghasilkan kualitas pembakaran dan efisiensi yang lebih baik, contohnya seperti penambahan sejumlah biodiesel pada kerosin ataupun bensin yang bisa juga digunakan untuk bahan bakar kompor dan lampu minyak sehari-hari dalam rumah tangga.

2.2 Katalis

Katalis merupakan bahan yang dapat dimanfaatkan untuk mempercepat proses suatu reaksi kimiawi.

Menurut fase reaksi dan fase katalis, katalis dapat dibedakan menjadi katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis homogen adalah katalis yang fasenya sama dengan fase reaktan, sebaliknya jika fase katalis berbeda dengan fase reaktan yang dikatalisis, katalis tersebut disebut katalis heterogen.

Katalis merupakan bahan yang berpotensi dalam bidang industri dan juga bernilai ekonomis, sehingga patut untuk dikelola dan dikembangkan, atau bahkan dilestarikan agar dapat terus dimanfaatkan untuk kesejahteraan dan kebaikan bersama.

2.2.1 Sekilas tentang perkembangan katalis

Bidang kajian katalis berkembang dalam berbagai aspek, pada jenis reaksi yang beragam dan aplikasi dalam industri yang luas. Dalam dunia industri, katalis banyak digunakan dalam produksi polimer, perengkahan minyak bumi untuk menghasilkan produk yang spesifik, bahkan untuk mensintesis bahan bakar dari udara. Sampai saat ini diperkirakan 90 % proses kimia dalam industri merupakan reaksi yang dikatalisis. Penggunaan katalis secara global diperkirakan memerlukan investasi sebesar 2,7 milyar dolar Amerika sampai tahun 1984, dan kemungkinan akan terus meningkat di tahun-tahun belakangan ini. Sekitar 53 % dari investasi tersebut dikonsumsi oleh Amerika Serikat, sekitar 17 % oleh masyarakat Eropa, dan sekitar 30 % lainnya oleh negara-negara lain. Bidang penggunaan katalis terdiri dari pabrik kimia (sekitar 43 %), pabrik dan pengilangan minyak bumi (sekitar 35 %), dan katalis untuk pengontrol emisi (sekitar 22 %) (Fatimah, 2004).

Dalam aspek keilmuan, katalis dikembangkan melalui desain katalis yang mengarah pada sintesis katalis dengan *performance* selektifitas dan aktifasi tinggi. Teknologi katalis berkembang sangat pesat didorong oleh kebutuhan ekonomis dunia industri akan katalis yang memiliki selektifitas dan aktifitas yang tinggi, waktu hidup (*life time*) yang panjang dan biaya produksi yang murah (Fatimah, 2004).

2.2.2 Keuntungan penggunaan katalis

Katalis memegang peranan penting khususnya dalam bidang industri, karena tidak jarang suatu proses produksi tidak dapat berlangsung cepat dan efisien jika tidak didukung oleh katalis. Sebagai contoh, reaksi yang digunakan dalam industri perengkahan, dimana tanpa menggunakan katalis, reaksi dapat menghasilkan produk jika dilangsungkan pada temperatur lebih dari 1000°C , sementara dengan menggunakan katalis, reaksi dapat dilangsungkan pada temperatur kurang dari 500°C . Dengan mempertimbangkan aspek ekonomis dan energi yang diperlukan dalam suatu reaksi, penggunaan katalis tentulah cenderung lebih menguntungkan. Selain itu, pada kebanyakan reaksi yang tidak dikatalisis, terutama pada reaksi organik, produk reaksi yang dihasilkan akan sangat beragam. Untuk memperoleh kuantitas dan kualitas produksi, penggunaan katalis dinilai sangat menguntungkan karena pemilihan katalis yang sesuai/tepat untuk jenis reaksi kimiawi tertentu dimungkinkan dapat menghasilkan jenis produk utama dengan konsentrasi dan kemurnian yang jauh lebih tinggi bila dibandingkan tanpa menggunakan katalis sama sekali. Karena itulah, mengapa hingga kini penelitian dan pengembangan tentang berbagai jenis katalis masih tetap menjadi issue hangat. Demikian wacana singkat yang berhasil disadur oleh penulis dari apa yang ditulis oleh Ibu Is Fatimah dalam salah satu bukunya yang membahas mengenai katalis.

2.2.3 Katalis sebagai solusi dalam produksi biodiesel

Biodiesel dapat dihasilkan dari olahan minyak/lemak nabati ataupun hewani yang diproses secara kimiawi. Reaksi kimia yang umumnya diterapkan adalah

reaksi kimia alkoholisis, yaitu pemecahan suatu gugus/senyawaan menggunakan reaktan yang berupa senyawa alkohol. Dimana, minyak/lemak tersebut dicampur dengan senyawa alkohol reaktif dengan komposisi tertentu dan kondisi/perlakuan serta jangka waktu yang tertentu pula. Selanjutnya dihasilkanlah suatu senyawaan metil ester sebagai bentuk konversi dari minyak/lemak tersebut. Namun sayangnya metil ester yang dihasilkan kadang kala sangatlah sedikit, padahal waktu dan energi yang digunakan untuk terjadinya perubahan materi ini tidaklah tergolong singkat, apalagi bila minyak/lemak yang digunakan adalah minyak/lemak yang telah teroksidasi yang banyak mengandung asam lemak bebas dan juga pengotor di dalam campurannya maka dapat dipastikan hasil utama yang diperoleh jauh dari apa yang diharapkan. Karena itulah, kemudian diterapkan berbagai proses produksi alternatif hasil penelitian dan pengembangan dari berbagai pakar biodiesel yang intinya diperlukan suatu metode dan perlakuan tertentu dalam upaya meningkatkan kuantitas dan kualitas metil ester yang dihasilkan. Salah satunya adalah dengan menggunakan katalis, baik untuk mempercepat reaksi/prosesnya maupun untuk meningkatkan kemurnian serta kapasitas metil ester pada hasil akhirnya.

2.2.4 Penggunaan katalis dalam produksi biodiesel

Hingga saat ini telah banyak katalis yang digunakan dalam industri biodiesel, terutama jenis katalis homogen. Salah satu contohnya adalah asam sulfat. Pada awalnya, asam sulfat cukup banyak digunakan sebagai katalis karena harganya yang relatif terjangkau dan jumlah produksinya yang melimpah, serta

ditunjang oleh relatif mudah pendistribusian dan cara memperolehnya. Namun sayang, hasil biodiesel yang dihasilkan masihlah jauh dari apa yang diharapkan, karena masih banyaknya campuran sulfur pada hasil akhirnya. Selain itu, upaya pemurniannya pun membutuhkan biaya dan energi ekstra, jadi biodiesel yang dihasilkan masihlah relatif tinggi harga jualnya karena biaya produksinya pun cukup mahal. Karena itulah, kini mulai banyak dikembangkan jenis katalis lainnya yaitu katalis heterogen, salah satunya adalah katalis dari bebatuan yaitu zeolit. Mengapa dikembangkan dan digunakan katalis heterogen dalam produksi biodiesel ini, alasannya cukup sederhana, yaitu agar dapat menekan sebagian biaya produksi yang banyak diperuntukkan untuk membeli katalis baru dan juga memisahkan katalis homogen dari fase akhirnya.

2.2.5 Zeolit sebagai bahan alternatif yang patut dikaji

Bebatuan zeolit banyak di jumpai di sebagian besar wilayah Indonesia. Jumlahnya yang melimpah sungguhlah sayang bila hanya disia-siakan tanpa upaya pendayagunaan dan juga pelestarian. Selama ini, bebatuan zeolit banyak digunakan sebagai pelengkap dekorasi baik interior maupun eksterior rumah/bangunan, dan sebagian lainnya digunakan sebagai bebatuan pelengkap kolam ikan/aquarium. Namun, di tangan ilmuwan kimia, bebatuan ini bisa dirubah menjadi sesuatu yang memiliki nilai tambah dan sangat bermanfaat khususnya dalam industri kimia. Struktur kisinya yang unik dan spesifik ternyata menyimpan beragam potensi untuk dikembangkan menjadi sejenis katalis heterogen yang berguna dalam berbagai reaksi kimia, khususnya yang terkait dengan upaya

pengolahan minyak/lemak menjadi biodiesel. Molekul bebatuan zeolit yang berongga-rongga memungkinkan untuk disisipi unsur-unsur/zat bermuatan yang dapat membantu kelangsungan suatu mekanisme reaksi kimia tertentu, dalam hal ini adalah pembentukan senyawa metil ester baik secara langsung ataupun tidak langsung. Zeolit yang melimpah ini ternyata dapat menjadi bahan alternatif yang tidak hanya digunakan sebagai pemanis tata ruang namun juga sebagai komoditi penting dalam industri katalis.

2.2.6 Penggunaan NaOH dalam produksi biodiesel

Natrium hidroksida merupakan salah satu jenis senyawa basa kuat yang bisa berfungsi juga sebagai katalis untuk beberapa reaksi kimia tertentu, salah satunya adalah reaksi transesterifikasi, yang umum dilakukan dalam proses pembuatan biodiesel. Reaksi transesterifikasi merupakan tahapan reaksi kedua yang dilakukan sebagai upaya penyempurnaan pembentukan metil ester di tahapan reaksi sebelumnya, yaitu esterifikasi.

Sengaja dipilih senyawa natrium hidroksida dalam ujicoba pembuatan biodiesel ini, selain karena senyawa ini relatif mudah diperoleh, harganya pun relatif terjangkau, dan juga cukup reaktif sebagai katalisator.

2.2.7 Penggunaan katalis (terkait dengan proses dan hasil yang diharapkan)

Penggunaan katalis dalam proses produksi biodiesel ini ditujukan agar proses produksinya dapat berlangsung lebih baik dan lebih cepat, lebih efektif dan lebih efisien, baik itu biaya maupun konsumsi energinya. Selain itu, hasil yang

diperoleh itu pun nantinya diharapkan dapat mencukupi dan berdaya saing tinggi, baik itu dari segi kuantitas maupaun kualitasnya.



BAB III

DASAR TEORI

3.1 Biodiesel

Biodiesel merupakan campuran monoalkil ester asam lemak (metil ester) yang diperoleh dari minyak nabati dan/atau lemak hewani. Baik minyak nabati ataupun lemak hewani, keduanya termasuk golongan lipid (lipida). Beberapa jenis lipida dapat dikonversi menjadi ester yang berguna dalam pembuatan biodiesel. Minyak dan lemak merupakan gugus trigliserida (triasilgliserol), karena minyak dan lemak membentuk ester dari tiga molekul asam lemak yang terikat pada molekul gliserol.

Biodiesel adalah bahan bakar dari minyak nabati yang memiliki sifat menyerupai minyak diesel.

Kelebihan biodiesel dibanding minyak diesel fosil/solar antara lain :

1. Merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan karena menghasilkan emisi yang jauh lebih baik (*free sulphur* dan *smoke number* yang rendah), sesuai dengan isu global.
2. *Cetane number* lebih tinggi sehingga efisiensi pembakaran lebih baik.
3. Memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin.
4. *Biodegradable*.
5. Merupakan *renewable energy* yang relatif cepat diregenerasikan.
6. Meningkatkan independensi suplai bahan bakar karena dapat diproduksi secara lokal.

Demikian informasi yang disadur dari *Engineering Center* – BBPT Indonesia.

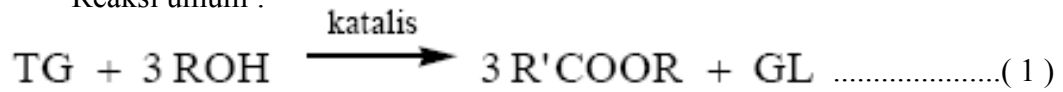
Minyak umumnya mengandung sekitar empat belas jenis asam lemak. Dalam minyak nabati asam-asam lemak tersebut terikat sebagai trigliserida. Selain itu, asam lemak juga ada yang tidak terikat sebagai trigliserida dan disebut sebagai asam lemak bebas. Kandungan asam lemak bebas yang tinggi dapat menyebabkan terbentuknya sabun saat memproduksi biodiesel. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, trigliserida bisa mengandung asam lemak yang berbeda-beda. Lemak cenderung mengandung lebih banyak asam lemak jenuh, sedangkan minyak nabati mengandung lebih banyak asam lemak tak jenuh.

Minyak nabati yang lazim digunakan dalam produksi biodiesel merupakan trigliserida yang mengandung asam oleat dan asam linoleat. Lemak yang lazim digunakan sebagai bahan dasar pembuatan biodiesel merupakan trigliserida yang mengandung asam palmitat, asam stearat dan asam oleat (Saefudin, 2005).

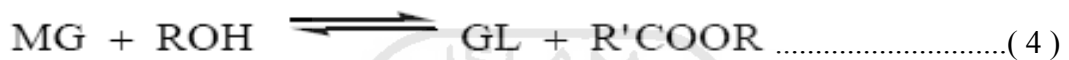
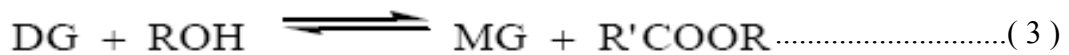
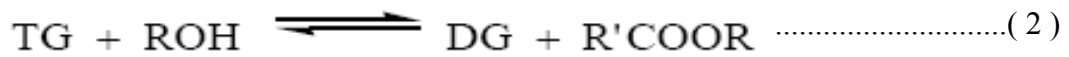
Biodiesel yang mengandung ikatan jenuh tinggi merupakan biodiesel yang tahan terhadap oksidasi oleh udara, mempunyai bilangan oktan tinggi tetapi bermasalah pada temperatur rendah yang menyebabkan mesin sulit dihidupkan pada cuaca dingin (Wijaya, K. dkk, 2006).

Biodiesel dihasilkan oleh transesterifikasi molekul trigliserida (TG) atau lemak yang besar dan bercabang menjadi molekul metil ester yang lebih kecil dan merupakan rantai lurus. Reaksi transesterifikasi ini menggunakan katalis basa alkali atau katalis asam. Berikut ini tiga langkah reaksi transesterifikasi dengan pembentukan intermediet digliserida (DG) dan monogliserida (MG) menghasilkan tiga mol metil ester (ME) dan satu mol gliserol (GL) (Saefudin, 2005).

Reaksi umum :



Tahap-tahap reaksi :



Biodiesel dapat dihasilkan dengan empat cara, yaitu dengan mencampurkan langsung, mikro emulsi, pirolisis atau *cracking* (perengkahan), dan dengan cara yang lazim digunakan yaitu transesterifikasi (Saefudin, 2005).

Para peneliti sebelumnya menemukan permasalahan mengkonversi biodiesel dengan katalis basa jika digunakan bahan dasar yang mengandung asam lemak bebas tinggi. Minyak dengan kandungan asam lemak bebas tinggi sulit untuk dikonversi menjadi biodiesel dengan katalis basa seperti NaOH atau KOH, karena terjadi reaksi penyabunan yang menghambat reaksi transesterifikasi.



Beberapa peneliti menyatakan bahwa katalis asam lebih baik digunakan untuk mengkonversi minyak dengan kandungan asam lemak bebas tinggi menjadi biodiesel. Keim (1945) pertama kali mengusulkan untuk mengkonversi biodiesel dari minyak yang megandung asam lemak tinggi dengan reaksi terkatalisis

asam terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan dengan reaksi dengan katalisis basa alkali. Reaksi yang pertama merupakan reaksi esterifikasi dengan katalis asam yang bertujuan untuk mengkonversi asam lemak bebas menjadi ester sampai jumlah asam lemak sangat kecil. Reaksi tahap kedua adalah reaksi transesterifikasi untuk mengkonversi trigliserida menjadi biodiesel dengan katalis basa alkali tanpa terbentuk sabun. Keim menyatakan bahwa laju reaksi katalis basa alkali dengan trigliserida 10-50 kali lebih cepat dibandingkan dengan katalis asam. Namun, alkali bereaksi dengan asam lemak bebas membentuk sabun, sehingga gliserol sukar dipisahkan. Arrowsmith telah melakukan penelitian lebih lanjut tentang alkil ester. Arrowsmith menyatakan bahwa katalis basa alkali harus seminimal mungkin, karena jumlah sabun akan meningkat dengan semakin banyaknya jumlah katalis basa alkali. Dia juga melakukan pengamatan bahwa dengan meningkatkan jumlah alkohol sampai berlebih dapat meminimalkan jumlah katalis yang dibutuhkan. Namun masalah yang ditimbulkan akibat alkohol yang berlebihan ini adalah saat pemisahan ester dan gliserol, terutama untuk etanol dan molekul alkohol yang lebih besar. Proses pemisahan dilakukan dengan penambahan air, di mana air akan menarik gliserol dari fase ester. Fase yang berada di lapisan bawah merupakan campuran gliserol, alkohol dan air. Untuk memisahkan campuran ini diperlukan energi yang sangat besar, khususnya jika melibatkan campuran azeotrop seperti etanol dan air. Trent (1945) menyebutkan aspek-aspek baru tentang proses alkoholisis. Trent menyatakan bahwa ester diproduksi dengan alkohol dengan molekul besar mempunyai kecenderungan besar terbentuknya gel dari pembentukan sabun jika dibandingkan dengan

metanol. Peningkatan temperatur yang terlalu cepat dapat meningkatkan proses saponifikasi. Trent menganjurkan untuk menggunakan kenaikan temperatur bertahap, dari 40 – 50°C kemudian naik sampai 110 – 123°C. Pada saat pemisahan air, Trent menyatakan untuk menggunakan ekstraksi cair-cair dengan pelarut yang tidak dapat bercampur dengan ester. Untuk ekstraksi cair-cair ini digunakan pelarut polar seperti furfural, sulfur dioksida, nitro metana, metanol, etanol, etilen glikol, alkil alkohol, etil sulfat, asetaldehida, asetamida, dikloro dietil eter dan metil karbitol. Trent juga menyebutkan bahwa alkohol dapat digunakan sebagai agen pencuci untuk menghilangkan asam lemak dan air dari trigliserida (Saefudin, 2005).

Minyak atau lemak yang memiliki kandungan asam lemak bebas tinggi seperti minyak jelantah (2 – 7 %) dan lemak hewan (5 – 30 %), perlu dilakukan dua langkah reaksi dengan katalis asam dan basa untuk mengatasi asam lemak bebas yang tinggi dalam memproduksi biodiesel (Saefudin, 2005).

Reaksi terkatalisis asam mengubah asam lemak bebas menjadi alkil ester. Berkurangnya asam lemak bebas menghindari reaksi saponifikasi yang terjadi jika asam lemak bebas bereaksi dengan katalis basa alkali saat reaksi transesterifikasi terkatalisis basa. Selanjutnya alkil ester dan gliserol dihasilkan dalam reaksi transesterifikasi sisa trigliserida dengan katalis basa (Saefudin, 2005).

Proses pembuatan biodiesel yaitu dikatalisis dengan katalis asam atau basa. Kebanyakan, katalis basa lebih baik dikarenakan lebih cepat bereaksi dan reaksi lebih mudah dilakukan karena memerlukan suhu dan tekanan yang rendah (Saefudin, 2005). Namun, haruslah tetap waspada akan keberadaan air terlarut

yang dapat menghambat proses pembentukan metil ester. Pemisahan biodiesel dari gliserol pada reaksi yang sederhana umumnya akan menerapkan prinsip pemisahan menggunakan gaya beratnya.




3.2 Minyak / lemak nabati

Minyak nabati, seperti minyak kelapa sawit, merupakan bahan baku primer yang digunakan dalam produksi biodiesel. Menurut laporan hasil analisa dari Departemen Pertanian, jika dibandingkan dengan harga minyak bumi, harga biodiesel relatif lebih tinggi. Berbagai cara untuk mengatasi tingginya harga biodiesel ini dilakukan dengan penelitian-penelitian dalam penentuan metode yang tepat untuk menekan harga biodiesel. Lemak hewan dan minyak nabati dapat dibuat menjadi biodiesel, tetapi bahan-bahan tersebut sangat mahal. Oleh karena itu, pilihan alternatif lain untuk menekan harga adalah dengan penggunaan limbah minyak goreng atau jelantah yang biasanya berasal dari minyak nabati. Kesulitan yang ditemui pada pengolahan biodiesel dengan limbah minyak goreng ini adalah sifatnya yang mudah membeku, selain itu biodiesel yang dihasilkan dari limbah minyak ini lebih sedikit (Saefudin, 2005).

Minyak nabati yang lazim digunakan dalam produksi biodiesel merupakan trigliserida yang mengandung asam oleat dan asam linoleat. Lemak yang lazim digunakan sebagai bahan dasar pembuatan biodiesel merupakan trigliserida yang mengandung asam palmitat, asam stearat dan asam oleat. Minyak jelantah dari minyak kelapa sawit mengandung asam palmitat, asam linoleat dan asam stearat. Asam stearat merupakan asam karboksilat jenuh dengan 18 atom C, dan asam

palmitat merupakan asam karboksilat dengan 18 atom C. Seperti asam stearat, asam linoleat adalah asam karboksilat memiliki 18 atom C, tetapi asam linoleat mempunyai dua buah ikatan rangkap (Saefudin, 2005).

Table 3.1 Rumus Kimia dan Struktur Beberapa Asam Lemak

Asam	Rumus kimia	Struktur
Stearat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	
Linoleat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	
Palmitat	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	

Sumber : Saefudin (2005).

3.2.1 Minyak sawit

Minyak sawit (*palm oil*) merupakan salah satu jenis minyak nabati yang potensial untuk diolah menjadi minyak goreng selain minyak kelapa (*coconut oil*). Dari buah kelapa sawit dapat diperoleh dua jenis minyak yang berbeda yaitu *palm oil* (yang berasal dari sabut/kulit kelapa sawit) dan *palm karne oil*/minyak inti sawit (yang berasal dari daging buah kelapa sawit yang umumnya dipakai sebagai bahan dasar pembuatan sabun dan margarin) (Suhardiman dan Afantri, 2004).

Kandungan minyak ataupun lemak nabati secara umum bukanlah trigiserida tunggal, melainkan perpaduan dari beberapa macam trigliserida yang bercampur secara rumit. Karena itulah, komposisi minyak atau lemak biasa dinyatakan dalam persentase berbagai asam yang diperoleh dari reaksi penyabunannya. Beberapa jenis minyak atau lemak tidak jarang menghasilkan satu atau dua jenis asam saja yang dominan dengan sedikit persentase kadar asam yang lainnya.

Tabel 3.2 Komposisi Asam Lemak Pada Minyak Sawit

No.	Asam Lemak	Kadar (%)
1.	Asam Miristat ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$)	1,1 – 2,5
2.	Asam Palmitat ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$)	40 – 46
3.	Asam Stearat ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$)	2,0 – 4,7
4.	Asam Oleat ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$) (<i>cis</i>)	38 – 46
5.	Asam Linoleat ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$) (<i>cis, cis</i>)	7 – 11
Sumber : (Hart et al, 2003), (Suhardiman dan Afantri, 2004), dan (Andi, 2005)		

3.2.2 Minyak goreng

Minyak goreng didefinisikan sebagai minyak yang diperoleh dengan cara pemurnian minyak nabati dan dipergunakan sebagai bahan pangan. Selain berfungsi sebagai media pengembang dan penghantar panas, minyak goreng juga berfungsi sebagai pemberi cita rasa gurih pada bahan pangan hasil gorengan serta sebagai pelarut berbagai zat gizi dan juga sumber beberapa lemak esensial.

Mutu minyak sangat dipengaruhi oleh komponen asam lemaknya, karena asam lemak tersebut akan mempengaruhi sifat fisik, kimia dan stabilitas minyak selama proses penggorengan (Suhardiman dan Afantri, 2004).

Warna merupakan salah satu faktor yang juga menentukan kualitas minyak. Warna coklat yang terdapat pada minyak sawit umumnya karena adanya kandungan protein dan karbohidrat yang terlarut dalam minyak, warna ini bukan disebabkan oleh zat warna alamiah, tetapi lebih dominan karena adanya reaksi dari senyawa karbonil (yang berasal dari pemecahan peroksida) dengan asam amino dari protein yang terjadi pada suhu tinggi.

Ada beberapa penjelasan yang terkait dengan minyak goreng, diantaranya :

1. Perubahan sifat fisik dan kimia minyak goreng akibat pemanasan.

Selama proses pemanasan minyak goreng terjadi reaksi secara bertahap. Reaksi ini diawali dengan terjadinya reaksi pembentukan warna, kemudian diikuti dengan oksidasi polimerisasi, dan akhirnya terjadi hidrolisis. Tingkat kerusakan minyak tergantung pada suhu dan waktu pemanasan, keberadaan zat-zat pengoksidasi dan komposisi dari asam lemak pada minyak tersebut (Suhardiman dan Afantri, 2004).

Perubahan sifat fisik minyak selama pemanasan diantaranya adalah timbul warna kehitaman pada minyak akibat terbentuknya polimer dan degradasi kandungan pigmen dalam minyak. Warna minyak yang kecoklatan disebabkan karena terjadinya oksidasi *tokoferol* dan *chroman quinon* (Suhardiman dan Afantri, 2004).

Hasil dari proses penggorengan dengan temperatur tinggi, minyak jelantah mengalami perubahan warna. Perubahan warna ini dikarenakan oleh oksidasi minyak (Saefudin, 2005).

Perubahan sifat kimia minyak yang terjadi selama proses penggorengan meliputi kenaikan kadar asam lemak jenuh dan bilangan peroksidanya, serta penurunan bilangan Iodnya (Suhardiman dan Afantri, 2004).

Penelitian yang dilakukan di *University of Guelph*, membuktikan bahwa kandungan asam lemak bebas merupakan bagian terbesar dari hasil dekomposisi minyak goreng. Nielsen menyatakan bahwa hubungan antara kandungan asam lemak bebas dan kerusakan komponen minyak disebabkan oleh derajat oksidasi

sekunder pada rantai pendek asam lemak. Hasil oksidasi sekundernya berupa alkohol, karbonil dan asam (Saefudin, 2005).

2. Mutu minyak goreng.

Mutu atau kualitas minyak goreng dapat ditentukan dari sifat fisik dan kimiawinya yang disebut sebagai "sifat penentu mutu". Parameter utama penentu mutu yang lazim digunakan untuk menentukan mutu atau kualitas suatu jenis minyak goreng adalah kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida (Suhardiman dan Afantri, 2004). Sedangkan dalam Standar Nasional Indonesia : SNI 01 – 2902, Tahun 1992, standar mutu minyak goreng dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 3.3 Standar Mutu Minyak Goreng Menurut SNI 01 – 2902, Tahun 1992

No.	Kriteria Uji	Persyaratan
1.	Keadaan :	
	- Bau	Normal
	- Rasa	Normal
2.	Air dalam % (b/b)	Maksimal 0,3
3.	Asam Lemak Bebas dalam % (b/b)	Maksimal 0,3
4.	Minyak Pelikan	Tidak Nyata
5.	Cemaran :	
	- Besi (Fe) dalam (mg/Kg)	Maksimal 1,5
	- Timbal (Pb) dalam (mg/Kg)	Maksimal 0,1
	- Tembaga (Cu) dalam (mg/Kg)	Maksimal 0,1
	- Seng (Zn) dalam (mg/Kg)	Maksimal 40
	- Raksa (Hg) dalam (mg/Kg)	Maksimal 0,05
	- Timah (Sn) dalam (mg/Kg)	Maksimal 40
6.	Arsen (As) dalam (mg/Kg)	Maksimal 0,1
Sumber : (Suhardiman dan Afantri, 2004)		

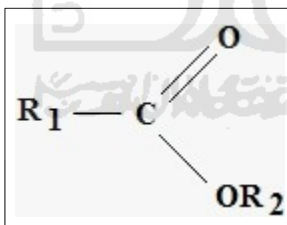
3. Penurunan gizi pada minyak goreng bekas.

Ada beberapa vitamin yang terkandung dalam minyak goreng antara lain vitamin A, B, D, E, dan K. Vitamin-vitamin tersebut dapat rusak akibat adanya proses pemanasan maupun oksidasi. Vitamin yang penting dalam proses pertumbuhan dan reproduksi akan rusak pada minyak yang sudah tengik (Suhardiman dan Afantri, 2004).

3.3 Ester

Ester adalah senyawa-senyawa hasil reaksi antara asam karboksilat dengan alkohol. Sejak lama ester telah dikenal sebagai bahan pemberi aroma dan rasa serta sebagai parfum. Penggunaan yang luas adalah sebagai pelarut dan pembuat plastik, selain itu juga sebagai bahan pembuat kosmetik, obat-obatan dan surfaktant (Suhardiman dan Afantri, 2004).

Rumus umumnya :



Gambar 3.1 Rumus Umum Struktur Molekul Kimia Senyawa Ester

Dengan R1 dan R2 merupakan gugus alkil (Mulyono, 2001).

3.3.1 Esterifikasi

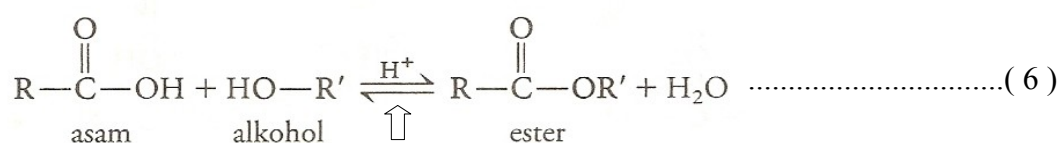
Esterifikasi adalah sebutan umum yang diberikan untuk suatu jenis reaksi kimia pembentukan senyawa organik dari reaksi pencampuran dua jenis senyawa (yaitu alkohol dan asam organik) menjadi esternya, yang umumnya digunakan

sebagai agen pemberi aroma dan cita rasa. Esterifikasi bersifat reversible, dan umumnya juga melibatkan reaksi hidrolisis (reaksi penyabunan/saponifikasi) dan penambahan sejenis katalis (<http://en.wikipedia.org/wiki/Esterification> dan Mulyono, 2001).

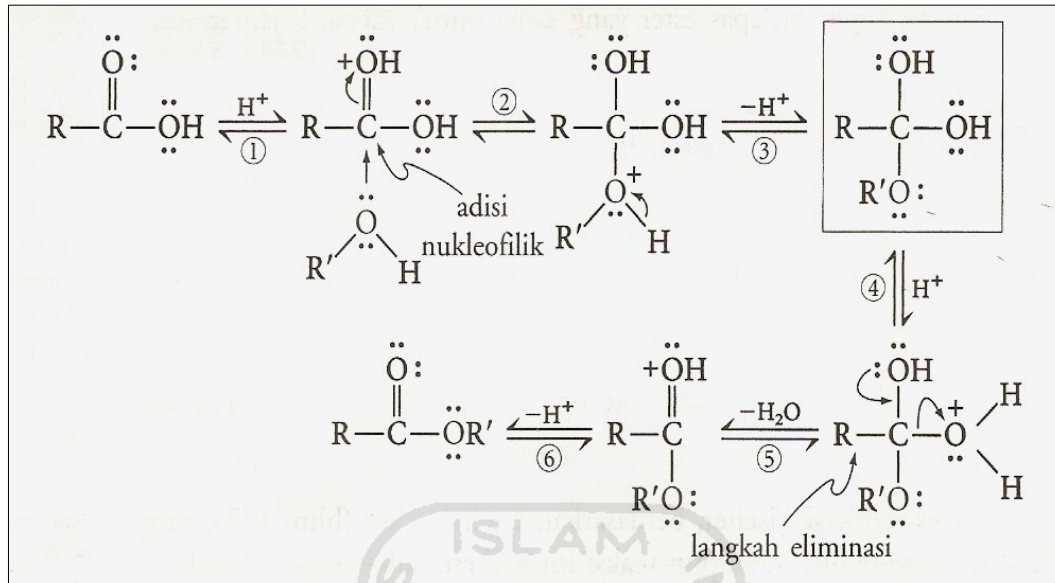
Reaksi esterifikasi minyak yang mengandung asam lemak bebas tinggi menggunakan katalis asam kuat seperti asam sulfat. Reaksi ini tidak menghasilkan sabun karena tidak melibatkan logam alkali. Laju reaksi esterifikasi asam lemak bebas menjadi alkil ester relatif cepat dan reaksi berjalan sempurna dalam waktu satu jam pada 60°C. Namun, reaksi transesterifikasi trigliserida berjalan sangat lambat, menghabiskan beberapa hari untuk sempurnanya reaksi. Pemanasan sampai 130°C dapat mempercepat reaksi dengan waktu reaksi 30 – 45 menit. Permasalahan yang ditimbulkan dengan penggunaan katalis asam adalah terbentuknya air di dalam campuran dan pada akhirnya menyebabkan terhentinya reaksi sebelum reaksi berakhir sempurna (Saefudin, 2005).

Suatu metil ester merupakan senyawa alkil ester yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Metil ester memiliki sifat fisik dan kimia yang hampir sama dengan minyak diesel yang dihasilkan dari minyak bumi. Suatu metil ester dapat dibentuk dengan reaksi langsung antara suatu asam karboksilat dan suatu alkohol, yaitu reaksi yang disebut esterifikasi. Esterifikasi berkataliskan asam dan merupakan reaksi yang reversible (Suhardiman dan Afantri, 2004).

Reaksi esterifikasi (Hart et al, 2003) :

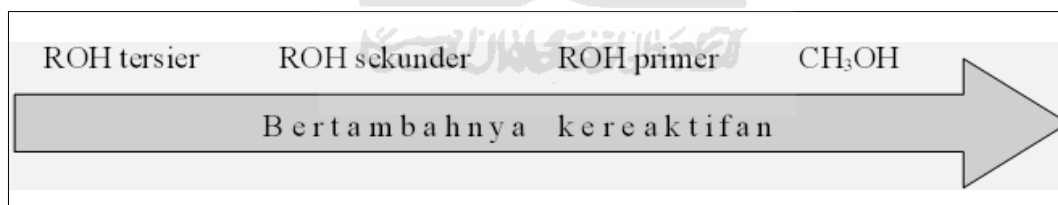


Mekanisme reaksi esterifikasi (Hart et al, 2003) :



Gambar 3.2 Mekanisme Reaksi Esterifikasi

Kereaktifan alkohol terhadap esterifikasi (Suhardiman dan Afantri, 2004) dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 3.3 Skema Kereaktifan Beberapa Senyawa Alkohol

Reaksi yang terjadi selama proses esterifikasi berjalan sangat lambat dan merupakan reaksi bolak-balik. Bila alkohol dan asam organik direaksikan pada keadaan tertentu dan tidak ada salah satu hasil yang diambil, maka zat hasil akan terhidrolisa dan akan dicapai suatu kesetimbangan (Suhardiman dan Afantri, 2004).

Hal-hal yang mempengaruhi reaksi esterifikasi sebagaimana yang disampaikan Suhardiman dan Afantri dalam penelitiannya adalah sebagai berikut :

1. Suhu.

Pengaruh suhu terhadap nilai konstanta kecepatan reaksi adalah dengan persamaan Arrhenius. Bila suhu semakin tinggi maka kecepatan reaksi akan semakin besar.

$$K = A e^{-E/RT} \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan : A : faktor tumbukan E : energi aktivasi

R : tetapan gas ideal T : suhu absolut

2. Katalisator.

Pemakaian katalis pada reaksi esterifikasi yaitu untuk menurunkan energi aktivasi sehingga reaksi berjalan dengan mudah bila tenaga aktivasi kecil maka harga konstanta kecepatan reaksi bertambah besar.

3. Perbandingan zat pereaksi.

Semakin besar perbandingan zat pereaksi maka kecepatan reaksi semakin besar, karena penambahan pereaksi secara berlebihan (excess) akan memperbesar tumbukan antara molekul-molekul zat yang bereaksi.

4. Pengadukan.

Proses reaksi kimia dipengaruhi oleh besarnya tumbukan antar molekul yang larut dalam reaksi dengan memperbesar kecepatan pengadukan. Sehingga tumbukan antar molekul zat pereaksi akan semakin besar.

5. Pemisahan hasil reaksi.

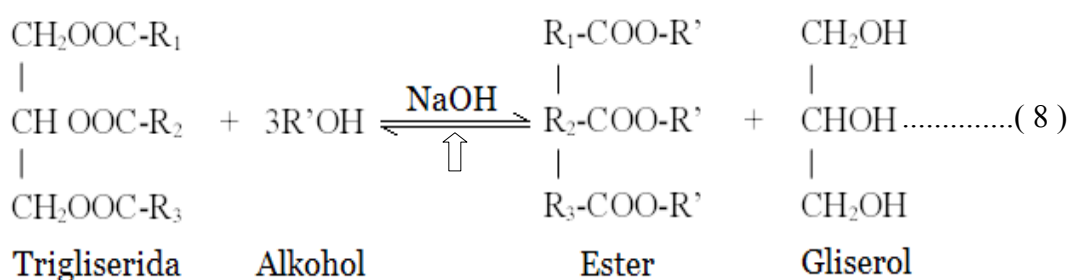
Pemisahan hasil reaksi mempengaruhi kualitas hasil reaksi. Agar hasil yang

diperoleh cukup banyak, maka salah satu hasil yang terbentuk harus dihilangkan dari sistem. Usaha untuk mengurangi adanya kandungan air dalam hasil dapat dilakukan dengan melakukan penggelembungan udara/gas inert. Hal ini dapat dipercepat bila reaksi dijalankan pada tekanan rendah.

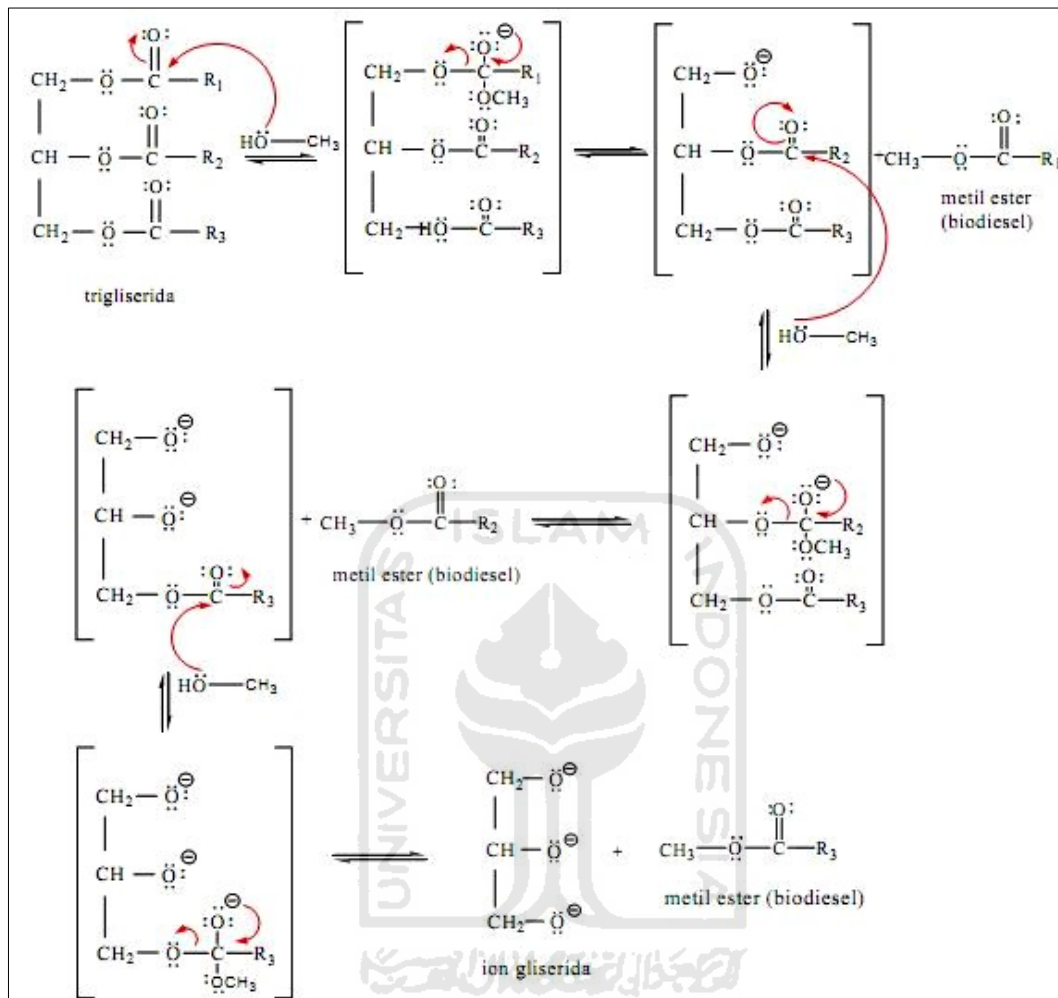
3.3.2 Transesterifikasi

Transesterifikasi merupakan metode yang lazim digunakan untuk mengubah trigliserida menjadi biodiesel. Dalam reaksi ini trigliserida bereaksi dengan alkohol rantai pendek yang dikatalisis oleh katalis untuk menghasilkan biodiesel (alkil ester) dan gliserol. Reaksi transesterifikasi dapat dikatalisis oleh katalis asam maupun basa, tetapi katalis basa lebih baik karena laju reaksi lebih cepat dari pada dengan katalis asam. Agar reaksi transesterifikasi terkatalisis basa berhasil, kandungan asam lemak bebas harus lebih kecil dari 0,5 % dan alkohol rantai pendek harus murni. Asam lemak bebas merupakan asam karboksilat yang belum teresterifikasi. Jika asam lemak bebas dalam minyak berlebih, katalis basa alkali ditambahkan lebih banyak untuk mengimbangi kenaikan keasaman, tetapi cara ini juga mengakibatkan pembentukan sabun yang menyebabkan viskositas meningkat atau pembentukan gel yang mengganggu pemisahan alkil ester dan gliserol (Saefudin, 2005).

Reaksi transesterifikasi :



Mekanisme reaksi transesterifikasi (Tahir dkk, 2008):



Gambar 3.4 Mekanisme Reaksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi trigliserida dalam minyak jelantah dilakukan dengan rasio mol minyak terhadap metanol 1:6. secara keseluruhan reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis karena pada awal refluks saat minyak pada temperature 70°C ditambahkan dengan NaOH dalam metanol secara mendadak terjadi penurunan suhu. Kemudian, suhu dinaikkan kembali hingga tercapai kondisi temperatur konstan 70°C selama 2 jam (Wijaya dkk, 2006).

Reaksi esterifikasi dengan katalis asam (pada perlakuan awal) yang kemudian dilanjutkan dengan reaksi transesterifikasi ternyata masih menyisakan masalah serius dengan dihasilkannya molekul-molekul air.

Molekul air yang terdapat dalam sistem reaksi transesterifikasi akan dapat menyebabkan pengurangan jumlah ester yang dihasilkan, karena dengan adanya basa NaOH atau KOH dapat menyebabkan reaksi saponifikasi yang menghasilkan gliserol dan sabun natrium. Selain itu molekul air dapat menyebabkan ion hidroksida dari reaksi antara molekul air (H_2O) dengan ion metanoat ($^-OCH_3$). Ion hidroksida menyebabkan reaksi hidrolisis trigleserida maupun ester hasil reaksi transesterifikasi. Air dalam sistem transesterifikasi dapat terkandung dalam minyak maupun metanol yang digunakan. Ion hidroksida bereaksi dengan trigleserida menghasilkan ion karboksilat dan gliserol. Ester bereaksi dengan ion hidroksida menghasilkan ion karboksilat dan metanol. Jadi terdapatnya ion hidroksida juga dapat menurunkan konversi ester dari minyak jelantah (Wijaya dkk, 2006).

3.4 Katalis

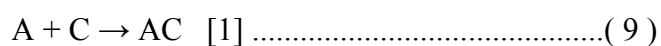
Katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri. Suatu katalis berperan dalam reaksi tapi bukan sebagai pereaksi ataupun produk.

Katalis memungkinkan reaksi berlangsung lebih cepat atau memungkinkan reaksi pada suhu lebih rendah akibat perubahan yang dipicunya terhadap pereaksi. Katalis menyediakan suatu jalur pilihan dengan energi aktivasi yang lebih rendah.

Katalis mengurangi energi yang dibutuhkan untuk berlangsungnya reaksi (<http://id.wikipedia.org/wiki/Katalis>).

Katalis dapat dibedakan ke dalam dua golongan utama: katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis heterogen adalah katalis yang ada dalam fase berbeda dengan pereaksi dalam reaksi yang dikatalisinya, sedangkan katalis homogen berada dalam fase yang sama. Satu contoh sederhana untuk katalisis heterogen yaitu bahwa katalis menyediakan suatu permukaan di mana pereaksi-pereaksi (atau substrat) untuk sementara terjerap. Ikatan dalam substrat-substrat menjadi lemah sedemikian sehingga memadai terbentuknya produk baru. Ikatan antara produk dan katalis lebih lemah, sehingga akhirnya terlepas (<http://id.wikipedia.org/wiki/Katalis>).

Katalis homogen umumnya bereaksi dengan satu atau lebih pereaksi untuk membentuk suatu perantara kimia yang selanjutnya bereaksi membentuk produk akhir reaksi, dalam suatu proses yang memulihkan katalisnya. Berikut ini merupakan skema umum reaksi katalitik, di mana C melambangkan katalisnya:



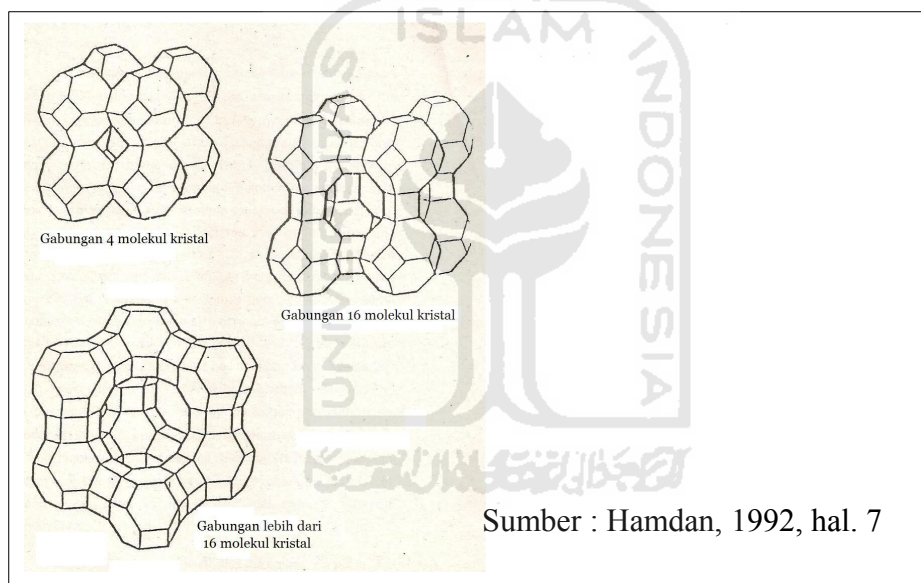
Meskipun katalis (C) termakan oleh reaksi 1, namun selanjutnya dihasilkan kembali oleh reaksi 2, sehingga untuk reaksi keseluruhannya menjadi :



katalis tidak termakan atau pun tercipta. Enzim adalah biokatalis. Penggunaan istilah "katalis" dalam konteks bahasa yang lebih luas bisa dianalogikan dengan konteks ini (<http://id.wikipedia.org/wiki/Katalis>).

Beberapa katalis ternama yang pernah dikembangkan di antaranya katalis Ziegler-Natta yang digunakan untuk produksi masal polietilen dan polipropilen. Reaksi katalitik yang paling dikenal ialah proses Haber untuk sintesis amoniak, yang menggunakan besi biasa sebagai katalis. Konverter katalitik--yang dapat menghancurkan produk samping knalpot yang paling bandel--dibuat dari platina dan rodium (<http://id.wikipedia.org/wiki/Katalis>).

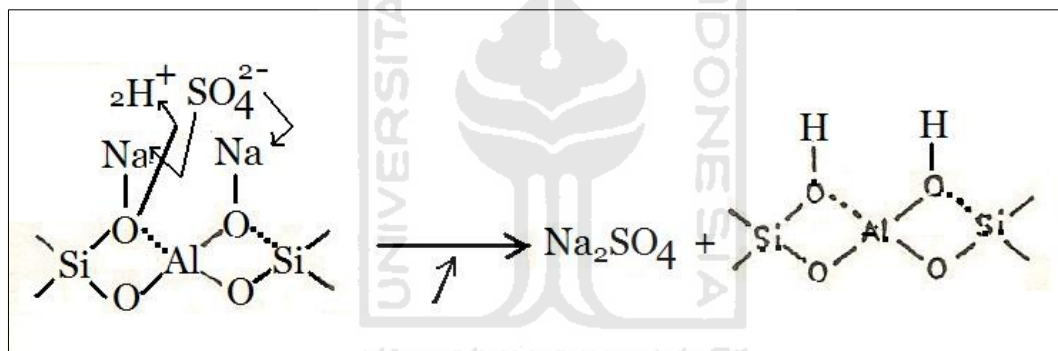
3.4.1 Zeolit dan H-zeolit



Gambar 3.5 Beberapa Contoh Struktur Kisi-kisi Zeolit

Zeolit alam merupakan senyawa alumino silikat terhidrasi, dengan unsur utama yang terdiri dari kation alkali dan alkali tanah. Senyawa ini berstruktur tiga dimensi dan mempunyai pori yang dapat diisi oleh molekul air. Mineral zeolit yang paling umum dijumpai adalah klinoptirotit, yang mempunyai rumus kimia $(\text{Na}_3\text{K}_3)(\text{Al}_6\text{Si}_{130}\text{O}_{72}) \cdot 24\text{H}_2\text{O}$. Ion Na^+ dan K^+ merupakan kation yang dapat dipertukarkan, sedangkan atom Al dan Si merupakan struktur kation dan oksigen

yang akan membentuk struktur tetrahedron pada zeolit. Molekul-molekul air yang terdapat dalam zeolit merupakan molekul yang mudah lepas. Zeolit alam terbentuk dari reaksi antara batuan tufa asam berbutir halus dan bersifat riolitik dengan air pori atau air meteorik. Penggunaan zeolit adalah untuk bahan baku water treatment, pembersih limbah cair dan rumah tangga, untuk industri pertanian, peternakan, perikanan, industri kosmetik, industri farmasi, dan lain-lain. Zeolit terdapat di beberapa daerah di Indonesia yang diperkirakan mempunyai cadangan zeolit sangat besar dan berpotensi untuk dikembangkan, yaitu Jawa Barat dan Lampung (<http://www.tekmira.esdm.go.id-data-ulasan.asp>).



Gambar 3.6 Mekanisme Pembentukan H-zeolit

Zeolit adalah senyawa zat kimia alumino-silikat berhidrat dengan kation natrium, kalium dan barium. Zeolit mempunyai beberapa sifat antara lain : mudah melepas air akibat pemanasan, tetapi juga mudah mengikat kembali molekul air dalam udara lembab. Oleh sebab sifatnya tersebut maka zeolit banyak digunakan sebagai bahan pengering. Disamping itu zeolit juga mudah melepas kation dan diganti dengan kation lainnya, misal zeolit melepas natrium dan digantikan dengan mengikat kalsium atau magnesium. Sifat ini pula menyebabkan zeolit

dimanfaatkan untuk melunakkan air. Zeolit dengan ukuran rongga tertentu digunakan pula sebagai katalis untuk mengubah alkohol menjadi hidrokarbon sehingga alkohol dapat digunakan sebagai bensin. Zeolit di alam banyak ditemukan di India, Siprus, Jerman dan Amerika Serikat (<http://id.wikipedia.org/wiki/Zeolit>).

3.4.2 NaOH

Natrium hidroksida (NaOH, dengan T.l.318°C; t.d.139°C; d.2,1), dikenal pula sebagai soda api atau soda kaustik. Merupakan senyawa kimia yang bersifat basa, berupa padatan (kristal) putih, higroskopis, mudah menyerap gas CO₂ kemudian membentuk senyawa Na₂CO₃, dapat membentuk larutan basa kuat (lindinatron), dan sangat korosif terhadap jaringan organik/jaringan makhluk hidup.

Natrium hidroksida telah dikenal luas dan banyak kegunaannya. Natrium hidroksida biasa digunakan dalam industri, contohnya dalam pembuatan kertas, detergen, rayon, biodiesel, dan juga sabun. Selain itu dapat pula digunakan sebagai pembersih minyak dan penghilang noda cat.

3.5 Analisis

3.5.1 Analisis GC-MS

Instrumen analisis GC-MS merupakan gabungan rangkaian dua buah alat, yaitu GC (instrumen kromatografi gas) dan MS (instrumen spektrometer massa). Instrumen kromatografi gas yang digunakan merupakan penerapan dari metode

analisis kromatografi kolom, kolom-kolom yang digunakan pun bervariasi tergantung senyawa yang akan dianalisisnya. Spektrometer massa yang dirangkai pada instrumennya umumnya mampu mendeteksi massa antara m/z 10 sampai m/z 700, dengan sensitifitas berkisar 100 pg (piko gram). m/z berarti “*mass to charge ratio*/massa tiap spektrum”.

“In gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS), the effluent from a gas chromatograph is passed into a mass spectrometer and a mass spectrum is taken every few milliseconds. Thus gas chromatography is used to separate a mixture, and mass spectrometry used to analyze it. GC/MS is very powerful analytical technique.” (Carey, 2000).

Prinsip dasar GC. Fase Bergeraknya adalah gas. Zat terlarut terpisah-pisah sebagai uap. Pemisahan terjadi apabila terjadi partisi sampel antara fase gas bergerak dan fase diam berupa cairan dengan titik didih tinggi yang terikat pada zat padat penunjangnya.

Pada GC, komponen yang akan dipisahkan dibawa oleh gas lembam (pembawa) melalui kolom. Campuran cuplikan akan terbagi-bagi di antara gas pembawa dan pelarut nonadsorpsi (fase diam) yang terdapat pada penyangga padatnya. Pelarut akan menahan komponen secara selektif berdasarkan nilai koefisien distribusinya sehingga terbentuk sejumlah “pita” yang berlainan pada gas pembawa, pita komponen ini kemudian meninggalkan kolom bersama aliran gas pembawa dan dicatat sebagai fungsi waktu oleh alat detektornya.

“Volum pembawa yang diperlukan untuk menggerakkan pita zat terlarut pada keseluruhan panjang suatu kolom adalah volum retensi (V_r), yaitu besaran fundamental yang diukur dalam kromatografi gas untuk suatu kolom tertentu yang dioperasikan pada temperatur (t_c) dan laju aliran gas pembawa (R_c), maka waktu yang diperlukan masing-masing komponen untuk tinggal di dalam kolom dikenal sebagai waktu retensinya (t_r). Jarak pada sumbu waktu, dari titik injeksi sampel sampai puncak suatu komponen yang terelusi dikenal sebagai waktu retensi tanpa koreksi (t_r).” (Sulistiyasmara, 2004).

Hubungan waktu retensi dengan volum retensi adalah :

$$V_r = t_r \cdot R_c \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan : V_r (mL), t_r (menit), R_c (mL/menit).

Pada instrumen GC, detektor pengionan nyalanya mampu mendeteksi hingga satuan bpj (bagian per juta). Sel penghantar kalornya yang paling sederhana dapat mendeteksi sampai 0,01 % bpj (100 bpj).

Detektor penangkap elektron pada instrumen GC mendeteksi hingga 10^{-2} gram (piko gram). Selain itu, cuplikan sampel yang diperlukan untuk analisa lengkapnya cukup beberapa mikro liter saja.

3.5.2 Uji ASTM

Saefudin (2005) dalam laporan penelitiannya mengemukakan bahwa kualitas biodiesel harus dibandingkan dengan spesifikasi standar minyak diesel, seperti spesifikasi ASTM untuk biodiesel. Dalam laporan tersebut dijelaskan pula hal-hal yang terkait dengan parameter yang digunakan untuk menggambarkan kualitas biodiesel, yang meliputi :

1. Viskositas.

Viskositas menyatakan besarnya perlawanan atau hambatan dari suatu bahan bakar minyak untuk mengalir, atau ukuran besarnya tahanan geser dari bahan cair. Viskositas yang tinggi menyebabkan bahan bakar sulit disemprotkan atau dikabutkan. Akibatnya, hasil dari injeksi tidak berwujud kabut yang mudah menguap melainkan tetesan bahan bakar yang sulit terbakar. Kentalnya bahan

bakar juga membebani pompa injeksi dan *nozzle* sehingga menunda waktu penyemprotan. Cara mengukur besarnya viskositas adalah tergantung pada alat viskometer yang digunakan. Dan hasil/besarnya viskositas yang didapat harus dibubuhkan nama viskometer yang digunakan serta temperatur minyak pada saat pengukuran.

Viskositas yang banyak digunakan dalam spesifikasi bahan bakar adalah viskositas kinematik dan viskositas Redwood. Satuan untuk viskositas kinematik adalah centistoke (mm^2/s) sedangkan viskositas Redwood adalah detik (sec). Hubungan antara keduanya adalah sebagai berikut :

$$\text{Viskositas Redwood} = 4,05 \times \text{Viskositas kinematik} \dots\dots\dots(13)$$

Viskositas kinematik minyak diesel berkisar antara 2,0 dan 4,5 mm^2/s (centistoke) pada 40°C, dan biodiesel berkisar antara 1,9 dan 6 mm^2/s pada 40°C.

2. Densitas/kerapatan zat.

Densitas suatu cairan diekspresikan sebagai ukuran *specific gravity*, seperti halnya densitas cairan relatif terhadap air. *Specific gravity* air adalah 1, dan cairan dengan *specific gravity* kurang dari 1 akan mengapung di atas air. Kerapatan spesifik umumnya dinyatakan dengan satuan yang mengacu pada APIG (*American Petroleum Institute Gravity*).

Selama reaksi, minyak jelantah dengan *specific gravity* (0,920 atau lebih tinggi) diubah menjadi *biodiesel* dengan *specific gravity* yang lebih rendah (0,860 sampai 0,900). *Specific gravity* menunjukkan seberapa kelarutan biodiesel dalam minyak diesel. Hal ini sangat penting dalam pencampuran biodiesel dengan minyak diesel.

3. Titik nyala (*flash point*).

Titik nyala menyatakan suhu terendah dari suatu bahan bakar minyak dimana akan timbul penyalaaan api sesaat apabila pada permukaan minyak tersebut didekatkan pada nyala api. Titik nyala tidak langsung berkaitan dengan kinerja mesin, tapi sangat penting dalam hal keamanan dan keselamatan, terutama dalam penanganan serta penyimpanan. Titik nyala yang tinggi akan memudahkan penanganan bahan bakar, karena bahan bakar tidak perlu disimpan pada suhu rendah. Sebaliknya, titik nyala yang terlalu rendah akan membahayakan karena tingginya resiko penyalaaan.

4. Titik tuang (*pour point*).

Titik tuang menunjukkan suhu terendah dimana suatu bahan bakar minyak masih dapat mengalir ataupun dituang karena dipengaruhi gaya gravitasi bilamana bahan bakar tersebut didinginkan pada kondisi tertentu. Titik tuang ini diperlukan sehubungan dengan adanya persyaratan praktis dari prosedur penimbunan dan pemakaian bahan bakar minyak. Hal ini dikarenakan bahan bakar minyak sering sulit untuk dipompa, apabila suhunya telah di bawah titik tuangnya. Titik tuang yang tinggi akan mengakibatkan mesin sulit untuk dinyalakan pada kondisi lingkungan yang bersuhu rendah.

5. Titik asap (*cloud point*).

Titik asap menunjukkan temperatur dimana suatu bahan bakar minyak mulai membentuk gel. Hal ini penting untuk diketahui, karena biodiesel yang mempunyai titik asap rendah mudah membentuk gumpalan gel dan selanjutnya akan dapat menyumbat sistem penyaringan bahan bakar.

6. Nilai kalor (*heating value*).

Nilai kalor akan memudahkan pengukuran/perhitungan jumlah energi panas (kalor) yang dihasilkan oleh sejumlah bahan bakar pada pembakaran mesin dalam rentang waktu tertentu dan seberapa besar efisiensi mesin mengubah energi menjadi kerja. Spesifikasi ASTM untuk nilai kalor biodiesel minimum adalah 17,65 BTU/lb .

3.6 Hipotesis

Asam sulfat (H_2SO_4) merupakan katalis homogen yang lazimnya digunakan dalam reaksi esterifikasi asam lemak bebas minyak goreng bekas (jelantah) dalam produksi biodiesel untuk meningkatkan hasil perolehannya. Asam sulfat (H_2SO_4) adalah katalis yang mempunyai proton (H^+). Dengan sebuah analogi bahwa zeolit teraktifasi asam mengandung proton (H^+) dalam pori-porinya, zeolit teraktifasi asam dapat digunakan sebagai katalis asam menggantikan fungsi asam sulfat. Untuk sementara ini diduga, bahwa dengan penggunaan lebih banyak katalis zeolit teraktifasi asam (5 % H-zeolit) dalam reaksi esterifikasi minyak jelantah akan dapat menghasilkan jauh lebih banyak metil ester (biodiesel) bila dibandingkan hanya sedikit saja penambahan katalis. Benarkah hal itu?! Karena itulah, perlu adanya suatu penelitian sebagai tindak lanjut/upaya pembuktiannya.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Alat yang digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. *Beaker glass* kapasitas 2 L.
2. Gelas ukur (kapasitas 5 mL dan 10 mL).
3. Tutup panci kaca yang cekung.
4. Corong tuang dengan diameter 10 cm.
5. Corong pisah kapasitas 250 mL.
6. Erlenmeyer kapasitas 500 mL + tutup karet.
7. Panci *stainless steel*.
8. Satu set statip penyangga.
9. Satu set ring penyangga.
10. Klem tabung.
11. Sendok makan logam.
12. Sendok plastik.
13. Nampan plastik.
14. Piring porselen.
15. Tissue gulung.
16. Satu set oven listrik (dengan T maksimum 250°C).
17. Satu set timbangan tepung mini.
18. Satu set timbangan digital (Neraca AND HL-400).

19. Satu set alat *hot plate - magnetic stirrer* (RSH-1D) yang dilengkapi dengan termometer digital.
20. *Stirrer*-bar (dengan panjang 2 cm dan 6 cm).
21. Pipet tetes.
22. Cawan porselen 250 cc.
23. Mortal dan lumpang porselen dengan diameter 13 cm.
24. Botol lab merek Duran (kapasitas volum 100 mL dan 1 L).
25. Jirigen kapasitas 500 mL.
26. Botol sampel.
27. Botol bekas air mineral.
28. Saringan minyak.
29. Saringan teh diameter 7 cm.
30. Saringan tepung s/s 16.
31. Kertas saring lebar (pori-pori ukuran standar).
32. Seal ware ukuran 2 L.
33. Kasa sablon (yang biasanya digunakan untuk menyablon kartu nama).
34. Termometer air raksa batangan (skala 0°C - 250°C).
35. Alat pengering berupa *hair dryer*.
36. *Electric oven*.
37. Sendok sungu.
38. Alat pemecah batu (palu dan lempengan baja).
39. Seperangkat instrument untuk analisis kimia yang meliputi seperangkat GC, dan GC-MS serta peralatan uji ASTM untuk analisa biodiesel.

4.2 Bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Zeolit yang dijual komersil (kerikil zeolit).
2. Air bersih.
3. *Aqua destilata* (aquades).
4. H_2SO_4 1 Molar (yang telah distandarisasi di Lab Kimia FMIPA UII).
5. NaOH teknis (Brataco Jogja).
6. Metanol (CH_3OH) teknis (Brataco Jogja).
7. Minyak goreng sawit kemasan botol (minyak goreng Filma) yang masih baru.

4.3 Cara kerja

4.3.1 Preparasi zeolit

Sebanyak 1 Kg zeolit kasar yang telah dipilih kemudian dicuci dengan air bersih lalu dikeringkan dengan bantuan oven selama 1 jam pada temperatur $250^{\circ}C$. Zeolit kasar yang telah kering kemudian ditumbuk dengan menggunakan palu pemecah batu dan alas lebar yang berupa lempengan logam. Kemudian hasil tumbukannya diayak-ayak, yang pertama dengan menggunakan saringan teh dan berikutnya dengan saringan tepung. Selanjutnya hasilnya dicuci dengan cara : tiap-tiap 100 gram zeolit didispersikan ke dalam 2 liter aquades dan diaduk-aduk kemudian didiamkan selama 24 jam, setelah itu disaring dengan menggunakan kertas saring. Selanjutnya endapan dan residu dikeringkan menggunakan oven listrik hingga benar-benar kering pada temperatur sekitar $200^{\circ}C$. Setelah kering,

residu digerus kembali hingga halus dan diayak dengan pengayak tepung. Hasilnya disimpan dalam wadah tertutup rapat dan diberi label nama "**Zeo**".

4.3.2 Preparasi H-zeolit

Sebanyak 65 gram sampel zeolit kemudian dimasukkan dalam 325 mL H₂SO₄ (1 Molar), selanjutnya diaduk dengan pengaduk magnet selama 24 jam. Hasilnya dicuci dengan aquades hangat. Hasilnya kemudian dikeringkan dalam oven pada kisaran temperatur ruang antara 100°C - 120°C, kemudian digerus dan diayak dengan pengayak tepung. Sampel ini kemudian diberi label nama "**H-Zeo**".

4.3.3 Preparasi minyak jelantah

Sebanyak kurang lebih 2 L minyak goreng Filma kemasan yang masih baru dituang ke dalam panci *stainless steel*, kemudian minyak tersebut dirusak dengan cara dipanasi menggunakan oven listrik selama 10 x 1 jam pada kisaran temperatur ruang (di dalam oven) mencapai 200°C. setelah itu dibiarkan dingin pada suhu kamar, kemudian disaring menggunakan saringan minyak dan dituang kembali ke dalam botolnya. Botol ditutup rapat dan disimpan dalam ruang yang terhindar dari cahaya matahari langsung. Sampel ini diberi label nama "**MJS**".

Untuk tahap esterifikasi, kemudian sebanyak satu liter MJS tersebut dipanaskan pada suhu 120°C selama satu jam untuk menguapkan sisa air dan gelembung-gelembung udara dalam minyak jelantah. Setelah dipanaskan, minyak didinginkan hingga mencapai suhu ruang. Kemudian disaring menggunakan

saringan minyak dan dituang ke dalam gelas *beaker* (ukuran 2 L) hingga mencapai takaran 900 gram.

4.3.4 Tahap esterifikasi

Sejumlah 900 gram minyak jelantah telah disiapkan dalam wadah *beaker glass* 2 L. Kemudian minyak diaduk dan dipanaskan pada 500 rpm dan 45°C. Kemudian minyak diesterifikasi asam lemak bebasnya dengan menambahkan campuran metanol dan H-zeolit (H-Zeo) setelah temperaturnya mencapai kisaran 45°C. Perbandingan mol minyak jelantah dan metanol adalah 1:12, dengan asumsi berat molekul minyak jelantah adalah 860. Berat metanol yang digunakan adalah 402,4 gram. Katalis H-zeolit yang digunakan yaitu sebanyak 5 % dari berat total (minyak jelantah + metanol). Atau katalis yang digunakan yaitu sebanyak 3,75 %, atau 2,5 %, atau 1,25 %. Masing-masing katalis tersebut digunakan pada reaksi esterifikasi yang berbeda; dalam wadah dan saat uji coba yang berbeda pula. Setelah semua reaktan masuk kemudian dilakukan pengadukan (pada 600 rpm) dan refluks sederhana pada temperatur 70°C selama 3 jam.

H-zeolit dan sisa metanol kemudian dipisahkan dari minyak hasil esterifikasi dengan metode pengendapan, penuangan, serta penyaringan menggunakan kasa sablon, serta pemisahan dengan bantuan corong pisah. Kemungkinan adanya sedikit air dan sisa metanol serta gelembung udara yang tertinggal pada minyak hasil esterifikasi diantisipasi dengan melakukan pengadukan minyak dengan kecepatan 1000 rpm, disesuaikan dengan kemampuan *hot plate – magnetic stirrer* yang digunakan, dan dilakukan lebih dari 1 jam.

4.3.5 Tahap transesterifikasi

Sejumlah 800 gram minyak hasil esterifikasi telah disiapkan dalam wadah *beaker glass* 2 L. Kemudian minyak diaduk dan dipanaskan pada 500 rpm dan 45°C. Kemudian minyak ditransesterifikasi dengan menambahkan campuran metanol dan NaOH setelah temperaturnya mencapai 45°C. Perbandingan mol minyak jelantah dan metanol adalah 1 : 6, dengan asumsi berat molekul minyak jelantah adalah 860. Berat metanol yang digunakan adalah 178,8 gram. Katalis NaOH yang digunakan yaitu sebanyak 1 % dari berat total reaktan (minyak + metanol). Setelah semua reaktan masuk kemudian dilakukan pengadukan (pada 600 rpm) dan refluks sederhana pada temperatur 70°C selama 2 jam.

Campuran hasil reaksi didinginkan dan diendapkan hingga terbentuk tiga lapisan, yaitu berturut turut dari atas ke bawah adalah metil ester (biodiesel), gliserol dan sabun, maka barulah kemudian dilakukan pemisahan. Padatan sabun dan gliserol yang berbentuk gel dipisahkan dengan kain kasa, kemudian metil ester dievaporasi (dengan melakukan pengadukan dengan kecepatan 1000 rpm selama beberapa menit, tujuannya untuk menghilangkan sisa air dan metanol serta gelembung-gelembung udara yang masih bercampur). Kemudian minyak disaring menggunakan kasa sablon/kain yang berpori-pori kecil lalu disimpan dalam wadah/botol kaca yang ditutup rapat.

4.3.6 Analisis sampel biodiesel

4.3.6.1 Interpretasi data GC dan GC-MS

Interpretasi data hasil analisis GC terhadap sampel biodiesel yang dihasilkan kemudian dibandingkan antara satu dengan lainnya (sampel 1 (biodiesel yang dibuat dg penambahan katalis H-Zeo 5 % dan NaOH 1 %); sampel 2 (biodiesel yang dibuat dengan penambahan katalis H-Zeo 3,75 % dan NaOH 1 %); sampel 3 (biodiesel yang dibuat dengan penambahan katalis H-Zeo 2,5 % dan NaOH 1 %); dan sampel 4 (biodiesel yang dibuat dengan penambahan katalis H-Zeo 1,25 % dan NaOH 1 %)). Hasilnya kemudian dibahas dan disimpulkan berdasarkan data-data tersebut. Sedangkan hasil analisis GC-MS-nya digunakan sebagai penguat data-data analisis GC, dimana biodiesel yang dihasilkan tersebut akan dapat dipastikan benar-benar mengandung sejumlah besar senyawa metil ester, hal ini nantinya dapat diamati dari senyawa-senyawa yang tercantum dalam daftar SI (*Similarity Index / Indeks Kesamaan/Kemiripan*) pada daftar *print out library*-nya.

4.3.6.2 Interpretasi data ASTM

Interpretasi data hasil uji ASTM terhadap sampel biodiesel yang dihasilkan tersebut selanjutnya dilakukan sebagai tindak lanjut analisisnya, caranya yaitu dengan membandingkan hasil uji ASTM minyak (biodiesel)-nya dengan standar mutu biodiesel yang sudah dibakukan dalam SNI-04-7182-2006.

Ada beberapa uji ASTM yang dilakukan, diantaranya : *specific gravity*, *density*, *flash point*, *viscosity kinematic*, *pour point*, *water content*, dan *gross heating value*.

BAB V

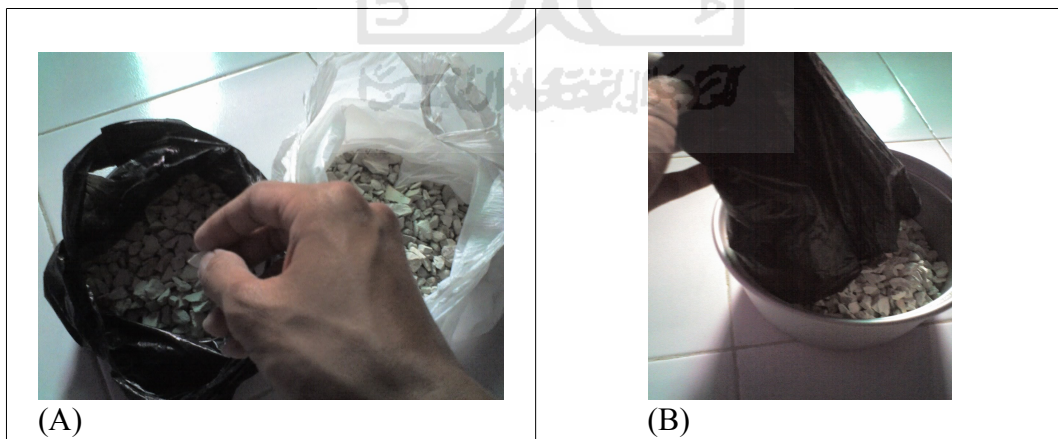
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini memberikan informasi mengenai proses dan hasil uji coba sederhana dari pemanfaatan minyak sawit serta batuan zeolit sebagai bahan baku pembuatan biodiesel melalui dua tahap reaksi kimiawi yang berkelanjutan yaitu esterifikasi – transesterifikasi.

5.1 Preparasi H-Zeolit

5.1.1 Proses pembuatan sampel zeolit

Zeolit yang diperoleh secara komersial dipreparasi terlebih dahulu. Tahapan preparasi meliputi pemilihan zeolit, pencucian zeolit, pengeringan zeolit, dan penumbukan hingga terbentuk tepung zeolit yang siap diproses lebih lanjut.



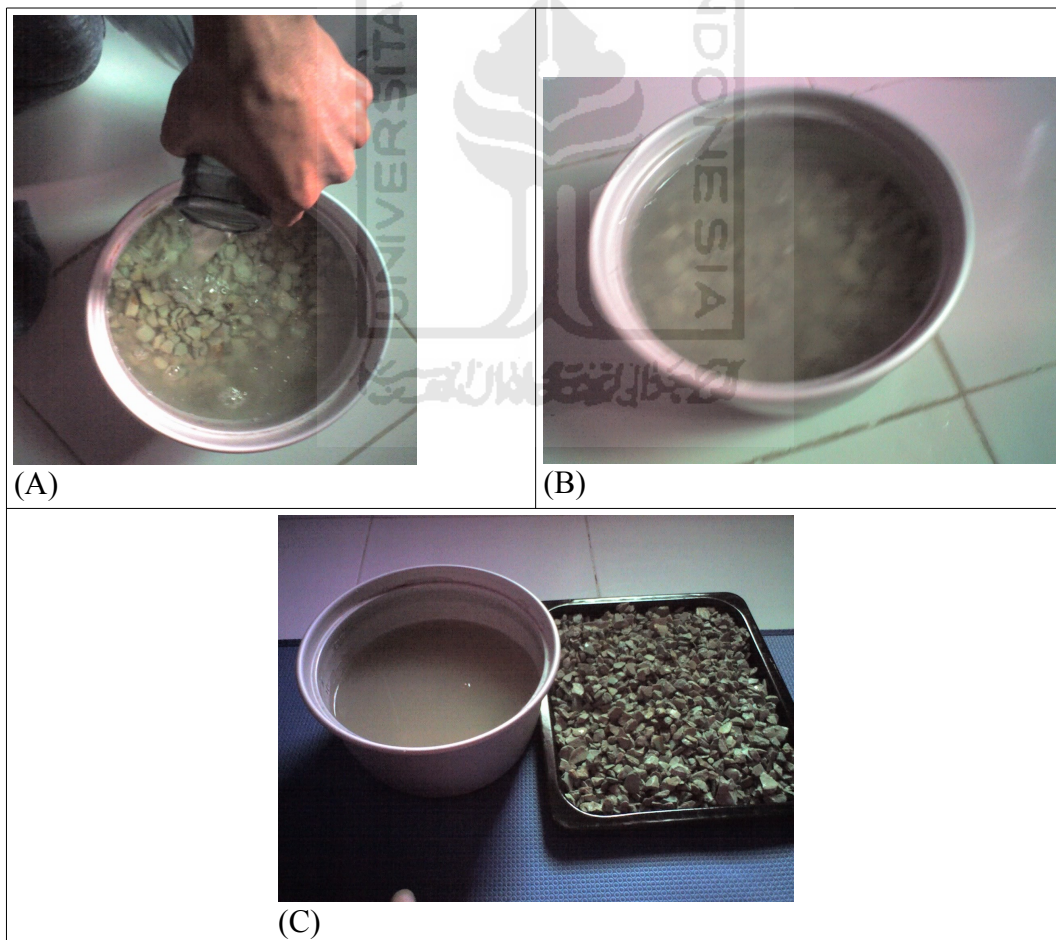
Gambar 5.1 Proses Pemilihan Zeolit

(A) Saat zeolit diseleksi (B) Zeolit yang telah dipilih dituang ke dalam baskom

Zeolit yang dipilih dalam penelitian ini yaitu zeolit yang bersih dan bebas dari pengotor yang umumnya tampak secara fisik, misalnya lumut, jamur, lumpur,

dan lain sebagainya, tujuannya agar zeolit yang dipergunakan nantinya lebih terjaga kadar/kemurniannya, serta memudahkan dalam tahapan/proses pengolahan dan pemisahan berikutnya.

Zeolit dicuci dengan air, tujuannya agar pengotor selain zeolit seperti tanah, pasir, lumut, jamur yang tersisa, dan lain sebagainya dapat dibersihkan. Hal ini bertujuan untuk memudahkan dalam tahap preparasi selanjutnya. Sebelum proses pencucian, zeolit direndam dan diaduk-aduk rata terlebih dahulu agar lebih banyak pengotor yang terlepas. Lamanya waktu perendaman adalah minimal 24 jam.



Gambar 5.2 Proses Pencucian, Perendaman, dan Persiapan Pengeringan Zeolit
(A) Zeolit dicuci (B) Zeolit direndam (C) Zeolit yang telah ditiriskan

Zeolit yang telah dicuci dan direndam semalaman selanjutnya ditiriskan, baru kemudian dikeringkan menggunakan oven listrik pada temperatur sekitar 250°C. Pada loyang pengeringannya, zeolit yang telah dicuci tersebut ditata secara meluas dan diusahakan jangan terlalu tinggi tumpang tindihnya, hal ini dimaksudkan agar zeolit dapat lebih cepat kering dan mendapatkan panas yang lebih merata.

Setelah proses pengeringan dengan oven, maka zeolit dibiarkan dingin secara alami di dalam oven, baru kemudian ditumbuk/digerus hingga menjadi serbuk (halus). Zeolit dibiarkan diruang terbuka hingga seminggu, dengan syarat zeolit harus terhindar dari debu/partikel lain (dengan cara ditutup kain/kertas) agar zeolit yang telah dicuci bersih tersebut tidak terkontaminasi kembali. Maka zeolit tersebut akan lembab secara alami dan menjadi lebih lunak bilamana ditumbuk. Serbuk zeolit kemudian diayak menggunakan saringan tepung (ukuran s/s 16), tujuannya agar terpilih ukuran zeolit yang lebih kecil dan seragam.

Tepung (bubuk) zeolit yang telah diperoleh kemudian dipreparasi kembali hingga menjadi H-zeolit yang siap pakai. Tahapan preparasinya meliputi pencucian zeolit, pengeringan zeolit, penggerusan dan pengayakan zeolit, aktivasi zeolit (pertukaran ion positif), pengeringan H-zeolit, penggerusan dan pengayakan hingga terbentuk bubuk H-zeolit yang siap digunakan sebagai katalis.

Sebanyak 100 gram tepung zeolit hasil ayakan tersebut dimasukkan dalam *beaker glass* (kapasitas 2 L), kemudian ditambahkan 2 L aquadest, lalu diaduk dengan pengaduk magnet pada 100-500 rpm selama 6 jam. Hasilnya diendapkan, kemudian disaring kembali menggunakan kertas saring. Selanjutnya, residu zeolit

tersebut dikeringkan dalam oven pada temperatur 250°C selama 120 menit, kemudian digerus dan diayak dengan saringan tepung ukuran s/s 16. Sampel ini kemudian diberi sebutan "**Zeo**" (sampel zeolit yang belum teraktivasi asam).

5.1.2 Aktivasi sampel zeolit menjadi sampel H-zeolit

Sebanyak 100 gram bubuk zeolit disiapkan dalam *beaker glass* (vol. 2 L), kemudian ditambahkan 500 mL H₂SO₄ 1 M ke dalamnya, lalu campuran tersebut diaduk-aduk menggunakan pengaduk magnet pada 100 – 200 rpm selama 6 jam. Selanjutnya campuran tersebut diendapkan, kemudian disaring kembali menggunakan kertas saring, endapan dan residunya dikumpulkan dalam cawan porselen, barulah kemudian hasilnya dioven pada temperatur 250°C hingga benar-benar kering. Kemudian zeolit tersebut didinginkan, dan digerus serta diayak kembali menggunakan ayakan tepung (s/s 16). Sampel ini kemudian diberi sebutan "**H-Zeo**" (sampel zeolit teraktivasi asam).

5.2 Preparasi minyak jelantah sawit

Minyak jelantah yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak jelantah yang diperoleh dari hasil pemanasan minyak goreng sawit kemasan botol (Filma) yang masih baru, yang kemudian minyak tersebut sengaja dirusak dengan pemanasan pada temperatur 200°C selama 10 x 1 jam. Sengaja digunakan minyak goreng kemasan baru dengan maksud tidak lain adalah untuk standarisasi perlakuan terhadap sampel dan untuk menjaga kualitas serta kontrol produk minyak jelantah sawit yang dihasilkannya.

Ringkasan proses preparasi minyak jelantah sawit pada penelitian ini adalah sebagai berikut : Sebanyak 2 L minyak goreng Filma kemasan botol disiapkan dalam wadah *stainless steel* (panci logam anti karat dan tahan panas). Kemudian minyak tersebut dioven menggunakan oven listrik pada $T = 200^{\circ}\text{C}$ selama 10 x 1 jam. Tujuannya yaitu merusak minyak dengan pemanasan (minyak akan mengalami perubahan warna serta aroma). Setelah pemanasan, minyak didinginkan pada suhu ruang, kemudian disaring menggunakan saringan minyak bilamana telah benar-benar dingin, kemudian disimpan kembali dalam kemasan botolnya, dan diberi sebutan "MJS" (minyak jelantah sawit).

5.3 Esterifikasi

Tahapan/proses esterifikasi dalam penelitian ini dilakukan sebelum proses transesterifikasi. Tujuannya yaitu mengkonfersi asam lemak bebas MJS.

Pada tahapan esterifikasi inilah dilakukan sejumlah variasi katalis H-zeolit yang digunakan. Ada 4 sampel katalis, yaitu :

1. H-zeolit 1,25 % = ***a*** gram.
2. H-zeolit 2,5 % = ***b*** gram.
3. H-zeolit 3,75 % = ***c*** gram.
4. H-zeolit 5 % = ***d*** gram.

Hasil nilai **gr-% katalis** tersebut (***a*** ; ***b*** ; ***c*** ; ***d***) diperoleh dari perkalian antara **%_H-zeolit** dengan total penjumlahan antara **gr_MJS** dan **gr_metanol**. Dimana, hasil nilai **gr_metanol**-nya sendiri diperoleh dari perkalian antara $12 \times (\text{gr_MJS} / \text{BM_MJS})$ dengan berat molekul metanol (**BM_metanol**). Diasumsikan

BM_MJS adalah 860. Angka 12 diperoleh dari nilai perbandingan mol MJS dengan mol metanol yang direkasikan saat proses esterifikasi. Jadi, apabila dituliskan secara matematis akan diperoleh rumusan sebagai berikut :

$$\mathbf{mol_MJS : mol_metanol = 1 : 12 ; \text{ pada reaksi esterifikasi(14)}$$

$$\mathbf{BM_MJS = 860(15)}$$

$$\mathbf{BM_metanol = 32,04(16)}$$

$$\mathbf{gr_metanol^{est} = 12 \times (gr_MJS / BM_MJS) \times (BM_metanol)(17)}$$

$$\mathbf{a = 1,25 \% \times (gr_MJS + gr_metanol)(18)}$$

$$\mathbf{b = 2,5 \% \times (gr_MJS + gr_metanol)(19)}$$

$$\mathbf{c = 3,75 \% \times (gr_MJS + gr_metanol)(20)}$$

$$\mathbf{d = 5 \% \times (gr_MJS + gr_metanol)(21)}$$

Pada tahap esterifikasi ini, digunakan perbandingan mol sebesar **1 : 12** untuk **mol_MJS : mol_metanol**. Angka perbandingan ini diperoleh berdasarkan catatan/referensi dari hasil penelitian sebelumnya.

Setelah dikalkulasi akan diperoleh data-data sebagai berikut :

Tabel 5.1 Tabel Bahan Reaksi Esterifikasi

No. Sampel	MJS (gr)	Metanol (gr)	H-zeolit (% ; gr)
1	900	402,7	1,25 ; 16,28375
2	900	402,7	2,5 ; 32,5675
3	900	402,7	3,75 ; 48,85125
4	900	402,7	5 ; 65,135

Ringkasan proses esterifikasi pada penelitian ini adalah sebagai berikut :
Sampel MJS diaduk pada 500 rpm dan dipanaskan pada temperatur (T) 45°C

selama 10 menit (tujuannya : homogenasi dan sterilisasi dari gelembung gas). Setelah mencapai 45°C kemudian metanol dan H-zeolit ditambahkan ke dalam adukan minyak. Kecepatan putaran dan temperatur ditingkatkan secara bertahap menjadi 600 rpm dan 70°C. Setelah temperatur mencapai 70°C, campuran “direfluks sederhana” selama 3 jam. Campuran didinginkan dan dibiarkan membentuk endapan. Endapan dipisahkan dari cairan, kemudian cairan dipisahkan menggunakan corong pisah dan disaring menggunakan 4 lapis kain sابلon. Masing-masing minyak hasil "Sampel"-nya ditimbang, kemudian hanya diambil sebanyak 800 gr saja untuk diproses lebih lanjut dalam tahap transesterifikasi.

5.4 Transesterifikasi

Tahapan transesterifikasi ini dilakukan setelah tahapan esterifikasi MJS benar-benar selesai (dimana minyak hasil reaksi esterifikasi benar-benar telah diperoleh dan telah dipisahkan dari campurannya). Proses/tahapan ini bertujuan membentuk senyawa metil ester yang merupakan penyusun utama biodiesel.

Pada tahapan transesterifikasi ini tidak lagi dilakukan variasi katalis sebagaimana reaksi pada tahapan sebelumnya. Jadi, reaksi ini hanya sekedar melanjutkan proses kimiawinya saja agar di hasil akhir reaksinya nanti dapat terbentuk senyawa metil ester pembentuk biodiesel yang jauh lebih banyak lagi.

Katalis yang digunakan berupa kristal NaOH teknis sebanyak 1 % dari total gr-minyak hasil esterifikasi (**gr_MHE**) dan **gr_metanol**-nya. Dimana, hasil nilai **gr_metanol**-nya sendiri diperoleh dari perkalian antara 6 x (**gr_MJS / BM_MJS**)

dengan berat molekul metanol (**BM_{metanol}**). Angka 6 diperoleh dari nilai perbandingan mol MJS dengan mol metanol yang direaksikan saat proses transesterifikasi. Jadi, apabila dituliskan secara matematis akan diperoleh rumusan sebagai berikut :

$$\mathbf{mol_MJS : mol_metanol = 1 : 6} \text{ ; pada reaksi transesterifikasi(22)}$$

$$\mathbf{BM_MJS = 860} \text{(15)}$$

$$\mathbf{BM_metanol = 32,04} \text{(16)}$$

$$\mathbf{gr_metanol^{trans} = 6 \times (gr_MJS / BM_MJS) \times (BM_metanol)} \text{(23)}$$

Pada tahap transesterifikasi ini, digunakan perbandingan mol sebesar **1 : 6** untuk **mol-MJS : mol-metanol**. Angka perbandingan mol ini juga diperoleh berdasarkan catatan/referensi dari hasil penelitian sebelumnya.

Setelah dikalkulasi akan diperoleh data-data sebagai berikut :

Tabel 5.2 Tabel Bahan Reaksi Transesterifikasi

No. Sampel	MHE (gr)	Metanol (gr)	NaOH (% ; gr)
1	800	178,8	1 ; 9,8
2	800	178,8	1 ; 9,8
3	800	178,8	1 ; 9,8
4	800	178,8	1 ; 9,8

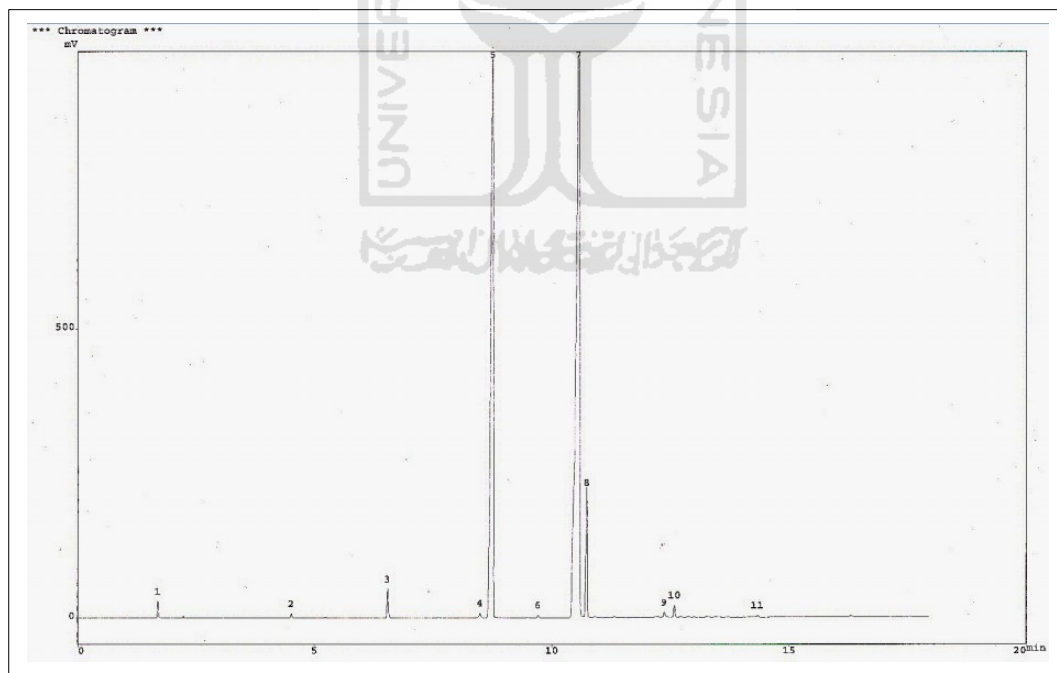
Ringkasan proses transesterifikasi pada penelitian ini adalah sebagai berikut : Minyak diaduk pada 500 rpm selama 40 menit tanpa pemanasan (tujuannya : homogenasi dan sterilisasi minyak dari keberadaan gelembung gas). Alat (*hotplate-magnetic stirrer*) disetel pada $T = 45^{\circ}\text{C}$. Setelah mencapai $T = 45^{\circ}\text{C}$ kemudian metanol dan NaOH ditambahkan ke dalam minyak (dimana NaOH sebelumnya telah dilarutkan pada metanol). Kecepatan putaran dan T ditingkatkan

secara bertahap menjadi 600 rpm dan 70°C. Setelah T mencapai 70°C, campuran “direfluks sederhana” selama 2 jam. Campuran didinginkan dan dibiarkan membentuk endapan. Endapan dipisahkan dari cairan, kemudian cairan dipisahkan menggunakan corong pisah dan disaring menggunakan 4 lapis kain sablon. Minyak (metil ester) yang dihasilkan kemudian ditimbang (diperoleh minyak hasil Sampel 1 = 577,6 gr ; Sampel 2 = 555,4 gr ; Sampel 3 = 705,7 gr ; Sampel 4 = 524,3 gr).

5.5 Analisis biodiesel dengan menggunakan GC dan GC-MS

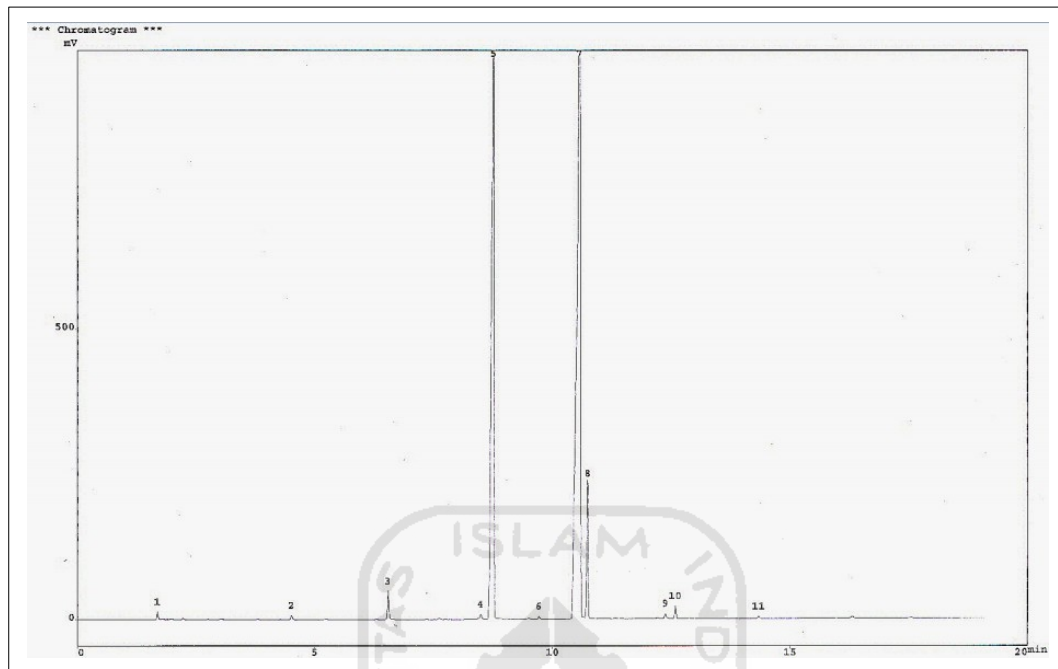
Berikut ini kromatogram hasil analisa sampel biodiesel yang dihasilkan :

1. Kromatogram sampel biodiesel 1 (H-Zeo 1,25 % ; NaOH 1 %).



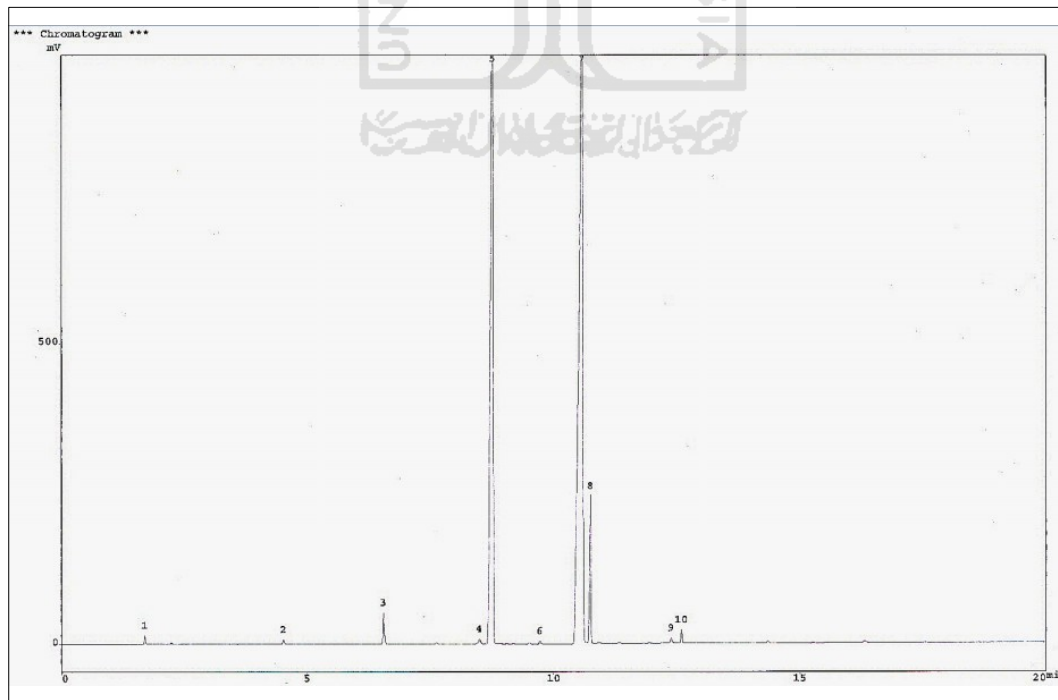
Gambar 5.3 Chromatogram (GC)_Biodiesel Sampel 1

2. Kromatogram sampel biodiesel 2 (H-Zeo 2,5 % ; NaOH 1 %).



Gambar 5.4 Chromatogram (GC)_Biodiesel Sampel 2

3. Kromatogram sampel biodiesel 3 (H-Zeo 3,75 % ; NaOH 1 %).



Gambar 5.5 Chromatogram (GC)_Biodiesel Sampel 3

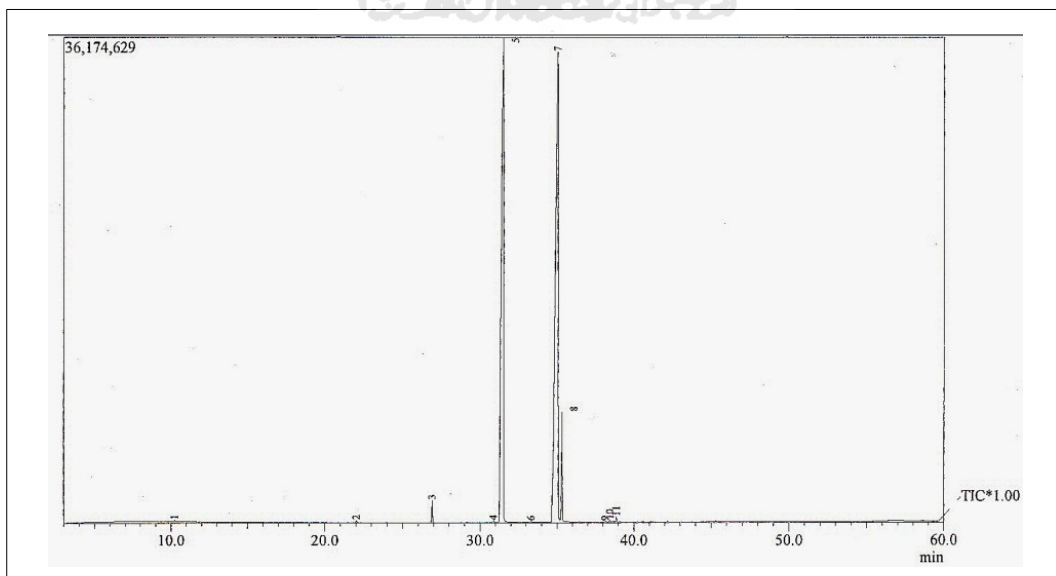
4. Kromatogram sampel biodiesel 4 (H-Zeo 5 % ; NaOH 1 %).



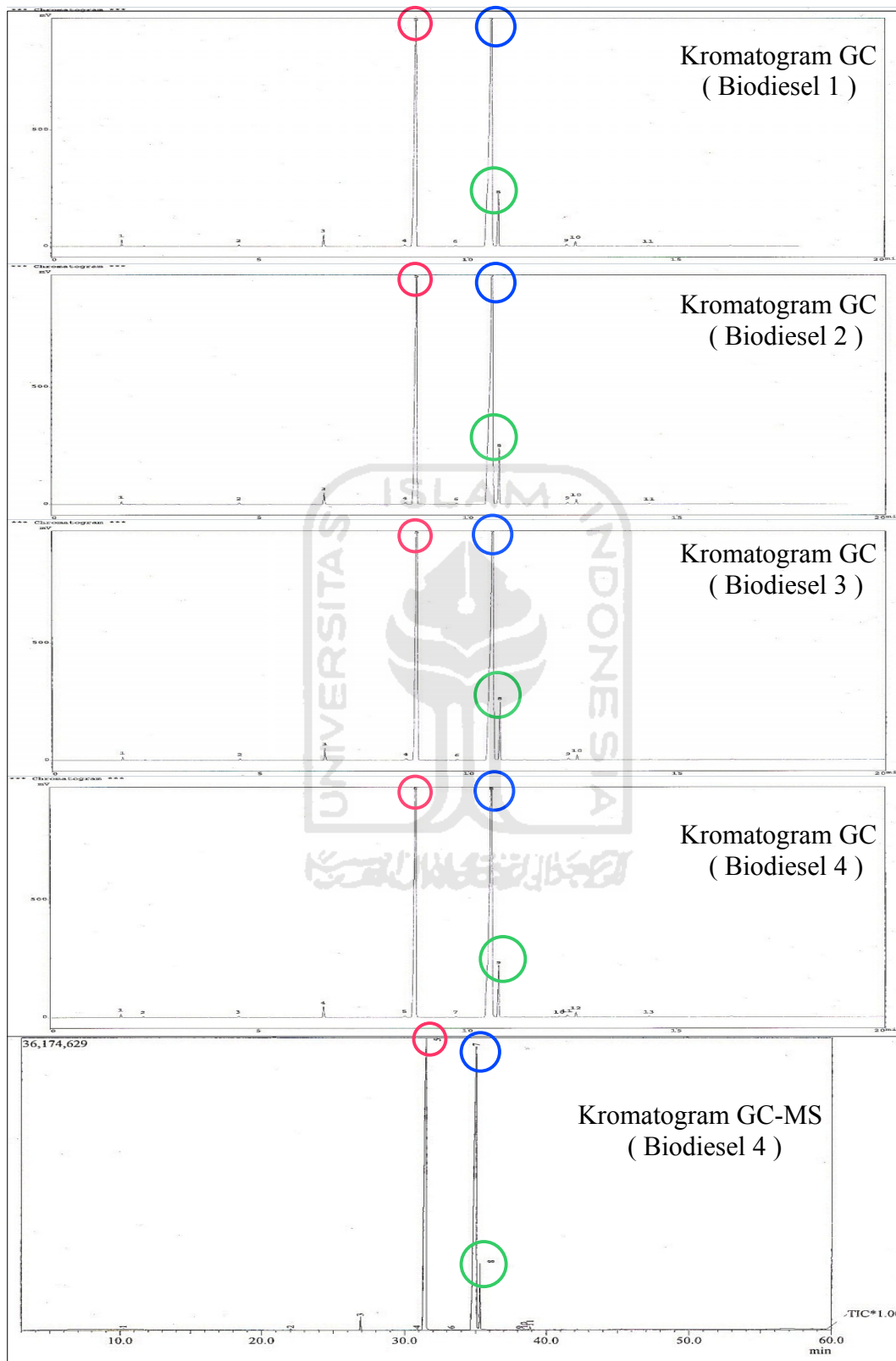
Gambar 5.6 Chromatogram (GC)_Biodiesel Sampel 4

Tampak dari 4 grafik kromatogram di atas, bahwa ada kemiripan model *peak*. Sampel biodiesel 4 (yang memiliki lebih banyak *peak*) dipilih untuk ditindak lanjuti ke tahap analisa GC-MS guna penentuan kandungan senyawanya.

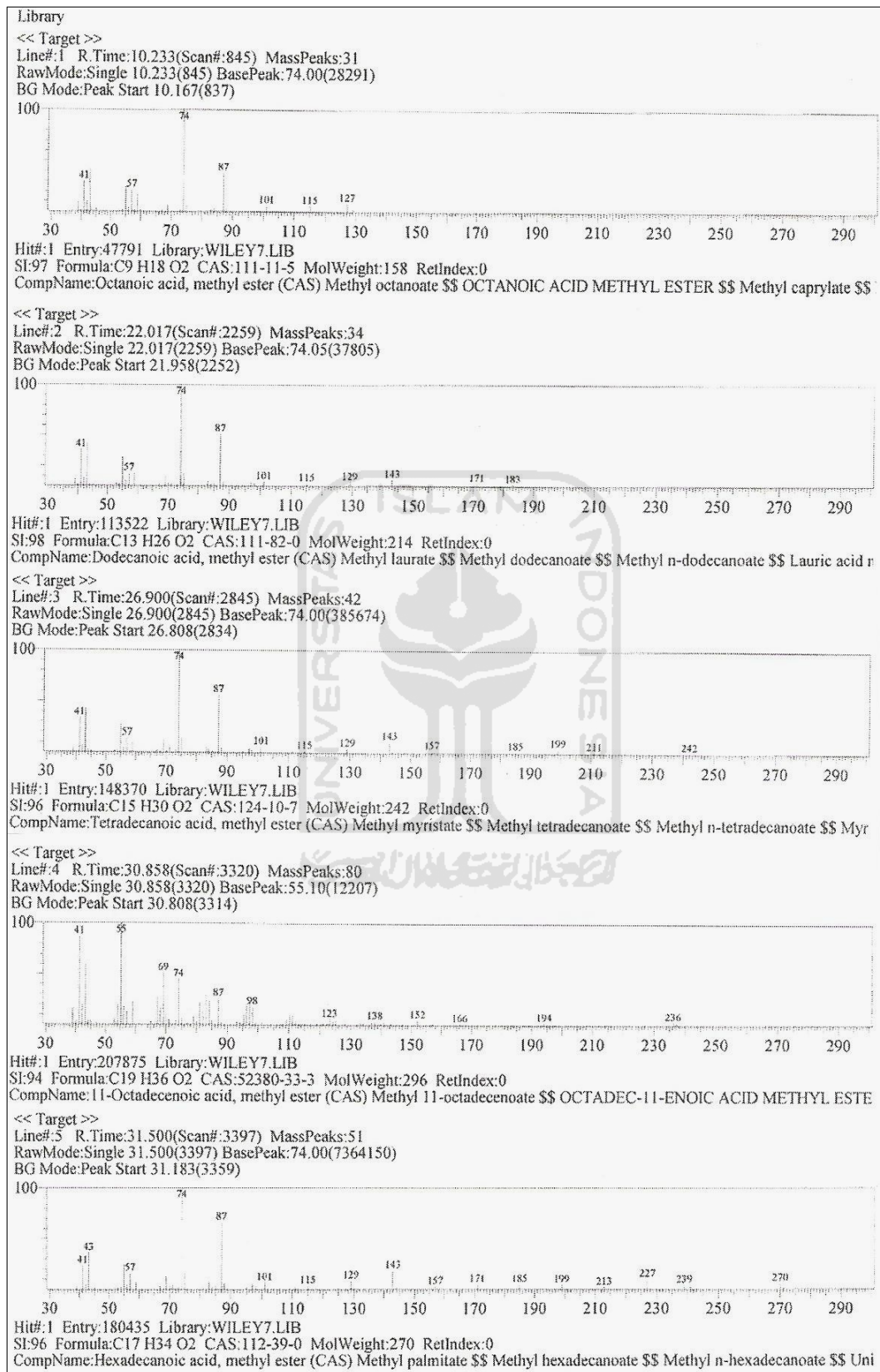
Dan hasilnya sebagai berikut :



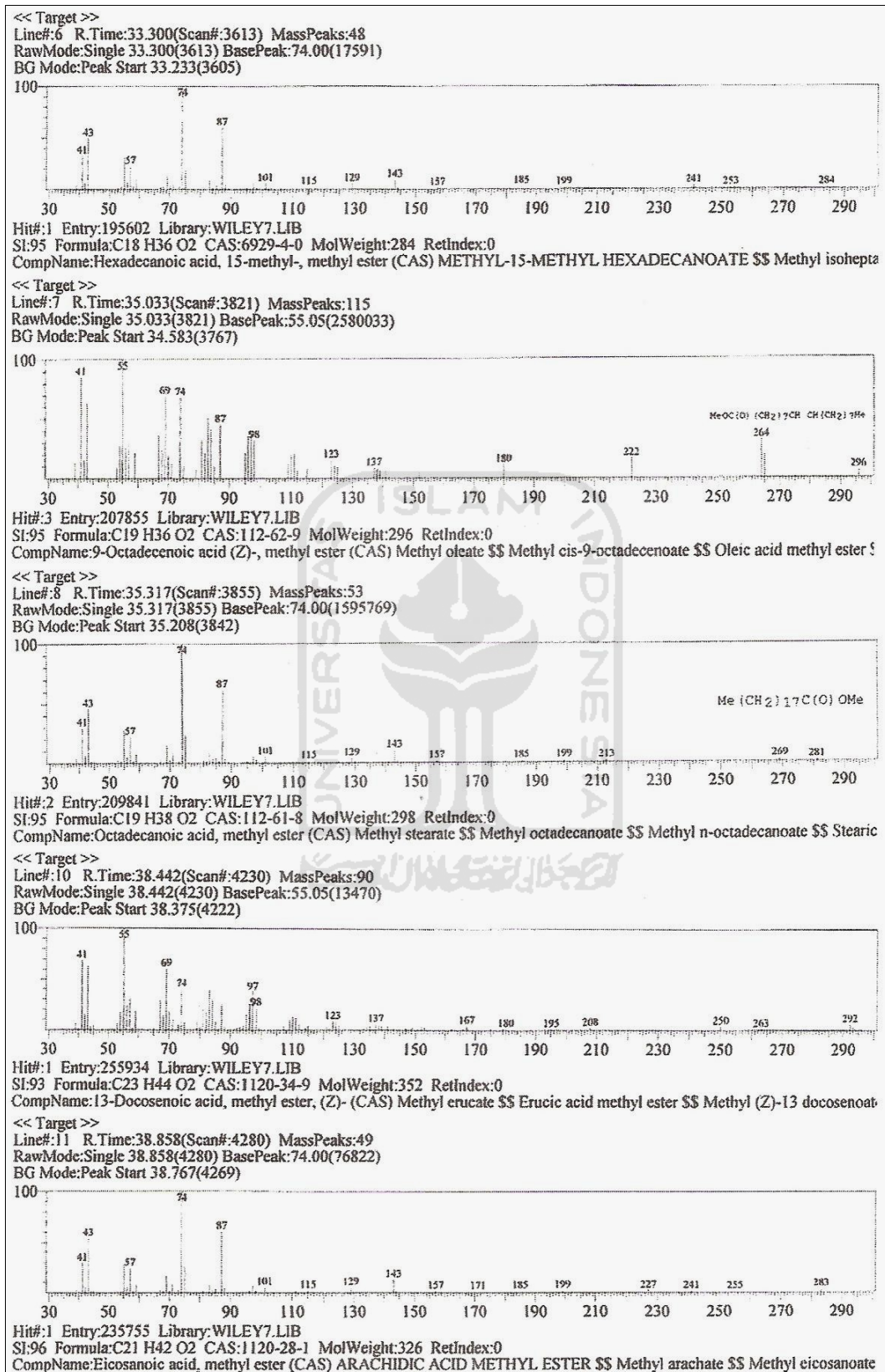
Gambar 5.7 Chromatogram Analisa GC-MS Biodiesel 4



Gambar 5.8 Ringkasan Chromatogram Analisa GC dan GC-MS



Gambar 5.9 Grafik Fragmentasi MS_Sampel Biodiesel 4 (Puncak 1, 2, 3, 4, 5)



Gambar 5.10 Grafik Fragmentasi MS_Sampel Biodiesel 4 (Puncak 6, 7, 8, 10, 11)

Catatan : data-data *chromatogram* dan *peak report* terlampir pada lampiran.

Berdasarkan perpaduan data-data hasil analisa GC dan GC-MS sebagaimana yang terlampir maupun yang tertulis/terpampang jelas di atas, maka kemudian disusunlah suatu tabel ringkasan sebagai berikut :

Tabel 5.3 Tabel Hasil Analisa Sampel Biodiesel dengan GC dan GC-MS

No.	Waktu Retensi dan % Konsentrasi Senyawa (Hasil Analisa GC)								<i>Target Senyawa - Berdasarkan Data Library Alat - (Hasil Analisa GC-MS)</i>
	1,25 % H-Zeo		2,50 % H-Zeo		3,75 % H-Zeo		5,00 % H-Zeo		
	menit	%	menit	%	menit	%	menit	%	
1	1,7...	0,41	1,6...	0,2	1,7...	0,2	1,7...	0,24	...Methyl octanoate
2	4.5...	0,13	4.5...	0,12	4.5...	0,13	4.5...	0,13	...Methyl laurate
3	6.5...	0,98	6.5...	0,96	6.5...	0,98	6.5...	0,98	...Methyl myristate
4	8.4...	0,15	8.4...	0,15	8.4...	0,15	8.4...	0,16	...Methyl 11-octadecenoate
5	8.7...	38,77	8.7...	38,39	8.7...	38,61	8.7...	38,83	...Methyl palmitate
6	9.7...	0,09	9.7...	0,09	9.7...	0,09	9.7...	0,09	...Methyl hexadecanoate
7	10.5...	54,41	10.5...	54,98	10.5...	54,83	10.5...	54,37	...Methyl oleat
8	10.7...	4,4	10.7...	4,45	10.7...	4,43	10.7...	4,38	...Methyl stearate
9	12.3...	0,19	12.3...	0,18	12.3...	0,18	12.3...	0,22	...Methyl erucate
10	12.5...	0,39	12.5...	0,4	12.6...	0,4	12.6...	0,4	...Methyl aracate

Catatan :

Nomor dengan "blok warna" menunjukkan keterangan "lingkaran warna" pada Gambar 5.8.
Angka cetak biru belum melalui proses pembulatan bilangan.
Angka cetak hijau telah dibulatkan menjadi 1 atau 2 angka di belakang tanda koma (,).
 Titik-titik (...) menunjukkan ada bilangan atau teks yang tertulis setelah/sebelumnya.
 Keterangan lengkap mengenai data-data yang tertulis dalam tabel ini dapat dilihat pada lampiran.

Berdasarkan data pada Tabel 5.3 di atas, dapat disimpulkan bahwa :

1. Biodiesel yang dihasilkan dari penelitian ini, diasumsikan menghasilkan kandungan metil ester yang hampir sama kadarnya.

2. Variasi kadar H-zeolit pada reaksi esterifikasi yang telah diterapkan pada penelitian ini yaitu : 1,25 %; 2,5 %; 3,75 %; dan 5 % dari berat total minyak jelantah dan metanol, keseluruhannya ternyata memberikan hasil data analisa (hasil data GC sampel biodiesel) yang hampir sama (mendekati). Berdasarkan data tersebut kemudian diasumsikan bahwa “Dengan kadar H-zeolit yang hanya 1,25 % itu sudah cukup untuk menyebabkan terjadinya reaksi esterifikasi yang memadai untuk konversi biodiesel dari minyak jelantah sawit.”.

5.6 Analisis biodiesel dengan menggunakan ASTM

Berikut ini data-data hasil analisa Biodiesel Sampel 4 (atau biodiesel 4) yang telah dilakukan :

Tabel 5.4 Hasil Analisa ASTM (Sampel Biodiesel 4)

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan Biodiesel 4	Metode Pemeriksaan
1	Specific gravity at 60/60°F	0,8765	ASTM D 1298
2	Density at 15°C, gr/mL	0,8760	ASTM D 1298
3	Flash Point, PM.C.C, °C	63	ASTM D 93
4	Viscosity Kinematic 40°C, cSt	4,7300	ASTM D 445
5	Conradson Carbon Residue, % wt	*)	ASTM D 189
6	Pour Point, °C	10	ASTM D 97
7	Water Content, % vol	0,5	ASTM D 95
8	Gross Heating Value, BTU/lb	19416	**)

Catatan :

*) : Saat itu alatnya sedang diperbaiki.

**): Nilainya ditentukan dengan perhitungan.

Keterangan lengkap mengenai hasil analisa ASTM dapat dilihat pada lampiran.

Dari data hasil analisa ASTM tersebut bila dibandingkan dengan tabel pada halaman 20 (Persyaratan Kualitas Biodiesel Menurut SNI-04-7182-2006) tampak bahwa nilai *flash point* biodiesel dan *water content*-nya masih belum sesuai dengan persyaratan SNI.

Nilai *flash point* biodiesel yang seharusnya minimal 100°C (menurut SNI), ternyata hanya 63°C. Hal ini menunjukkan bahwa cairan sampel biodiesel 4 yang terbentuk tersebut jauh lebih mudah terbakar. Walaupun demikian, ternyata hal ini juga menguntungkan, karena apabila biodiesel ini dijadikan alternatif untuk bahan bakar pengganti minyak tanah guna kebutuhan memasak di dapur dirasa sudah cukup memadai. Ini pun sudah dipraktikkan oleh penulis, dan *Alhamdulillah* berhasil.

Nilai viskositas kinematik yang dihasilkan biodiesel 4 adalah 4,73 cSt, perolehan angka ini sudah memenuhi persyaratan SNI, karena berada pada rentang nilai (2,3 – 6,0) cSt sebagaimana ketentuannya.

Kadar air pada biodiesel 4 tersebut ternyata masih cukup tinggi, yaitu sekitar 5 % dari volume-nya. Berarti, perolehan angka ini masih belum memenuhi persyaratan SNI, yaitu sekitar 0,05 % volum. Hal ini mungkin disebabkan karena adanya sisa air / uap air yang masih belum dapat terpisahkan dari minyak tersebut. Dari hasil analisa ASTM ini (khususnya terkait dengan *water content*-nya) akhirnya penulis sadari bahwa perlu ada suatu "perlakuan khusus" agar dapat meminimalkan kandungan air di dalamnya.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan telah dirumuskan berdasarkan hasil penelitian (dengan sejumlah uji coba dan pengamatan) yang telah dilakukan serta data-data yang berhasil dikumpulkan, hasilnya adalah sebagai berikut :

1. Limbah minyak goreng sawit yang berupa minyak jelantah ternyata dapat diolah/dimanfaatkan kembali menjadi bahan bakar yang berupa biodiesel (metil ester) melalui beberapa tahapan reaksi kimiawi sederhana.
2. Zeolit dapat diproses lebih lanjut menjadi H-zeolit, yaitu salah satu katalis heterogen yang bersifat asam, serta dapat menggantikan fungsi H_2SO_4 khususnya dalam proses pembuatan biodiesel.
3. Biodiesel yang dihasilkan dari penelitian ini, secara umum (berdasarkan pengamatan data hasil analisa GC, baik itu sampel 1, 2, 3, ataupun 4) diasumsikan menghasilkan senyawa-senyawa metil ester yang hampir sama kadarnya ("mendekati nilai perolehan yang sama").
4. Variasi kadar H-zeolit pada reaksi esterifikasi yang telah diterapkan pada penelitian ini yaitu : 1,25 %; 2,5 %; 3,75 %; dan 5 % dari berat total minyak jelantah dan metanol, keseluruhannya ternyata memberikan hasil data analisa GC yang hampir sama ("mendekati sama"). Berdasarkan data tersebut kemudian diasumsikan, "Bahwa dengan kadar H-zeolit yang hanya 1,25 % itu saja sudah cukup untuk menyebabkan terjadinya reaksi esterifikasi

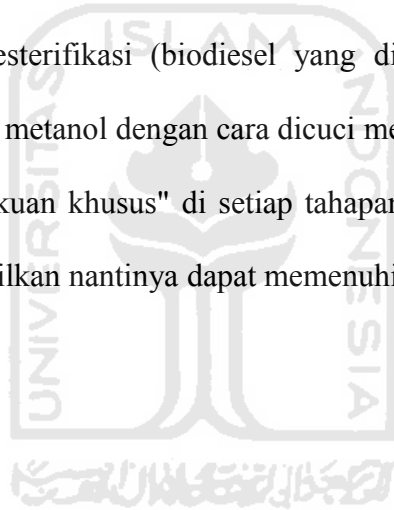
yang memadai untuk proses konversi biodiesel dari minyak jelantah sawit.”. Jadi, dalam praktik *home industry*-nya nanti tidak perlu lagi menggunakan terlalu banyak H-zeolit untuk mengkonversi minyak jelantah tersebut.

5. Hasil analisa ASTM biodiesel (terutama Biodiesel Sampel 4), sebagian masih belum sesuai dengan SNI dan sebagian lainnya telah memenuhi syarat SNI.

6.2 Saran

Beberapa saran berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan :

1. Minyak hasil transesterifikasi (biodiesel yang dihasilkan) tersebut perlu dimurnikan dari sisa metanol dengan cara dicuci menggunakan aquadest.
2. Perlu adanya "perlakuan khusus" di setiap tahapannya agar kadar air pada biodiesel yang dihasilkan nantinya dapat memenuhi standar mutu (SNI).

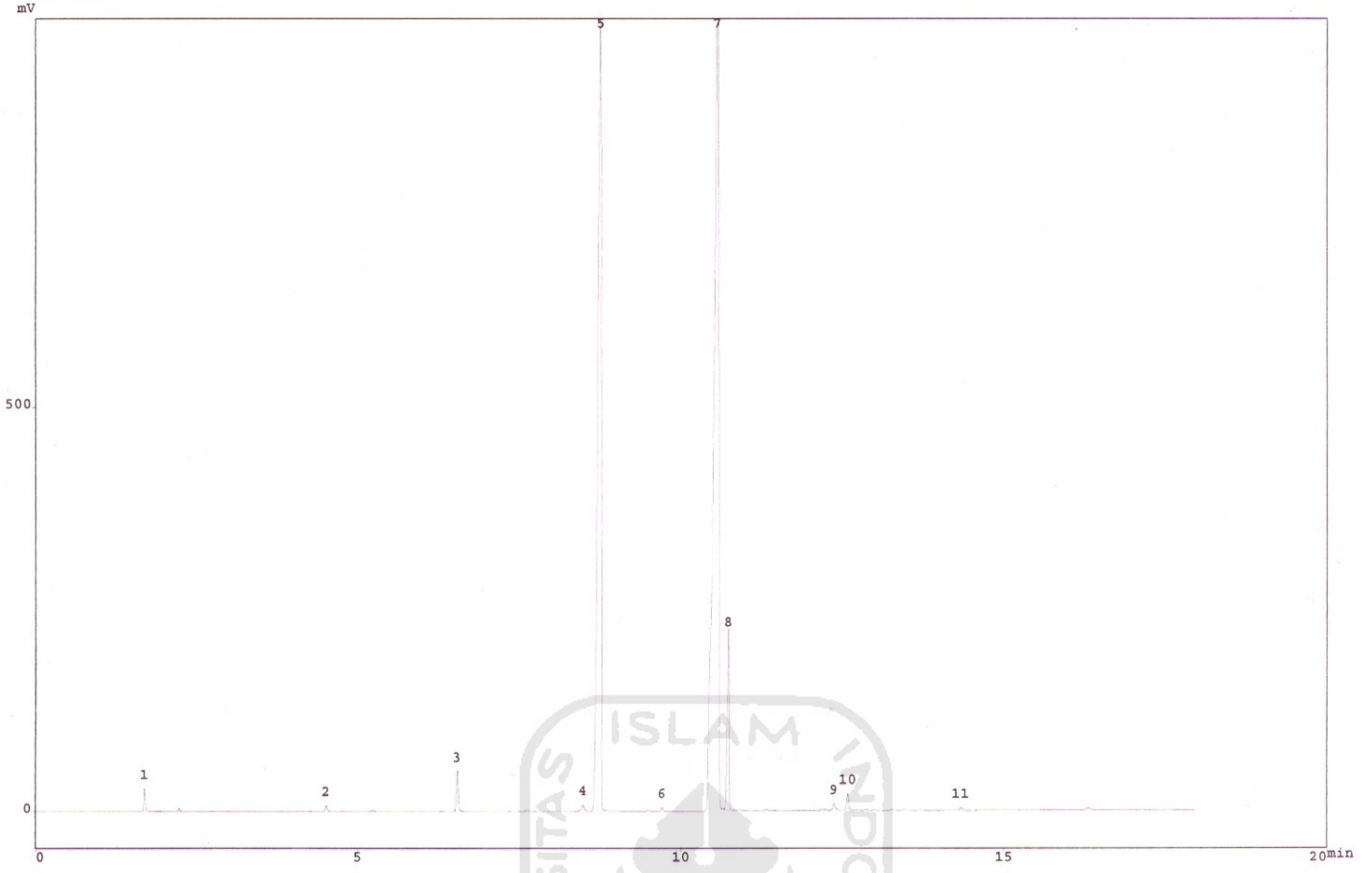


DAFTAR PUSTAKA

- Andi, N.A.S., 2005, *Virgin Coconut Oil: Minyak Penakluk Aneka Penyakit / Andi Nur Alam Syah*, Disunting oleh Lukito A.M., Cetakan ketiga, AgroMedia Pustaka, Jakarta.
- Anonim, 2007, *Bahan bakar fosil*, [http://id.wikipedia.org/wiki/Bahan bakar fosil](http://id.wikipedia.org/wiki/Bahan_bakar_fosil).
- Anonim, 2007, *Esterification*, <http://en.wikipedia.org/wiki/Esterification>.
- Anonim, 2007, *Katalis*, <http://id.wikipedia.org/wiki/Katalis>.
- Anonim, 2007, *Zeolit*, <http://id.wikipedia.org/wiki/Zeolit>.
- Anonim, *Biodiesel*, http://ec.bppt.go.id/Bio_Eng.htm, Engineering Center BBPT Indonesia.
- Anonim, *Zeolit*, <http://www.tekmira.esdm.go.id-data-ulasan.asp>, © 2005 Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara.
- Bismo, Setijo, 2005, *Sintesis Biodiesel Dengan Teknik Ozonasi II : Ozonolisis Etil-Ester Minyak Sawit Sebagai Suatu Bahan Bakar Mesin Diesel Alternatif*, Penelitian, Departemen Teknik Gas dan Petrokimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Jakarta, http://www.aptekindo.org/jtki/component/option,com_frontpage/Itemid,1/limit,4/limitstart,12/, © 2007 JKTI – Jurnal Teknik Kimia Indonesia.
- Carey, Francis A., 2000, *Organic Chemistry*.
- Fatimah, Is, 2004, *Modul Perkuliahan : Kimia Katalis*, Jurusan Kimia FMIPA UII, Jogjakarta.
- Hamdan, Halimaton, 1992, *Introduction to zeolites : Synthesis, characterization, and modification*, University Teknologi Malaysia, Malaysia.
- Hart, H., Craine, L.E, Hart, D.J., 2003, *Kimia Organik Suatu Kuliah Singkat*, Diterjemahkan oleh Suminar S.A., Edisi Kesebelas, Erlangga, Jakarta.
- Mulyono, H.A.M., 2001, *Kamus Kimia Untuk Siswa dan Mahasiswa Sains & Teknologi*, PT. Genesindo, Bandung.

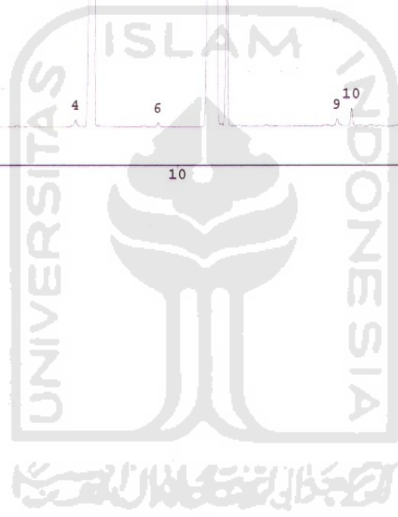
- Roihan, A., 2005, *Pengaruh Penambahan Al_2O_3 – Montmorillonit Sebelum Reaksi Transesterifikasi Jelantah Minyak Sawit Terhadap Konversi Biodiesel Total*, Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.
- Saputera, H., 2001, *Biodiesel, Mengapa Tidak?*, <http://www.kompas.com/kompas-cetak/0111/22/IPTEK/biod32.htm>.
- Saefudin, A., 2005, *Sintesis Biodiesel Melalui Reaksi Esterifikasi Minyak Jelantah Dengan Katalis Montmorillonit Teraktivasi Asam Sulfat Yang Dilanjutkan Dengan Reaksi Transesterifikasi Terkatalis NaOH*, Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.
- Setyawan, Hery, 2010, *Pemanfaatan Abu Pelelah Pisang Sebagai Katalis Basa Reaksi Transesterifikasi Minyak Jarak Pagar*, Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta.
- Suess, A.A., 2002, *Biodiesel dari Minyak Jelantah*, <http://www.kompas.com/kompas-cetak/0207/20/iptek/biod39.htm>.
- Suhardiman, N., dan Afantri, 2004, *Esterifikasi Asam Lemak Bebas Dalam Minyak Goreng Bekas untuk Produksi Metil Ester*, Penelitian, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Sulistiyasmara, Aria, 2004, *Praktikum Kimia Instrumental II Judul Percobaan Gas Chromatography / Mass Spectrometry*, Jogjakarta.
- Tahir, I., Yitnowati, U., Yoeswono, Wahyuningsih, T.D., 2008, *Pemanfaatan Abu Tandan Kosong Sawit Sebagai Sumber Katalis Basa (K_2CO_3) pada Pembuatan Biodiesel Minyak Jarak *Ricinus communis**.
- Wijaya, K., Roihan, A., Suyanto, Trisunaryanti, W., 2006, *Konversi Minyak Jelantah Sawit Menjadi Biodiesel Dengan Bantuan Katalis Asam Padat Al_2O_3 – Montmorillonit*, Penelitian, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Wijaya, K., Saefudin, A., Sudiono, S., Suyanto, 2006, *Penggunaan Katalis Montmorillonit Teraktifasi Asam Sulfat (MMTA) Pada Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah Sawit*, Penelitian, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

*** Chromatogram ***

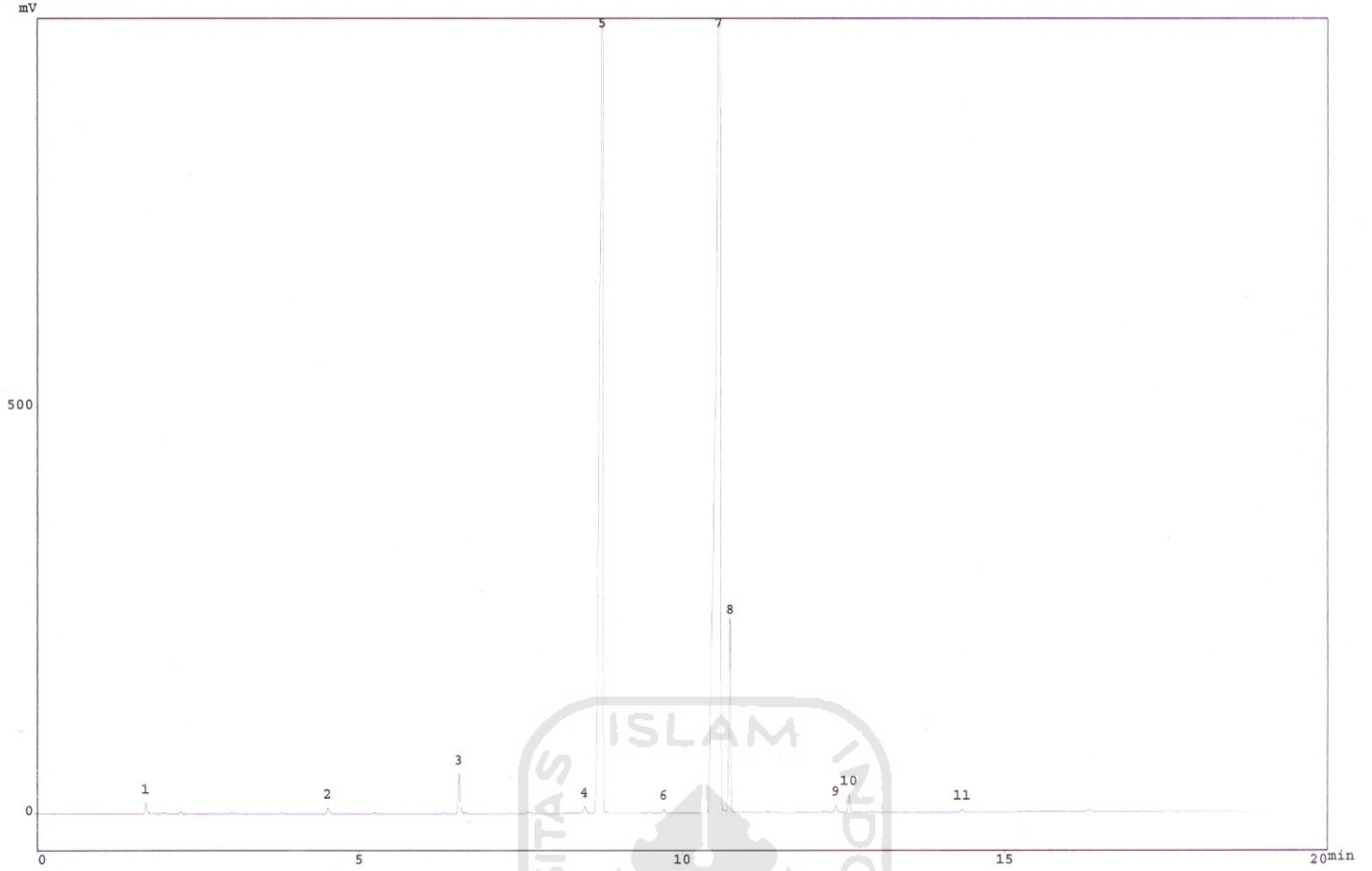


*** Peak Report ***

PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	CONC
1	1.700	42329	28474	0.4147
2	4.518	13139	7384	0.1287
3	6.538	100109	50748	0.9807
4	8.483	15524	7042	0.1521
5	8.754	3957898	1073838	38.7718
6	9.712	9333	4779	0.0914
7	10.575	5554030	1076335	54.4075
8	10.737	449394	224054	4.4023
9	12.378	19308	8308	0.1891
10	12.591	40221	20991	0.3940
11	14.338	6916	3302	0.0677
		10208199	2505257	100.0000

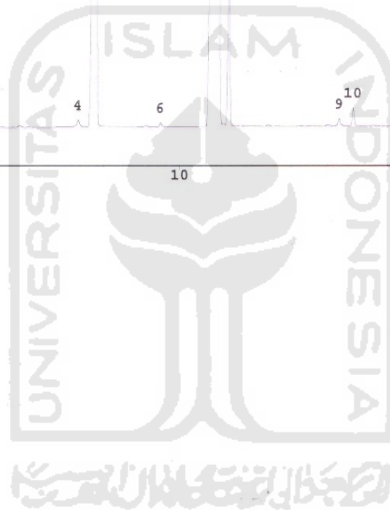


*** Chromatogram ***



*** Peak Report ***

PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	CONC
1	1.693	21813	13303	0.2049
2	4.518	13212	7097	0.1241
3	6.541	102204	49377	0.9600
4	8.487	16430	7341	0.1543
5	8.760	4087372	1075752	38.3909
6	9.717	9676	4828	0.0909
7	10.580	5853429	1076414	54.9786
8	10.744	473312	236990	4.4456
9	12.385	19467	8682	0.1828
10	12.594	42359	21902	0.3979
11	14.339	7464	3600	0.0701
-----		10646737	2505285	100.0000

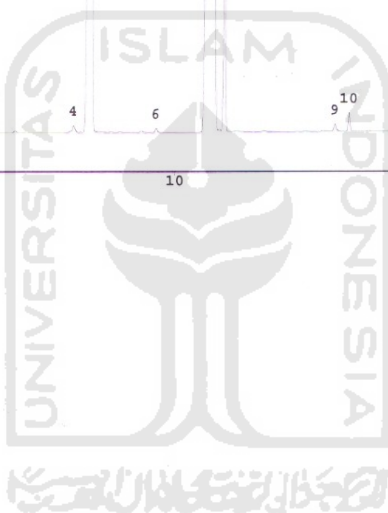


*** Chromatogram ***

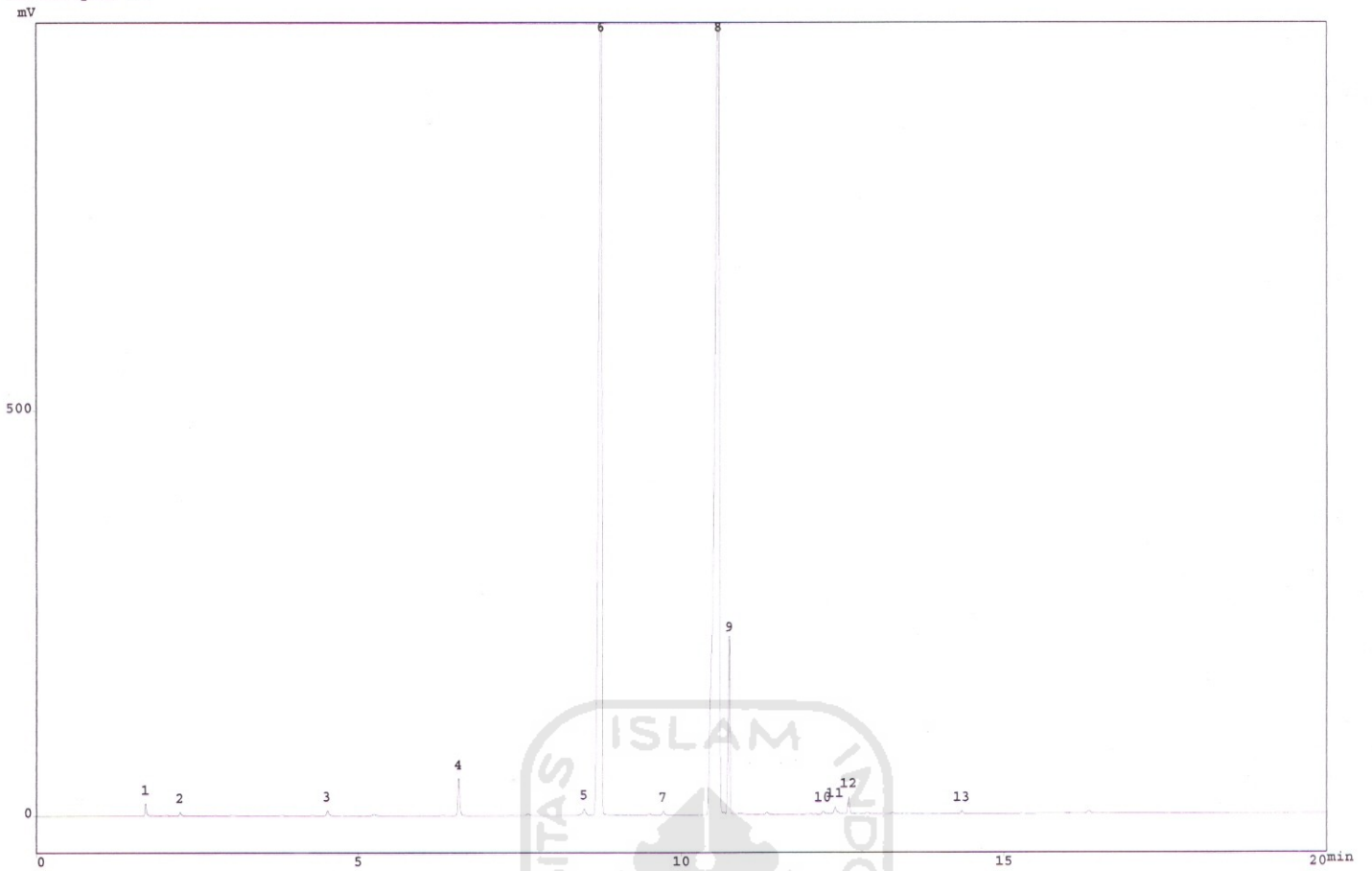


*** Peak Report ***

PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	CONC
1	1.700	21923	14287	0.2044
2	4.523	13826	7545	0.1289
3	6.545	105111	51913	0.9801
4	8.490	16423	7117	0.1531
5	8.765	4140784	1076358	38.6103
6	9.722	9789	4875	0.0913
7	10.590	5880043	1076698	54.8278
8	10.750	475314	246522	4.4320
9	12.391	18972	8492	0.1769
10	12.602	42388	22681	0.3952
		10724571	2516487	100.0000

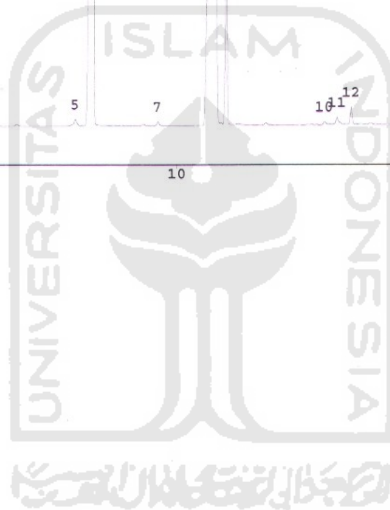


*** Chromatogram ***



*** Peak Report ***

PKNO	TIME	AREA	HEIGHT	CONC
1	1.702	23551	15229	0.2411
2	2.241	6486	4422	0.0664
3	4.524	12216	6022	0.1251
4	6.547	95465	45947	0.9775
5	8.490	15529	6741	0.1590
6	8.760	3792272	1068100	38.8290
7	9.720	9271	4518	0.0949
8	10.580	5309843	1076554	54.3673
9	10.744	427800	219448	4.3802
10	12.201	6647	3411	0.0681
11	12.388	21252	8279	0.2176
12	12.601	39168	20614	0.4010
13	14.347	7107	3528	0.0728
		9766607	2482812	100.0000





GCMS-QP2010S SHIMADZU

Kolom : Rtx-5MS

Panjang : 30 meter

ID : 0,25 mm

Method

[Comment]

==== Analytical Line 1 =====

[GC-2010]

Column Oven Temp. :80.0 °C
 Injection Temp. :280.00 °C
 Injection Mode :Split
 Flow Control Mode :Pressure
 Pressure :16.5 kPa
 Total Flow :30.0 mL/min
 Column Flow :0.50 mL/min
 Linear Velocity :26.1 cm/sec
 Purge Flow :3.0 mL/min
 Split Ratio :53.0
 High Pressure Injection :OFF
 Carrier Gas Saver :OFF
 Splitter Hold :OFF

Oven Temp. Program

Rate	Temperature(°C)	Hold Time(min)
-	80.0	5.00
5.0	280.0	15.00

< Ready Check Heat Unit >

Column Oven : Yes
 SPL1 : Yes
 MS : No

< Ready Check Detector(FTD) >

< Ready Check Baseline Drift >

< Ready Check Injection Flow >

SPL1 Carrier : Yes
 SPL1 Purge : Yes

< Ready Check APC Flow >

< Ready Check Detector APC Flow >

External Wait :No
 Equilibrium Time :1.0 min

[GC Program]

[GCMS-QP2010]

IonSourceTemp :250.00 °C
 Interface Temp. :300.00 °C
 Solvent Cut Time :3.00 min
 Detector Gain Mode :Relative
 Detector Gain :0.10 kV
 Threshold :0

[MS Table]

Group : 1
 Start Time :3.20min
 End Time :60.00min
 ACQ Mode :Scan
 Interval :0.50sec
 Scan Speed :1250
 Start m/z :33.00
 End m/z :600.00

Sample Inlet Unit :GC

[MS Program]

Use MS Program :OFF

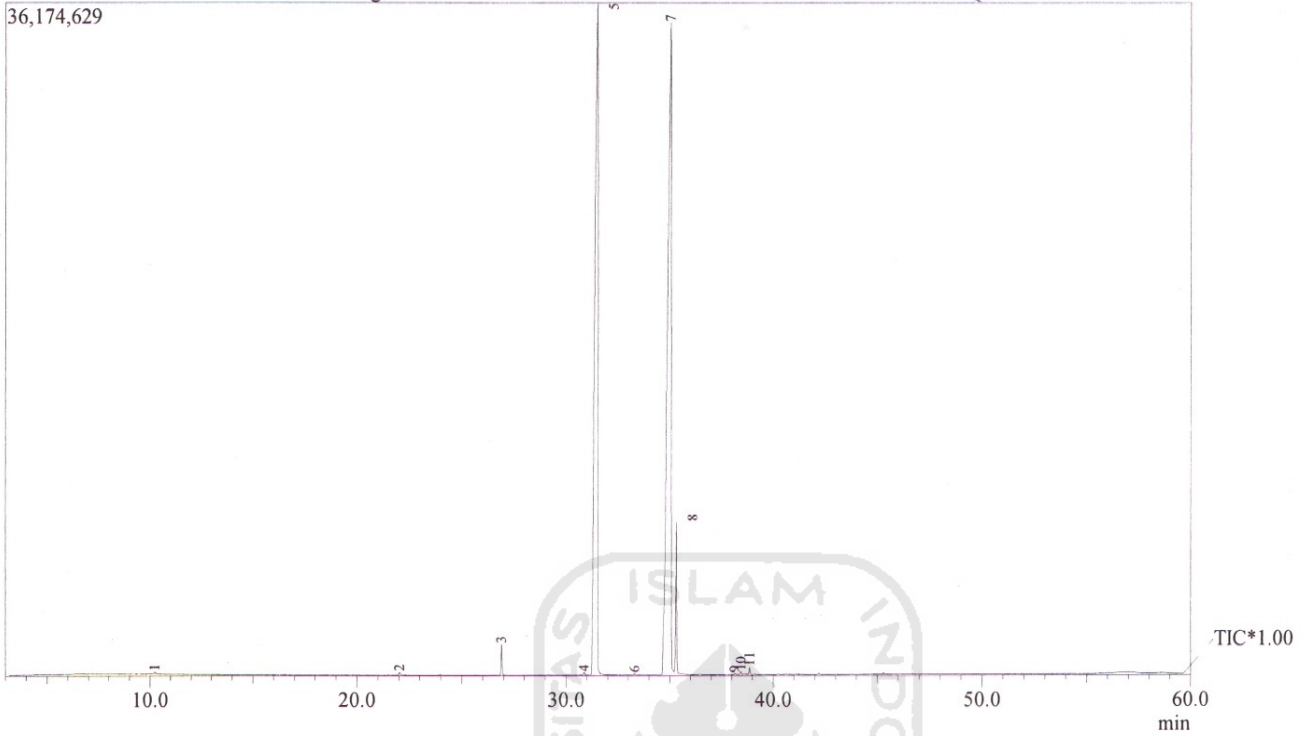




Sample Information

Analyzed by : dom
 Sample Name : Biodisel 4 Aria
 Sample ID : 5022
 Data File : C:\GCMSsolution\Data\Mei2008\Aria biodisel 4.QGD
 Method File : C:\GCMSsolution\Data\Mei2008\Aria.qgm
 Tuning File : C:\GCMSsolution\System\Tune1\April08.qgt

Chromatogram Biodisel 4 Aria C:\GCMSsolution\Data\Mei2008\Aria biodisel 4.QGD



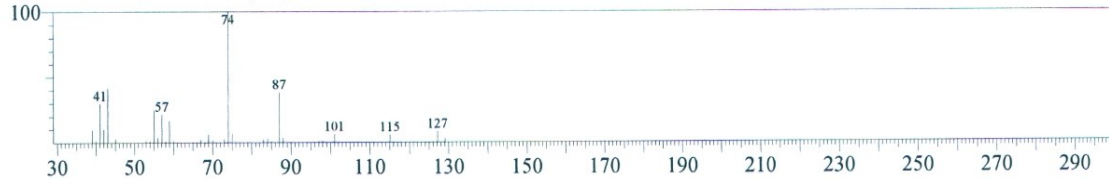
Peak Report TIC

Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height
1	10.230	10.167	10.333	437973	0.05	105466
2	22.019	21.958	22.100	554469	0.06	152726
3	26.897	26.808	27.017	5628991	0.66	1673377
4	30.861	30.808	30.983	506342	0.06	122280
5	31.497	31.183	31.717	380181926	44.49	36103602
6	33.302	33.233	33.392	329735	0.04	82973
7	35.038	34.583	35.208	435094216	50.92	35044757
8	35.320	35.208	35.450	29398758	3.44	8148306
9	38.125	38.058	38.375	375502	0.04	57890
10	38.439	38.375	38.525	548269	0.06	143509
11	38.860	38.767	38.967	1411884	0.17	386972
				854468065	100.00	82021858

Library

<< Target >>

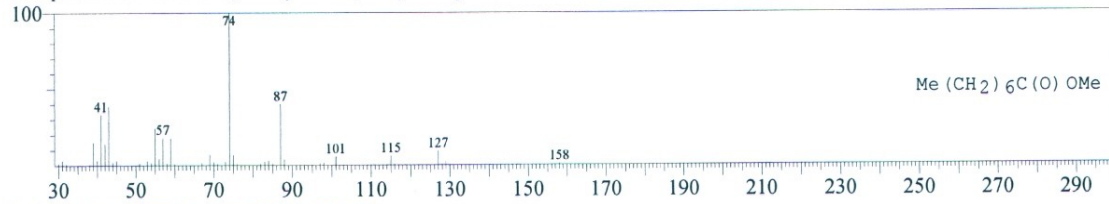
Line#:1 R.Time:10.233(Scan#:845) MassPeaks:31
RawMode:Single 10.233(845) BasePeak:74.00(28291)
BG Mode:Peak Start 10.167(837)



Hit#:1 Entry:47791 Library:WILEY7.LIB

SI:97 Formula:C9 H18 O2 CAS:111-11-5 MolWeight:158 RetIndex:0

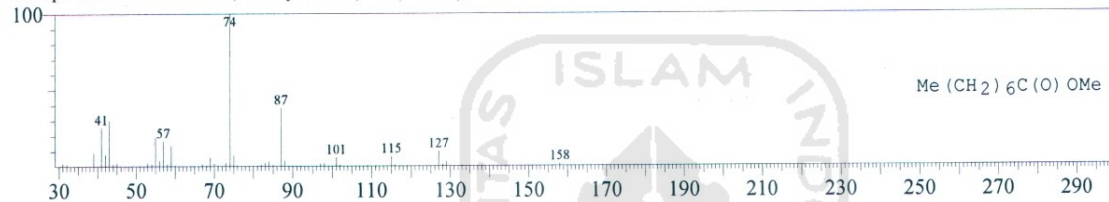
CompName:Octanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl octanoate \$\$ OCTANOIC ACID METHYL ESTER \$\$ Methyl caprylate \$\$



Hit#:2 Entry:47794 Library:WILEY7.LIB

SI:95 Formula:C9 H18 O2 CAS:111-11-5 MolWeight:158 RetIndex:0

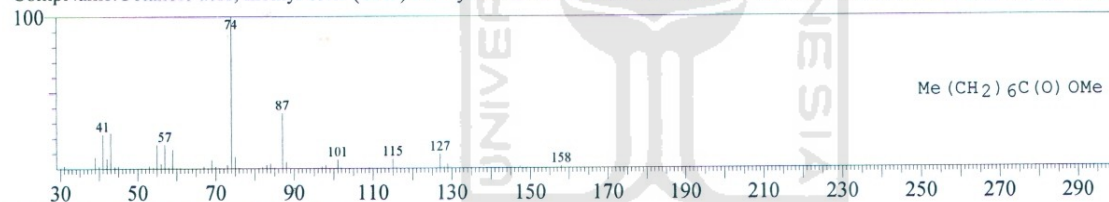
CompName:Octanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl octanoate \$\$ OCTANOIC ACID METHYL ESTER \$\$ Methyl caprylate \$\$



Hit#:3 Entry:47792 Library:WILEY7.LIB

SI:94 Formula:C9 H18 O2 CAS:111-11-5 MolWeight:158 RetIndex:0

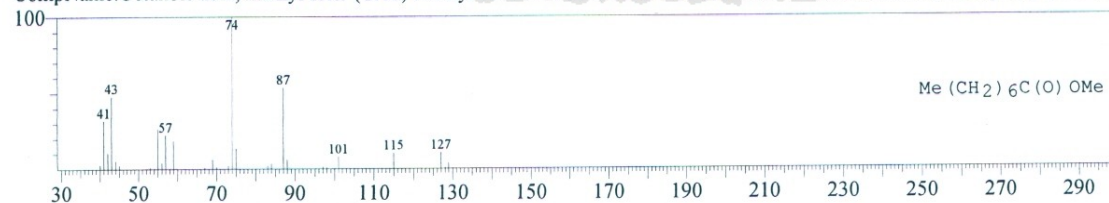
CompName:Octanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl octanoate \$\$ OCTANOIC ACID METHYL ESTER \$\$ Methyl caprylate \$\$



Hit#:4 Entry:47803 Library:WILEY7.LIB

SI:94 Formula:C9 H18 O2 CAS:111-11-5 MolWeight:158 RetIndex:0

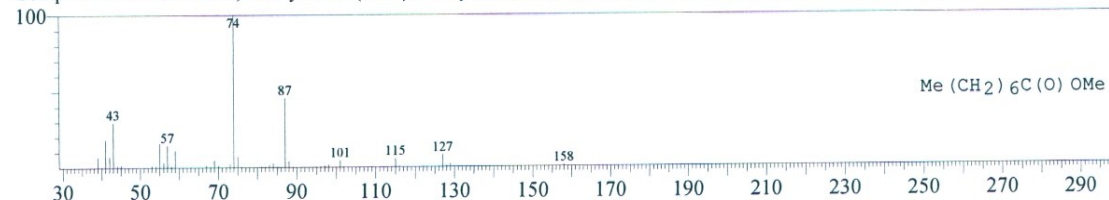
CompName:Octanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl octanoate \$\$ OCTANOIC ACID METHYL ESTER \$\$ Methyl caprylate \$\$



Hit#:5 Entry:47797 Library:WILEY7.LIB

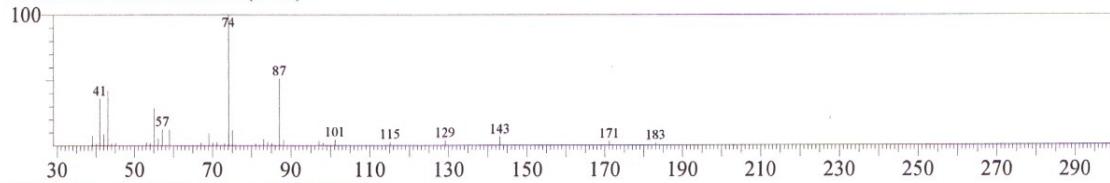
SI:94 Formula:C9 H18 O2 CAS:111-11-5 MolWeight:158 RetIndex:0

CompName:Octanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl octanoate \$\$ OCTANOIC ACID METHYL ESTER \$\$ Methyl caprylate \$\$

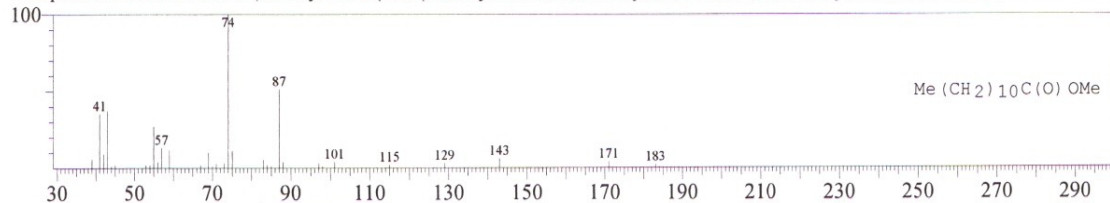


<< Target >>

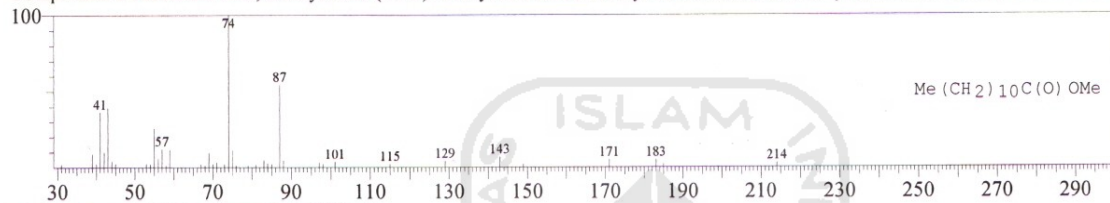
Line#:2 R.Time:22.017(Scan#:2259) MassPeaks:34
 RawMode:Single 22.017(2259) BasePeak:74.05(37805)
 BG Mode:Peak Start 21.958(2252)



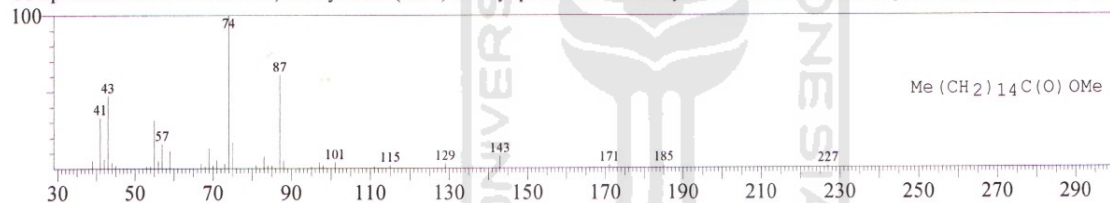
Hit#:1 Entry:113522 Library:WILEY7.LIB
 SI:98 Formula:C13 H26 O2 CAS:111-82-0 MolWeight:214 RetIndex:0
 CompName:Dodecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl laurate \$\$ Methyl dodecanoate \$\$ Methyl n-dodecanoate \$\$ Lauric acid n



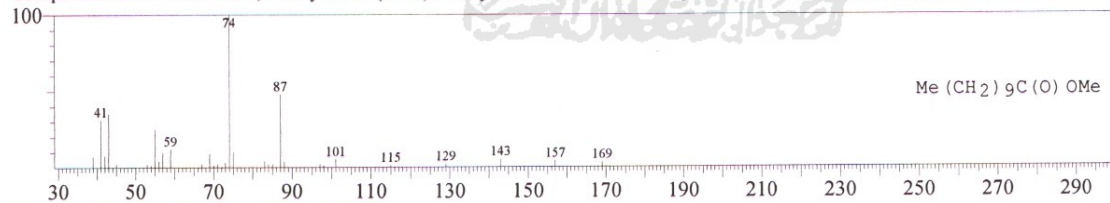
Hit#:2 Entry:113516 Library:WILEY7.LIB
 SI:97 Formula:C13 H26 O2 CAS:111-82-0 MolWeight:214 RetIndex:0
 CompName:Dodecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl laurate \$\$ Methyl dodecanoate \$\$ Methyl n-dodecanoate \$\$ Lauric acid n



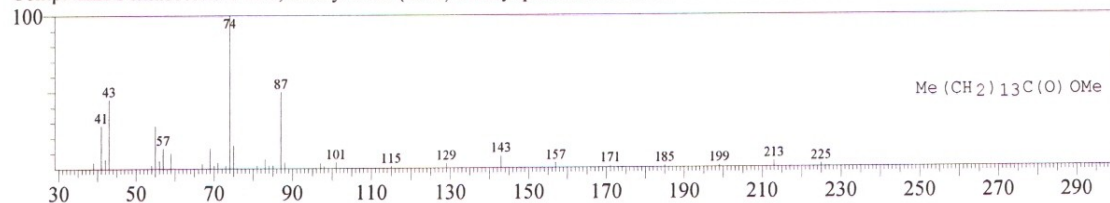
Hit#:3 Entry:180455 Library:WILEY7.LIB
 SI:95 Formula:C17 H34 O2 CAS:112-39-0 MolWeight:270 RetIndex:0
 CompName:Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate \$\$ Methyl hexadecanoate \$\$ Methyl n-hexadecanoate \$\$ Uni



Hit#:4 Entry:95910 Library:WILEY7.LIB
 SI:95 Formula:C12 H24 O2 CAS:1731-86-8 MolWeight:200 RetIndex:0
 CompName:Undecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl undecanoate \$\$ Methyl ester of undecanoic acid \$\$ METHYL HENDEC,

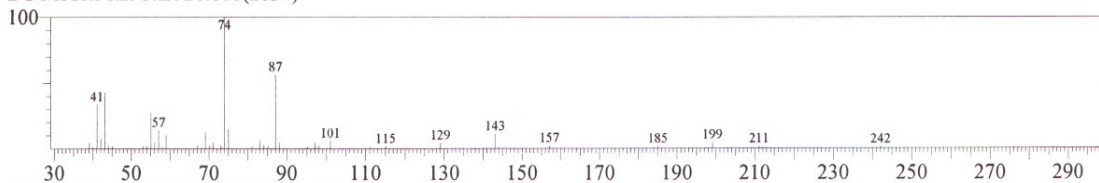


Hit#:5 Entry:164481 Library:WILEY7.LIB
 SI:95 Formula:C16 H32 O2 CAS:7132-64-1 MolWeight:256 RetIndex:0
 CompName:Pentadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl pentadecanoate \$\$ PENTADECANOIC ACID-METHYL ESTER \$\$ M

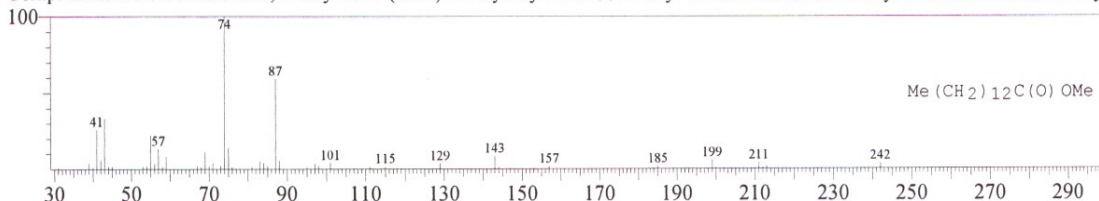


<< Target >>

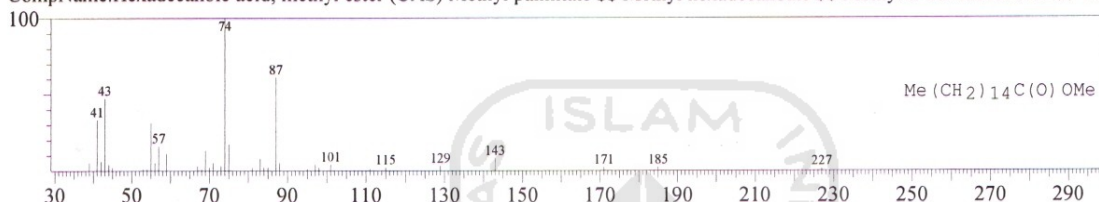
Line#:3 R.Time:26.900(Scan#:2845) MassPeaks:42
 RawMode:Single 26.900(2845) BasePeak:74.00(385674)
 BG Mode:Peak Start 26.808(2834)



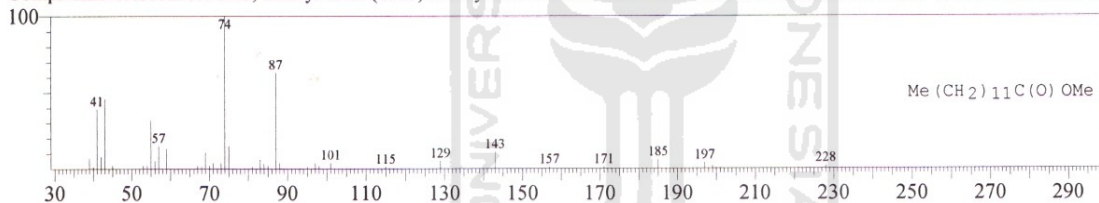
Hit#:1 Entry:148370 Library:WILEY7.LIB
 SI:96 Formula:C15 H30 O2 CAS:124-10-7 MolWeight:242 RetIndex:0
 CompName:Tetradecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl myristate \$\$ Methyl tetradecanoate \$\$ Methyl n-tetradecanoate \$\$ Myr



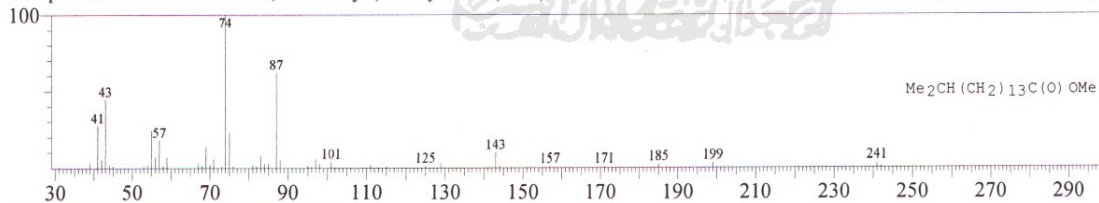
Hit#:2 Entry:180455 Library:WILEY7.LIB
 SI:96 Formula:C17 H34 O2 CAS:112-39-0 MolWeight:270 RetIndex:0
 CompName:Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate \$\$ Methyl hexadecanoate \$\$ Methyl n-hexadecanoate \$\$ Uni



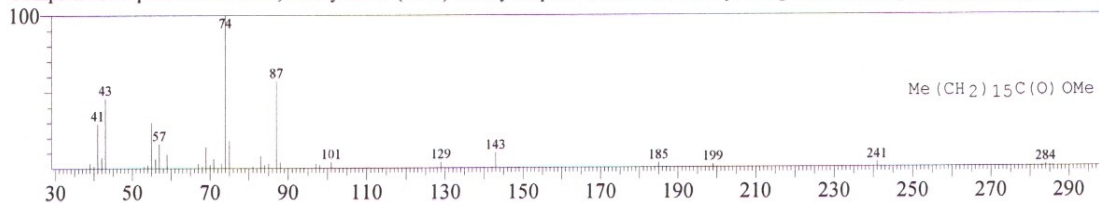
Hit#:3 Entry:131465 Library:WILEY7.LIB
 SI:95 Formula:C14 H28 O2 CAS:1731-88-0 MolWeight:228 RetIndex:0
 CompName:Tridecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl tridecanoate \$\$ METHYL N-TRIDECANOATE \$\$ Tridecanoic acid met



Hit#:4 Entry:195602 Library:WILEY7.LIB
 SI:95 Formula:C18 H36 O2 CAS:6929-4-0 MolWeight:284 RetIndex:0
 CompName:Hexadecanoic acid, 15-methyl-, methyl ester (CAS) METHYL-15-METHYL HEXADECANOATE \$\$ Methyl isohepta

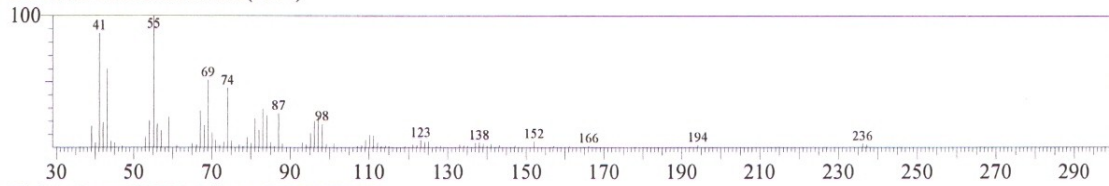


Hit#:5 Entry:195592 Library:WILEY7.LIB
 SI:95 Formula:C18 H36 O2 CAS:1731-92-6 MolWeight:284 RetIndex:0
 CompName:Heptadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl heptadecanoate \$\$ Methyl margarate \$\$ Margaric acid methyl ester \$\$

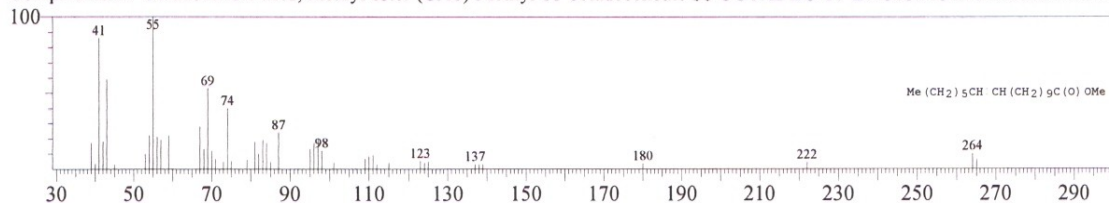


<< Target >>

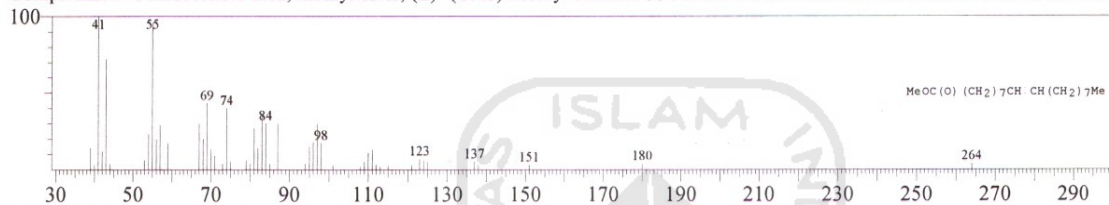
Line#:4 R.Time:30.858(Scan#:3320) MassPeaks:80
 RawMode:Single 30.858(3320) BasePeak:55.10(12207)
 BG Mode:Peak Start 30.808(3314)



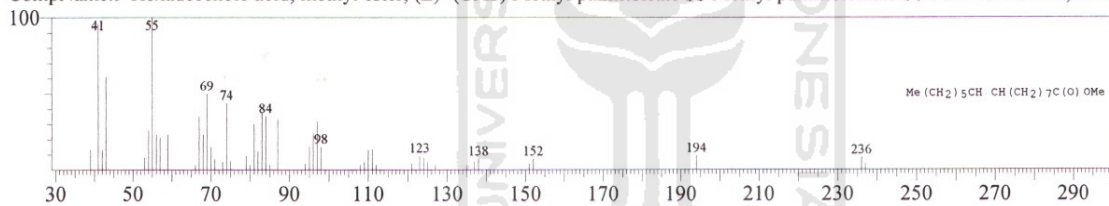
Hit#:1 Entry:207875 Library:WILEY7.LIB
 SI:94 Formula:C19 H36 O2 CAS:52380-33-3 MolWeight:296 RetIndex:0
 CompName:11-Octadecenoic acid, methyl ester (CAS) Methyl 11-octadecenoate \$\$ OCTADEC-11-ENOIC ACID METHYL ESTE



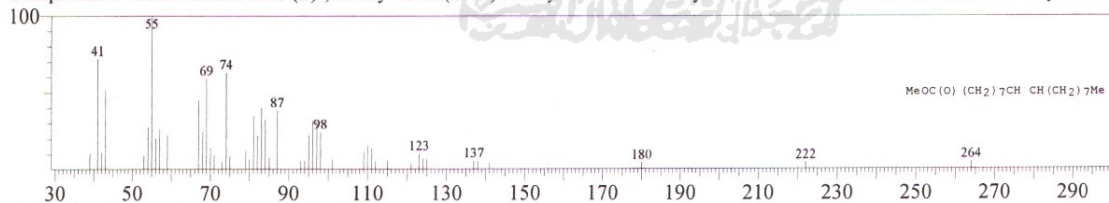
Hit#:2 Entry:207873 Library:WILEY7.LIB
 SI:93 Formula:C19 H36 O2 CAS:1937-62-8 MolWeight:296 RetIndex:0
 CompName:9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)- (CAS) Methyl elaidate \$\$ METHYL-TRANS 9-OCTADECENOATE \$\$ Elaidi



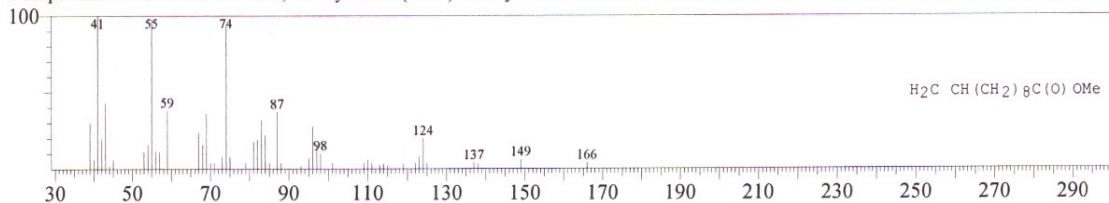
Hit#:3 Entry:178117 Library:WILEY7.LIB
 SI:92 Formula:C17 H32 O2 CAS:1120-25-8 MolWeight:268 RetIndex:0
 CompName:9-Hexadecenoic acid, methyl ester, (Z)- (CAS) Methyl palmitoleate \$\$ Methyl palmitoleinate \$\$ Palmitoleic acid, meth



Hit#:4 Entry:207865 Library:WILEY7.LIB
 SI:90 Formula:C19 H36 O2 CAS:112-62-9 MolWeight:296 RetIndex:0
 CompName:9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester (CAS) Methyl oleate \$\$ Methyl cis-9-octadecenoate \$\$ Oleic acid methyl ester 5

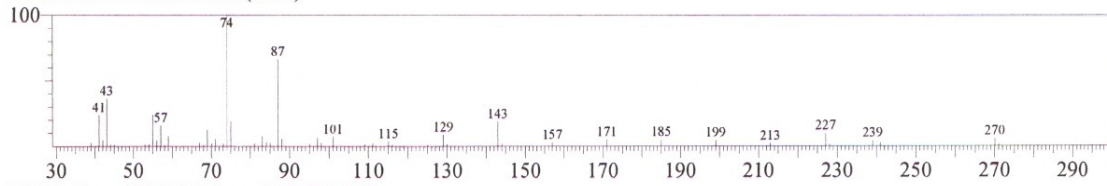


Hit#:5 Entry:93465 Library:WILEY7.LIB
 SI:90 Formula:C12 H22 O2 CAS:111-81-9 MolWeight:198 RetIndex:0
 CompName:10-Undecenoic acid, methyl ester (CAS) Methyl 10-undecenoate \$\$ METHYL UNDEC-10-ENOATE \$\$ Methyl undec

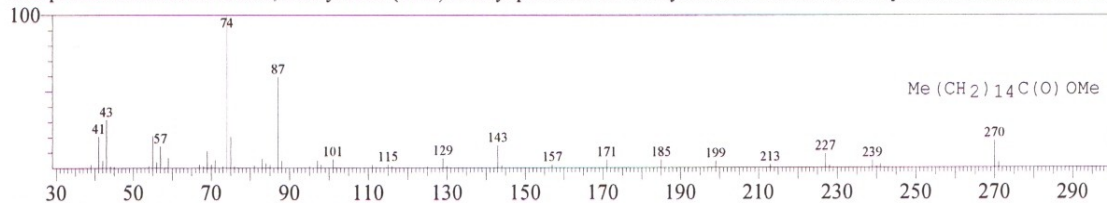


<< Target >>

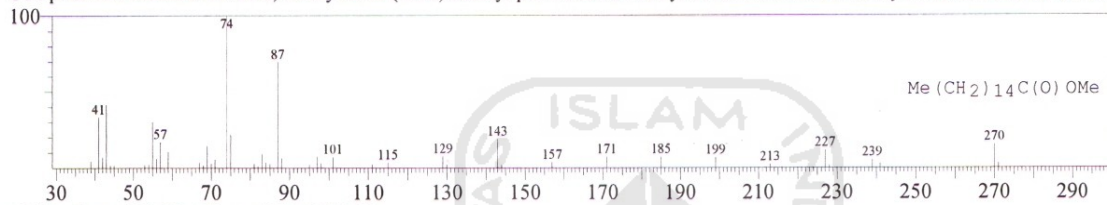
Line#:5 R.Time:31.500(Scan#:3397) MassPeaks:51
 RawMode:Single 31.500(3397) BasePeak:74.00(7364150)
 BG Mode:Peak Start 31.183(3359)



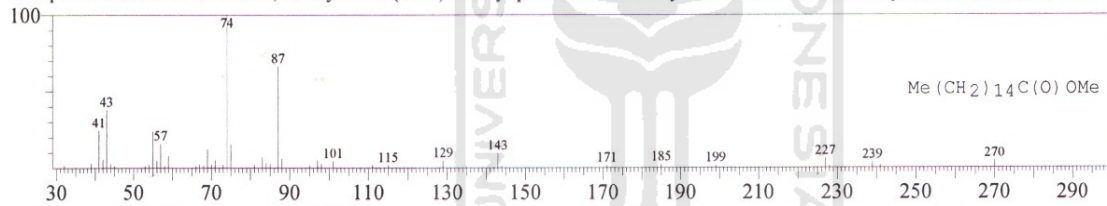
Hit#:1 Entry:180435 Library:WILEY7.LIB
 SI:96 Formula:C17 H34 O2 CAS:112-39-0 MolWeight:270 RetIndex:0
 CompName:Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate \$\$ Methyl hexadecanoate \$\$ Methyl n-hexadecanoate \$\$ Uni



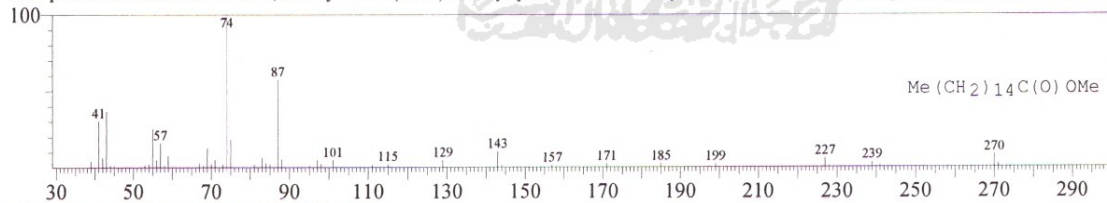
Hit#:2 Entry:180434 Library:WILEY7.LIB
 SI:96 Formula:C17 H34 O2 CAS:112-39-0 MolWeight:270 RetIndex:0
 CompName:Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate \$\$ Methyl hexadecanoate \$\$ Methyl n-hexadecanoate \$\$ Uni



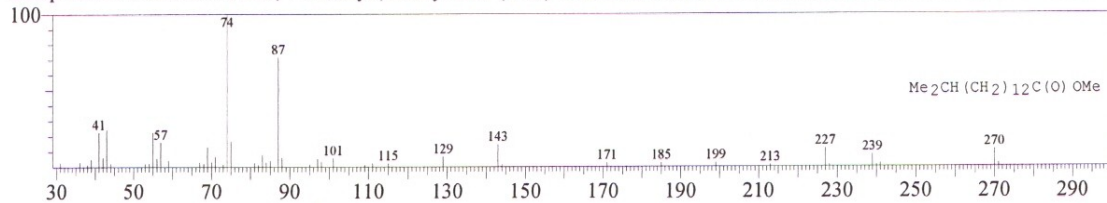
Hit#:3 Entry:180432 Library:WILEY7.LIB
 SI:96 Formula:C17 H34 O2 CAS:112-39-0 MolWeight:270 RetIndex:0
 CompName:Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate \$\$ Methyl hexadecanoate \$\$ Methyl n-hexadecanoate \$\$ Uni



Hit#:4 Entry:180433 Library:WILEY7.LIB
 SI:95 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 \$\$ Uni

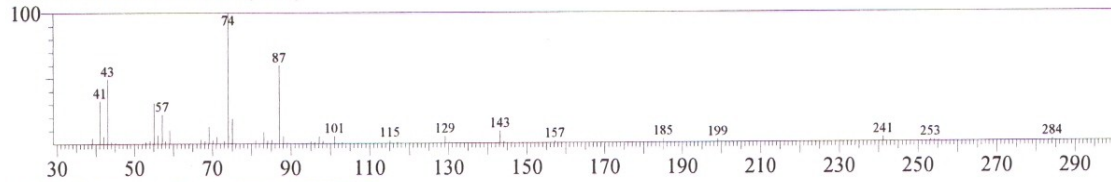


Hit#:5 Entry:180475 Library:WILEY7.LIB
 SI:95 Formula:C17 H34 O2 CAS:5129-60-2 MolWeight:270 RetIndex:0
 CompName:Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester (CAS) METHYL 14-METHYL-PENTADECANOATE \$\$ 14-METHYL-

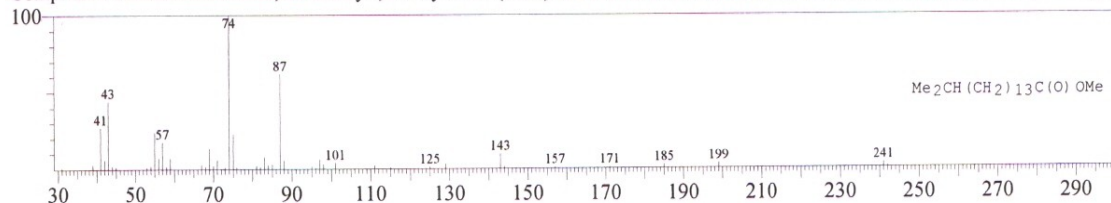


<< Target >>

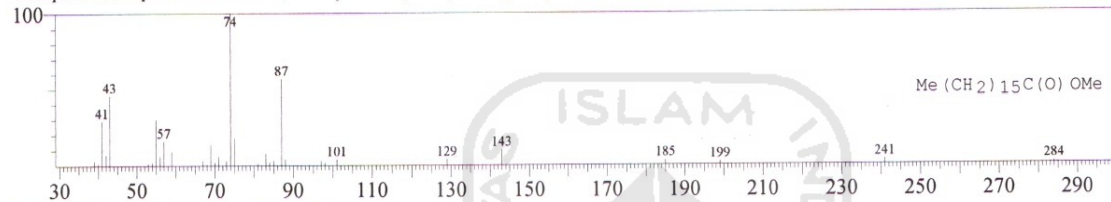
Line#:6 R.Time:33.300(Scan#:3613) MassPeaks:48
 RawMode:Single 33.300(3613) BasePeak:74.00(17591)
 BG Mode:Peak Start 33.233(3605)



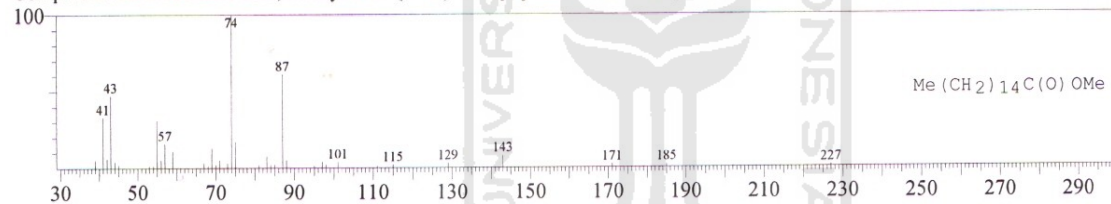
Hit#:1 Entry:195602 Library:WILEY7.LIB
 SI:95 Formula:C18 H36 O2 CAS:6929-4-0 MolWeight:284 RetIndex:0
 CompName:Hexadecanoic acid, 15-methyl-, methyl ester (CAS) METHYL-15-METHYL HEXADECANOATE \$\$ Methyl isohepta



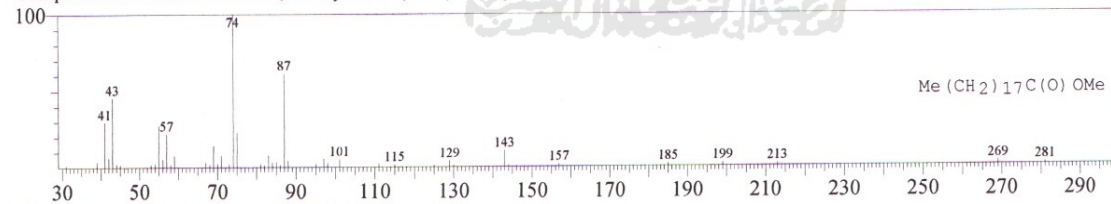
Hit#:2 Entry:195592 Library:WILEY7.LIB
 SI:95 Formula:C18 H36 O2 CAS:1731-92-6 MolWeight:284 RetIndex:0
 CompName:Heptadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl heptadecanoate \$\$ Methyl margarate \$\$ Margaric acid methyl ester \$\$



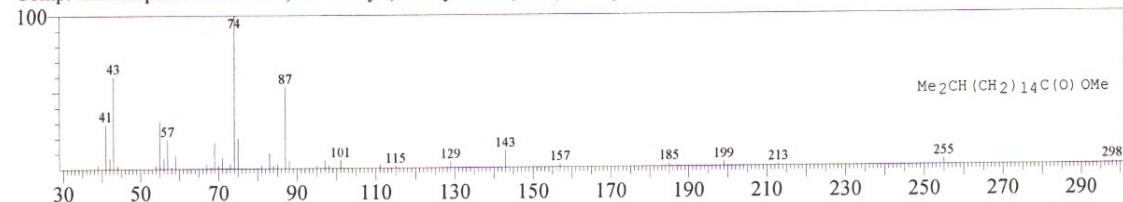
Hit#:3 Entry:180455 Library:WILEY7.LIB
 SI:95 Formula:C17 H34 O2 CAS:112-39-0 MolWeight:270 RetIndex:0
 CompName:Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate \$\$ Methyl hexadecanoate \$\$ Methyl n-hexadecanoate \$\$ Uni



Hit#:4 Entry:223360 Library:WILEY7.LIB
 SI:95 Formula:C20 H40 O2 CAS:1731-94-8 MolWeight:312 RetIndex:0
 CompName:Nonadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl nonadecanoate \$\$ Nonadecanoic acid methyl ester \$\$

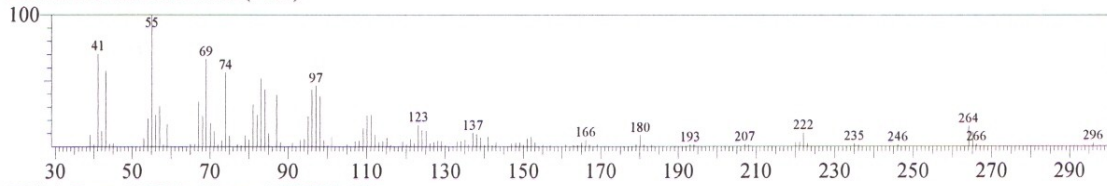


Hit#:5 Entry:209916 Library:WILEY7.LIB
 SI:95 Formula:C19 H38 O2 CAS:5129-61-3 MolWeight:298 RetIndex:0
 CompName:Heptadecanoic acid, 16-methyl-, methyl ester (CAS) Methyl isostearate \$\$ Methyl 16-methylheptadecanoate \$\$

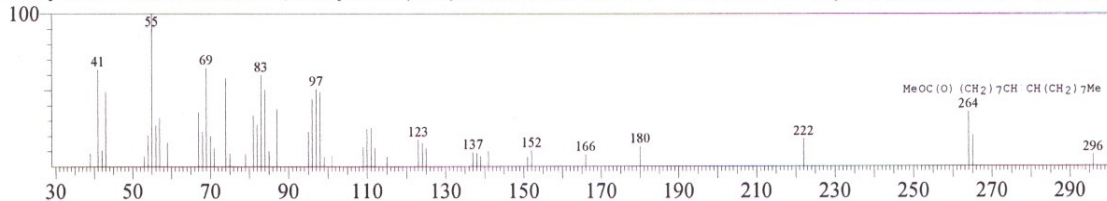


<< Target >>

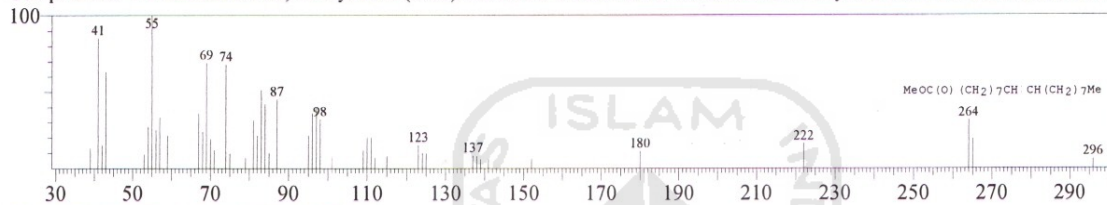
Line#:7 R.Time:35.033(Scan#:3821) MassPeaks:115
 RawMode:Single 35.033(3821) BasePeak:55.05(2580033)
 BG Mode:Peak Start 34.583(3767)



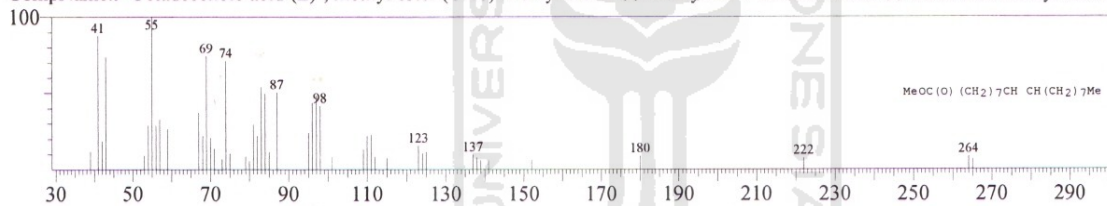
Hit#:1 Entry:207860 Library:WILEY7.LIB
 SI:96 Formula:C19 H36 O2 CAS:2462-84-2 MolWeight:296 RetIndex:0
 CompName:9-Octadecenoic acid, methyl ester (CAS) METHYL OCTADEC-9-ENOATE \$\$ Methyl 9-octadecenoate \$\$ METHYL



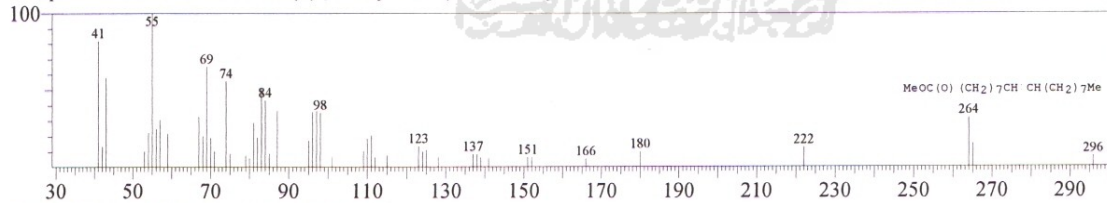
Hit#:2 Entry:207859 Library:WILEY7.LIB
 SI:96 Formula:C19 H36 O2 CAS:2462-84-2 MolWeight:296 RetIndex:0
 CompName:9-Octadecenoic acid, methyl ester (CAS) METHYL OCTADEC-9-ENOATE \$\$ Methyl 9-octadecenoate \$\$ METHYL



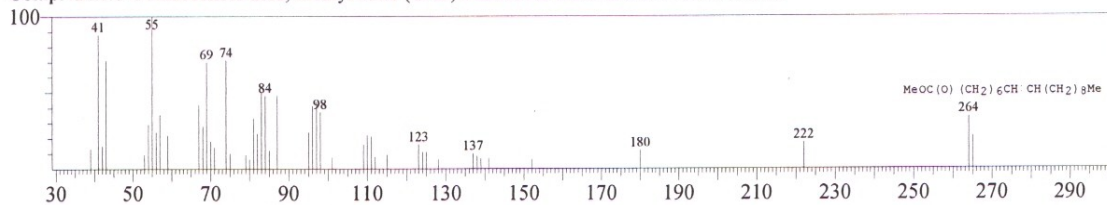
Hit#:3 Entry:207855 Library:WILEY7.LIB
 SI:95 Formula:C19 H36 O2 CAS:112-62-9 MolWeight:296 RetIndex:0
 CompName:9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester (CAS) Methyl oleate \$\$ Methyl cis-9-octadecenoate \$\$ Oleic acid methyl ester \$



Hit#:4 Entry:207863 Library:WILEY7.LIB
 SI:95 Formula:C19 H36 O2 CAS:112-62-9 MolWeight:296 RetIndex:0
 CompName:9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester (CAS) Methyl oleate \$\$ Methyl cis-9-octadecenoate \$\$ Oleic acid methyl ester \$

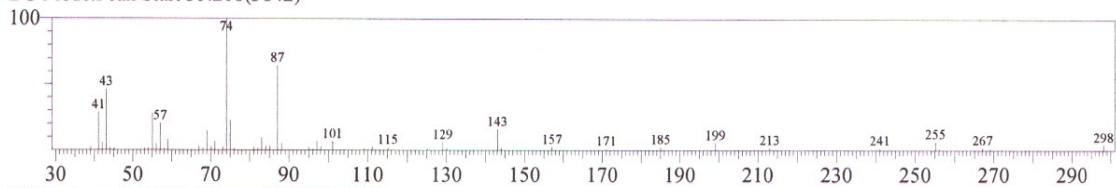


Hit#:5 Entry:207515 Library:WILEY7.LIB
 SI:95 Formula:C19 H36 O2 CAS:2345-29-1 MolWeight:296 RetIndex:0
 CompName:8-Octadecenoic acid, methyl ester (CAS) METHYL OCTADEC-8-ENOATE \$\$

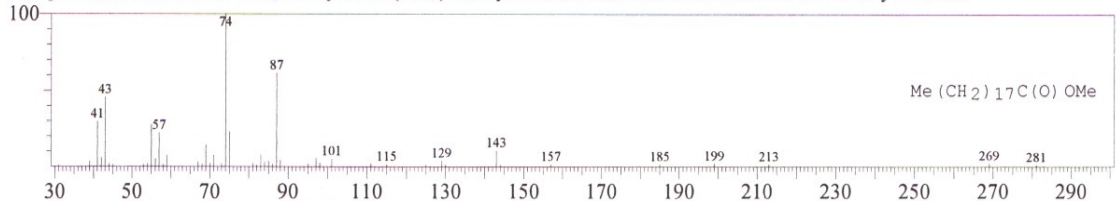


<< Target >>

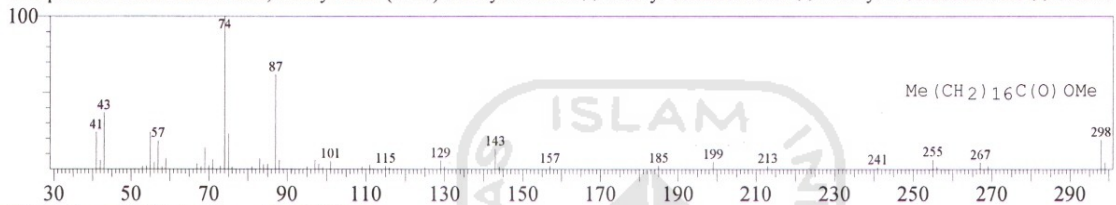
Line#:8 R.Time:35.317(Scan#:3855) MassPeaks:53
 RawMode:Single 35.317(3855) BasePeak:74.00(1595769)
 BG Mode:Peak Start 35.208(3842)



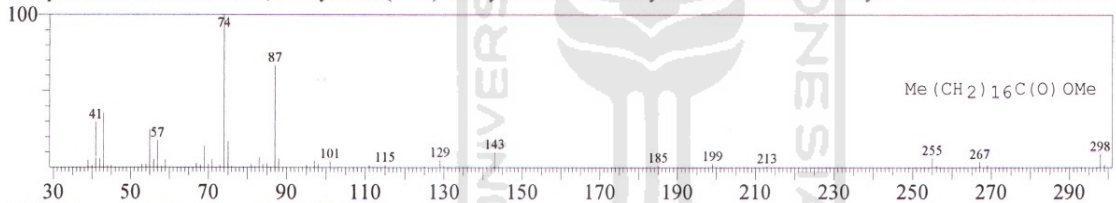
Hit#:1 Entry:223360 Library:WILEY7.LIB
 SI:96 Formula:C20 H40 O2 CAS:1731-94-8 MolWeight:312 RetIndex:0
 CompName:Nonadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl nonadecanoate \$\$ Nonadecanoic acid methyl ester \$\$



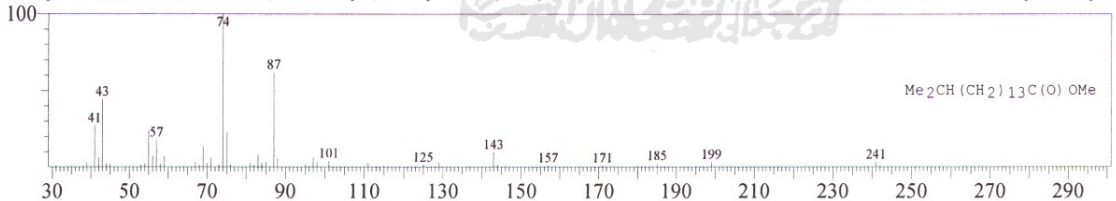
Hit#:2 Entry:209841 Library:WILEY7.LIB
 SI:95 Formula:C19 H38 O2 CAS:112-61-8 MolWeight:298 RetIndex:0
 CompName:Octadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl stearate \$\$ Methyl octadecanoate \$\$ Methyl n-octadecanoate \$\$ Stearic



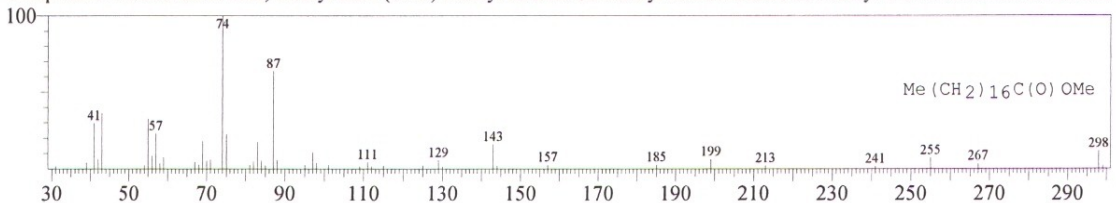
Hit#:3 Entry:209836 Library:WILEY7.LIB
 SI:95 Formula:C19 H38 O2 CAS:112-61-8 MolWeight:298 RetIndex:0
 CompName:Octadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl stearate \$\$ Methyl octadecanoate \$\$ Methyl n-octadecanoate \$\$ Stearic



Hit#:4 Entry:195602 Library:WILEY7.LIB
 SI:95 Formula:C18 H36 O2 CAS:6929-4-0 MolWeight:284 RetIndex:0
 CompName:Hexadecanoic acid, 15-methyl-, methyl ester (CAS) METHYL-15-METHYL HEXADECANOATE \$\$ Methyl isohepta

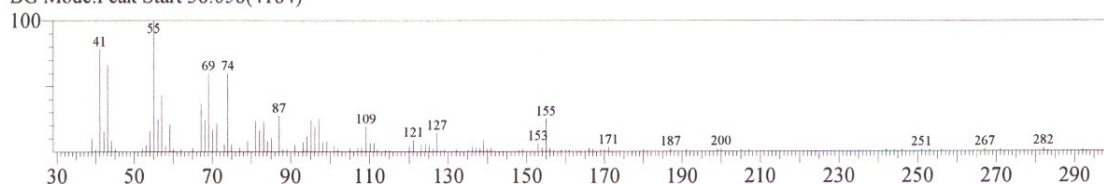


Hit#:5 Entry:209835 Library:WILEY7.LIB
 SI:95 Formula:C19 H38 O2 CAS:112-61-8 MolWeight:298 RetIndex:0
 CompName:Octadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl stearate \$\$ Methyl octadecanoate \$\$ Methyl n-octadecanoate \$\$ Stearic



<< Target >>

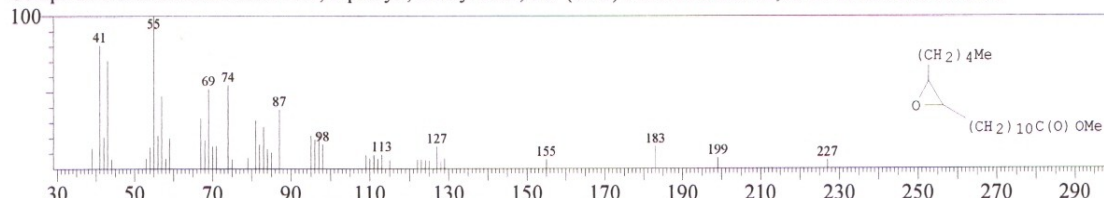
Line#:9 R.Time:38.125(Scan#:4192) MassPeaks:104
 RawMode:Single 38.125(4192) BasePeak:55.05(5427)
 BG Mode:Peak Start 38.058(4184)



Hit#:1 Entry:223331 Library:WILEY7.LIB

SI:89 Formula:C19 H36 O3 CAS:38520-30-8 MolWeight:312 RetIndex:0

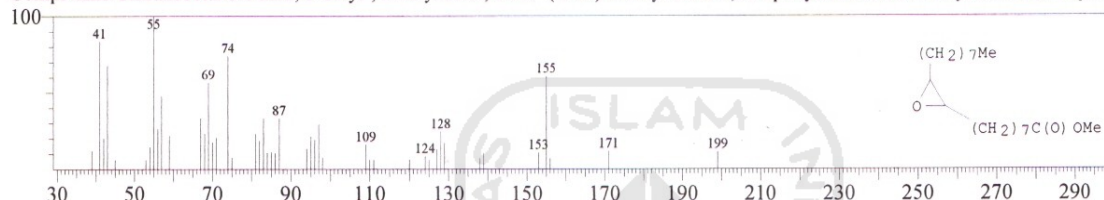
CompName:Oxiraneundecanoic acid, 3-pentyl-, methyl ester, cis- (CAS) METHYL CIS-12,13-EPOXISTEARATE \$\$



Hit#:2 Entry:223338 Library:WILEY7.LIB

SI:89 Formula:C19 H36 O3 CAS:6084-76-0 MolWeight:312 RetIndex:0

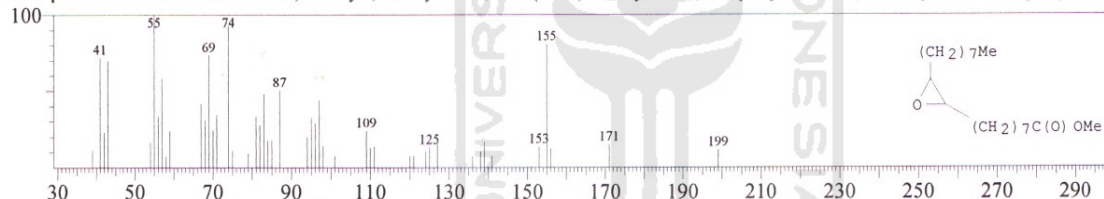
CompName:Oxiraneoctanoic acid, 3-octyl-, methyl ester, trans- (CAS) Methyl trans-9,10-epoxystearate \$\$ Methyl trans-9,10-epoxy



Hit#:3 Entry:223336 Library:WILEY7.LIB

SI:87 Formula:C19 H36 O3 CAS:2566-91-8 MolWeight:312 RetIndex:0

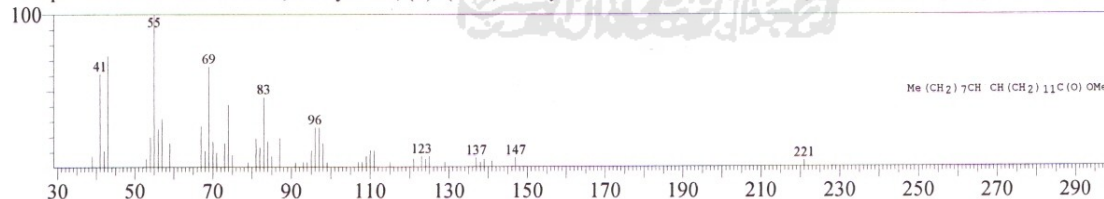
CompName:Oxiraneoctanoic acid, 3-octyl-, methyl ester, cis- (CAS) Methyl cis-9,10-epoxystearate \$\$ Methyl cis-9,10-epoxyoctade



Hit#:4 Entry:255934 Library:WILEY7.LIB

SI:87 Formula:C23 H44 O2 CAS:1120-34-9 MolWeight:352 RetIndex:0

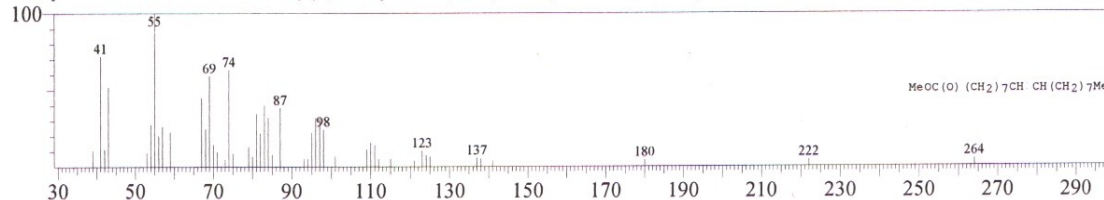
CompName:13-Docosenoic acid, methyl ester, (Z)- (CAS) Methyl erucate \$\$ Erucic acid methyl ester \$\$ Methyl (Z)-13 docosenoat



Hit#:5 Entry:207865 Library:WILEY7.LIB

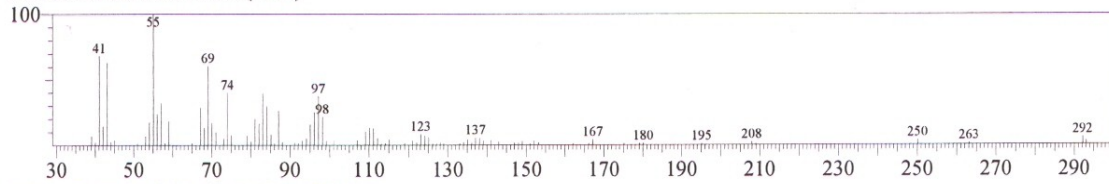
SI:87 Formula:C19 H36 O2 CAS:112-62-9 MolWeight:296 RetIndex:0

CompName:9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester (CAS) Methyl oleate \$\$ Methyl cis-9-octadecenoate \$\$ Oleic acid methyl ester \$



<< Target >>

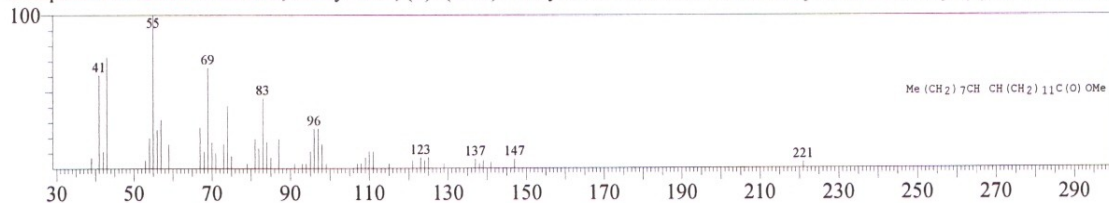
Line#:10 R.Time:38.442(Scan#:4230) MassPeaks:90
 RawMode:Single 38.442(4230) BasePeak:55.05(13470)
 BG Mode:Peak Start 38.375(4222)



Hit#:1 Entry:255934 Library:WILEY7.LIB

SI:93 Formula:C23 H44 O2 CAS:1120-34-9 MolWeight:352 RetIndex:0

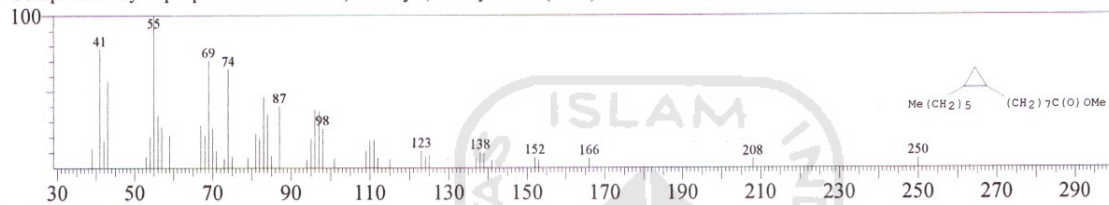
CompName:13-Docosenoic acid, methyl ester, (Z)- (CAS) Methyl erucate \$\$ Erucic acid methyl ester \$\$ Methyl (Z)-13 docosenoat



Hit#:2 Entry:193360 Library:WILEY7.LIB

SI:93 Formula:C18 H34 O2 CAS:10152-61-1 MolWeight:282 RetIndex:0

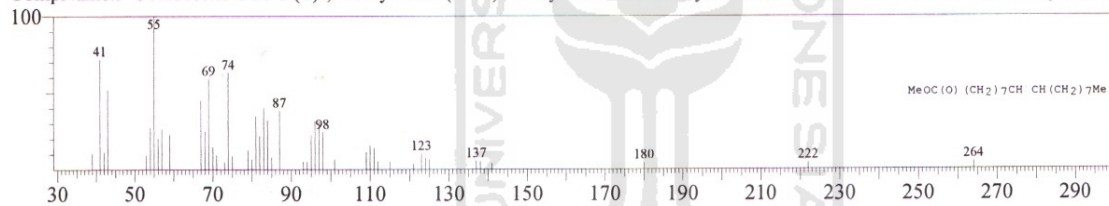
CompName:Cyclopropaneoctanoic acid, 2-hexyl-, methyl ester (CAS) METHYL 9,10-METHYLENE HEXADECANOATE \$\$



Hit#:3 Entry:207865 Library:WILEY7.LIB

SI:93 Formula:C19 H36 O2 CAS:112-62-9 MolWeight:296 RetIndex:0

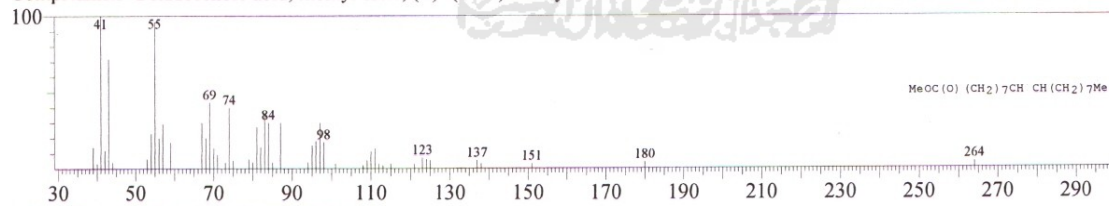
CompName:9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester (CAS) Methyl oleate \$\$ Methyl cis-9-octadecenoate \$\$ Oleic acid methyl ester \$



Hit#:4 Entry:207873 Library:WILEY7.LIB

SI:92 Formula:C19 H36 O2 CAS:1937-62-8 MolWeight:296 RetIndex:0

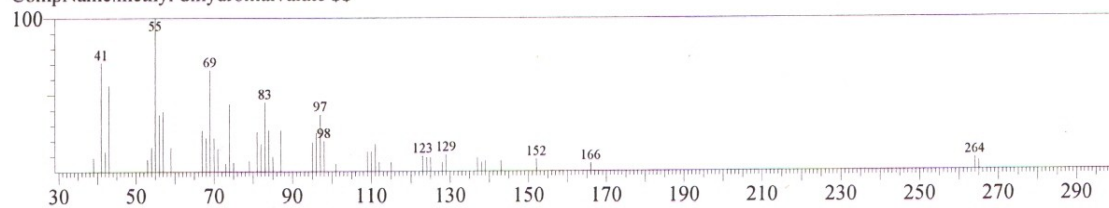
CompName:9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)- (CAS) Methyl elaidate \$\$ METHYL-TRANS 9-OCTADECENOATE \$\$ Elaidi



Hit#:5 Entry:207516 Library:WILEY7.LIB

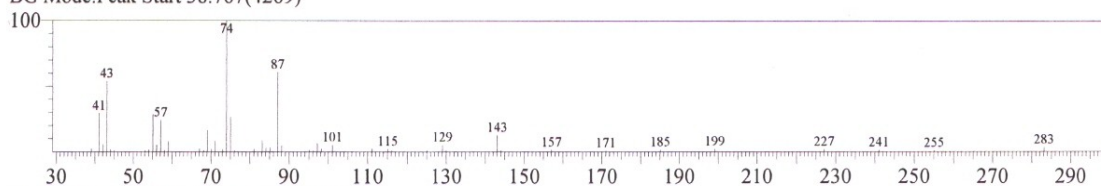
SI:92 Formula:C19 H36 O2 CAS:0-0-0 MolWeight:296 RetIndex:0

CompName:methyl dihydromalvalate \$\$

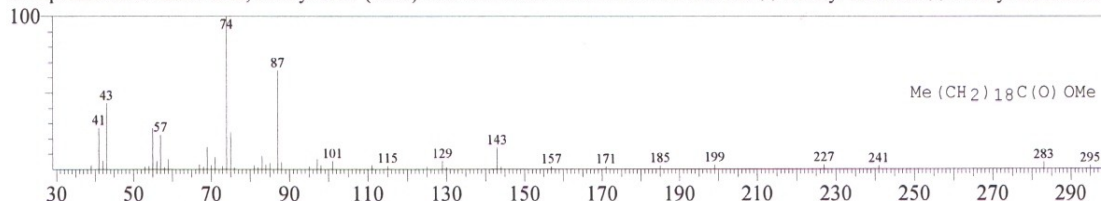


<< Target >>

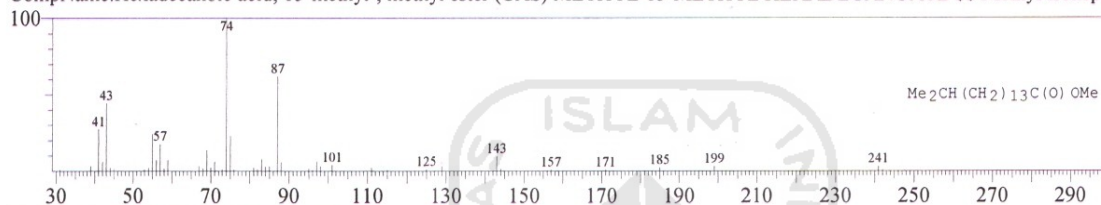
Line#:11 R.Time:38.858(Scan#:4280) MassPeaks:49
 RawMode:Single 38.858(4280) BasePeak:74.00(76822)
 BG Mode:Peak Start 38.767(4269)



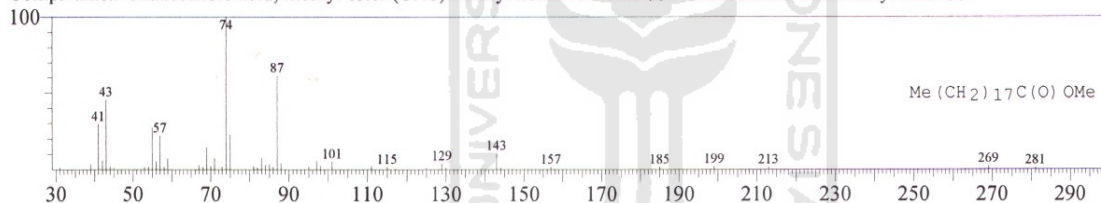
Hit#:1 Entry:235755 Library:WILEY7.LIB
 SI:96 Formula:C21 H42 O2 CAS:1120-28-1 MolWeight:326 RetIndex:0
 CompName:Eicosanoic acid, methyl ester (CAS) ARACHIDIC ACID METHYL ESTER \$\$ Methyl arachate \$\$ Methyl eicosanoate



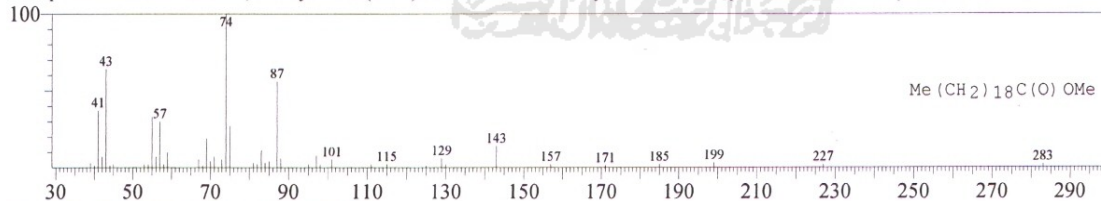
Hit#:2 Entry:195602 Library:WILEY7.LIB
 SI:96 Formula:C18 H36 O2 CAS:6929-4-0 MolWeight:284 RetIndex:0
 CompName:Hexadecanoic acid, 15-methyl-, methyl ester (CAS) METHYL-15-METHYL HEXADECANOATE \$\$ Methyl isohepta



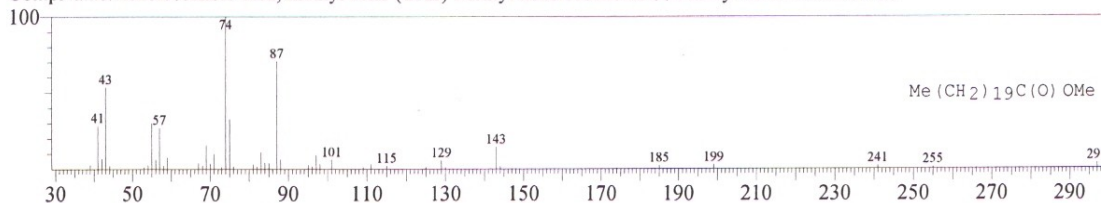
Hit#:3 Entry:223360 Library:WILEY7.LIB
 SI:96 Formula:C20 H40 O2 CAS:1731-94-8 MolWeight:312 RetIndex:0
 CompName:Nonadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl nonadecanoate \$\$ Nonadecanoic acid methyl ester \$\$



Hit#:4 Entry:235761 Library:WILEY7.LIB
 SI:95 Formula:C21 H42 O2 CAS:1120-28-1 MolWeight:326 RetIndex:0
 CompName:Eicosanoic acid, methyl ester (CAS) Arachidic acid methyl ester \$\$ Methyl arachate \$\$ Methyl eicosanoate \$\$ METH



Hit#:5 Entry:247105 Library:WILEY7.LIB
 SI:95 Formula:C22 H44 O2 CAS:6064-90-0 MolWeight:340 RetIndex:0
 CompName:Heneicosanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl heneicosanoate \$\$ Methyl henelcosanoate \$\$





Laboratorium Teknologi Minyak Bumi Gas dan Batubara
JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS GADJAH MADA
 Jalan Grafika No. 2 Yogyakarta Telp. 274 - 902171 Fax. 274 - 902170
 E-Mail : tkftugm@indosat.net.id

No.:UGM/TKK/TMBGB/115/C/02/02

Hasil Pemeriksaan 2 (dua) Contoh Biodiesel
Dari: Sdr. Aria Sulistyasmara, NIM : 02612001
Mahasiswa jurusan Kimia Fakultas MIPA UII, Yogyakarta
Sesuai surat : 09 Mei 2008

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan		Metode Pemeriksaan
		Biodiesel 4 5 % H-Zeo (E) 1 % NaOH (T)	Biodisel 5 1,25 % Accu (E) 1 % NaOH (T)	
1	Specific gravity at 60/60 °F	0.8765	0.8752	ASTM D 1298
2.	Density at 15 °C, gr/ml	0,8760	0,8747	ASTM D 1298
3.	Flash Point, PM.C.C, °C	63	79	ASTM D 93
4.	Viscosity kinematic 40 °C cSt	4.7300	4.4433	ASTM D 445
5.	Conradson Carbon Residue, % wt	*)	*)	ASTM D 189
6.	Pour point, °C	10	10	ASTM D 97
7.	Water Content, % vol	0.5	0.3	ASTM D 95
8.	Gross Heating Value, BTU/ lb	19416	19424	**)

Keterangan :

*) Alat baru diperbaiki

**) Dengan perhitungan

Yogyakarta, 13 Mei 2008

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia FT UGM



Suryo Purwono

Prof. Ir. Suryo Purwono, MA.Sc., Ph.D
 NIP. 131574835

Kepala,

Bardi Murachman

Dr. Ir. Bardi Murachman, SU, DEA
 NIP. 130812200

Data Hasil Penimbangan Sampel Pada Masing-Masing Tahapan

<i>Esterifikasi</i>				
Item	Sampel (gram)			
	1	2	3	4
	1,25% H-Zeo	2,50% H-Zeo	3,75% H-Zeo	5,00% H-Zeo
1. MJS	900	900	900	900
2. Metanol	402,4	402,7	402,4	402,7
3. H-Zeo	16,3	32,6	48,9	65,2
4. Sisa metanol (+wadah)	237,5	200	223,2	188,3
5. Sisa zeolit basah (+wadah)	24,7	52,9	66,6	90
6. Sisa minyak hasil esterifikasi	894,8	882	872,2	878,3

<i>Transesterifikasi</i>				
Item	Sampel (gram)			
	1	2	3	4
	1,25% H-Zeo	2,50% H-Zeo	3,75% H-Zeo	5,00% H-Zeo
1. MHE	800	800	800	800
2. Metanol	178,8	178,8	178,8	178,8
3. NaOH	9,8	9,8	9,9	9,8
4. Gel bening (bercampur minyak)	2,3	31	Catatan "nihil"	35,9
5. Gel coklat (bercampur padatan)	162,6	293,1	Catatan "nihil"	99
6. Padatan coklat & putih (sabun)	177,3		Catatan "nihil"	230
7. Biodiesel	577,6	555,4	705,7	524,3

Keterangan : - massa wadah (kantung plastik bening) = ± 1,5 gram.
 - 524,3 gr biodiesel (spl.4) = ± 65,5375% dari 800 gr MHE.
 - 705,7 gr biodiesel (spl.3) = ± 88,2125% dari 800 gr MHE.