PRODUKSI BIODIESEL MENGGUNAKAN ABU PELEPAH PISANG SEBAGAI KATALIS BASA HETEROGEN DAN KOSOLVEN ASETON DENGAN METODE SONIKASI

SKRIPSI

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

Diajukan oleh :

BAIQ SAFIRA OKTAVIANTI PUTRI ZAIN

No. mhs : 17612087

PROGRAM STUDI KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2021

PRODUKSI BIODIESEL MENGGUNAKAN ABU PELEPAH PISANG SEBAGAI KATALIS BASA HETEROGEN DAN KOSOLVEN ASETON DENGAN METODE SONIKASI

SKRIPSI

yang diajukan oleh :

BAIQ SAFIRA OKTAVIANTI PUTRI ZAIN

No Mhs : 17612087

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Skripsi

Prodi Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Islam Indonesia

Tanggal : 10 Mei 2022

Dewan Penguji	Tanda Tangan
1. Dr. Tatang Shabur Julianto, M.Si.	……
2. Amri Setyawati, S.Si., M.Sc.	……
3. Salmahaminati, S.Si., M.Sc., Ph.D.	……

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Islam Indonesia

Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D.

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Baiq Safira Oktavianti Putri Zain

NIM : 17612087

Program Studi : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya dengan judul "Produksi Biodiesel menggunakan Abu Pelepah Pisang sebagai Katalis Basa Heterogen dan Kosolven Aseton dengan Metode Sonikasi" bersifat asli dan tidak berisi material yang diterbitkan sebelumnya kecuali referensi yang disebutkan di dalam skripsi ini. Apabila terdapat kontribusi dari penulisan tersebut secara eksplisit telah disebut dalam skripsi ini. Apabila ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan penuh tanggung jawab.

Mataram, 10 Mei 2022

Yang menyatakan,

Baiq Safira Oktavianti P. Z

NIM. 17612087

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Alhamdulillah hirobbil alamin, puji dan syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "**Produksi Biodiesel menggunakan Abu Pelepah Pisang sebagai Katalis Basa Heterogen dan Kosolven Aseton dengan Metode Sonikasi**" dengan tepat waktu.

Penyususan skripsi ini untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan pada Universitas Islam Indonesia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia. Penyusunan skripsi dapat terlaksana dengan baik berkat dukungan dari banyak pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu mendengarkan do'a, dan memberikan segala kemudahan serta ridho-Nya.
2. Bapak Fathul Wahid, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Prof Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Prof. Dr. Is Fatimah, S.Si, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Dr. Dwiarso Rubiyanto, M. Si., selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak Dr. Tatang Shabur Julianto, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telat meluangkan waktu, membimbing, memberi arahan dan masukkan kepada penulis dalam penulisan proposal penelitian ini sehingga dapat terselesaikan.
7. Seluruh Dosen Kimia, staff pengajar, laboran, dan karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.

8. Kedua orang tua serta adik saya yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan tanpa henti baik secara moral, materi, motivasi, dan masukkan.
9. Teman, sahabat, saudara, dan pihak-pihak lain yang namanya tidak bisa saya sebutkan satu per satu. Semoga Allah membalas kebaikan kalian aamiin.
10. Diri sendiri karena tidak pernah menyerah dan selalu berusaha dalam menyelesaikan proposal penelitian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan agar penulis dapat melengkapi kekurangannya. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Aamiin.

Wa'alaikumsalam warahmatullahi wabarakatuh.

Mataram, Desember 2020

Baiq Safira Oktavianti Putri Zain

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN i
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN ii
KATA PENGANTAR ii
DAFTAR ISI v
DAFTAR GAMBAR vii
DAFTAR TABEL viii
DAFTAR LAMPIRAN ix
INTISARI x
ABSTRACT xi
BAB I 1
PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 4
BAB II 5
TINJAUAN PUSTAKA 5
BAB III 9
DASAR TEORI 9
3.1 Minyak Nabati 9
3.2 Biodiesel 10
3.3 Metanol 11
3.4 Pelepah Pisang 12
3.5 Katalis 13
3.6 Kosolven 13
3.7 Aseton 14
3.8 Reaksi Transesterifikasi 14
3.9 Sonikasi 15
3.10 Sentrifugasi 15
3.11 *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS) 16

3.12 *X-Ray Diffraction* (XRD) 17
3.13 *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) .. 18
BAB IV 20
METODOLOGI PENELITIAN 20
4.1 Alat 20
4.2 Bahan 20
4.3 Cara Kerja 20
4.3.1 Preparasi Sampel 20
a. Preparasi Sampel Katalis Pelepah Pisang 20
b. Preparasi Sampel Minyak Jelantah 21
4.3.2 Karakterisasi Abu Katalis Pelepah Pisang 21
a. Karakterisasi menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) 21
b. Karakterisasi menggunakan SEM-EDX 21
4.3.3 Proses Transesterifikasi 21
4.3.4 Analisa Biodiesel 22
BAB V 23
HASIL DAN PEMBAHASAN 23
5.1 Preparasi Katalis Abu Pelepah Pisang 23
5.2 Hasil Karakterisasi dengan *X-Ray Diffraction* (XRD) 24
5.3 Hasil Karakterisasi dengan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX). 25
5.4 Transesterifikasi Minyak Jelantah dengan Katalis Abu Pelepah Pisang 27
5.5 Identifikasi Metil Ester Minyak Jelantah dengan GC-MS 32
5.6 Interpretasi Data Analisis 38
BAB VI 41
KESIMPULAN DAN SARAN 41
6.1 Kesimpulan 41
6.2 Saran 41
DAFTAR PUSTAKA 43
LAMPIRAN 51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Kimia Gliserol, Asam Lemak, dan Trigliserida 9
Gambar 2. Pelepah pisang kering 12
Gambar 3. Reaksi Transesterifikasi 14
Gambar 4. Alat Sonikator 15
Gambar 5. Alat Sentrifugator 16
Gambar 6. Skema Alat GC-MS 17
Gambar 7. Model Difraksi Bragg 18
Gambar 8. Difraktogram Abu Pelepah Pisang 24
Gambar 9. Struktur Morfologi Abu Pelepah Pisang 25
Gambar 10. Spektrum EDX Abu Pelepah Pisang 26
Gambar 11. Pelepah Pisang Sebelum Kalsinasi dan Setelah Kalsinasi 27
Gambar 12. Proses Pencucian Minyak Jelantah dengan Metanol 28
Gambar 13. Pemisahan Trigliserida dari Metanol 299
Gambar 14. Proses Sonikasi 29
Gambar 15. Hasil Proses Sentrifugasi 30
Gambar 16. Mekanisme Reaksi Metanol dengan Katalis Basa K_2O 30
Gambar 17. Mekanisme Reaksi Transesterifikasi 31
Gambar 18. Hubungan antara Variasi Massa Katalis dengan Persentase Rendemen 32
Gambar 19. Kromatogram Katalis Abu Pelepah Pisang 0,3 gram 344
Gambar 20. Kromatogram Katalis Abu Pelepah Pisang 0,6 gram 34
Gambar 21. Kromatogram Katalis Abu Pelepah Pisang 0,8 gram 35
Gambar 22. Kromatogram Katalis Abu Pelepah Pisang 1 gram 377
Gambar 23. Spektra Massa Metil Palmitat 38
Gambar 24. Struktur Kimia Metil Palmitat 38
Gambar 25. Spektra Massa Metil Elaidat 399
Gambar 26. Struktur Kimia Metil Elaidat 39
Gambar 27. Spektra Massa Metil Stearat 40
Gambar 28. Struktur Kimia Metil Stearat 40

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komponen Mineral dalam Abu Pelepah Pisang 7
Tabel 2. Syarat Mutu Biodiesel SNI 04-7182-2015 10
Tabel 3. Komposisi Kimia Pelepah Pisang 12
Tabel 4. Komponen Penyusun Abu Pelepah Pisang 26
Tabel 5. Hasil Proses Transesterifikasi 32
Tabel 6. Komponen Senyawa Biodiesel Variasi Katalis 0,3 gram 34
Tabel 7. Komponen Senyawa Biodiesel Variasi Katalis 0,6 gram 355
Tabel 8. Komponen Senyawa Biodiesel Variasi Katalis 0,8 gram 366
Tabel 9. Komponen Senyawa Biodiesel Variasi Katalis 1 gram 377

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Rasio Mol Minyak Jelantah dan Mol Metanol..... 51
Lampiran 2. Perhitungan Rasio Mol Metanol dan Mol Kosolven Aseton..... 522
Lampiran 3. Perhitungan Rasio Perbandingan Minyak Jelantah dan Metanol (Proses Pencucian)..... 533
Lampiran 4. Perhitungan Hasil Rendemen Biodiesel..... 544
Lampiran 5. Perhitungan 2θ pada analisis XRD..... 566
Lampiran 6. Tabel Analisis Kandungan Senyawa Biodiesel dengan GC-MS.... 577
Lampiran 7. Pola Fragmentasi Kromatogram Puncak Tertinggi..... 599
Lampiran 8. Hasil GC Metil Ester Katalis Abu Pelepah Pisang 0,3 gram..... 60
Lampiran 9. Hasil MS Metil Ester Katalis Abu Pelepah Pisang 0,3 gram..... 61

PRODUKSI BIODIESEL MENGGUNAKAN ABU PELEPAH PISANG SEBAGAI KATALIS BASA HETEROGEN DAN KOSOLVEN ASETON DENGAN METODE SONIKASI

BAIQ SAFIRA OKTAVANTI PUTRI ZAIN

No Mhs : 17612087

INTISARI

Telah dilakukan produksi biodiesel dari minyak jelantah dengan reaksi transesterifikasi menggunakan abu pelepah pisang sebagai katalis basa heterogen dengan aseton sebagai kosolven. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi katalis abu pelepah pisang dan hasil reaksi transesterifikasi dengan tambahan kosolven aseton dari limbah minyak jelantah menggunakan metode sonikasi. Persentase penambahan katalis masing-masing adalah 0,3; 0,6; 0,8; dan 1 gram. Pembuatan katalis abu pelepah pisang dilakukan dengan kalsinasi pada suhu pemanasan 500 °C selama 2 jam. Katalis abu pelepah pisang dikarakterisasi menggunakan instrumen XRD dan SEM-EDX. Hasil produksi biodiesel dianalisis menggunakan instrumen GC-MS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase rendemen diperoleh paling tinggi sebesar 43,32% pada variasi katalis 0,3 gram.

Kata kunci : Minyak Jelantah, Transesterifikasi, Biodiesel, Katalis Abu Pelepah Pisang, Kosolven, Aseton, Sonikasi.

BIODIESEL PRODUCTION USING BANANA STEM ASH AS A HETEROGENEOUS BASES CATALYST AND COSOLVENT ACETONE WITH SONICATION METHOD

BAIQ SAFIRA OKTAVANTI PUTRI ZAIN

No Mhs : 17612087

ABSTRACT

The biodiesel production from waste cooking oil has been carried out by transesterification reaction using banana stem ash as a heterogeneous bases catalyst with acetone as a co-solvent. This research aims to determine the effect of the variations catalyst of banana stem ash and the results of the transesterification reaction with the addition of acetone co-solvent from waste cooking oil using sonication method. The percentage addition of each catalyst are 0,3; 0,6; 0,8; and 1 gram. In making banana stem ash catalyst was carried out by calcined at a heating temperature of 500 °C for 2 hours. The banana stem ash catalyst was characterized using XRD and SEM-EDX instruments. The results of biodiesel production was analyzed by using GC-MS instrument. The results showed that the highest yield percentage was 43,32% at 0,3 gram catalyst variation.

Keywords : Waste Cooking Oil, Transesterfication, Biodiesel, Banana Stem Ash Catalyst, Co-solvent, Acetone, Sonication.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bertambahnya kendaraan transportasi dan mesin berbahan bakar minyak lainnya, maka kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia juga semakin meningkat belakangan ini (Sumanto, 2005). Dari sisi penyedia, Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber energi, baik dengan sumber energi tak terbarukan maupun terbarukan. Namun eksplorasi sumber daya energi lebih difokuskan pada energi fosil yang merupakan sumber daya tak terbarukan, sedangkan energi terbarukan relatif kurang dimanfaatkan. Situasi ini menyebabkan ketersediaan energi fosil, terutama minyak mentah, semakin langka, yang menyebabkan Indonesia menjadi net importir minyak mentah dan turunannya (Elinur, dkk., 2010).

Diperkirakan periode tahun 2011-2030 permintaan kebutuhan minyak dalam negeri akan meningkat mendekati hampir dua kali lipat dari 327 juta barel pada tahun 2011 menjadi 578 juta barel pada tahun 2030, namun tidak demikian halnya dengan produksi minyak. Selama periode tersebut produksi minyak turun dari 329 juta barel menjadi 124 juta barel atau jika dipersentasekan turun sekitar 62% (Sugiyono, dkk., 2013).

Pemerintah telah memberikan berbagai solusi, salah satu solusi tersebut yaitu pengembangan bahan bakar alternatif yang terbuat dari bahan baku hayati atau bahan bakar nabati (biofuel). Pemerintah menganggap serius seluruh rencana tersebut untuk dilakukan lebih lanjut. Hal ini tercatat dalam Peraturan Presiden No. 5/2006 berisi tentang Kebijakan Energi Nasional serta Instruksi Presiden No. 1/2006 yang berisi tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati. Bioetanol dan biodiesel adalah dua alternatif yang mampu dijadikan sebagai pengganti bahan bakar bensin dan solar, yang telah lama digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Biodiesel merupakan produk yang berpeluang untuk dikembangkan dan saat ini dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti untuk mengatasi permasalahan energi (Murni, 2010).

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif untuk mesin diesel yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi antara minyak nabati atau lemak hewani, di mana minyak nabati atau lemak hewani mengandung trigliserida yang direaksikan dengan alkohol (seperti metanol dan etanol). Reaksi transesterifikasi ini membutuhkan katalis basa yang kuat (seperti natrium hidroksida atau kalium hidroksida) untuk menghasilkan senyawa baru yang disebut metil ester (Gerpen, 2005). Biodiesel dikenal sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan dapat dilihat dari emisi gas buang yang dihasilkan relatif lebih bersih dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Biodiesel tidak beracun, tidak mengandung sulfur, aplikasinya mudah, dan beraroma harum (Haryahto, 2002).

Minyak jelantah merupakan salah satu bahan baku yang berpotensi digunakan untuk pembuatan biodiesel. Menurut Aziz, dkk (2012), minyak jelantah merupakan salah satu bahan baku alternatif pembuatan biodiesel yang murah, ramah lingkungan, dapat mengurangi limbah rumah tangga atau industri makanan, dan tidak bersaing dengan kebutuhan pangan yang lain. Namun sebelum digunakan lebih lanjut, perlu dilakukan pengurangan viskositas minyak jelantah agar tidak menghambat proses injeksi, jika tidak dilakukan maka dapat menyebabkan proses pembakaran menjadi tidak sempurna. Salah satu reaksi yang dapat menurunkan viskositas minyak jelantah adalah reaksi transesterifikasi. Reaksi dapat berjalan lebih cepat apabila ditambahkan dengan katalis. Pada dasarnya sumber bahan baku pembuatan biodiesel memang sangat penting, namun hal terpenting yang perlu dikaji adalah jenis katalis yang digunakan. Hal ini dikarenakan kualitas biodiesel yang dihasilkan dan efisiensi proses pembuatan sangat bergantung pada katalis yang digunakan

Melalui reaksi transesterifikasi, trigliserida dalam minyak jelantah bereaksi dengan alkohol yang akan dipercepat dengan katalis untuk menghasilkan biodiesel atau FAME (*fatty acid methyl ester*) yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif pengganti solar. Selain biodiesel, reaksi ini juga akan menghasilkan produk samping berupa gliserol (Agus, dkk., 2015).

Biodiesel dari bahan minyak jelantah umumnya diperoleh dari reaksi esterifikasi dengan katalis asam dan reaksi transesterifikasi dengan katalis

homogen basa kuat seperti NaOH dan KOH. Adapun kelebihan penggunaan katalis homogen ini yaitu aktivitasnya tinggi dengan waktu reaksi selama 1 jam dan dapat berjalan pada kondisi sedang. Namun, penggunaan katalis homogen telah jarang dilakukan mengingat katalis homogen dapat menambah proses pada reaksi transesterifikasi serta produk reaksi sulit untuk dipisahkan (Carmo, dkk., 2009). Katalis homogen juga bersifat korosif, tidak dapat didaur ulang, pada tahap akhir perlu dilakukan penetralan lebih dahulu sebelum metil ester dipisahan, dan dapat menghasilkan limbah air dari proses pencucian. Oleh karena itu digunakan katalisator heterogen dalam proses transesterifikasi. Selain mengurangi biaya produksi biodiesel, juga mudah dipisahkan dari campuran reaksi dengan cara penyaringan, dapat digunakan kembali (*recovery*), dan sifat korosifnya lebih kecil (Carmo, dkk., 2009).

Katalisator basa padat harganya relatif mahal dipasaran, maka digunakan alternatif lain menggunakan katalisator dari alam. Salah satu katalisator yang digunakan dari alam tersebut yaitu abu pelepah pisang. Katalisator dari abu pelepah pisang ini nantinya digunakan sebagai tambahan pada pembuatan biodiesel agar dapat mempercepat proses. Menurut Kuntari, dkk (2009), di dalam pelepah pisang terkandung beberapa unsur kimia yaitu kalium, kalsium, magnesium, silikon, dan fosfor. Menurut Sukeksi, dkk (2017), kandungan kalium (K_2O) paling tinggi ditemukan pada pelepah pisang sebesar 36,19% yang berpotensi dijadikan sebagai sumber alkali. Abu pelepah pisang inilah yang akan digunakan sebagai katalisator basa heterogen dalam pembuatan biodiesel. Karena diketahui katalisator heterogen sifatnya lebih bagus dibandingkan dengan katalisator homogen.

Penelitian ini menggunakan metode sonikasi. Di mana metode sonikasi berfungsi untuk mempercepat pelarutan dan pemisahan suatu materi dengan cara memecah reaksi intermolekuler menggunakan gelombang ultrasonik. Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dilakukan penelitian tentang "PRODUKSI BIODIESEL MENGGUNAKAN ABU PELEPAH PISANG SEBAGAI KATALIS BASA HETEROGEN DAN KOSOLVEN ASETON

DENGAN METODE SONIKASI". Diharapkan dari penelitian ini mendapatkan hasil yang maksimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut.

1. Apa kandungan senyawa yang terdapat dalam abu pelepah pisang?
2. Apa saja komponen senyawa yang terbentuk dari hasil metil ester serta kadar komponennya menggunakan metode sonikasi?
3. Berapa persentase (%) *yield* metil ester yang dihasilkan dari analisis menggunakan GC-MS?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini dalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kandungan senyawa yang terdapat dalam abu pelepah pisang.
2. Mengetahui komponen dan kadar senyawa yang terbentuk dari hasil metil ester menggunakan metode sonikasi.
3. Mengetahui persentase (%) *yield* metil ester yang dihasilkan dari analisis menggunakan GC-MS.

1.4 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini, dapat diperoleh manfaat sebagai berikut.

1. Memberikan informasi mengenai kandungan senyawa dalam abu pelepah pisang.
2. Memberikan informasi mengenai komponen dan kadar senyawa dari hasil metil ester.
3. Meningkatkan nilai ekonomis dari penggunaan pelepah pisang dan minyak jelantah.
4. Mengurangi limbah pelepah pisang dan myang tidak dimanfaatkan di lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar yang ramah lingkungan karena memiliki emisi yang rendah, sehingga sangat berpotensi untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti solar (Kusmiyati dkk, 2016). Salah satu bahan dasar dalam pembuatan biodiesel yaitu minyak jelantah. Meningkatnya konsumsi dari minyak goreng, maka sebanding juga dengan meningkatnya potensi dari minyak jelantah. Karena minyak jelantah dimanfaatkan juga dalam proses pengolahan bahan makanan. Penggunaan minyak jelantah terus-menerus pada pengolahan makanan dapat membahayakan kesehatan tubuh manusia karena kandungan trigliserida di dalamnya telah mengalami kerusakan dan bersifat karsinogenik (penyebab kanker). Pengolahan minyak jelantah menjadi biodiesel merupakan salah satu alternatif yang perlu dikaji dalam pemanfaatan minyak jelantah (Rizqi, dkk., 2017).

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang berbahan dasar dari minyak nabati dan minyak hewani memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan bahan bakar dari minyak bumi. Keunggulannya antara lain, bahan baku yang digunakan bersifat dapat diperbaharui, ramah terhadap lingkungan, memiliki sifat pembakaran lebih baik dan juga pelumasan terhadap piston mesin, *biodegradable* (dapat terurai) yang juga merupakan sumber energi terbaru (*renewable energy*), dan hampir tidak mengandung sulfur. Alternatif bahan bakar terdiri dari metil atau etil ester, hasil transesterifikasi baik dari triakilgliserida (tg) atau esterifikasi dari asam lemak bebas (FFA) (Hambali, dkk., 2007).

Pada umumnya biodiesel dibuat dengan menggunakan 2 jenis reaksi yaitu reaksi esterifikasi dan reaksi transesterifikasi. Kedua reaksi tersebut memiliki karakteristik tersendiri. Penggabungan reaksi esterifikasi-transesterifikasi bertujuan untuk meningkatkan rendemen biodiesel yang dihasilkan (Efendi, dkk., 2018). Menurut Lestari, dkk (2018), reaksi transesterifikasi adalah reaksi antara alkohol dengan ester dalam membentuk suatu ester baru dan alkohol baru. Pada

prinsipnya, transesterifikasi merupakan suatu proses pengeluaran gliserin dari ester dan mereaksikan asam lemak bebasnya dengan alkohol yang akan membentuk alkohol ester.

Berdasarkan penelitian Baidawi, dkk (2009), disebutkan bahwa dengan penambahan kosolven pada produksi biodiesel mampu meningkatkan kadar metil ester dan mempersingkat waktu dalam proses sintesis biodiesel. Adapun syarat kosolven yang baik untuk digunakan yaitu tidak mengandung air, dan memiliki titik didih yang mendekati metanol sehingga dapat mempermudah proses pemisahan pada akhir reaksi, seperti diisopropil eter, dietil eter, dan tetrahidrofuran.

Aseton adalah salah satu jenis kosolven dalam reaksi transesterifikasi. Aseton memiliki momen dipol 2,88 D, yang tergolong pelarut aprotik, dengan polaritas menengah, sehingga dapat larut dengan baik dalam trigliserida (polaritas rendah) dan metanol (polaritas tinggi) (Thanh, dkk., 2013).

Proses transesterifikasi dapat dilakukan menggunakan katalis homogen atau heterogen. Perlunya penambahan katalis dalam produksi biodiesel karena reaksi cenderung berjalan lambat. Katalis berfungsi menurunkan energi aktivasi reaksi sehingga reaksi dapat berlangsung lebih cepat (Kirk & Othmer, 1980).

Adapun pada penelitian sebelumnya menggunakan katalisator homogen berupa NaOH dan KOH. Julianto dan Lestari (2018), telah melakukan penelitian tentang biodiesel menggunakan sampel minyak jelantah (rasio mol minyak : alkohol = 1:12) dan katalis KOH dengan penambahan variasi rasio mol aseton : metanol (1:4 ; 1:2 ; 1:1) secara *batch* menghasilkan *yield* sebesar 99,93% (1:4), 99,77% (1:2), 99,87% (1:1).

Namun, katalisator homogen memiliki kelemahan. Selama proses berlangsung dapat terjadi reaksi saponifikasi dan pemisahan produk dari katalis sulit, sehingga katalis heterogen lebih banyak digunakan (Zamhari, dkk., 2019). Kelebihan dari penggunaan katalis heterogen yaitu proses pemisahan produk biodiesel dengan katalis cukup mudah, katalis dapat diregenerasi dan digunakan

kembali. Sehingga biaya produksi biodiesel yang dihasilkan menjadi lebih ekonomis.

Supriadi, dkk (2021), pada penelitiannya menggunakan katalis heterogen Ca/γ-Al_2O_3 dan K/γ-Al_2O_3 untuk produksi biodiesel. Setelah dilakukan analisis menggunakan minyak kelapa sawit (rasio mol minyak kelapa:metanol = 1:9) secara ultrasonik dan sentrifugasi diperoleh *yield* untuk katalis Ca/γ-Al_2O_3 2,5% sebesar 27,26% pada 20 kHz dan 29,76% pada 40 kHz dengan waktu 150 detik, sedangkan katalis K/γ-Al_2O_3 2,5% menghasilkan *yield* sebesar 87,44% pada 20 kHz dan 93,76% pada 40 kHz dengan waktu 150 detik.

Suryandari, dkk (2021), telah melakukan penelitian pembuatan biodiesel menggunakan sampel minyak jelantah (rasio mol minyak : metanol = 1:12) dan katalis CaO dari limbah cangkang telur ayam secara *batch* dan sentrifugasi menghasilkan *yield* sebesar 64,56%.

Pada penelitian sebelumnya juga digunakan katalis heterogen berbahan dasar dari abu pelepah pisang. Hasil penelitian dari Mohapatra, dkk (2010), mengatakan bahwa pada pelepah pisang terdapat sekiranya 33,4% kandungan kalium berbasis abu. Menyambung penelitian Mohapatra, dkk (2010), Mardina, dkk (2012) telah melakukan penelitian bahwa, kalium yang terdapat dalam pelepah pisang tersebut dapat diambil dengan cara ekstraksi padat-cair menggunakan suatu pelarut. Pelepah pisang dijadikan abu terlebih dahulu sebelum dilakukan proses ekstraksi. Kemudian hasil penelitian dari Sukeksi, dkk (2017), diketahui terdapat beberapa kandungan komponen dari pembakaran pelepah pisang yang dianalisis menggunakan SEM-EDX. Hasil yang diperoleh sebagai berikut.

Tabel 1. Komponen Mineral dalam Abu Pelepah Pisang

Komponen	Persen Berat (%)
Karbon (C)	10,03
Oksigen (O)	15,45
Nikel (Ni)	9,12

Besi (Fe)	2,00
Kalium (K)	36,19
Natrium (Na)	13,99
Silikon (Si)	1,04

Aziz (2018) telah melakukan penelitian tentang biodiesel menggunakan sampel minyak jelantah (rasio mol minyak : metanol = 1:12) dan katalis abu batang pisang (1%, 3%, 5%) dengan penambahan kosolven aseton 2,75 mL secara *batch* menghasilkan *yield* sebesar 66,42% (1%), 72,86% (3%), 80,31% (5%).

Pada proses transesterifikasi produksi biodiesel menggunakan metode sonikasi. Inti dari metode tersebut adalah untuk memisahkan antara gliserol dan metil ester. Adapun kelebihan dari metode sonikasi adalah mempercepat waktu kontak antara sampel dengan pelarut sehingga proses perpindahan massa senyawa yang terkandung dari sampel ke pelarut menjadi cepat (Ashley, dkk., 2001). Menurut penelitian Putri, dkk (2014), metode sonikasi dipilih dalam pembuatan biodiesel dengan tujuan efisiensi energi. Gelombang ultrasonik dapat mempercepat reaksi karena menimbulkan efek seperti efek kavitasi, efek panas, dan efek struktural sehingga membuat penetrasi zat terlarut ke dalam sel dan homogenisasi bisa terjadi lebih cepat.

Menurut penelitian Budiman (2009), penerapan metode sentrifugasi dalam produksi biodiesel menyebutkan bahwa biodiesel yang dihasilkan dapat dikendalikan kemurniannya dengan kecepatan (rpm) dan laju umpan. Kelebihan dari metode sentrifugasi yaitu dengan kecepatan putaran sentrifus dapat memisahkan sampel cairan berdasarkan dengan berat jenisnya. Semakin cepat putaran sentrifus, maka hasil yang diperoleh semakin tinggi.

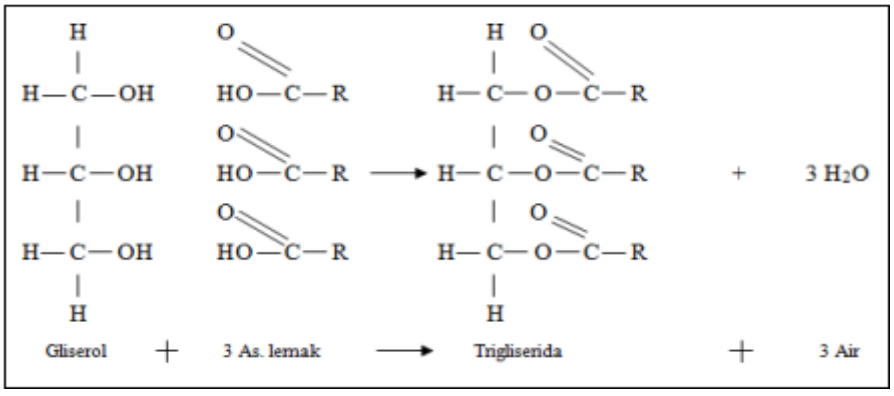
Berdasarkan metode yang telah disebutkan, maka dalam penelitian ini akan digunakan dari metode sonikasi untuk pemisahan gliserol dan metil ester. Diharapkan metode tersebut dapat memberikan hasil yang maksimal selama proses transesterifikasi berlangsung.

BAB III

DASAR TEORI

3.1 Minyak Nabati

Minyak dan lemak merupakan triester dari gliserol yang biasa disebut trigliserida. Minyak dan lemak biasanya ditemukan pada minyak nabati dan lemak hewani. Minyak biasanya berasal dari tumbuhan, seperti minyak jagung, minyak zaitun, minyak kacang dan lain-lain. Minyak dan lemak memiliki struktur dasar yang sama. Minyak adalah salah satu kelompok golongan lipida. Salah satu ciri dari lipida (termasuk lemak dan minyak) adalah kelarutannya dalam pelarut organik (eter, benzena, kloroform) atau tidak dapat larut dalam pelarut air. Menurut sumbernya, lemak dibedakan menjadi dua jenis, yaitu lemak hewani yang berasal dari hewan dan lemak nabati yang berasal dari tumbuhan. Perbedaan antara lemak hewani dan lemak nabati adalah lemak hewani biasanya dicampur dengan steroid hewani yang disebut kolesterol, dan lemak nabati biasanya dicampur dengan steroid nabati yang disebut fitosterol. Kandungan asam lemak tak jenuh pada lemak hewani lebih rendah dibandingkan lemak nabati (Umami, 2015).



Gambar 1. Struktur Kimia Gliserol, Asam Lemak, dan Trigliserida (Winarno, 1992).

Lemak dan minyak termasuk senyawa trigliserida dari gliserol. Pembentukan trigliserida merupakan hasil proses kondensasi molekul gliserol dan

molekul asam lemak (biasanya ketiga asam lemak berbeda), kemudian terbentuk molekul trigliserida dan molekul air (Herlina, 2002).

3.2 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar minyak alternatif yang dapat diperoleh dari lemak hewani dan nabati (Riviani, dkk., 2011). Biodiesel adalah monoalkyl ester dari asam lemak rantai panjang yang terkandung dalam minyak nabati atau lemak hewani, dan dapat digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang digunakan sebagai pengganti atau pencampur bahan bakar fosil berupa solar untuk kendaraan bermotor. Keunggulan biodiesel dibandingkan dengan bahan bakar solar selain mengurangi emisi gas buang yaitu mempunyai angka setana yang cukup tinggi, pelumasan yang sangat baik, titik nyala yang relatif tinggi 154°C, biodegradabilitas tinggi dan memiliki toksisitas rendah (Smith, dkk., 2010).

Syarat mutu biodiesel menurut SNI tahun 2015 sebagai berikut.

Tabel 2. Syarat Mutu Biodiesel SNI 04-7182-2015

No.	Parameter Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Massa jenis pada 40ºC	Kg/m^3	850-890
2.	Viskositas kinematik pada 40ºC	Mm^2/s (cSt)	2.3-6.0
3.	Angka setana	min	51
4.	Titik nyala (mangkok tertutup)	ºC, min	100
5.	Titik kabut	ºC, maks	18
6.	Korosi lempeng Tembaga (3 jam pada 50ºC)		nomor 1
7.	Residu karbon - dalam percontohan asli atau - dalam 10ºC ampas distilasi	%-massa, maks	 0.05 0.3

8.	Air dan sedimen	%-volume, maks	0.05
9.	Temperatur distilasi 90ºC	ºC, maks	360
10.	Abu terpulsatkan	%-massa, maks	0.02
11.	Belerang	Mg/kg, maks	50
12.	Fosfor	Mg/kg, maks	4
13.	Angka asam	Mg-KOHg, maks	0.5
14.	Gliserol bebas	%-massa, maks	0.02
15.	Gliserol total	%-massa, maks	0.24

3.3 Metanol

Metanol murni adalah bahan yang mudah terbakar karena metanol memiliki rumus kimia CH_3OH. Selain itu metanol juga memiliki nilai densitas sebesar 0,792 g/ml, Titik lelehnya -104ºC dan titik didihnya yaitu 64,7ºC, sedikit larut dalam air, eter, dan etanol dengan kelarutan kurang dari 10%. Adapun pemilihan metanol dalam pembuatan biodiesel sendiri karena metanol merupakan bahan yang memiliki nilai reaktivitas yang sangat tinggi serta memiliki rantai atom C pendek. Selain itu harga dari metanol sendiri cukup murah (Budiman, dkk., 2014). Metanol merupakan cairan berwarna bening, berbau seperti alkohol, mudah menguap, dan mudah terbakar dengan nyala api berwarna biru (Spencer, 1988).

3.4 Pelepah Pisang

Pelepah pisang umumnya merupakan kumpulan pelepah yang tumbuh tegak ke atas. Pohon pisang yang telah menghasilkan buah akan segera mati dan didiamkan hingga menjadi pupuk, sehingga bagian-bagian pohon pisang seperti daun, jantung pisang dan terutama pelepah pisang masih kurang dimanfaatkan (Dewi, dkk., 2019).

Gambar 2. Pelepah pisang kering

Batang pisang dibedakan menjadi dua jenis, yaitu batang pisang asli atau biasa disebut bonggol dan batang pisang semu. Bonggol terletak di bawah permukaan tanah dan mempunyai beberapa mata tunas sebagai calon anakan dan tumbuhnya akar. Batang semu terdiri dari pelepah-pelepah daun yang saling menutupi, tumbuh tegak dan kokoh di atas permukaan tanah.

Tabel 3. Komposisi Kimia Pelepah Pisang

Komposisi Kimia	Kandungan (%)
Lignin	5-10
Selulosa	60-65
Hemiselulosa	6-8
Air	10-15

3.5 Katalis

Katalis adalah senyawa kimia yang dapat membuat reaksi mencapai kesetimbangan lebih cepat tanpa perubahan kimiawi di akhir reaksi. Katalis tidak mengubah nilai kesetimbangan dan berperan dalam mengurangi energi aktivasi. Dalam mengurangi energi aktivasi, maka energi yang dibutuhkan untuk bertumbukan berkurang sehingga reaksi dapat berjalan dengan cepat (Gates, 1992).

Katalis pada umumnya mempunyai sifat-sifat antara lain : aktivitas, stabilitas, selektivitas, umur, regenerasi dan kekuatan mekanik. Katalis mempunyai 2 fungsi utama yaitu mempercepat reaksi menuju kesetimbangan atau fungsi aktivitas dan meningkatkan hasil reaksi yang dikehendaki atau fungsi selektivitas (Nasikin dan Susanto, 2010).

Katalis yang memiliki fase yang sama dengan reaktan disebut sebagai katalis homogen. Sedangkan katalis yang memiliki fase yang berbeda dengan reaktannya (dapat berupa padatan, cairan yang tidak daapat bercampur) disebut katalis heterogen (Helwani, 2009).

3.6 Kosolven

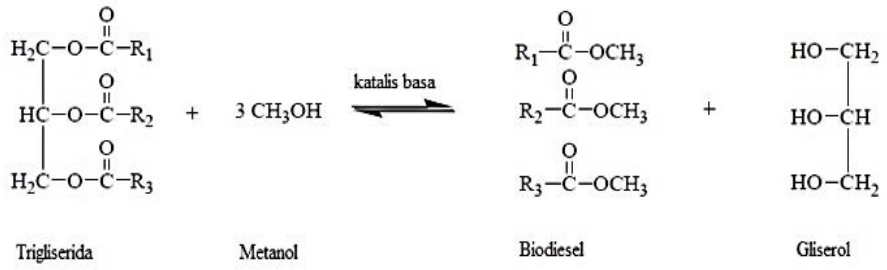
Kosolven adalah pelarut yang ditambahkan dalam suatu sistem untuk membantu melarutkan atau meningkatkan stabilitas dari suatu zat. Di mana penggunaan kosolven dapat mempengaruhi polaritas sistem yang dapat ditunjukkan dengan pengubahan tetapan dielektriknya (Swarbrick dan Boyland, 1996 ; Halim, dkk., 1997). Keuntungan penggunaan dari kosolven yaitu kosolven dalam reaksi dapat meningkatkan kelarutan minyak dan alkohol pada termperatur yang rendah dan juga mempercepat reaksi (Muppaneni, dkk., 2013; Setyopratomo, dkk., 2008).

3.7 Aseton

Aseton merupakan senyawa karbonil yang memiliki gugus fungsi keton (-CO). Aseton juga dikenal sebagai propanon, dimetil keton, 2-propanon, propan-2-on, dimetilformaldehida, dan β-ketopropana. Aseton dapat dibuat dari alkohol sekunder melalui reaksi oksidasi. Aseton adalah senyawa organik yang berupa cairan tidak berwarna dan mudah terbakar. Aseton merupakan senyawa keton yang paling sederhana. Aseton dapat larut pada pelarut seperti air, etanol, dietil eter, dan lain-lain tetapi dalam perbandingan tertentu. Aseton sendiri juga merupakan pelarut penting (Prasetyo, dkk., 2020).

3.8 Reaksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi yang terjadi antara alkohol dengan trigliserida sehingga menghasilkan methyl ester dan gliserol dengan bantuan katalis basa. Jenis alkohol yang sering digunakan yaitu metanol dan etanol. Reaksi yang terjadi cenderung berjalan lebih cepat membentuk metyl ester dibandingkan dengan reaksi esterifikasi yang menggunakan katalis asam. Namun, bahan baku yang akan digunakan pada reaksi transesterifikasi harus memiliki asam lemak bebas yang kecil (< 2 %) untuk menghindari pembentukan sabun (Arita, dkk., 2008).



Gambar 3. Reaksi Transesterifikasi (Ketaren, 1986).

Reaksi transesterifikasi yaitu reaksi bolak balik yang berjalan lambat. Untuk mempercepat reaksi dan meningkatkan hasil, dilakukan proses pengadukan yang baik, penambahan katalis dan pemberian reaktan berlebih agar reaksi dapat

bergeser ke kanan. Pemilihan katalis didasarkan pada kondisi kemudahan dalam penanganan dan pemisahannya dari produk. Untuk itu dapat digunakan katalis asam, basa dan penukar ion (Groggins, 1958).

3.9 Sonikasi

Metode sonikasi yaitu metode yang memanfaatkan gelombang ultrasonik di mana generator listrik ultrasonik akan membuat sinyal listrik yang kemudian diubah menjadi getaran fisik atau gelombang ultrasonik sehingga menghasilkan efek kavitasi pada larutan yang menyebabkan pecahnya molekul-molekul larutan tersebut (Tardos, 2005).

Gambar 4. Alat Sonikator

Adapun manfaat dari metode ultrasonik dalam mensintesis biodiesel adalah dapat optimasi jumlah produk yang didapatkan, mempersingkat waktu proses reaksi transesterifikasi, mengurangi penggunaan jumlah katalis, mengurangi penggunaan jumlah alkohol berlebih yang dibutuhkan dan meningkatkan kemurnian gliserol sebagai produk samping (Pamata, 2008).

3.10 Sentrifugasi

Sentrifugasi merupakan metode yang memisahkan suatu komponen dari campuran cairan dan partikel padat dengan menggunakan gaya pemusingan (sentrifugal) yang lebih besar daripada gaya gravitasi sehingga dapat mempercepat laju pengendapan fasa terdispersi. Pada umumnya, metode

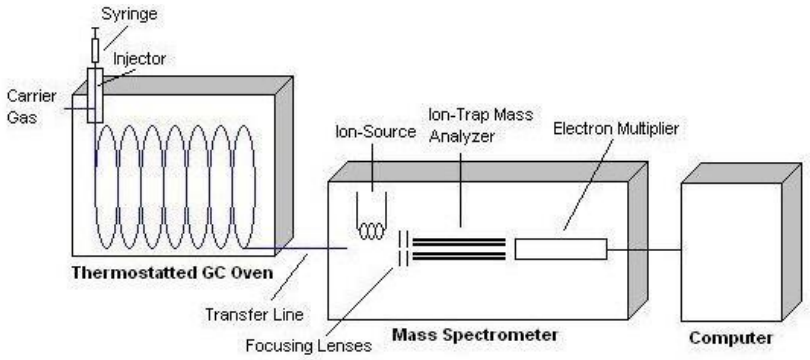
sentrifugasi digunakan untuk memisahkan komponen tidak larut (*insoluble*) dari media cair (Ford dan Graham, 1991; Ruthven, 1997).

Gambar 5. Alat Sentrifugator

Prinsip pemisahan sentrifugasi yaitu pemisahan berdasarkan perbedaan densitas pada masing-masing komponen terhadap gaya sentrifugal. Fungsi gaya sentrifugal yaitu meningkatkan efek gravitasi. Beberapa keuntungan dari pemisahan metode sentrifugasi yaitu karakter area yang dibutuhkan sedikit, waktu yang digunakan relatif cepat, prosesnya kontinyu dan efektif (Budiman, 2009).

3.11 *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS)

Kromatografi Gas - Spektrometri Massa atau biasa dikenal dengan GC-MS (*gas chromatography-mass spectrometry*) merupakan teknik analisis yang menggabungkan dua metode analisis yaitu kromatografi gas dan spektrometri massa. Kromatografi gas merupakan suatu metode analisis yang secara fisik memisahkan suatu sampel menjadi molekul yang lebih kecil (hasil pemisahan tersebut dapat dilihat dalam bentuk kromatogram). Kemudian spektrometri massa adalah metode analisis di mana sampel yang dianalisis akan diubah menjadi ion gas. Massa ion-ion tersebut dapat diukur dalam bentuk spektrum massa berdasarkan hasil deteksi. Pada GC hanya terjadi proses pemisahan untuk memperoleh komponen yang diinginkan, sedangkan apabila digabungkan dengan MS (sebagai detektor) maka komponen tersebut dapat diidentifikasi, karena dapat membaca spektrum berat molekul komponen, serta terdapat juga nilai *reference* pada *software* (Hermanto, 2008).

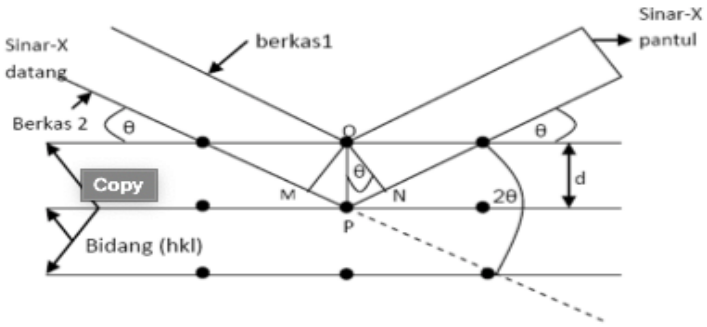


Gambar 6. Skema Alat GC-MS (Simangunsong,2015)

Prinsip kerja GC-MS adalah sampel berwujud cair akan diinjeksikan ke dalam injektor kemudian diuapkan, sehingga sampel berubah wujud menjadi uap dan akan dibawa oleh gas pembawa melewati kolom serta komponen akan dipisahkan di dalam kolom. Setelah pemisahan, setiap komponen akan keluar dan diserang oleh elektron, sehingga terjadi ionisasi, kemudian fragmen ion yang dihasilkan akan ditangkap oleh detektor dan dapat segera diidentifikasi dengan spektrometri massa (Cazes, 2001).

3.12 *X-Ray Diffraction* (XRD)

XRD (*X-Ray Diffraction)* adalah alat untuk menentukan indeks bidang atau karakteristik struktur kristal yang terdapat pada berbagai material dengan memanfaatkan hamburan sinar-X. Sinar-X dapat terjadi apabila suatu berkas elektron bebas yang memiliki energi kinetik tinggi bertumbukan dengan logam yang merupakan sumber sinar dengan daya tembus tinggi. Kemudian elektron tersebut akan bertumbukan dengan anoda menghasilkan sinar-X, sehingga muncul puncak atau terlihat pada material yang ditembakkan (Wiyatmo, 2002). Dengan terbentuknya puncak maka indeks bidang material yang digunakan dapat diketahui. *X-Ray Diffraction* (XRD) merupakan analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi material kristalit, sebagai contoh identifikasi struktur kristalit (kualitatif) dan fasa (kuantitatif) dalam suatu bahan dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar-X (Bunaciu, dkk., 2015).



Gambar 7. Model Difraksi Bragg (Subaer, 2015)

Prinsip kerja XRD yaitu sinar – X ditumbukkan pada material sehingga terjadi interaksi dengan elektron yang terdapat pada sekeliling atom. Ketika foton sinar – X bertumbukan dengan elektron, beberapa foton hasil tumbukan akan mengalami pembelokkan dari arah datang awal. XRD didasarkan pada hamburan sinar – X yang memberikan informasi distribusi elektron pada material. Difraksi sinar – X oleh elektron yang tersusun di dalam kristal akan menghasilkan pola yang berbeda tergantung pada konfigurasi elektron pembentuk kristal dan akan diperoleh informasi berupa posisi puncak. Selanjutnya sampel material ditentukan dengan membandingkan hasil yang terdapat pada sampel dengan standarnya sesuai dengan data *Joint Committee on Powder Diffraction Standard* (JCPDS). Pengaturan sudut goniometer atau pendeteksi intensitas sinar pada XRD akan menghasilkan grafik hubungan antara sudut dan intensitas sinar – X (Menik, 2010).

3.13 *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX)

SEM (*Scanning Electron Microscopy*) merupakan jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Prinsip kerja dari SEM yaitu menggambarkan permukaan suatu benda atau material dengan berkas elektron yang dipantulkan berenergi tinggi. Permukaan material yang disinari atau terkena berkas elektron akan memantulkan kembali berkas elektron atau dinamakan berkas elektron

sekunder (*electron gun*) ke segala arah. Tetapi dari semua berkas elektron yang dipantulkan, hanya terdapat satu berkas elektron yang memiliki intensitas pantul tertinggi. Detektor di dalam SEM akan mendeteksi berkas elektron dengan intensitas tertinggi yang dipantulkan oleh benda atau material yang dianalisis. Elektron tersebut memiliki resolusi yang lebih tinggi dibandingkan dengan cahaya. Cahaya hanya dapat mencapai 200 nm, sedangkan elektron dapat mencapai resolusi tertinggi antara 0,1 – 0,2 nm (Tipler, 1991).

Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDX) adalah teknik mikroanalisis kimia yang digunakan untuk mendeteksi sinar-X yang dipancarkan dari sampel selama bombardment oleh sinar elektron untuk mengkarakterisasi komposisi unsur dari volum yang dianalisis. Ukuran terkecil yang dapat dianalisis hingga kurang dari 1 µm. Ketika sampel disinari oleh berkas elektron SEM, elektron dikeluarkan dari atom pada permukaan sampel. Elektron yang keluar diganti dengan elektron pada keadaan yang lebih besar dan sinar-X dipancarkan untuk menyeimbangkan perbedaan energi antar kedua elektron tersebut. Saat sinar-X ditembak ke detektor, detektor akan mendeteksi dalam bentuk spektrum yang akan dikirim ke komputer untuk ditampilkan sebagai spektrum komposisi unsur dari sampel (Hanke, 2001).

SEM-EDX dapat memberikan informasi tentang topografi, morfologi, komposisi dari sampel yang dianalisis (Girao, 2017). Topografi adalah kemampuan untuk menganalisa permukaan dan teksture. Morfologi adalah kemampuan untuk menganalisa bentuk dan ukuran dari benda sampel. Komposisi adalah kemampuan menganalisa komposisi dari permukaan benda secara kuantitatif dan kualitatif.

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini neraca analitik, botol vial kecil, *furnace*, desikator, gelas beker, oven, gelas ukur, pipet ukur 10 mL, pipet ukur 1 mL, tabung sentrifus, corong pisah, klem dan statif, termometer, kompor penangas, blender dan grinder, pengaduk kaca, cawan porselen, alat sonikator, alat sentrifugator, instrument XRD, SEM-EDX, dan GC-MS.

4.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini pelepah pisang kering, minyak jelantah, metanol pa, kertas saring, akuades, *plastic wrap*, dan aseton.

4.3 Cara Kerja

4.3.1 Preparasi Sampel

a. Preparasi Sampel Katalis Pelepah Pisang

Bahan yang digunakan untuk pembuatan katalis basa heterogen dalam penelitian yaitu pelepah pisang. Pelepah pisang dicuci bersih dan dipotong kecil berukuran dadu. Kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama 2 hari atau dipanaskan dengan oven dengan temperature 110 ℃. Apabila sudah kering, pelepah pisang dihaluskan menggunakan blender/grinder dan dipanaskan di dalam *furnace* dengan temperatur 500 ℃ selama 2 jam. Setelah itu abu pelepah pisang diayak dengan menggunakan ayakan 100 mesh. Abu pelepah pisang yang dihasilkan disimpan dalam wadah tertutup rapat (desikator). Selanjutnya abu pelepah pisang akan dikarakterisasi menggunakan instrument XRD dan SEM-EDX.

b. Preparasi Sampel Minyak Jelantah

Pada tahap ini dilakukan pencucian minyak jelantah menggunakan methanol. Sebanyak 30 gram minyak jelantah disaring dengan kertas saring whatman menggunakan pompa vakum. Kemudian minyak jelantah dimasukkan ke dalam gelas beker berukuran 500 mL dan ditambahkan metanol pa 450 mL (perbandingan mol 1:12 mol/mol). Gelas beker ditutup dengan *plastic wrap* dan dihomogenkan menggunakan magnetic stirrer dengan suhu 60 °C dan kecepatan 700 rpm selama 15 menit. Minyak yang telah dihomogenkan didiamkan semalaman agar terbentuk 2 lapisan. Setelah itu minyak akan dipisahkan bagian atas dan bawahnya menggunakan corong pisah untuk diambil lapisan bawahnya.

4.3.2 Karakterisasi Abu Katalis Pelepah Pisang

a. Karakterisasi menggunakan X-Ray Diffraction (XRD)

Struktur kristal serbuk katalis abu pelepah pisang ditentukan dengan *X-Ray Diffraction* (XRD).

b. Karakterisasi menggunakan SEM-EDX

Analisis morfologi dan topologi pori dari katalis abu pelepah pisang dilakukan menggunakan SEM-EDX.

4.3.3 Proses Transesterifikasi

Sebanyak 10 gram minyak jelantah, 5,66 mL methanol, dan 2,75 mL aseton dimasukkan ke dalam gelas beker berukuran 50 mL kemudian diaduk menggunakan pengaduk kaca hingga homogen. Setelah itu ditambahkan katalis abu pelepah pisang yang telah diaktivasi (suhu 110 ºC selama 2 jam) ke dalam campuran larutan tersebut dengan variasi massa katalis abu pelepah pisang masing-masing 0,3 gram; 0,6 gram; 0,8 gram; dan 1 gram. Campuran larutan tersebut kemudian disonikasi (mode ultrasonik) selama 10 menit. Selanjutnya, campuran larutan yang telah disonikasi dimasukkan ke dalam tabung sentrifus dan dilakukan sentrifugasi dengan kecepatan 6000 rpm selama 10 menit. Setelah itu

dipipet bagian atas cairan berupa metil ester menggunakan pipet tetes dan dimasukkan ke dalam botol vial kecil.

4.3.4 Analisa Biodiesel

Biodiesel yang dihasilkan dari proses transesterifikasi minyak jelantah akan dianalisis menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS) untuk menentukan komponen dan jumlah metil ester yang terbentuk dalam minyak jelantah.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah dilakukan produksi biodiesel dari bahan baku minyak jelantah dengan penambahan aseton sebagai kosolven dan abu pelepah pisang sebagai sumber katalis basa heterogen menggunakan metode sonikasi. Katalis abu pelepah pisang dikarakterisasi menggunakan instrumen XRD (*X-Ray Diffraction*) dan SEM-EDX (*Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray).* Hasil biodiesel akan dianalisis menggunakan instrumen GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectroscopy)* untuk mengetahui kandungan senyawa-senyawa kimia di dalamnya.

5.1 Preparasi Katalis Abu Pelepah Pisang

Pelepah pisang yang digunakan dalam penelitian ini didapat dari daerah Bantul, Yogyakarta. Pelepah pisang yang telah dicuci bersih dipotong kecil berukuran dadu. Fungsi dari pemotongan ukuran tersebut agar mempermudah proses pengabuan saat kalsinasi. Kemudian pelepah pisang akan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 2 hari dengan tujuan menghilangkan kandungan air yang terdapat dalam pelepah pisang. Setelah kering, pelepah pisang akan dikalsinasi menggunakan *furnace* dengan suhu 500 ºC selama 2 jam. Proses kalsinasi bertujuan untuk mendapatkan logam oksida serta menghilangkan CO_2 dan senyawa organik yang terkandung di dalam pelepah pisang pada suhu tinggi. Panas dari *furnace* akan membuat ikatan kimia yang terkandung dalam pelepah pisang menjadi renggang, sehingga atom-atom yang berikatan akan bergerak bebas dan menyebabkan putusnya ikatan kimia (Pudjiastuti, 2012). Reaksi kalsinasi yang terjadi :

$$K_2CO_{3\,(s)} \uparrow \rightarrow K_2O_{\,(s)} + CO_{2\,(g)}$$

$$CaCO_{3\,(s)} \uparrow \rightarrow CaO_{\,(s)} + CO_{2\,(g)}$$

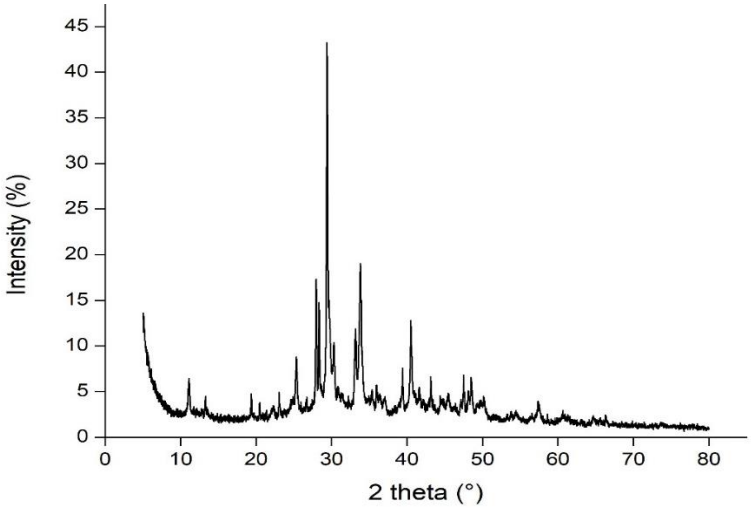
$$MgCO_{3\,(s)} \uparrow \rightarrow MgO_{\,(s)} + CO_{2\,(g)}$$

$$Si(CO_3)_{2\,(s)} \uparrow \rightarrow SiO_{2\,(s)} + 2CO_{2\,(g)}$$

Kemudian abu pelepah pisang yang telah dikalsinasi dengan *furnace* disimpan dalam wadah desikator dengan tujuan untuk menghilangkan H_2O yang masih terkandung dalam abu pelepah pisang hingga beratnya tetap.

5.2 Hasil Karakterisasi dengan *X-Ray Diffraction* (XRD)

Karakterisasi abu pelepah pisang menggunakan instrument XRD bertujuan untuk mengetahui jenis senyawa oksida yang terkandung dalam abu pelepah pisang agar dapat digunakan sebagai katalis. Prinsip dasar dari XRD adalah mendifraksikan cahaya melalui celah kristal. Difraksi cahaya oleh kisi-kisi atau kristal ini dapat terjadi apabila difraksi tersebut berasal dari radius yang memiliki panjang gelombang yang setara dengan jarak antar atom, yaitu sekitar 1 Angstrom (West, 1989).



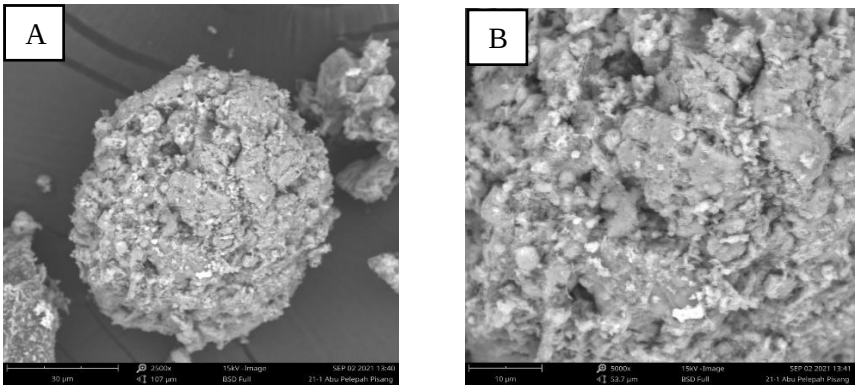
Gambar 8. Difraktogram Abu Pelepah Pisang

Gambar 8. menunjukkan hasil difraktogram XRD abu pelepah pisang yang telah dikalsinasi dengan suhu 500 ºC selama 2 jam. Berdasarkan gambar 8. diambil 5 puncak tertinggi yaitu sudut 2θ = 29,402º; 33,821º; 27,956º; 29,563º; dan 28,343º. Puncak tajam teridentifikasi dengan intensitas tertinggi pada sudut 2θ = 29,402º memiliki nilai indeks miller (hkl) yaitu 1 1 1 dengan bentuk struktur FCC (*Face Centered Cubic*), dimana pada sudut tersebut merupakan senyawa

milik $CaCO_3$ yang diikuti juga pada sudut 2θ = 29,563º (111) dengan data JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standard*) no. 05-0586 (Hlaing, dkk., 2015). Kemudian pada sudut 2θ = 33,821º (200) merupakan senyawa CaO dengan data JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standard*) no. 37-1497 (Taufiq-Yap, dkk., 2011). Selanjutnya sudut 2θ = 27, 956º (200) dan 28,343º (200) merupakan senyawa K_2O dengan data JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standard*) no. 26-1327 (Husain, dkk., 2018).

5.3 Hasil Karakterisasi dengan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX).

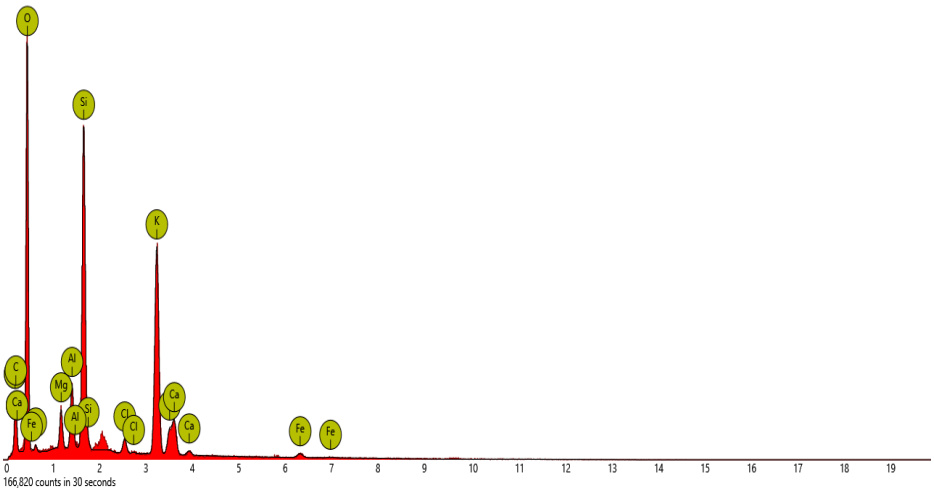
Analisis SEM bertujuan untuk mengetahui morfologi permukaan dari katalis abu pelepah pisang dan EDX untuk mengetahui unsur-unsur beserta kadar (%) yang terkandung di dalamnya. Prinsip dari SEM yaitu menganalisis morfologi permukaan suatu sampel yang melibatkan radiasi dari permukaan dengan sumber energi yang cukup untuk dapat menembus dan menyebabkan transisi tertentu sehingga menghasilkan emisi pada permukaan berkas energi yang dapat dianalisis.



Gambar 9. Struktur Morfologi Abu Pelepah Pisang (A) perbesaran 2500 kali (B) perbesaran 5000 kali

Pada gambar 9. merupakan hasil karakterisasi abu pelepah pisang menggunakan instrumen SEM-EDX yang telah dikalsinasi dengan suhu 500 ºC selama 2 jam. Gambar (A) menunjukkan morfologi dengan perbesaran 2500 kali dan berdiameter 30 µm, sedangkan gambar (B) menunjukkan morfologi dengan perbesaran 5000 kali dan berdiameter 10 µm. Hasil karakterisasi SEM abu

pelepah pisang menunjukkan struktur morfologi yang berbutir, partikel cenderung mengumpul, terdapat pori-pori yang sedikit, dan terlihat kasar.



Gambar 10. Spektrum EDX Abu Pelepah Pisang

Tabel 4. Komponen Penyusun Abu Pelepah Pisang

Komponen	Persentase (%)
O	57,90
K	7,90
C	20,17
Si	8,27
Ca	1,49
Al	1,99
Mg	1,36
Fe	0,47
Cl	0,45

Berdasarkan hasil karakterisasi menggunakan EDX pada gambar 10 dan tabel 4, diperoleh beberapa komponen mineral yang terkandung dalam abu pelepah pisang. Adapun kandungan mineral tersebut ditunjukkan bahwa dalam abu pelepah pisang terbukti terdapat unsur K (kalium) dengan persentase 7,90% sesuai dengan penelitian Mohapatra, dkk (2010) dan Sukeksi, dkk (2017). Pada

penelitian Aziz (2018), suhu yang digunakan untuk *furnace* sebesar 700 ºC selama 4 jam. Sedangkan dalam penelitian ini digunakan suhu untuk *furnace* 500 ºC selama 2 jam. Hal ini menjadi pembeda antara kedua penelitian. Sehingga, rendahnya persentase kandungan unsur K (kalium) dalam abu pelapah pisang dapat disebabkan dari rendahnya suhu dan singkatnya waktu selama proses *furnace*. Pada penelitian ini diketahui kandungan C (karbon) hasil karakterisasi abu pelepah pisang cukup tinggi sekitar 20,17%. Menurut penelitian Damanik (2017), menyatakan bahwa dalam reaksi transesterifikasi senyawa karbon tidak memiliki manfaat sehingga hanya bertindak sebagai zat pengotor yang dapat menggangu proses jalannya reaksi transesterifkasi. Tingginya senyawa C (karbon) dalam katalis disebabkan karena saat proses kalsinasi berlangsung, panas tidak tersebar secara merata pada seluruh permukaan katalis. Kemudian, tingginya kandungan senyawa C (karbon) yang terdapat dalam katalis juga ditandai dengan warna katalis hitam keabu-abuan. Hal ini dapat dilihat pada gambar 11. Tingginya kandungan O (oksigen) pada hasil abu pelepah pisang berasal dari ikatannya dengan K_2O, sehingga unsur O (oksigen) menimbulkan pori-pori pada abu pelepah pisang.

Gambar 11. Pelepah Pisang (A) sebelum kalsinasi (B) setelah kalsinasi

5.4 Transesterifikasi Minyak Jelantah dengan Katalis Abu Pelepah Pisang

Transesterifikasi merupakan proses di mana bahan baku berupa trigliserida bereaksi dengan rantai pendek (C1/C2) alkohol dengan penambahan katalis (Yadav, dkk., 2017). Reaksi transesterifikasi dalam penelitian ini menggunakan

minyak jelantah di mana reaksinya akan berlangsung dalam metode sonikasi dan sentrifugasi.

Minyak jelantah sebelum digunakan telah disaring terlebih dahulu menggunakan kertas saring dan corong hisap agar terpisah dari pengotor. Minyak jelantah yang telah disaring kemudian diambil 30 mL dan dicuci dengan 450 mL metanol dalam gelas beker 500 mL. Pencucian dilakukan selama 15 menit menggunakan stirrer dengan kecepatan 700 rpm dan suhu 60 ºC dapat dilihat pada gambar 12.

Gambar 12. Proses Pencucian Minyak Jelantah dengan Metanol

Tujuan dari pencucian minyak jelantah menggunakan metanol adalah untuk menurunkan bilangan asam lemak agar tidak terjadi reaksi penyabunan pada proses transestrifikasi. Metanol merupakan pelarut yang sifatnya polar dan minyak jelantah sifatnya non-polar, sehingga metanol dapat melarutkan asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak jelantah (*like dissolve like*). Setelah proses pencucian selesai, minyak jelantah tersebut didiamkan semalam dengan tujuan agar membentuk dua lapisan. Lapisan atas berupa metanol yang mengandung asam lemak bebas dan lapisan bawah berupa trigliserida. Gambar 12. menunjukkan campuran minyak jelantah dan metanol yang dituangkan dalam corong pisah untuk dipisahkan lapisan atas dan bawahnya. Selanjutnya lapisan bawah dipisahkan. Lapisan bawah ini merupakan trigliserida yang tidak mengandung asam lemak bebas.

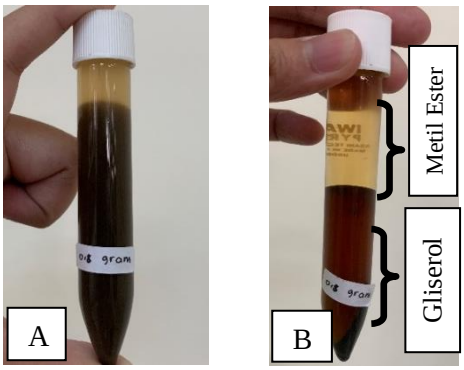
Gambar 13. Pemisahan Trigliserida dari Metanol

Sebanyak 10 gram minyak jelantah digunakan pada proses transesterifikasi. Kemudian ditambahkan 5,66 mL metanol, 2,75 mL aseton, dan katalis abu pelepah pisang dengan 4 variasi yaitu 0,3 gram; 0,6 gram; 0,8 gram; dan 1 gram. Katalis abu pelepah pisang sebelum digunakan, terlebih dahulu diaktivasi pada temperatur 110 ºC selama 2 jam untuk menghilangkan sisa kandungan H_2O dalam abu pelepah pisang. Aktivasi juga bertujuan untuk menambah volume pori dan memperbesar diameter pori sehingga proses adsorpsi selama reaksi transesterfikasi berlangsung lebih maksimal. Penambahan kosolven aseton dalam penelitian ini bertujuan agar minyak jelantah berada pada satu fasa dengan metanol, sehingga reaksi transesterifikasi dapat berlangsung secara optimal. Campuran tersebut direaksikan menggunakan metode sonikasi selama 10 menit, seperti yang disajikan pada gambar 14.

Gambar 14. Proses Sonikasi

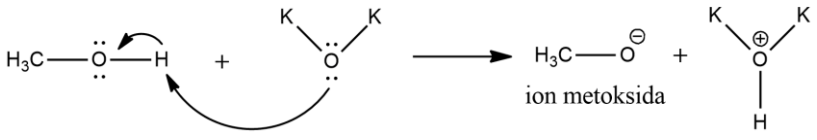
Metode sonikasi digunakan untuk mempercepat proses homogenisasi antara minyak dan metanol serta tempat berlangsungnya reaksi transesterifikasi. Pada

metode sonikasi terjadi tumbukan antar molekul minyak dan metanol di mana tumbukan tersebut akan lebih besar dengan proses kavitasi. Pada proses kavitasi dapat mempercepat reaksi dan akan terbentuk butiran-butiran kecil pada metanol yang dapat menembus serta memperluas area permukaan minyak sehingga reaksi trigliserida oleh katalis abu pelepah pisang dapat terjadi. Selanjutnya dilakukan proses sentrifugasi untuk memaksimalkan reaksi transesterifikasi. Larutan yang berisi campuran metil ester dan gliserol dituangkan ke dalam tabung sentrifus, setelah itu diletakkan dalam pemutar dan dilakukan proses sentrifugasi selama 10 menit dengan kecepatan 6000 rpm. Sentrifugasi dilakukan dengan tujuan untuk mempercepat pemisahan. Pada gambar 15. merupakan proses sebelum dilakukan sentrifugasi (A) dan proses setelah dilakukan sentrifugasi (B). Terbentuk 2 lapisan setelah dilakukan sentrifugasi, di mana lapisan atas berwarna kuning cerah berupa metil ester sedangkan lapisan bawah berwarna kecoklatan berupa gliserol.



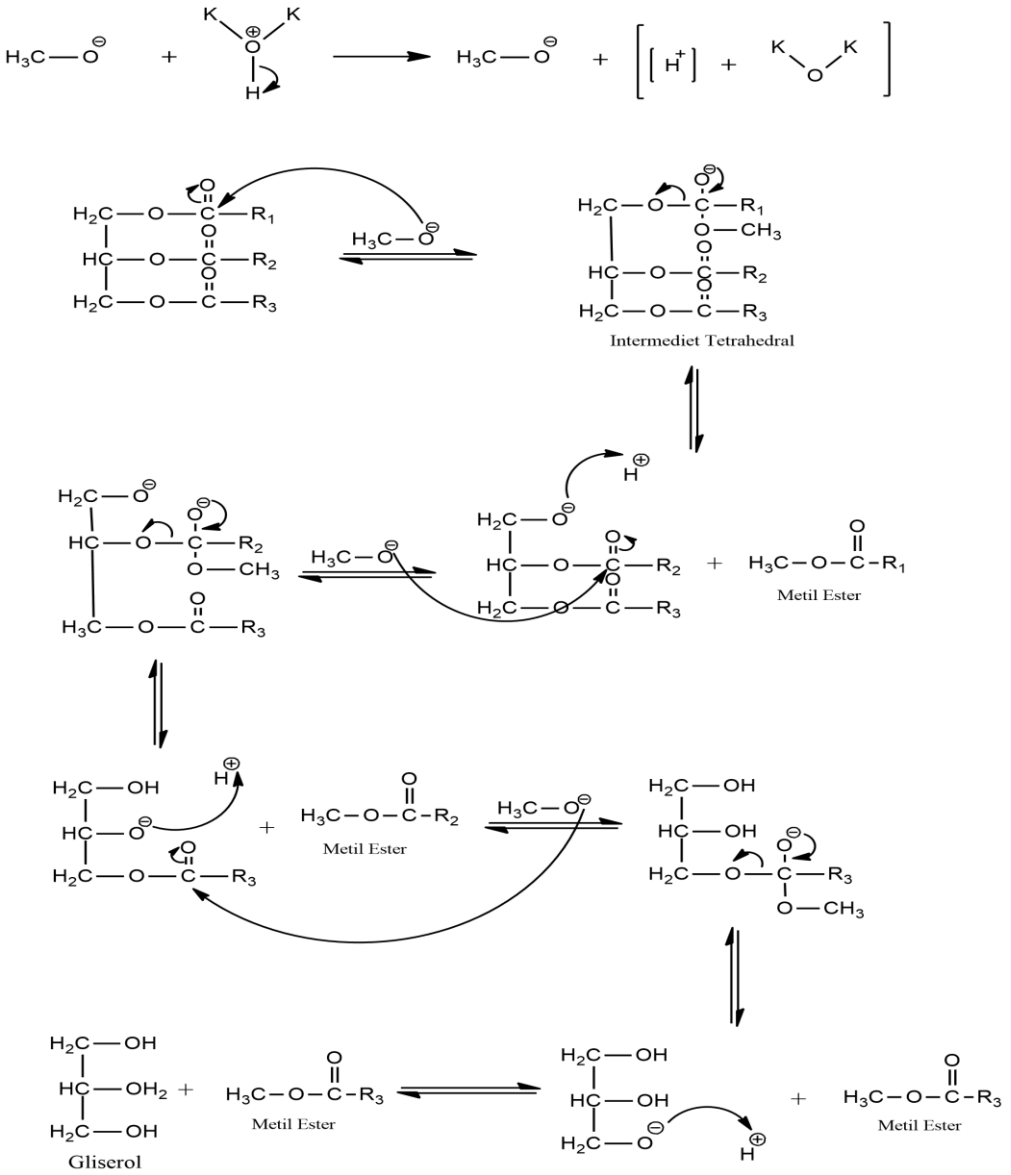
Gambar 15. Hasil Proses Sentrifugasi (A) Sebelum dilakukan sentrifugasi (B) Setelah dilakukan sentrifugasi

Reaksi transesterifikasi yang terjadi :



Gambar 16. Mekanisme Reaksi Metanol dengan Katalis Basa K_2O

Mekanisme reaksi transesterifikasi diawali dengan mereaksikan metanol dengan katalis basa yaitu K_2O. Hasil dari reaksi ini akan terbentuk ion metoksida yang merupakan nukleofil kuat (gambar 16). Ion metoksida merpakan nukleofil yang kuat, maka sifatnya sangat reaktif sehingga mampu menyerang C=O (karbonil) yang terdapat pada trigliserida (gambar 17). Hasil akhir yang terbentuk dari mekanisme transesterifikasi tersebut akan diperoleh metil ester (biodiesel) dengan produk sampingnya berupa gliserol (Alfian, 2017).



Gambar 17. Mekanisme Reaksi Transesterifikasi

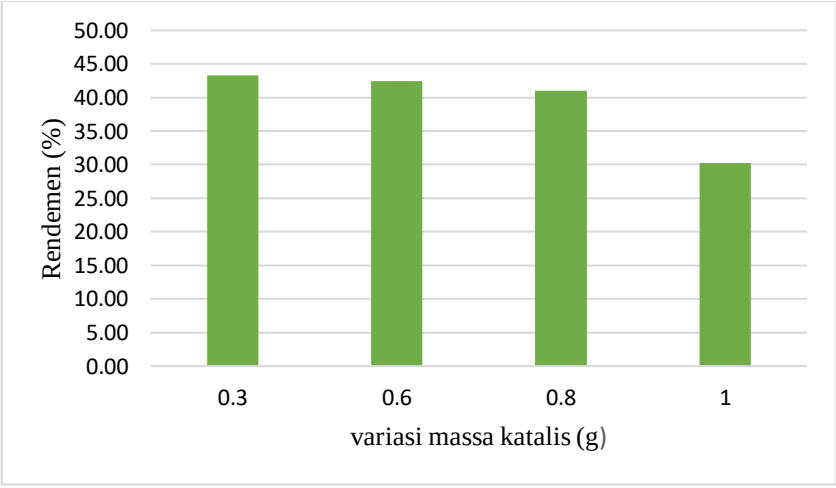
5.5 Identifikasi Metil Ester Minyak Jelantah dengan GC-MS

Pada proses transesterifikasi yang telah dilakukan, diperoleh persentase rendemen biodiesel dari masing-masing variasi katalis abu pelepah pisang.

Tabel 5. Hasil Proses Transesterifikasi

No.	Berat Minyak Jelantah (g)	Katalis (g)	Berat Biodiesel (g)	Rendemen (%)
1.	10	0,3	4,332	43,32
2.	10	0,6	4,245	42,45
3.	10	0,8	4,105	41,05
4.	10	1	3,021	30,21

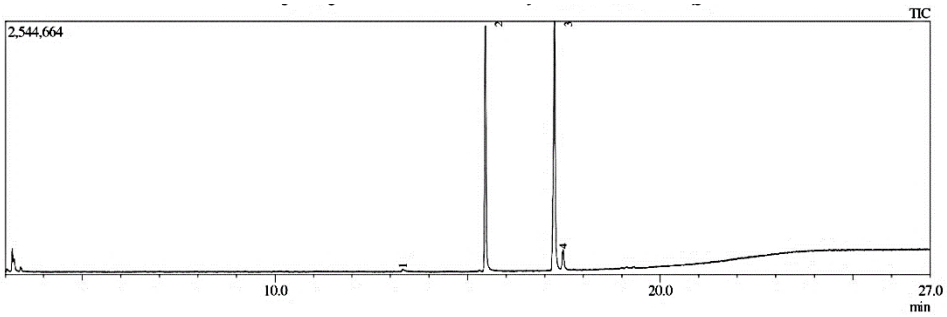
Tabel 5. merupakan persentase rendemen biodiesel hasil reaksi transesterifikasi dari minyak jelantah dengan variasi katalis abu pelepah pisang. Variasi katalis 0,3 gram memperoleh rendemen sebesar 43,32%, katalis 0,6 gram memperoleh rendemen sebesar 42,45%, katalis 0,8 gram memperoleh rendemen sebesar 41,05%, dan katalis 1 gram memperoleh rendemen sebesar 30,21%.



Gambar 18. Hubungan antara Variasi Massa Katalis dengan Persentase Rendemen

Gambar 18. menunjukkan grafik persentase rendemen metil ester. Pada grafik dapat dilihat bahwa persentase yang dihasilkan terbilang rendah memiliki grafik yang menurun dibandingkan dengan penelitian Supriadi, dkk (2021) dan Suryandari, dkk (2021). Menurut penelitian Mathiyazhagan dan Ganapathi (2011), peningkatan dan penurunan persentase dari rendemen metil ester dapat terjadi karena waktu reaksi yang singkat menyebabkan trigliserida (minyak) belum terkonversi menjadi metil ester secara sempurna sehingga *yield* yang dihasilkan terbilang rendah. Kemudian, penambahan jumlah katalis setelah mencapai keadaan optimum tidak menyebabkan peningkatan pada *yield* metil ester, melainkan dapat menyebabkan penurunan. Hal ini dapat terjadi karena penggunaan katalis berlebih dapat menyebabkan pembentukan emulsi yang berlebihan dari reaksi penyabunan. Encinar, dkk (2002) menyatakan bahwa, penggunaan katalis yang berlebihan akan menghambat pemisahan gliserol dari metil ester sehingga hasil konversi metil ester menurun. Berdasarkan penelitian Siregar, dkk (2014), dikatakan bahwa penambahan katalis tidak meningkatkan *yield* biodiesel, tetapi menyebabkan penurunan *yield* biodesel. Hal ini disebabkan karena penggunaan katalis berlebih dapat membuat reaksi kembali seperti semula atau bersifat *reversible*.

Selanjutnya hasil biodiesel dianalisis menggunakan GC-MS untuk mengetahui kandungan metil ester dalam minyak jelantah. Biodiesel dapat dianalisis menggunakan GC-MS karena di dalam biodiesel terdapat senyawa ester. Adapun kondisi instrumen GC-MS yang digunakan saat analisis yaitu, suhu maksimal GC-MS sebesar 330 ºC, suhu kolom yang digunakan sebesar 80 ºC, suhu injeksi saat analisis sebesar 250 ºC, suhu sumber ion (*ion source*) sebesar 250 ºC, suhu *interface* sebesar 300 ºC, serta kolom yang digunakan dalam penelitian ini Rtx-5MS. Berikut penjelasan hasil analisis menggunakan instrumen GC-MS.

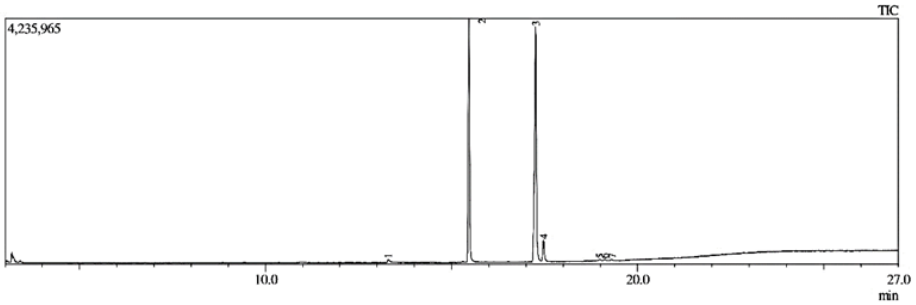


Gambar 19. Kromatogram Katalis Abu Pelepah Pisang 0,3 gram

Tabel 6. Komponen Senyawa Biodiesel Variasi Katalis 0,3 gram

Puncak	Nama Senyawa	Luas Area (%)
1	Metil Miristat	0,72
2	Metil Palmitat	41,52
3	Metil Elaidat	53,92
4	Metil Stearat	3,84
Total		100

Pada tabel 6 diperoleh kandungan senyawa dalam biodiesel variasi katalis abu pelepah pisang 0,3 gram. Puncak 1 merupakan senyawa metil miristat dengan luas area 0,72% dan waktu rentensi 13,320 menit. Puncak 2 merupakan senyawa metil palmitat dengan luas area 41,52% dan waktu retensi 15,463 menit. Puncak 3 merupakan senyawa metil elaidat dengan luas area 53,92% dan waktu retensi 17,254 menit. Puncak 4 merupakan senyawa metil stearat dengan luas area 3,84% dan waktu retensi 17,475 menit.

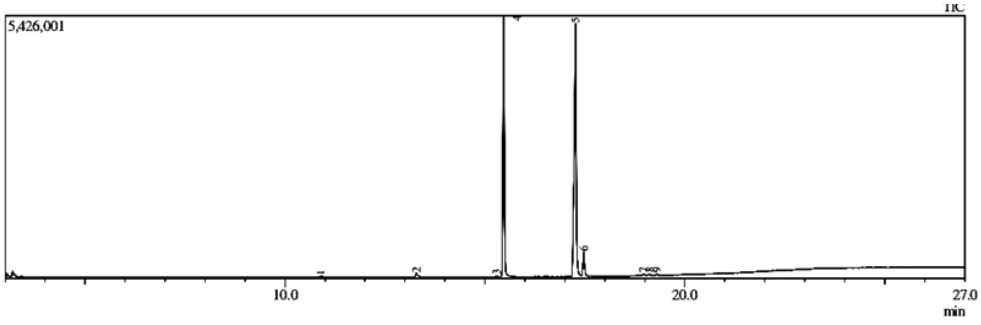


Gambar 20. Kromatogram Katalis Abu Pelepah Pisang 0,6 gram

Tabel 7. Komponen Senyawa Biodiesel Variasi Katalis 0,6 gram

Puncak	Nama Senyawa	Luas Area (%)
1	Metil Miristat	0,78
2	Metil Palmitat	41,79
3	Metil Elaidat	52,39
4	Metil Stearat	4,18
5	Metil Elaidat	0,43
6	Metil Oleat	0,24
7	Metil Araktat	0,19
Total		100

Pada tabel 7 diperoleh kandungan senyawa dalam biodiesel variasi katalis abu pelepah pisang 0,6 gram. Puncak 1 merupakan senyawa metil miristat dengan luas area 0,78% dan waktu rentensi 13,298 menit. Puncak 2 merupakan senyawa metil palmitat dengan luas area 41,79% dan waktu retensi 15,467 menit. Puncak 3 merupakan senyawa metil elaidat dengan luas area 52,39% dan waktu retensi 17,260 menit. Puncak 4 merupakan senyawa metil stearat dengan luas area 4,18% dan waktu retensi 17,471 menit. Puncak 5 merupakan senyawa metil elaidat dengan luas area 0,43% dan waktu retensi 18,984 menit. Puncak 6 merupakan senyawa metil oleat dengan luas area 0,24% dan waktu retensi 19,119 menit. Puncak 7 merupakan senyawa metil araktat dengan luas area 0,19% dan waktu retensi 19,310 menit.

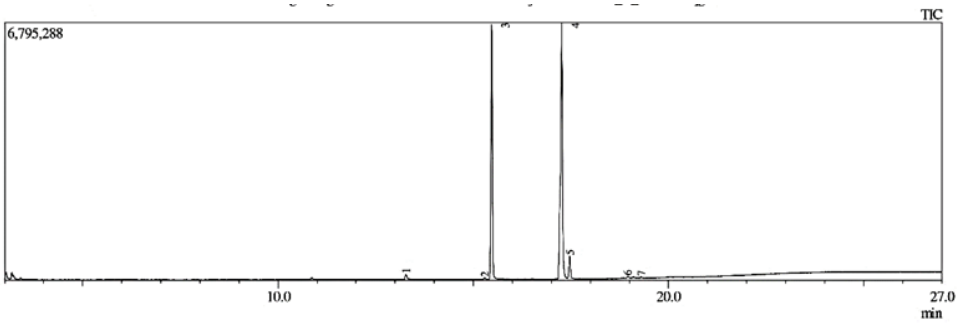


Gambar 21. Kromatogram Katalis Abu Pelepah Pisang 0,8 gram

Tabel 8. Komponen Senyawa Biodiesel Variasi Katalis 0,8 gram

Puncak	Nama Senyawa	Luas Area (%)
1	Metil Laurat	0,18
2	Metil Miristat	0,72
3	Metil Palmitoleat	0,24
4	Metil Palmitat	41,53
5	Metil Elaidat	52,64
6	Metil Stearat	4,06
7	Metil Cis-9,10-Epoksi Stearat	0,27
8	Metil Oleat	0,23
9	Metil Araktat	0,13
Total		100

Pada tabel 8 diperoleh kandungan senyawa dalam biodiesel variasi katalis abu pelepah pisang 0,8 gram. Puncak 1 merupakan senyawa metil laurat dengan luas area 0,18% dan waktu rentensi 10,895 menit. Puncak 2 merupakan senyawa metil miristat dengan luas area 0,72% dan waktu retensi 13,287 menit. Puncak 3 merupakan senyawa metil palmitoleate dengan luas area 0,24% dan waktu retensi 15,295 menit. Puncak 4 merupakan senyawa metil palmitat dengan luas area 41,53% dan waktu retensi 15,470 menit. Puncak 5 merupakan senyawa metil elaidat dengan luas area 52,64% dan waktu retensi 17,265 menit. Puncak 6 merupakan senyawa metil stearate dengan luas area 4,06% dan waktu retensi 17,471 menit. Puncak 7 merupakan senyawa metil cis-9,10-epoksi stearat dengan luas area 0,27% dan waktu retensi 18,975 menit. Puncak 8 merupakan senyawa metil oleat dengan luas area 0,23% dan waktu retensi 19,119 menit. Puncak 9 merupakan senyawa metil araktat dengan luas area 0,13% dan waktu retensi 19,304 menit.



Gambar 22. Kromatogram Katalis Abu Pelepah Pisang 1 gram

Tabel 9. Komponen Senyawa Biodiesel Variasi Katalis 1 gram

Puncak	Nama Senyawa	Luas Area (%)
1	Metil Miristat	0,94
2	Metil Palmitoleat	0,22
3	Metil Palmitat	40,66
4	Metil Elaidat	54,11
5	Metil Stearat	3,66
6	Metil Trans-9,10-Epoksi Stearat	0,27
7	Metil Araktat	0,13
Total		100

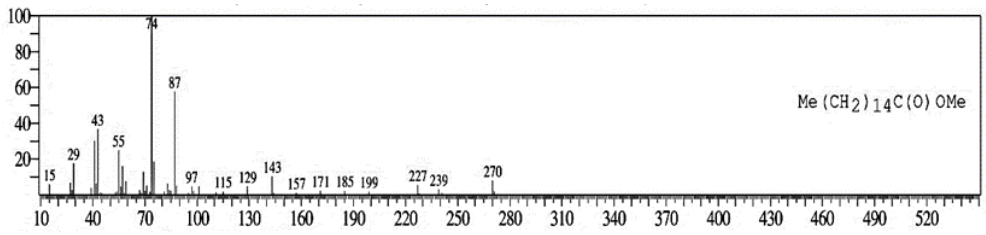
Pada tabel 9 diperoleh kandungan senyawa dalam biodiesel variasi katalis abu pelepah pisang 1 gram. Puncak 1 merupakan senyawa metil miristat dengan luas area 0,94% dan waktu rentensi 13,275 menit. Puncak 2 merupakan senyawa metil palmitoleat dengan luas area 0,22% dan waktu retensi 15,291 menit. Puncak 3 merupakan senyawa metil palmitat dengan luas area 40,66% dan waktu retensi 15,475 menit. Puncak 4 merupakan senyawa metil elaidat dengan luas area 54,11% dan waktu retensi 17,269 menit. Puncak 5 merupakan senyawa metil stearat dengan luas area 3,66% dan waktu retensi 17,470 menit. Puncak 6 merupakan senyawa metil metil trans-9,10-epoksi stearat dengan luas area 0,27% dan waktu retensi 18,960 menit. Puncak 7 merupakan senyawa metil araktat dengan luas area 0,13% dan waktu retensi 19,295 menit.

Berdasarkan komponen senyawa biodiesel yang telah disebutkan pada tabel 6,7,8, dan 9 terdapat 3 senyawa metil ester tertinggi yaitu metil elaidat, metil palmitat, dan metil stearat. Metil elaidat adalah senyawa metil ester paling

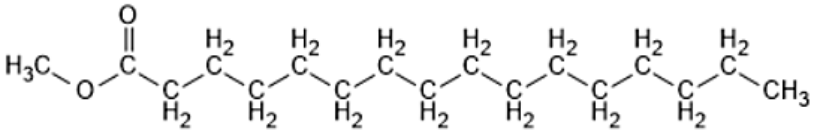
dominan yang terdeteksi dalam penelitian ini. Tingginya metil elaidat pada hasil transesterifikasi terjadi karena ikatan cis pada metil oleat terisomerisasi menjadi ikatan trans metil elaidat yang sifatnya lebih stabil. Metil elaidat merupakan asam lemak tak jenuh dalam bentuk trans yang tidak baik untuk kesehatan tubuh manusia. Sartika (2006), menjelaskan bahwa pembentukan asam lemak trans pada minyak goreng diperoleh ketika proses pemanasan (menggoreng) dalam pengolahan makanan, di mana terjadi perubahan posisi isomer dari cis menjadi trans pada suhu 180 °C yang akan terus meningkat sebanding dengan kenaikan temperatur (Silalahi dan Tampubolon, 2002). Kemudian dapat dilihat hasil analisis metil ester menggunkan GC-MS dihasilkan *yield* pada tiap biodiesel rata-rata sebesar 100%. Berdasarkan penelitian Rachmanita dan Safitri (2020), disebutkan bahwa kandungan *yield* metil ester minimal yang sesuai dengan SNI 04-7182-2015 sebesar 96,5%. Sehingga, biodiesel yang dihasilkan dalam penelitian telah memenuhi standar SNI.

5.6 Interpretasi Data Analisis

Puncak 2



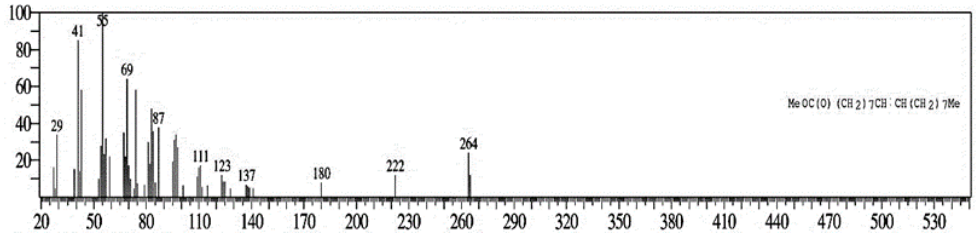
Gambar 23. Spektra Massa Metil Palmitat



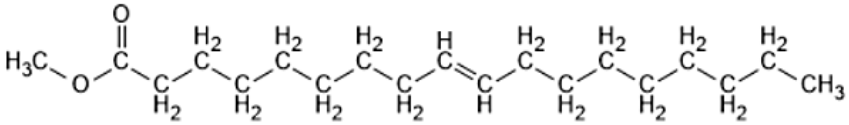
Gambar 24. Struktur Kimia Metil Palmitat

Gambar 24. merupakan struktur dari senyawa metil palmitat dengan rumus kimia $CH_3(CH_2)_{14}COOCH_3$ memiliki waktu retensi 15,463 menit dan menghasilkan spektra massa pada gambar 23. Senyawa metil palmitat memiliki *similarity index* (SI) sebesar 98. Metil palmitat memiliki berat molekul sebesar 270 dengan puncak dasar pada m/z = 74.

Puncak 3



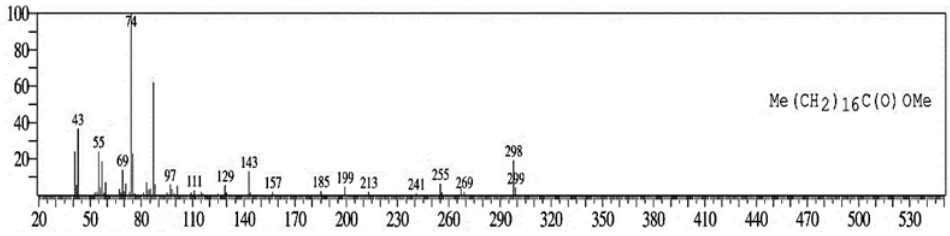
Gambar 25. Spektra Massa Metil Elaidat



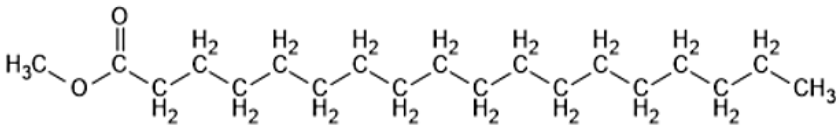
Gambar 26. Struktur Kimia Metil Elaidat

Gambar 26. merupakan struktur dari senyawa metil elaidat dengan rumus kimia $C_{19}H_{36}O_2$ memiliki waktu retensi 17,254 menit dan menghasilkan spektra massa pada gambar 25. Senyawa metil elaidat memiliki *similarity index* (SI) yang mirip dengan senyawa metil miristat yaitu sebesar 96. Metil elaidat memiliki berat molekul sebesar 296 dengan puncak dasar pada m/z = 55.

Puncak 4



Gambar 27. Spektra Massa Metil Stearat



Gambar 28. Struktur Kimia Metil Stearat

Gambar 28. merupakan struktur dari senyawa metil stearat dengan rumus kimia $CH_3(CH_2)_{16}COOCH_3$ memiliki waktu retensi 17,475 menit dan menghasilkan spektra massa pada gambar 27. Senyawa metil stearat memiliki *similarity index* (SI) sebesar 96. Metil stearat memiliki berat molekul sebesar 298 dengan puncak dasar pada m/z = 74.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini yaitu :

1. Hasil analisis abu pelepah pisang menggunakan instrumen XRD terkandung senyawa $CaCO_3$, CaO, dan K_2O. Sedangkan, analisis abu pelepah pisang menggunakan instrumen SEM-EDX terkandung beberapa komponen penyusun yaitu, O, K, C, Si, Ca, Al, Mg, Fe, dan Cl.
2. Proses transesterifikasi menggunakan katalis dari abu pelepah pisang dan tambahan kosolven aseton dalam produksi biodiesel terbukti dapat menghasilkan metil ester dengan kandungan paling dominan berupa metil elaidat, metil palmitat, dan metil stearat.
3. Reaksi transesterifikasi menggunakan metode sonikasi diperoleh hasil rendemen untuk variasi massa katalis 0,3 gram sebesar 43,32%, katalis 0,6 gram sebesar 42,45%, katalis 0,8 gram sebesar 41,05%, dan katalis 1 gram sebesar 30,21%. Persentase rendemen paling tinggi diperoleh pada variasi massa katalis abu pelepah pisang 0,3 gram.

6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah disebutkan, maka dapat diberikan saran sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan suhu dan waktu dalam kalsinasi pelepah pisang agar dapat meningkatkan efektifitas penggunaan dari katalis.
2. Perlu dilakukan variasi waktu pada proses transesterifikasi menggunakan metode sonikasi agar diperoleh persentase rendemen yang baik.

3. Perlu dikaji kembali mengenai penggunaan massa katalis abu pelepah pisang agar dapat diperoleh persentase rendemen yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Agus, H., Ully, S., Sugeng, T., dan Sigit, P., 2015, Produksi Biodiesel dari Transesterifikasi Minyak Jelantah dengan Bantuan Gelombang Mikro: Pengaruh Intensitas Daya dan Waktu Reaksi Terhadap Rendemen dan Karakterisitik Biodiesel, *Agritech*, 35 (2).

Alfian, M.L., 2017, Variasi Penambahan Komposit Fotokatalis TiO_2anastas-K_2O/Zeolit pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Jarak untuk Pembuatan Biodiesel, *Skripsi*, Program Studi Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim, Malang.

Arifah, M., Helianty, S., dan Yusnimar, 2016, Katalis CPO menjadi Biodiesel dengan Katalisis ZnO Sintesis Presipitan NaOH, *Jom FTEKNIK*, Volume 3 No.1, hal. 1-8.

Arita, S., Dara, M.B., dan Irawan, J., 2008, Pembuatan Metil Ester Asam Lemak dari CPO *Off Grade* dengan Metode Esterifikasi-Transesterifikasi, *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 15 (2), hal. 34-43.

Aziz, I., Nurbayti, S., dan Rahman, A., 2012, Penggunaan zeolit alam sebagai katalis dalam pembuatan biodiesel, *Valensi*, 2 (4), hal. 511-515.

Aziz, M.A., 2018, Pengaruh Persentase Massa Katalis Abu Batang Pisang terhadap Reaksi Tranesterifikasi Minyak Jelantah dengan menggunakan Aseton sebagai Kosolven, *Skripsi*, Program Studi Kimia FMIPA UII, Yogyakarta.

Baidawi, A., Rachmaniah, O., dan Latif, I., 2009, Produksi Biodiesel Berkemurnian Tinggi dari *Crude Palm Oil* dengan TetraHidrofuran-Fast Single-Phase Proses, *Reaktor*, Vol. 12 No. 3, Hal. 166-174.

Behzadi, S. and Farid, M.M., 2009, Production of biodiesel using a continuous gas–liquid reactor, *Bioresource Technol*, 100, 683–689.

Budiman, A., 2009, Metode Sentrifugasi untuk pemisahan biodiesel dalam proses pencucian, *Jurnal riset industry*, Vol. III, No.173-178.

Budiman, A., Kusumaningtyas, R.D., Pradana, Y. S., dan Lestari, N. A., 2014, *Biodiesel Bahan Baku, Proses dan Teknologi*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

]Bunaciu, A. A., Udriştioiu, E. G., dan Aboul-Enein, H. Y., 2015, X-Ray Diffraction: Instrumentation and Applications, *Crit. Rev. Anal. Chem.*, vol. 45, no. 4, hlm. 289–299.

Carmo, A.C., Luiz, K.C., Carlos, E.F., Longo, E., José, R.Z., and Geraldo, N., 2009, Production of biodiesel by esterification of palmitic acid over mesopori aluminosilicate Al-MCM-41, *Fuel*, 88: 461-468.

Cazes, J., 2005, *Encyclopedia of Chromatography*, Second Edition Volume 1, Marcel Dekker Inc, New York.

Damanik, S.B., 2017, Pengaruh Perbandingan Molar Metanol dengan Minyak dan Waktu Reaksi pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Menggunakan Katalis Hteterogen Abu Kulit Pisang Kepok, *Skripsi*, Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.

Dewi, I.A., Ihwah, A., Setyawan, H.Y., Kurniasari, A.A.N., dan Ulfah, A., 2019, Optimasi Proses Delignifikasi Pelepah Pisang untuk Bahan Baku Pembuatan Kertas Seni, *Sebatik*, Vol. 23 (2), hal. 447-454.

Efendi, R., Faiz, H.A.N., dan Firdaus, E. R., 2018, Pembuatan Biodiesel Minyak Jelantah Menggunakan Metode Esterifikasi-Transesterifikasi Berdasarkan Jumlah Pemakaian Minyak Jelantah, *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, hal. 402-409.

Elinur, Priyarsono, D. S., Tambunan, M., dan Firdaus, M., 2010, Perkembangan Konsumsi Dan Penyediaan Energi Dalam Perekonomian Indonesia, *Indonesian Journal of Agricultural Economics*, Vol. 2(1), hal. 98-100.

Encinar, J.M., Gonzales, J.F., Rodriguez, J.J., dan Tejedor, A., 2002, Biodiesel Fuels from Vegetables Oils : Transesterification of Cynara Cardunculus L. Oils with Ethanol, *Energy Fuels*, 16, 443-450.

Ford, T.C. dan Graham, J.M., 1991, *An Introduction to Centrifugation*, Bios Scientific Publishers, Oxford.

Gates, B. C., 1992, *Catalytic Chemistry*, John Wiley & Sons, Inc. New york.

Gerpen, V. J., 2005, Biodiesel Processing and Production, *Fuel Process Technology*, 86 (10), hal. 1097-1107.

Girao, A.V., 2017, *Application Of Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X- Ray Spectroscopy (SEM-EDS)*, University Of Aveiro, Portugal.

Halim, A., Hosiana, V., dan Elvita, L., 1997, Pengaruh Pemakaian Propilen glikol dan NaCl terhadap Solubilisasi Kofein dalam Larutan Air-Brij 35, *J. Sains. Tek. Far.*, 2, 64 – 72.

Hambali, E., Mudjalipah, S., Tambunan, A.H., Pattiwiri, A.W. dan Handoko, R., 2007, *Teknologi Bioenergi*, Erlangga, Jakarta.

Hanke, L.D., 2001, *Handbook Of Analytical Methods For Materials*, Avenue North : Materials Evaluation and Engineering, Inc.

Haryahto, B., 2002, *Bahan Bakar Alternatif Biodiesel*, USU digital library, Jurusan Teknik Kimia Universitas Sumatra Utara, Sumatra Utara.

Herlina, N. dan Ginting, M. H. S., 2002, *Lemak dan Minyak*, Universitas Sumatra Utara Press, Medan.

Helwani, Z., 2009, Solid Heterogenous Catalysts for Transesterification of Trigliserides with Methanol: A Revie, *Appl Catal A*, 363 :1-10.

Hermanto, 2008, *Aplikasi Alat HPTLC dan GC- MS*, UI Press, Jakarta.

Hlaing, N.N., Sreekantan, S., Othman, R., Pung, S.Y., Hinode, H., Kurniawan, W., Thant, A.A., Mohamed, A.R., dan Salime, C., 2015, Sol-gel

Hydrothermal Synthesis of Microstructured CaO-based Adsorbents for CO_2 Capture, *RSC advances*, 5, 6051-6060.

Husain, H., Asnawi, T.M., Firdaus, A., Husaini, H., Ibrahim, I., dan Hasfita, F., 2018, Solid Catalyst Nanoparticles derived from Oil-Palm Empty Fruit Bunches (OP-EFB) as a Renewable Catalyst for Biodiesel Production, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 358, 1-8.

James, P.C., 1952, *Pulp and Paper*, 2nd ed., Interescience Publisher, New York.

Julianto, T.S. dan Lestari. R.N., 2018, The Effect of Acetone Amount Ratio as Co-Solvent to Methanol in Transesterification Reaction of Waste Cooking Oil, *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, 349, 1-4.

Ketaren, S., 1986, Minyak dan Lemak Pangan, UI Press, Jakarta.

Kirk, R.E. and Othmer, D. F., 1980, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 3rd ed., vol. 9, John Wiley and Sons, New York.

Kuntari, Aprilita, H.N., dan Suherman, 2009, Utilization of Coal Bottom Ash a Low-Cost Adsorbent for the Removal Acid Red 114 Dye, *Journal Ilmu-ilmu MIPA*, ISSN: 1411-1047.

Kusmiyati, Pratiwi, T.R. & Wulandari, T., 2016, Waste Fish Oil Biodiesel Production and Its Performace in Diesel Engine, *ARPN Journal of Engineering and Applied Science*, 11(2), pp.1040–1044.

Lestari, P.P., Arsita, S.D., Batubara, J.I.B., 2018, Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Pepaya dengan Proses Transesterifikasi, *Jurnal Kimia Saintek dan Pendidikan*, Vol. II, No. 2, hal. 60-65.

Mardina, P., Gunawan, A., dan Nugraha, M.I., 2012, Penentuan Koefisien Transfer Massa Ekstraksi Kalium dari Abu Batang Pisang, *Konversi*, 1(1): 39-44.

Mathiyazhagan, M. dan Ganapathi, A., 2011, Review Article : Factors Affecting Biodiesel Production, *Research in Plant Biology*, Vol. 1(2), page : 01-05.

Menik, S., 2010, Karakterisasi Cangkang Kerang Menggunakan XRD dan X-Ray Physic Basic Unit, *Jurnal Neutrino*, 3 (1): 32-43.

Mohapatra, D., Mishra, S., dan Sutar, N., 2010, Banana and Its By-Product Utilisation : An Overview, *Journal of Scientific & Industrial Research*, Vol. 69. p. 323-329.

Muppaneni, T., Reddy, H.K., Sundaravadivelnathan, Patil, P.D., Dailey, P., dan Deng, S., 2013, Optimization of Biodiesel Production from Palm Oil Under Supercrtical Ethanol Condition using Hexane as Co-Solvent: A Respone Surface Methodology Approach, *Fuel*, Vol. 107, hal. 633-640.

Murni, 2010, Kaji Eksperimental Pengaruh Temperatur Biodiesel Minyak Sawit Terhadap Performansi Mesin Diesel Direct Injection Putaran Konstan, *Tesis*, Teknik Mesin Universitas Diponegoro, Semarang.

Nasikin M., dan Susanto B.H., 2010, *Katalis Heterogen*, Universitas Indonesia Press, Jakarta.

Pamata, N., 2008, Sintesis Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Biji Kemiri (Aleurites moluccana) Hasil Ekstraksi Melalui Metode Ultrasonokimia, *Skripsi*, Sarjana Departemen Kimia FMIPA UI, Depok.

Prasetyo, G.L., Fitriani, S.E., Sihotang, D.P., dan Zulkania, A., 2020, Potensi Kandungan Aseton dari Limbah Puntung Rokok, *Khazanah: Jurnal Mahasiswa*, Vol. 10 (2).

Pudjiastuti, A.R., 2012, Preparasi Hidroksiapatit dari Tulang Sapi dengan Metode Kombinasi Ultrasonik dan *Spray Drying*, *Tesis*, Universitas Indonesia Press, Depok.

Rachmanita, R.E. dan Safitri, A., 2020, Pemanfaatan Minyak Biji Alpukat (*Persea americana* Mill) sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel dengan Pemurnian *Water Washing*, *Jurnal Ilmiah Sains*, Vol. 20 (2), hal. 88-99.

Riviani, Perkasa, H. B., dan Zahidah, 2011, *Biodiesel Marine Fish Oil dari Ikan Hasil Tangkapan Samping*, Institut Pertanian Bogor Press, Bogor.

Rizqi, S.A., Adriana, Ananda, R., dan Farisha, S., Optimasi Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Katalis Cangkang Tiram (*Crassostrea gigas)*, *Jurnal Reaksi*, Vol. 15 (2), hal. 1-8.

Ruthven, D.M., 1997, *Encyclopedia of Separation Technology Vol. I: A Kirk-Othmer Encyclopedia*, John Wiley and Sons, Inc., New York, USA.

Sartika, R.A.D., 2008, Pengaruh Asam Lemak Jenuh, Tidak Jenuh dan Asam Lemak Trans terhadap Kesehatan, *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*, Vol. 2, No. 4, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, Kampus Baru UI, Depok: 154-160.

Setyopratomo, P., Purwanto, E., Hartanto, R., dan Kristianto, J., 2008, Pengaruh Suhu Reaksi dan Rasio CPO/Metanol terhadap Karakteristik Produk pada Pembuatan Biodiesel dengan Co-Solvent Dietil Eter, *Jurnal Ilmu Dasar*, 9 (1), hal. 72-77.

Silalahi, J., dan Tampubolon, S., 2002, Asam Lemak Trans dalam Makanan dan Pengaruhnya Terhadap Kesehatan, *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, Vol.XIII, No.2.

Simangunsong, G. M., 2015, Penentuan Komponen Propolis dengan Metode *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS), *Skripsi*, Program Studi Sarjana Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Sumatera Utara, Medan.

Siregar, A. L. M., Idral, dan Zultiniar, 2014, Pembuatan Biodiesel Berbahan Baku CPO Menggunakan Reaktor Sentrifugal dengan Variasi Rasio Umpan dan Komposisi Katalis, *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*, Vol. 1 (1).

Smith, P.C., Ngothai, Y., Dzuy Nguyen, Q., dan O'Neill, B.K., 2010, Improving the low-temperature properties of biodiesel: Methods and consequences, *Renewable Energy*, Vol. 35 (6), 1145–1151.

Spencer, N.D., 1988, Direct Oxidation of Methane, *Journal of catalysis*, 109, 187.

Subaer, 2015, *Pengantar Fisika Geopolimer*, DP2M Dikti, Jakarta.

Sugiyono, A., Permana, A. D., Boedoyo, M. S., dan Adiarso, 2013, *Pengembangan energi dalam mendukung sektor transportasi dan industri pengolahan mineral*, Outlook Energy Indonesia, BPPT.

Sukeksi, L., Haloho, P.V., dan Sirait, M., 2017, Maserasi Alkali dari Batang Pisang (Musa paradisiaca) menggunakan Pelarut Aquadest, *Jurnal Teknik Kimia USU*, 6(4), hal. 22-28.

Sumanto, 2005, Manfaat Tanaman Jarak Pagar Sebagai Tanaman Obat dan Bahan Baku Industri Minyak Biodisel yang Potensial, *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri*, 11(1), hal. 21-23.

Supriadi, E., Basuki, R., Prajitno, D.H., dan Mahfud, 2021, Produksi Biofuel Berbantuan Ultrasonik dari Minyak Kelapa Terkatalisis Ca/γ-Al2O3 dan K/γ-Al2O3, *Walisongo Journal of Chemistry*, Vol. 4(1), hal. 45-56.

Suryandari, A.S., Ardiansyah, Z.R., Putri, A.V.M., Arfiansyah, I., Mustain, A., Dewajani, H., dan Mufid, 2021, Sintesis Biodiesel melalui Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas Berbasis Katalis Heterogen CaO dari Limbah Cangkang Telur Ayam, *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan,* Vol. 5, No. 1, hal. 22-27.

Swarbrick, J. and Boylan, J. C., 1996, *Encyclopedia of Pharmaceutical Technology*, Volume 14, Marcel Dekker, New York.

Tardos, T.F., 2005, *Applied surfactants: Surfactants in nanoemulsion*, Wiley-VCH, Weinheim, 285-286.

Taufiq-Yap, Y.H., Lee, H.V., Hussein, M.Z., Yunus, R., 2011, Calcium-based mixed oxide catalysts for methanolysis of *Jatropha curcas* oil to biodiesel, *Biomass and Bioenergy*, 35, 827-834.

Thanh, L.T., Okitsu, K., Sadanaga, Y., Takenaka, N., Maeda, Y., dan Bandow, H., 2013, A New Co-Solvent Method for The Green Production of Biodiesel Fuel – Optimization and Practical Application, *Fuel*, Vol. 103, hal. 742 – 748.

Tipler, P., 1991, *Fisika untuk Sains dan Teknik*, Edisi Ketiga Jilid 1, Erlangga, Jakarta.

Umami, V. A., 2015, Sintesis Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Gelombang Mikro, *Skripsi*, Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

West, A. R., 1989, *Solid State Chemistry and Its Applications*, John Wiley and Sons Publisher, Singapore.

Winarno, F. G., 1992, *Kimia Pangan dan Gizi*, Cetakan ke-5, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Wiyatmo, Y., 2002, *Fisika Modern*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.

Yadav, M., Singh, V., dan Sharma, Y. C., 2017, "Methyl Transesterification of Waste Cooking Oil Using A Laboratory Synthesized Reusable Heterogeneous Base Catalyst: Process Optimization and Homogeneity Study Of Catalyst", *Energy Conversion and Management*, 148, 1438 – 1452.

Zamhari, M., Yuniar, Sari, D.I., dan Saputri, N.S., 2019, Pembuatan Katalis Heterogen Basa dari Serbuk Kayu Akasia, *Jurnal Kinetika*, Vol. 10 (1), hal. 38-45.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Rasio Mol Minyak Jelantah dan Mol Metanol

Perbandingan rasio molar minyak jelantah dan metanol = 1:12 (mol/mol)

Massa minyak jelantah yang digunakan = 10 gram

Volume metanol yang diperlukan = ……?

- Mol minyak jelantah $= \frac{massa\ minyak\ jelantah}{BM\ minyak\ jelantah}$

  $= \frac{10\ gram}{856\ g/mol}$

  $= 0{,}0117\ mol$

- Mol metanol $= 12\ \times mol\ minyak\ jelantah$

  $= 12\ \times 0{,}0117\ mol$

  $= 0{,}14\ mol$

- Massa metanol $= mol\ metanol\ \times BM\ metanol$

  $= 0{,}14\ mol\ \times 32{,}04\ g/mol$

  $= 4{,}4856\ gram$

- Volume metanol $= \frac{massa\ metanol}{\rho\ metanol}$

  $= \frac{4{,}4856\ gram}{0{,}7915\ g/mL}$

  $= 5{,}66\ mL$

Lampiran 2. Perhitungan Rasio Mol Metanol dan Mol Kosolven Aseton

Perbandingan rasio molar metanol dan kosolven = 1:4 (mol/mol)

Volume aseton yang diperlukan =……?

- Mol aseton $= \frac{1}{4} \times mol\ metanol$

  $= \frac{1}{4} \times 0{,}14\ mol$

  $= 0{,}035\ mol$

- Massa aseton $= mol\ aseton \times BM\ aseton$

  $= 0{,}035\ mol \times 58{,}08\ g/mol$

  $= 2{,}0328\ gram$

- Volume aseton $= \frac{massa\ aseton}{\rho\ aseton}$

  $= \frac{2{,}0328\ gram}{0{,}79\ g/mL}$

  $= 2{,}57\ mL$

Lampiran 3. Perhitungan Rasio Perbandingan Minyak Jelantah dan Metanol (Proses Pencucian)

Perbandingan rasio molar minyak jelantah dan metanol = 1:12 (mol/mol)

Massa jenis minyak jelantah = 0,8 g/mL

Massa minyak jelantah yang akan dicuci = 30 gram

Volume metanol yang digunakan untuk pencucian =……?

- ρ minyak jelantah $= \frac{massa\ minyak\ jelantah}{volume\ metanol}$
- Volume metanol $= \frac{massa\ minyak\ jelantah}{\rho\ minyak\ jelantah}$

$= \frac{30\ gram}{0{,}8\ g/mL}$

$= 37{,}5\ mL \times 12$

$= 450\ mL$

Lampiran 4. Perhitungan Hasil Rendemen Biodiesel

Berat wadah vial = 11,569 gram

Berat biodiesel dan wadah vial :

- Berat biodiesel I (0,3 gram) = 15,901 gram
- Berat biodiesel II (0,6 gram) = 15,814 gram
- Berat biodiesel III (0,8 gram) = 15,674 gram
- Berat biodiesel IV (1 gram) = 14,590 gram

Berat biodiesel yang dihasilkan :

- Biodiesel I (0,3 gram) $= Berat\ biodiesel\ I - Berat\ wadah\ vial$
  $= 15{,}901\ gram - 11{,}569\ gram$
  $= 4{,}332\ gram$
- Biodiesel II (0,6 gram) $= Berat\ biodiesel\ II - Berat\ wadah\ vial$
  $= 15{,}814\ gram - 11{,}569\ gram$
  $= 4{,}245\ gram$
- Biodiesel III (0,8 gram) $= Berat\ biodiesel\ III - Berat\ wadah\ vial$
  $= 15{,}674\ gram - 11{,}569\ gram$
  $= 4{,}105\ gram$
- Biodiesel IV (1 gram) $= Berat\ biodiesel\ IV - Berat\ wadah\ vial$
  $= 14{,}590\ gram - 11{,}569\ gram$
  $= 3{,}021\ gram$

Hasil Rendemen yang diperoleh :

- Rendemen biodiesel I $= \frac{berat\ biodiesel\ I}{berat\ minyak\ jelantah} \times 100\%$
  $= \frac{4{,}332\ gram}{10\ gram} \times 100\%$
  $= 43{,}32\ \%$
- Rendemen biodiesel II $= \frac{berat\ biodiesel\ II}{berat\ minyak\ jelantah} \times 100\%$

$$= \frac{4{,}245\ gram}{10\ gram} \times 100\%$$

$$= 42{,}45\ \%$$

- Rendemen biodiesel III $= \frac{berat\ biodiesel\ III}{berat\ minyak\ jelantah} \times 100\%$

$$= \frac{4{,}105\ gram}{10\ gram} \times 100\%$$

$$= 41{,}05\ \%$$

- Rendemen biodiesel IV $= \frac{berat\ biodiesel\ IV}{berat\ minyak\ jelantah} \times 100\%$

$$= \frac{3{,}021\ gram}{10\ gram} \times 100\%$$

$$= 30{,}21\ \%$$

Lampiran 5. Perhitungan 2θ pada analisis XRD

- Puncak 2θ = 29,402

$$\theta = \frac{2\theta}{2} = \frac{29{,}402}{2} = 14{,}701$$

$$d = \frac{n \cdot \lambda}{2 \sin \theta} = \frac{1 \cdot 1{,}5406}{2 \sin(14{,}701)} = \frac{1{,}5406}{0{,}508} = 3{,}033$$

- Puncak 2θ = 33,821

$$\theta = \frac{2\theta}{2} = \frac{33{,}821}{2} = 16{,}911$$

$$d = \frac{n \cdot \lambda}{2 \sin \theta} = \frac{1 \cdot 1{,}5406}{2 \sin(16{,}911)} = \frac{1{,}5406}{0{,}582} = 2{,}647$$

- Puncak 2θ = 27,956

$$\theta = \frac{2\theta}{2} = \frac{27{,}956}{2} = 13{,}978$$

$$d = \frac{n \cdot \lambda}{2 \sin \theta} = \frac{1 \cdot 1{,}5406}{2 \sin(13{,}978)} = \frac{1{,}5406}{0{,}483} = 3{,}189$$

- Puncak 2θ = 29,563

$$\theta = \frac{2\theta}{2} = \frac{29{,}563}{2} = 14{,}782$$

$$d = \frac{n \cdot \lambda}{2 \sin \theta} = \frac{1 \cdot 1{,}5406}{2 \sin(14{,}782)} = \frac{1{,}5406}{0{,}510} = 3{,}021$$

- Puncak 2θ = 28,343

$$\theta = \frac{2\theta}{2} = \frac{28{,}343}{2} = 14{,}172$$

$$d = \frac{n \cdot \lambda}{2 \sin \theta} = \frac{1 \cdot 1{,}5406}{2 \sin(14{,}172)} = \frac{1{,}5406}{0{,}489} = 3{,}151$$

Lampiran 6. Tabel Analisis Kandungan Senyawa Biodiesel dengan GC-MS

- Variasi katalis 0,3 gram

Puncak	Nama Senyawa	Luas Area (%)	Waktu Retensi (menit)	SI
1	Metil Miristat	0,72	13,320	90
2	Metil Palmitat	41,52	15,463	98
3	Metil Elaidat	53,92	17,254	96
4	Metil Stearat	3,84	17,475	96

- Variasi katalis 0,6 gram

Puncak	Nama Senyawa	Luas Area (%)	Waktu Retensi (menit)	SI
1	Metil Miristat	0,78	13,298	96
2	Metil Palmitat	41,79	15,467	98
3	Metil Elaidat	52,39	17,260	97
4	Metil Stearat	4,18	17,471	96
5	Metil Elaidat	0,43	18,984	84
6	Metil Oleat	0,24	19,119	86
7	Metil Araktat	0,19	19,310	89

- Variasi katalis 0,8 gram

Puncak	Nama Senyawa	Luas Area (%)	Waktu Retensi (menit)	SI
1	Metil Laurat	0,18	10,895	88
2	Metil Miristat	0,72	13,287	97
3	Metil Palmitoleat	0,24	15,295	92
4	Metil Palmitat	41,53	15,470	98
5	Metil Elaidat	52,64	17,265	97
6	Metil Stearat	4,06	17,471	96

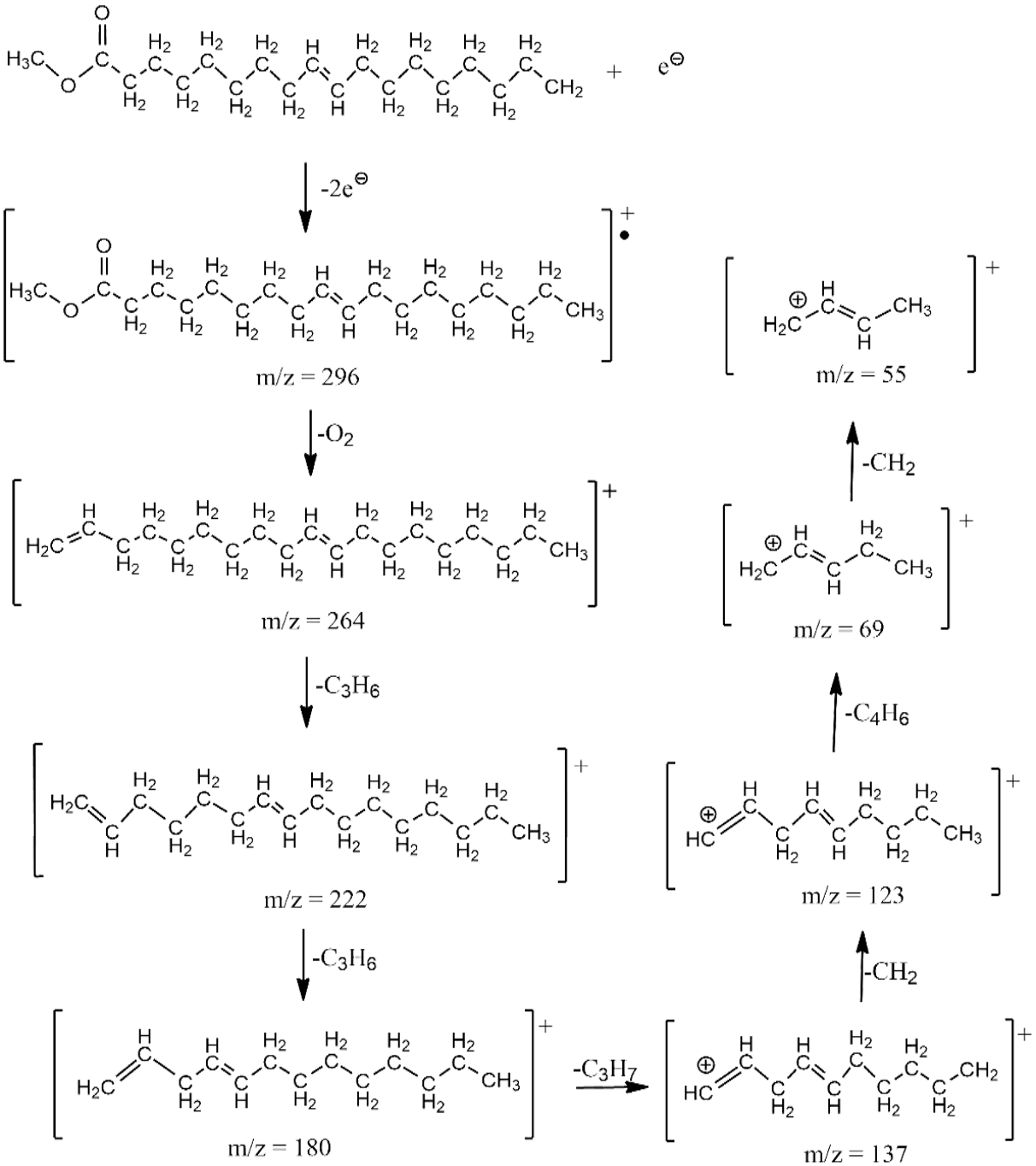
7	Metil Cis-9,10-Epoksi Stearat	0,27	18,975	86
8	Metil Oleat	0,23	19,119	87
9	Metil Araktat	0,13	19,304	90

- Variasi katalis 1 gram

Puncak	Nama Senyawa	Luas Area (%)	Waktu Retensi (menit)	SI
1	Metil Miristat	0,94	13,275	97
2	Metil Palmitoleat	0,22	15,291	92
3	Metil Palmitat	40,66	15,475	98
4	Metil Elaidat	54,11	17,269	96
5	Metil Stearat	3,66	17,470	96
6	Metil Trans-9,10-Epoksi Stearat	0,27	18,960	88
7	Metil Araktat	0,13	19,295	90

Lampiran 7. Pola Fragmentasi Kromatogram Puncak Tertinggi

- Perkiraan pola fragmentasi metil elaidat

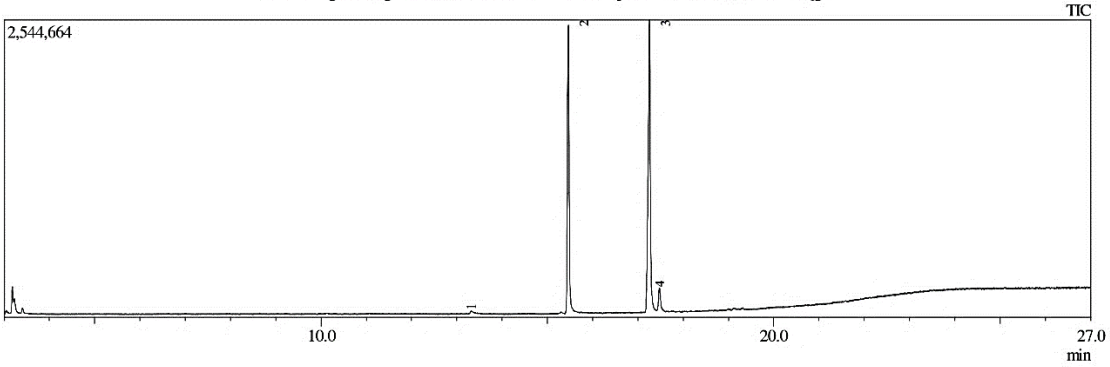


Lampiran 8. Hasil GC Metil Ester Katalis Abu Pelepah Pisang 0,3 gram

Sample Information

Analyzed by	: Admin
Analyzed	: 9/23/2021 1:45:14 PM
Sample Name	: 0,3g katalis
Sample ID	: 1
Injection Volume	: 0.50
Data File	: G:\GCMSsolution\Data\Project2\15320921_C_GCMS\1.qgd
Tuning File	: C:\GCMSsolution\System\Tune1\Tuning 9 Augus 2021.qgt

Chromatogram 0,3g katalis G:\GCMSsolution\Data\Project2\15320921_C_GCMS\1.qgd

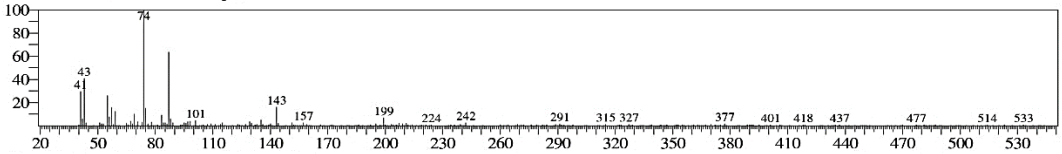


Peak Report TIC

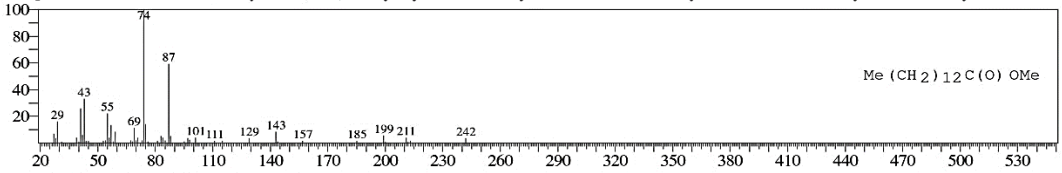
Peak#	R.Time	I.Time	F.Time	Area	Area%	Height
1	13.320	13.240	13.455	113589	0.72	23889
2	15.463	15.400	15.600	6513880	41.52	2460769
3	17.254	17.155	17.375	8459883	53.92	2497546
4	17.475	17.375	17.550	602801	3.84	194673
				15690153	100.00	5176877

Lampiran 9. Hasil MS Metil Ester Katalis Abu Pelepah Pisang 0,3 gram

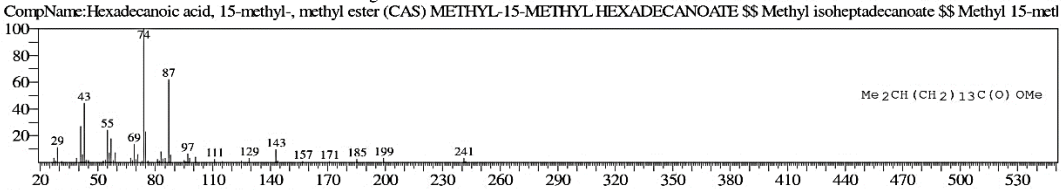
Library
<< Target >>
Line#:1 R.Time:13.320(Scan#:2665) MassPeaks:332
RawMode:Averaged 13.315-13.325(2664-2666) BasePeak:74.05(4130)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



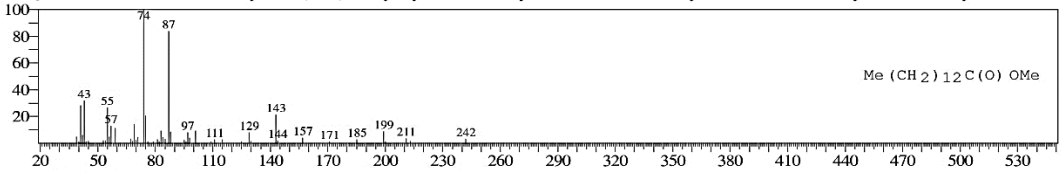
Hit#:1 Entry:148370 Library:WILEY7.LIB
SI:90 Formula:C15 H30 O2 CAS:124-10-7 MolWeight:242 RetIndex:0
CompName:Tetradecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl myristate $$ Methyl tetradecanoate $$ Methyl n-tetradecanoate $$ Myristic acid methyl ester $$ Uni



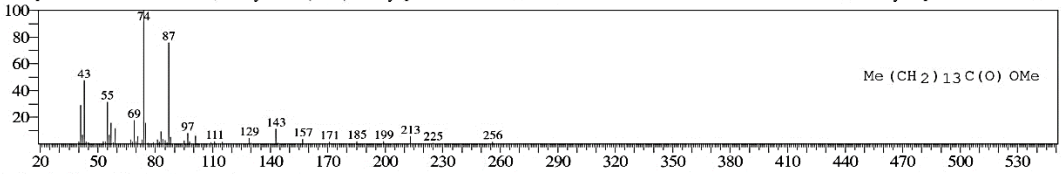
Hit#:2 Entry:195602 Library:WILEY7.LIB
SI:89 Formula:C18 H36 O2 CAS:6929-04-0 MolWeight:284 RetIndex:0
CompName:Hexadecanoic acid, 15-methyl-, methyl ester (CAS) METHYL-15-METHYL HEXADECANOATE $$ Methyl isoheptadecanoate $$ Methyl 15-metl



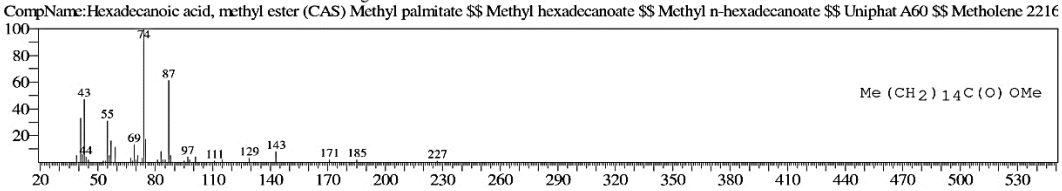
Hit#:3 Entry:148367 Library:WILEY7.LIB
SI:89 Formula:C15 H30 O2 CAS:124-10-7 MolWeight:242 RetIndex:0
CompName:Tetradecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl myristate $$ Methyl tetradecanoate $$ Methyl n-tetradecanoate $$ Myristic acid methyl ester $$ Uni



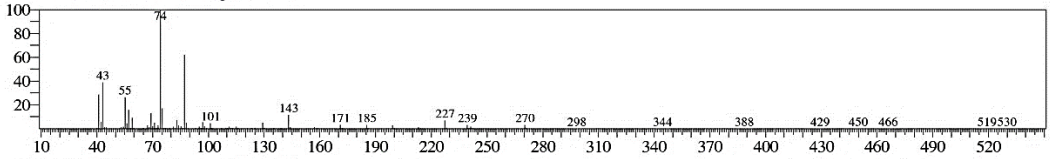
Hit#:4 Entry:164480 Library:WILEY7.LIB
SI:89 Formula:C16 H32 O2 CAS:7132-64-1 MolWeight:256 RetIndex:0
CompName:Pentadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl pentadecanoate $$ PENTADECANOIC ACID-METHYL ESTER $$ Methyl n-pentadecanoate $$ P



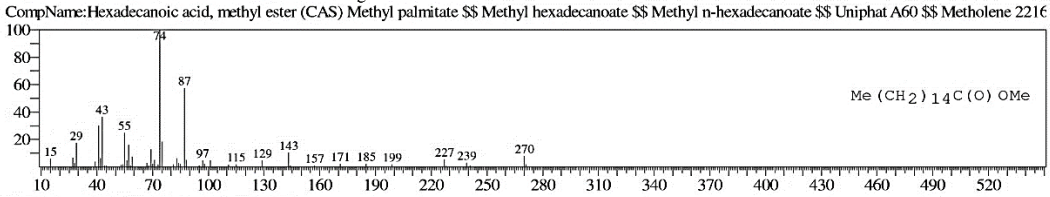
Hit#:5 Entry:180455 Library:WILEY7.LIB
SI:89 Formula:C17 H34 O2 CAS:112-39-0 MolWeight:270 RetIndex:0
CompName:Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate $$ Methyl hexadecanoate $$ Methyl n-hexadecanoate $$ Uniphat A60 $$ Metholene 2216



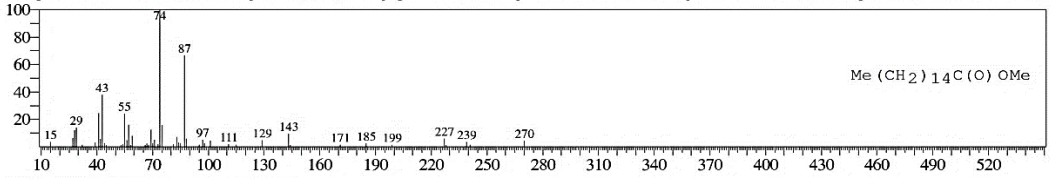
<< Target >>
Line#:2 R.Time:15.465(Scan#:3094) MassPeaks:337
RawMode:Averaged 15.460-15.470(3093-3095) BasePeak:74.05(527235)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



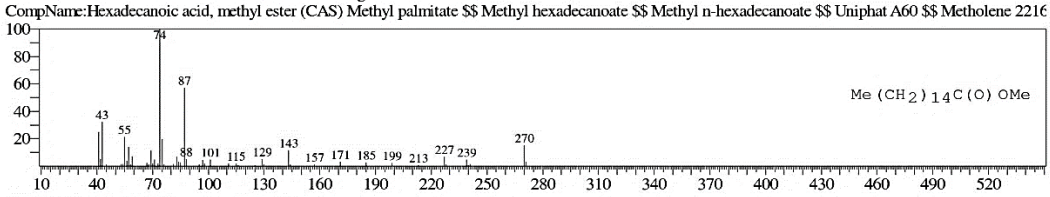
Hit#:1 Entry:180433 Library:WILEY7.LIB
SI:98 Formula:C17 H34 O2 CAS:112-39-0 MolWeight:270 RetIndex:0
CompName:Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate $$ Methyl hexadecanoate $$ Methyl n-hexadecanoate $$ Uniphat A60 $$ Metholene 2216



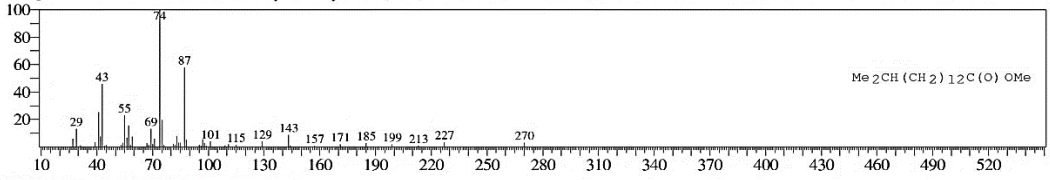
Hit#:2 Entry:180432 Library:WILEY7.LIB
SI:97 Formula:C17 H34 O2 CAS:112-39-0 MolWeight:270 RetIndex:0
CompName:Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate $$ Methyl hexadecanoate $$ Methyl n-hexadecanoate $$ Uniphat A60 $$ Metholene 2216



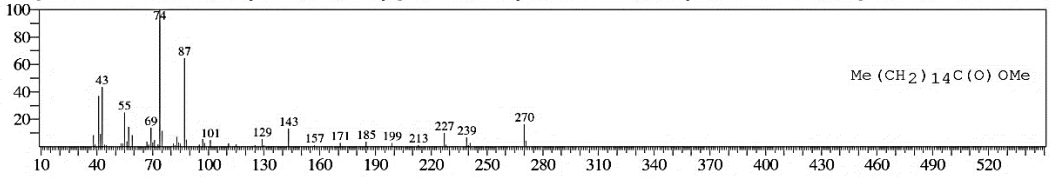
Hit#:3 Entry:180438 Library:WILEY7.LIB
SI:96 Formula:C17 H34 O2 CAS:112-39-0 MolWeight:270 RetIndex:0
CompName:Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate $$ Methyl hexadecanoate $$ Methyl n-hexadecanoate $$ Uniphat A60 $$ Metholene 2216



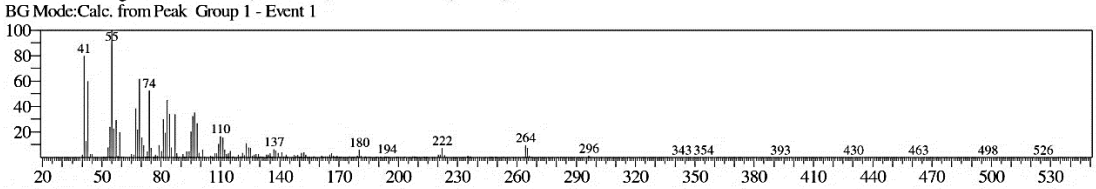
Hit#:4 Entry:180473 Library:WILEY7.LIB
SI:96 Formula:C17 H34 O2 CAS:5129-60-2 MolWeight:270 RetIndex:0
CompName:Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester (CAS) METHYL 14-METHYL-PENTADECANOATE $$ 14-METHYL-PENTADECANSAEUREME



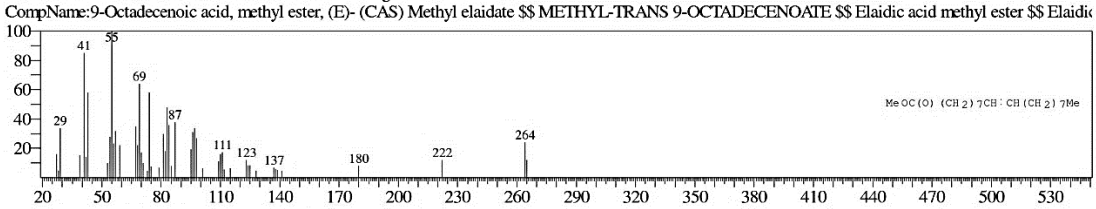
Hit#:5 Entry:180445 Library:WILEY7.LIB
SI:96 Formula:C17 H34 O2 CAS:112-39-0 MolWeight:270 RetIndex:0
CompName:Hexadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl palmitate $$ Methyl hexadecanoate $$ Methyl n-hexadecanoate $$ Uniphat A60 $$ Metholene 2216



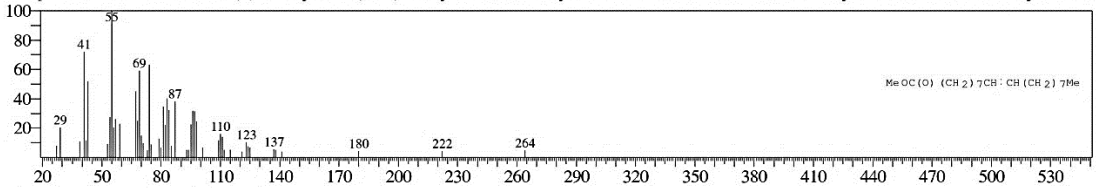
<< Target >>
Line#:3 R.Time:17.255(Scan#:3452) MassPeaks:380
RawMode:Averaged 17.250-17.260(3451-3453) BasePeak:55.05(206291)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



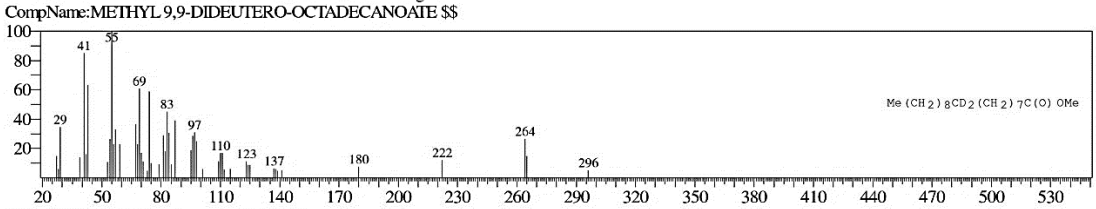
Hit#:1 Entry:207872 Library:WILEY7.LIB
SI:96 Formula:C19 H36 O2 CAS:1937-62-8 MolWeight:296 RetIndex:0
CompName:9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)- (CAS) Methyl elaidate $$ METHYL-TRANS 9-OCTADECENOATE $$ Elaidic acid methyl ester $$ Elaidi



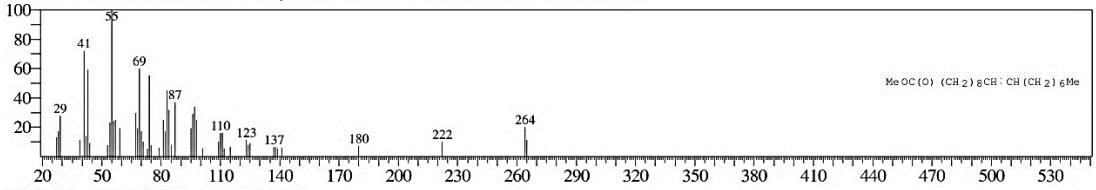
Hit#:2 Entry:207865 Library:WILEY7.LIB
SI:96 Formula:C19 H36 O2 CAS:112-62-9 MolWeight:296 RetIndex:0
CompName:9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester (CAS) Methyl oleate $$ Methyl cis-9-octadecenoate $$ Oleic acid methyl ester $$ Oleic acid, methyl ester $



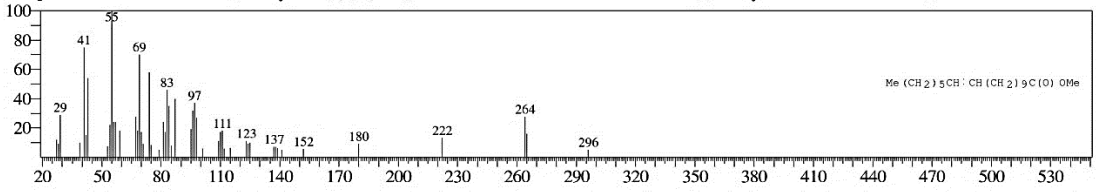
Hit#:3 Entry:209885 Library:WILEY7.LIB
SI:96 Formula:C19 H36 D2 O2 CAS:19905-64-7 MolWeight:298 RetIndex:0
CompName:METHYL 9,9-DIDEUTERO-OCTADECANOATE $$



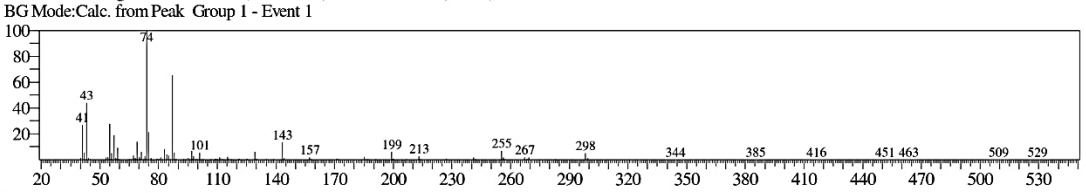
Hit#:4 Entry:207529 Library:WILEY7.LIB
SI:96 Formula:C19 H36 O2 CAS:13481-95-3 MolWeight:296 RetIndex:0
CompName:10-Octadecenoic acid, methyl ester (CAS) METHYL OCTADEC-10-ENOATE $$



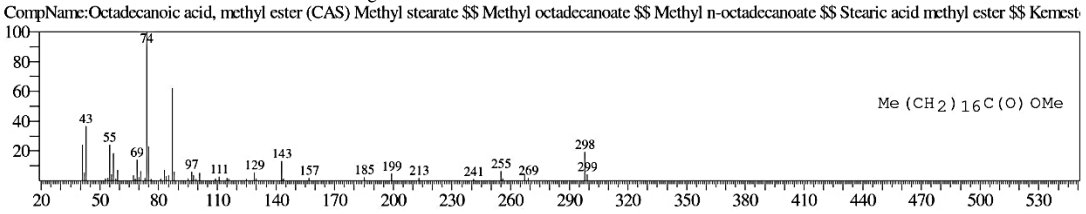
Hit#:5 Entry:207531 Library:WILEY7.LIB
SI:95 Formula:C19 H36 O2 CAS:1937-63-9 MolWeight:296 RetIndex:0
CompName:11-Octadecenoic acid, methyl ester, (Z)- (CAS) METHYL CIS OCTADEC-11-ENOATE $$ Methyl cis-octadec-11-enoate $$ cis-11-Octadecenoic a



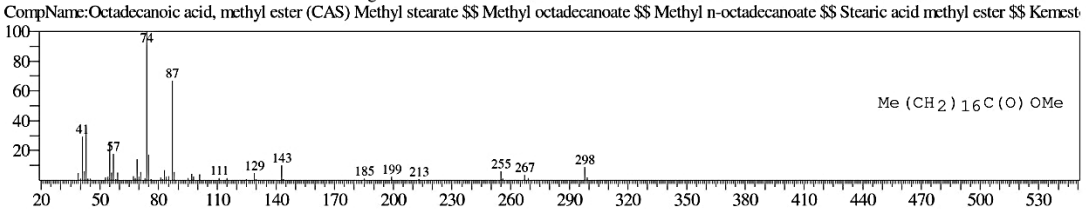
<< Target >>
Line#:4 R.Time:17.475(Scan#:3496) MassPeaks:311
RawMode:Averaged 17.470-17.480(3495-3497) BasePeak:74.05(37747)
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



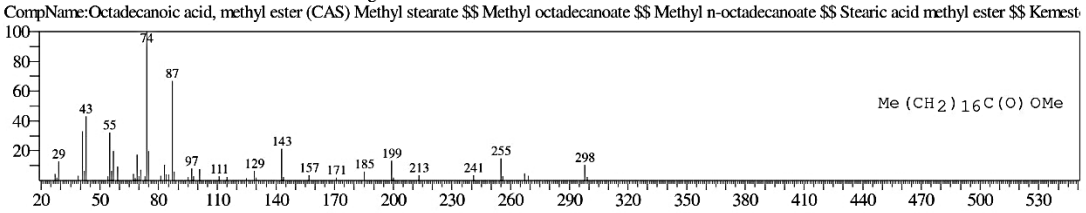
Hit#:1 Entry:209841 Library:WILEY7.LIB
SI:96 Formula:C19 H38 O2 CAS:112-61-8 MolWeight:298 RetIndex:0
CompName:Octadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl stearate $$ Methyl octadecanoate $$ Methyl n-octadecanoate $$ Stearic acid methyl ester $$ Kemest



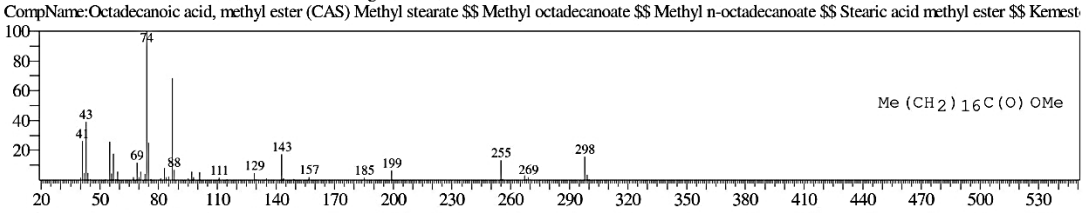
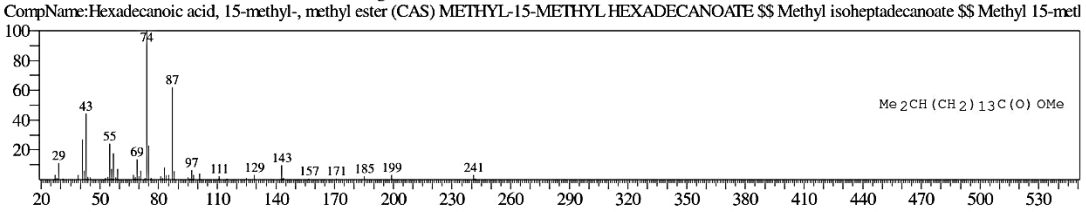
Hit#:2 Entry:209836 Library:WILEY7.LIB
SI:96 Formula:C19 H38 O2 CAS:112-61-8 MolWeight:298 RetIndex:0
CompName:Octadecanoic acid, methyl ester (CAS) Methyl stearate $$ Methyl octadecanoate $$ Methyl n-octadecanoate $$ Stearic acid methyl ester $$ Kemest



Hit#:3 Entry:209839 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 $$ Stearic acid methyl ester $$ Kemest



Hit#:4 Entry:209850 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 $$ Stearic acid methyl ester $$ Kemest



Hit#:5 Entry:195602 Library:WILEY7.LIB
SI:95 Formula:C18 H36 O2 CAS:6929-04-0 MolWeight:284 RetIndex:0
CompName:Hexadecanoic acid, 15-methyl-, methyl ester (CAS) METHYL-15-METHYL HEXADECANOATE $$ Methyl isoheptadecanoate $$ Methyl 15-metl