

# **LAPORAN PENELITIAN**

## **POTENSI KULIT PISANG KEPOK MATANG SEBAGAI KATALIS HETEROGEN PENGHASIL BODIESEL DENGAN BAHAN BAKU MINYAK JELANTAH**



**Disusun Oleh :**

**Nisrina Nada Salma      (3335180038)**

**Umi Hanifah              (3335180028)**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA – FAKULTAS  
TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG  
TIRTAYASA CILEGON - BANTEN**

**2022**



**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PROPOSAL PENELITIAN**  
**POTENSI KULIT PISANG KEPOK MATANG SEBAGAI**  
**KATALIS HETEROGEN PENGHASIL BIODIESEL DENGAN**  
**BAHAN BAKU MINYAK JELANTAH**

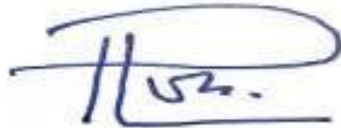
Diajukan Oleh :

**Nisrina Nada Salma** (3335180038)

**Umi Hanifah** (3335180028)

Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh Dosen Pembimbing

Pada Tanggal 22 Juni 2021



**Dr. H. Rudi Hartono, S.T., M.T.**

**NIP. 196702062001121001**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**LAPORAN PENELITIAN**

**POTENSI KULIT PISANG KEPOK MATANG SEBAGAI  
KATALIS HETEROGEN PENGHASIL BIODIESEL DENGAN  
BAHAN BAKU MINYAK JELANTAH**

Disusun Oleh :

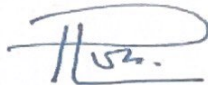
**Nisrina Nada Salma (3335180038)**

**Umi Hanifah (3335180028)**

Telah Disetujui Oleh Dosen Pembimbing dan Telah dipertahankan di Hadapan  
Dewan Penguji

Pada Tanggal 27 Desember 2022

**Dosen Pembimbing**



**Dr. H. Rudi Hartono, ST., MT., IPM**

**NIP. 196702062001121001**

**Dosen Penguji 1**



**Dr.-Ing. Anton Irawan, ST., MT**

**NIP.197510012008011007**

**Dosen Penguji 2**



**Wardalia, ST., MT**

**NIP.198406202008122002**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Teknik Kimia**



**Dr. Jayanudin, S.T., M.Eng**

**NIP.197808112005011003**

## **ABSTRAK**

### **POTENSI KULIT PISANG KEPOK MATANG SEBAGAI KATALIS HETEROGEN PENGHASIL BIODIESEL DENGAN BAHAN BAKU MINYAK JELANTAH**

Oleh :

Nisrina Nada Salma (3335180038)

Umi Hanifah (3335180028)

Biodiesel adalah sumber energi terbarukan serta ramah lingkungan. Pada umumnya bahan baku biodiesel yang digunakan adalah minyak nabati, akan tetapi berdasarkan hasil evaluasi kelayakan beberapa bahan baku, minyak nabati yang paling layak untuk digunakan sebagai biodiesel adalah minyak jelantah atau minyak goreng bekas pakai. Dalam pembuatan biodiesel, salah satu cara untuk meminimalisir pengotor dalam produk biodiesel dan efisiensi proses pembuatan, digunakan katalisator basa padat heterogen berasal dari limbah kulit pisang kepok matang untuk proses reaksi transesterifikasi. Pada penelitian ini dimulai dengan pembuatan katalis kalium dioksida yang berasal limbah kulit pisang kepok matang dengan kalsinasi pada suhu 450°C, 550°C, 650°C selama 5 jam. Pada reaksi transesterifikasi sintesis biodiesel dilakukan pada temperatur 50°C, 55°C, 60°C dengan waktu 1-3 jam, jumlah katalis yang digunakan sebesar 1% (b/b) dan rasio molar methanol dan minyak jelantah 6:1. Kondisi terbaik diperoleh dengan jumlah katalis 1% (b/b) yang dikalsinasi pada 550°C, suhu reaksi 60°C, waktu reaksi 2 jam dan rasio mol alkohol dan minyak jelantah adalah 6:1, sehingga *yield* biodiesel sebesar 90,94 % serta kandungan metil ester sebesar 96,6 %. Karakteristik katalis dianalisa melalui SEM-EDX dan didapati struktur berpori pada permukaannya dengan kandungan kalium terbanyak setelah di kalsinasi sebesar 40,09%. Karakteristik biodiesel yang diperoleh pada kondisi optimum memiliki densitas (40 °C), viskositas (40 °C), dan titik nyala memperoleh hasil berturut-turut sebesar 860 kg/m<sup>3</sup>, 2,57 cSt dan 132 °C. Hasil tersebut menyatakan bahwa biodiesel yang dihasilkan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 04-7182:2015. Hasil dari penelitian ini layak untuk digunakan dalam pembuatan biodiesel dengan katalis heterogen yang berasal dari limbah kulit pisang kepok matang.

Kata Kunci : Biodiesel, Katalis Heterogen, Kulit Pisang Kepok Matang, Minyak Jelantah, Transesterifikasi

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan kami kemudahan sehingga penyusun mendapatkan kemudahan dalam menyelesaikan Laporan Penelitian ini yang berjudul “*Potensi Pisang Kepok sebagai Katalis Heterogen Penghasil Biodiesel dengan Bahan Baku Minyak Jelantah*”. dengan tepat waktu. Tanpa pertolongan-Nya tentunya kami tidak akan sanggup untuk menyelesaikan makalah ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga terlimpah curahkan kepada baginda tercinta kita yaitu Nabi Muhammad SAW yang kita nanti-nantikan syafa’atnya di akhirat nanti.

Pada kesempatan ini penyusun menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung selama kegiatan penelitian sampai dengan penyusunan laporan penelitian ini. Rasa ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penyusun tujukan kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa, Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya penyusun dapat menyelesaikan Laporan Penelitian ini.
2. Orang Tua dan Keluarga penulis yang sudah memberikan doa serta dukungan baik secara moril maupun materil.
3. Bapak Prof. Dr. H. Fatah Sulaiman, ST., M.T sebagai Rektor Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
4. Bapak Dr. Jayanudin, S.T., M.Eng sebagai Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
5. Ibu Dr. Rahmayetty, S.T., M.T sebagai Koordinator Penelitian Jurusan Teknik Kimia Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
6. Bapak Dr. H. Rudi Hartono, ST.,MT.,IPM sebagai Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dalam pelaksanaan penelitian sampai dengan penyusunan laporan penelitian.
7. Serta teman-teman angkatan 2018 Jurusan Teknik Kimia Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang selalu memberikan dukungan dan motivasi.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini tidak terlepas dari kesalahan baik dalam penulisan maupun cara penyampaiannya. Oleh karena itu, penulis memohon maaf atas kesalahan yang pernah dilakukan baik disengaja ataupun tidak. Penulis menerima kritik dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan dan penyempurnaan laporan ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat dan digunakan dengan baik.

Cilegon, 27 Desember

2022

Penulis

# DAFTAR ISI

	halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Ruang Lingkup Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Pisang.....	5
2.1.1 Pisang Kepok .....	5
2.2 Biodiesel .....	6
2.3 Minyak Jelantah.....	9
2.4 Katalis Heterogen .....	10
2.5 Reaksi Transesterifikasi.....	11
2.6 Methanol .....	13
2.7 Kalsinasi Kulit Pisang Kepok.....	14
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>17</b>
3.1 Tahapan Penelitian.....	17
3.1.1 Tahapan Preparasi Katalis $K_2O$ dari Kulit Pisang.....	17
3.1.2 Tahapan Preparasi Minyak Jelantah .....	18
3.1.3 Tahapan Biodiesel melalui Reaksi Transesterifikasi .....	18
3.1.4 Tahapan Reusability Katalis $K_2O$ .....	19



3.2	Prosedur Penelitian .....	20
3.2.1	Prosedur Preparasi Katalis K <sub>2</sub> O dari Kulit Pisang.....	20
3.2.2	Prosedur Preparasi Minyak Jelantah.....	20
3.2.3	Prosedur Biodiesel melalui Reaksi Transesterifikasi.....	21
3.2.4	Prosedur Reusability Katalis K <sub>2</sub> O.....	22
3.3	Alat dan Bahan .....	22
3.3.1	Alat.....	22
3.3.2	Bahan .....	23
3.4	Variabel Penelitian .....	24
3.5	Metode Pengumpulan Data dan Analisa Data.....	24
3.5.1	Analisa Kadar Asam Lemak Minyak Jelantah .....	25
3.5.2	Uji Densitas.....	25
3.5.3	Uji Viskositas.....	25
3.5.4	Yield Biodiesel .....	26
3.5.5	Analisa GC-MS ( <i>GasChromatography-MassSpectrometry</i> )	26
3.5.6	Analisa XRD ( <i>X-ray Diffraction</i> ) .....	29
3.5.7	Analisa FT-IR ( <i>Fourier Transform Infra Red</i> ).....	29
3.5.8	Analisa SEM-EDX ( <i>Scanning Electron Miscroscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i> ).....	30
3.5.9	Analisa Titik Nyala Api.....	30
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
4.1	Karakteristik Minyak Jelantah/WCO ( <i>Waste Cooking Oil</i> ).....	32
4.2	Proses <i>Pretreatment</i> Minyak Jelantah/WCO ( <i>Waste Cooking Oil</i> )	32
4.2.1	Karakteristik Minyak Jelantah/WCO ( <i>Waste Cooking Oil</i> ) setelah <i>Pretreatment</i> .....	32
4.3	Karakteristik Katalis dari Limbah Kulit Pisang Kepok Matang ...	34
4.3.1	Analisa XRD ( <i>X-ray Diffraction</i> ) .....	34
4.3.2	Analisa FT-IR ( <i>Fourier Transform Infra Red</i> ) .....	35
4.3.3	Analisa SEM-EDX ( <i>Scanning Electron Miscroscopy-Energy</i>	

<i>Dispersive X-ray Spectroscopy</i> ).....	39
4.4 Pengaruh Variasi Kondisi Operasi Terhadap Yield Biodiesel .....	43
4.4.1 Pengaruh Waktu Reaksi dan Suhu Kalsinasi Katalis terhadap Yield Biodiesel pada Kondisi Suhu Reaksi 50°C, 55°C, dan 60°C.....	43
4.4.2 Pengaruh Suhu Reaksi dan Waktu Reaksi terhadap Yield Biodiesel pada Kondisi Suhu Kalsinasi Katalis 450°C,550°C,dan 650°C.....	46
4.4.3 Pengaruh Suhu Kalsinasi dan Suhu Reaksi terhadap Yield Biodiesel pada Kondisi Waktu Reaksi 1 jam, 2 jam dan 3 jam.....	48
4.5 Karakteristik Biodiesel dari Limbah Minyak Jelantah/WCO ( <i>Waste Cooking Oil</i> ) .....	51
4.5.1 Analisa Densitas Biodiesel.....	51
4.5.2 Analisa Viskositas Biodiesel.....	54
4.5.3 Analisa Densitas Biodiesel.....	57
4.5.4 Karakteristik Biodiesel Optimum dari Limbah Minyak Jelantah/WCO ( <i>Waste Cooking Oil</i> ).....	59
4.5.5 Analisis Kandungan Ester dengan GC-MS ( <i>Gas Chromatography - Mass Spectrometry</i> ).....	60
4.6 <i>Reusability</i> Katalis .....	62
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>64</b>
5.1 Kesimpulan.....	64
5.2 Saran.....	65

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

### **LAMPIRAN A PERHITUNGAN**

### **LAMPIRAN B HASIL ANALISA**

### **LAMPIRAN C DOKUMENTASI**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Reaksi Transesterifikasi.....	11
Gambar 2.2 Hasil Kalsinasi dari $K_2CO_3$ .....	15
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Preparasi Katalis $K_2O$ dari Kulit Pisang.....	17
Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Preparasi Minyak Jelantah.....	18
Gambar 3.3 Diagram Alir Tahap Transesterifikasi.....	19
Gambar 3.4 Diagram Alir Tahap Reusability Katalis.....	20
Gambar 3.5 Rangkaian Peralatan Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah Secara Transesterifikasi menggunakan Katalis $K_2O$ dari Abu Kulit Pisang Kepok.....	23
Gambar 4.1 Hasil Analisa XRD ( <i>X-ray diffraction</i> ) (a) Sebelum Kalsinasi, (b) Setelah Kalsinasi, dan (c) Setelah Reaksi Transesterifikasi.....	34
Gambar 4.2 Hasil Analisa Spektrum FT-IR ( <i>Fourier Transform - Infra Red</i> ) (a) Sebelum Kalsinasi, (b) Setelah Kalsinasi, dan (c) Setelah Reaksi Transesterifikasi.....	37
Gambar 4.3 Hasil Analisa SEM-EDX ( <i>Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i> ) (a) Sebelum Kalsinasi, (b) Setelah Kalsinasi, dan (c) Setelah Reaksi Transesterifikasi.....	40
Gambar 4.4 Pengaruh Waktu Reaksi dan Suhu Kalsinasi Katalis terhadap Yield Biodiesel pada Kondisi Suhu Reaksi (a) 50 °C, (b) 55 °C, dan (c) 60 °C.....	44
Gambar 4.5 Pengaruh Suhu Reaksi dan Waktu Reaksi terhadap Yield Biodiesel pada Kondisi Suhu Kalsinasi Katalis (a) 450 °C, (b) 550 °C, dan (c) 650 °C.....	47
Gambar 4.6 Pengaruh Suhu Kalsinasi Katalis dan Suhu Reaksi terhadap Yield	

Biodiesel pada Kondisi Waktu Reaksi (a) 1 jam, (b) 2 jam, dan (c) 3 jam.....	49
Gambar 4.7 Pengaruh Waktu Reaksi dan Suhu Reaksi terhadap Densitas Biodiesel pada Kondisi Suhu Kalsinasi Katalis (a) 450 °C, (b) 550 °C, dan (c) 650 °C.....	52
Gambar 4.8 Pengaruh Waktu Reaksi dan Suhu Reaksi terhadap Viskositas Biodiesel pada Kondisi Suhu Kalsinasi Katalis (a) 450 °C, (b) 550 °C, dan (c) 650 °C.....	55
Gambar 4.9 Pengaruh Waktu Reaksi dan Suhu Reaksi terhadap Flash Point Biodiesel pada Kondisi Suhu Kalsinasi Katalis (a) 450 °C, (b) 550 °C, dan (c) 650 °C.....	58
Gambar 4.10 Kromatogram Kromatografi Gas Sampel Biodiesel pada Suhu Reaksi 60 °C selama 2 jam pada Suhu Kalsinasi Katalis 550 °C....	62
Gambar 4.11 Reusability Katalis Kondisi Optimum Reaksi Transesterifikasi..	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Mineral pada Kulit Pisang Kepok (mg/100g) .....	6
Tabel 2.2 Standar Kualitas Biodiesel Menurut SNI 189-7182-2019 Dirjen EBTKE.....	7
Tabel 2.3 Kualitas Sampel dari <i>Waste Cooking Oil</i> (WCO) Sebelum dan Setelah Purifying.....	10
Tabel 2.4 Perbandingan Komponen Penyusun Bagian dari Pisang seperti Abu Pelepah Pisang, Abu Batang Pisang dan Abu Kulit pisang serta Kualitas Biodiesel yang Dihasilkan pada Penelitian Sebelumnya.....	15
Tabel 4.1 Karakteristik Minyak jelantah/ WCO ( <i>Waste Cooking Oil</i> ) Sebelum <i>Pretreatment</i> .....	32
Tabel 4.2 Karakteristik Minyak jelantah/ WCO ( <i>Waste Cooking Oil</i> ) Setelah <i>Pretreatment</i> .....	33
Tabel 4.3 Kandungan kulit pisang kepok matang, katalis, dan katalis sesudah digunakan untuk sintesis biodiesel hasil analisis EDX ( <i>Energy Dispersive X-ray Spectroscopy</i> ).....	42
Tabel 4.4 Densitas yang dihasilkan dengan Variasi Waktu Reaksi dan Suhu Reaksi pada Kondisi Suhu Kalsinasi Katalis.....	54
Tabel 4.5 Viskositas yang dihasilkan dengan Variasi Waktu Reaksi dan Suhu Reaksi pada Kondisi Suhu Kalsinasi Katalis.....	56
Tabel 4.6 Flash Point yang dihasilkan dengan Variasi Waktu Reaksi dan Suhu Reaksi pada Kondisi Suhu Kalsinasi Katalis.....	59
Tabel 4.7 Karakteristik Biodiesel Optimum dari Limbah Minyak Jelantah/WCO ( <i>Waste Cooking Oil</i> ).....	59
Tabel 4.8 Komposisi dan Kandungan (%) Senyawa pada Sampel Biodiesel Optimum.....	60

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam konteks pertumbuhan ekonomi dan pembangunan yang berlangsung di Indonesia, permintaan terhadap minyak bumi terus mengalami peningkatan sejalan dengan kebutuhan masyarakat. Minyak bumi berperan sebagai sumber daya alam sangat penting menjadi bahan bakar mendukung berbagai sektor seperti industri, rumah tangga, dan transportasi. Pertumbuhan penduduk dan perkembangan industri turut berkontribusi pada peningkatan penggunaan minyak bumi, namun disadari bahwa sifat tidak dapat diperbaharui (*unrenewable*) dari minyak bumi dapat mengakibatkan ketersediaannya semakin berkurang seiring berjalannya waktu (Mahibin, 2015). Pengembangan pembuatan bahan bakar dari bahan-bahan yang terbarukan di era ini terus dilakukan untuk memperoleh bahan bakar dengan dampak lingkungan yang lebih rendah sebagai pengganti bahan bakar konvensional yang ketersediaannya terbatas dan limbah yang dihasilkan pun merusak lingkungan.

Pengembangan teknologi untuk menghasilkan bahan bakar alternatif dari sumber daya terbarukan menjadi fokus utama, salah satu contohnya adalah biodiesel hasil produksi dari minyak nabati atau lemak hewani.. Biodiesel memiliki keunggulan berupa sifat dapat diperbaharui (*renewable*), ramah lingkungan (*biodegradable*), rendah kadar sulfur (*non toxic*), dan membentuk emisi pembakaran relatif bersih (Christian dan Setiadi, 2019). Upaya pemerintah Indonesia untuk mempromosikan penggunaan biodiesel terlihat melalui kebijakan peningkatan perbandingan campuran (*blending*) antara

biodiesel dan solar yaitu dari B20 (80 bagian solar dan 20 bagian biodiesel) menjadi B30 (70 bagian solar dan 30 bagian biodiesel) seperti yang diatur dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 12 Tahun 2015 (EBTKE, 2019). Dalam kebijakan ini akan berdampak pada peningkatan produksi biodiesel di Indonesia, maka kebutuhan biodiesel otomatis akan mengalami peningkatan. Berdasarkan data dari Organisasi Kerja Sama dan Pembangunan Ekonomi (OECD) mencatat bahwa produksi biodiesel di Indonesia mencapai 5,5 juta kiloliter (kl) sepanjang Januari hingga Juni 2022, dengan sebagian besar digunakan dalam negeri (Rizaty, 2022).

Dalam produksi biodiesel, minyak jelantah yang merupakan limbah hasil penggorengan makanan, menjadi salah satu pilihan bahan baku potensial. Pemakaian minyak jelantah sebagai alternatif bahan baku biodiesel tidak hanya berpotensi mengurangi dampak lingkungan akibat pembuangan limbah, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi bagi pedagang makanan yang terdapat di Indonesia. Dalam proses produksi biodiesel, reaksi transesterifikasi memainkan peran penting dengan mereaksikan alkohol dan trigliserida menghasilkan *methyl ester* dan gliserol yang prosesnya dapat berjalan maksimal apabila ditambahkan katalis, baik katalis homogen maupun katalis heterogen. Pemakaian katalis heterogen sebagai pengganti alternatif dari pemakaian katalis homogen karena lebih mudah untuk dipisahkan dan digunakan kembali (Dang Tan-Hiep *et al*, 2017). *Bio-Based* atau *green catalyst* merupakan sebutan untuk katalis yang diproduksi dari sumber bahan alam seperti biomassa (Konwar *et al*, 2014). Penggunaan katalis heterogen berbasis bahan alam seperti kulit pisang kepok matang menjadi solusi yang menjanjikan. Kulit pisang kepok merupakan limbah yang jumlahnya relatif besar atau sekitar  $\pm 30\%$  dari buah pisang segar (Zuhal, 2013). Kulit pisang kepok matang di dalamnya mengandung beberapa komponen mineral (mg/100g) seperti

mengandung kalium 9,83, fosfor 0,49, kalsium 6,01, magnesium 2,31, natrium 6,09, besi 20,40, seng 1,86, dan tembaga 0,85 (Okorie dkk,2015). Keberadaan kalium yang cukup tinggi dapat dimanfaatkan sebagai katalis basa heterogen dalam reaksi transesterifikasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mensintesis biodiesel dengan memanfaatkan katalis heterogen yang berasal dari biomassa kulit pisang kepok matang. Diharapkan bahwa langkah ini tidak hanya akan menghasilkan biodiesel yang lebih ramah lingkungan, tetapi juga efisien dalam proses produksi.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dari uraian latar belakang di atas, peningkatan kontinu pada penggunaan bahan bakar menjadi isu yang semakin mendesak seiring dengan pertumbuhan populasi dan ekspansi sektor industri. Dampak yang tak terhindarkan adalah semakin berkurangnya ketersediaan minyak bumi yang tidak dapat diperbaharui. Dalam rangka mengatasi tantangan ini, pengembangan bahan bakar alternatif dari sumber terbarukan menjadi fokus utama, dengan biodiesel sebagai salah satu solusi yang menjanjikan. Terdapat berbagai sisa hasil dari proses penggorengan makanan, baik dari pabrik makanan khusus maupun penjual makanan gorengan yang bisa menghasilkan limbah minyak jelantah. Di sisi lain, limbah kulit pisang yang dihasilkan dari aktivitas pengolahan buah pisang juga merupakan masalah yang perlu diatasi untuk mencegah dampak pencemaran lingkungan yang lebih lanjut. Oleh karena itu, pada penelitian ini pendekatan yang diambil adalah menghasilkan biodiesel melalui pemanfaatan limbah minyak jelantah sebagai minyak nabati dan limbah kulit pisang kepok matang sebagai katalis heterogen basa.



### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini dapat dirinci sebagai berikut :

1. Mencapai keefektifan dari katalis heterogen terbaik didasarkan pada bahan dasar kulit pisang kepok matang
2. Menganalisis kualitas produk biodiesel yang didapatkan melalui penggunaan limbah minyak jelantah sebagai bahan baku dan katalis  $K_2O$  yang berasal dari limbah kulit pisang kepok matang dengan variasi suhu kalsinasi, variasi suhu reaksi transesterifikasi dan waktu reaksi transesterifikasi dalam produksi biodiesel dari minyak jelantah dengan pengujian sifat fisik dan sifat kimia yang dibandingkan dengan (SNI) 04-7182:2015
3. Menguji kemampuan katalis  $K_2O$  yang diperoleh dari limbah kulit pisang kepok matang sebagai katalis heterogen yang dapat digunakan kembali secara berulang - ulang dalam pembuatan biodiesel dengan menggunakan minyak jelantah.

### 1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Pembuatan biodiesel melibatkan pemakaian minyak jelantah sebagai material yang diolah dengan katalis  $K_2O$  yang diperoleh dari limbah kulit pisang yang dikalsinasi dengan reaksi transesterifikasi berupa variasi suhu kalsinasi  $450^{\circ}C$ ,  $550^{\circ}C$  dan  $650^{\circ}C$ , variasi suhu reaksi transesterifikasi  $50^{\circ}C$ ,  $55^{\circ}C$ ,  $60^{\circ}C$  dan variasi waktu reaksi 1, 2, 3 jam. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Dasar dan Laboratorium Kimia Organik Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pisang**

Pisang adalah buah terbesar kedua dalam produksi dunia (Akintunde *et al.*, 2015:387–394). Dalam konteks buah pisang, bagian yang umumnya dikonsumsi oleh masyarakat adalah daging buahnya sedangkan kulitnya dibuang menjadi limbah. Sebuah aktivitas industri sudah dipastikan menghasilkan produk dan hasil sampingan berupa limbah. Kulit pisang sebagai produk sampingan dari buah pisang, menghasilkan jumlah limbah yang signifikan sedangkan daun pisang memiliki peran penting dalam budaya Asia Tenggara sebagai pembungkus tradisional untuk hidangan lokal. Bahkan, serat dari batang atau daun dapat diolah menjadi tali, tikar, dan karung (T.K.Lim, 2012). Selain mengandung Fosfor dan Kalium, kulit pisang juga mengandung unsur Magnesium, Sulfur, dan Natrium (Susetya, 2012:102-103). Menurut Okorie *et al.*, (2015:370), kulit pisang merupakan 40% dari total berat buah pisang.

##### **2.1.1 Pisang Kepok**

Menurut Suhartono (2011) dalam Anonim (2012), menyebutkan bahwa pisang kepok (*Musa acuminata balbisiana C.*) merupakan produk yang cukup prospektif dalam pengembangan sumber pangan lokal karena pisang dapat tumbuh di sembarang tempat sehingga produksi buahnya selalu tersedia. Ciri khas kulit pisang kepok yaitu berwarna kuning kemerahan dengan bintik-bintik coklat. Kulit pisang memiliki limbah relatif besar atau sekitar  $\pm 30\%$  dari buah pisang segar (Zuhal, 2013). Limbah kulit buah pisang kepok mengandung

bahan-bahan yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri farmasi, kecantikan, nutrisi, dan energi (Solidum,2011:147-152)

Menurut Okorie dkk, 2015, kulit pisang kepok mengandung beberapa mineral yang dapat dilihat pada tabel 2.1 sebagai berikut :

**Tabel 2.1 Komposisi Mineral pada Kulit Pisang Kepok (mg/100g)**

<b>Komposisi Mineral</b>	<b>Matang</b>	<b>Mentah</b>
Ca (Kalsium)	6,01 ± 0,27 <sup>a</sup>	11,02 ± 1,44 <sup>b</sup>
Mg (Magnesium)	2,31 ± 0,44 <sup>b</sup>	3,04 ± 0,06 <sup>b</sup>
K (Kalium)	9,83 ± 1,17 <sup>a</sup>	9,89 ± 1,17 <sup>a</sup>
Na (Natrium)	6,09 ± 0,13 <sup>a</sup>	6,18 ± 0,03 <sup>a</sup>
P (Posfor)	0,49 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,61 ± 0,01 <sup>a</sup>
Zn (Seng)	1,86 ± 0,23 <sup>b</sup>	0,95 ± 0,07 <sup>a</sup>
Cu (Tembaga)	0,85 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,49 ± 0,01 <sup>a</sup>
Pb (Timbal)	0,40 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,07 ± 0,03 <sup>a</sup>
Fe (Besi)	215,75 ± 0,57 <sup>a</sup>	215,75 ± 8,13 <sup>b</sup>

## 2.2 Biodiesel

Biodiesel atau dalam istilah kimia dikenal sebagai *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) merupakan hasil dari reaksi kimia yang melibatkan bahan mentah seperti minyak nabati ataupun lemak hewani dengan alkohol, baik dengan atau tanpa katalis (Abdullah *et al.*, 2017). Proses sintesis biodiesel umumnya dilakukan melalui reaksi transesterifikasi yang sering kali memanfaatkan katalis basa seperti natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH), serta natrium karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) atau kalium karbonat (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Dalam proses transesterifikasi, tidak akan dilanjutkan jika bahan mentah asam lemak bebas (FFA) melebihi 3% bahkan dengan katalis

basa homogen (F.U.M dan Alexandru,2016). Tingginya kadar asam lemak bebas (FFA) dapat mengganggu proses reaksi transesterifikasi akibat adanya reaksi penyabunan antara katalis dan asam lemak bebas (FFA) dengan hasil akhir mengurangi nilai *yield* biodiesel (Gnanaprakasam *et al.*,2013).

Dalam pembuatan biodiesel, terdapat dua pendekatan reaksi yaitu dengan bantuan katalis (katalitik) atau tanpa bantuan katalis (non katalitik). Metode tanpa bantuan katalis memerlukan kondisi suhu dan tekanan yang tinggi, sehingga perlu perlakuan yang lebih dan peralatan yang berbahan khusus. Biodiesel merupakan produk berbasis minyak nabati yang dapat diperbaharui. Untuk menjaga kualitas dan keamanan, biodiesel harus memenuhi syarat baku mutu. Persyaratan mutu biodiesel telah diatur oleh standar SNI 7182-2019 seperti yang diperincikan pada Tabel 2.2 (BPPT, 2020). Keberhasilan pembuatan biodiesel dapat diukur melalui pemenuhan parameter-parameter standar dalam SNI 7182-2019 seperti tertera pada Tabel 2.2. Fakta bahwa biodiesel ini memenuhi semua persyaratan tersebut menunjukkan bahwa produksinya tidak hanya menggunakan bahan mentah berkualitas, tetapi juga melibatkan proses pengolahan yang tepat dan efisien.

**Tabel 2.2** Standar Kualitas Biodiesel Menurut SNI 189-7182-2019  
Dirjen EBTKE

NO	PARAMETER UJI	METODE UJI	PERSYARATAN	SATUAN min/ max
1	Massa jenis pada 40 °C	SNI 7182:2019	850-890	kg/m <sup>3</sup>
2	Viskositas Kinematik pada 40 °C	SNI 7182:2019	2,3-6,0	mm <sup>2</sup> /s (cSt)
3	Angka setana	SNI 7182:2019	51	min

NO	PARAMETER UJI	METODE UJI	PERSYARATAN	SATUAN min/ max
4	Titik nyala (mangkok Tertutup)	SNI 7182:2019	130	<sup>0</sup> C, Min
5	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)	SNI 7182:2019	Nomor 1	
6	Residu karbon contoh asli atau 10 % ampas distilasi	SNI 7182:2019	0,05 0,3	%-massa, maks
7	Temperatur distilasi 90 °C	SNI 7182:2019	360	<sup>0</sup> C, maks
8	Abu tersulfatkan	SNI 7182:2019	0,02	%-massa, maks
9	Belerang	SNI 7182:2019	10	mg/kg, maks
10	Fosfor	SNI 7182:2019	4	mg/kg, maks
11	Angka asam	SNI 7182:2019	0,4	mg-KOH/g, maks
12	Gliserol bebas	SNI 7182:2019	0,02	%-massa, maks
13	Gliserol total	SNI 7182:2019	0,24	%-massa, maks
14	Kadar ester metil	SNI 7182:2019	96,5	%-massa, min
15	Angka iodium	SNI 7182:2019	115	%-massa, maks
16	Kestabilan oksidasi Periode induksi metode Rancimat atau	SNI 7182:2019	600	menit

NO	PARAMETER UJI	METODE UJI	PERSYARATAN	SATUAN min/ max
	Periode induksi metode Petro oksidasi	SNI 7182:2019	45	menit
17	Monogliserida	SNI 7182:2019	0,55	%-massa, maks
18	Warna	ASTM D-1500	3	maks
19	Kadar air	ASTM D-6304	350	ppm, maks
20	CFPP (Cold Filter Plugging Point )	ASTM D-6371	15	<sup>0</sup> C, maks
21	Logam I (Na + K )	EN 14108/ 14109, EN 14538	5	mg/kg, maks
22	Logam II ( Ca + Mg)	EN 14538	5	mg/kg, maks
23	Total kontaminan	ASTM D 2276 ASTM D 5452 ASTM D 6217	20	mg/liter, maks

Sumber: BPPT, 2020

### 2.3 Minyak Jelantah

Minyak goreng adalah suatu bahan pangan dengan komposisi utama trigliserida yang diperoleh dari sumber bahan nabati melainkan minyak kelapa sawit, dengan atau tanpa perubahan kimiawi seperti hidrogenasi dan pendinginan serta sudah melewati tahap rafinasi atau pemurnian sebelum digunakan dalam proses penggorengan (Standar Nasional Indonesia, 2013). Minyak goreng yang telah mengalami pemanasan berulang kali (minimal 3 kali pakai) dikenal sebagai minyak jelantah atau minyak goreng bekas. Penggunaan ulang minyak jelantah dalam proses penggorengan pada suhu tinggi dapat menginduksi perubahan baik secara fisik seperti adanya perubahan

warna dari bening menjadi berwarna gelap dan secara kimia seperti reaksi hidrolisis, oksidasi, dan polimerisasi termal (Wahab *et al.*, 2011).

Proses konversi minyak jelantah menjadi biodiesel dapat dilakukan melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi yang memerlukan bantuan katalis untuk mempercepat kecepatan reaksi (Maulana, 2011: 73-78). Minyak goreng bekas mempunyai asam lemak bebas (FFA) lebih tinggi dibandingkan minyak goreng segar. Tingginya asam lemak bebas (FFA) akan terjadinya pembentukan air dan sabun selama reaksi. Minyak goreng yang masih memiliki asam lemak bebas (FFA) dibawah 2 % harus dilakukan *pre-treatment* yaitu dengan mengurangi kadar asam lemak bebas (FFA) agar dapat digunakan dalam reaksi transesterifikasi dengan efisien.

**Tabel 2.3** Kualitas Sampel dari *Waste Cooking Oil* (WCO) Sebelum dan Setelah Purifying

<b>Karakteristik Minyak Jelantah</b>	<b>Sebelum Purifying</b>	<b>Setelah Purifying</b>
Densitas pada 25 °C (Kg/L)	9,125	9,125
Viskositas Kinematik pada 40 °C (Cst)	40,3	40,8
Asam Lemak Bebas (FFA, %)	0,14	0,04
Total Acid Number (TAN, ml KOH/ gr)	3,07	0,12
Kadar Air (%)	0,13	0,13

(Susvira D *et al.*, 2022)

## 2.4 Katalis Heterogen

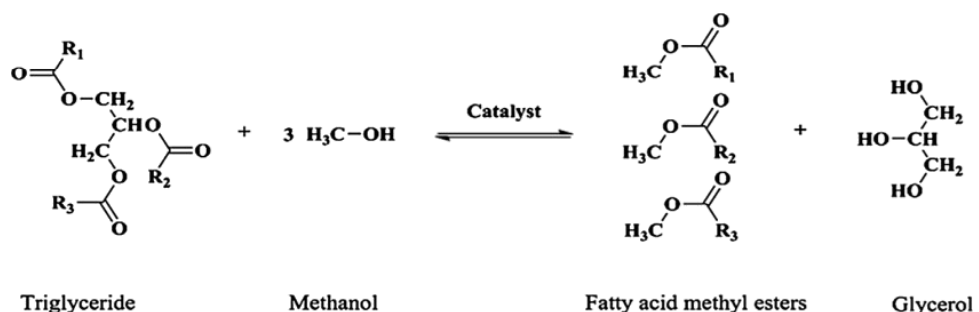
Secara umum, berdasarkan bentuk fasenya, katalis dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yakni katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis heterogen adalah katalis yang berada dalam fase berbeda dengan reaktan dan produk dalam reaksi. Salah satu keunggulan yang dimiliki oleh katalis heterogen adalah kemampuannya untuk dipisahkan dengan mudah dari produk reaksi. Selain itu, katalis heterogen juga memiliki ketahanan yang lebih baik

terhadap asam lemak bebas yang umumnya terdapat di dalam bahan baku tanpa melewati reaksi saponifikasi sehingga memungkinkan untuk melaksanakan reaksi transesterifikasi dan esterifikasi dengan efisien, bahkan ketika bahan baku memiliki asam lemak bebas (FFA) dengan kadar tinggi, baik bahan baku yang bersumber dari hewan maupun tumbuhan serta dapat digunakan kembali setelah proses (Drelinkiewicz, *et al.*, 2014: 760-771).

Katalis heterogen memiliki 2 jenis juga yaitu katalis heterogen asam dan katalis heterogen basa, dengan kebanyakan berwujud padat (Tang *et al.*, 2018). Dalam reaksi transesterifikasi memerlukan katalis basa kuat seperti natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH) untuk menghasilkan senyawa kimia baru. Jenis katalis basa heterogeny yang digunakan dalam reaksi transesterifikasi melibatkan oksida logam alkali seperti MgO, CaO, SrO, K<sub>2</sub>O dan BAO (Martinez-guerra dan Gude, 2014).

## 2.5 Reaksi Transesterifikasi

Reaksi transesterifikasi akan dilakukan ketika kadar asam lemak bebas (FFA) pada bahan baku atau minyak yang terlibat berada tidak lebih dari 2 mgKOH/g atau 1% FFA (Piker *et al.*, 2016), sedangkan Lien *et al.*, (2010) menyatakan bahwa reaksi transesterifikasi dapat langsung dilakukan jika persentase kandungan asam lemak bebas (FFA) dalam suatu bahan baku tidak melampaui 4%.



**Gambar 2.1** Reaksi Transesterifikasi (Gohain *et al.*, 2017)

Dalam proses pembuatan biodiesel, methanol umumnya sebagai



pelarut untuk proses esterifikasi dan transesterifikasi dalam kondisi dibawah superkritikal yang sifatnya memiliki titik didih yang rendah dan tekanan yang terkendali. Alkohol seperti methanol atau ethanol juga efektif bila digunakan sebagai aditif bahan bakar, mampu merendahkan viskositas campuran bahan bakar secara keseluruhan dan memacu proses penguapan bahan bakar (An H *et al.*,2015:100-108). Katalis basa sering kali digunakan pada reaksi transesterifikasi karena mampu mempercepat laju reaksi. Akan tetapi, pada saat transesterifikasi minyak nabati muncul tantangan karena pembentukan produk samping berupa sabun yang tidak perlukan. Efek ini menghasilkan limbah dalam jumlah besar, memiliki sifat korosif, serta memperpanjang waktu yang dibutuhkan untuk pemisahan hasil reaksi.

Proses transesterifikasi dipengaruhi oleh beberapa faktor penting sebagaimana dikemukakan oleh Fitriani (2016) :

a. Suhu Reaksi

Pengaruh suhu terhadap laju reaksi transesterifikasi yang menghasilkan metil ester dari bahan baku trigliserida dapat diamati dalam berbagai rentang suhu reaksi. Kenaikan suhu cenderung meningkatkan laju transesterifikasi, menunjukkan hubungan yang signifikan antara suhu dan laju transesterifikasi.

b. Perbandingan Molar Alkohol dengan Minyak

Perbandingan molar antara metanol dengan minyak memiliki peranan sangat penting terutama dalam bahan baku minyak maupun lemak yang mengandung asam lemak bebas (FFA). Dalam reaksi transesterifikasi yang merupakan reaksi keseimbangan, perlunya keberadaan alkohol dalam jumlah berlebih membantu menjaga kesetimbangan untuk menghasilkan ester asam lemak yang diinginkan.

c. Konsentrasi Katalis

Konsentrasi katalis yang digunakan bergantung berdasarkan jenis bahan baku yang digunakan. Dalam konteks katalis asam heterogen, konsentrasi katalis berkaitan dengan jumlah gugus sulfonat yang terikat pada katalis yang bersifat polar. Fungsi katalis ini penting dalam mengkonversi asam lemak bebas yang terdapat dalam bahan baku.

d. Waktu Reaksi

Waktu reaksi transesterifikasi memiliki implikasi pada hasil akhir dari reaksi tersebut. Secara umum, semakin lama waktu reaksi, semakin besar nilai *yield* yang diperoleh. Namun, penting untuk dicatat bahwa setelah mencapai titik kesetimbangan, *yield* yang diperoleh tidak dapat meningkat lebih lanjut.

## 2.6 Methanol

Proses pembuatan biodiesel melibatkan pemisahan ester dari gliserol dalam minyak nabati melalui transesterifikasi. Dalam proses ini, komponen gliserol dari minyak nabati ditukar oleh alkohol. Methanol menjadi pilihan alkohol yang biasa digunakan dalam proses ini. karena mempunyai berat molekul terendah termasuk kebutuhan relatif rendah untuk proses transesterifikasi, harga lebih ekonomis, daya reaksi lebih kuat dan stabilitas yang lebih baik bila disamakan dengan alkohol berantai panjang (MSDS,2016). Penggunaan metanol dalam konteks pembuatan biodiesel lebih lanjut dipermudah oleh sifatnya yang cocok sebagai pelarut atau agen esterifikasi maupun transesterifikasi dalam dibawah kondisi superkritikal. Hal ini didasarkan pada titik didih rendah dan tekanan yang terkendali yang dimiliki oleh metanol (Zhu *et al.*,2014:1-7).

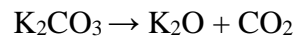
Selain peran dalam proses pembuatan biodiesel, alkohol seperti metanol atau etanol, bila digunakan sebagai aditif bahan bakar secara efektif mampu mengurangi viskositas campuran bahan bakar secara keseluruhan dan mempercepat proses penguapan bahan bakar (An H *et al.*, 2015:100-108). Kehadiran methanol yang berlebih dalam reaksi transesterifikasi menyebabkan penurunan hasil *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME). Fenomena ini terjadi karena gliserol dan *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) memiliki kelarutan dalam methanol, tetapi methanol sendiri tidak larut dalam minyak (Masir *et al.*, 2018). Kelebihan methanol dalam campuran reaksi juga menggeser keseimbangan reaksi ke arah reaktan sehingga produksi *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) menjadi lebih rendah (Maneerung *et al.*, 2016).

## 2.7 Kalsinasi Kulit Pisang Kepok

Kalsinasi merujuk pada proses pemberian panas (*thermal treatment*) terhadap material padatan untuk mencapai dekomposisi termal, transisi fasa atau penghilangan fraksi-fraksi volatil. Selama kalsinasi, seiring dengan dekomposisi, juga terjadi proses seperti pembentukan oksida contohnya kalium oksida ( $K_2O$ ) dan reaksi oksida dengan penyangga. Kalsinasi juga dimanfaatkan untuk memperluas ukuran pori material.

Kalium karbonat ( $K_2CO_3$ ) memiliki titik leleh pada 891 °C. Meskipun  $K_2CO_3$  murni mengalami dekomposisi pada suhu 890 °C, dalam kondisi vakum seperti pada proses kalsinasi, diperkirakan kalium karbonat ( $K_2CO_3$ ) telah mengalami dekomposisi termal, membentuk sisi aktif basa yaitu  $K_2O$ . Umumnya kalsinasi dilakukan di bawah titik leleh produk yang diinginkan. Dalam keadaan oksigen atmosferik, pembakaran biomassa suhu rendah akan membentuk karbonat ( $K_2CO_3$ ), sedangkan pada suhu tinggi, kalium oksida terbentuk. Pada suhu rendah, panas akan merambat ke permukaan

kalium hidroksida (KOH) dan membentuk kalium karbonat ( $K_2CO_3$ ). Sebaliknya pada suhu tinggi kalium karbonat ( $K_2CO_3$ ) akan terurai dan membentuk kalium oksida ( $K_2O$ ) (Misra,1993). Dalam perlakuan kalsinasi dari katalis ini, proses tersebut bertujuan untuk mendekomposisi kalium karbonat yang ada di dalamnya.



**Gambar 2.2** Hasil Kalsinasi dari  $K_2CO_3$  (Jannah,2008).

Suhu pembakaran merupakan variabel penting untuk menentukan karakteristik abu yang dihasilkan dari suatu biomassa. Dalam konteks penelitian ini, rendemen abu yang relatif rendah dijelaskan oleh mekanisme reaksi antara karbon dan uap air semakin meningkat, seiring dengan kenaikan suhu dan waktu pembakaran yang lebih lama. Akibatnya, karbon mengalami oksidasi menjadi karbon dioksida ( $CO_2$ ) dan hidrogen bereaksi membentuk  $H_2$  dalam jumlah yang signifikan, sehingga jumlah abu yang dihasilkan cenderung berkurang (siahaan dkk,2013). Gugus basa kuat berupa kalium oksida ( $K_2O$ ) memiliki peran penting dan dapat dijadikan sebagai katalis heterogen dalam reaksi transesterifikasi untuk menghasilkan biodiesel (Trisakti, 2018). Khususnya, kalium (K) sebagai unsur logam alkali memiliki peran aktif dalam katalisis untuk mengkonversi minyak jelantah menjadi biodiesel (Damanik *et al.*, 2017).

Berikut ini perbandingan komponen penyusun bagian-bagian dari pisang seperti abu pelepah pisang, abu batang pisang dan abu kulit pisang serta kualitas biodiesel yang dihasilkan pada penelitian sebelumnya yang dapat dilihat pada tabel 2.4

**Tabel 2.4 Perbandingan Komponen Penyusun Bagian dari Pisang seperti Abu Pelepah Pisang, Abu Batang Pisang dan**

**Abu Kulit pisang serta Kualitas Biodiesel yang  
Dihasilkan pada Penelitian Sebelumnya**

<b>Komponen Penyusun</b>	<b>Abu Pelepah Pisang (Baiq Safira., 2021)</b>	<b>Abu Batang Pisang (Erwin <i>et al.</i>, 2014)</b>	<b>Abu Kulit Pisang (Damanik <i>et al.</i>, 2017)</b>
Ca (Kalsium) [%]	1,49	-	5,59
Mg (Magnesium) [%]	1,36	-	3,44
O (Oksigen) [%]	57,90	-	-
K (Kalium) [%]	7,09	19,94	46,05
C (Carbon) [%]	20,17	26,40	25,52
S (Sulfur) [%]	-	-	1,00
P (Fosfor) [%]	-	-	3,28
Zn (Zink) [%]	-	-	1,28
Cu (Tembaga) [%]	-	-	1,90
Zr (Zirkonium) [%]	-	-	1,48
Fe (Besi) [%]	0,47	-	-
Cl (Khlor) [%]	0,45	-	-
Al (Alumunium) [%]	1,99	-	-
Si (Silika) [%]	8,27	-	7,03
Kadar Metil Ester [%]	43,3	96,3	98,38

## BAB III

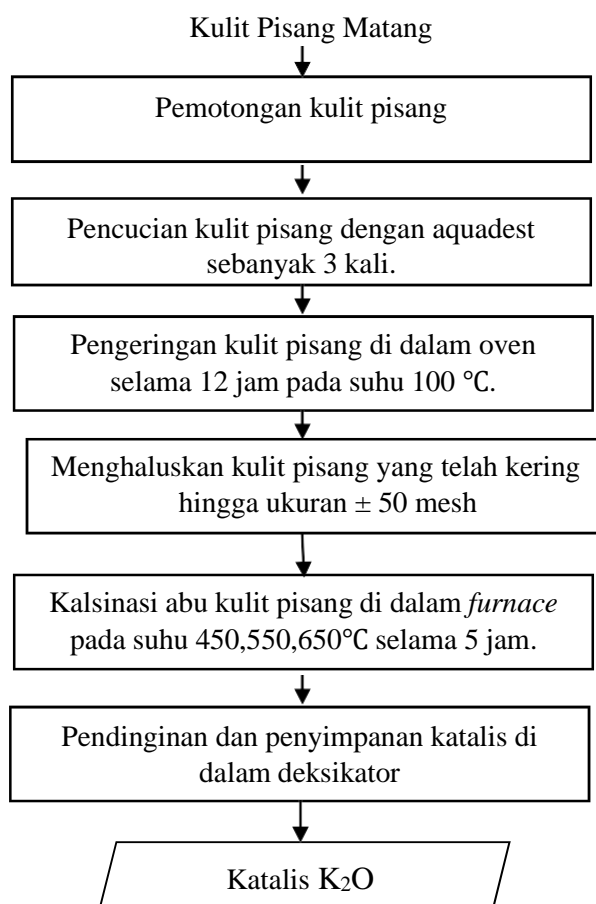
### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Dasar dan Kimia Organik Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Penelitian diawali dengan pembuatan katalis heterogen dari kulit pisang kepok matang, preparasi minyak jelantah, dilanjutkan dengan tahap pembuatan biodiesel melalui reaksi transesterifikasi, lalu dilakukan tahap reusability katalis kulit pisang.

##### 3.1.1 Tahapan Preparasi Katalis $K_2O$ dari Kulit Pisang

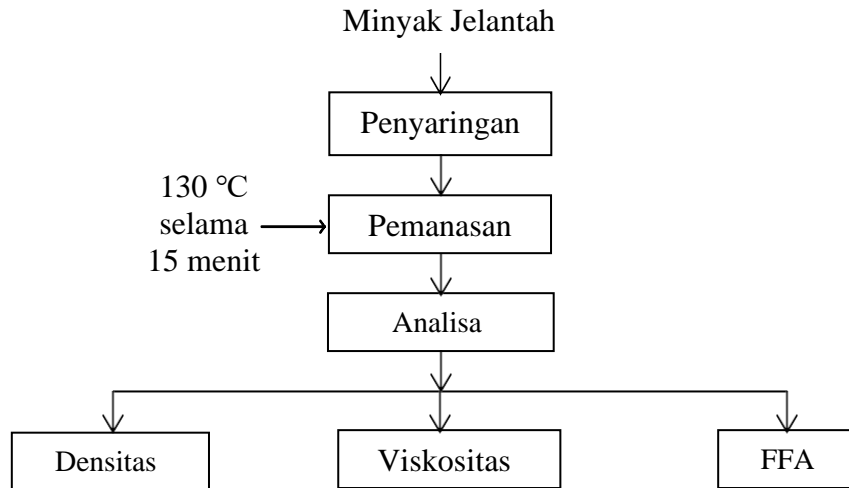
Berikut ini adalah tahapan preparasi katalis  $K_2O$  dari kulit pisang :



**Gambar 3.1** Diagram Alir Tahapan Preparasi Katalis  $K_2O$  dari Kulit Pisang

### 3.1.2 Tahapan Preparasi Minyak Jelantah

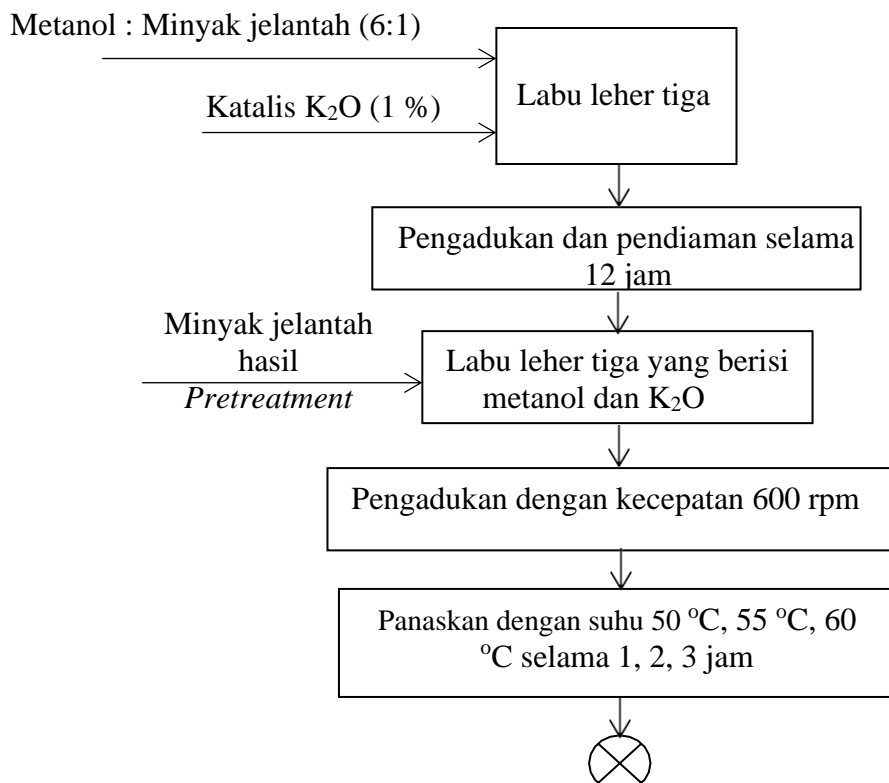
Diagram alir tahapan preparasi minyak jelantah adalah sebagai berikut :

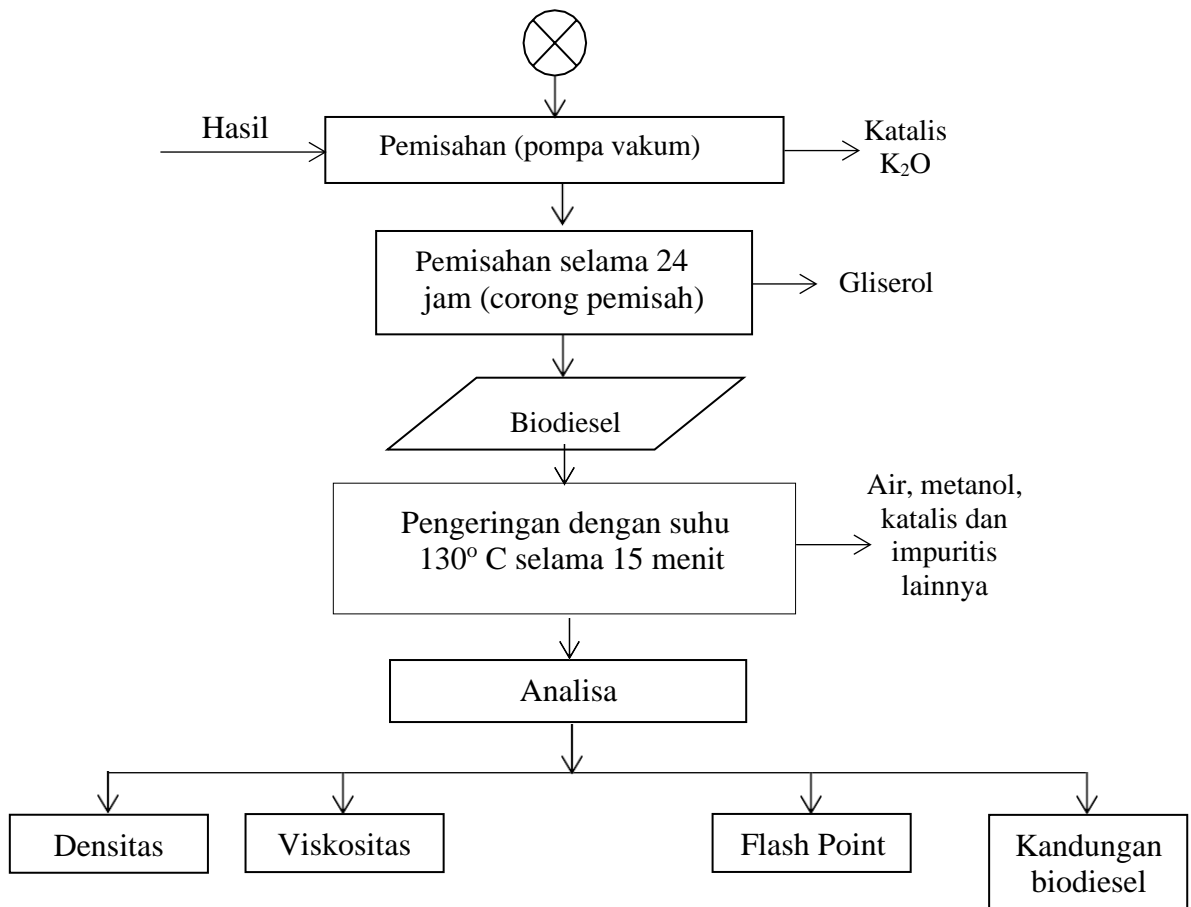


**Gambar 3.2** Diagram Alir Tahapan Preparasi Minyak Jelantah

### 3.1.3 Tahapan Transesterifikasi

Diagram alir tahap pembuatan biodiesel dengan menggunakan metode transesterifikasi adalah sebagai berikut :

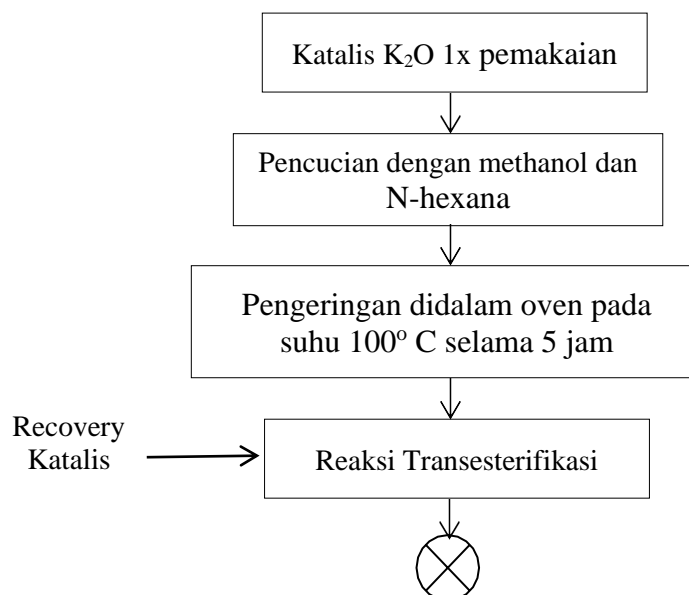




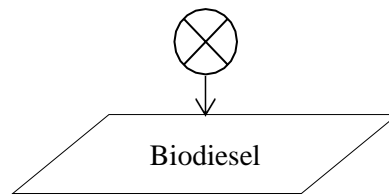
**Gambar 3.3** Diagram Alir Tahap Transesterifikasi

### 3.1.4 Tahapan Reusability Katalis

Diagram alir tahap pembuatan biodiesel dengan menggunakan metode transesterifikasi adalah sebagai berikut :







**Gambar 3.4** Diagram Alir Tahap Reusability Katalis

## 3.2 Prosedur Penelitian

### 3.2.1 Prosedur Preparasi Katalis $K_2O$ dari Kulit Pisang

Penelitian ini diawali dengan mengumpulkan limbah kulit pisang kepok yang didapatkan dari sekitar daerah RSUD Cilegon, Banten. Selanjutnya, menimbang limbah kulit pisang kepok matang dan memotongnya menjadi bagian yang lebih kecil. Setelahnya mencuci kulit pisang kepok matang dengan aquades sebanyak 3 kali pencucian lalu mengeringkannya di dalam oven pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  selama 12 jam. Menghaluskan kulit pisang yang telah kering hingga menjadi butiran halus. Lalu, mengayak dengan ayakan ukuran  $\pm 50$  mesh. Butiran halus kulit pisang kering kemudian dikalsinasi pada suhu 450, 550,  $650^{\circ}\text{C}$  selama 5 jam di dalam furnace sehingga menghasilkan katalis heterogen kulit pisang. Katalis kemudian didinginkan dengan ditempatkan di desikator selama 24 jam untuk menghindari kontak dengan udara. Setelah itu, katalis ditempatkan di tempat tertutup.

### 3.2.2 Prosedur Preparasi Minyak Jelantah

Penelitian ini diawali dengan mengumpulkan limbah minyak jelantah sisa penggorengan yang berasal dari pedagang gorengan atau dari usaha kecil menengah disekitar daerah RSUD Cilegon, Banten. Selanjutnya, melakukan penyaringan bahan baku minyak jelantah/ WCO (*Waste*

*Cooking Oil*) dengan kertas saring Whatman no. 41 untuk memisahkan dari sisa-sisa gorengan atau kotoran lainnya. Kemudian, minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) ditampung dan didiamkan selama beberapa hari (terbentuk dua lapisan emulsi minyak-air). Setelah itu, kemudian bahan baku dimasukkan kedalam gelas beker ukuran 500 ml dan dipanaskan selama 15 menit pada suhu 130 °C untuk menghilangkan kandungan air dengan menggunakan hot plate. Selanjutnya, melakukan analisa seperti densitas, viskositas, flash point dan FFA.

### **3.2.3 Prosedur Pembuatan Biodiesel melalui Reaksi Transesterifikasi**

Proses pembuatan biodiesel dilakukan melalui reaksi transesterifikasi, tahap pertama yang dilakukan adalah dengan memasukkan methanol dengan rasio mol methanol:minyak jelantah yaitu 6 : 1 kedalam gelas beker. Kemudian, menambahkan katalis yang telah dihasilkan dari kulit pisang sebanyak 1% dari jumlah bahan baku. Setelah itu, proses pengadukan hingga terlarutnya abu kulit pisang dan didiamkan selama 12 jam. Minyak goreng bekas yang mengandung FFA < 2% sebanyak 100 ml dan memasukkan campuran katalis-metanol ke dalam labu leher tiga. Pencampuran dilakukan dengan variasi suhu 50, 55 dan 60°C selama 1 jam, 2 jam dan 3 jam waktu reaksi. Melakukan pemisahan katalis K<sub>2</sub>O dengan pompa vakum dan pemisahan campuran dengan dekanter/corong pemisah dan didiamkan selama 24 jam hingga terbentuk dua lapisan serta keluarkan bagian lapisan bawah. Panaskan pada suhu 130 °C selama 15 menit dan selanjutnya, melakukan analisa seperti densitas, viskositas, flash point dan kandungan ester

pada biodiesel kondisi optimum. Setelah itu, melakukan pengulangan pada masing – masing variabel yang telah ditentukan.

### 3.2.4 Prosedur Reusability Katalis K<sub>2</sub>O

Pemeriksaan terhadap kemampuan katalis K<sub>2</sub>O untuk dapat digunakan kembali secara berulang – ulang, yang diawali dengan pencucian katalis yang telah digunakan. Katalis dicuci menggunakan metanol terlebih dahulu dan dilanjutkan dengan pencucian menggunakan hexane untuk menghilangkan pengotor berupa hasil reaksi sebelumnya. Katalis yang telah dibersihkan menjalani tahap pengeringan dalam oven pada suhu 100°C selama 5 jam. Pada analisa *reusability* juga, katalis ini digunakan kembali pada kondisi operasi optimum yang didapatkan dari hasil percobaan pembuatan biodiesel melalui reaksi transesterifikasi.

## 3.3 Alat dan Bahan

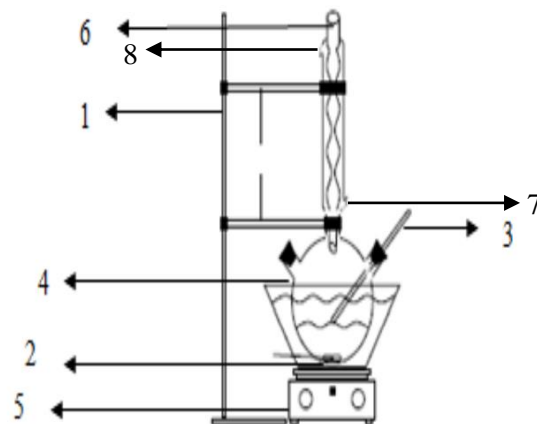
### 3.3.1 Alat

Berikut ini adalah alat yang digunakan dalam penelitian :

- Alumunium foil
- Ayakan (50 mesh)
- Cawan petri
- Corong
- Corong pemisah
- Desikator
- Erlenmeyer
- Flash Point
- Furnace
- Gelas beker 500 ml
- Gelas ukur 100 ml
- Hot plate
- Kertas Saring
- Labu leher tiga datar
- Loyang Oven
- Oven
- Magnetic strirrer
- Penjepit
- Pknometer
- Pipet tetes

- Pompa Vakum
- Pompa Aquarium
- Refluks Kondensor
- Satu set alat titrasi
- Spatula
- Stopwatch
- Thermometer
- Timbangan digital
- Viskometer Ostwaldz

Berikut ini susunan peralatan produksi biodiesel dengan proses transesterifikasi pada **Gambar 3.5**.



**Gambar 3.5** Susunan Peralatan Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Secara Transesterifikasi Menggunakan Katalis  $K_2O$  dari Abu Kulit Pisang Kepok

Keterangan gambar :

- |                          |                      |
|--------------------------|----------------------|
| 1. Statif dan klem       | 5. Hot Plate         |
| 2. Magnetic Stirrer      | 6. Refluks kondensor |
| 3. Thermometer           | 7. Air dingin masuk  |
| 4. Labu leher tiga datar | 8. Air dingin keluar |

### 3.3.2 Bahan

Berikut bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

- Etanol 95%
- Indikator Phenolphthalein
- Limbah kulit pisang kepok

- Metanol 96%
- Minyak jelantah (3 kali pemakaian)
- N-Hexane
- NaOH 0,25

### 3.4 Variabel Penelitian

Penelitian ini terdapat tiga kategori variabel, yaitu variabel bebas, tetap dan terikat. Variabel tetap merujuk pada jumlah minyak terhadap methanol 6:1 pada proses transesterifikasi dan variasi massa katalis  $K_2O$  sebanyak 1%. Variabel bebas mencakup suhu kalsinasi 450, 550, 650 °C selama 5 jam, suhu reaksi transesterifikasi 50, 55, 60 °C dengan variasi waktu reaksi transesterifikasi selama 1-3 jam. Sedangkan variabel terikat merujuk pada output utama dari proses yaitu biodiesel yang dihasilkan sebagai produk akhir dari reaksi transesterifikasi.

### 3.5 Metode Pengumpulan Data dan Analisis Data

Analisa data pada penelitian ini terdiri dari analisa yang dilakukan terkait kandungan minyak jelantah berupa analisa kadar asam lemak bebas minyak jelantah yang mencakup pengukuran kadar asam lemak bebas (FFA) dan analisa kadar air minyak jelantah, analisa yang dilakukan terhadap karakteristik katalis  $K_2O$  berupa analisa morfologi dan komposisi katalis dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDX), *X-ray diffraction* (XRD) serta *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Pada analisa biodiesel berupa analisa densitas, analisa viskositas, dan analisa yield biodiesel, dan serta analisa komposisi biodiesel dengan menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS).

### 3.5.1 Analisa Kadar Asam Lemak Minyak Jelantah

Analisa ini dilakukan untuk menentukan kadar asam lemakbebas di dalam minyak jelantah yang diawali dengan mencampurkan sebanyak 7,05 gram minyak jelantah dengan 100 mL metanol 96% dan 75 mL etanol 95% lalu mengocoknya dengan kuat. Sampel kemudian dititrasi dengan NaOH 0,25 N serta menambahkan indikator Phenolptelein sebanyak 2-5 tetes hingga berubah warna menjadi merah rosa selama 10 detik. Perhitungan kadar asam lemak bebas menggunakan persamaan (1)

$$\% \text{ FFA} = \frac{N \times V \times Mr}{1000 \times \text{gr sampel}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

### 3.5.2 Uji Densitas

Pengukuran densitas minyak jelantah dan biodiesel dilakukan dengan menggunakan piknometer berkapasitas 50 ml. Piknometer kosong yang telah dibersihkan kemudian ditimbang. Setelah itu, sampel yang akan diuji dimasukkan ke dalam piknometer hingga mencapai volume penuh pada tutuo pipa kapiler piknometer dan tidak ada keberadaan gelembung gas di dalam piknometer, lalu ditimbang Kembali untuk mendapatkan hasil pengukuran densitas yang akurat. Perhitungan densitas menggunakan persamaan (2) :

$$\rho = \frac{\text{massa piknometer dan sampel} - \text{massa piknometer kosong}}{\text{volume sampel}} \dots(2)$$

### 3.5.3 Uji Viskositas

Pengukuran viskositas minyak jelantah dan biodiesel dilakukan dengan menggunakan *viscometer oswaldz*. Sampel yang akan diuji dimasukkan kedalam viskometer kemudian ditarik hingga mencapai diatas tanda batas

pertama. Waktu yang dibutuhkan untuk pengaliran diukur dari batas pertama sampai batas kedua tabung viscometer secara teliti.

$$v = K.t \dots\dots\dots (3)$$

untuk mendapatkan viskositas absolut maka persamaannya menjadi :

$$\mu = v.\rho \dots\dots\dots (4)$$

### 3.5.4 Yield Biodiesel

Cara menentukan persen yield pada biodiesel dengan persamaan dibawah ini

$$\text{yield biodiesel} = \frac{\text{massa biodiesel}}{\text{massa minyak}} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

### 3.5.5 Analisa GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*)

Analisa biodiesel dilakukan melalui pemanfaatan alat GC-MS. GCMS adalah singkatan dari “*Gas Chromatography - Mass Spectrometry*” yang menggabungkan kemampuan alat GC (*Gas Chromatography*) untuk dan MS (*Mass Spectrometry*). Pada tahap awal, sampel yang akan dianalisis mengalami identifikasi melalui alat GC (*Gas Chromatography*) guna menganalisis secara kuantitatif jumlah senyawa yang ada. Setelah itu, identifikasi lebih lanjut dilakukan dengan alat MS (*Mass Spectrometry*) guna menganalisis struktur molekul senyawa-senyawa tersebut. Proses analisis dengan metode GC-MS (*Gas Chromatography - Mass Spectrometry*) didasarkan pada interpretasi spektrum yang dihasilkan dari kedua teknik yang digabungkan.

Pada spektrum hasil GC (*Gas Chromatography*), jumlah puncak (*peak*) mengindikasikan adanya berbagai

senyawa dalam sampel. Informasi waktu retensi yang tercatat dalam literatur, digunakan untuk mengidentifikasi senyawa-senyawa yang terdeteksi. Langkah berikutnya melibatkan penyetaraan senyawa-senyawa yang diduga dengan hasil GC (*Gas Chromatography*) ke dalam alat spektrometri massa, dengan memanfaatkan kemampuan pemisahan senyawa-senyawa dalam sampel yang diberikan oleh kromatografi gas. Hasil analisis kemudian diwujudkan dalam bentuk spektrum spektrometri massa yang menunjukkan pola grafik yang berbeda. Spektrum hasil GC (*Gas Chromatography*) memberikan informasi penting berupa waktu retensi untuk setiap senyawa dalam sampel. Sementara itu, spektrum hasil MS (*Mass Spectrometry*) memberikan informasi tentang massa molekul relatif dari senyawa-senyawa dalam sampel tersebut. Dalam rangka merancang penelitian yang menggunakan GC/MS, beberapa tahapan perlu diperhatikan sebagai berikut :

- *Sample preparation*
- *Derivatisation*
- Injeksi

Mencampurkan larutan campuran ke dalam kolom GC (*Gas Chromatography*) dilakukan melalui pintu injeksi yang dipanaskan. Penting untuk diperhatikan bahwa metode GC/MS mungkin tidak optimal untuk menganalisis senyawa yang sensitif terhadap suhu tinggi, karena ada risiko dekomposisi yang dapat terjadi pada tahap awal pemisahan.



- *GC separation*

Campuran diarahkan ke dalam kolom GC (*Gas Chromatography*) dengan bantuan gas pembawa, biasanya menggunakan Helium, yang mengalir dengan laju yang ditentukan. Kolom GC (*Gas Chromatography*) dipanaskan oleh pemanas yang ada di dalamnya. Kolom ini dilapisi oleh cairan pelapis (dikenal sebagai fasa diam) yang memiliki sifat inersia yang tinggi.

- *MS detector*

Dalam segi kualitatif, lebih dari 275.000 spektra massa dari senyawa-senyawa yang belum diidentifikasi berhasil diidentifikasi melalui pemanfaatan referensi komputerisasi. Di sisi kuantitatif, metode ini memungkinkan penentuan kuantitas senyawa yang tidak dikenali melalui perbandingan kurva standar dari senyawa-senyawa yang telah dikenal sebelumnya.

- *Scanning*

Spektra massa diambil secara periodik dengan interval waktu antara 0,5 hingga 1 detik selama proses pemisahan menggunakan GC (*Gas Chromatography*), dan data yang dihasilkan disimpan dalam sistem instrumen untuk keperluan analisis. Spektra massa ini memiliki karakteristik unik yang dapat dianggap sebagai pola tanda (*fingerprint*) khas. Pola ini kemudian dapat dibandingkan dengan spektra acuan untuk analisis lebih lanjut.

### 3.5.6 Analisa XRD (*X-ray diffraction*)

Analisa difraksi sinar - X yang umumnya dikenal sebagai analisa XRD (*X-ray diffraction*), sering digunakan dalam rangka mengidentifikasi fase-fase substansi. Pola difraksi sinar-X diperoleh diperoleh dengan memanfaatkan difraktometer sinar-X (Rigaku Miniflex 600) dan metode penyempurnaan Rietveld digunakan untuk mengolah data XRD (*X-ray diffraction*) secara lebih detail. Proses penyempurnaan data XRD (*X-ray diffraction*) dilakukan dengan ketelitian tinggi yaitu di bawah pemindaian lambat 0,02 derajat dan program *Fullprof Suite* digunakan untuk proses penyempurnaan. Di samping itu, untuk melengkapi informasi mengenai ukuran dan morfologi, analisis tambahan dilakukan melalui pemindaian menggunakan mikroskop elektron (Hitachi., SU6600) dan mikroskop transmisi elektron (Philips Tecnai G2 F20) pada sampel katalis. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam terhadap karakteristik fisik dan struktur mikroskopis dari katalis yang dianalisis.

### 3.5.7 Analisa FT-IR (*Fourier Transform - Infra Red*)

FT-IR (*Fourier Transform - Infra Red*) tujuannya sejalan dengan prinsip yang dimiliki dengan XRD (*X-ray diffraction*), karena mampu mengidentifikasi getaran peregangan ikatan molekuler dan oleh karenanya dapat mengenali keberadaan senyawa khusus. Analisis ini mengamati pita karakteristik yang terdapat dalam Spektrum FTIR (*Fourier Transform - Infra Red*). Spektroskopi FT-IR (*Fourier Transform - Infra Red*) dilakukan pada kisaran panjang gelombang  $400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ . Sementara itu, karakteristik kurva magnetisasi dari sampel dikaji

menggunakan magnetometer bergetar (VSM, Lakeshore VSM 7410) pada suhu kamar. Dalam konteks ini, luas permukaan spesifik dari sampel katalis yang telah dipersiapkan dianalisis melalui perangkat analisis luas permukaan (Belsorp maks, Microtrac Belcorp).

### **3.5.8 Analisa SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*)**

Analisa SEM-EDX atau analisa *Scanning Electron Microscopy- Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* merupakan suatu pendekatan analitik yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengukur unsur-unsur dalam suatu sampel dengan presisi. Analisa SEM-EDX dilaksanakan dalam rangka untuk memeriksa dan mengukur jumlah kandungan unsur kalium dalam zeolit, baik sebelum maupun setelah mengalami modifikasi termal. Terbentuknya  $K_2O$  menunjukkan perubahan dari KOH yang semula terdapat dalam permukaan dan matriks katalis, mengalami transformasi menjadi  $K_2O$  selama proses impregnasi dan kalsinasi. Teknik analisis ini mengandalkan perangkat SEM (*Scanning Electron Microscopy*) yang telah dikembangkan secara canggih, bersama dengan penggunaan *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* untuk menganalisis komposisi unsur dalam sampel dengan akurasi yang tinggi.

### **3.5.9 Analisa Titik Nyala Api**

Titik nyala api (*Fire Point*) dari suatu cairan bahan bakar yang merujuk pada suhu minimum dimana uap yang terlepas dari permukaan cairan akan secara otomatis

terbakar ketika bersentuhan dengan udara di sekitarnya, diikuti oleh cahaya kilatan. Analisa titik nyala api ini menggunakan *SYD-261 PMCC Flash Point Tester* dengan metode cangkir tertutup (*Close Cup*) yang untuk pengukuran produk minyak bumi pada kisaran suhu dari 40 – 360 °C. Cara menggunakannya dengan memasukkan cairan bahan bakar kedalam cup sampel ke *electric furnace*. Kemudian, memasukkan thermometer ke penutup/katup cup (terdiri dari pemutar pematik, pengaduk pematik, dan tempat thermometer). Lalu, cup sampel ditutup dengan penutup/katup cup dan tekan power (on) untuk proses pengadukan oleh pengaduk stirer yang terdiri dari pros.A (70-150 rpm) dan pros.B (400 rpm) selama beberapa menit. Selanjutnya, mengatur knot tekanan ke 100 dan perhatikan pergerakan thermometer pada temperatur keberapa sampel menyala pertama kali (seperti biodiesel min.130 °C). Setelah itu, lakukan range percobaan sekitar 1°C jika temperatur minimal belum muncul titik nyala nya.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Karakteristik Minyak Jelantah/WCO (*Waste Cooking Oil*)

Bahan baku yang terlibat dalam rangkaian penelitian ini adalah minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*). Minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) merupakan hasil sisa penggorengan yang didapatkan dari pedagang gorengan atau dari usaha kecil menengah. Minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) berasal dari pedagang gorengan yang berlokasi di sekitar daerah RSUD Cilegon, Banten. Berikut ini karakteristik minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) yang disajikan pada tabel 4.1 :

**Tabel 4.1** Karakteristik Minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) Sebelum *Pretreatment*

Karakteristik	Nilai
Massa Jenis pada 26 °C (gr/ml)	0,9284
Viskositas Kinematik pada 40 °C (cSt)	39,65
Asam Lemak Bebas (FFA, %)	1,80
Warna	Coklat kekuningan, Keruh

#### 4.2 Proses *Pretreatment* Minyak Jelantah/WCO (*Waste Cooking Oil*)

Sebelum menjalankan proses transesterifikasi, langkah awal yang diterapkan adalah proses *pretreatment* pada limbah minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) dengan cara melakukan penyaringan bahan baku minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) dengan kertas saring Whatman no. 41 untuk memisahkan minyak dari sisa-sisa gorengan atau kotoran lainnya. Kemudian, minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) ditampung dan dibiarkan mengendap sampai menghasilkan dua lapisan emulsi minyak dan air. Setelah itu, bahan baku dimasukkan kedalam gelas beker ukuran 500 ml dan dipanaskan selama 15 menit pada suhu 130°C dengan menggunakan *hot plate* untuk menghilangkan kandungan air.

Tujuan dari pelaksanaan *pretreatment* adalah untuk secara signifikan mengurangi kadar air dan asam lemak bebas dalam minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*). Pada proses transesterifikasi memerlukan minyak dengan kemurnian tinggi (kandungan FFA < 2%). Tingginya kandungan FFA (*Free Fatty Acid*) dapat mengganggu jalannya proses reaksi transesterifikasi akibat adanya reaksi penyabunan antara katalis dan FFA (*Free Fatty Acid*) seperti menurut F.U.M dan Alexandru, 2016 bahwa bahan baku untuk proses transesterifikasi tidak akan dilanjutkan jika kandungan FFA (*Free Fatty Acid*) melebihi 3% bahkan dengan katalis basa homogen.

#### 4.2.1 Karakteristik Minyak Jelantah/WCO (*Waste Cooking Oil*) Setelah *Pretreatment*

Karakteristik minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) setelah *pretreatment* dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut ini :

**Tabel 4.2** Karakteristik Minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) Setelah *Pretreatment*

Karakteristik	Nilai
Massa Jenis pada 26 °C (gr/ml)	0,9102
Viskositas Kinematik pada 40 °C (cSt)	38,04
Asam Lemak Bebas (FFA, %)	1,25
Warna	Coklat kekuningan, Jernih

Berdasarkan data yang disajikan dalam tabel diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa setelah menjalani tahap *pretreatment*, karakteristik minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) telah mengalami penurunan nilai densitas, viskositas dan asam lemak bebas serta perubahan warna menjadi coklat kekuningan (jernih). Sebelum dilakukan *pretreatment*, angka asam lemak bebas (ALB) dari minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) mencapai 1,80 %, Setelah melalui tahap *pretreatment*, angka asam lemak bebas mengalami penurunan menjadi 1,25% sehingga persentase penurunan asam lemak bebas

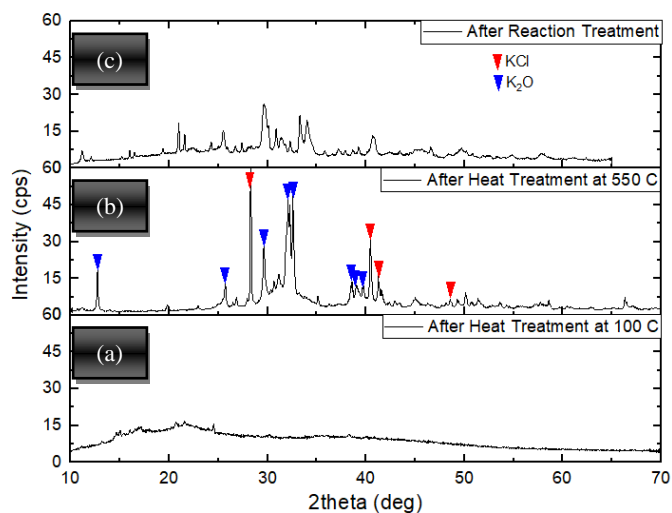
(ALB) dari minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) setelah *pretreatment* sebesar 30,56 %. Hasil *pretreatment* dapat dilanjutkan ke dalam proses transesterifikasi karena memenuhi syarat standar angka asam lemak bebas < 2 %. Hal sesuai (Piker et al., 2016) yang menunjukkan bahwa reaksi transesterifikasi akan dilakukan apabila kadar asam lemak bebas (FFA) dari suatu bahan baku atau dari minyak tersebut tidak lebih dari 2 mgKOH/g atau 1% FFA (*Free Fatty Acid*).

### 4.3 Karakteristik Katalis dari Limbah Kulit Pisang Kepok Matang

Bahan baku pada penelitian ini adalah katalis yang berasal dari limbah kulit pisang kepok. Kulit pisang kepok dipilih dalam keadaan kondisi matang yang didapatkan dari pedagang gorengan pisang kepok atau dari usaha kecil menengah yang terletak di sekitar daerah RSUD Cilegon Banten.

#### 4.3.1 Analisa XRD (*X-ray diffraction*)

Metode Analisa XRD adalah pendekatan yang digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam bahan dengan cara menentukan parameter struktur kisi khusus serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Identifikasi katalis pada penelitian ini dari kulit pisang kepok matang yang di oven pada suhu 100°C atau sebelum kalsinasi, setelah kalsinasi dan setelah transesterifikasi.



**Gambar 4.1** Hasil Analisa XRD (*X-ray diffraction*) (a) Sebelum

### Kalsinasi, (b) Setelah Kalsinasi, dan (c) Setelah Reaksi Transesterifikasi

Pada **Gambar 4.1** bagian (a) setelah di oven dengan suhu 100°C selama 24 jam belum terbentuk kristal, karena suhu pemanasan menjadi penyebab puncak-puncak difraksi akan mengalami pelebaran dan penyempitan pada suhu tertentu. Pada suhu 100°C titik puncak belum terdeteksi, sehingga yang dihasilkan masih berupa amorf (*amorphous*). tidak terdeteksi adanya puncak-puncak difraksi yang mengindikasikan sifat amorf atau tidak berstruktur (*amorphous*) dari lapisan tipis yang terbentuk (Lely Susita, *dkk.*,2008).

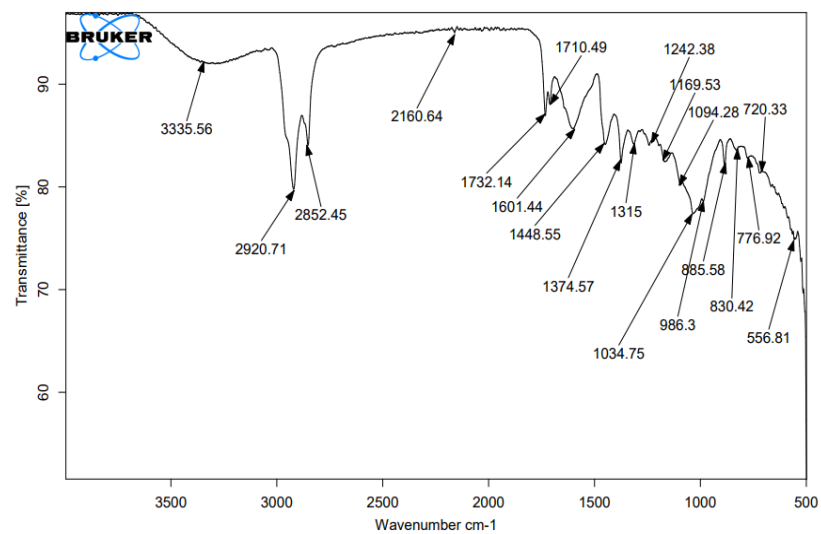
Pada bagian (b) setelah di kalsinasi pada suhu 550°C (kondisi optimum) pola kekuatan XRD (*X-ray diffraction*) katalis kulit pisang kepok matang menunjukkan puncak yang jelas dan tajam dan adanya kristalinitas yang lebih baik sedangkan bagian (c) setelah reaksi transesterifikasi menunjukkan puncak yang dengan intensitas sedang dan adanya kristalinitas baik juga. Menurut **Gambar 4.1** pola XRD (*X-ray diffraction*) untuk katalis padat menunjukkan puncak karakteristik yang terletak di  $2\theta$  12.527, 29.524, 31.703, 32.533, 38.870, yang ditetapkan ke fase K<sub>2</sub>O (JCPDS kode referensi No 00-026-1327), dan puncak diperoleh pada  $2\theta$  dari 28.345, 40.507, 50.169, 58.640, 66.381 dan 73.733 diindeks ke fase KCl (JCPD 41-1476). Hasil penelitian menunjukkan bahwa K<sub>2</sub>O-KCl dianggap sebagai komposisi utama kulit pisang kepok matang yang dikalsinasi. Pola XRD pada suhu kalsinasi menunjukkan bahwa sistem K<sub>2</sub>O-KCl sudah terbentuk dengan memanggang kulit pisang kering (M. Fan *et al.* 2018). Kandungan masing-masing sesuai dengan elemen O, K dan Cl, yang juga dikonfirmasi oleh analisis SEM-EDX nilai dari K<sub>2</sub>O sebesar 67,64%.

#### 4.3.2 Analisa FT-IR (*Fourier Transform Infra Red*)

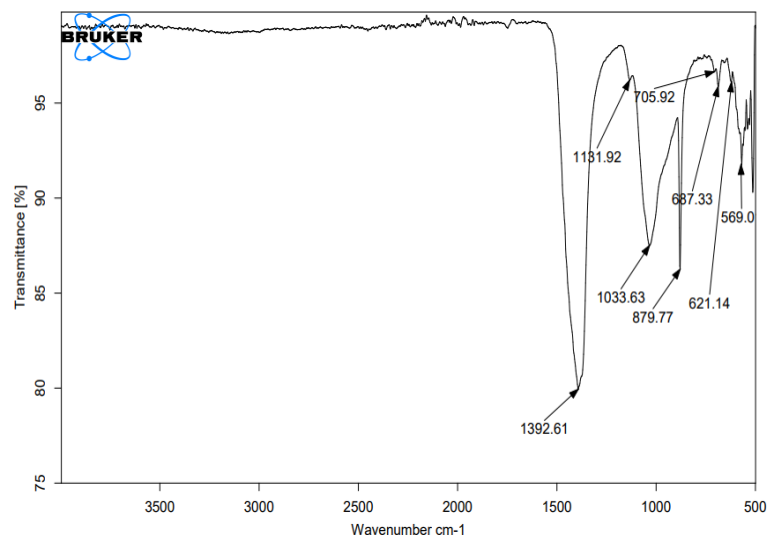
Analisa FT-IR (*Fourier Transform - Infra Red*) dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dan garis berdasarkan variasi peregangan



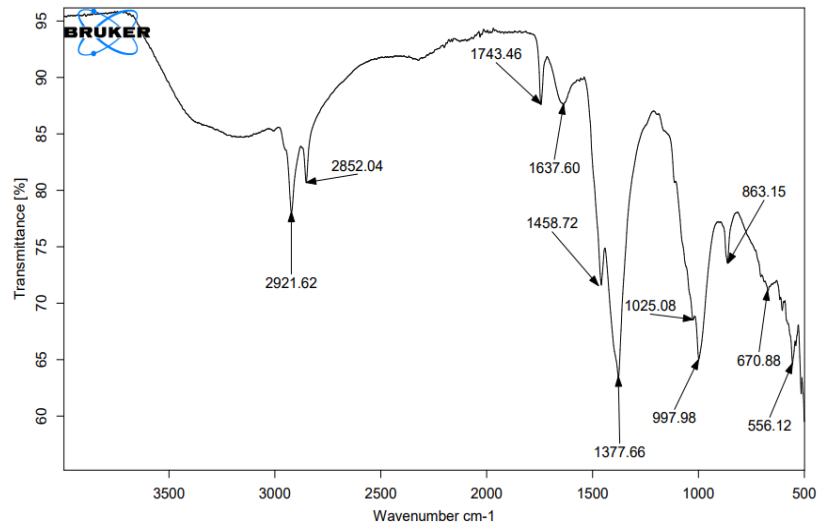
ikatan tertentu dan lengkungan getaran, keberadaan senyawa tertentu dan kandungan pita karakteristik, yang menunjukkan adanya spektrum FTIR dalam kandungan katalis dari kulit pisang kepok yang dihasilkan pada kondisi sebelum kalsinasi, setelah kalsinasi, dan setelah proses transesterifikasi seperti Gambar 4.2 dibawah ini :



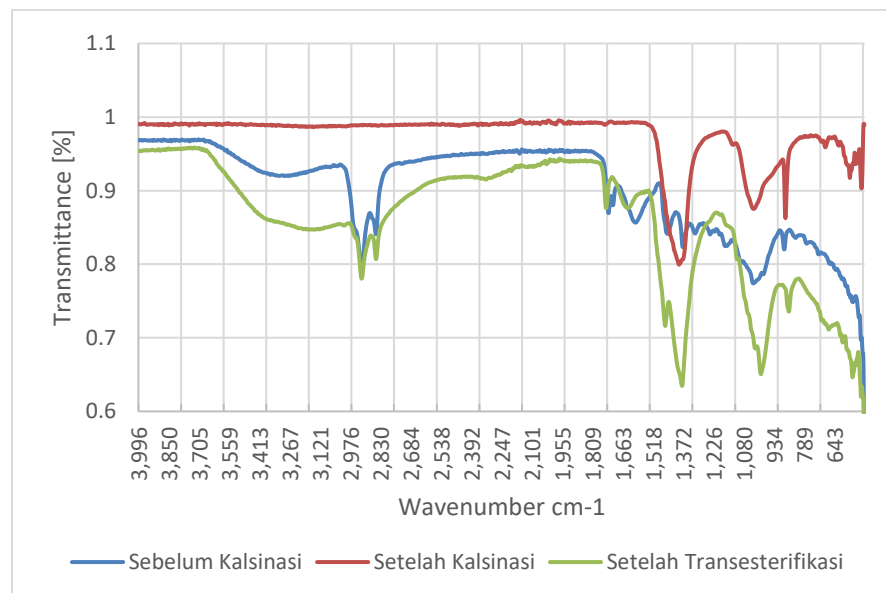
(a)



(b)



(c)



**Gambar 4.2** Hasil Analisa Spektrum FT-IR (*Fourier Transform - Infra Red*) (a) Sebelum Kalsinasi, (b) Setelah Kalsinasi, dan (c) Setelah Reaksi Transesterifikasi

Berdasarkan hasil spektra FT-IR (*Fourier Transform - Infra Red*) seperti pada **Gambar 4.2** ditemukan serapan yang melebar pada bilangan gelombang  $3335,56 \text{ cm}^{-1}$  mendekati rentang serapan daerah  $3300\text{-}3600 \text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan adanya ikatan O-H dengan intensitas sedang dari molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yang terperangkap dalam serbuk

kulit pisang. Kondisi ini muncul sebelum proses kalsinasi akibat higroskopisitas pada kulit pisang seperti menurut Dahlia *et al*, 2019 yang menunjukkan serapan pada bilangan gelombang  $3448\text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan adanya regangan O-H dari molekul  $\text{H}_2\text{O}$  yang terperangkap dalam kerangka zeolit karena memiliki sifat higroskopis. Pada kondisi sebelum kalsinasi dan setelah reaksi transesterifikasi, ditemukan serapan pada bilangan gelombang  $2920,71\text{ cm}^{-1}$  mendekati rentang serapan daerah  $2400\text{-}3400\text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan adanya gugus hidroksil ikatan O-H dengan intensitas sedang. Fenomena ini menggambarkan banyaknya kandungan KOH yang akan terdekomposisi menjadi  $\text{K}_2\text{CO}_3$  pada serbuk kulit pisang dan pada bilangan gelombang  $2921,62\text{ cm}^{-1}$  mendekati rentang serapan daerah  $2853\text{-}2962\text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan adanya ikatan C-H dengan intensitas tajam ini menunjukkan masih adanya sisa bahan pencuci katalis berupa hidrokarbon yaitu n-heksana dari proses *recovery* katalis.

Pada kondisi sebelum kalsinasi dan setelah reaksi transesterifikasi ditemukan serapan vibrasi uluran karbonil pada bilangan gelombang  $1732,14\text{ cm}^{-1}$  mendekati rentang serapan daerah  $1600\text{-}1820\text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan adanya ikatan rangkap karbon-oksigen C=O dengan intensitas tajam dikarenakan masih banyaknya komponen lain seperti karbon dan oksigen dan pada bilangan gelombang  $1743,46\text{ cm}^{-1}$  mendekati rentang serapan daerah  $1735\text{-}1750\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya ester dengan intensitas tajam dari metil ester yang terperangkap, serapan uluran alkenil dibilangan gelombang  $1601,44\text{ cm}^{-1}$  dan  $1637,6\text{ cm}^{-1}$  mendekati rentang serapan daerah  $1600\text{-}1680\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya vibrasi ulur C=C dengan intensitas sedang.

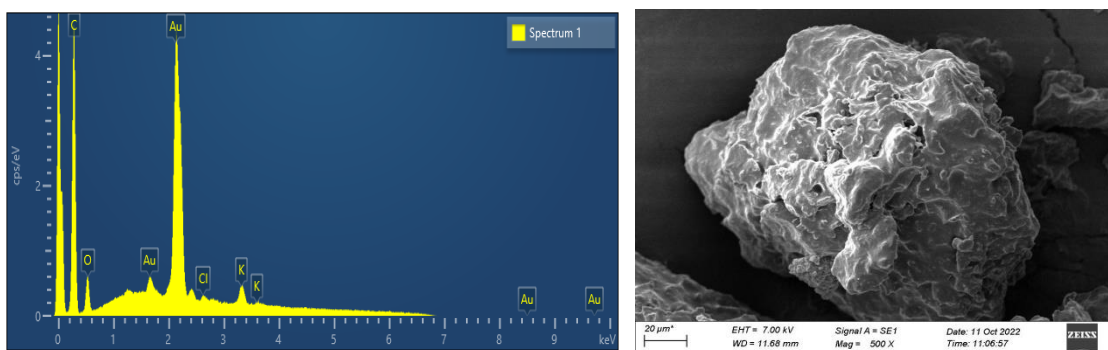
Pada kondisi sebelum kalsinasi, setelah kalsinasi dan setelah reaksi transesterifikasi ada serapan tajam dan kuat dibilangan gelombang  $1374,57\text{ cm}^{-1}$ ,  $1392,61\text{ cm}^{-1}$ , dan  $1377,66\text{ cm}^{-1}$  mendekati rentang serapan daerah  $1300\text{-}1400\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya  $\text{K}_2\text{CO}_3$  dimana karbonat yang dihasilkan ini karena hasil adsorpsi  $\text{CO}_2$  atmosfer

ke oksida logam dan pada gelombang  $1392,61 \text{ cm}^{-1}$   $\text{K}_2\text{O}$  telah dianggap sebagai spesies aktif untuk katalisis karena pembangkitan situs efektif setelah kalsinasi (Memonet *et al.*, 2008; Sharma *et al.*, 2012) seperti menurut Gohain *et al.*, 2017 bahwa pada gelombang  $1387 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya keberadaan  $\text{K}_2\text{CO}_3$  diprotokol ini  $\text{K}_2\text{O}$  juga telah dianggap sebagai aktif untuk katalisis, serapan pada bilangan gelombang  $1034,75 \text{ cm}^{-1}$ ,  $1033,63 \text{ cm}^{-1}$ , dan  $997,98 \text{ cm}^{-1}$  mendekati rentang serapan daerah  $1000-1300 \text{ cm}^{-1}$  dan  $985-1000 \text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan adanya ikatan tunggal karbon-oksigen C-O dengan intensitas tajam seperti menurut Gohain *et al.*, 2020 bahwa pada gelombang  $1050 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya ikatan C-O (alkohol primer) dan  $\text{R-CH=CH}_2$  dengan intensitas tajam, serapan (a)  $556,81 \text{ cm}^{-1}$ , (b)  $569,0 \text{ cm}^{-1}$ , dan (c)  $556,12 \text{ cm}^{-1}$  mendekati rentang serapan gugus fungsi  $400-1000 \text{ cm}^{-1}$  yang mengindikasikan ikatan regangan K-O dengan intensitas kuat seperti menurut Gohain *et al.*, 2020 bahwa yang menunjukkan bahwa pada pita serapan  $550 \text{ cm}^{-1}$  adalah karena adanya regangan K-O.

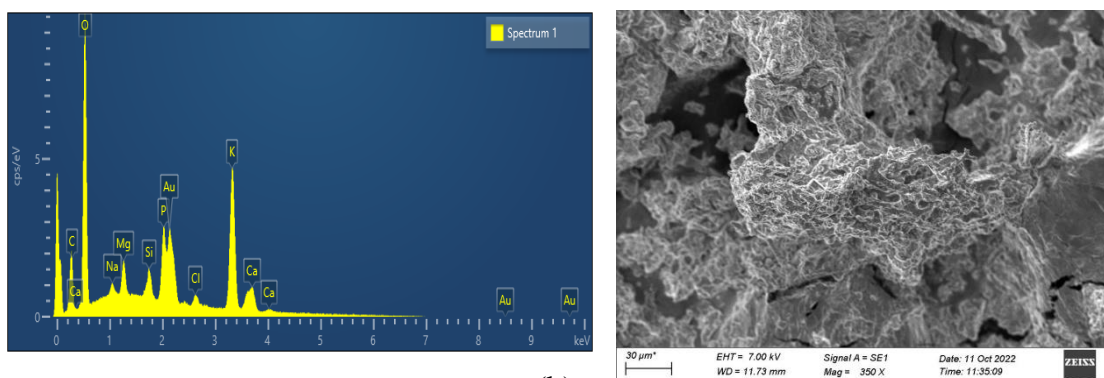
#### **4.3.3 Analisa SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*)**

SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) merupakan analisa yang mampu memberikan informasi tentang jenis-jenis mineral yang terdapat dalam batuan dengan mengetahui kandungan baik kandungan unsur maupun oksidanya dan disamping itu juga kita dapat mendalami sifat fisik dan kimia dari mineral tersebut. Pada penelitian ini menggunakan analisa SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) untuk mengetahui jumlah kandungan unsur kalium atau % K yang terdapat pada katalis setelah di oven atau sebelum kalsinasi, setelah kalsinasi dan setelah reaksi transesterifikasi. Hasil yang dapat diperoleh setelah dilakukan analisa SEM-EDX (*Scanning Electron*

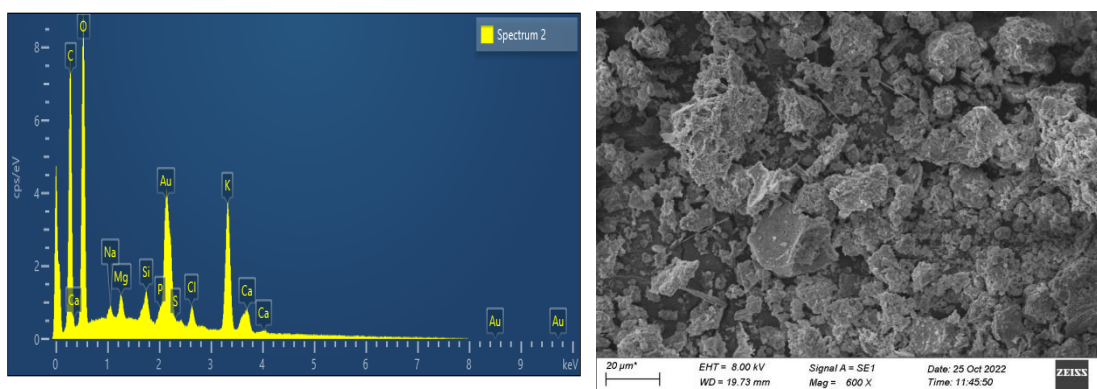
*Microscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) seperti pada gambar dibawah ini :



(a)



(b)



(c)

**Gambar 4.3** Hasil Analisa SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) (a) Sebelum Kalsinasi, (b) Setelah Kalsinasi, dan (c) Setelah Reaksi Transesterifikasi

Pada **Gambar 4.3** dilakukan analisa SEM untuk menganalisis struktur morfologi katalis abu kulit pisang kepok matang melalui sebelum kalsinasi, setelah kalsinasi, dan setelah reaksi transesterifikasi. Berdasarkan hasil analisa bagian (a) bahwa kulit pisang sebelum dikalsinasi mempunyai permukaan yang sedikit mengkilap, partikel yang mengarah menggabung dan memiliki sifat elastis, serta minimnya pembentukan pori (Damanik, Samsul B., 2017).

Pada kulit pisang yang telah melalui perlakuan kalsinasi selama 5 jam dengan temperatur 550 ° C seperti permukaan pada bagian (b) menunjukkan partikel yang tersebar lebih merata, dan distribusi ini berkontribusi pada pembentukan celah antara agregat, mendorong terbentuknya struktur mesopori dan mikropori pada permukaan katalis seperti pada penelitian sebelumnya (Pathak *et al*, 2018) yang menunjukkan struktur permukaan katalis yang berpori dan mengindikasikan tingkat porositas yang tinggi serta luas permukaan bidang kontak spesifik yang besar (Gohain *et al*, 2020) dan juga menunjukkan partikel terdispersi dengan baik dengan struktur mikro yang merata, dan senyawa aktif terdistribusi secara seragam.

Pada bagian (c) permukaan katalis kulit pisang setelah reaksi transesterifikasi menunjukkan tanda-tanda penutupan pori katalis oleh lapisan senyawa yang terindikasi sebagai adanya sisa hasil reaksi yang tidak berhasil diekstrak oleh perlakuan pencucian dengan n-heksana dan metanol sehingga senyawa tersebut menyumbat pori katalis.

Analisa EDX (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) digunakan untuk menganalisis komposisi kalium pada permukaan katalis pada kondisi sebelum kalsinasi, setelah kalsinasi, dan setelah transesterifikasi. Hasil analisa EDX (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*) dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut :

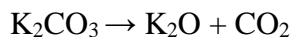
**Tabel 4.3** Kandungan kulit pisang kepek matang, katalis, dan katalis sesudah digunakan untuk sintesis biodiesel hasil analisis EDX (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*)

No	Komposisi Senyawa	Komposisi (% berat)		
		Sebelum Kalsinasi	Setelah Kalsinasi	Setelah Transesterifikasi
1	Carbon (C)	77,76	6,57	35,18
2	Oxygen (O)	8,74	32,22	31,05
3	Chlorine (Cl)	1,85	1,55	2,03
4	Natrium (Na)	-	0,53	0,50
5	Magnesium (Mg)	-	1,67	0,92
6	Silicon (Si)	-	1,79	1,35
7	Fosfor (P)	-	6,09	0,86
8	Calcium (Ca)	-	9,50	5,27
9	Sulfur (S)	-	-	0,37
10	<b>Potassium/Kalium (K)</b>	<b>11,64</b>	<b>40,09</b>	<b>22,46</b>

**Tabel 4.3** menunjukkan terjadi peningkatan komposisi kalium setelah melalui proses kalsinasi, dapat dikatakan proses kalsinasi berhasil mengekstrak keluar mineral-mineral dari kulit pisang ke permukaannya sehingga dapat meningkatkan aktivitas katalitik (Balaji & Niju, 2019).

Dari **Tabel 4.3** terlihat bahwa kulit pisang kepek matang setelah proses pengovenan dapat mendekomposisi kandungan kalium menjadi  $K_2CO_3$  yang memiliki senyawa karbon yang cukup tinggi yaitu sebanyak 77,76 %, senyawa oksigen sebanyak 8,74 %, dan senyawa kalium sebanyak 11,64 %. Setelah melakukan proses kalsinasi pada kondisi pembakaran optimum pada temperatur 550 °C selama 5 jam, menghasilkan senyawa kalium yang cukup tinggi yaitu sebanyak 40,09 %, senyawa oksigen sebanyak 32,22 %, dan senyawa karbon sebanyak 6,57 % ini menunjukkan bahwa terdekomposisi dengan baik dimana senyawa kalium dan oksigen mengalami peningkatan sedangkan karbon mengalami penurunan seperti yang diketahui bahwa  $K_2CO_3$

terdekomposisi membentuk sisi aktif basa yaitu  $K_2O$ . Pada tahap kalsinasi katalis ini, penguraian dari kalium karbonat yang terkandung di dalamnya dilakukan seperti reaksi dibawah ini :



Kalium oksida memiliki peran penting dalam kelancaran proses reaksi transesterifikasi. Selain itu, dalam katalis yang digunakan untuk reaksi transesterifikasi, terdapat pula komponen  $CaO$  dan  $MgO$ . Proporsi signifikan dari komponen ini memungkinkan sinergi yang berkontribusi pada kinerja kalium oksida dalam reaksi transesterifikasi. Adapun keberadaan senyawa silika dioksida yang terdapat dalam katalis berperan sebagai penyangga. Fungsi penyangga ini sebagai wadah untuk distribusi situs aktif memastikan katalis memiliki luas permukaan yang lebih substansial. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Trisakti, 2018 kandungan  $K_2O$  yang terdekomposisi dapat mencapai 61,80 % pada kondisi pembakaran optimum pada temperatur 550 °C selama 5 jam.

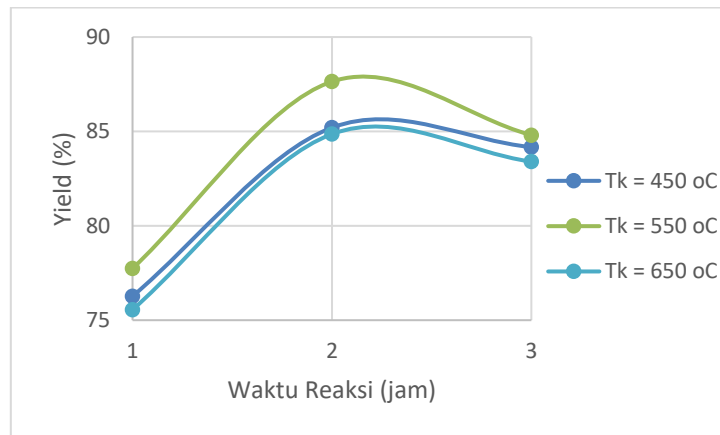
Setelah reaksi transesterifikasi menghasilkan senyawa karbon yang cukup tinggi yaitu sebanyak 35,18 %, senyawa oksigen sebanyak 31,05 %, dan senyawa kalium sebanyak 22,46 %.. Kandungan kalium yang menurun drastis setelah katalis digunakan pada reaksi transesterifikasi dapat terjadi karena adanya aglomerasi di permukaan katalis.

#### **4.4 Pengaruh Variasi Kondisi Operasi Terhadap Yield Biodiesel**

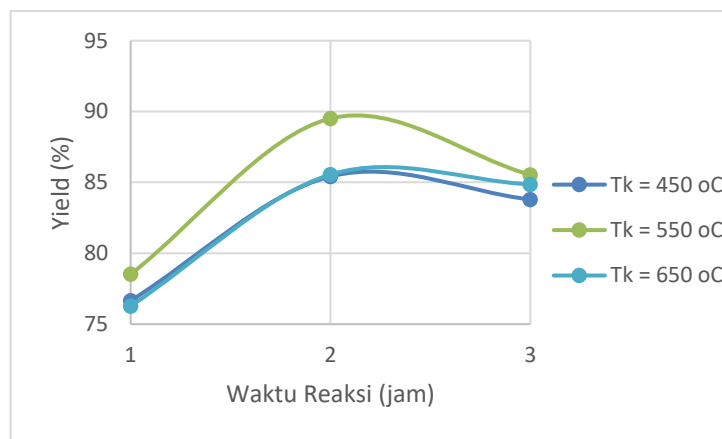
##### **4.4.1 Pengaruh Waktu Reaksi dan Suhu Kalsinasi Katalis terhadap Yield Biodiesel pada Kondisi Suhu Reaksi 50 °C, 55 °C, dan 60 °C**

Dalam rangkaian penelitian ini, menyoroti hasil eksperimen pembuatan biodiesel dari minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) dengan variasi waktu reaksi dan suhu kalsinasi katalis terhadap yield biodiesel pada kondisi suhu reaksi pada Gambar 4.4 berikut ini :

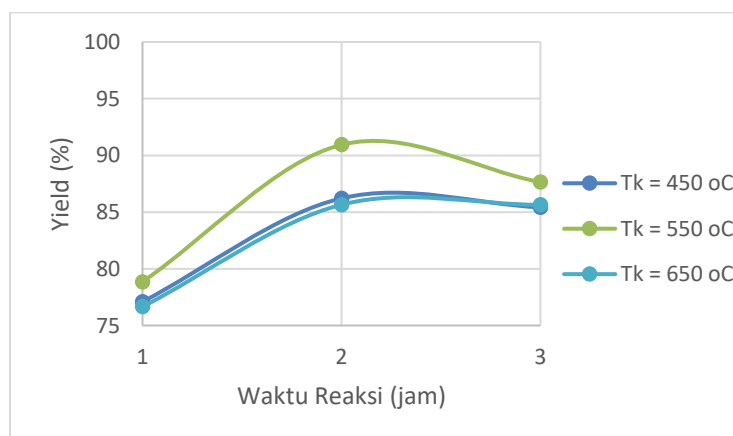




(a)



(b)



(c)

**Gambar 4.4** Pengaruh Waktu Reaksi dan Suhu Kalsinasi Katalis terhadap Yield Biodiesel pada Kondisi Suhu Reaksi (a) 50 °C, (b) 55 °C, dan (c) 60 °C

Berdasarkan **Gambar 4.4** diperoleh hasil yaitu bagian (a) kondisi suhu reaksi 50 °C dengan nilai *yield* terbaik sebesar 87,64 %, (b) kondisi suhu reaksi 55 °C dengan nilai *yield* terbaik sebesar 89,50 %, dan (c) kondisi suhu reaksi 60 °C dengan nilai *yield* terbaik sebesar 90,94 %, kondisi terbaik pada suhu reaksi 60 °C karena menghasilkan nilai *yield* tertinggi dari ketiga variasi kondisi suhu reaksi akibat adanya pengaruh dari waktu reaksi dan suhu kalsinasi katalis terhadap yield biodiesel.

Dalam kurun waktu selama 1-3 jam, dengan adanya peningkatan waktu reaksi maka akan mengalami penurunan nilai *yield*. Pada waktu reaksi dari 1 jam ke 2 jam, mengalami peningkatan nilai *yield* biodiesel karena trigliserida sudah terkonversi dengan baik menjadi metil ester /asam lemak dan gliserol karena mengalami penurunan trigliserida dan tidak adanya reaksi balik sedangkan pada waktu reaksi 3 jam, mengalami penurunan nilai *yield* biodiesel karena sudah mencapai titik kesetimbangan reaksi (melebihi kondisi optimum) yang disebabkan adanya reaksi balik (*reversible*) terjadi, dimana metil ester yang terbentuk kembali menjadi trigliserida (telah habis bereaksi) seperti menurut G.Y Chen *et al.*, (2016) reaksi transesterifikasi merupakan reaksi yang dapat berjalan mundur (*reversible*) dan waktu reaksi yang terlalu lama akan memicu reaksi balik .

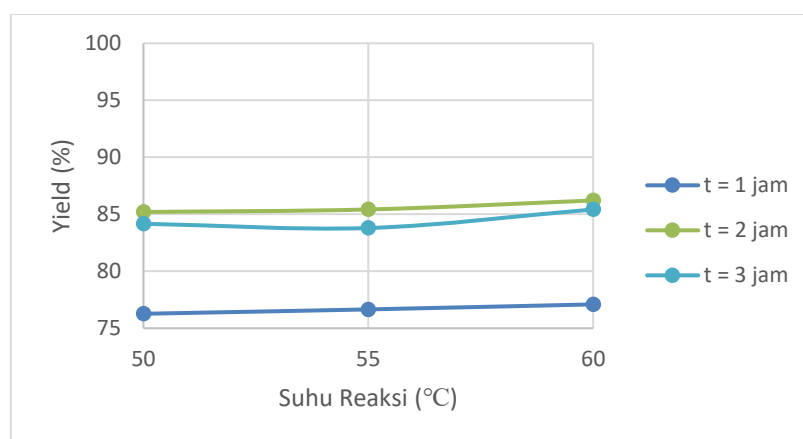
Dalam proses pengkalsinasian pada suhu 450 °C - 650 °C, dengan adanya peningkatan suhu kalsinasi maka akan mengalami penurunan nilai *yield* juga. Pada suhu kalsinasi katalis 450 °C dan 550 °C ini mengalami peningkatan nilai *yield* karena dalam reaksi transesterifikasi berjalan dengan baik yang disebabkan oleh banyaknya komponen kandungan kalium (K) yang memiliki sifat kebasaaan tinggi sehingga menjadi peranan penting dalam reaksi transesterifikasi sedangkan pada suhu kalsinasi katalis 650 °C mengalami penurunan nilai *yield* karena proses reaksi transesterifikasi tidak berjalan baik yang disebabkan oleh

menurunnya komponen kandungan kalium yang sudah melebihi kondisi optimum sesuai dengan (Hayyan *et al*,2012) bahwa temperatur kalsinasi yang terlalu tinggi menyebabkan komponen kandungan kalium menurun.

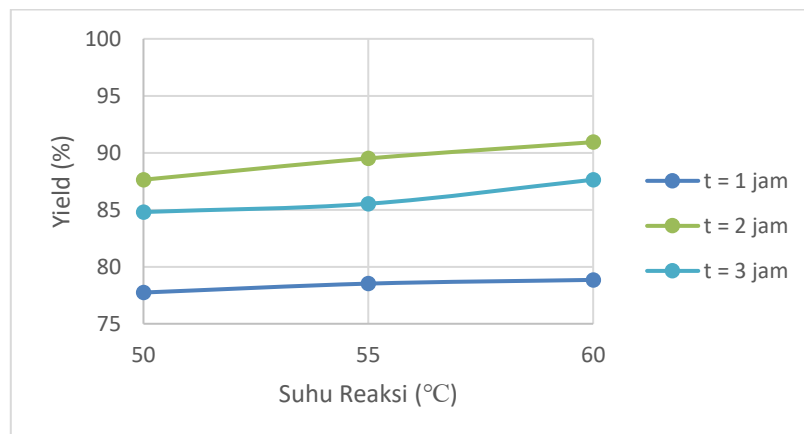
Dari **Gambar 4.4** diketahui bahwa kondisi terbaik yang diperoleh adalah pada suhu reaksi 60 °C dengan waktu reaksi 2 jam dan suhu kalsinasi katalis 550 °C yang memberikan *yield* biodiesel sebesar 90,94 %.

#### 4.4.2 Pengaruh Suhu Reaksi dan Waktu Reaksi terhadap Yield Biodiesel pada Kondisi Suhu Kalsinasi Katalis 450 °C, 550 °C, dan 650 °C

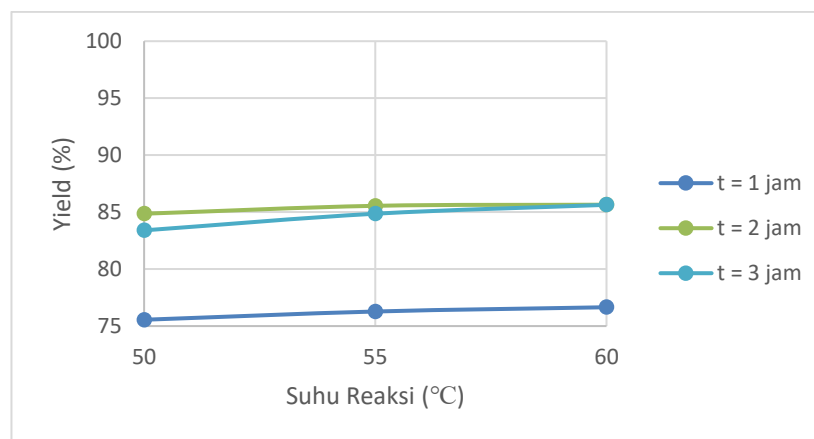
Dalam rangkaian penelitian ini, menyoroti hasil eksperimen pembuatan biodiesel dari minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) dengan variasi suhu reaksi dan waktu reaksi terhadap yield biodiesel pada kondisi suhu kalsinasi pada Gambar 4.5 berikut ini :



(a)



(b)



(c)

**Gambar 4.5** Pengaruh Suhu Reaksi dan Waktu Reaksi terhadap Yield Biodiesel pada Kondisi Suhu Kalsinasi Katalis (a) 450 °C, (b) 550 °C, dan (c) 650 °C

Berdasarkan **Gambar 4.5** diperoleh hasil yaitu bagian (a) kondisi suhu kalsinasi 450 °C dengan nilai *yield* terbaik sebesar 86,21 %, (b) kondisi suhu kalsinasi 550 °C dengan nilai *yield* terbaik sebesar 90,94 %, dan (c) kondisi suhu kalsinasi 650 °C dengan nilai *yield* terbaik sebesar 85,65 %, kondisi terbaik pada suhu kalsinasi katalis 550 °C karena menghasilkan nilai *yield* tertinggi dari ketiga variasi suhu kalsinasi katalis akibat adanya pengaruh dari suhu reaksi dan waktu reaksi terhadap *yield* biodiesel.

Dalam proses pemanasan pada suhu 50 °C - 60 °C, dengan adanya peningkatan suhu reaksi akan mengalami peningkatan nilai *yield* dari

suhu 50 – 60 °C karena ketika suhu reaksi sangat tinggi akan bertambahnya konsentrasi air dalam minyak yang disebabkan oleh berkurangnya kekentalan minyak sehingga kecepatan reaksi semakin tinggi. Jika laju reaksi semakin tinggi maka tumbukan antar molekul semakin besar karena molekul memiliki energi yang sangat besar sehingga bisa mempengaruhi nilai *yield* yang dihasilkan yaitu *yield* akan semakin besar juga (Aziz dkk, 2013).

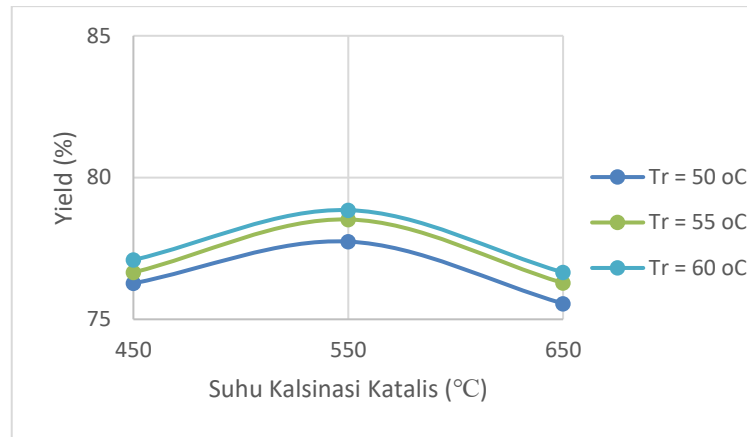
Dalam kurun waktu selama 1-3 jam, dengan adanya peningkatan waktu reaksi akan mengalami penurunan nilai *yield* dalam kurun waktu selama 1-3 jam. Pada waktu reaksi dari 1 jam ke 2 jam, mengalami peningkatan nilai *yield* biodiesel karena trigliserida sudah terkonversi dengan baik (penurunan trigliserida) menjadi metil ester /asam lemak dan gliserol dengan konsentrasi reaktan (perbandingan mol methanol : minyak jelantah = 6:1 dan jumlah katalis 1% (b/b)) maka tumbukan antar molekul reaktan semakin sering terjadi pada awal reaksi yang disebabkan oleh energi dari suhu reaksi sangat besar dan juga keefektifitas katalis tinggi karena ukuran partikel kecil dan luas permukaan partikelnya besar sehingga bisa mempercepat reaksi kimianya (Anr. R *et al.*,2016) seperti pada penelitian ini partikel katalis berukuran  $\pm 50$  mesh sedangkan pada waktu reaksi 3 jam, mengalami penurunan nilai *yield* biodiesel karena sudah mencapai titik kesetimbangan reaksi (melebihi kondisi optimum) sehingga jika ada penambahan waktu reaksi tidak akan dapat menaikkan *yield* biodiesel.

Dari **Gambar 4.5** diketahui bahwa kondisi terbaik yang diperoleh adalah pada suhu kalsinasi katalis 550 °C dengan suhu reaksi 60 °C dan waktu reaksi 2 jam yang memberikan *yield* biodiesel sebesar 90,94 %.

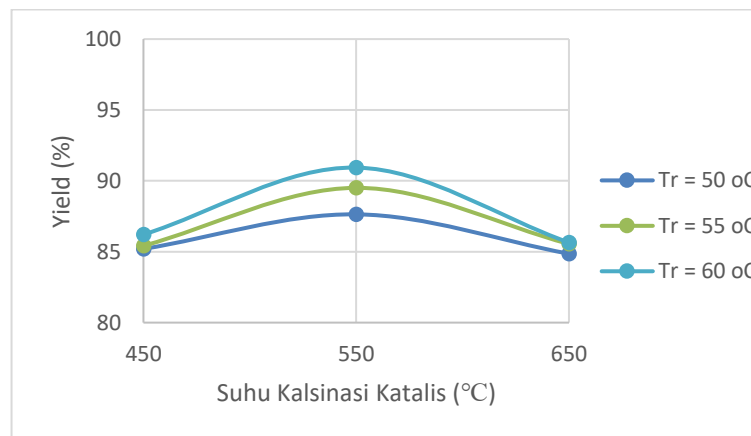
#### **4.4.3 Pengaruh Suhu Kalsinasi dan Suhu Reaksi terhadap Yield Biodiesel pada Kondisi Waktu Reaksi 1 jam, 2 jam, dan 3 jam**

Dalam rangkaian penelitian ini, menyoroti hasil eksperimen pembuatan biodiesel dari minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*)

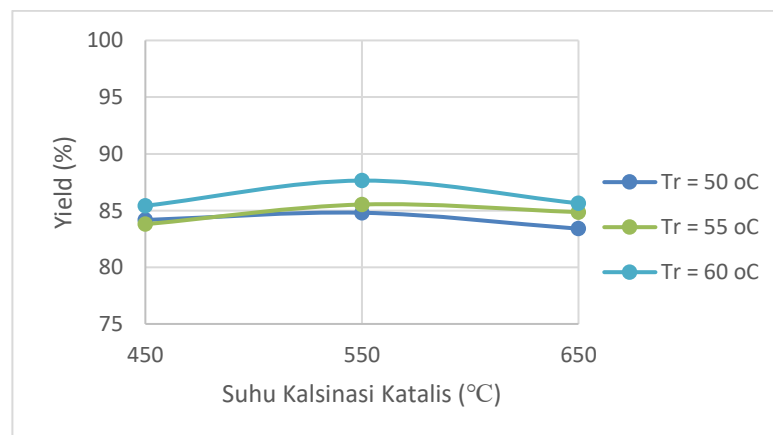
dengan variasi suhu kalsinasi katalis dan suhu reaksi terhadap yield biodiesel pada kondisi waktu reaksi seperti Gambar 4.6 berikut ini :



(a)



(b)



(c)

**Gambar 4.6** Pengaruh Suhu Kalsinasi Katalis dan Suhu Reaksi terhadap Yield Biodiesel pada Kondisi Waktu Reaksi (a) 1 jam, (b) 2 jam, dan (c) 3 jam

Berdasarkan **Gambar 4.6** bagian (a) dengan kondisi operasi suhu kalsinasi 450°C didapatkan hasil *yield* biodiesel sebesar 77,09%, suhu kalsinasi 550 °C dengan hasil *yield* biodiesel sebesar 78,85% dan suhu kalsinasi 650 °C menghasilkan *yield* biodiesel dengan angka 76,65% dengan kondisi suhu reaksi sebesar 60°C, dapat disimpulkan bahwa pengaruh suhu kalsinasi katalis mempengaruhi nilai *yield* yang dihasilkan dengan kondisi waktu reaksi 1 jam. Pada waktu reaksi 2 jam pada bagian (b) dengan suhu reaksi 60°C menghasilkan peningkatan hasil *yield* biodiesel sebesar 86,25%, 90,93%, dan 85,65%. Pada waktu reaksi 3 jam pada bagian (c) menghasilkan *yield* biodiesel dari suhu kalsinasi 450°C, 550°C dan 650°C dengan suhu reaksi 60°C mendapatkan hasil *yield* biodiesel sebesar 85,42%, 87,64% dan 85,64%.

Dari hasil *yield* biodiesel tiap perbedaan waktu reaksi, nilai *yield* biodiesel terbesar terdapat pada kondisi suhu kalsinasi 550°C dengan suhu reaksi 60°C dengan waktu reaksi yang dibutuhkan adalah 2 jam mengindikasikan bahwa semakin lama waktu reaksi, semakin banyak produk yang dihasilkan terutama Ketika reaksi awal. Ini akan memberikan kesempatan terhadap molekul-molekul reaktan untuk bertumbukan satu sama lain. Namun, setelah kesetimbangan tercapai tambahan waktu reaksi tidak mempengaruhi hasil reaksi. Penyesuaian suhu reaksi juga memberikan kontribusi penting dalam proses transesterifikasi. Suhu yang mendekati titik didih alkohol akan meningkatkan kecepatan reaksi transesterifikasi, karena energi kinetik molekul reaktan semakin besar, yang memungkinkan lebih banyak tumbukan antara molekul reaktan.

Selama proses transesterifikasi, perubahan suhu reaksi mempengaruhi gerakan molekul semakin cepat sehingga mengatasi

energi aktivasi. Suhu juga mempengaruhi viskositas dan densitas, karena keduanya merupakan dua parameter fisik penting untuk pemanfaatan biodiesel sebagai bahan bakar. Semakin tinggi suhu maka semakin besar energi kinetik molekul reaktan dan peningkatan tumbukan antara molekul reaktan sedangkan suhu kalsinasi memiliki peran penting dalam proses pembuatan katalis. Dapat dilihat dari **Gambar 4.6** bahwa pada suhu kalsinasi 450 °C *yield* biodiesel yang dihasilkan terbilang tidak menginjak angka 80%, sedangkan pada suhu kalsinasi 550°C menginjak nilai *yield* biodiesel terbesar diantara suhu kalsinasi yang lain. Pada suhu kalsinasi 650 °C, ini merupakan suhu termasuk tinggi, pembakaran material tumbuhan pada suhu yang tinggi menghasilkan dekomposisi beberapa komponen anorganik dan pengurangan berat (Babayemi,2010).

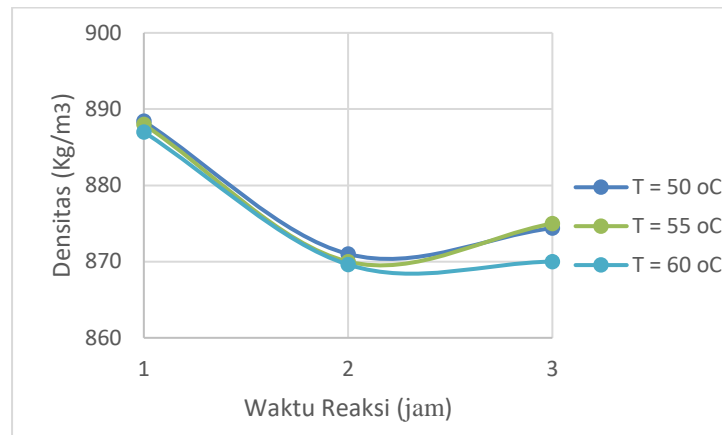
Dapat disimpulkan bahwa waktu reaksi, suhu reaksi dan suhu kalsinasi memberi pengaruh besar pada hasil produk berupa biodiesel dengan *yield* biodiesel sebesar 90,94 % pada kondisi terbaik suhu kalsinasi katalis 550 °C, suhu reaksi 60 °C dan waktu reaksi 2 jam.

## **4.5 Karakteristik Biodiesel dari Limbah Minyak Jelantah/WCO (*Waste Cooking Oil*)**

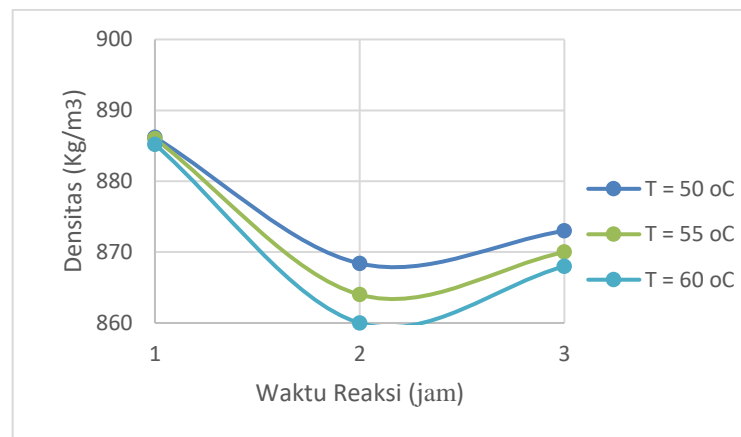
### **4.5.1 Analisa Densitas Biodiesel**

Pada penelitian ini, dilakukan analisa densitas pada biodiesel yang didapatkan dari variasi waktu reaksi dan suhu reaksi terhadap densitas biodiesel pada kondisi suhu kalsinasi katalis 450 °C, 550 °C dan 650°C dengan menggunakan piknometer 50 ml, dapat dilihat pada Gambar 4.8

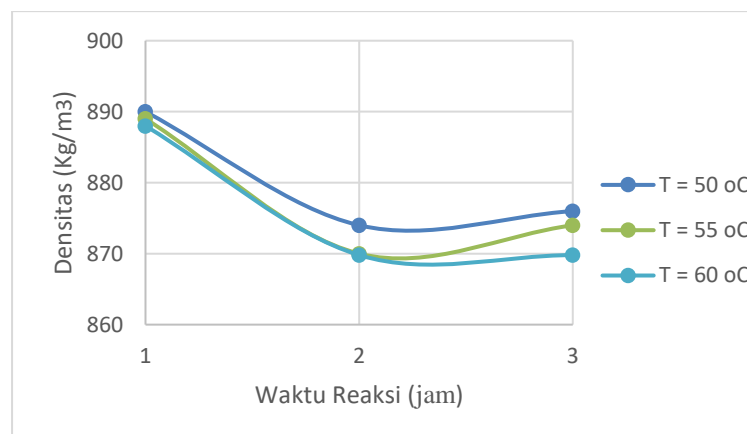




(a)



(b)



(c)

**Gambar 4.7** Pengaruh Waktu Reaksi dan Suhu Reaksi terhadap Densitas Biodiesel pada Kondisi Suhu Kalsinasi Katalis (a) 450 °C, (b) 550 °C, dan (c) 650 °C

Berdasarkan **Gambar 4.7** dapat dilihat bahwa dalam kurun waktu selama 1-3 jam, pada waktu reaksi dari 1 jam ke 2 jam nilai densitas semakin turun sedangkan pada waktu 3 jam semakin naik nilai densitasnya. Menurut Saputra *et.al*, 2012 ), yang menyatakan bahwa semakin lama waktu reaksi, densitas biodiesel yang dihasilkan cenderung lebih rendah. Peristiwa ini disebabkan oleh pemutusan gliserol dari trigliserida, yang menghasilkan senyawa dengan ukuran molekul yang lebih kecil. Namun, terjadi kenaikan densitas pada waktu reaksi 3 jam seperti menurut Affandi, dkk, 2013 ), yang kemungkinan disebabkan oleh waktu reaksi yang terlalu lama Akibatnya, pH dari biodiesel hasil reaksi meningkat, menyebabkan air terikat bersama metil ester, sehingga pemisahan sulit dilakukan. Tahap pemurnian yang kurang baik dapat menyebabkan densitas biodiesel bervariasi.

Dalam proses pemanasan pada suhu 50 °C - 60 °C, dengan adanya peningkatan suhu reaksi akan mengalami penurunan nilai densitas karena ketika suhu reaksi sangat tinggi akan bertambahnya konsentrasi air dalam minyak yang disebabkan oleh berkurangnya kekentalan minyak atau massa jenis berkurang (Saputra *et.al*, 2012). Densitas biodiesel pada suhu 40 °C yang di dapatkan berkisar antara 860-890 kg/m<sup>3</sup> dan yang menjadi menjadi kondisi terbaik itu pada kondisi suhu kalsinasi 550 °C dengan waktu reaksi 2 jam dan suhu reaksi 60 °C sebesar 860 kg/m<sup>3</sup> maka dapat dikatakan bahwa biodiesel yang di peroleh sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI: 7182-2015) yang berkisar antara 850-890 kg/m<sup>3</sup> pada suhu 40 °C. Densitas ini dapat dijadikan rujukan sebagai parameter bahwa minyak jelantah sebagai reaktan dapat bereaksi menjadi produk biodiesel (Shilvia *et al.*,2014).

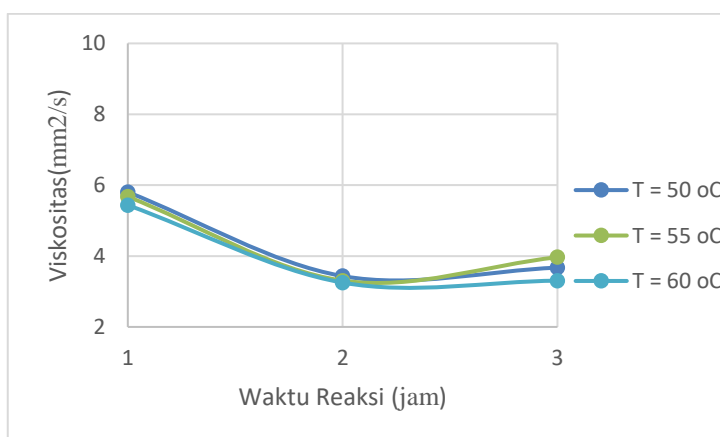
Berikut ini data tabel 4.4 densitas yang dihasilkan dengan variasi waktu reaksi 1 jam, 2 jam, 3 jam dan suhu reaksi 50 °C, 55 °C, 60°C terhadap densitas biodiesel pada kondisi suhu kalsinasi katalis 450 °C, 550 °C dan 650°C.

**Tabel 4.4** Hasil Densitas dengan Variasi Waktu Reaksi dan Suhu Reaksi pada Kondisi Suhu Kalsinasi Katalis

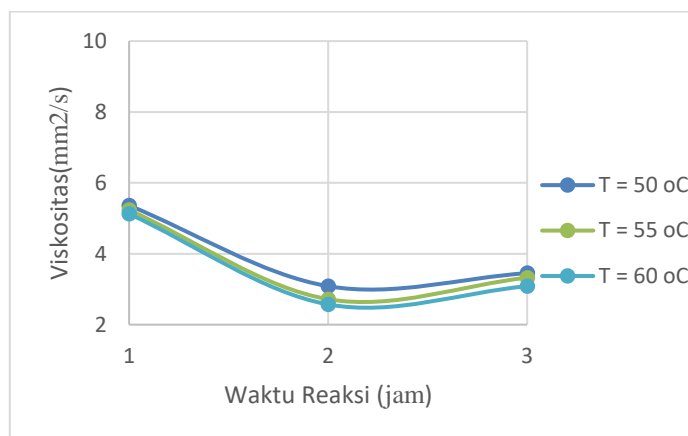
Parameter Operasi		Densitas (Kg/m <sup>3</sup> )		
		Tk = 450 °C	Tk = 550 °C	Tk = 650 °C
Tr = 50 °C	t = 1 jam	888,4	886,2	890
	t = 2 jam	871	868,4	874
	t = 3 jam	874,4	873	876
Tr = 55 °C	t = 1 jam	888	886	889
	t = 2 jam	870	864	870
	t = 3 jam	875	870	874
Parameter Operasi		Densitas (Kg/m <sup>3</sup> )		
		Tk = 450 °C	Tk = 550 °C	Tk = 650 °C
Tr = 60 °C	t = 1 jam	887	885,2	888
	t = 2 jam	869,6	860	869,8
	t = 3 jam	870	868	869,8

#### 4.5.2 Analisa Viskositas Biodiesel

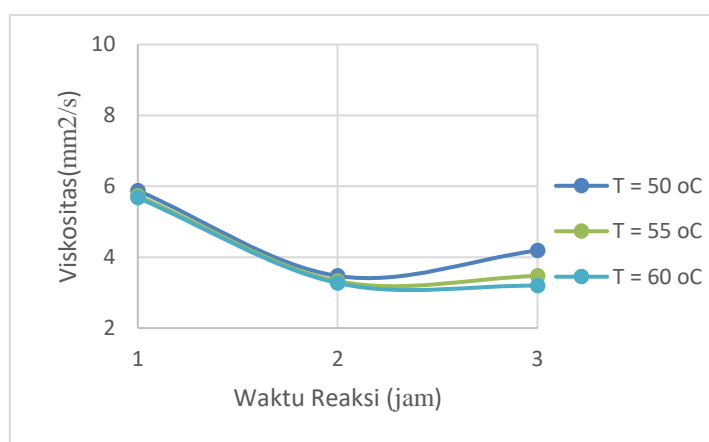
Pada penelitian ini, dilakukan analisa densitas pada biodiesel yang didapatkan dari variasi waktu reaksi dan suhu reaksi terhadap viskositas kinematik biodiesel pada kondisi suhu kalsinasi katalis 450 °C, 550 °C dan 650°C dengan menggunakan viscometer otswaldz 3 ml, dapat dilihat pada Gambar 4.8 sebagai berikut :



(a)



(b)



(c)

**Gambar 4.8** Pengaruh Waktu Reaksi dan Suhu Reaksi terhadap Viskositas Biodiesel pada Kondisi Suhu Kalsinasi Katalis (a) 450 °C, (b) 550 °C, dan (c) 650 °C

Berdasarkan **Gambar 4.8**, menggambarkan bahwa dalam kurun waktu selama 1-3 jam, pada waktu reaksi dari 1 jam ke 2 jam nilai viskositas semakin turun sedangkan pada waktu 3 jam semakin naik nilai viskositasnya. Menurut Sani *et al*, 2017, yang menyatakan bahwa semakin lama waktu reaksi, viskositas biodiesel yang dihasilkan cenderung lebih rendah. Penurunan viskositas terjadi karena penguraian gliserol dari trigliserida menghasilkan senyawa dengan ukuran molekul yang lebih kecil dan terjadi kenaikan viskositas pada waktu reaksi 3 jam terjadi kenaikan viskositas karena adanya reaksi balik, seperti menurut oko S *et al.*, 2018 yang menyatakan bahwa viskositas kinematik dapat

dipengaruhi oleh tingginya kandungan trigliserida dalam minyak, yang menyebabkan tidak semua minyak terkonversi menjadi metil ester.

Dalam proses pemanasan pada suhu 50 °C - 60 °C, dengan adanya peningkatan suhu reaksi akan mengalami penurunan nilai viskositas karena ketika suhu reaksi sangat tinggi akan berkurangnya trigliserida karena telah terkonversi dengan baik dan ada faktor lainnya seperti proses pemurnian sudah baik. Viskositas biodiesel pada suhu 40 °C yang di dapatkan berkisar antara 2,5 – 5,8 mm<sup>2</sup>/s (cSt) dan yang menjadi menjadi kondisi terbaik itu pada kondisi suhu kalsinasi 550 °C dengan waktu reaksi 2 jam dan suhu reaksi 60 °C sebesar 2,57 mm<sup>2</sup>/s (cSt) maka dapat dikatakan bahwa biodiesel yang di peroleh sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI: 7182-2015) yang berkisar antara 2,3 - 6 mm<sup>2</sup>/s (cSt) pada suhu 40 °C.

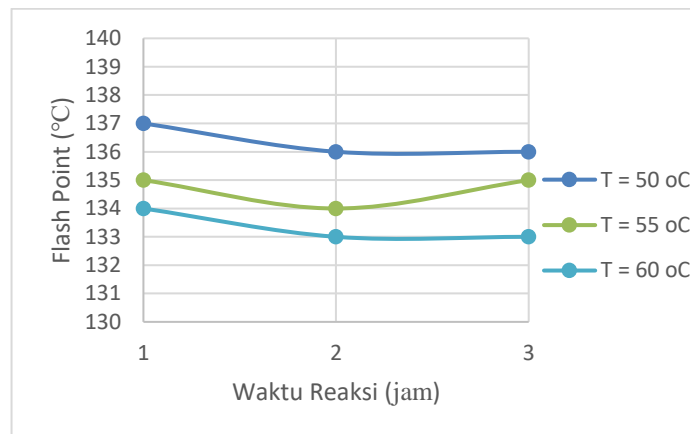
Berikut ini data tabel 4.5 viskositas yang dihasilkan dengan variasi waktu reaksi 1 jam, 2 jam, 3 jam dan suhu reaksi 50 °C, 55 °C, 60°C terhadap viskositas biodiesel pada kondisi suhu kalsinasi katalis 450 °C, 550 °C dan 650°C.

**Tabel 4.5** Hasil Viskositas yang dihasilkan dengan Variasi Waktu Reaksi dan Suhu Reaksi pada Kondisi Suhu Kalsinasi Katalis

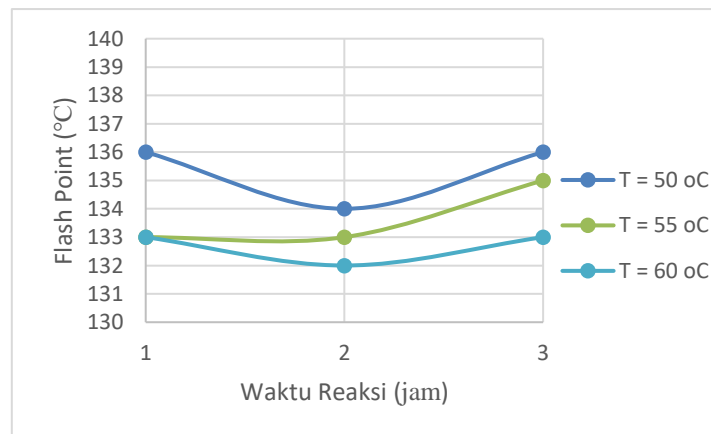
Parameter Operasi		Viskositas (mm <sup>2</sup> /s)/(cSt)		
		Tk = 450 °C	Tk = 550 °C	Tk = 650 °C
Tr = 50 °C	t = 1 jam	5,80348944	5,36271809	5,876951331
	t = 2 jam	3,434343434	3,085399449	3,47107438
	t = 3 jam	3,673094582	3,452708907	4,187327824
Tr = 55 °C	t = 1 jam	5,674931129	5,23415978	5,730027548
	t = 2 jam	3,305785124	2,718089991	3,324150597
	t = 3 jam	3,966942149	3,324150597	3,47107438
Tr = 60 °C	t = 1 jam	5,436179982	5,123966942	5,674931129
	t = 2 jam	3,250688705	2,571166208	3,269054178
	t = 3 jam	3,305785124	3,085399449	3,195592287

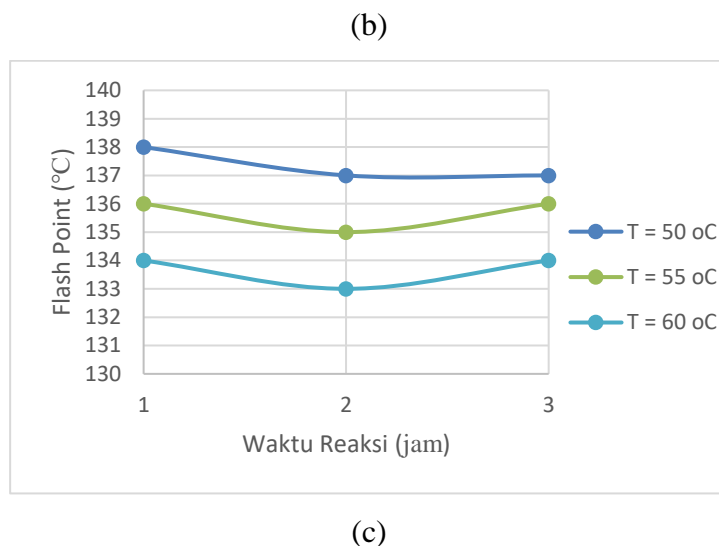
### 4.5.3 Analisa Flash Point Biodiesel

Titik nyala merupakan suhu terendah di mana suatu bahan bakar dapat terbakar ketika terpapar oleh udara. Apabila proses pembakaran terus berlangsung pada suhu tersebut, maka dikenal sebagai titik bakar (*fire point*). Titik nyala yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan keterlambatan dalam proses penyalaan, sementara jika titik nyala terlalu rendah akan menimbulkan fenomena denotasi, yaitu ledakan kecil yang terjadi sebelum bahan bakar masuk ke dalam ruang bakar. Keadaan ini menggambarkan potensi bahaya yang lebih tinggi selama penyimpanan dan penanganan. Secara umum, Semakin tinggi titik nyala dari suatu bahan bakar semakin aman penanganan dan penyimpanannya. (Widyastuti, L.,2007).



(a)





**Gambar 4.9** Pengaruh Waktu Reaksi dan Suhu Reaksi terhadap Flash Point Biodiesel pada Kondisi Suhu Kalsinasi Katalis (a) 450 °C, (b) 550 °C, dan (c) 650 °C

Berdasarkan **Gambar 4.9**, dapat dilihat bahwa dalam kurun waktu selama 1-3 jam, pada waktu reaksi dari 1 jam ke 2 jam nilai densitas semakin turun sedangkan pada waktu 3 jam semakin naik nilai flash pointnya. Menurut Misbachudin *et al.*, 2017 menyatakan bahwa semakin tinggi nilai flash point suatu bahan bakar, semakin lama waktu yang diperlukan untuk menyala, karena volatilitas yang lebih rendah. Sebaliknya, apabila titik nyala terlalu rendah, risiko terjadinya detonasi atau ledakan kecil sebelum bahan bakar masuk ke ruang bakar akan meningkat.

Dalam proses pemanasan pada suhu 50 °C - 60 °C, dengan adanya peningkatan suhu reaksi akan mengalami penurunan nilai flash point karena ketika suhu reaksi sangat tinggi akan mengalami penguapan yang lambat. Flash Point biodiesel di dapatkan berkisar antara 132 °C dan yang menjadi menjadi kondisi terbaik itu pada kondisi suhu kalsinasi 550 °C dengan waktu reaksi 2 jam dan suhu reaksi 60 °C sebesar 132-138°C maka dapat dikatakan bahwa biodiesel yang di peroleh sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI: 7182-2015) minimal 130°C.

Berikut ini data tabel 4.6 flash point yang dihasilkan dengan variasi waktu reaksi 1 jam, 2 jam, 3 jam dan suhu reaksi 50 °C, 55 °C, 60°C terhadap flash point biodiesel pada kondisi suhu kalsinasi katalis 450 °C, 550 °C dan 650°C.

**Tabel 4.6** Hasil Flash Point dengan Variasi Waktu Reaksi dan Suhu Reaksi pada Kondisi Suhu Kalsinasi Katalis

Parameter Operasi		Flash Point (°C)		
		Tk = 450 °C	Tk = 550 °C	Tk = 650 °C
Tr = 50 °C	t = 1 jam	137	136	138
	t = 2 jam	136	134	137
	t = 3 jam	136	136	137
Tr = 55 °C	t = 1 jam	135	133	136
	t = 2 jam	134	133	135
	t = 3 jam	135	135	136
Tr = 60 °C	t = 1 jam	134	133	134
	t = 2 jam	133	132	133
	t = 3 jam	133	133	134

#### 4.5.4 Karakteristik Biodiesel Optimum dari Limbah Minyak Jelantah/WCO (Waste Cooking Oil)

Berikut ini karakteristik hasil biodiesel dari limbah minyak jelantah pada kondisi optimum yang disajikan pada Tabel 4.7,

**Tabel 4.7** Karakteristik Biodiesel Optimum dari Limbah Minyak Jelantah/WCO (Waste Cooking Oil)

Sifat Fisik dan Kimia	SNI 7128:2015	Biodiesel Optimum
Densitas @40°C (kg/m <sup>3</sup> )	850-890	860
Viskositas Kinematik @40°C (mm <sup>2</sup> /s [cSt])	2,3-6	2,57
Flash Point (°C)	Min. 130 °C	132

Berdasarkan **Tabel 4.7** hasil analisa biodiesel pada kondisi



optimum, sampel biodiesel yang dihasilkan sesuai dengan SNI 7128:2015.

#### 4.5.5 Analisis Kandungan Ester dengan GC-MS (*Gas Chromatography - Mass Spectrometry*)

Analisa GC-MS dilakukan dalam rangka memahami senyawa dan kandungan ester yang terdapat dalam biodiesel. Kandungan ester dari biodiesel yang dihasilkan pada kondisi optimum dengan menggunakan limbah katalis kulit pisang kepok dan minyak jelantah/WCO (*Waste Cooking Oil*) telah dianalisis melalui *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS) yang disajikan pada Tabel 4.8 berikut ini :

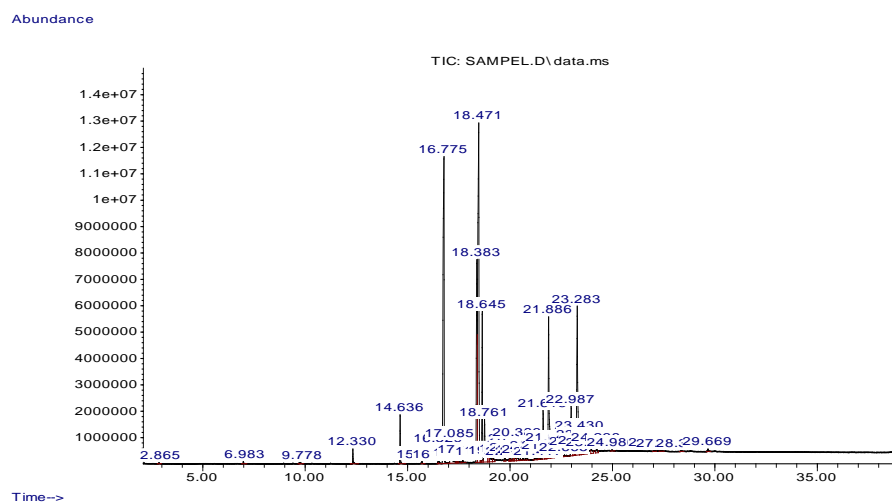
**Tabel 4.8** Komposisi dan Kandungan (%) Senyawa pada Sampel Biodiesel Optimum

Komposisi Senyawa (Nama IUPAC)	Rumus Molekul	Kandungan (%)
Octanoic acid, methyl ester	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	0,07
Decanoic acid, methyl ester	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	0,15
Dodecanoic acid, methyl ester	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	0,96
Tetradecanoic acid, methyl ester	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	2,51
Pentadecanoic acid, methyl ester	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	0,67
9-Hexadecenoic acid, methyl ester	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	1,15
Methyl Hexadec-9-enoate, methyl ester	C <sub>16</sub> H <sub>29</sub> O <sub>2</sub>	1,49
Hexadecanoic acid, methyl ester	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	26,24
Cis-10-Heptadecenoic acid, methyl ester	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0,17
Heptadecenoic acid, methyl ester	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	0,49
9,12-Octadecenoic acid (Z,Z), methyl ester	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	9,60
9-Octadecenoic acid, methyl ester	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	33,33
9-cis,11-trans-octadecadienoate, methyl ester	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0,63
11-Octadecenoic acid, methyl ester	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	0,38
Octadecenoic acid, methyl ester	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	6,88
10,13-Octadecenoic acid, methyl ester	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	0,17
Cis-11-Eicosanoic acid, methyl ester	C <sub>21</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	0,79
Eicosanoic acid, methyl ester	C <sub>21</sub> H <sub>42</sub> O <sub>2</sub>	1,86
Docosanoic acid, methyl ester	C <sub>22</sub> H <sub>44</sub> O <sub>2</sub>	1,36

<b>Komposisi Senyawa (Nama IUPAC)</b>	<b>Rumus Molekul</b>	<b>Kandungan (%)</b>
Tetracosanoic acid, methyl ester	C <sub>25</sub> H <sub>50</sub> O <sub>2</sub>	1,16
Bicyclo decan-10-one, oleic acid	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0,33
3-hydroxypropyl ester, oleic acid	C <sub>21</sub> H <sub>40</sub> O <sub>3</sub>	0,87
Hexadecanoic acid (CAS)	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0,19
9-Octadecenoic acid (E)	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	1,02
9-Octadecenoic acid (Z)	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0,48
Octadec-9-enoic acid	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	0,19
Octadecanoic acid, ethyl ester	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	1,32
Adipic acid, 2-ethylhexyl isobutyl ester	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>4</sub>	0,48
Thiosulfuric acid	H <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04
Hexanal (CAS)	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	0,03
2,4-Decadienal (E,E)	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	0,04
2-Methyl-D3-Cyclononane, 1-Heptadecene	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	0,05
Cyclopentadecanone,2-hydrox	C <sub>15</sub> H <sub>28</sub> O	0,03
Fumaric acid, tetradec-3-enyl	C <sub>16</sub> H <sub>24</sub> O <sub>4</sub>	0,04
2-Methyl-D3-Cyclononane	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	0,02
1H-Indole,2-methyl-3-phenyl	C <sub>15</sub> H <sub>13</sub> N	0,02
Pyridine-3-carboxamide, oxime	C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> N <sub>3</sub> O	0,03
Methyl 2-octylcyclopropene-1-octanoat	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	0,01
2-Methyl-5H-dibenzo[b,f]azepine	C <sub>15</sub> H <sub>13</sub> N	0,02
Ether, isopropyl 2-benzyl-2-propenyl	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	0,07
2-Naphthalene-sulfonic acid	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub> S	0,06
2-Amino-3-(.alpha.-furyl)-1,4-naphthoquinone	C <sub>10</sub> H <sub>7</sub> NO <sub>2</sub>	0,01
3-(2,2-dideuterobutyl)-thiophene-1-dioxide	C <sub>4</sub> H <sub>4</sub> S	0,03
Hexadecyl hexanoate	C <sub>22</sub> H <sub>44</sub> O <sub>2</sub>	0,03
Ethyl 5-formyl-3-(2-ethoxycarbonyl)	C <sub>6</sub> H <sub>9</sub> NO	0,05
2-P-Nitrophenyl-1,3,4-Oxadiazol	C <sub>10</sub> H <sub>9</sub> N <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0,04
4-(Trifluoromethyl)phenylacetone nitrile	C <sub>9</sub> H <sub>6</sub> F <sub>3</sub> N	0,06
Tetrasiloxane, decamethyl (CAS)	C <sub>10</sub> H <sub>30</sub> O <sub>3</sub> Si <sub>4</sub>	0,08

<b>Komposisi Senyawa</b>	<b>Kandungan (%)</b>
Metil Ester	90,06
Etil,Isobutil Ester	1,5
Oleic,Oneic Acid (ester)	5,04
Pengotor lain	0,79
<b>Total ester sampel</b>	<b>96,6</b>

Berikut ini hasil Kromatogram Kromatografi Gas Sampel Biodiesel pada Suhu Reaksi 60 °C selama 2 jam pada Suhu Kalsinasi Katalis 550 °C



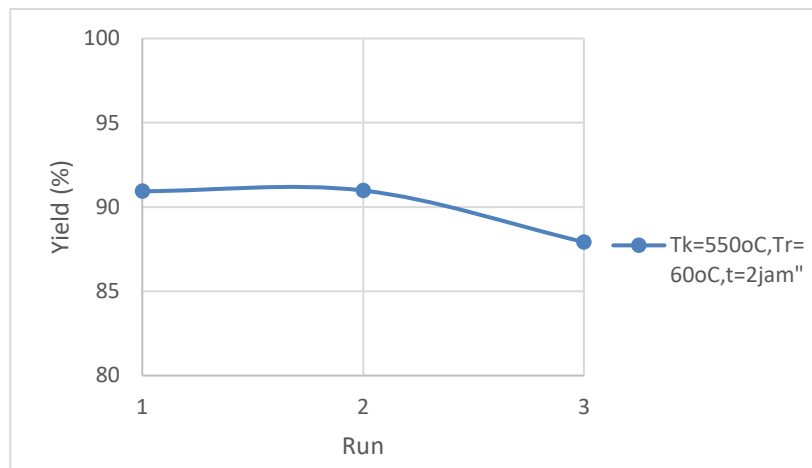
**Gambar 4.10** Kromatogram Kromatografi Gas Sampel Biodiesel pada Suhu Reaksi 60 °C selama 2 jam pada Suhu Kalsinasi Katalis 550 °C

Berdasarkan **Tabel 4.8** total ester yang terkandung dalam biodiesel sampel adalah sebesar 96,6%. Nilai dari total ester tidak terlalu jauh diatas standar SNI 7128:2015 yaitu kandungan ester dalam biodiesel minimum 96,5%. Pada penelitian sebelumnya (Damanik,Samsul B., 2017) ), ditemukan bahwa katalis kulit pisang kepok matang menghasilkan total ester sebesar 98,38%. Dengan demikian kandungan ester biodiesel yang diperoleh telah memenuhi SNI 7128:2015.

#### 4.6 Reusability Katalis

Pada penelitian ini dilakukan percobaan pembuatan biodiesel dengan penggunaan kembali katalis hasil penggunaan transesterifikasi sebelumnya untuk mengetahui kemampuan katalis apabila digunakan secara berulang-ulang. Uji reusability katalis kulit pisang kepok mentah dilakukan pada kondisi reaksi optimum. Kondisi reaksi optimum yang digunakan adalah pada suhu kalsinasi katalis 550°C, suhu reaksi 60°C dan waktu reaksi 2 jam. Pada uji ini

dilakukan 3 kali siklus penggunaan kembali katalis dengan perolehan yield seperti pada Gambar 4.11 sebagai berikut :



**Gambar 4.11** Reusability Katalis Kondisi Optimum pada Reaksi Transesterifikasi

Berdasarkan **Gambar 4.11** diperoleh hasil pada siklus run dari 1 ke 2 mengalami peningkatan nilai *yield* sedangkan siklus run 2 ke 3 mengalami penurunan nilai *yield* dikarenakan adanya kehilangan konsentrasi K (Kalium) yang signifikan. Penurunan kandungan K (Kalium) sangat mempengaruhi *yield* yang dihasilkan, karena K memiliki sifat kebasaan tinggi sehingga menjadi peranan penting dalam reaksi transesterifikasi. Setelah penggunaan katalis secara berulang, terjadinya aglomerasi gliserol dan beberapa ester yang terjadi pada permukaan katalis sehingga bagian aktif katalis terhalangi dan menyebabkan *yield* biodiesel menjadi rendah (Pathak *et al*, 2018), ini dapat dikarenakan aglomerasi partikel lain yang mengambil bagian dalam reaksi dengan katalis, yang menyebabkan penurunan ketersediaan situs aktif dan menurunkan hasil biodiesel setelah digunakan berulang kali. Ini menunjukkan bahwa hilangnya situs aktif katalis penggunaan kembali merupakan faktor yang mempengaruhi penurunan aktivitas katalis dan dapat juga disebabkan oleh penyimpanan katalis yang kurang baik atau tahap pencucian pada katalis padat selama recovery berlangsung (Jitjamnon *et al*, 2020).

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berikut ini kesimpulan yang bisa diperoleh dari penelitian yang telah dilaksanakan adalah :

1. Kulit buah pisang kepek matang memiliki potensi sebagai katalis biodiesel dengan memanfaatkan kandungan  $K_2O$  (kalium) yang terkandung didalamnya dengan melihat nilai *yield* biodiesel tertinggi. Kondisi terbaik yang didapatkan adalah pada suhu kalsinasi katalis  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$  dengan kandungan  $K_2O$  (kalium) sebesar 40,09 %.
2. Proses pretreatment pemurnian minyak jelantah dengan pemanasan mampu mengurangi kadar asam lemak bebas (ALB) dari 1,80 % menjadi 1,25 % yang menghasilkan penurunan persentase asam lemak bebas (ALB) dari minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) setelah *pretreatment* sebesar 30,56 %.
3. Hasil *yield* metil ester dengan pengaruh dari waktu reaksi dan suhu kalsinasi katalis, suhu reaksi dan waktu reaksi, serta suhu kalsinasi katalis dan suhu reaksi dengan nilai tertinggi yaitu sebesar 90,94 % dicapai pada kondisi operasi suhu  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  dengan konsentrasi katalis 1 %, rasio molar metanol : minyak jelantah/ WCO (*Waste Cooking Oil*) sebesar 6:1 selama 2 jam.
4. Dalam eksperimen produksi biodiesel ini, berhasil sesuai dengan standar biodiesel (SNI 7128:2015) dilihat dari hasil analisa dari biodiesel berupa GC-MS (kandungan total ester), densitas ( $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), viskositas kinematik ( $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), dan flash point diperoleh yaitu sebesar 96,6% total ester,  $860\text{ kg/m}^3$ ,  $2,57\text{ mm}^2/\text{s}$  (cSt), dan  $132\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
5. Reusability katalis kondisi optimum yang pada reaksi transesterifikasi yang dilakukan sebanyak 3 kali siklus, *yield* yang dihasilkan semakin menurun.

## 5.2 Saran

Berikut saran yang bisa diusulkan adalah :

1. Disarankan melakukan analisa karakteristik hasil proses kalsinasi dari variasi suhu kalsinasi seperti SEM-EDX, FT-IR dan XRD untuk mengetahui perbandingan dari tiap variasi suhu kalsinasi pada kandungan kalium yang dihasilkan dan untuk mendapatkan katalis terbaik yang akan digunakan dalam proses pembuatan biodiesel.
2. Sebaiknya dilakukan studi lebih lanjut mengenai pengaruh variasi suhu kalsinasi terhadap konsentrasi atau kadar kalium dari abu kulit pisang kepok dan  $K_2O$  murni untuk mengetahui perbandingan antara konsentrasi atau kadar kalium dari abu kulit pisang kepok dan  $K_2O$  murni pada variasi suhu yang sama.
3. Sebaiknya melakukan analisa tingkat kemurnian produk biodiesel untuk mengetahui dan memastikan tingkat kemurnian biodiesel yang diproduksi dari proses ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. Christian dan W. Setiadi. 2019. “ *Turunan Bahan Kimia dari Industri Petrokimia.*” Ponorogo : Myria Publishers.
- Abdullah, S. H. Y. S., Hanapi, N. H. M., Azid, A., Umar, R., Juahir, H., Khatoon, H., & Endut, A. 2017. A review of biomass-derived heterogeneous catalyst for a sustainable biodiesel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70 (September 2015), 1040–1051.
- Akintunde, A.M, Ajala, S.O, dan Betiku, E. 2015. *Optimization of Bauhiniamonandra seed oil extraction via artificial neural network and response surface methodology: a potential biofuel candidate.* Ind. Crops Prod. 67, 387–394.
- An H., W.M. Yang, dan J. Li. 2015. ”Numerical Modeling on a Diesel Engine Fueled by Biodiesel–Methanol Blends”. *Energy Conversion and Management.* Vol 93: 100–108.
- Asri W, dan Budiman, A. 2013. *Synthesis of Biodiesel from Second-Used Cooking Oil.* Phys Procedia 32 pp. 190–9.
- Aziz , Isalmi., Nurbayti, Siti., dan Suwandari, Juwita. 2013. *Production of glycerol by hydrolysis of used cooking oil.* Chem. Prog. Vol. 6, No.1
- Badan Standarisasi Nasional Indonesia. 2013. *Minyak Goreng.* Standar Nasional Indonesia 01-3741-2013.
- Baiq Safira,O.P.Z. 2021. Produksi Biodiesel Menggunakan Abu Pelepah Pisang sebagai Katalis Basa Heterogen dan Kosolven Aseton dengan Metode Sonikasi, *Skripsi*, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Balajii, M., & Niju, S. (2019). A novel biobased heterogeneous catalyst

derived from *Musa acuminata* peduncle for biodiesel production—  
Process optimization using central composite design. *Energy Conversion and Management*, 189, 118-131.

Betiku Eriola, Aramide Mistunda Akuntinde, Tunde Victor Ojumu, Banana peels as a biobase catalyst for fatty acid methyl esters production using Napoleon's plume (*Bauhinia monandra*) seed oil: A process parameters optimization study, *Energy*, 2016.

BPPT. 2020. *Pedoman Umum Penanganan dan Penyimpanan Biodiesel dan B30*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi : Jakarta.

Dahlia, N., Rahmalia, W., dan Usman, T. 2019. ADSORPSI ASAM LEMAK BEBAS PADA CRUDE PALM OIL MENGGUNAKAN ZEOLIT TERAKTIVASI  $K_2CO_3$ . *Indo. J. Pure App. Chem.* 2(3), pp.112-120, <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/IJoPAC>

Damanik, B. M. M., Bachtiar, E. H., Fauzi, Sarifuddin., dan Hamidah, H. 2017. Pengaruh Perbandingan Molar Metanol dengan Minyak dan Waktu Reaksi pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Menggunakan Katalis Heterogen Abu Kulit Pisang Kepok, *Skripsi*, Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.

Đặng, Tân-Hiệp, Chen, Bing-Hung, & Lee, Duu-Jong. (2017). Optimization of biodiesel production from transesterification of triolein using zeolite LTA catalysts synthesized from kaolin clay. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 79, 14-22. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2017.03.009>

Drelienkievics, D., Kalembe-Jaje, Z., Lalik, E., dan Kosydar, R. 2014. *Organo- Sulfonic Acids Doped Polyaniline-Based Solid Acid Catalysts for The Formation of Bio-esters in Trasesterification and Esterification Reactions*. *Fuel* 116: 760-771.

EBKE (2019), FAQ : Program Mandatori Biodiesel 30% (B30), <https://ebtke.esdm.go.id/post/2019/12/19/2434/faq.progr.am.mandatori.biodiesel.30.b30>

Erwin, Patibong, O., Pasaribu S. 2014. Pemanfaatan Abu Batang Pisang (*Musa Paradisiaca*) Dengan Variasi Berat Abu Sebagai Katalis Dalam Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah. *Skripsi*.



Universitas Mulawarman.

- F. U. M, Allah., dan Alexandru, G. (2016). *Waste cooking oil as source for renewable fuel in Romania*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 147(1):012133
- Fitriani. 2016. *Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah Melalui Transesterifikasi dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik*. Skripsi. Lampung : Universitas Lampung.
- G. Y. Chen, R. Shan, B. B. Yan, J. F. Shi, S. Y. Li, dan C. Y. Liu, Remarkably Enhancing the Biodiesel Yield from Palm Oil Upon Abalone Shell Derived CaO Catalysts Treated by Ethanol, *Elsevier. Fuel Processing Technology*, 143, (2016), 110-117
- Gnanaprakasam, A., Sivakumar, V.M., Surendhar, A., Thirumarimurugan, M., dan Kannadasan, T. 2013. Recent strategy of biodiesel production from waste cooking oil and process influencing parameters: a review. *Journal of Energy*.
- Gohain, M., Devi, A., & Deka, D. (2017). Musa balbisiana Colla peel as highly effective renewable heterogeneous base catalyst for biodiesel production. *Industrial Crops and Products*, 109(August), 8–18. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.08.006>
- Gohain, M., Laskar, K., Paul, A. K., Daimary, N., Maharana, M., Goswami, I. K., ... & Deka, D. (2020). Carica papaya stem: A source of versatile heterogeneous catalyst for biodiesel production and C–C bond formation. *Renewable Energy*, 147, 541-555.
- Hewett, E., Stem A dan Mrs. Wildfong. 2011. *Banana Peel Heavy Metal Water Filter*. <http://users.wpi.edu>. diakses 9 Desember 2015.
- Jakarta. Hal 102-103.
- Jannah, Raodatul. 2008. “*Reaksi Transesterifikasi Trigliserida Minyak*

*Jarak Pagardengan Metanol menggunakan Katalis Padatan Basa  $K_2CO_3/\gamma-Al_2O_3$* ". Departemen Kimia. FMIPA. Depok : Universitas Indonesia.

Jitjamnong, J., Thunyaratchatanon, C., Luengnaruemitchai, A., Kongrit, N., Kasetsoomboon, N., Sopajarn, A., Chuaykarn, N., & Khantikulanon, N. 2020. Response surface optimization of biodiesel synthesis over a novel biochar-based heterogeneous catalyst from cultivated (*Musa sapientum*) banana peels. *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00655-8>

*Kesuburan Tanah dan Pemupukan*. Medan. USU Press.

Khamish, D. Pandiangan dan Simanjuntak, W. 2013. *Sintesis Katalis Heterogen  $MgO-SiO_2$  Sekam Padi dengan Metode Sol Gel dan Aplikasinya pada Reaksi Transesterifikasi*. Seminar Nasional Sains & Teknologi V. Lembaga Penelitian Universitas Lampung 19-20 November 2013.

Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.

Konwar, L. J., Boro, J., & Deka, D. (2014). *Review on latest developments in biodiesel production using carbon-based catalysts*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 546–564.

Lien, Yi-shen, Li-shan Hsieh, and Jeffrey C S Wu. 2010. "Biodiesel Synthesis by Simultaneous Esterification and Transesterification Using Oleophilic Acid Catalyst." : 2118–21.

Mahfud, P. Pantjawarni, G.A. Wibawa dan R. Putra. 2012. *Pembuatan Biodiesel Secara Batch dengan Memanfaatkan Gelombang Mikro*. Surabaya: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh November. Vol. 1 No. 1, Hal 34.

Mahibin. 2015. *Pengaruh Waktu Adsorpsi Minyak Jelantah Menggunakan*

*Arang Aktif Tongkol Jagung Sebagai Bahan Pembuatan Biodiesel Berkatalis NaOH Terhadap Kualitas Biodiesel.* IKIP Mataram, Mataram. Hal. 8-9.

Maneerung, T., Kawi, S., Dai, Y., Wang, C.-H. 2016. *Sustainable biodiesel production via transesterification of waste cooking oil by using CaO catalysts prepared from chicken manure.* Energy Convers. Manag. 123, 487–497.

Martinez-guerra, Edith, and Veera Gnaneswar Gude. 2014. “*ECM Transesterification of Used Vegetable Oil Catalyzed by Barium Oxide* Transesterification of Used Vegetable Oil Catalyzed by Barium Oxide under Simultaneous Microwave and Ultrasound Irradiations.” ENERGY CONVERSION AND MANAGEMENT 88(October): 633–40.

Material Safety Data Sheet. 2016. “*Methanol*”. Terra Nitrogen Corporation. Maulana, Farid. 2011. Penggunaan Katalis NaOH dalam Proses Transesterifikasi Minyak Kemiri menjadi Biodiesel. Banda Aceh. *Jurnal Rekayasa dan Lingkungan* : Vol. 08, No. 2, hal 73-78.

Minakshi Gohain, Anuchaya Devi, dan Dhanapati Deka. 2017. *Musa balbisiana Colla peel as highly effective renewable heterogeneous base catalyst for biodiesel production.* Journal Industrial Crops & Products 109, 8–18.

Misbachudin., Lilis Yuliati dan Oyong Novareza. 2017. Pengaruh Persentasi Biodiesel Minyak Nyamplung–Solar Terhadap Karakteristik Pembakaran Droplet. *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol. 8, No.1.

Oko, Syarifuddin., Irmawati. S., dan Muh. Irwan. 2018. *The Utilization Of CaO Catalyst Impregnated With KOH In Biodiesel Production From Waste Cooking Oil.* Internasional Journal of Scientific and Technology Research. 11(7): 115-118 .

- Okorie DO, Eleazu CO, dan Nwosu P. 2015. *Nutrient and Heavy Metal Composition of Plantain (Musa paradisiaca) and Banana (Musa paradisiaca) Peels*. Journal of Nutrition & Food Sciences (5): 370.
- Pathak, G., Das, D., Rajkumari, K., & Rokhum, L. (2018). Exploiting waste: Towards a sustainable production of biodiesel using: *Musa acuminata* peel ash as a heterogeneous catalyst. Green Chemistry, 20(10), 2365–2373. <https://doi.org/10.1039/c8gc00071a>
- Pittman, J.K, Dean, A.P, dan Osundeko, O. 2011. The Potential of Sustainable AlgaBiofuel Production Using Wastewater Resources. Bioresource Technology 102 (1) pp. 17–25.
- Purification Technology 81 (2) pp. 21622.  
[doi.org/10.1016/j.seppur.2011.07.032](https://doi.org/10.1016/j.seppur.2011.07.032)
- R. Anr, A.A. Saleh, M.S. Islam, S. Hamdan, M.A. Maleque,. 2016. *Biodiesel Production from Crude Jatropha Oil using a Highly Active Heterogeneous Nanocatalyst by Optimizing Transesterification Reaction Parameters*, Energy and Fuels.
- Rizaty M., A. (2022) ."Produksi Biodiesel Indonesia 5,5 Juta Kiloliter hingga Juni 2022", <https://dataindonesia.id/bursa-keuangan/detail/produksi-biodiesel-indonesia-55-juta-kiloliter-hingga-juni-2022>.
- Sani J, Samir S, Rikoto II, Tambuwal AD, Sada A, Mairhanu SM dan Laden MM. 2017. Produksi dan Karakterisasi Heterogeneous Catalyst (CaO) dari Cangkang Keong untuk Produksi Biodiesel Menggunakan Pengolahan Limbah Minyak *Innov Ener Res*. 2017 Vol 6 (2): 162
- Saputra, Leo., Rakhmah, Noor., Pradita, Hapsari Tyas dan Sunardi. Produksi Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Cangkang Bekicot (*Achatina Fulica*) Sebagai Katalis Heterogen, *Prestasi*,

Vol. 1 No. 2, p. 118-125,2012

- Shahbaz, K., Mjalli, F.S., Hashim, M.A, dan Alnashef, I.M. 2011. *Eutectic Solvents for The Removal of Residual Palm Oil Based Biodiesel Catalyst*. Separation
- Sharma, M., Khan, A.A., Puri, S.K., Tuli, D.K., 2012. Wood ash as a potential heterogeneous catalyst for biodiesel synthesis. *Biomass Bioenergy* 41, 94–106.
- Shilvia, Agus, Haryanto, Triyono. 2014. Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. Vol.3, No.3.
- Siahaan, Setriani, Melvha Hutapea, Rosdanelli Hasibuan, Penentuan Kondisi Optimum Dan Waktu Karbonisasi Pada Pembuatan Arang Dari Sekam Padi, *Jurnal Teknik Kimia Usu* Vol 2 No.1, 2013.
- Solidum, J.N. 2011. *Characterization of Saba Peels*. *International Journal of Chemical and Environmental Engineering*, 2(3), 147-152.
- Suhartono, A., 2011. *Studi Pembuatan Roti dengan Substitusi Tepung Pisang Kepok (Musa paradisiaca formatypica)*. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Susetya, D. 2012. *Panduan Lengkap Membuat Pupuk Organik*. Penerbit Baru Press.
- Susvira, Dian, Rudi Hartono, dan R.A. Fauzantoro. 2022. *Synthesis of Biodiesel from Waste Cooking Oil Using Heterogeneous Catalyst (CaO) Based on Duck Eggshell with Transesterification Reaction*. *J. Kartika Kimia*, May 2022, 5, (1), 40-43. <http://jkk.unjani.ac.id/index.php/jkk>, P-ISSN: 2655-1322 E-ISSN: 2655-0938
- T.K. Lim. (2012). “*Musa acuminata* × *balbisiana* (ABB Group) ‘Saba’”. *Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants*”, Vol. 3, Fruits, Hal. 544-547. Springer Science+Business Media B.V.

- Tang, Zo Ee, Steven Lim, Yean-Ling Pang, Hwai-Chyuan Ong, Keat-Teong Lee. 2018. “*Synthesis of Biomass as Heterogeneous Catalyst for Application in Biodiesel Production: State of the Art and Fundamental Review.*” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 92 (May): 235–53.
- Trisakti, B., Haryuwibawa, D., Pratama, J. M., & Irvan, I. (2018, October). Effect of Temperature on the Combustion of Kepok Banana (*Musa Paradisiaca* Linn cv.'Saba') Peel as Potassium Source. In *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)* (Vol. 1, No. 1, pp. 060-066).
- Wahab, Abd. Wahid., Syamsir Dewang., Bidayatul Armynah., dan Kusdiyanty Ponganan. 2011. *Analisis Spektrum Infra Merah dari Minyak Goreng Kelapa Untuk Identifikasi Perubahan Panjang Gelombang Akibat Variasi Temperatur.* Makalah Seminar Nasional Unjani. Ujung Pandang: Universitas Hasanuddin.
- Zhu, Wei-Wei., Zhi-Min Zong., Hong-Lei Yan., Yun-Peng Zhao., Yao Lu., Xian Yong Wei., dan Dongke Zhang. 2014. “Cornstalk Liquefaction in Methanol/Water Mixed Solvents”. *Fuel Processing Technology*. Vol 117:1–7.
- Zuhal, J.Z.R. 2013. *Pengaruh Ekstrak Kacang Hijau sebagai Sumber Nitrogen pada Pembuatan Nata de Banana dari Kulit Pisang.* Jurusan Pendidikan
- Zullaikah, S., Lai, C., Vali, S.R, dan Ju, Y. 2005. *A Two-Step Acid-Catalyzed Process for The Production of Biodiesel from Rice Bran Oil.* *Bioresource Technology* 96 (17) pp. 1889-96.

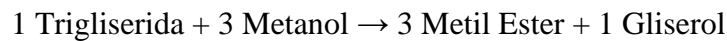
## LAMPIRAN

### A. PERHITUNGAN

#### 1. Perhitungan Jumlah Metanol

Contoh perhitungan jumlah metanol yang digunakan dalam setiap tahap dihitung sebagai berikut:

Perbandingan molar minyak jelantah dengan metanol	= 1:6
Volume minyak jelantah	= 100 mL
Densitas metanol ( $\rho$ metanol)	= 0,788 g/mL
Densitas minyak jelantah ( $\rho$ minyak jelantah)	= 0,9102 g/mL
Berat molekul minyak jelantah (BM minyak jelantah)	= 850,32 g/mol
Berat molekul metanol (BM metanol)	= 32 g/mol



- Menentukan mol minyak jelantah

$$\text{Massa minyak} = V \times \rho \text{ minyak jelantah}$$

$$\text{Massa minyak} = 100 \text{ mL} \times 0,9102 \text{ g/mL}$$

$$\text{Massa minyak} = 91,02 \text{ gram}$$

$$\text{Mol minyak} = (\text{massa minyak})/(\text{Berat Molekul minyak})$$

$$\text{Mol minyak} = (91,02 \text{ g})/(850,32 \text{ g/mol})$$

$$\text{Mol minyak} = 0,107 \text{ mol}$$

- Menentukan mol metanol

$$\text{Mol metanol} = (\text{koef metanol})/(\text{koef minyak}) \times \text{mol minyak}$$

$$\text{Mol metanol} = 3/1 \times 0,107 \text{ mol}$$

Mol metanol = 0,3211 mol

Perbandingan 6:1 = 0,3211 mol  $\times$  6 = 1,9266 mol

- Menentukan volume metanol

Massa metanol = mol metanol  $\times$  BM metanol

Massa metanol = 1,9266 mol  $\times$  32 g/mol

Massa metanol = 61,6512 gram

Volume metanol = (massa metanol)/( $\rho$  metanol)

Volume metanol = ( 61,6512 gram )/(0,788 g/mL)

Volume metanol = 78,2376 mL = 78 mL

## 2. Perhitungan Jumlah Katalis

Katalis abu kulit pisang kepok matang yang digunakan dalam reaksi transesterifikasi sebanyak 1% berat minyak. Contoh perhitungan kebutuhan katalis adalah sebagai berikut:

% katalis = 1% berat minyak jelantah

$\rho$  minyak jelantah = 0,9102 g/mL

Massa katalis =  $\rho$ minyak jelantah  $\times$   $V$ minyak yang digunakan  $\times$  % katalis (b/b)

Massa katalis = 0,9102 gr/mL  $\times$  100 mL  $\times$  1%

Massa katalis = 0,9102 gram (untuk 1% berat minyak)

Massa katalis = 0,9102 gram (berat katalis untuk 1 variasi)

Total untuk 27 variasi = 27  $\times$  0,9102 gram = 24,575 gram

## 3. Perhitungan Bilangan Asam Lemak Bebas (FFA)

Perhitungan asam lemak bebas minyak jelantah adalah sebagai berikut:

- ✓ Minyak Jelantah sebelum *Pretreatment*



$$\%FFA = (N_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}} \times \text{BM}_{\text{asam lemak}}) / (\text{massa sampel} \times 1000) \times 100\%$$

$$\%FFA = (0,25 \text{ N} \times 1,8 \text{ ml} \times 282 \text{ g/mol}) / (7,05 \text{ gram} \times 1000) \times 100\%$$

$$\%FFA = 1,8 \%$$

✓ Minyak Jelantah setelah *Pretreatment*

$$\%FFA = (N_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}} \times \text{BM}_{\text{asam lemak}}) / (\text{massa sampel} \times 1000) \times 100\%$$

$$\%FFA = (0,25 \text{ N} \times 1,25 \text{ ml} \times 282 \text{ g/mol}) / (7,05 \text{ gram} \times 1000) \times 100\%$$

$$\%FFA = 1,25 \%$$

✓ Penurunan Presentase ALB (*Asam Lemak Bebas*)

$$\% \text{ Penurunan ALB (Asam Lemak Bebas)} = ( \%FFA_{\text{sebelum pretreatment}} - \%FFA_{\text{setelah pretreatment}} ) / \%FFA_{\text{sebelum pretreatment}} \times 100$$

$$= ((1,8 - 1,25) \% / 1,8 \%) \times 100$$

$$= 30,56 \%$$

#### 4. Perhitungan Densitas

Contoh perhitungan densitas minyak jelantah dan biodiesel sebagai berikut:

Berat Piknometer kosong ( $m_{\text{piknokosong}}$ ) = 26,7 gram

Volume piknometer ( $V_{\text{piknometer}}$ ) = 50 ml

✓ Densitas Minyak Jelantah sebelum *Pretreatment*

Pada kondisi suhu ruang (26 °C)

Berat piknometer kosong + minyak jelantah = 73,12 gram

Berat Minyak = Berat<sub>piknometer kosong + minyak jelantah</sub> - Berat<sub>piknometer kosong</sub>

$$= 46,42 \text{ gram}$$

Densitas minyak jelantah = (massa minyak jelantah) / (Volume piknometer)

Densitas minyak jelantah = (46,42 gram) / 50 ml

Densitas minyak jelantah (26 °C) = 0,9284 gr/ml = 928,4 kg/m<sup>3</sup>

Pada kondisi direndam air (40 °C)

Berat piknometer kosong + minyak jelantah = 68,42 gram

Berat Minyak = Berat<sub>piknometer kosong + minyak jelantah</sub> - Berat<sub>piknometer kosong</sub>  
= 41,72 gram

Densitas minyak jelantah = (massa minyak jelantah)/(Volume piknometer)

Densitas minyak jelantah = (41,72 gram)/50 ml

Densitas minyak jelantah (40 °C) = 0,8344 gr/ml = 834,4 kg/m<sup>3</sup>

✓ Densitas Minyak Jelantah setelah *Pretreatment*

Pada kondisi suhu ruang (26 °C)

Berat piknometer kosong + minyak jelantah = 72,21 gram

Berat Minyak = Berat<sub>piknometer kosong + minyak jelantah</sub> - Berat<sub>piknometer kosong</sub>  
= 45,51 gram

Densitas minyak jelantah = (massa minyak jelantah)/(Volume piknometer)

Densitas minyak jelantah = (45,51 gram)/50 ml

Densitas minyak jelantah (26 °C) = 0,9102 gr/ml = 910,2 kg/m<sup>3</sup>

Pada kondisi suhu ruang (40 °C)

Berat piknometer kosong + minyak jelantah = 65,98 gram

Berat Minyak = Berat<sub>piknometer kosong + minyak jelantah</sub> - Berat<sub>piknometer kosong</sub>  
= 39,28 gram

Densitas minyak jelantah = (massa minyak jelantah)/(Volume piknometer)

Densitas minyak jelantah = (39,28 gram)/50 ml

Densitas minyak jelantah (40 °C) = 0,7856 gr/ml = 785,6 kg/m<sup>3</sup>

✓ Densitas Biodiesel

Berat piknometer kosong + biodiesel = 69,7 gram

$$\begin{aligned} \text{Berat Minyak} &= \text{Berat}_{\text{piknometer kosong + minyak jelantah}} - \text{Berat}_{\text{piknometer kosong}} \\ &= 43 \text{ gram} \end{aligned}$$

Densitas biodiesel = (massa biodiesel)/(Volume piknometer)

$$\text{Densitas biodiesel} = (43 \text{ gram}) / 50 \text{ ml}$$

$$\text{Densitas biodiesel} = 0,86 \text{ gr/ml} = 860 \text{ kg/m}^3$$

6. Perhitungan Viskositas Kinematik

Menggunakan *viscometer otswaldz*

Contoh perhitungan viskositas minyak jelantah dan biodiesel sebagai berikut:

$$\text{Viskositas sampel} = k \times \text{sg} \times t$$

Keterangan : k = konstanta viskosimeter (kg/m.s<sup>2</sup>)

$$t = \text{waktu alir (s)}$$

$$\text{Sg} = (\text{densitas sampel})/(\text{densitas air})$$

▪ Kalibrasi Air :

$$\rho_{\text{air}} (40 \text{ }^\circ\text{C}) = 992,2 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Viskositas air (40 }^\circ\text{C)} = 0,656 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}$$

$$\begin{aligned} \text{Sg}_{\text{air}} &= (\text{densitas air } 40 \text{ }^\circ\text{C})/(\text{densitas air } 4 \text{ }^\circ\text{C}) \\ &= 1 \text{ gr/ml} / 1 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Sg}_{\text{air}} = 1$$

$$t_{\text{air}} = 180 \text{ sekon}$$

$$\text{Viskositas air} = k \times \text{sg} \times t_{\text{air}}$$

$$0,656 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s} = k \times 1 \times 180 \text{ sekon}$$

Suhu °C	Rapat massa ρ (kg/m <sup>3</sup> )	Viskositas Dinamik μ (Nd/m <sup>2</sup> )
0,0	999,9	1,792×10 <sup>-3</sup>
5,0	1000	1,519
10,0	999,7	1,308
20,0	998,2	1,005
30,0	995,7	0,801
40,0	992,2	0,656
50,0	988,1	0,549
60,0	983,2	0,469
70,0	977,8	0,406
80,0	971,8	0,357
90,0	965,3	0,317
100,0	958,4	0,284×10 <sup>-3</sup>

$$k = 0,656 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s} / 180 \text{ s}$$

$$k = 3,64 \times 10^{-6} \text{ kg/m.s}^2$$

▪ Viskositas Minyak Jelantah

✓ sebelum *Pretreatment*

$$t_{\text{minyak jelantah}} = 12010 \text{ sekon}$$

$$\rho_{\text{minyak jelantah}} (40 \text{ }^\circ\text{C}) = 834,4 \text{ kg/m}^3$$

$$Sg_{\text{minyak jelantah}} = (\text{densitas sampel } 40 \text{ }^\circ\text{C}) / (\text{densitas air } 40 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$= (834,4 \text{ kg/m}^3) / (992,2 \text{ kg/m}^3)$$

$$= 0,84$$

$$\text{Viskositas dinamik} = k \times sg \times t_{\text{biodiesel}}$$

$$\text{Minyak Jelantah} = 3,64 \times 10^{-6} \text{ kg/m.s}^2 \times 0,84 \times 12010 \text{ s}$$

$$\text{sebelum } \textit{Pretreatment} = 0,0368 \text{ kg/m.s}$$

$$\text{Viskositas kinematik minyak jelantah} = 0,0368 \text{ kg/m.s} / 834,4 \text{ kg/m}^3$$

$$(40 \text{ }^\circ\text{C}) = 39,65 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 39,65 \text{ mm}^2/\text{s} \text{ (cSt)}$$

✓ setelah *Pretreatment*

$$t_{\text{minyak jelantah}} = 12000 \text{ sekon}$$

$$\rho_{\text{minyak jelantah}} (40 \text{ }^\circ\text{C}) = 785,6 \text{ kg/m}^3$$

$$Sg_{\text{minyak jelantah}} = (\text{densitas sampel } 40 \text{ }^\circ\text{C}) / (\text{densitas air } 40 \text{ }^\circ\text{C})$$

$$= (785,6 \text{ kg/m}^3) / (992,2 \text{ kg/m}^3)$$

$$= 0,79$$

$$\text{Viskositas dinamik} = k \times sg \times t_{\text{biodiesel}}$$

$$\text{Minyak Jelantah} = 3,64 \times 10^{-6} \text{ kg/m.s}^2 \times 0,79 \times 12000 \text{ s}$$

$$\text{setelah } \textit{Pretreatment} = 0,0346 \text{ kg/m.s}$$

Viskositas kinematik minyak jelantah =  $0,0346 \text{ kg/m.s} / 785,6 \text{ kg/m}^3$

$$(40 \text{ }^\circ\text{C}) = 38,04 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 38,04 \text{ mm}^2/\text{s} \text{ (cSt)}$$

▪ Viskositas Biodiesel

$t_{\text{biodiesel}} = 700 \text{ sekon}$

$\rho_{\text{biodiesel}} (40 \text{ }^\circ\text{C}) = 860 \text{ kg/m}^3$

$Sg_{\text{biodiesel}} = (\text{densitas sampel } 40 \text{ }^\circ\text{C})/(\text{densitas air } 40 \text{ }^\circ\text{C})$

$$= (860 \text{ kg/m}^3)/(992,2 \text{ kg/m}^3)$$

$$= 0,87$$

Viskositas dinamik biodiesel =  $k \times sg \times t_{\text{biodiesel}}$

$$= 3,64 \times 10^{-6} \text{ kg/m.s}^2 \times 0,87 \times 700 \text{ s}$$

$$= 0,0022 \text{ kg/m.s}$$

Viskositas kinematik biodiesel =  $0,0022 \text{ kg/m.s} / 860 \text{ kg/m}^3$

$$(40 \text{ }^\circ\text{C}) = 2,57 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 2,57 \text{ mm}^2/\text{s} \text{ (cSt)}$$

## 6. Perhitungan Yield Biodiesel

Contoh perhitungan yield biodiesel sebagai berikut:

Massa Minyak Jelantah = 91,02 gram

Yield Biodiesel =  $(\text{massa biodiesel})/(\text{massa minyak}) \times 100 \%$

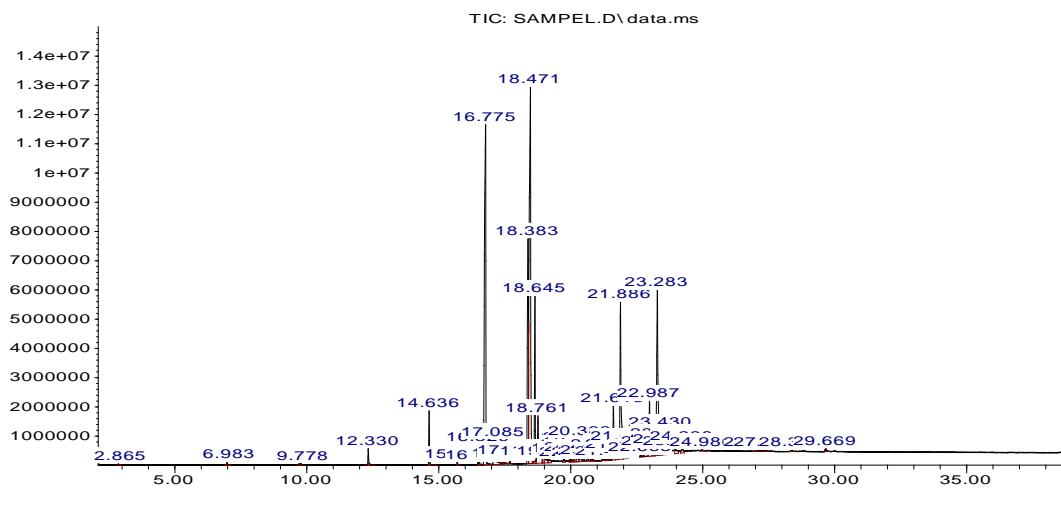
Yield Biodiesel =  $82,77 \text{ gram} / 91,02 \text{ gram} \times 100 \%$

Yield Biodiesel = 90,93 %

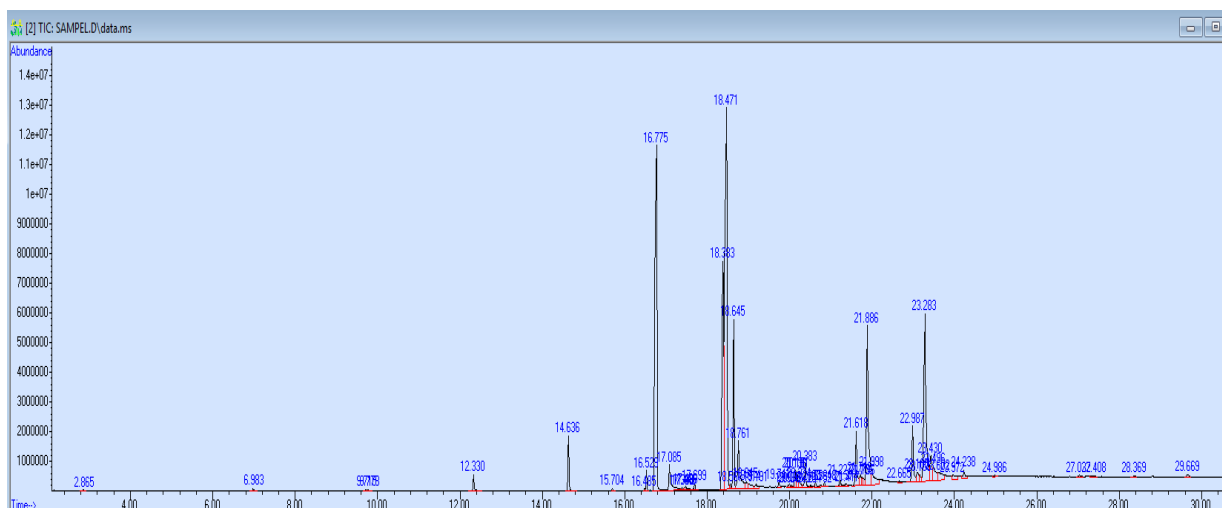
## B. HASIL ANALISA

- GC-MS

Abundance



Time-->



### Library Search Report

Data Path : D:\MAHASISWA\UMI HANIFAH UNTIRTA\  
Data File : SAMPEL.D  
Acq On : 01 Nov 2022 15:06  
Operator : UMI HANIFAH  
Sample : SAMPEL BIODIESEL  
Misc : S1 UNIV SULTAN AGENG TIRTAYASA  
ALS Vial : 2 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: D:\MassHunter\...ry\WILLEY09TH.L Minimum Quality: 0  
Unknown Spectrum: Apex  
Integration Events: ChemStation Integrator - events.e

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
-----	----	-------	------------	------	------	------

1	2.865	0.03	D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L Hexanal (CAS) \$\$ n-Hexanal \$\$ Hexa	10655	000066-25-1	64
---	-------	------	--	-------	-------------	----

ldehyde \$\$ Caproaldehyde \$\$ Capron  
 aldehyde  
 Hexanal (CAS) \$\$ n-Hexanal \$\$ Hexa 10650 000066-25-1 64  
 ldehyde \$\$ Caproaldehyde \$\$ Capron  
 aldehyde  
 Hexanal \$\$ n-Caproaldehyde \$\$ n-He 10658 000066-25-1 59  
 xanal \$\$ Caproaldehyde \$\$ Caproic  
 aldehyde

2 6.983 0.07 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
 Octanoic acid, methyl ester \$\$ Cap 82929 000111-11-5 96  
 rylic acid methyl ester \$\$ Methyl  
 caprylate  
 Octanoic acid, methyl ester (CAS) 82931 000111-11-5 95  
 \$\$ Methyl octanoate \$\$ Methyl capr  
 ylate  
 Octanoic acid, methyl ester (CAS) 82927 000111-11-5 95  
 \$\$ Methyl octanoate \$\$ Methyl capr  
 ylate

3 9.715 0.04 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
 2,4-Decadienal, (E,E)- \$\$ (E,E)-2, 70574 025152-84-5 97  
 4-Decadienal \$\$ trans-2, trans-4-D  
 eadienal  
 2,4-Decadienal, (E,E)- (CAS) \$\$ tr 70578 025152-84-5 95  
 ans,trans-2,4-Decadienal \$\$ 2,4-De  
 cadien-1-al  
 2,4-Decadienal, (E,E)- (CAS) \$\$ tr 70575 025152-84-5 94  
 ans,trans-2,4-Decadienal \$\$ 2,4-De  
 cadien-1-al

4 9.778 0.15 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
 Decanoic acid, methyl ester \$\$ Cap 145188 000110-42-9 98  
 ric acid methyl ester \$\$ Metholene  
 2095  
 Decanoic acid, methyl ester \$\$ Cap 145189 000110-42-9 95  
 ric acid methyl ester \$\$ Metholene  
 2095  
 Decanoic acid, methyl ester (CAS) 145196 000110-42-9 94  
 \$\$ Methyl caprate \$\$ Methyl decano  
 ate

5 12.330 0.96 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
 Dodecanoic acid, methyl ester (CAS 218656 000111-82-0 98  
 ) \$\$ Methyl laurate \$\$ Methyl dode  
 canoate  
 Dodecanoic acid, methyl ester (CAS 218640 000111-82-0 97  
 ) \$\$ Methyl laurate \$\$ Methyl dode  
 canoate  
 Dodecanoic acid, methyl ester (CAS 218636 000111-82-0 96  
 ) \$\$ Methyl laurate \$\$ Methyl dode  
 canoate

6 14.636 2.51 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
 Tetradecanoic acid, methyl ester ( 298327 000124-10-7 98  
 CAS) \$\$ Methyl myristate \$\$ Unipha  
 t A50  
 Tetradecanoic acid, methyl ester ( 298306 000124-10-7 97

CAS) \$\$ Methyl myristate \$\$ Uniph  
t A50  
Tetradecanoic acid, methyl ester ( 298318 000124-10-7 97  
CAS) \$\$ Methyl myristate \$\$ Uniph  
t A50

7 15.704 0.67 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
Methyl 13-methyltetradecanoate 337844 999337-84-4 99  
Pentadecanoic acid, methyl ester \$ 337746 007132-64-1 99  
\$ Methyl n-pentadecanoate  
Pentadecanoic acid, methyl ester ( 337751 007132-64-1 98  
CAS) \$\$ Methyl pentadecanoate

8 16.485 1.15 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
9-Hexadecenoic acid, methyl ester, 371355 001120-25-8 99  
(Z)- (CAS) \$\$ Methyl palmitoleate  
9-Hexadecenoic acid, methyl ester, 371346 001120-25-8 99  
(Z)- \$\$ Methyl palmitoleate  
9-Hexadecenoic acid, methyl ester, 371351 001120-25-8 99  
(Z)- (CAS) \$\$ Methyl palmitoleate

9 16.529 1.49 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
Methyl hexadec-9-enoate 371471 010030-74-7 99  
9-Hexadecenoic acid, methyl ester, 371342 001120-25-8 99  
(Z)- (CAS) \$\$ Methyl palmitoleate  
9-Hexadecenoic acid, methyl ester, 371351 001120-25-8 99  
(Z)- (CAS) \$\$ Methyl palmitoleate

10 16.775 26.24 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
Hexadecanoic acid, methyl ester (C 377200 000112-39-0 99  
AS) \$\$ Methyl palmitate \$\$ Uniphat  
A60  
Hexadecanoic acid, methyl ester (C 377194 000112-39-0 99  
AS) \$\$ Methyl palmitate \$\$ Uniphat  
A60  
Hexadecanoic acid, methyl ester \$\$ 377170 000112-39-0 99  
Palmitic acid, methyl ester \$\$ Un  
iphat A60

11 17.085 1.13 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
n-Hexadecanoic acid \$\$ Hexadecanoi 337724 000057-10-3 99  
c acid \$\$ n-Hexadecoic acid \$\$ Pal  
mitic acid  
Hexadecanoic acid (CAS) \$\$ Palmiti 337729 000057-10-3 99  
c acid \$\$ Palmitinic acid \$\$ Prifr  
ac 2960  
Hexadecanoic acid (CAS) \$\$ Palmiti 337728 000057-10-3 99  
c acid \$\$ Palmitinic acid \$\$ Prifr  
ac 2960

12 17.389 0.08 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
Hexadecanoic acid (CAS) \$\$ Palmiti 337720 000057-10-3 89  
c acid \$\$ Palmitinic acid \$\$ Prifr  
ac 2960  
Octadecanoic acid (CAS) \$\$ Stearic 415832 000057-11-4 86  
acid \$\$ n-Octadecanoic acid \$\$ Va  
nicol  
Octadecanoic acid (CAS) \$\$ Stearic 415828 000057-11-4 60



acid \$\$ n-Octadecanoic acid \$\$ Vanicolic acid

13 17.445 0.08 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
Hexadecanoic acid (CAS) \$\$ Palmitic acid 337720 000057-10-3 89  
c acid \$\$ Palmitic acid \$\$ Prifrac 2960  
Hexadecanoic acid (CAS) \$\$ Palmitic acid 337729 000057-10-3 83  
c acid \$\$ Palmitic acid \$\$ Prifrac 2960  
cis-Vaccenic acid 410259 000506-17-2 50

14 17.488 0.17 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
cis-10-Heptadecenoic acid, methyl ester 410261 999410-26-1 99  
CIS-10-HEPTADECENOIC ACID ME 410223 999410-22-3 91  
9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester (CAS) \$\$ Methyl oleate 447935 000112-62-9 90

15 17.699 0.49 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
Heptadecanoic acid, methyl ester (CAS) \$\$ Methyl heptadecanoate 415858 001731-92-6 98  
Heptadecanoic acid, methyl ester (CAS) \$\$ Methyl heptadecanoate 415850 001731-92-6 97  
Hexadecanoic acid, 15-methyl-, methyl ester \$\$ Methyl isoheptadecanoate 415885 006929-04-0 97

16 18.383 9.60 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester (CAS) \$\$ Methyl linoleate 442621 000112-63-0 99  
9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester 442673 002462-85-3 99  
9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester (CAS) \$\$ Methyl linoleate 442618 000112-63-0 99

17 18.471 33.33 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)- \$\$ Elaidic acid, methyl ester 447972 001937-62-8 99  
9-Octadecenoic acid (Z)-, methyl ester (CAS) \$\$ Methyl oleate 447957 000112-62-9 99  
9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)- (CAS) \$\$ Methyl elaidate \$\$ FAME 18:1 447978 001937-62-8 99

18 18.561 0.38 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
11-Octadecenoic acid, methyl ester \$\$ Methyl 11-octadecenoate 447993 052380-33-3 96  
10-Octadecenoic acid, methyl ester (CAS) \$\$ METHYL OCTADEC-10-ENOATE 447987 013481-95-3 95  
10-Octadecenoic acid, methyl ester (CAS) \$\$ METHYL OCTADEC-10-ENOATE 447985 013481-95-3 95

19 18.645 6.88 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
Octadecanoic acid, methyl ester \$\$ Stearic acid, methyl ester \$\$ Kem 453387 000112-61-8 99

ester 9718  
 Octadecanoic acid, methyl ester (C 453396 000112-61-8 99  
 AS) \$\$ Methyl stearate \$\$ Kemester  
 9718  
 Octadecanoic acid, methyl ester (C 453374 000112-61-8 98  
 AS) \$\$ Methyl stearate \$\$ Kemester  
 9718

20 18.761 1.80 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
 9-OCTADECENOIC ACID \$\$ ELAIDINSAEU 410099 999410-09-9 99  
 RE  
 OCTADEC-9-ENOIC ACID \$\$ 9-OCTADECE 410104 999410-10-4 99  
 NOIC ACID  
 9-Octadecenoic acid, (E)- \$\$ trans 410193 000112-79-8 99  
 -.delta.(sup 9)-Octadecenoic acid

21 18.945 0.04 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
 Thiosulfuric acid (H2S2O3), S-(2-a 80762 002937-53-3 96  
 minoethyl) ester \$\$ Cysteamine, S-  
 sulfo-  
 9-Octadecenoic acid (Z)- (CAS) \$\$ 410112 000112-80-1 95  
 Oleic acid \$\$ Red oil \$\$ Oelsauere  
 OCTADEC-9-ENOIC ACID \$\$ 9-OCTADECE 410107 999410-10-7 95  
 NOIC ACID

22 19.014 0.56 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
 9-Octadecenoic acid (Z)- (CAS) \$\$ 410108 000112-80-1 99  
 Oleic acid \$\$ Red oil \$\$ Oelsauere  
 9-Octadecenoic acid (Z)- (CAS) \$\$ 410102 000112-80-1 99  
 Oleic acid \$\$ Red oil \$\$ Oelsauere  
 6-Octadecenoic acid 410222 999410-22-2 99

23 19.191 0.63 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
 Methyl 9-cis,11-trans-octadecadien 442583 999442-58-3 95  
 oate  
 9,17-Octadecadienal, (Z)- \$\$ (9Z)- 360379 056554-35-9 94  
 9,17-Octadecadienal #  
 9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, 442635 000112-63-0 93  
 methyl ester (CAS) \$\$ Methyl linol  
 eate

24 19.741 0.05 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
 2-(METHYL-D3)-CYCLONONANONE \$\$ Cyc 76587 032454-54-9 55  
 lononanone, 2-methyl-d3- (CAS)  
 1-Heptadecene (CAS) \$\$ Hexahydroap 287872 006765-39-5 43  
 lotaxene \$\$ 1 - heptadecene  
 cis-Vaccenic acid 410259 000506-17-2 41

25 19.963 0.17 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
 10,13-Octadecadienoic acid, methyl 442595 056554-62-2 90  
 ester (CAS)  
 Dibutylphosphoramidate 203924 999203-92-4 55  
 Cyclopropaneoctanal, 2-octyl- \$\$ 8 404888 056196-06-6 53  
 -(2-Octylcyclopropyl)octanal #

26 20.003 0.03 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
 Cyclopentadecanone, 2-hydroxy- \$\$ 292764 004727-18-8 89  
 2-Hydroxycyclopentadecanone #

9-Octadecenoic acid (Z)- (CAS) \$\$ 410112 000112-80-1 60  
 Oleic acid \$\$ Red oil \$\$ Oelsauere  
 cis-10-Heptadecenoic acid, methyl 410261 999410-26-1 59  
 ester

27 20.046 0.04 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
 Fumaric acid, tetradec-3-enyl unde 726090 999726-09-0 38  
 cyl ester  
 cis-11-Eicosenoic acid, methyl est 518835 999518-83-5 38  
 er  
 7-Isopropyl-4a-methyloctahydro-2(1 203116 054594-42-2 30  
 H)-naphthalenone #

28 20.136 0.05 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
 2-(METHYL-D3)-CYCLONONANONE \$\$ Cyc 76587 032454-54-9 38  
 lononanone, 2-methyl-d3- (CAS)  
 Palmitoyl chloride \$\$ Hexadecanoyl 387805 000112-67-4 38  
 -chloride- \$\$ Palmitic acid chlori  
 de  
 Palmitoyl chloride \$\$ Hexadecanoyl 387803 000112-67-4 38  
 -chloride- \$\$ Palmitic acid chlori  
 de

29 20.181 0.79 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
 cis-11-Eicosenoic acid, methyl est 518835 999518-83-5 99  
 er  
 methyl ester of cis-.DELTA.(11)-C( 518838 003946-08-5 94  
 20:1) acid \$\$ CIS-11-EICOSENOIC AC  
 IDME  
 cis-13-Eicosenoic acid, methyl est 518901 999518-90-1 93  
 er

30 20.234 0.06 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
 4-(Trifluoromethyl)phenylacetone 142256 002338-75-2 35  
 nitrile \$\$ p-Trifluoromethylphenylacet  
 onitrile  
 Adipic acid, nonyl trans-2-methylc 609715 999609-71-5 27  
 yclohexyl ester  
 cis 2-methyl 1-phenyl 1-cyclopenta 143016 039522-58-2 27  
 necarbonitrile

31 20.383 1.86 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
 Eicosanoic acid, methyl ester (CAS 523614 001120-28-1 99  
 ) \$\$ Arachidic acid methyl ester  
 Eicosanoic acid, methyl ester \$\$ M 523616 001120-28-1 99  
 ethyl arachisate \$\$ Methyl eicosan  
 oate  
 Eicosanoic acid, methyl ester (CAS 523618 001120-28-1 99  
 ) \$\$ Arachidic acid methyl ester

32 20.511 0.01 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
 1H-Indole, 2-methyl-3-phenyl- (CAS 199687 004757-69-1 43  
 ) \$\$ 3 PHENYL-2-METHYLINDOLE  
 2-Myristinoyl-glycinamide 403683 999403-68-3 27  
 1,1,1,3,5,5,5-Heptamethyltrisiloxa 238341 001873-88-7 25  
 ne \$\$ Bis(trimethylsiloxy)methylsi  
 lane

33 20.633 0.19 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
Octadec-9-enoic acid 410106 999410-10-6 42  
OCTADEC-9-ENOIC ACID \$\$ 9-OCTADECE 410107 999410-10-7 42  
NOIC ACID  
9-Methyl-Z-10-tetradecen-1-ol acet 371406 999371-40-6 38  
ate

34 20.752 0.03 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
Pyridine-3-carboxamide, oxime, N-( 405484 288246-53-7 59  
2-trifluoromethylphenyl)-  
3-Quinolinecarboxylic acid, 6,7-di 327604 999327-60-4 55  
fluoro-1,4-dihydro-4-oxo-, ethyles  
ter  
1,2-Benzisothiazol-3-amine tbdms 358158 999358-15-8 38

35 20.848 0.01 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
1H-Indole, 2-methyl-3-phenyl- (CAS 199687 004757-69-1 49  
) \$\$ 3 PHENYL-2-METHYLINDOLE  
cis-11-Eicosenoic acid 484531 005561-99-9 47  
1,2,5-Oxadiazol-3-amine, 4-(3-meth 198339 999198-33-9 30  
oxyphenoxy)-

36 21.227 0.33 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
Bicyclo[4.3.1]decan-10-one 71209 020440-21-5 83  
Oleic acid, 3-hydroxypropyl ester 555014 000821-17-0 70  
\$\$ 3-Hydroxypropyl (9E)-9-octadece  
noate #  
9-Octadecenoic acid (Z)-, 2-hydrox 587486 003443-84-3 70  
y-1-(hydroxymethyl)ethyl ester \$\$  
2-Monoolein

37 21.374 0.01 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
Methyl 2-octylcyclopropene-1-octan 479341 003220-60-8 44  
oate  
Methyl 9,10-methylene-octadec-9-en 479340 999479-34-0 43  
oate  
Benzo[h]quinoline, 2,4-dimethyl- \$ 199727 000605-67-4 38  
\$ 2,4-Dimethylbenzo[h]quinoline #

38 21.417 0.01 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
2-Methyl-5H-dibenz[b,f]azepine 199741 999199-74-1 43  
1,2-Bis(trimethylsilyl)benzene \$\$ 240171 017151-09-6 42  
Trimethyl[2-(trimethylsilyl)phenyl  
]silane #  
1,1,1,3,5,5,5-Heptamethyltrisiloxa 238341 001873-88-7 38  
ne \$\$ Bis(trimethylsiloxy)methylsi  
lane

39 21.618 0.07 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
Ether, isopropyl 2-benzyl-2-propen 154812 999154-81-2 47  
yl  
1-Naphthalenol, 1,2,3,4-tetrahydro 154279 021503-12-8 43  
-, acetate \$\$ 1-Acetoxytetralin  
4-Phosphorinanone, 1-methyl- (CAS) 36262 016327-48-3 38  
\$\$ 1-Methyl-4-phosphorinanone

40 21.718 0.48 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
2-Butoxy-4-methyl-[1,3,2]dioxabori 112059 003208-68-2 30

nane  
Adipic acid, 2-ethylhexyl isobutyl 494032 999494-03-2 25  
ester  
2H-Azepine-2-thione, hexahydro- (C 35231 007203-96-5 25  
AS) \$\$ Thiocaprolactam

41 21.756 0.06 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
2-Naphthalene-sulfonic acid 200544 999200-54-4 53  
2,4-DIPHENYL GLUTARONITRILE 309450 999309-45-0 27  
1,3-Dihydrobenzo(c)thiophene-1-pen 330194 072938-79-5 27  
tanol 2,2dioxide

42 21.796 0.01 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
2-Methyl-5H-dibenz[b,f]azepine 199741 999199-74-1 53  
1,3-Dihydrobenzo(c)thiophene-1-pen 330194 072938-79-5 22  
tanol 2,2dioxide  
2-isopropylthio-N-allylaniline \$\$ 199393 102968-92-3 22  
N-Allyl-2-isopropylthioaniline

43 21.886 0.01 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
2-Amino-3-(.alpha.-furyl)-1,4-naph 289084 999289-08-4 59  
thoquinone  
3-Pyridinemethanamine, N-[[4-(dime 289462 999289-46-2 38  
thylamino)phenyl]methylidene]-  
Palmitoyl chloride \$\$ Hexadecanoyl 387803 000112-67-4 35  
-chloride- \$\$ Palmitic acid chlori  
de

44 21.998 1.36 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
Docosanoic acid, methyl ester (CAS 584204 000929-77-1 91  
) \$\$ Methyl behenate \$\$ Methyl doc  
osanoate  
Docosanoic acid, methyl ester \$\$ B 584197 000929-77-1 78  
ehenic acid, methyl ester \$\$ Methy  
l behenate  
Docosanoic acid, methyl ester (CAS 584202 000929-77-1 68  
) \$\$ Methyl behenate \$\$ Methyl doc  
osanoate

45 22.665 0.1 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
2-Methyl-5H-dibenz[b,f]azepine 199741 999199-74-1 50  
Cyclotrisiloxane, hexamethyl- \$\$ D 238255 000541-05-9 38  
imethylsiloxane cyclic trimer  
Cyclotrisiloxane, hexamethyl- (CAS 238257 000541-05-9 38  
) \$\$ 1,1,3,3,5,5-HEXAMETHYL-CYCLOH  
EXASILOXANE

46 22.987 0.03 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
3-(2,2-dideuterobutyl)-thiophene-1 111634 999111-63-4 59  
,1-dioxide  
N-Methyl-2,5-dicyanopyrrole 37968 999037-96-8 53  
Pyrano[2,3-b]indole, 2,3,4,4a,9,9a 151866 056298-84-1 47  
-hexahydro-3-methyl- (CAS)

47 23.105 0.03 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
Hexadecyl hexanoate 555284 999555-28-4 25  
1,1,1,3,5,5,5-Heptamethyltrisiloxa 238341 001873-88-7 25  
ne \$\$ Bis(trimethylsiloxy)methylsi

lane  
1,2-Benzisothiazol-3-amine tbdms 358158 999358-15-8 25

48 23.155 0.01 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
2-Methyl-5H-dibenz[b,f]azepine 199741 999199-74-1 50  
2-Naphthalene-sulfonic acid 200544 999200-54-4 50  
3,5-Dimethyl-2,6-bis(trimethylsiloxy)pyridine 411321 999411-32-1 38

49 23.283 0.87 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
Oleic acid, 3-hydroxypropyl ester 555014 000821-17-0 90  
\$\$ 3-Hydroxypropyl (9E)-9-octadecenoate #  
9-Octadecenoic acid (Z)-, 2-hydroxyethyl ester \$\$ Cithrol A 523343 004500-01-0 89  
9-Octadecenoic acid (Z)-, 2,3-dihydroxypropyl ester \$\$ Olein, 1-mono 587482 000111-03-5 87

50 23.430 1.02 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
Octadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester \$\$ Stearin, 2-mono- 591363 000621-61-4 46  
6-Octadecenoic acid, (Z)- \$\$ (6Z)- 410221 000593-39-5 44  
6-Octadecenoic acid #  
Palmitoyl chloride \$\$ Hexadecanoyl chloride- \$\$ Palmitic acid chloride 387804 000112-67-4 43

51 23.496 1.16 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
Tetracosanoic acid, methyl ester \$ 633616 002442-49-1 91  
\$ Methyl lignocerate \$\$ Methyl tetracosanoate  
6-Octadecenoic acid, (Z)- \$\$ (6Z)- 410221 000593-39-5 55  
6-Octadecenoic acid #  
Tetracosanoic acid, methyl ester (CAS) \$\$ Methyl lignocerate \$\$ FAME 633621 002442-49-1 53  
24:0

52 23.602 0.01 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
2-Methyl-5H-dibenz[b,f]azepine 199741 999199-74-1 43  
1,2-Benzisothiazol-3-amine tbdms 358158 999358-15-8 41  
1,1,1,3,5,5,5-Heptamethyltrisiloxane \$\$ Bis(trimethylsiloxy)methylsilane 238341 001873-88-7 41

53 23.972 0.02 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
2-Methyl-5H-dibenz[b,f]azepine 199741 999199-74-1 47  
2-Naphthalene-sulfonic acid 200544 999200-54-4 47  
1-Naphthalene-sulfonic acid 200545 999200-54-5 47

54 24.238 0.06 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
2-Naphthalene-sulfonic acid 200544 999200-54-4 47  
2-Methyl-5H-dibenz[b,f]azepine 199741 999199-74-1 47  
3,7,11-Trimethyltrideca-6(E),10-diene 203515 076164-11-9 35

55 24.986 0.08 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
Tetrasiloxane, decamethyl- (CAS) \$ 481761 000141-62-8 47

\$ Decamethyltetrasiloxane  
 Cyclotrisiloxane, hexamethyl- (CAS 238254 000541-05-9 46  
 ) \$\$ 1,1,3,3,5,5-HEXAMETHYL-CYCLOH  
 EXASILOXANE  
 Cyclotrisiloxane, hexamethyl- \$\$ D 238255 000541-05-9 46  
 imethylsiloxane cyclic trimer

56 27.032 0.05 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
 Ethyl 5-formyl-3-(2-ethoxycarbonyl 405830 999405-83-0 59  
 )ethyl-4-methyl-1H-pyrrole-2-carbo  
 xylate  
 2-P-NITROPHENYL-1,3,4-OXADIAZOL-5- 198194 041125-77-3 50  
 ONE \$\$ 2-p-Nitrophenyl-oxadiazol-1  
 ,3,4-one-5  
 Cyclotrisiloxane, hexamethyl- (CAS 238258 000541-05-9 46  
 ) \$\$ 1,1,3,3,5,5-HEXAMETHYL-CYCLOH  
 EXASILOXANE

57 27.408 0.02 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
 2-P-NITROPHENYL-1,3,4-OXADIAZOL-5- 198194 041125-77-3 50  
 ONE \$\$ 2-p-Nitrophenyl-oxadiazol-1  
 ,3,4-one-5  
 Cyclotrisiloxane, hexamethyl- (CAS 238259 000541-05-9 49  
 ) \$\$ 1,1,3,3,5,5-HEXAMETHYL-CYCLOH  
 EXASILOXANE  
 Cyclotrisiloxane, hexamethyl- (CAS 238258 000541-05-9 46  
 ) \$\$ 1,1,3,3,5,5-HEXAMETHYL-CYCLOH  
 EXASILOXANE

58 28.369 0.02 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
 2-P-NITROPHENYL-1,3,4-OXADIAZOL-5- 198194 041125-77-3 86  
 ONE \$\$ 2-p-Nitrophenyl-oxadiazol-1  
 ,3,4-one-5  
 Ethyl 5-formyl-3-(2-ethoxycarbonyl 405830 999405-83-0 59  
 )ethyl-4-methyl-1H-pyrrole-2-carbo  
 xylate  
 Cyclotrisiloxane, hexamethyl- (CAS 238259 000541-05-9 49  
 ) \$\$ 1,1,3,3,5,5-HEXAMETHYL-CYCLOH  
 EXASILOXANE

59 29.669 0.05 D:\MassHunter\Library\WILLEY09TH.L  
 Ethyl 5-formyl-3-(2-ethoxycarbonyl 405830 999405-83-0 59  
 )ethyl-4-methyl-1H-pyrrole-2-carbo  
 xylate  
 2-P-NITROPHENYL-1,3,4-OXADIAZOL-5- 198194 041125-77-3 50  
 ONE \$\$ 2-p-Nitrophenyl-oxadiazol-1  
 ,3,4-one-5  
 Tetrasiloxane, decamethyl- (CAS) \$ 481761 000141-62-8 47  
 \$ Decamethyltetrasiloxane

UMUM.M Tue Nov 01 15:53:21 2022

**INSTRUMENT CONTROL PARAMETERS: GCMS**

D:\MassHunter\GCMS\1\methods\UMUM.M  
 Tue Nov 01 15:45:43 2022

Control Information

-----  
Sample Inlet : GC  
Injection Source : GC ALS  
Injection Location: Front  
Mass Spectrometer : Enabled

## GC

### GC Summary

Run Time 39 min  
Post Run Time 0 min

## OVEN

### Temperature

Setpoint On  
(Initial) 50 °C  
Hold Time 0 min  
Post Run 70 °C  
Program  
#1 Rate 10 °C/min  
#1 Value 290 °C  
#1 Hold Time 15 min

Equilibration Time 0.25 min  
Max Temperature 325 °C  
Maximum Temperature Override Disabled  
Slow Fan Disabled

## FRONT SS INLET HE

Mode Split  
Heater On 290 °C  
Pressure On 7.6522 psi  
Total Flow On 104 mL/min  
Septum Purge Flow On 3 mL/min  
Gas Saver On 20 After 3 min mL/min  
Split Ratio 100 :1  
Split Flow 100 mL/min  
Liner A Liner has not been selected.  
Vol Injek 0,2 µL

## THERMAL AUX 2 (MSD TRANSFER LINE)

Temperature  
Setpoint On  
(Initial) 290 °C

## COLUMN

Column #1  
Flow  
Setpoint Off  
(Initial) 1 mL/min  
Post Run 0.57353 mL/min

Column Information Agilent 19091S-433UI  
HP-5ms Ultra Inert  
Temperature Range -60 °C—325 °C (350 °C)  
Dimensions 30 m x 250 µm x 0.25 µm  
Column lock Unlocked  
In Front SS Inlet He



Out MSD  
(Initial) 50 °C  
Pressure 7.6522 psi  
Flow 1 mL/min  
Average Velocity 36.445 cm/sec  
Holdup Time 1.3719 min  
Control Mode Constant Flow

Column Outlet Pressure 0 psi

Valve 1  
Name ?  
Type Gas Sampling Valve  
GSV Loop Volume 1 mL  
Load Time 0.5 min  
Inject Time 0.5 min

Signals  
Signal #1: Test Plot  
Description Test Plot  
Save Off  
Data Rate 50 Hz  
Dual Injection Assignment Front Sample

Signal #2:  
Description None

Signal #3:  
Description None

Signal #4:  
Description None

## **MS INFORMATION**

### General Information

-----

Acquisition Mode : Scan  
Solvent Delay (minutes) : 2  
Tune file : D:\MassHunter\GCMS\1\5977\BBM etune.u  
EM Setting mode Delta : 0.000000

Normal or Fast Scanning : Normal Scanning  
Trace Ion Detection : Off  
Run Time (if MS only) : 26.67 minutes

[Scan Parameters]  
Start Time : 2  
Low Mass : 35  
High Mass : 650  
Threshold : 150  
A/D Samples: : 4

[MSZones]  
MS Source : 230 C maximum 250 C  
MS Quad : 150 C maximum 200 C

Timed Events

-----  
Number Events= 0

**TUNE PARAMETERS for SN: US1904M017**  
-----

Trace Ion Detection is OFF.

34.593 : EMISSION  
70.007 : ENERGY  
0.503 : REPELLER  
89.822 : IONFOCUS  
17.627 : ENTRANCE\_LENS  
1408.533 : EMVOLTS  
1408.5 : Actual EMV  
0.33 : GAIN FACTOR  
2171.000 : AMUGAIN  
139.750 : AMUOFFSET  
2.000 : FILAMENT  
0.000 : DCPOLARITY  
10.278 : ENTLENSOFFSET  
8.002 : Ion\_Body  
-0.398 : EXTLENS  
-5.000 : MASSGAIN  
-23.000 : MASSOFFSET

END OF INSTRUMENT CONTROL PARAMETERS  
-----

- **XRD**

- **Sebelum Kalsinasi**

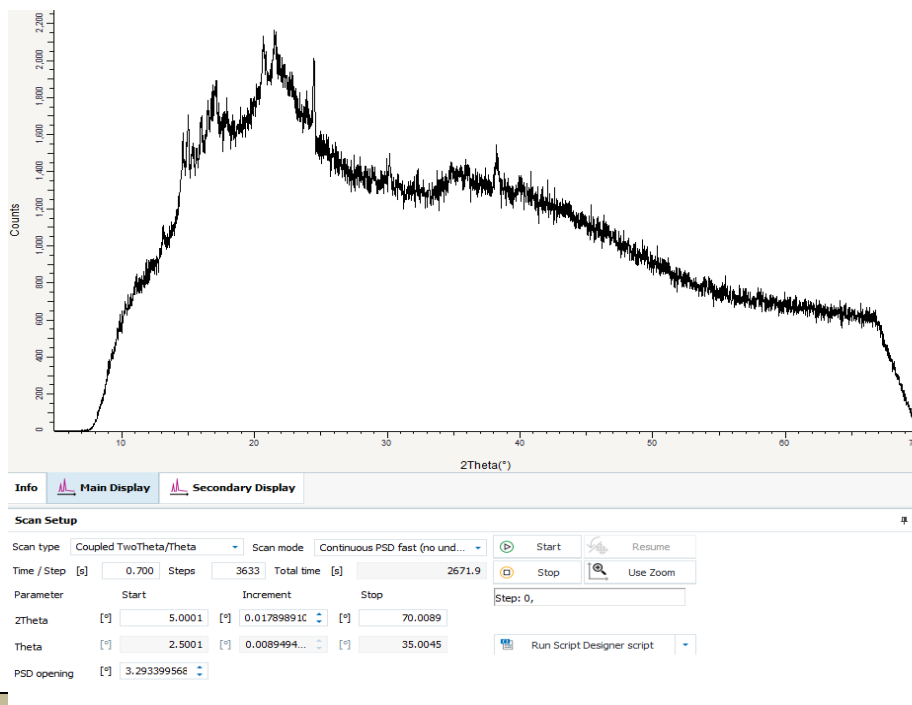
**Test Report**

<b>Name of Project</b>	XRD 054 – Kulit Pisang Sebelum Reaksi/ Sebelum Kalsinasi
<b>User Name</b>	M. Alfian Pratama
<b>Name of the Test</b>	XRD
<b>Test Date</b>	31 Oktober 2022

**Test Runs Chart**



## Test Runs Chart



## Validation

Chair of Integrated Laboratory



Dr. Didied Haryono, ST., MT.

NIP. 196810062001121002

Head of Nanoparticles Laboratory



Dr. Lusiani Dewi Assaat, S.Pd., M.Si.

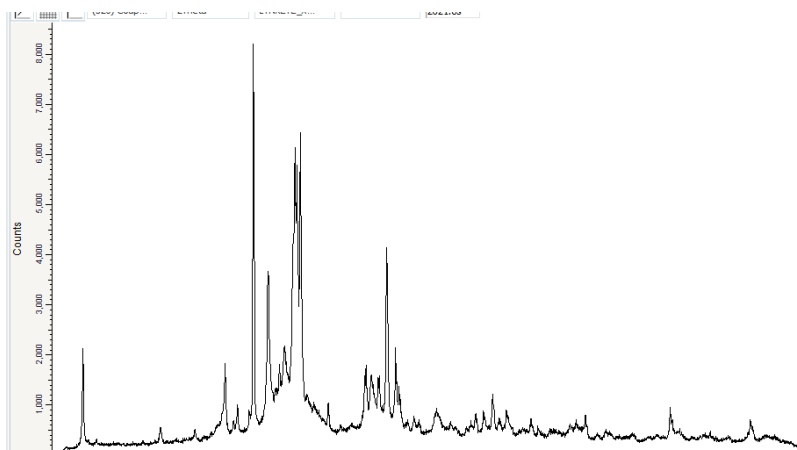
NIP. 198010102005012003

- **Setelah Kalsinasi**

## Test Report

<b>Name of Project</b>	XRD 40 – 550 5 Jam
<b>User Name</b>	M. Alfian Pratama
<b>Name of the Test</b>	XRD
<b>Test Date</b>	12 Oktober 2022

### Test Runs Chart



## Validation

Chair of Integrated Laboratory



Dr. Didied Haryono, ST., MT.

NIP. 196810062001121002

Head of Nanoparticles Laboratory



• S

Dr. Lusiani Dewi Assaat, S.Pd., M.Si.

NIP. 198010102005012003

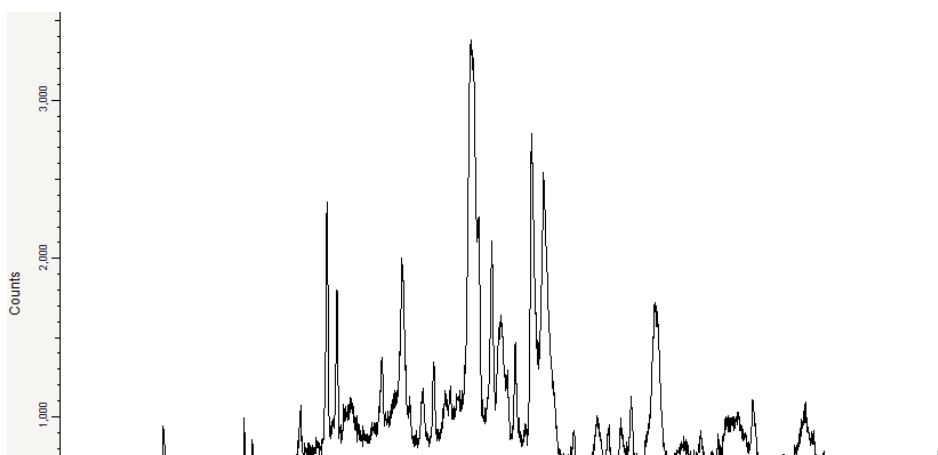
etelah Reaksi  
Transesterifikas

i

## Test Report

<b>Name of Project</b>	XRD 055 – Kulit Pisang Sesudah Reaksi
<b>User Name</b>	M. Alfian Pratama
<b>Name of the Test</b>	XRD
<b>Test Date</b>	31 Oktober 2022

## Test Runs Chart



## Validation

Chair of Integrated Laboratory



Dr. Didied Haryono, ST., MT.

NIP. 196810062001121002

Head of Nanoparticles Laboratory



Dr. Lusiani Dewi Assaat, S.Pd., M.Si.

NIP. 198010102005012003

- SEM

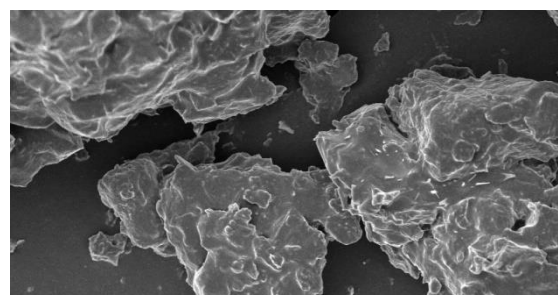
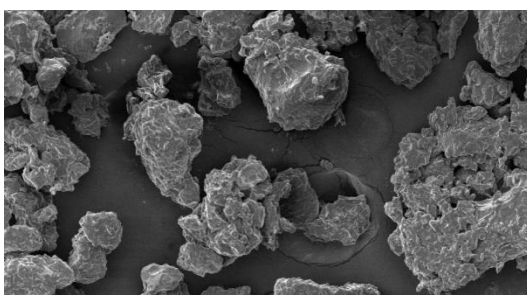
- Sebelum Kalsinasi dan Setelah Kalsinasi

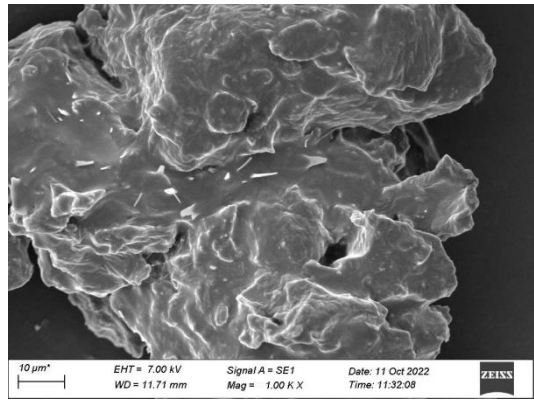
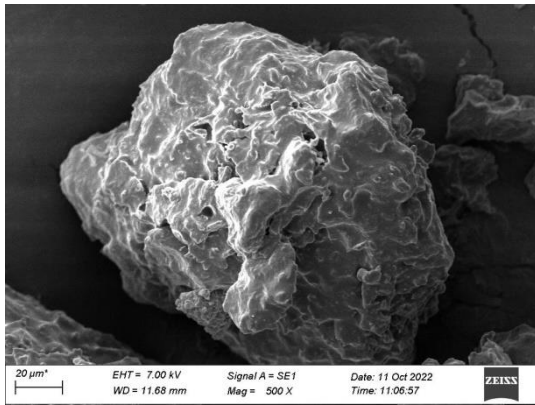
## ● Test Report

Name of Project	SEM (052 – 053) – Kitosan Kulit Pisang
User Name	Safitri Mukti Rahayu
Name of the Test	SEM
Test Date	11 Oktober 2022

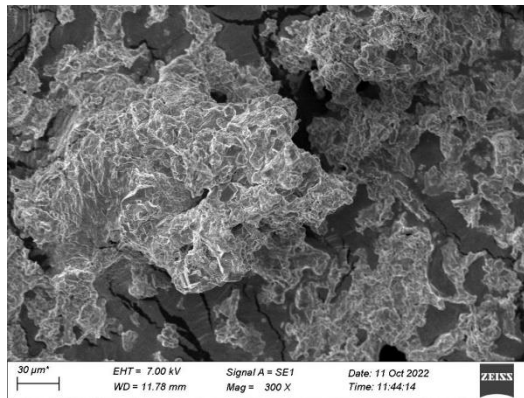
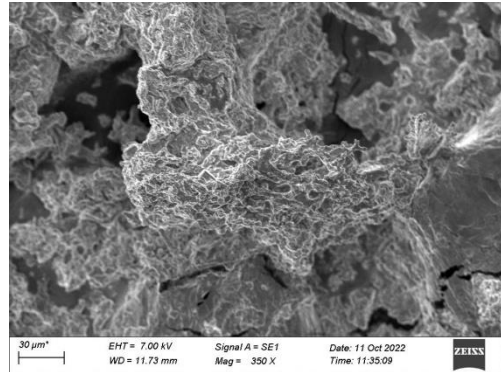
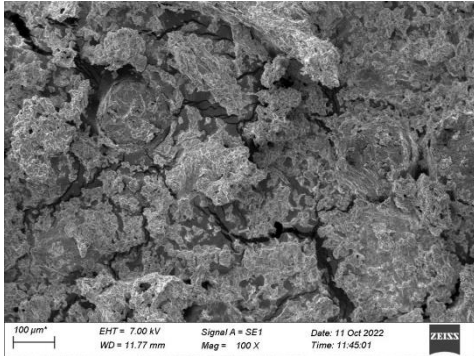
## Test Runs Image

- SEBELUM KALSINASI





● SETELAH KALSINASI



Validation

Chair of Integrated Laboratory

Dr. Didied Haryono, ST., MT.

NIP. 196810062001121002

Head of Nanomaterials Laboratory

Dr. Lusiani Dewi Assaat, S.Pd., M.Si.

NIP. 198010102005012003



- EDX

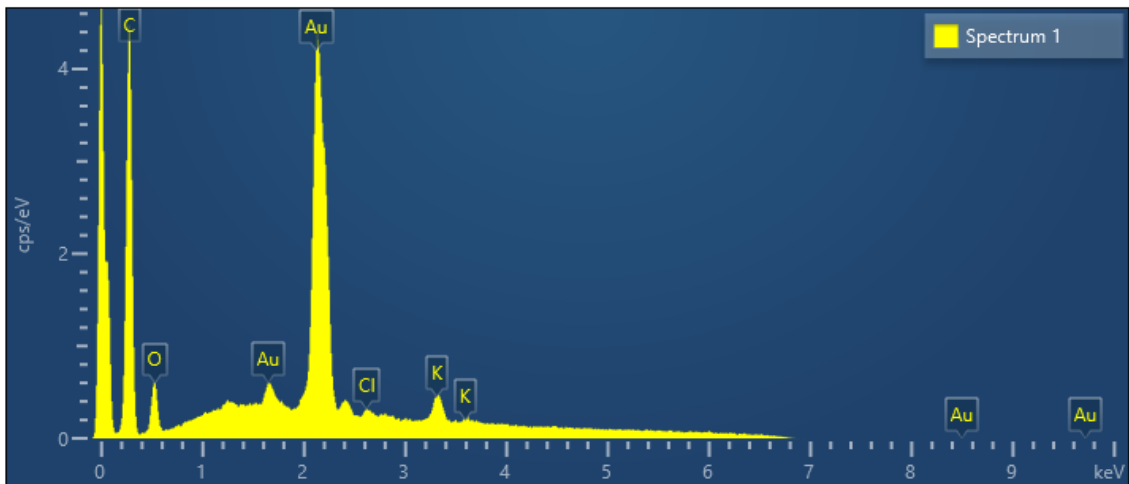
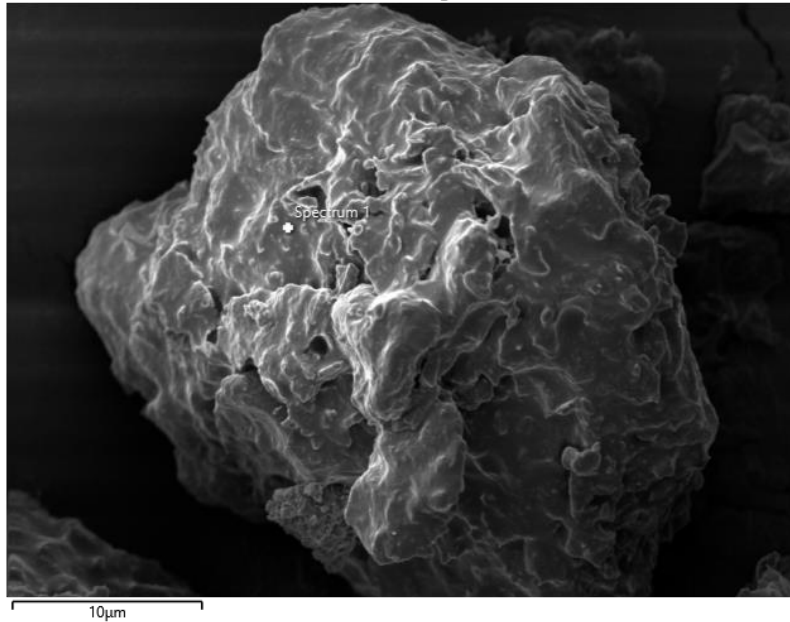
- Sebelum Kalsinasi

### Test Report

Name of Project	SEM 052 – Chi Sebelum Kalsinasi
User Name	Safitri Mukti Rahayu
Name of the Test	EDS
Test Date	11 Oktober 2022

#### Test Runs Image

Electron Image 1



Spectrum 1				
------------	--	--	--	--

Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %
C	K series	77.76	0.51	87.84
O	K series	8.74	0.24	7.41
Cl	K series	1.85	0.25	0.71
K	K series	11.64	0.45	4.04
Total		100.00		100.00

**Validation**

Chair of Integrated Laboratory



Dr. Didied Haryono, ST., MT.

NIP. 196810062001121002

Head of Nanoparticles Laboratory



Dr. Lusiani Dewi Assaat, S.Pd., M.Si.

NIP. 198010102005012003

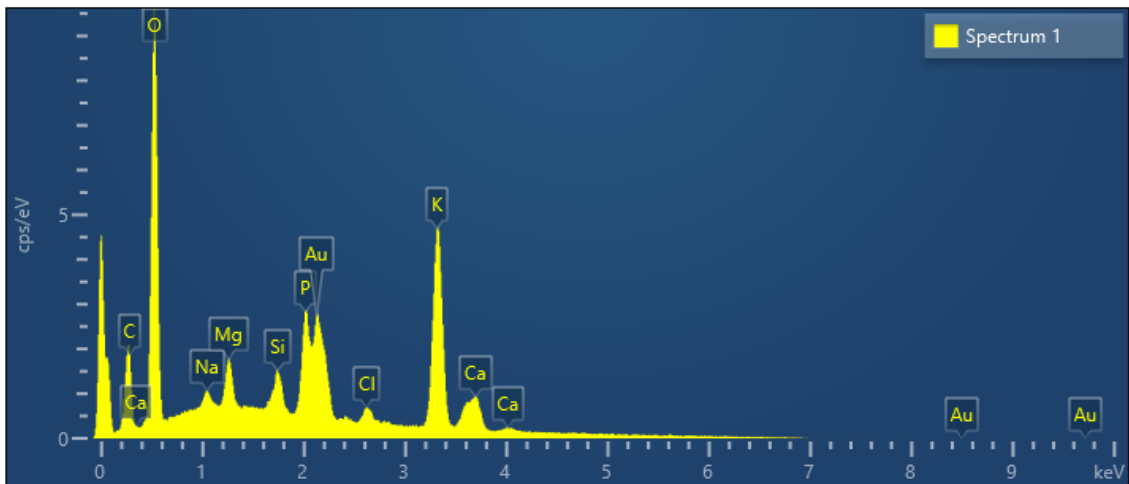
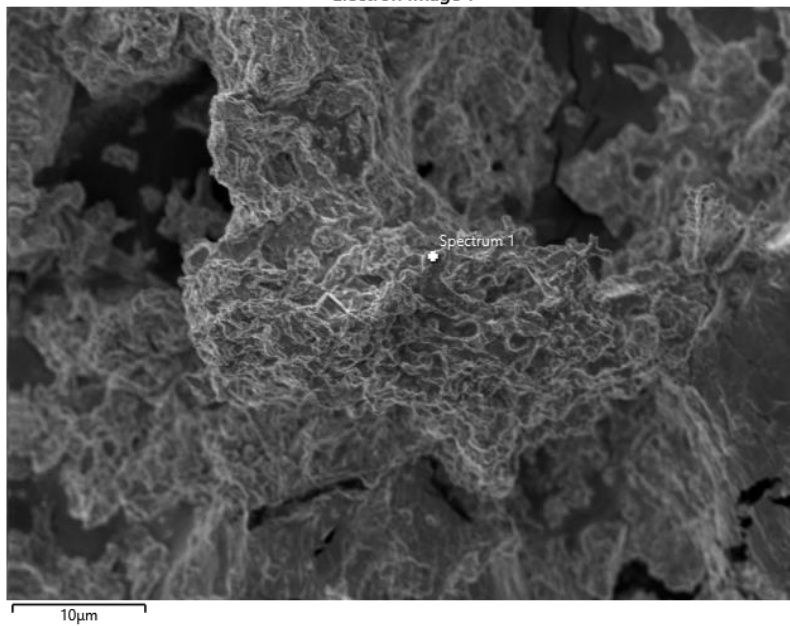
- **Setelah Kalsinasi**

## Test Report

<b>Name of Project</b>	SEM 053 – Chi Setelah Kalsinasi
<b>User Name</b>	Safitri Mukti Rahayu
<b>Name of the Test</b>	EDS
<b>Test Date</b>	11 Oktober 2022

### Test Runs Image

Electron Image 1



<b>Spectrum 1</b>				
<b>Element</b>	<b>Line Type</b>	<b>Weight %</b>	<b>Weight % Sigma</b>	<b>Atomic %</b>
C	K series	6.57	0.34	12.96

O	K series	32.22	0.26	47.74
Na	K series	0.53	0.06	0.55
Mg	K series	1.67	0.06	1.63
Si	K series	1.79	0.07	1.51
P	K series	6.09	0.13	4.66
Cl	K series	1.55	0.10	1.04
K	K series	40.09	0.31	24.30
Ca	K series	9.50	0.27	5.62
Total		100.00		100.00

### Validation

Chair of Integrated Laboratory



Dr. Didied Haryono, ST., MT.

NIP. 196810062001121002

Head of Nanoparticles Laboratory



Dr. Lusiani Dewi Assaat, S.Pd., M.Si.

NIP. 198010102005012003

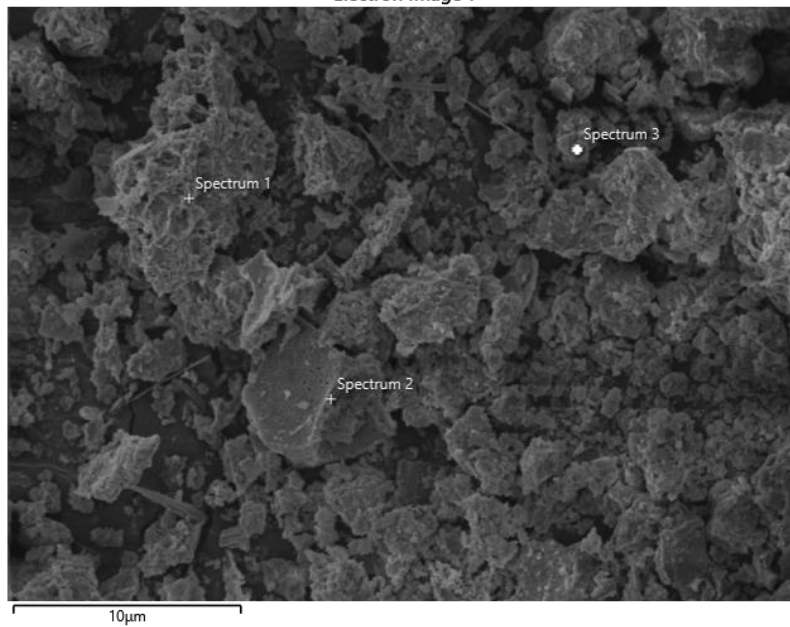
- **Setelah Reaksi Transesterifikasi**

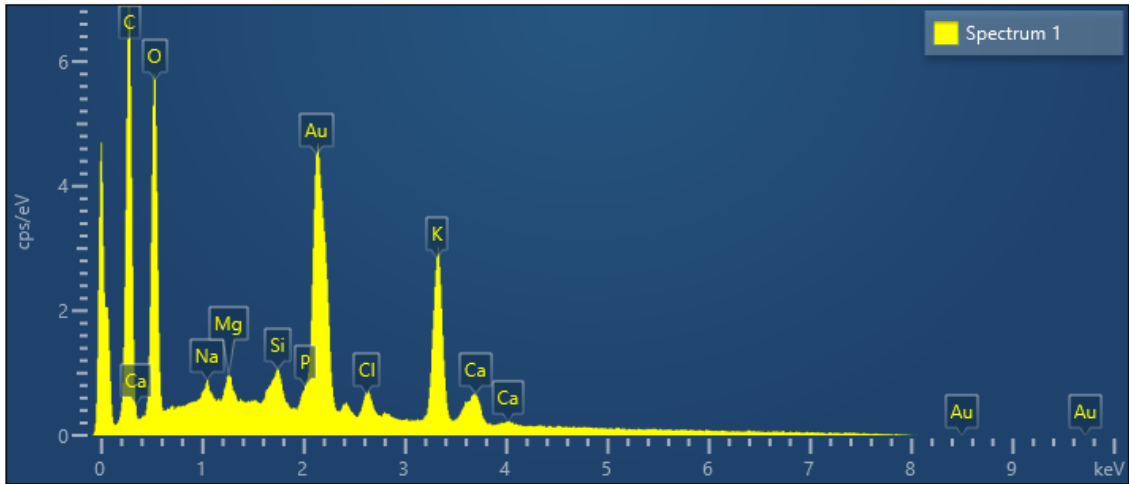
## Test Report

Name of Project	SEM 058 – Kitosan Kulit Pisang Setelah Transesterifikasi
User Name	Safitri Mukti Rahayu
Name of the Test	EDS
Test Date	25 Oktober 2022

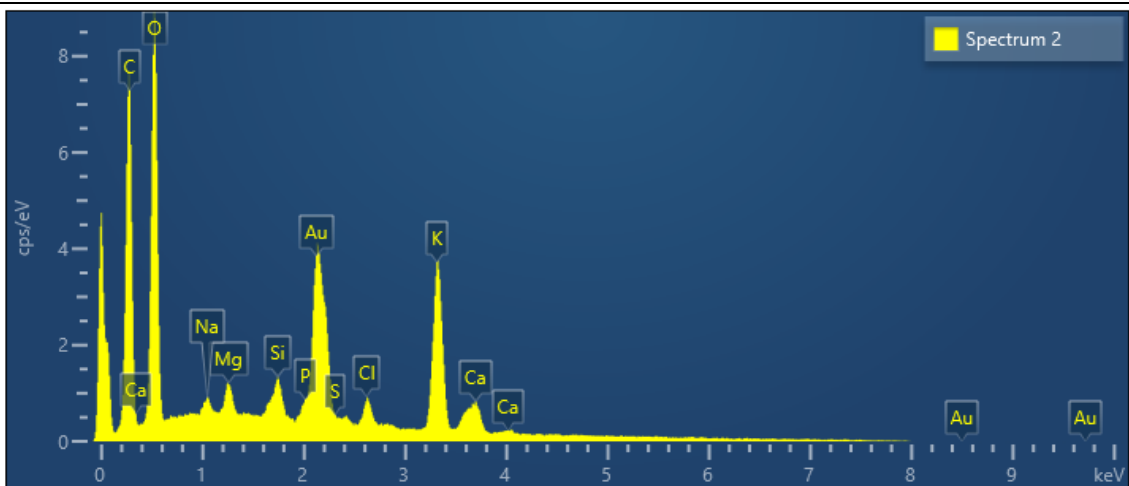
### Test Runs Image

Electron Image 1



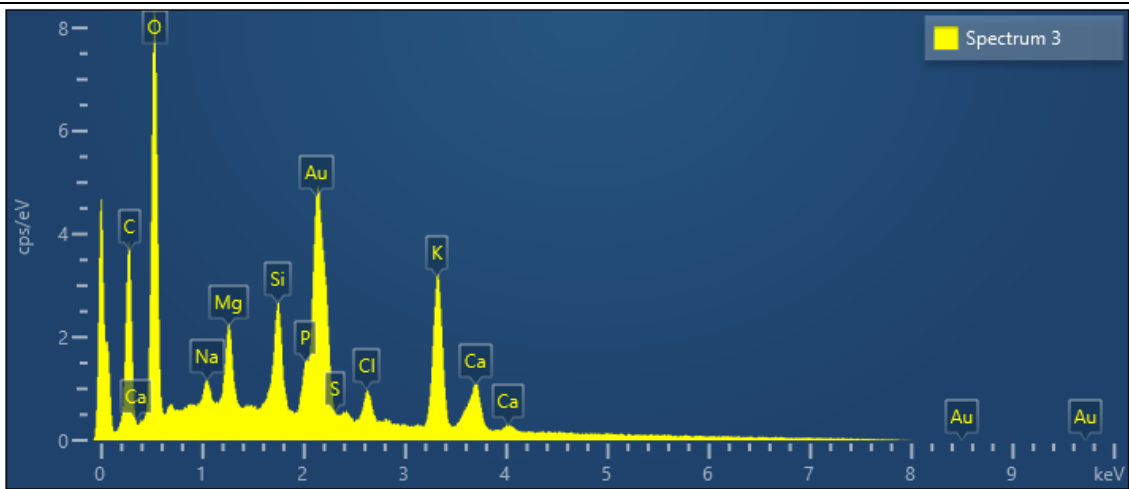


Spectrum 1				
Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %
C	K series	40.36	0.43	56.90
O	K series	26.49	0.28	28.03
Na	K series	0.54	0.06	0.40
Mg	K series	0.75	0.05	0.52
Si	K series	1.25	0.07	0.75
P	K series	0.92	0.11	0.51
Cl	K series	1.97	0.10	0.94
K	K series	22.36	0.26	9.68
Ca	K series	5.36	0.20	2.26
Total		100.00		100.00



Spectrum 2				
Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %
C	K series	35.18	0.43	50.67
O	K series	31.05	0.29	33.57
Na	K series	0.50	0.05	0.38
Mg	K series	0.92	0.05	0.66
Si	K series	1.35	0.06	0.83
P	K series	0.86	0.10	0.48
S	K series	0.37	0.11	0.20
Cl	K series	2.03	0.09	0.99
K	K series	22.46	0.24	9.94

Ca	K series	5.27	0.18	2.28
Total		100.00		100.00



Spectrum 3				
Element	Line Type	Weight %	Weight % Sigma	Atomic %
C	K series	23.46	0.54	37.29
O	K series	32.77	0.34	39.11
Na	K series	0.84	0.07	0.70
Mg	K series	2.53	0.07	1.98
Si	K series	4.18	0.09	2.84
P	K series	2.54	0.14	1.56
S	K series	0.44	0.14	0.26
Cl	K series	2.59	0.11	1.39
K	K series	21.85	0.27	10.67
Ca	K series	8.79	0.23	4.19
Total		100.00		100.00

**Validation**

Chair of Integrated Laboratory



Dr. Didied Haryono, ST., MT.

NIP. 196810062001121002

Head of Nanoparticles Laboratory



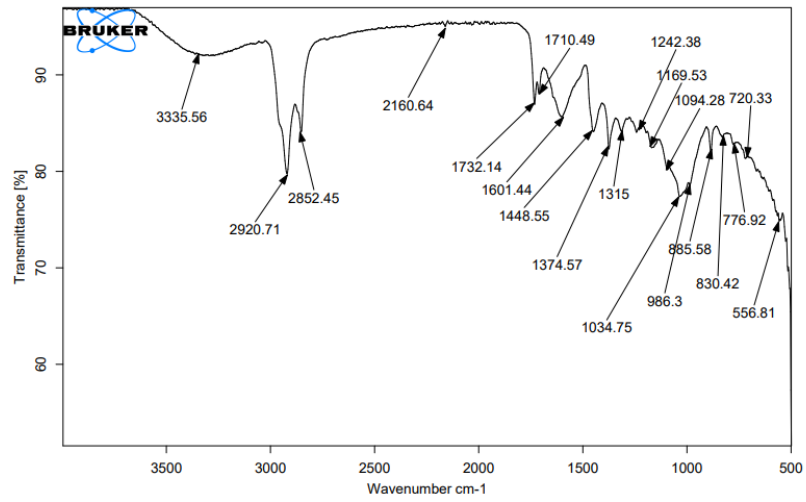
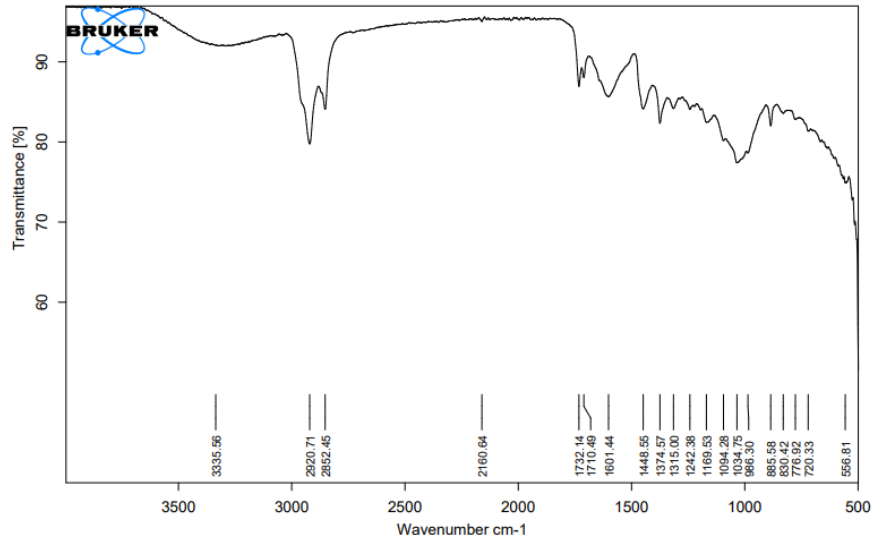
Dr. Lusiani Dewi Assaat, S.Pd., M.Si.

NIP. 198010102005012003

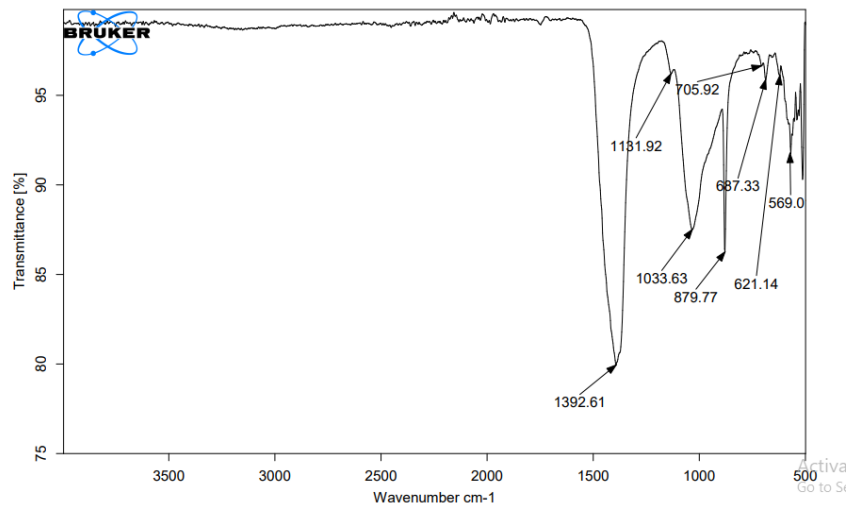
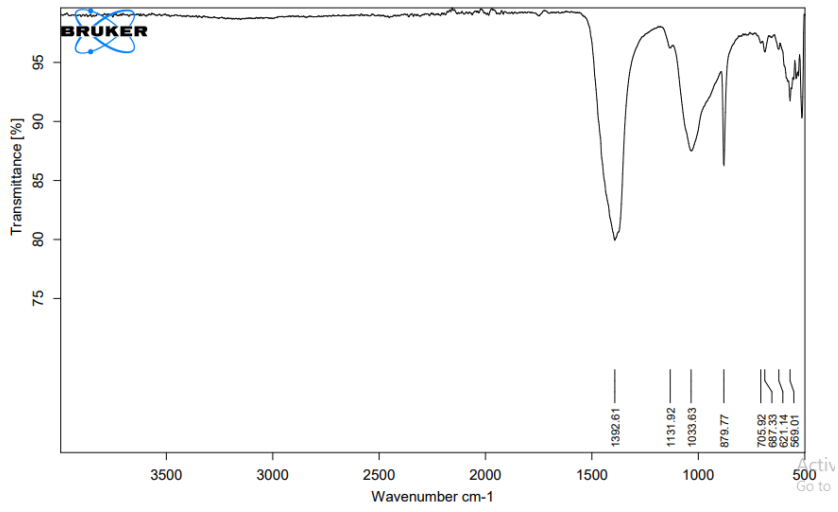


- FTIR

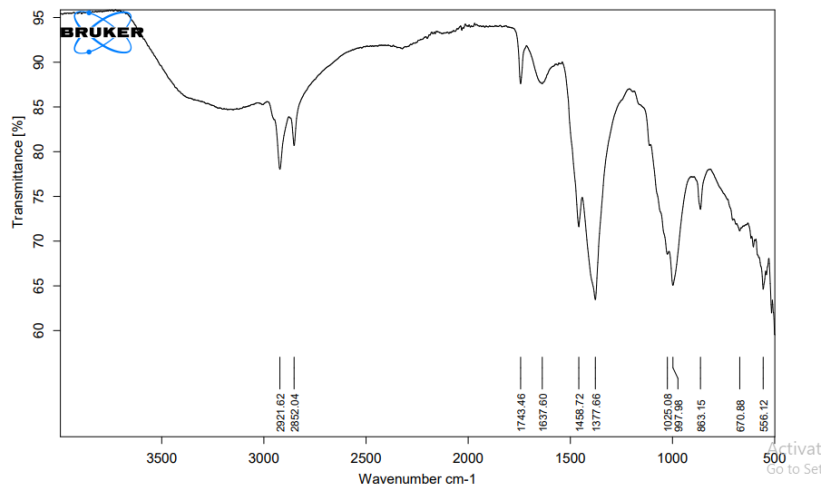
• Sebelum Kalsinasi

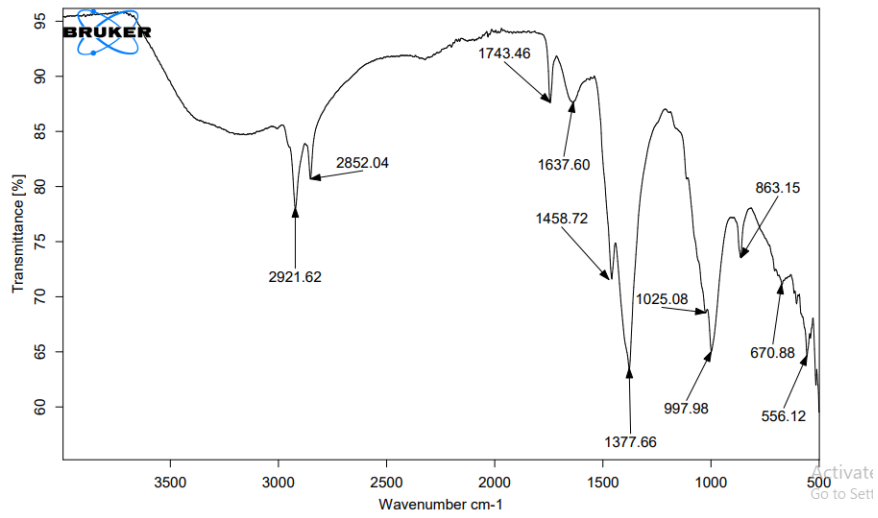


- **Setelah Kalsinasi**



- **Setelah Reaksi Transesterifikasi**





### C. DOKUMENTASI

#### ❖ Proses Pembuatan Katalis



(a)



(b)



(c)



(d)

**Gambar 1.** Preparasi Katalis Kulit Pisang Kepok Matang (a) Menimbang kulit pisang yang dibutuhkan (b) Pencucian (c) Pemetongan (d) Pengeringan dengan oven



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

**Gambar 2.** Preparasi Kalsinasi Kulit Pisang Kepok Matang (a) Penimbangan hasil oven (b) Pengayakan (c) Pembagian pada cawan porselen (d) Katalis 450°C (e) Katalis 550°C (f) Katalis 650°C

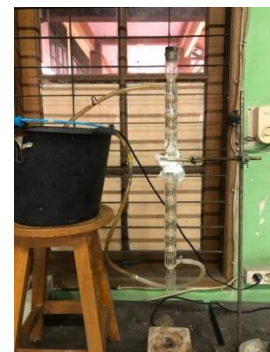
### ❖ Proses Transesterifikasi



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



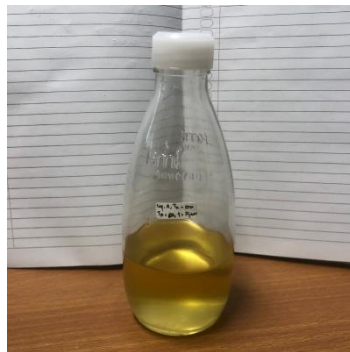
(g)



(h)



(i)



(j)

**Gambar 3.** Proses Transesterifikasi (a) Pengukuran minyak dan methanol (b) Es batu (c) Rangkaian alat (d) Methanol dan katalis di panaskan (e) Minyak dimasukkan (f) Rangkaian sempurna (g,h,i) Penyaringan Minyak (j) Hasil biodiesel



(a)



(b)



(c)

**Gambar 4.** Reusability Katalis (a) Katalis sehabis pemakaian (b) Proses pemanasan (c) Penyaringan

#### ❖ Analisa Kimia & Fisik



(a)



(b)

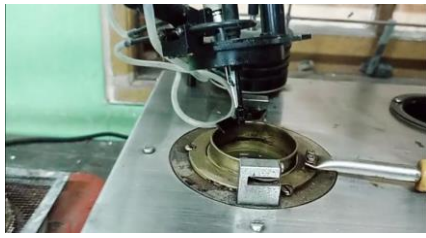
**Gambar 5.** Uji FFA (a) Sebelum titrasi (b) Setelah titrasi



(a)



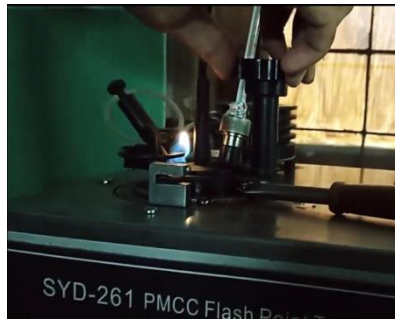
(b)



(c)



(d)

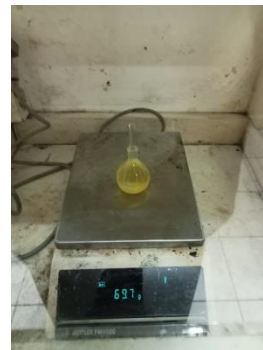


(e)

**Gambar 6.** Analisa Flash Point (a) ON alat (b) Pemasangan gas (c) Pemasukan sampel (d) Menyalakan pemantik (e) Keluar titik nyala



(a)



(b)

**Gambar 7.** Analisa (a) Viskositas (b) Densitas

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
JURUSAN TEKNIK KIMIA- FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS  
SULTAN AGENG TIRTAYASA**

---

**BORANG REVISI LAPORAN PENELITIAN**

Judul Penelitian : Potensi Kulit Pisang Kepok Matang Sebagai Katalis Heterogen  
Penghasil Biodiesel dengan Bahan Baku Minyak Jelantah

Nama Mahasiswa : 1. Nisrina Nada Salma 3335180038

2. Umi Hanifah 3335180028

**REVISI**

1. Peraturan tentang biodiesel seperti sudah ada yang baru, mohon direvisi yang peraturan ESDM No 12 tahun 2015.
2. Penelitian tentang kuliah pisang kepok hasilnya belum disampaikan pada halaman 2 di bagian latar belakang. Ini bisa ditambahkan bagian dari state of the art dari penelitian ini termasuk beberapa penelitian pengambilan kalium dari bahan yang lain dan bagaimana hasil kualitas biodiesel yang dihasilkan
3. Karakteristik dari kalium untuk berbagai variasi sebaiknya dilengkapi pada bagian awal sehingga nanti terpilih yang terbaik
4. Analisa pengaruh dari beberapa parameter perlu diperkuat sehingga terlihat mana faktor yang paling dominan berpengaruh terhadap yield

Cilegon, 4 Januari 2023

Dosen Penguji 1,



Dr. Ing-Anton Irawan, ST., MT  
NIP.197510012008011007



