

**LAPORAN PENELITIAN**

**SINTESIS BIODIESEL BERBAHAN DASAR MINYAK  
JELANTAH DENGAN BANTUAN FOTOKATALIS  
CaO-ZnO/TiO<sub>2</sub>**



**Disusun Oleh:**

**RESTI PEBRIYANTI (3335190102)**

**RAHMAH SAVIRAH AZZAHRAH (3335190103)**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA - FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA**

**CILEGON - BANTEN**

**2023**

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

**NAMA** : RESTI PEBRIYANTI

**NIM** : 3335190102

**JURUSAN** : TEKNIK KIMIA

**JUDUL** : SINTESIS BIODIESEL BERBAHAN DASAR  
MINYAK JELANTAH DENGAN BANTUAN  
FOTOKATALIS CaO-ZnO/TiO<sub>2</sub>

Bersedia

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian dengan judul tersebut di atas adalah benar karya saya sendiri dengan arahan dari pembimbing dan tidak ada duplikasi dengan karya orang lain kecuali yang telah disebutkan sumbernya.

Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam penelitian ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Cilegon, 29 July 2024



Resti Pebriyanti





## **ABSTRAK**

### **SINTESIS BIODIESEL BERBAHAN DASAR MINYAK JELANTAH DENGAN BANTUAN FOTOKATALIS CaO-ZnO/TiO<sub>2</sub>**

Oleh:

Resti Pebriyanti                      3335190102

Rahmah Savirah Azzahrah      3335190103

Terjadinya penurunan produksi minyak mentah dan kondensat menandai bahwa perlu adanya energi terbarukan untuk memenuhi kebutuhan energi. Biodiesel merupakan salah satu pengganti bahan bakar minyak bumi. Biodiesel yang berasal dari minyak jelantah mampu mengurangi limbah minyak jelantah. Upaya untuk mengurangi biaya produksi biodiesel yaitu menggunakan katalis heterogen yang harganya murah, mudah dipisahkan dari produk dan ramah lingkungan. Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi terbaik dari perbandingan molar minyak jelantah:metanol (1:10, 1:12, dan 1:14), jumlah katalis (2(b/b)%, 3(b/b)% dan 4(b/b)%), pengaruh penggunaan sinar ultra violet dan pengaruh penggunaan ulang katalis komposit CaO/ZnO-TiO<sub>2</sub> terhadap yield biodiesel yang dihasilkan, serta mengidentifikasi karakteristik biodiesel yang dihasilkan (densitas, viskositas, dan kadar air). Pada penelitian ini menggunakan metode sintesis biodiesel yang diawali dengan preparasi minyak jelantah untuk memisahkan dengan sisa makanan dan menghilangkan kadar air, setelah itu preparasi katalis ZnO/TiO<sub>2</sub> dengan melarutkan Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O dan mencampurkannya dengan TiO<sub>2</sub>. Selanjutnya CaO diimpregnasi dengan katalis ZnO/TiO<sub>2</sub> selama 3 jam dengan suhu 60<sup>0</sup>C kemudian dikeringkan dan dikalsinasi pada suhu 500<sup>0</sup>C selama 5 jam dan di uji XRD setelah itu proses sintesis biodiesel selama 3 jam dengan suhu 60<sup>0</sup>C menggunakan sinar UV dan dipisahkan antara katalis, biodiesel dan gliserol pada corong pemisah. Setelah itu biodiesel dimurnikan dengan cara menghilangkan kadar air pada biodiesel dengan pemanasan selama 15 menit pada suhu 110<sup>0</sup>C kemudian diuji densitas, viskositas, dan kadar air serta uji GC-MS. Hasil terbaik dari penelitian ini adalah dengan rasio molar minyak jelantah:metanol (1:14 dengan 2 (b/b)%) menghasilkan yield sebesar 91,10% dengan densitas dan viskositas sebesar 876 Kg/l dan 4,443 cSt.

Kata Kunci: Biodiesel, Katalis Heterogen, Minyak Jelantah, dan Sintesis biodiesel.

## ABSTRACT

### SYNTHESIS BIODIESEL BASED USED OIL WITH OF PHOTOCATALYSTS CaO-ZnO/TiO<sub>2</sub>

By:

Pebriyanti remains 3335190102

Rahmah Savirah Azzahrah 3335190103

The decline in crude oil and condensate production indicates the need for renewable energy. Biodiesel is one of the substitutes for petroleum fuel. Biodiesel derived from used oil is able to reduce used oil waste. Efforts to reduce the cost of biodiesel production are using heterogeneous catalysts that are cheap, easily separated from the product and environmentally friendly. The purpose of this study is to determine the best conditions from the molar ratio of used oil: methanol (1:10, 1:12, and 1:14), the mass of catalysts (2(w/b)%, 3(w/b)% and 4(w/w)%), the effect of using ultraviolet light and the effect of reusing CaO-ZnO/TiO<sub>2</sub> composite catalysts on the yield of biodiesel produced, as well as identifying the characteristics of the biodiesel produced (density, viscosity, and moisture content). In this study using a biodiesel synthesis method which begins with used oil preparation to separate with food waste and remove water content, after that ZnO/TiO<sub>2</sub> catalyst preparation by dissolving Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 6H<sub>2</sub>O and mixing it with TiO<sub>2</sub>. Furthermore, CaO is impregnated with ZnO/TiO<sub>2</sub> catalyst for 3 hours with a temperature of 60<sup>0</sup>C then dried and calcined at a temperature of 500<sup>0</sup>C for 5 hours and tested XRD after that the biodiesel synthesis process for 3 hours with a temperature of 60<sup>0</sup>C using UV light and separated between catalyst, biodiesel and glycerol in the separation funnel. After that, biodiesel is purified by removing the moisture content in biodiesel by heating for 15 minutes at a temperature of 110<sup>0</sup>C then tested for density, viscosity, and moisture content and GC-MS test. The best result of this study is with the molar ratio of used cooking oil: methanol (1:14 to 2 (w/w)%) producing a yield of 91.10% with a density and viscosity of 876 Kg/l and 4.443cSt.

Keywords: Biodiesel, Heterogeneous Catalyst, Used Oil, and Biodiesel Synthesis.

## KATA PENGANTAR

Dengan segala kerendahan hati, penulis memanjatkan puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena berkat, rahmat, dan karunia-Nya, penulis proposal penelitian yang berjudul “Sintesis Biodiesel Berbahan Dasar Minyak Jelantah Dengan Bantuan Fotokatalis CaO-ZnO/TiO<sub>2</sub>” dapat diselesaikan.

Proposal penelitian ini dibuat untuk melengkapi salah satu persyaratan Program Strata-I pada Jurusan Teknik Kimia Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Penulis menyadari, berhasilnya studi dan penyusunan proposal penelitian ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memberikan semangat dan do’a kepada penulis, sehingga pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua yang tak henti-hentinya selalu mendoakan dan memotivasi penulis untuk senantiasa bersemangat dan tak mengenal kata putus asa hingga terselesaikannya proposal penelitian ini.
2. Bapak Muhammad Triyogo Adiwibowo, S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing penelitian yang telah meluangkan waktunya serta memberikan bimbingan dalam menyusun proposal penelitian.
3. Dr. Rahmayetty, S.T., M.T. Selaku koordinator penelitian.
4. Teman-teman yang telah memberikan bantuan langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari dalam penyusunan proposal penelitian ini masih ada kekurangan baik dari segi penulisan maupun kelengkapan informasi, untuk itu penulis berharap ada saran dan kritikan dari pembaca semua agar penulis bisa lebih baik lagi dimasa yang akan datang.

Cilegon, 21 Mei 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Biodiesel Sebagai Energi Terbarukan .....	4
2.2 Proses Transesterifikasi Dan Esterifikasi Pada Pembuatan Biodiesel.....	5
2.3 Minyak Jelantah Sebagai Bahan Baku Biodiesel .....	7
2.4 Peranan Katalis CaO Pada Pembuatan Biodiesel .....	8
2.5 Semikonduktor ZnO/TiO <sub>2</sub> Sebagai Fotokatalis .....	9
2.6 Penelitian Terdahulu .....	10
<b>BAB III METODELOGI PERCOBAAN</b>	
3.1 Tahap Penelitian .....	13
3.2 Prosedur Penelitian .....	13
3.2.1 Preparasi Minyak Jelantah.....	13
3.2.2 Preparasi Katalis ZnO/TiO <sub>2</sub> .....	14

3.2.3 Preparasi Katalis CaO-ZnO/TiO <sub>2</sub> .....	14
3.2.4 Karakteristik Komposit CaO-ZnO/TiO <sub>2</sub> Menggunakan XRD .....	14
3.2.4.1 Uji Kadar FFA Minyak Jelantah.....	14
3.2.5 Sintesis Biodiesel .....	15
3.2.6 Pemisahan Biodiesel.....	15
3.2.7 Pemurnian Biodiesel .....	16
3.2.8 Karakteristik Biodiesel.....	16
3.2.9 Komposisi Biodiesel.....	17
3.3 Alat dan Bahan .....	18
3.3.1 Alat .....	18
3.3.2 Bahan.....	19
3.4 Variabel Percobaan.....	19
3.5 Metode Pengumpulan Data dan Analisis.....	19

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Hasil Karakteristik Fotokatalis Dengan XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ) .....	20
4.2 Sintesis Biodiesel.....	21
4.2.1 Pengaruh Variasi Rasio Minyak Jelantah : Metanol Terhadap Yield Biodiesel .....	21
4.2.2 Pengaruh Variasi Jumlah Katalis Terhadap Yield Biodiesel .....	22
4.2.3 Pengaruh Variasi Sinar UV Terhadap Yield Biodiesel.....	23
4.2.4 Pengaruh Penggunaan Ulang Terhadap Yield Biodiesel .....	25
4.3 Karakteristik Biodiesel .....	25
4.3.1 Densitas .....	26
4.3.2 Viskositas .....	27
4.3.3 Kadar Air.....	27
4.4 Hasil Uji <i>Gas Chromatography-Mass Spectrometry</i> (GC-MS) .....	27

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	29
5.2 Saran .....	29

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

- A. Dokumentasi**
- B. Perhitungan**
- c. Hasil Uji**

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b> <i>Review</i> Penelitian Terdahulu .....	10
<b>Tabel 3.1</b> Rasio Molar dan Varisi Berat Katalis.....	16
<b>Tabel 4.1</b> Pengaruh Variasi Terhadap Densitas, Viskositas dan Kadar Air .....	26
<b>Tabel 4.2</b> Komposisi Biodiesel Hasil Percobaan .....	28

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> Reaksi Esterifikasi .....	6
<b>Gambar 2.2</b> Proses Transesterifikasi .....	7
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Proses Sintesis Biodiesel .....	14
<b>Gambar 4.1</b> Hasil XRD Dari Fotokatalis CaO-ZnO/TiO <sub>2</sub> .....	20
<b>Gambar 4.2</b> Garfik Pengaruh Variasi Rasio Minyak Jelantah:Metanol Terhadap Yield Biodiesel.....	21
<b>Gambar 4.3</b> Pengaruh Variasi Jumlah Katalis Terhadap Yield Biodiesel.....	22
<b>Gambar 4.4</b> Pengaruh Variasi Sinar UV Terhadap Yield Biodiesel .....	23
<b>Gambar 4.5</b> Pengaruh Penggunaan Ulang Terhadap Yield Biodiesel.....	25

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Krisis energi selalu terjadi di berbagai negara, hal ini ditandai dengan meroketnya harga komoditas energi seperti batubara dan minyak mentah. Dikutip dari website [bps.go.id](http://bps.go.id), berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) bahwa produksi minyak mentah dan kondensat di Indonesia pada tahun 2019 mengalami penurunan menjadi 273,5 ribu barel. Penurunan tersebut sebagai tanda bahwa diperlukan sumber energi lain untuk memenuhi kebutuhan energi. Salah satu solusi yang ditawarkan yaitu memproduksi bahan bakar energi ramah lingkungan seperti biodiesel.

Biodiesel dapat dihasilkan dari minyak pangan dan bukan pangan. Pembuatan biodiesel menggunakan minyak pangan akan berdampak pada potensi ketersediaan pangan. Pemilihan minyak non-pangan seperti minyak jelantah ini dipilih karena memiliki harga yang murah dan tidak bersaing dengan bahan makanan. Katalis yang biasa digunakan dalam proses biodiesel yaitu katalis homogen dan katalis heterogen.

Katalis homogen basa memiliki kelebihan mudah dalam penyimpanannya, namun sulit pemisahannya dalam pemurnian biodiesel dan katalis homogen ini akan membentuk produk samping berupa sabun yang dikarenakan adanya asam lemak bebas yang tinggi. Katalis heterogen mudah dipisahkan dari produk dan ramah lingkungan. Berdasarkan kelebihan yang dimiliki katalis heterogen basa tersebut pada penelitian ini menggunakan katalis heterogen basa. Salah satu katalis basa heterogen yaitu CaO yang memiliki kekuatan basa yang tinggi, harganya murah dan dapat digunakan kembali (Lestari, 2018).

Berdasarkan penelitian (Yuhelson et al., 2015) melaporkan bahwa nilai yield dari katalis homogen lebih besar dibandingkan dengan katalis heterogen. Katalis heterogen memiliki potensi yang menghasilkan biodiesel dengan harga ekonomis dan ramah lingkungan. Katalis heterogen CaO

sangat aktif dalam reaksi transesterifikasi. Namun, katalis CaO ini mudah rusak pada asam lemak yang tinggi. Berdasarkan penelitian dari (Santoso et al., 2019) CaO sedikit larut dalam metanol, hal tersebut dapat menghambat proses pemisahan sehingga kombinasi CaO-ZnO dapat melindungi fasa aktif CaO dalam media reaksi karena interaksi kuat antara sisi aktif dan pendukung katalis, penelitian ini menghasilkan yield biodiesel sebesar 84,74%. Berdasarkan penelitian (Sisca et al., 2021) katalis CaO merupakan katalis dengan kuantitas dan efisiensi yang baik dalam aplikasi biodiesel. Namun, katalis CaO tidak stabil karena pencucian selama proses transesterifikasi yang mengganggu aktivitas katalitik. Solusi yang dapat dilakukan yaitu dengan memodifikasi CaO dengan TiO<sub>2</sub> untuk menstabilkan katalis dalam penggunaan berulang. Pada penelitian tersebut didapatkan yield biodiesel sebesar 94%.

Pada penggunaan fotokatalis TiO<sub>2</sub> telah digunakan pada penelitian (Guo et al., 2021) yang menghasilkan nilai yield yang cukup besar, namun fotokatalis ini memiliki kekurangan pada pita energi TiO<sub>2</sub> yang nilainya sebesar 3,2 eV, sehingga hanya dapat digunakan dengan sinar ultraviolet diatas 387 nm agar dapat diserap yang menyebabkan fotokatalis ini mempunyai nilai efisien yang rendah. ZnO dapat menghambat pertumbuhan partikel TiO<sub>2</sub> dan meningkatkan aktivitas fotokatalitik dengan menggabungkan pasangan lubang elektron. ZnO mempunyai energi pita sebesar 3,67 eV, serta memiliki emisi ultraviolet yang kuat (Supriyanto et al., 2020). Berdasarkan penelitian (Haryati et al., 2012) semikonduktor TiO<sub>2</sub> dapat dimodifikasi dengan semikonduktor ZnO untuk meningkatkan aktivitas fotokatalis TiO<sub>2</sub>. Penambahan ZnO/TiO<sub>2</sub> pada katalis CaO juga guna membuat katalis menjadi bifungsional yaitu katalis heterogen yang mampu melakukan reaksi transesterifikasi dan esterifikasi dalam satu tahap.

Penelitian ini berfokus pada pengaruh rasio molar minyak jelantah : metanol, jumlah katalis, pengaruh penggunaan sinar ultra violet dan penggunaan ulang katalis komposit CaO-ZnO/TiO<sub>2</sub> terhadap yield biodiesel

yang dihasilkan guna mendapatkan hasil terbaik, penelitian ini dilakukan berdasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh (Guo, dkk, 2021).

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu bagaimana kondisi terbaik dari variasi perbandingan molar minyak jelantah:metanol (1:10, 1:12, dan 1:14), jumlah katalis (2 (b/b)%, 3 (b/b)% dan 4 (b/b)%), pengaruh penggunaan sinar ultra violet dan penggunaan ulang katalis komposit CaO/ZnO-TiO<sub>2</sub> terhadap yield biodiesel yang dihasilkan, serta mengidentifikasi karaktersistik biodiesel yang dihasilkan (densitas, viskositas, dan kadar air) sesuai SNI 7182:2015.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi terbaik dari perbandingan molar minyak jelantah:metanol (1:10, 1:12, dan 1:14), jumlah katalis (2 (b/b)%, 3 (b/b)% dan 4 (b/b)%), pengaruh penggunaan sinar ultra violet dan penggunaan ulang katalis komposit CaO/ZnO-TiO<sub>2</sub> terhadap yield biodiesel yang dihasilkan, serta mengidentifikasi karaktersistik biodiesel yang dihasilkan (densitas, viskositas, dan kadar air) sesuai SNI 7182:2015.

## **1.4 Batasan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dan dibatasi pada bahan baku yang digunakan pada penelitian meliputi minyak jelantah dan fotokatalis CaO-ZnO/TiO<sub>2</sub>. Pada penelitian ini menggunakan metode sintesis biodiesel dengan variasi rasio metanol:minyak jelantah, jumlah katalis, penggunaan sinar ultra violet dan penggunaan ulang katalis komposit.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Biodiesel Sebagai Energi Terbarukan**

Sumber-sumber energi konvensional tidak dapat tergantikan dalam waktu singkat, maka dari itu disebut sebagai energi tak terbarukan. Bahan bakar yang banyak digunakan yaitu bahan bakar yang bersumber dari fosil. Bahan bakar fosil merupakan salah satu sumber energi konvensional yang mengandung hidrokarbon yang berasal dari fosil hewan dan tanaman yang berusia jutaan tahun. Penggunaan bahan bakar fosil secara terus menerus akan memicu beberapa dampak negatif seperti, pencemaran lingkungan, hujan asam, berdampak pada kesehatan, dan bahan bakar fosil yang menipis. Saat sumber bahan bakar tersebut menipis sedangkan keperluan bahan bakar meningkat, maka perlu mencari sumber bahan bakar lain karena terbentuknya fosil memerlukan waktu yang lama. Alternatif yang dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar tersebut yaitu berasal dari alam.

Energi terbarukan merupakan energi yang bersumber dari alam yang selalu tersedia dan tidak merugikan lingkungan. Contoh energi terbarukan yaitu, biofuel, biomassa, panas bumi, energi air, energi surya. Energi terbarukan lebih ramah lingkungan karena berasal dari alam dan mampu mengurangi pencemaran lingkungan maupun kerusakan lingkungan serta terjangkau. Manfaat dari penggunaan energi terbarukan diantaranya yaitu mengurangi penggunaan bahan bakar fosil, mengurangi sampah, dapat digunakan di tempat terpencil, dan mudah dikembangkan. Pemanfaatan dan penerapan energi terbarukan di Indonesia salah satunya yaitu biofuel.

Biofuel merupakan bahan bakar yang berasal dari sumber energi terbarukan berupa tanaman. Biofuel yang dapat dikembangkan menjadi energi terbarukan yaitu bioetanol dan biodiesel. Indonesia memiliki potensi besar sebagai penghasil biodiesel karena tanaman yang biasa digunakan untuk membuat biodiesel banyak tumbuh di Indonesia. Biodiesel terdiri dari campuran mono-alkil ester dari rantai panjang asam lemak (Haryanto et al.,

2015). Bahan bakar biodiesel ramah lingkungan, tidak memiliki efek negatif terhadap kesehatan dan dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan. Biodiesel merupakan sejenis bahan bakar yang di proses dari sumber yang dapat diperbaharui, biasanya bahan baku yang digunakan dari tumbuhan dan lemak hewan. Biodiesel ini dihasilkan melalui reaksi esterifikasi dan transesterifikasi. minyak tumbuhan untuk bahan baku biodiesel kelompokkan menjadi minyak pangan dan minyak bukan pangan. Pembuatan biodiesel dari minyak pangan ini akan berdampak pada potensi ketersediaan bahan pangan (Efendi et al., 2012).

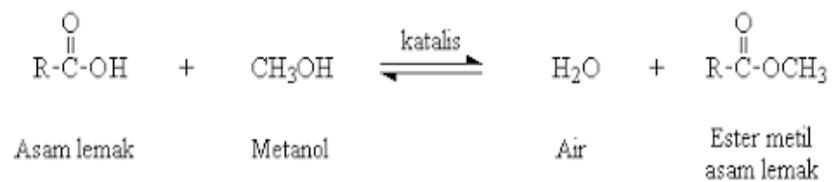
Menurut penelitian Badan Penilaian dan Aplikasi Sains dan Teknologi (BPPT), biodiesel dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar untuk mesin diesel atau campuran bahan bakar diesel dengan konsentrasi minimal 5% (B5). Huruf “B” digunakan untuk mengidentifikasi bahwa biodiesel dicampur dengan bahan bakar diesel. Contohnya :

- B5, bahan bakar biodiesel sebanyak 5% dicampur dengan bahan bakar diesel sebanyak 95%.
- B30, bahan bakar biodiesel sebanyak 30% dicampur dengan bahan bakar diesel sebanyak 70%.
- B50, bahan bakar biodiesel sebanyak 50% dicampur dengan bahan bakar diesel sebanyak 50%.
- B100, bahan bakar biodiesel sebanyak 100% tanpa dicampur dengan bahan bakar diesel.

## **2.2 Proses Transesterifikasi dan Esterifikasi Pada Pembuatan Biodiesel**

Esterifikasi dapat mereaksikan asam lemak dengan alkohol. Katalis yang biasa digunakan adalah katalis yang berkarakter asam kuat. Peranan esterifikasi ini dilakukan untuk menurunkan kadar FFA tinggi pada minyak jelantah. nilai FFA tinggi memiliki kadar lebih dari 2% dan untuk FFA rendah memiliki kadar kurang dari 2%. jika kadar FFA dalam minyak jelantah lebih dari 2% maka perlu dilakukan proses esterifikasi untuk menurunkan nilai FFA-nya. Kandungan asam lemak bebas atau *Free Fatty Acid* (FFA) bahan baku merupakan salah satu faktor penentu jenis proses

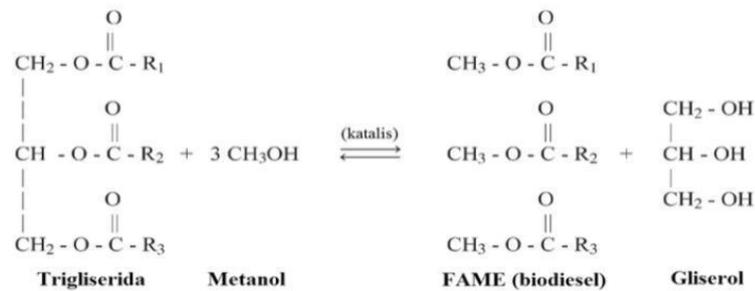
pembuatan biodiesel. Kadar FFA dalam minyak menunjukkan tingkat kerusakan minyak akibat pemecahan *triacilglicerol* dan oksidasi asam lemak. Pada tahap esterifikasi ini asam lemak bebas akan dikonversi menjadi metil ester dan dilanjutkan dengan tahap transesterifikasi (Efendi et al., 2012). Menurut (Arita et al., 2008) reaksi esterifikasi membutuhkan metanol dan katalis asam untuk mengubah FFA menjadi ester dan air. Penggunaan katalis asam ini dipergunakan agar tidak terjadinya proses saponifikasi dengan kandungan FFA tinggi. Berikut ini merupakan reaksi dari esterifikasi.



Gambar 2.1 Reaksi Esterifikasi

Transesterifikasi disebut juga alkoholisis adalah reaksi kimia pada minyak atau lemak dengan alkohol menggunakan katalis untuk membentuk ester dan gliserol. Transesterifikasi melibatkan tiga reaksi reversibel yaitu trigliserida diubah menjadi digliserida kemudian menjadi monogliserida yang diikuti oleh konversi monogliserida menjadi gliserol. Alkohol yang biasa digunakan pada reaksi ini yaitu metanol, etanol, propanol, butanol dan amil alkohol. Metanol merupakan alkohol yang sering digunakan karena harganya yang cukup murah. Reaksi transesterifikasi merupakan salah satu cara untuk mengurangi berat molekul trigliserida dan menurunkan viskositas, dimana viskositas merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan kelayakan penggunaan biodiesel.

Melalui transesterifikasi ini dapat mengubah trigliserida dalam minyak jelantah yang bereaksi dengan alkohol dan menghasilkan biodiesel atau FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) dan produk samping gliserida.



Gambar 2.2 Proses Transesterifikasi

Perbedaan proses esterifikasi dan transesterifikasi adalah pada proses esterifikasi dapat mengkonversi asam lemak menjadi metil ester sedangkan proses transesterifikasi dapat mengubah trigliserida menjadi ester. Transesterifikasi ini dikataliskan asam dan basa sedangkan esterifikasi berkataliskan asam.

### 2.3 Minyak Jelantah Sebagai Bahan Baku Biodiesel

Bahan baku biodiesel berasal dari trigliserida yang bersumber dari berbagai minyak nabati, seperti jarak pagar, kedelai, jagung kelapa sawit, dan minyak goreng bekas. Minyak goreng bekas atau biasa disebut minyak jelantah merupakan minyak bekas pakai yang telah digunakan berulang kali. Minyak jelantah mempunyai bilangan asam dan bilangan peroksida yang cenderung tinggi. Bilangan asam merupakan parameter kandungan asam lemak bebas suatu bahan dan bilangan peroksida merupakan indikator tingkat kerusakan pada minyak (Kurniasih, 2020).

Penggunaan minyak goreng untuk membuat makanan dapat dikatakan sangat tinggi, maka minyak jelantah yang dihasilkan jumlahnya melimpah. Pemanfaatan minyak jelantah masih kurang maksimal, hal ini disebabkan karena masyarakat belum banyak mengetahui mengenai cara mengolah minyak jelantah tersebut menjadi suatu produk yang bermanfaat. Salah satu pemanfaatan minyak jelantah yaitu sebagai bahan baku biodiesel, hal ini dapat membantu mengurangi konsumsi bahan bakar fosil dan mengurangi limbah minyak jelantah (Hamsyah Adhari & Putri Utami, 2016).

Minyak jelantah masih digunakan masyarakat terutama pedagang-pedagang. Minyak jelantah ini tidak baik jika digunakan kembali untuk memasak karena minyak jelantah ini banyak mengandung asam lemak bebas dan radikal yang akan membahayakan kesehatan. Minyak jelantah digunakan kembali meskipun minyak ini dapat merugikan kesehatan manusia, hal ini disebabkan karena pedagang tersebut akan merugi jika minyak goreng yang digunakan hanya sekali sampai tiga kali penggorengan saja. Proses pembuatan biodiesel dari minyak jelantah akan melewati tahap berikut (Kurniasih, 2020).

- a. Proses pemurnian minyak jelantah dari pengotor dan *water content*.
- b. Esterifikasi dari asam lemak bebas (*free fatty acids*).
- c. Transesterifikasi molekul trigliserida ke dalam bentuk metil ester.
- d. Pemisahan dan pemurnian.

Minyak jelantah memiliki potensi yang cukup besar untuk dikembangkan menjadi bahan bakar biodiesel karena memiliki asam lemak yang tinggi. Selain itu ketersediaan minyak jelantah yang sangat melimpah dapat berpotensi mencemari lingkungan dengan nilai kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan BOD (*Biology Oxygen Demand*) dalam perairan dan minyak jelantah ini juga dapat menimbulkan bau busuk akibat degradasi biologi (Prasetyo, 2018).

#### **2.4 Peranan Katalis CaO Pada Pembuatan Biodiesel**

Berdasarkan penelitian (Annisa et al., 2017) bahwa penggunaan katalis alkali pada reaksi transesterifikasi dapat menyebabkan terjadinya reaksi saponifikasi atau dapat membentuk sabun. Katalis CaO merupakan katalis yang memiliki ketersediaan melimpah dengan harga yang cukup murah. katalis CaO juga mampu menghalangi terjadinya pembentukan sabun.

Katalis CaO merupakan katalis heterogen dengan aktivitas katalitik dan kebasahan yang cukup tinggi serta memiliki kelarutan yang rendah dalam metanol dan penggunaannya lebih mudah karena tidak membutuhkan air pencucian yang berlebihan. Dari kekurangan katalis CaO maka diperlukan

penambahan zat aktif dengan mengkombinasikan katalis. Kombinasi katalis ini dapat meningkatkan aktivitas katalitik, memperbesar luas permukaan dan dapat mengurangi pembentukan sabun dalam pembuatan biodiesel.

## 2.5 Semikonduktor ZnO-TiO<sub>2</sub> sebagai Fotokatalis

Fotokatalis merupakan suatu proses yang dapat diterapkan untuk pemulihan lingkungan. fotokatalisis ini memerlukan cahaya tampak atau ultraviolet untuk mengaktifkan katalis yang kemudian bereaksi dengan dengan senyawa kimia yang berada pada dekat dengan permukaan katalis (Suiva, 2014). Suatu bahan dapat dijadikan fotokatalis jika memiliki daerah energi kosong yang disebut dengan energi sela (*band gap energy*).

Pada proses fotokatalitik, TiO<sub>2</sub> merupakan bahan semikonduktor tipe *Chalcogenide* yang dapat dimanfaatkan sebagai fotokatalis karena memiliki daerah energi yang kosong yang biasa disebut dengan celah pita energi. Katalis semikonduktor ini berfungsi sebagai katalis jika diiluminasi dengan foton yang memiliki energi yang setara atau lebih dari celah pita energi semikonduktor yang bersangkutan. Induksi oleh sinar akan menyebabkan terjadinya eksitasi elektron.

Semikonduktor merupakan bahan yang dapat berfungsi sebagai fotokatalis karena memiliki *band gap* yang terletak diantara batas pita konduksi dan pita valensi. Semikonduktor oksida logam seperti TiO<sub>2</sub> sering digunakan sebagai fotokatalis dalam penanganan limbah organik. Berdasarkan penelitian (Hao et al., 2015) metode fotokatalisis TiO<sub>2</sub> memiliki kelemahan yaitu penggunaan TiO<sub>2</sub> serbuk yang efisien yang disebabkan oleh beberapa hal seperti TiO<sub>2</sub> yang telah terdispersi sulit untuk diregenerasi, turunnya konsentrasi TiO<sub>2</sub> akibat turbulensi. Selain TiO<sub>2</sub>, ZnO juga merupakan bahan semikonduktor yang aktif. Semikonduktor ZnO memiliki beberapa sifat yang menguntungkan yaitu memiliki celah pita yang lebar, spektrum emisi kuat pada suhu kamar dan bersifat transparan jika dikenai sinar, sehingga banyak diaplikasikan sebagai bahan tambahan untuk meningkatkan aktivitas fotokatalis dari TiO<sub>2</sub>. Menurut (Haryati et al., 2012) penelitian semikonduktor fotokatalis ini dipergunakan untuk membuat lapisan tipis

semikonduktor pada plat kaca dengan menggunakan metode seperti teknik sol gel.

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Di bawah ini merupakan penelitian terlebih dahulu dalam pembuatan biodiesel.

Tabel 2.1 *Review* Penelitian Terdahulu

Penulis	Judul	Variasi	Hasil
St. Annisa Gani Rachim, Indah Raya, Muhammad Zakir (Annisa et al., 2017)	Modifikasi Katalis CaO Untuk Produksi Biodiesel Dari Minyak Bekas	Katalis CaO – ZnCl <sub>2</sub> rasio WCO 12:1 dengan 3% CaO - ZnCl <sub>2</sub> pada temperatur 65°C selama 4 jam	Yield biodiesel sebesar 77,94% dengan kadar air biodiesel 0,0053%, densitas pada suhu 40 °C adalah 0,9038 kg/m <sup>3</sup> dan bilangan asam 73,38 mg-KOH/g
Muhammad Zaki, Husni Husin, Pocut Nurul Alam, Darmadi, Cut Meurah Rosnelly, Nurhazanah (Zaki et al., 2019)	Transesterifikasi Minyak Biji Buta-Buta menjadi Biodiesel pada Katalis Heterogen Kalsium Oksida (CaO)	Temperatur (55, 60, 65, 70°C) rasio methanol:min yak (3:1, 6:1, 12:1, 15:1) selama 3 jam, 6% wt CaO	Hasil biodiesel terbaik mencapai 96,7% pada rasio 12:1 dan suhu reaksi 65 °C

<p>Nur Hidayati, Tesa Suci Ariyanto, Henri Septiawan (Hidayati et al., 2017)</p>	<p>Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas Menjadi Biodiesel Dengan Katalis Kalsium Oksida</p>	<p>Rasio molar (9:1, 12:1, 15:1) katalis (1%, 2%, 3%) suhu (30, 45, 60 °C) waktu reaksi (1,5, 2, 2,5 jam)</p>	<p>Yield tertinggi yaitu 53% pada kondisi rasio 15:1 katalis 3% pada suhu 60 °C dan waktu reaksi 2 jam</p>
<p>Mengli Guo, Weiqiang Jiang, Chao Chen, Shaokang Qu, Jie Lu, Weiming Yi, Jincheng Ding (Guo et al., 2021)</p>	<p><i>Process optimization of biodiesel production from waste cooking oil by esterification of free acids using La<sup>3+</sup>/ZnO-TiO<sub>2</sub> photocatalyst</i></p>	<p>Rasio molar etanol:minya k = 8:1, 10:1, 12:1, 14:1, katalis 2 wt%, 3 wt%, 4 wt%, 5 wt%, waktu penyinaran UV 2.5 h, 3 h, 3.5 h, 4 h, waktu reaksi 2 h, 2.5 h, 3 h, 3.5 h</p>	<p>Pada 35 °C, etanol:minyak molar rasio 12:1, katalis 4 wt%, waktu penyinaran UV 3 jam, waktu reaksi 3 jam, konversi FFA mencapai 96.14%. Setelah 5 kali percobaan laju konversi dari FFA mencapai lebih dari 87%</p>
<p>Hamsyah Adhari, Yusnimar, Syelvia Putri Utami</p>	<p>Pemanfaatan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel Dengan Katalis ZnO Presipitan</p>	<p>Mol rasio minyak:meta nol = 1:18, ZnO katalis 0,5%, 0,6% dan 0,7%;</p>	<p>Nilai biodiesel yield tertinggi yaitu 94.31% pada katalis 0.7% w / w minyak</p>

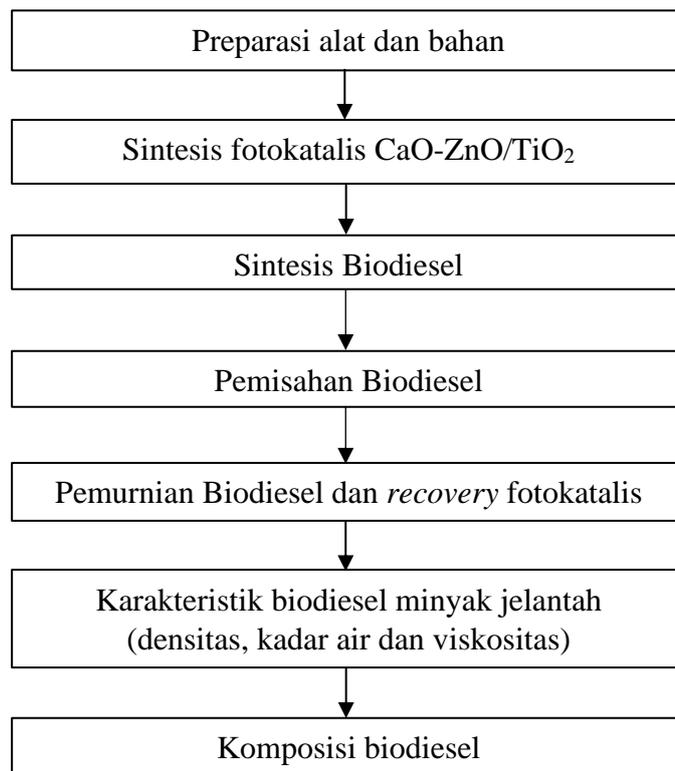
(Hamsyah Adhari & Putri Utami, 2016)	Zinc Karbonat: Pengaruh Waktu Reaksi dan Jumlah Katalis	serta waktu reaksi 50, 75, and 100 minutes.	jelantah dengan waktu reaksi 100 menit.
Joni Prasetyo (Prasetyo, 2018)	Studi Pemanfaatan Minyak Jelantah Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel	Jumlah NaOH 10, 20, 40, 55, 70 dan rasio <i>excess</i> etanol 0, 25, 50, 75, 100%	Kondisi optimum didapatkan dengan menggunakan 10 ml NaOH 2M dengan 0% excess ethanol sebesar 196.64 gr/200 gr minyak jelantah dan dapat menurunkan nilai FFA hingga dibawah 0.5%
Rian Efendi, Husna Aulia Nur Faiz, Enrie Risky Firdaus	Pembuatan Biodiesel Minyak Jelantah Menggunakan Metode Esterifikasi- Transesterifikasi Berdasarkan Jumlah Pemakaian Minyak Jelantah	Jumlah pemakaian minyak jelantah	Densitas rata-rata 0.86 kg/mm <sup>2</sup> , visko rata-rata 4.54 cSt, bilangan asam rata-rata 0.372 mg KOH/gr. Nilai rendemen rata-rata 83.268%

## BAB III

### METODELOGI PERCOBAAN

#### 3.1 Tahapan Penelitian

Di bawah ini merupakan tahapan penelitian sintesis biodiesel berbahan dasar minyak jelantah dengan bantuan fotokatalis CaO-ZnO/TiO<sub>2</sub>.



Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Sintesis Biodiesel

#### 3.2 Prosedur Penelitian

Di bawah ini merupakan prosedur penelitian dalam pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan menggunakan katalis CaO-ZnO/TiO<sub>2</sub> yang digunakan.

##### 3.2.1 Preparasi Minyak Jelantah

Pada preparasi minyak jelantah dilakukan dengan menyaring minyak jelantah menggunakan kertas saring untuk memisahkan makanan yang tersisa dalam minyak jelantah. Setelah itu minyak jelantah yang sudah di saring dipanaskan pada suhu 110°C untuk

menghilangkan kandungan air pada minyak jelantah. (Citra Dewi & Slamet, 2019).

### **3.2.2 Preparasi ZnO/TiO<sub>2</sub>**

Dalam mempersiapkan katalis ZnO/TiO<sub>2</sub> diawali dengan mempersiapkan 18 gram TiO<sub>2</sub> P25 Degussa. Kemudian mempersiapkan larutan Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O sebanyak 7,333 gram yang dilarutkan dengan 100 ml aquades. Setelah itu campurkan TiO<sub>2</sub> P25 Degussa ke dalam larutan prekursor, kemudian diaduk selama 30 menit dan dikeringkan 24 jam pada suhu 120°C. Setelah itu dikalsinasi pada suhu 500°C selama 12 jam (Mahangani et al., 2015).

### **3.2.3 Preparasi Katalis CaO-ZnO/TiO<sub>2</sub>**

Setelah preparasi katalis ZnO/TiO<sub>2</sub>, dilanjutkan dengan proses impregnasi katalis CaO-ZnO/TiO<sub>2</sub> dengan perbandingan katalis CaO dan ZnO/TiO<sub>2</sub> sebesar 9:1. Dimana katalis di impregnasi menggunakan pengaduk magnetik sampai homogen selama 3 jam dengan suhu 60°C. Endapan yang terbentuk kemudian disaring dan dimasukkan ke dalam oven pada suhu 110°C selama 24 jam. Kemudian CaO-ZnO/TiO<sub>2</sub> dikalsinasi pada suhu 500°C selama 5 jam. Katalis CaO-ZnO/TiO<sub>2</sub> yang telah dihasilkan kemudian dikarakterisasi menggunakan XRD (Santoso et al., 2019).

### **3.2.4 Karakterisasi Komposit CaO-ZnO/TiO<sub>2</sub> Menggunakan XRD**

Difraksi sinar-X (*X-Ray Diffractometer*) adalah instrumen yang digunakan untuk mengidentifikasi struktur material kristalit maupun non-kristalit dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar-X. (Kusuma, 2013).

#### **3.2.4.1 Uji Kadar FFA Minyak Jelantah**

Sebanyak 4 gram minyak jelantah ditimbang dalam erlenmeyer menggunakan neraca analitik. Setelah itu ditambahkan metanol sebanyak 10 ml dan dipanaskan selama 30 menit. Setelah itu didinginkan dicampurkan dengan indikator PP dan dititrasi menggunakan NaOH 0,1N sampai berubah warna menjadi merah

muda yang tidak hilang selama 30 detik. Penentuan bilangan asam dan kadar FFA dapat dilakukan dengan rumus:

$$\%FFA = \frac{m NaOH \times n NaOH \times BM Minyak}{m \times 10} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan:

m = Massa minyak (gram)

BM = Berat molekul minyak (g/mol)

n = normalitas

### 3.2.5 Sintesis Biodiesel

Proses sintesis biodiesel digunakan dengan menggunakan radiasi UV. Minyak jelantah dimasukkan ke dalam reaktor dan dicampurkan dengan minyak jelantah:metanol pada rasio 1:10, 1:12, dan 1:14 dengan bantuan katalis sebanyak 2 (b/b)%, 3 (b/b)%, dan 4 (b/b)%. dari berat total minyak. Reaksi dilakukan pada suhu 60°C selama 3 jam. Pada proses sintesis biodiesel ini menggunakan variasi sebagai berikut.

Tabel 3.1. Rasio Molar dan Variasi Berat Katalis

Rasio Molar (Minyak:Metanol)	Jumlah Katalis
1:10	2 (b/b)%
1:12	3 (b/b)%
1:14	4 (b/b)%

### 3.2.6 Pemisahan Biodiesel

Memisahkan larutan hasil sintesis biodiesel dengan katalis menggunakan pompa vakum, setelah itu memasukan hasil sintesis biodiesel ke dalam corong pemisah, lalu pisahkan gliserol dengan biodiesel. Pada proses ini menghasilkan biodiesel dan gliserol.

Pemisahan katalis dilakukan dengan cara mencuci katalis dengan metanol kemudian disaring menggunakan pompa vakum. Katalis yang sudah terpisah dapat digunakan kembali pada proses transesterifikasi.

### 3.2.7 Pemurnian Biodiesel

Pemurnian dilakukan dengan cara memanaskan biodiesel pada suhu 110°C untuk menghilangkan kadar air yang masih tersisa. Setelah itu panaskan biodiesel pada suhu 110°C selama 15 menit.

### 3.2.8 Karakteristik Biodiesel

#### a. Uji Densitas

Piknometer dibilas dengan aquades lalu dibilas kembali dengan aseton dan dikeringkan dan piknometer ditimbang dalam keadaan kosong dan kering (W1) Setelah itu piknometer diisi dengan metil ester dan bagian luarnya dilap hingga kering dan ditimbang (W2). Untuk menghitung densitas digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{W2-W1}{V(\text{piknometer})} \dots \dots \dots (3.2)$$

Keterangan:

$\rho$  = Densitas (g/mL)

W1 = Massa piknometer (g)

W2 = Massa piknometer + sampel (g)

#### b. Uji Viskositas

Viskometer dibilas dengan aquades dan dikeringkan, kemudian masukan biodiesel pada viskometer sampai batas pada viskometer dan perhatikan penurunan dari biodiesel sampai batas pada viskometer dan catat waktu selama penurunan.

#### c. Uji Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan dengan cara memanaskan biodiesel pada suhu 110°C untuk menghilangkan kadar air yang masih tersisa. Setelah itu panaskan biodiesel pada suhu 110°C

selama 15 menit. Untuk menghitung kadar air menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\%Kadar\ Air = \frac{W_2 - W_3}{W_2} \times 100\% \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan:

W1 = berat sampel (g)

W2 = berat cawan + sampel minyak sebelum dipanaskan (g)

W3 = berat cawan + sampel minyak setelah dikeringkan (g)

#### d. Menghitung Yield Biodiesel

Massa biodiesel yang dihasilkan dibagi dengan massa minyak jelantah yang digunakan sebagai umpan. Berikut rumus menghitung yield biodiesel.

$$\%Yield = \frac{Biodiesel\ (g)}{Minyak\ Jelantah\ (g)} \times 100\% \dots\dots\dots (3.4)$$

### 3.2.9 Komposisi Biodiesel

Untuk menentukan komposisi biodiesel dilakukan menggunakan metode Analisa GCMS. Metode GCMS (*Gas Chromatography Mass Spectroscopy*) dapat mengukur kandungan dalam suatu sampel secara kualitatif dan kuantitatif. Metode ini merupakan perpaduan dari dua instrument, yaitu kromatografi gas berfungsi untuk memisahkan senyawa tunggal dan spektroskopi massa berfungsi untuk mendeteksi senyawa berdasarkan fragmentasinya.

Prinsip kerja instrumen GC MS yaitu sampel diinjeksikan ke dalam kromatografi gas diubah menjadi fasa uap lalu melewati kolom kapiler dengan bantuan gas pembawa. Pendeteksian senyawa berlangsung dalam spektroskopi massa dengan penembakan senyawa oleh elektron menjadi molekul terionisasi. Pola fragmentasi yang terbentuk kemudian dibandingkan dengan pola fragmentasi senyawa standar yang diindikasikan dengan persentase *Similarity Index* (SI).

### 3.3 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

#### 3.3.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari alat utama dan alat pendukung untuk analisis.

1. Alat utama yang digunakan adalah sebagai berikut:
  - a. Cawan
  - b. *Centrifuge*
  - c. Corong Pemisah
  - d. Furnance
  - e. Gelas Beaker
  - f. Gelas Ukur
  - g. *Hotplate*
  - h. Neraca Analitik
  - i. Oven
  - j. Pengaduk magnetik
  - k. Pipet Tetes
  - l. Rangkaian Alat Reflux
  - m. Sunar Ultra Violet
  - n. *Stopwatch*
2. Alat-alat pendukung merupakan alat analisis yang digunakan dalam penelitian ini, diantaranya:
  - a. Bulb
  - b. Labu Leher Tiga
  - c. Oven
  - d. Piknometer
  - e. Pipet tetes
  - f. Pipet Volume
  - g. Viskometer
  - h. Neraca Massa

### 3.3.2 Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Aseton
- b. Aquades
- c. CaO
- d. Indikator PP
- e. Kertas Saring
- f. KOH
- g. Minyak Jelantah
- h. Metanol
- i. NaOH
- j. TiO<sub>2</sub> P25 Degussa
- k. Zink nitrat heksahidrat

### 3.4 Variabel Percobaan

Variabel percobaan pada penelitian ini terdiri dari variabel terikat, variabel bebas dan variabel kontrol. Variabel terikat pada penelitian ini adalah nilai viskositas, densitas, dan yield biodiesel. Variabel bebas pada penelitian ini adalah perbandingan molar metanol: minyak jelantah sebesar 10:1, 12:1, dan 14:1, jumlah katalis sebesar 2 (b/b)%, 3 (b/b)%, dan 4 (b/b)%. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah waktu reaksi.

### 3.5 Metode Pengumpulan dan Analisis Data

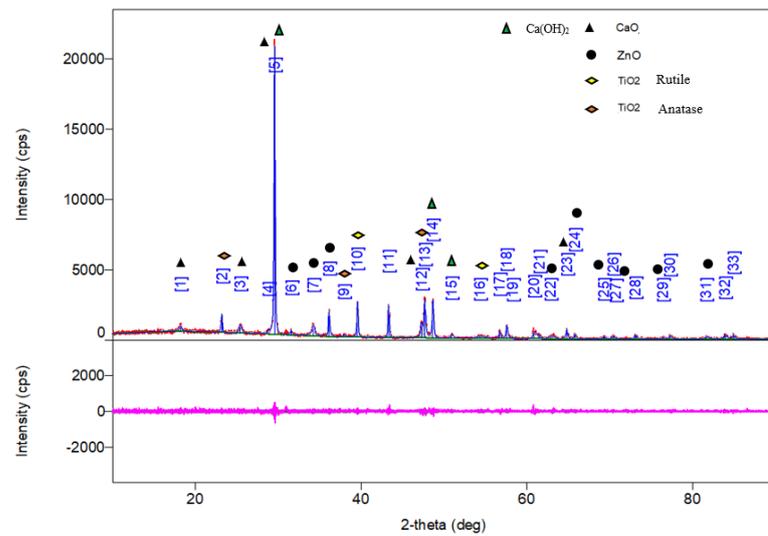
Adapun pengumpulan data pada penelitian ini mengambil data dari tahap karakteristik uji XRD dan GC-MS yang telah dilakukan.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Karakteristik Fotokatalis dengan XRD (X-Ray Diffraction)

Difraksi Sinar-X dipergunakan untuk memperoleh informasi tentang tingkat kristalin suatu material. Berikut merupakan hasil XRD sintesis fotokatalis CaO-ZnO/TiO<sub>2</sub>.



Gambar 4.1 Hasil XRD Dari Fotokatalis CaO-ZnO/TiO<sub>2</sub>

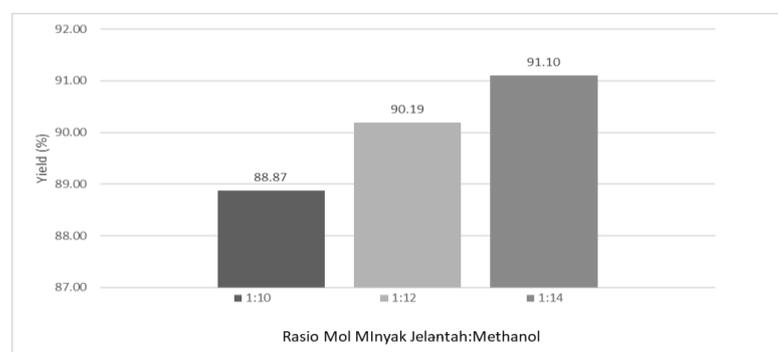
Adapun beberapa aplikasi dapat mengidentifikasi sampel berdasarkan puncak kristalinitas. Difraksi Sinar-X ini merupakan metode yang digunakan menggunakan bantuan radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang pendek yang sesuai dengan jarak atom atau bidang kristal. Berdasarkan hasil XRD pada gambar 4.1 katalis CaO menunjukkan intensitas puncak pada sudut 2-theta 18.23°, 25.403°, 28.79°, 47.270°, dan 64.819° (JCPDS No. 37-1497) berdasarkan data menurut (Istadi et al., 2015), selain CaO terdapat juga Ca(OH)<sub>2</sub> pada 2-theta 29.564°, 48,666°, dan 50,94 ° (Lesbani et al., 2013). Katalis ZnO menunjukkan intensitas puncak pada sudut 2-theta 31.57°, 34.23°, 36.120°, 56.705°, 62.871°, 65.754°, 69.32°, 70.71°, 76.42°, dan 82.65° yang dikategorikan sebagai ZnO wurtzite fase heksagonal (JCPDS File No.36-1451). Katalis TiO<sub>2</sub> Anatase menunjukkan intensitas puncak pada sudut 2-theta 23.227°, 37.892°, dan 47.666° (JCPDS No. 21-1272). Katalis TiO<sub>2</sub> Rutile menunjukkan intensitas puncak pada sudut 2-theta

39.565°, 54.34°, 60,879° dan 61.521° (JCPDS No. 21-1276) berdasarkan data menurut (Li et al., 2014). Beberapa peak impurities terdeteksi pada sudut 2-theta yaitu 43.301°, 57.556°, 58.26°, 70.39°, 73.08°, 77.27°, 83.92°, dan 84.936°.

## 4.2 Sintesis Biodiesel

### 4.2.1 Pengaruh Variasi Rasio Minyak Jelantah : Metanol Terhadap Yield Biodiesel

Berikut merupakan hasil dari perbandingan antara variasi rasio terhadap yield biodiesel.



Gambar 4.2 Pengaruh Variasi Rasio Minyak Jelantah : Metanol Terhadap Yield Biodiesel

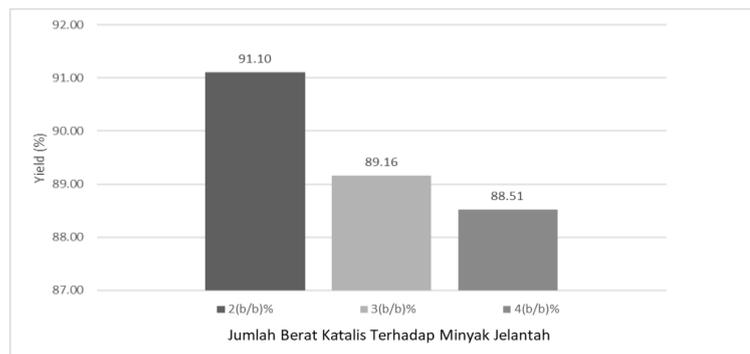
Berdasarkan gambar 4.2 hasil yield yang terbaik ialah pada Rasio Molar Minyak Jelantah: Metanol dengan perbandingan 1:14 menghasilkan yield sebesar 91.10%. Berdasarkan stoikiometrinya, untuk memperoleh 3 mol alkil ester dan 1 mol gliserol membutuhkan 3 mol alkohol untuk setiap 1 mol trigliserida. Semakin banyak jumlah alkohol yang digunakan akan menghasilkan konversi ester yang semakin besar (Thomas, 2017).

Peningkatan perbandingan mol minyak terhadap metanol juga akan meningkatkan yield biodiesel. Meningkatnya jumlah molar metanol akan menggeser reaksi ke arah kanan atau produk biodiesel sehingga akan meningkatkan yield biodiesel. Menurut penelitian (Akhihiero, dkk., 2013) katalis CaO membutuhkan alkohol yang banyak untuk meningkatkan hasil biodiesel. Dari percobaan yang sudah dilakukan didapatkan hasil yield yang

terbaik ialah pada Rasio Molar Minyak Jelantah: Metanol dengan perbandingan 1:14.

#### 4.2.2 Pengaruh Variasi Jumlah Katalis Terhadap Yield Biodiesel

Berikut merupakan hasil dari perbandingan antara variasi jumlah katalis terhadap yield biodiesel.



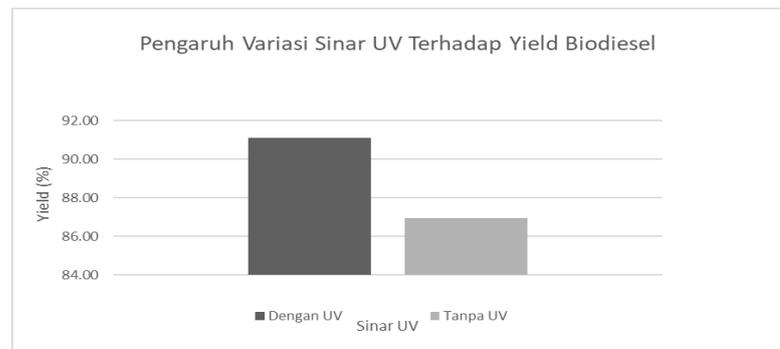
Gambar 4.3 Pengaruh Variasi Jumlah Katalis Terhadap Yield Biodiesel

Pada gambar 4.3 ini memperoleh hasil pada jumlah katalis 2 (b/b)% minyak jelantah menghasilkan yield yang paling tinggi yaitu memperoleh yield sebesar 91.10%. Pada sintesis biodiesel minyak jelantah dan metanol dengan katalis CaO-ZnO/TiO<sub>2</sub> sebanyak 2 (b/b)% minyak jelantah memiliki laju yang tinggi, hal ini dibuktikan dengan lapisan metil ester yang terbentuk lebih banyak dibandingkan jumlah katalis lainnya.

Pada hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian (Taslim,2017) dimana yield biodiesel terbesar didapat pada jumlah katalis sebesar 2 (b/b)%. Pada sintesis biodiesel dengan penambahan katalis CaO-ZnO/TiO<sub>2</sub> sebesar 3(b/b)% dan 4(b/b)% tidak mengalami peningkatan biodiesel. Penambahan jumlah katalis ini tidak dapat meningkatkan yield biodiesel disebabkan adanya keterbatasan perpindahan massa dan tingginya viskositas pada campuran reaksi. Keterbatasan perpindahan massa yang terjadi inilah yang akan mempersulit pencampuran dari reaktan dan mengakibatkan penurunan yield biodiesel. Berdasarkan penelitian (Mantovani, 2017) semakin banyak jumlah katalis CaO yang digunakan pada reaksi transesterifikasi akan menurunkan yield pada biodiesel.

### 4.2.3 Pengaruh Variasi Sinar UV Terhadap Yield Biodiesel

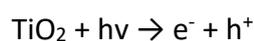
Berikut merupakan hasil dari pengaruh variasi sinar UV terhadap yield biodiesel.



Gambar 4.4 Pengaruh Variasi Sinar UV Terhadap Yield Biodiesel

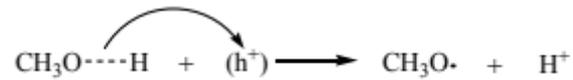
Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.4 bahwa hasil yield biodiesel yang dihasilkan saat reaksi menggunakan sinar UV lebih besar dibandingkan dengan reaksi tanpa menggunakan sinar UV dimana masing-masing menghasilkan yield sebesar 91,1% dan 86,96%.

Pada reaksi transesterifikasi menggunakan fotokatalis ini dilakukan pada ruang atau reaktor tertutup dengan perbandingan molar 1:14 (minyak jelantah:metanol). Pada penelitian ini selama reaksi dilakukan pengadukan agar dapat menambah kecepatan pada partikel sehingga reaksi akan berjalan lebih cepat. Pada reaksi ini katalis  $\text{CaO-ZnO/TiO}_2$  bertindak sebagai bifungsional. dimana bifungsional ini dapat mengalami dua atau lebih mekanisme reaksi dengan hasil produk yang sama. Pada penelitian ini terjadi dua mekanisme reaksi dalam waktu yang sama. dimana,  $\text{CaO-ZnO}$  berfungsi sebagai katalis basa heterogen dan  $\text{TiO}_2$  berfungsi sebagai fotokatalis. Mekanisme reaksi dari fotokatalis  $\text{CaO-ZnO/TiO}_2$  adalah sebagai berikut (Corro, dkk. 2013).

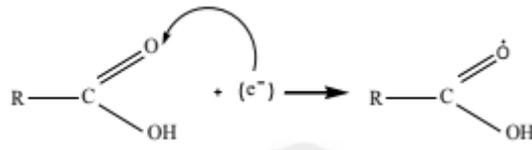


Pada tahap ini ketika  $\text{TiO}_2$  dikenai sinar ultraviolet maka akan terjadi ionisasi intrinsik material semi konduktor sehingga elektron pada pita valensi akan tereksitasi ke pita konduksi. Pada tahap selanjutnya pada pita valensi ini

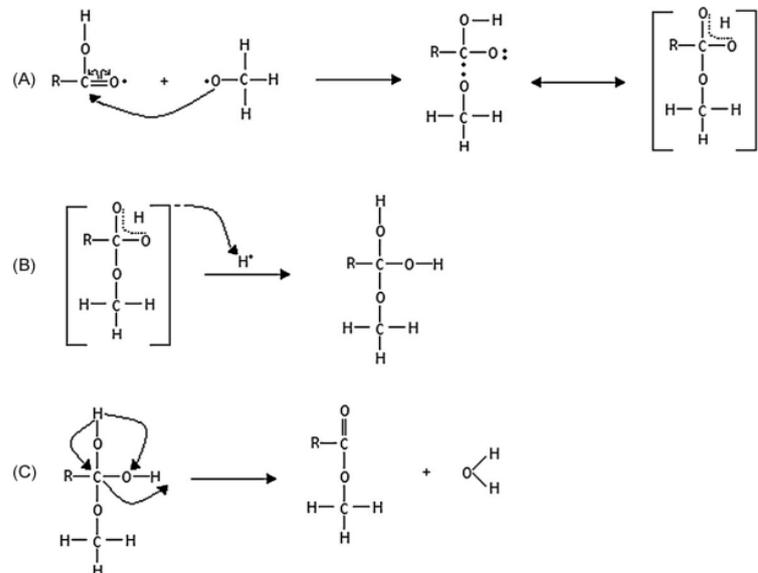
akan meninggalkan hole ( $h^+$ ) yang bermuatan positif kemudian akan mereduksi metanol yang teradsorpsi pada permukaan dan menghasilkan ion hidrogen dan radikal  $\text{CH}_3\text{O}^\cdot$ .



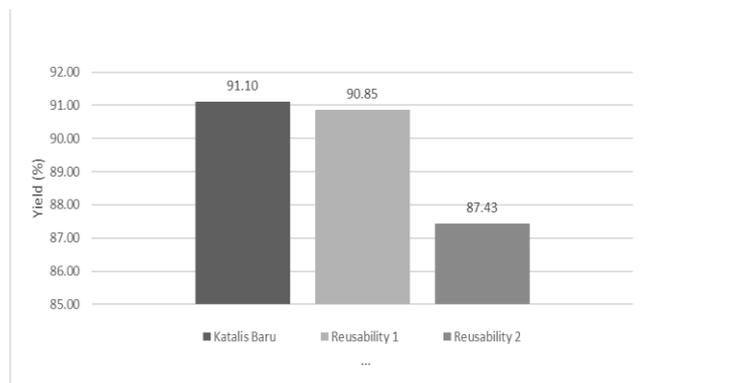
Kemudian pada waktu yang bersamaan elektron ( $e^-$ ) pada pita konduksi akan mereduksi asam lemak bebas yang teradsorpsi pada permukaan katalis sehingga membentuk radikal  $\text{HOOC}\cdot\text{R}$ .



Terbentuknya  $\text{H}^+$ ,  $\text{CH}_3\text{O}^\cdot$ , dan  $\text{HOOC}\cdot\text{R}$  akan bereaksi untuk membentuk intermediet dan produk akhir berupa metil ester asam lemak dan air yang dihasilkan selama proses fotokatalis



#### 4.2.4 Pengaruh Penggunaan Ulang Terhadap Yield Biodiesel



Gambar 4.5 Pengaruh Penggunaan Ulang Terhadap Yield Biodiesel

Untuk mempelajari stabilitas katalis dan pengaruh penggunaan berulang katalis, katalis pada penelitian ini akan digunakan sebanyak tiga kali pemakaian. Katalis ini dicuci menggunakan metanol lalu dioven dan dikalsinasi ulang. Dari gambar 4.5 terlihat bahwa penggunaan ulang katalis CaO-ZnO/TiO<sub>2</sub> ini menurun dari pemakaian pertama, kedua dan ketiga dengan nilai yield berturut-turut ialah sebesar 91,10%, 90,85%, dan 87,43%. Penurunan yield biodiesel terjadi karena kurang aktifnya katalis yang diakibatkan oleh permukaan katalis atau pori pori katalis tertutup oleh sisa campuran umpan (Roschat, 2016).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Guo, dkk., 2021) pengaruh penggunaan ulang katalis sebanyak lima kali terhadap yield biodiesel menghasilkan nilai yield biodiesel yang semakin menurun. Besar yield biodiesel yang dihasilkan dari penggunaan ulang ke-1 sampai ke-5 berurutan sebesar 95,8%, 93,4%, 91,6%, 89,3%, dan 87,8%.

#### 4.3 Karakteristik Biodiesel

Karakteristik biodiesel dilakukan dengan uji densitas, viskositas, dan kadar air terhadap biodiesel yang dihasilkan. Uji ini dilakukan untuk membuktikan apakah proses transesterifikasi langsung dapat menurunkan densitas minyak jelantah. berikut merupakan data karakteristik biodiesel.

Tabel 4.1 Pengaruh Variasi Terhadap Densitas, Viskositas dan Kadar Air

<b>SAMPEL</b>	<b>Jumlah Katalis</b>	<b>Densitas (Kg/l)</b>	<b>Viskositas (cSt)</b>	<b>Kadar Air (%)</b>
1:10	2(b/b)%	869	5,568	0,052
	3(b/b)%	878	5,049	0,046
	4(b/b)%	881	5,382	0,048
1:12	2(b/b)%	859	5,265	0,048
	3(b/b)%	875	5,468	0,048
	4(b/b)%	878	4,773	0,054
1:14	2(b/b)%	876	4,443	0,047
	3(b/b)%	872	5,064	0,045
	4(b/b)%	867	4,523	0,049
1:14 (Reusability 1)	2(b/b)%	869	5,014	0,048
1:14 (Reusability 2)	2(b/b)%	866	5,081	0,044
1:14 (Tanpa sinar UV)	2(b/b)%	873	5,158	0,052

Dari data yang diperoleh pada penelitian ini menghasilkan data yang sudah sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 7182:2015). Penelitian ini sudah melalui beberapa tahap uji karakteristik biodiesel dan uji yang dilakukan sudah sesuai dengan SNI.

#### 4.3.1 Densitas

Biodiesel yang memiliki berat jenis (densitas) yang tinggi melebihi standar nasional Indonesia (SNI 7182:2015) dengan rentang densitas sebesar 850-890 kg/l akan meningkatkan keausan pada mesin, emisi dan menyebabkan kerusakan pada mesin. berat jenis bahan bakar ini berhubungan dengan kekentalan bahan bakar. Pada penelitian ini, densitas yang diperoleh telah sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 7182:2015).

Biodiesel yang dihasilkan dari penelitian ini sudah masuk rentang yang ditetapkan Standar Nasional Indonesia yaitu (850-890 kg/l). Densitas ini berkaitan langsung dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel. Densitas yang rendah akan menghasilkan nilai kalor yang tinggi. Jika dibandingkan dengan bahan baku minyak jelantah terjadi penurunan densitas. Hal ini terjadi karena proses transesterifikasi yang dapat menurunkan densitas karena adanya pemutusan rantai gliserol yang terdapat pada minyak jelantah.

#### **4.3.2 Viskositas**

Nilai viskositas biodiesel berdasarkan (SNI 7182:2015) memiliki rentang nilai sebesar 2,3 - 6 cSt. Nilai viskositas biodiesel pada penelitian ini memenuhi standar SNI 7182:2015. Berdasarkan analisis Sidik Ragam diketahui bahwa viskositas biodiesel akan mengalami penurunan seiring meningkatnya rasio molar umpan. Menurut penelitian (Putri, dkk tahun, 2012) penyebab perbedaan biodiesel yang dihasilkan yaitu karena adanya impuritis yang masih terkandung dalam biodiesel berupa sisa-sisa reaktan yang tidak bereaksi serta disebabkan karena pemisahan yang kurang sempurna.

#### **4.3.3 Kadar Air**

Kualitas biodiesel dapat ditentukan oleh kemurnian senyawa metil ester di dalam biodiesel. Pada penelitian ini kadar air yang terkandung dalam biodiesel masih dalam range (SNI 7182:2015) dimana kandungan air maksimal yang terkandung dalam biodiesel adalah sebesar 0,05%. Dari hasil penelitian ini kandungan air pada biodiesel telah sesuai dengan standar namun ada beberapa variasi yang sedikit melebihi standar.

### **4.4 Hasil Uji Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)**

Metil ester diperoleh dari proses transesterifikasi selanjutnya dianalisis dengan menggunakan GC-MS. Analisis GC-MS ini bertujuan untuk mengetahui komponen senyawa yang terkandung pada biodiesel. Hasil analisis GC-MS sampel biodiesel diberikan pada table dibawah ini.

Tabel 4.2 Komposisi Biodiesel Hasil Percobaan

<b>Nama IUPAC</b>	<b>Rumus Kimia</b>	<b>Kandungan (%)</b>
Dodeconoic acid, methyl ester	$C_{13}H_{26}O_2$	2,30%
Tetradecanoid acid, methyl ester	$C_{15}H_{30}O_2$	30,71%
Hexadecanoid acid, methyl ester	$C_{17}H_{34}O_2$	0,46%
9-hexadecanoic acid, methyl ester	$C_{18}H_{38}O_4$	8,84%
Octadecanoid acid, methyl ester	$C_{19}H_{38}O_2$	36,92%
9-octadecanid acid, methyl ester	$C_{19}H_{36}O_2$	1,70%
9-octadecanid acid, methyl ester	$C_{19}H_{36}O_2$	16,96%
9,12-octadecadienoic acid, methyl ester	$C_{19}H_{34}O_2$	0,75%
8,11- octadecadienoic acid, methyl ester	$C_{18}H_{32}O_2$	0,63%
Ethyl linoleoleate	$C_{20}H_{38}O_2$	0,73%

Berdasarkan data diatas, biodiesel hasil sintesis ini menghasilkan peak sebanyak 10 peak dengan kadar Fatty Acid Methyl Ester (FAME) sebesar 99,27%. Hasil ini telah sesuai dengan standar (SNI 7182:2015) karena telah menghasilkan lebih dari standar minimal kadar methyl ester yaitu 96,50%. Terlihat pada table 4.2 kandungan biodiesel dari minyak jelantah terbanyak adalah asam stearat sebesar (36,92%), asam miristik sebesar (30,71%), dan asam oleat (16,96%). Hasil ini sudah sesuai dengan kandungan asam lemak pada bahan baku pembuatan biodiesel, seperti: asam palminat, asam stearat, asam miristik, asam laurat, asam kaprik, asam linoleate dan asam oleat (Departemen Perindustrian, 2007).

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Kondisi terbaik pada penelitian biodiesel ini adalah pada variasi rasio sebesar 1:14 dengan jumlah katalis sebesar 2wt% menggunakan sinar UV dengan nilai yield sebesar 91,10%.
2. Penggunaan sinar UV dapat meningkatkan nilai yield biodiesel dimana nilai yield sebesar 91,1% sedangkan tanpa UV nilai yield biodiesel sebesar 86,96%
3. Penggunaan ulang katalis CaO-ZnO/TiO<sub>2</sub> sebanyak tiga kali menghasilkan yield biodiesel yang semakin turun yaitu sebesar 91,1%, 90,85% dan 87,43%
4. Penggunaan katalis CaO-ZnO/TiO<sub>2</sub> menghasilkan karakteristik densitas dan viskositas yang sesuai dengan (SNI 182:2015) Dimana nilai densitas di rentan 850-890 Kg/m<sup>3</sup> dan viskositas direntang 2,4-6 cSt.

#### **5.2 Saran**

Adapun saran yang dapat dilakukan untuk memperbaiki penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penyimpanan katalis dilakukan ditempat kedap udara agar kualitas katalis dapat terjaga
2. Persiapan minyak jelantah dan katalis lebih banyak dari yang dibutuhkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Annisa, S., Rachim, G., Raya, I., & Zakir, M. (2017). *MODIFICATION OF CAO CATALYST TO PRODUCE BIODIESEL FROM WASTE COOKING OIL* Modifikasi Katalis CaO Untuk Produksi Biodiesel Dari Minyak Bekas. 5(1), 459–464.
- Arita, S., Afrianto, I., & Fitriana, Y. (2008). Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Menggunakan Reaksi 2 Tahap (Esterifikasi dan Transesterifikasi). *Jurnal Teknik Kimia*, 15(4), 57–65.
- Akhihiero, E. T., Oghenejoboh, K. M., & Umukoro, P. O. (2013). Effects of Process Variables on Transesterification Reaction of Jatropha Curcas Seed Oil for the Production of Biodiesel. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 3(6), 388–393.
- Citra Dewi, A. S., & Slamet. (2019). Novel approach of esterification process using heterogeneous catalyst in biodiesel synthesis from waste cooking oil. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 509(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/509/1/012012>
- Efendi, R., Aulia, H., Faiz, N., & Firdaus, E. R. (2012). Pembuatan Biodiesel Minyak Jelantah Menggunakan Metode Esterifikasi-Transesterifikasi Berdasarkan Jumlah Pemakaian Minyak Jelantah Biodiesel Production From Waste Cooking Oil By Esterification-Transesterification Methods Based on Amount of Used Cooking Oi. *Industrial Research*, 7182, 2,4.
- Guo, M., Jiang, W., Chen, C., Qu, S., Lu, J., Yi, W., & Ding, J. (2021). Process optimization of biodiesel production from waste cooking oil by esterification of free fatty acids using La<sup>3+</sup>/ZnO-TiO<sub>2</sub> photocatalyst. *Energy Conversion and Management*, 229(September 2020), 113745. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113745>
- Hamsyah Adhari, D., & Putri Utami, S. (2016). PEMANFAATAN MINYAK JELANTAH MENJADI BIODIESEL DENGAN KATALIS ZnO PRESIPITAN ZINK CARBONAT:PENGARUH WAKTU REAKSI. *Jom FTEKNIK*, 3(2), 1.

- Hao, L., Lu, Y., & Guan, S. (2015). *Preparation, Characterization and Photocatalytic Activity of TiO<sub>2</sub>/Fe Composite Coatings*. 2013, 314–319. [https://doi.org/10.1142/9789814678971\\_0047](https://doi.org/10.1142/9789814678971_0047)
- Haryanto, A., Silviana, U., Triyono, S., & Prabawa, S. (2015). Produksi Biodiesel Dari Transesterifikasi Minyak Jelantah Dengan Bantuan Gelombang Mikro: Pengaruh Intensitas Daya Dan Waktu Reaksi Terhadap Rendemen Dan Karakteristik Biodiesel. *Jurnal Agritech*, 35(02), 234. <https://doi.org/10.22146/agritech.13792>
- Haryati, T., Andarini, N., & Febrianti, M. I. (2012). Sintesis Lapis Tipis Fotokatalis ZnO-TiO<sub>2</sub> Menggunakan Metode Sol Gel dengan PEG ( Polyethylene Glycol) Sebagai Pelarut. *Ilmu Dasar*, 13(1), 1–5.
- Hidayati, N., Ariyanto, T. S., & Septiawan, H. (2017). Kalsium Oksida. *Teknologi Bahan Alam*, 1(1), 1–5.
- Istadi, I., Prasetyo, S. A., & Nugroho, T. S. (2015). Characterization of K<sub>2</sub>O/CaO-ZnO Catalyst for Transesterification of Soybean Oil to Biodiesel. *Procedia Environmental Sciences*, 23(Ictcred 2014), 394–399. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.01.056>
- Lesbani, A., Tamba, P., Mohadi, R., & Fahmariyanti. (2013). Preparation of calcium oxide from *Achatina fulica* as catalyst for production of biodiesel from waste cooking oil. *Indonesian Journal of Chemistry*, 13(2), 176–180. <https://doi.org/10.22146/ijc.21302>
- Li, W., Liang, R., Hu, A., Huang, Z., & Zhou, Y. N. (2014). Generation of oxygen vacancies in visible light activated one-dimensional iodine TiO<sub>2</sub> photocatalysts. *RSC Advances*, 4(70), 36959–36966.
- Mahangani, N., Vunain, E., Meijboom, R., & Jalama, K. (2015). Biodiesel production over ZnO/TiO<sub>2</sub> catalyst: Effect of co-solvent, temperature and reaction time. *Lectures Notes in Engginering and Computer Science*, 2218, 828-832.
- Mantovani, S. A. (2017). Pengaruh Jumlah Katalis Dan Waktu Reaksi Terhadap Konversi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Katalis CaO Dari Kulit Telur. *Skrisi Jurusan Teknik Kimia FT Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- Oko Mustafa; Kurniawan, Andri; Willain, Danu, S. M. (2021). SINTESIS BIODIESEL DARI MINYAK KEDELAI MELALUI REAKSI

TRANSESTERIFIKASI DENGAN KATALIS CaO/NaOH. *Jurnal Teknologi*, 13(Vol 13, No 1 (2021): Jurnal Teknologi), 1–6. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek/article/view/6581/4668>

Prasetyo, J. (2018). Studi Pemanfaatan Minyak Jelantah Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 2(2), 45. <https://doi.org/10.32493/jitk.v2i2.1679>

Putri, S.K., Supranto, dan R. Sudiyo. 2012. Studi proses pembuatan biodiesel dari minyak kelapa (*coconut oil*) dengan bantuan gelombang ultrasonik. *Jurnal Rekayasa Proses*. Vol. 4(2):15 - 20.

Santoso, A., Hanindita, C. F. A., Sumari, & Rachman, I. B. (2019). Synthesis of Biodiesel from Low-Quality Crude Palm Oil with Heterogeneous Catalyst Cao-ZnO. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 515(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/515/1/012082>

Setyaningsih, L. W. N., Rizkiyaningrum, U. M., & Andi, R. (2017). Pengaruh Konsentrasi Katalis Dan Reusability Katalis Pada Sintesis Triasetin Dengan Katalisator Lewatit. *Teknoin*, 23(1), 56–62. <https://doi.org/10.20885/teknoin.vol23.iss1.art7>

Sisca, V., Deska, A., Syukri, Zilfa, & Jamarun, N. (2021). Synthesis and characterization of CaO limestone from lintau buo supported by TiO<sub>2</sub> as a heterogeneous catalyst in the production of biodiesel. *Indonesian Journal of Chemistry*, 21(4), 979-989. <https://doi.org/10.22146/ijc.64675>.

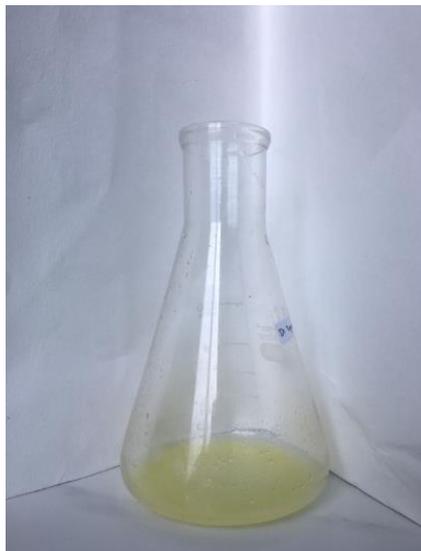
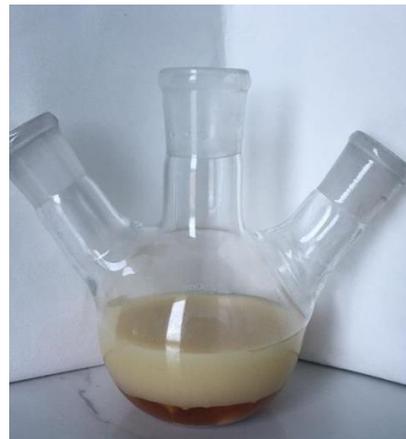
Suiva, K. A. (2014). *ESTERIFIKASI MINYAK GORENG BEKAS MENGGUNAKAN FOTOKATALIS KOMPOSIT TiO<sub>2</sub>-ZEOLIT ALAM TERAKTIVASI*.

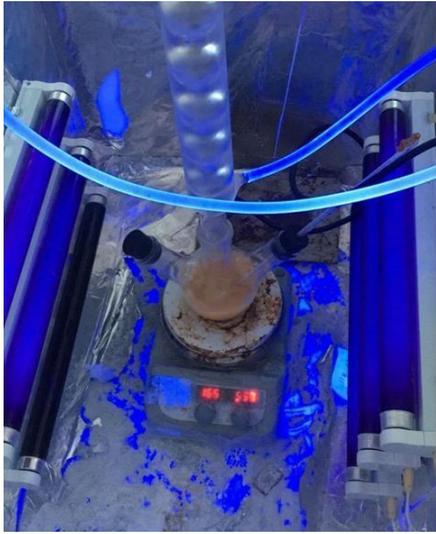
Supriyanto, A., Kurniawan, D., & Cari, C. (2020). Pengaruh Perbandingan Komposisi ZnO dan TiO<sub>2</sub> dalam Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) pada Dye Kangkung (*Ipomoea aquatica*). *Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika Dan Aplikasinya)*, 5, 1–9. <https://doi.org/10.20961/prosidingsnfa.v5i0.46635>

- Thomas A. Sihombing. (2017). Pengaruh Suhu Dekomposisi Dan Konsentrasi Katalis Kalsium Oksida (CaO) Dari Cangkang Telur Ayam Terhadap Sintesis Biodiesel Dari Minyak Jelantah. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Yuhelson, -, Prasetya, -, Fauzi, M. R., & Triasih, P. (2015). EFEKTIFITAS PENGGUNAAN CaO SEBAGAI KATALIS HETEROGEN DIBANDINGKAN KATALIS HOMOGEN UNTUK PRODUKSI BIODIESEL. *Photon: Jurnal Sain Dan Kesehatan*, 6(01), 119–122. <https://doi.org/10.37859/jp.v6i01.485>
- Zahrani, S., Mauliyah, D., Retno, P., & Ningsih, W. (2017). *Zeolit Alam Yang Dimodifikasi Dengan Koh Biodiesel Production From Rice Bran Oil By Transesterification Using Heterogeneous Catalyst Natural Zeolite Modified With Koh*. 6(1), 12–18.
- Zaki, M., Husin, M.T., H., Alam, P. N., Darmadi, D., Rosnelly, C. M., & Nurhazanah, N. (2019). Transesterifikasi Minyak Biji Buta-Buta menjadi Biodiesel pada Katalis Heterogen Kalsium Oksida (CaO). *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 14(1), 36–43. <https://doi.org/10.23955/rkl.v14i1.13495>, 14(1), 36–43. <https://doi.org/10.23955/rkl.v14i1.13495>

## LAMPIRAN

### A. Dokumentasi Penelitian





## B. Perhitungan

### Menghitung %FFA

N NaOH = 0,1M

BM Asam lemak = 856 gr/mol

Massa minyak = 4 gram

V NaOH = 0,6 mL

$$\%FFA = \frac{NaOH \times n \times NaOH \times BM \text{ Asam Lemak Beb}}{(\text{Berat Sampel} \times 1000) \times 100\%}$$

$$\%FFA = \frac{0,6 \times 0,1 \times 856}{(4 \times 1000) \times 100\%}$$

$$\%FFA = 1,28\%$$

### Menghitung Rasio Umpan

Rasio molar = 1:10

Massa Minyak Jelantah = 80 gram

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

$$= \frac{80 \text{ g}}{856 \text{ g/mol}}$$
$$= 0,09346 \text{ mol}$$

Mol metanol = 10 x mol minyak jelantah

$$= 10 \times 0,09346$$
$$= 0,93458 \text{ mol}$$

Massa metanol = mol metanol x BM metanol

$$= 0,93458 \text{ mol} \times 32,04 \text{ g/mol}$$
$$= 29,9439 \text{ g}$$

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

$$= 29,9439 \text{ g} / 0,7915 \text{ g/mL}$$
$$= 37,8319 \text{ mL}$$

Rasio molar = 1:12

Massa Minyak Jelantah = 80 gram

Katalis

2wt% 1,6 g

3wt% 2,4 g

4wt% 3,2 g

Katalis

$$\begin{aligned} \text{Mol minyak jelantah} &= \frac{\text{massa minyak jelantah}}{\text{BM minyak jelantah}} && \begin{array}{l} 2\text{wt\%} \quad 1,6 \text{ g} \\ 3\text{wt\%} \quad 2,4 \text{ g} \\ 4\text{wt\%} \quad 3,2 \text{ g} \end{array} \\ &= \frac{80 \text{ g}}{856 \text{ g/mol}} \\ &= 0,09346 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol metanol} &= 12 \times \text{mol minyak jelantah} \\ &= 12 \times 0,011682 \\ &= 1,1215 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa metanol} &= \text{mol metanol} \times \text{BM metanol} \\ &= 1,1215 \text{ mol} \times 32,04 \text{ g/mol} \\ &= 35,9327 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume metanol} &= \frac{\text{massa metanol}}{\rho_{\text{metanol}}} \\ &= \frac{35,9327 \text{ g}}{0,7915 \text{ g/mL}} \\ &= 45,3982 \text{ mL} \end{aligned}$$

$$\text{Rasio molar} = 1:14$$

$$\text{Massa Minyak Jelantah} = 80 \text{ gram}$$

**Katalis**

$$\begin{aligned} \text{Mol minyak jelantah} &= \frac{\text{massa minyak jelantah}}{\text{BM minyak jelantah}} && \begin{array}{l} 2\text{wt\%} \quad 1,6 \text{ g} \\ 3\text{wt\%} \quad 2,4 \text{ g} \\ 4\text{wt\%} \quad 3,2 \text{ g} \end{array} \\ &= \frac{80 \text{ g}}{856 \text{ g/mol}} \\ &= 0,09346 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol metanol} &= 14 \times \text{mol minyak jelantah} \\ &= 14 \times 0,011682 \\ &= 1,30841 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa metanol} &= \text{mol metanol} \times \text{BM metanol} \\ &= 1,30841 \text{ mol} \times 32,04 \text{ g/mol} \\ &= 41,9215 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume metanol} &= \frac{\text{massa metanol}}{\rho_{\text{metanol}}} \\ &= \frac{41,9215 \text{ g}}{0,7915 \text{ g/mL}} \\ &= 52,9646 \text{ mL} \end{aligned}$$

**UJI KARAKTERISTIK BODIESEL**

NO	SAMPel	Jumlah Katalis	WAKTU	Densitas 850-890 (kg/m3)			Viskositas 2,4 - 6 cst				waktu 1	waktu 2	average	V Biodiesel awal	V Biodiesel akhir	Kadar Air (%)
				M Biodiesel + piknometer	M piknometer kosong	V piknometer (gram)	DENSITAS (Kg/l)	M Biodiesel	YIELD	VISKOSITAS						
1	1:10	2wt%	3 jam	20.846	12.159	10	0.869	71.096	88.87	5.0568525	10.22	10.15	10.185	81.885	81.842	0.053
2		3wt%		20.917	12.137		0.878	70.469	88.09	5.049405	10.15	10.19	10.17	80.298	80.261	0.046
3		4wt%		20.952	12.14		0.881	67.494	84.37	5.38206	10.96	10.72	10.84	76.638	76.601	0.048
4	1:12	2wt%	3 jam	20.72	12.127		0.859	72.148	90.19	5.2653825	10.62	10.59	10.605	84.002	83.961	0.048
5		3wt%		20.883	12.138		0.875	71.004	88.76	5.4689475	11.09	10.94	11.015	81.233	81.194	0.048
6		4wt%		20.954	12.17		0.878	69.975	87.47	4.7738475	9.21	10.02	9.615	79.705	79.662	0.054
7	1:14	2wt%	3 jam	20.926	12.17		0.876	72.881	91.10	4.443675	8.7	9.2	8.95	83.275	83.235	0.047
8		3wt%		20.851	12.135		0.872	71.329	89.16	5.0643	10.46	9.94	10.2	81.874	81.837	0.045
9		4wt%		20.826	12.156		0.867	70.811	88.51	4.523115	8.8	9.42	9.11	81.714	81.674	0.049
10	1:14 (Reusability 1)	2wt%	3 jam	20.851	12.16		0.869	72.683	90.85	5.01465	9.97	10.23	10.1	83.671	83.630	0.049
11	1:14 (Reusability 2)	2wt%		20.796	12.135		0.866	69.946	87.43	5.0816775	10.05	10.42	10.235	80.796	80.760	0.045
12	1:14 (Tanpa sinar UV)	2wt%		20.853	12.121		0.873	69.567	86.96	5.158635	10.27	10.51	10.39	79.711	79.669	0.053

## C. Lampiran Hasil Uji

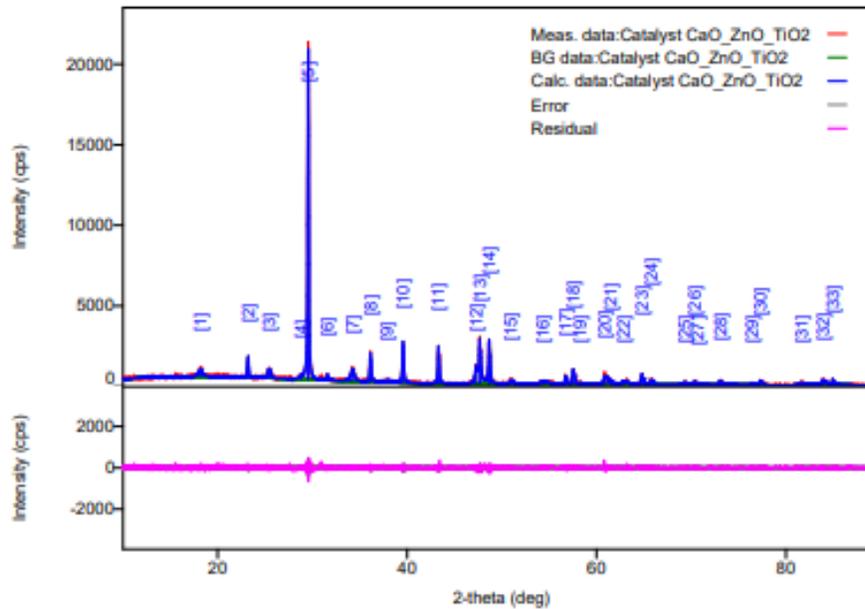
### Uji XRD

## Peak List

### General information

Analysis date	2022/06/16 14:48:45	Measurement date	2022/06/16 14:25:01
Sample name		Operator	administrator
File name	Catalyst CaO_ZnO_TiO2.ras		
Comment			

### Measurement profile



### Peak list

No.	2-theta(deg)	d(ang.)	Height(cps)	FWHM(deg)	Int. I(cps deg)	Int. W(deg)	Asym. factor
1	18.23(2)	4.864(6)	284(49)	0.46(4)	188(14)	0.66(16)	2.6(6)
2	23.227(9)	3.8265(14)	933(88)	0.152(11)	182(7)	0.20(3)	3.4(14)
3	25.403(9)	3.5034(12)	395(57)	0.36(3)	178(11)	0.45(9)	0.7(3)
4	28.79(2)	3.098(2)	124(32)	0.18(7)	24(10)	0.20(13)	1(2)
5	29.564(3)	3.0191(3)	16060(366)	0.140(3)	3008(21)	0.187(6)	1.66(16)
6	31.57(3)	2.831(2)	272(48)	0.14(7)	74(9)	0.27(8)	1.8(14)
7	34.23(3)	2.618(2)	536(67)	0.40(3)	325(10)	0.61(9)	1.0(3)
8	36.120(8)	2.4847(6)	1480(111)	0.139(12)	308(8)	0.21(2)	1.3(4)
9	37.892(19)	2.3725(11)	124(32)	0.20(5)	48(6)	0.39(15)	0.5(7)
10	39.565(6)	2.2760(3)	2192(135)	0.138(8)	428(8)	0.195(16)	1.3(2)
11	43.310(6)	2.0874(3)	2064(131)	0.131(8)	378(8)	0.183(16)	1.2(2)
12	47.270(9)	1.9214(3)	813(82)	0.20(3)	274(28)	0.34(7)	1.1(2)
13	47.666(3)	1.90635(11)	2364(140)	0.146(10)	574(28)	0.24(3)	1.1(2)

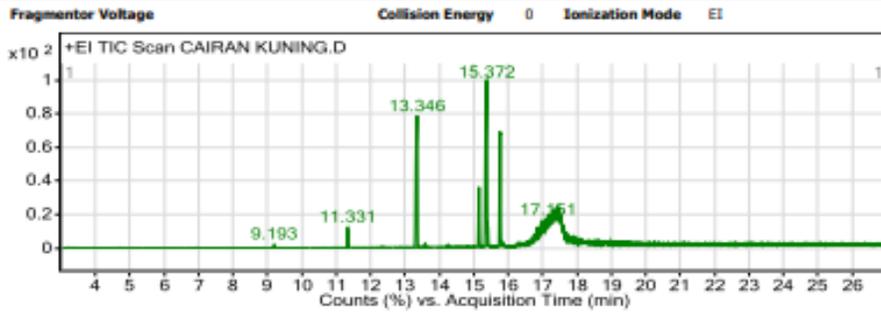
14	48.666(7)	1.8695(3)	2366(140)	0.147(10)	532(11)	0.225(18)	1.2(3)
15	50.94(5)	1.7912(17)	176(38)	0.36(4)	77(7)	0.44(13)	0.8(5)
16	54.34(5)	1.6868(15)	112(31)	1.06(9)	151(9)	1.4(5)	0.71(11)
17	56.706(6)	1.62200(16)	493(64)	0.137(13)	87(4)	0.18(3)	0.71(11)
18	57.556(11)	1.6001(3)	838(84)	0.177(13)	209(6)	0.25(3)	1.0(3)
19	58.26(4)	1.5823(9)	106(30)	0.15(5)	23(4)	0.22(10)	1.3(18)
20	60.879(9)	1.5204(2)	367(56)	0.51(3)	231(10)	0.63(12)	0.67(16)
21	61.521(10)	1.5061(2)	226(43)	0.15(2)	41(5)	0.18(6)	0.67(16)
22	62.871(19)	1.4770(4)	149(35)	0.76(6)	139(7)	0.9(3)	0.67(16)
23	64.819(16)	1.4372(3)	580(70)	0.184(19)	168(6)	0.29(5)	1.6(8)
24	65.754(10)	1.41902(19)	276(48)	0.23(3)	87(5)	0.31(7)	0.5(3)
25	69.32(2)	1.3544(4)	150(35)	0.16(3)	37(4)	0.25(9)	1.0(7)
26	70.39(3)	1.3365(4)	161(37)	0.18(3)	39(14)	0.24(14)	3(2)
27	70.71(7)	1.3312(12)	45(19)	0.3(3)	20(14)	0.5(5)	3(2)
28	73.08(3)	1.2938(4)	256(46)	0.18(3)	57(5)	0.22(6)	2.2(18)
29	76.41(4)	1.2455(6)	110(30)	0.15(5)	25(4)	0.23(10)	0.6(9)
30	77.27(2)	1.2338(3)	262(47)	0.21(2)	66(5)	0.25(6)	0.6(3)
31	81.65(4)	1.1782(4)	130(33)	0.41(8)	113(7)	0.9(3)	0.8(4)
32	83.92(2)	1.1521(2)	261(47)	0.26(4)	124(6)	0.47(11)	1.0(4)
33	84.936(9)	1.14087(10)	336(53)	0.099(19)	71(4)	0.21(5)	1.3(6)

# Hasil Uji GC-MS

## Qualitative Analysis Report

<b>Data Filename</b>	CAIRAN KUNING.D	<b>Sample Name</b>	CAIRAN KUNING
<b>Sample Type</b>		<b>Position</b>	4
<b>Instrument Name</b>	GCMSMS	<b>User Name</b>	
<b>Acq Method</b>	SCAN UMUM.M	<b>Acquired Time</b>	2/28/2023 1:15:29 PM
<b>IRM Calibration Status</b>	Not Applicable	<b>DA Method</b>	default.m
<b>Comment</b>			
<b>Expected Barcode</b>		<b>Sample Amount</b>	
<b>Dual Inj Vol</b>	1	<b>TuneName</b>	atunes_elex.tune.xml
<b>TunePath</b>	D:\MassHunter\GCMS\1\7000	<b>TuneDateStamp</b>	2023-01-27T16:45:03+07:00
<b>MSFirmwareVersion</b>	DSP: 7000.3509, qqqServer: G.7000.058-RUN	<b>OperatorName</b>	
<b>RunCompletedFlag</b>	True	<b>Acquisition SW Version</b>	MassHunter GC/MS Acquisition B.07.06.2704 18-Jul-2017 Copyright © 1989-2017 Agilent Technologies, Inc.

### User Chromatograms



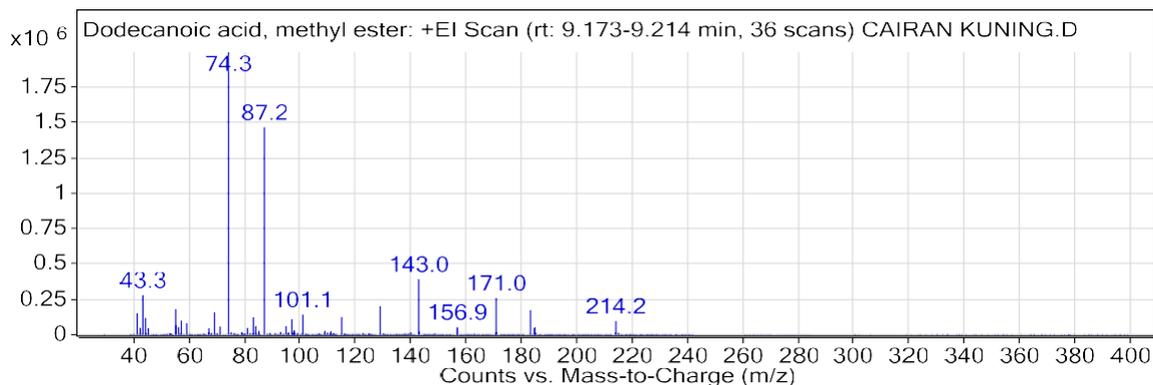
### Integration Peak List

Peak	Start	RT	End	Height	Area	Area %
1	11.295	11.331	11.376	73851049.11	114766158.3	6.22
2	13.265	13.346	13.439	476334057.8	1534225158	83.18
3	13.548	13.583	13.621	15164622.78	22923072.35	1.24
4	15.101	15.148	15.246	217971379.6	441601975.7	23.94
5	15.291	15.372	15.396	603997706.2	1844369462	100
6	15.396	15.408	15.448	66068529.39	85067632.09	4.61
7	15.712	15.76	15.818	416774161.1	847123804.2	45.93
8	16.79	16.817	16.846	24005343.08	37330728.28	2.02
9	16.969	17.007	17.035	14921639.06	31483036.83	1.71
10	17.093	17.151	17.172	13894149.6	36701987.45	1.99

### User Spectra

Spectrum Source      Collision Energy      Ionization Mode  
 Peak (1) in "+ TIC Scan"      0      EI

# Qualitative Analysis Report



## Peak List

m/z	Abund
41.3	151057.44
43.3	278888.91
55.2	181140.09
69.2	158086.16
74.3	1997905.75
87.2	1466957
129.1	200972.89
143	392153.72
171	259893.89
183.4	173814.38

## Spectrum Source

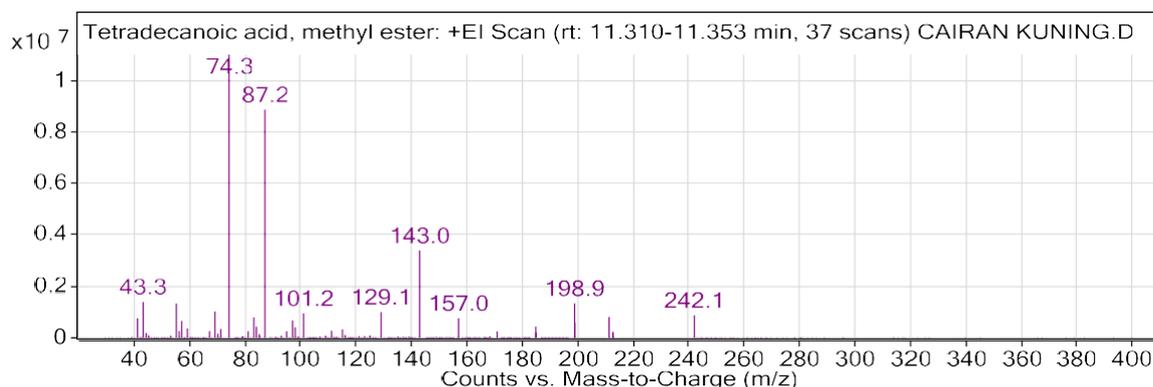
Peak (2) in "+ TIC Scan"

## Collision Energy

0

## Ionization Mode

EI



## Peak List

m/z	Abund
43.3	1395576.88
55.2	1332030.13
69.2	1023771.13
74.3	11001987
87.2	8865398
101.2	948976.44
129.1	1002958.81
143	3391103.75
198.9	1338159.75
242.1	876043

## Spectrum Source

Peak (3) in "+ TIC Scan"

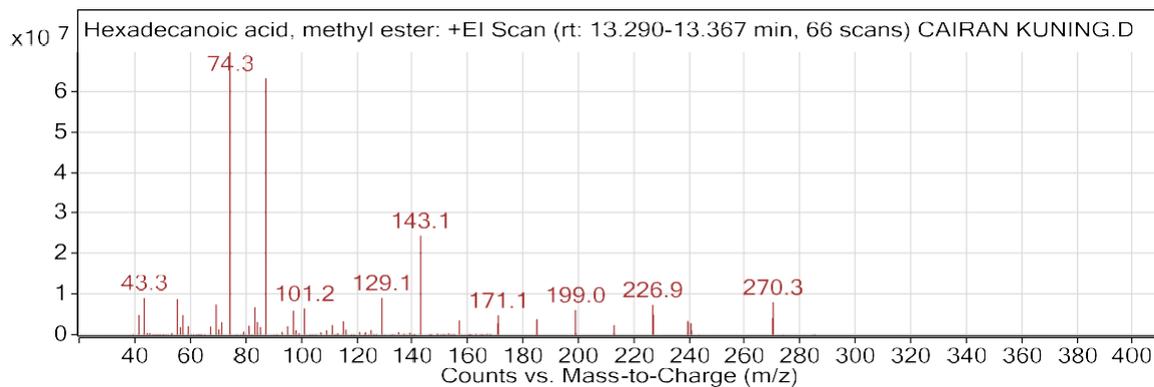
## Collision Energy

0

## Ionization Mode

EI

# Qualitative Analysis Report



## Peak List

m/z	Abund
43.3	9061694
55.3	8780220
69.3	7454313.5
74.3	69606856
83.3	6750670.5
87.2	63197360
129.1	9101602
143.1	24430880
226.9	7397401.5
270.3	8022612.5

## Spectrum Source

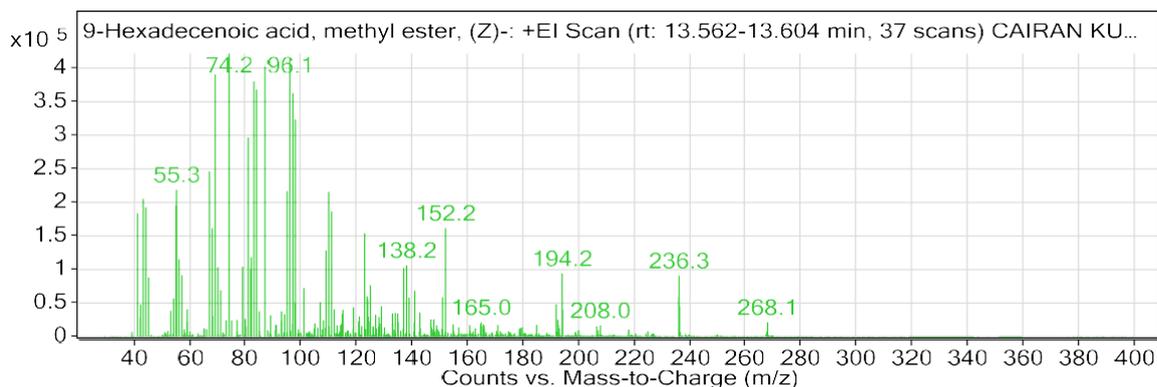
Peak (4) in "+ TIC Scan"

## Collision Energy

0

## Ionization Mode

EI



## Peak List

m/z	Abund
67.2	246844.84
69.3	391652.66
74.2	422609.91
81.1	297337.09
83.2	381581.03
84.1	368970.44
87.2	403409.47
96.1	416752.53
97.3	363907.41
98.1	324328.06

## Spectrum Source

Peak (5) in "+ TIC Scan"

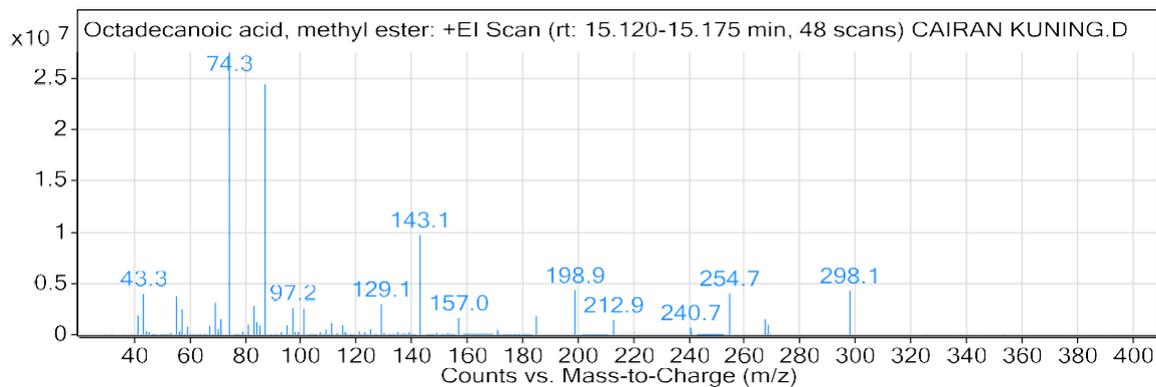
## Collision Energy

0

## Ionization Mode

EI

# Qualitative Analysis Report



## Peak List

<i>m/z</i>	Abund
43.3	3997941.75
55.2	3754465
69.2	3137346.25
74.3	27577608
87.2	24467498
129.1	2981968
143.1	9748784
198.9	4343644
254.7	4036673
298.1	4305293

## Spectrum Source

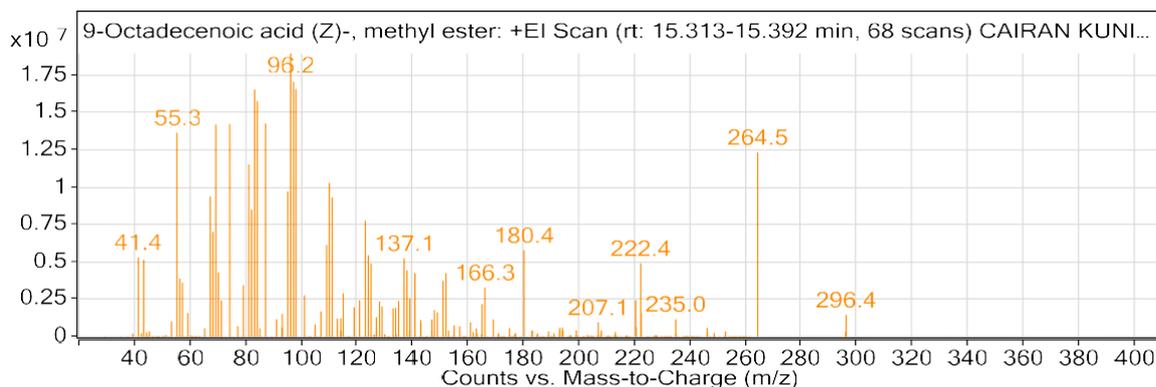
Peak (6) in "+ TIC Scan"

## Collision Energy

0

## Ionization Mode

EI



## Peak List

<i>m/z</i>	Abund
55.3	13658623
69.3	14203953
74.3	14243675
83.3	16548045
84.2	15783500
87.2	14275727
96.2	18948128
97.3	17068960
98.1	16591524
264.5	12353006

## Spectrum Source

Peak (7) in "+ TIC Scan"

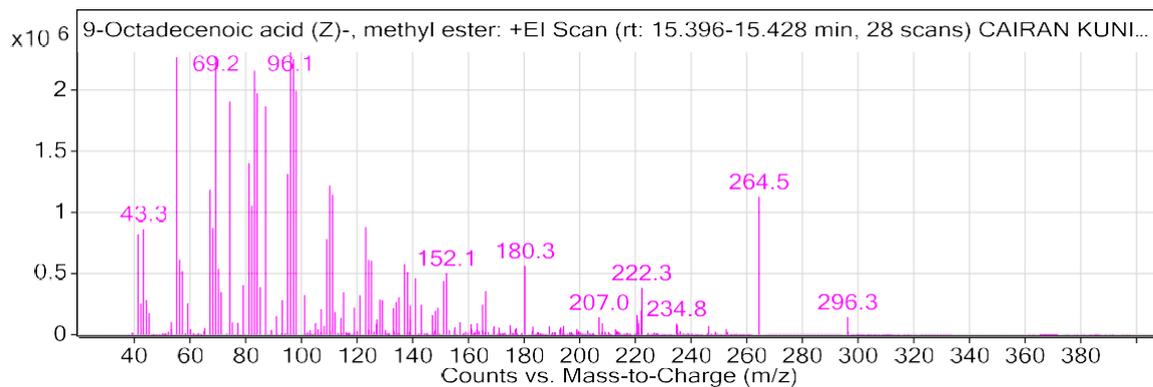
## Collision Energy

0

## Ionization Mode

EI

# Qualitative Analysis Report



## Peak List

<i>m/z</i>	Abund
55.2	2275936.5
69.2	2283709.25
74.3	1911552
81.2	1406669.38
83.2	2164958.75
84.1	1979380.25
87.2	1872344
96.1	2315343.25
97.2	2260328.25
98.1	1999728.63

## Spectrum Source

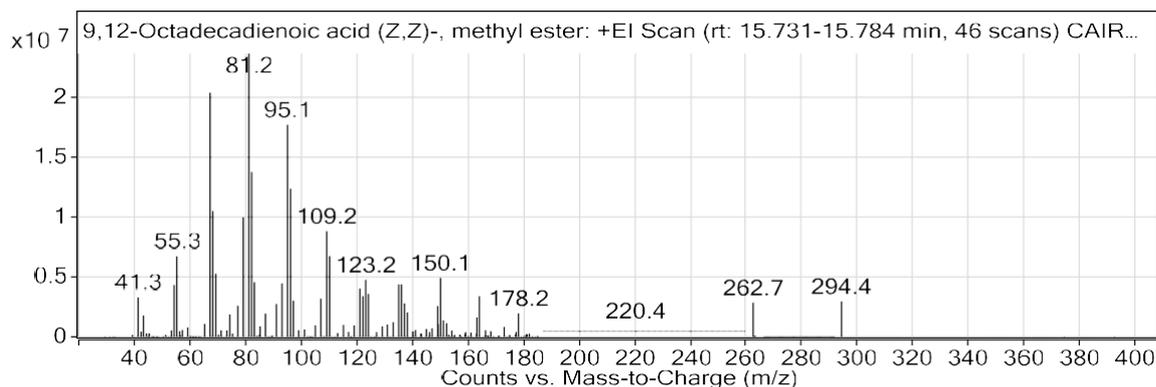
Peak (8) in "+ TIC Scan"

## Collision Energy

0

## Ionization Mode

EI



## Peak List

<i>m/z</i>	Abund
55.3	6715946.5
67.3	20362672
68.2	10502789
79.2	9954805
81.2	23619718
82.2	13756033
95.1	17687088
96.2	12354425
109.2	8821226
110.2	6739884

## Spectrum Source

Peak (9) in "+ TIC Scan"

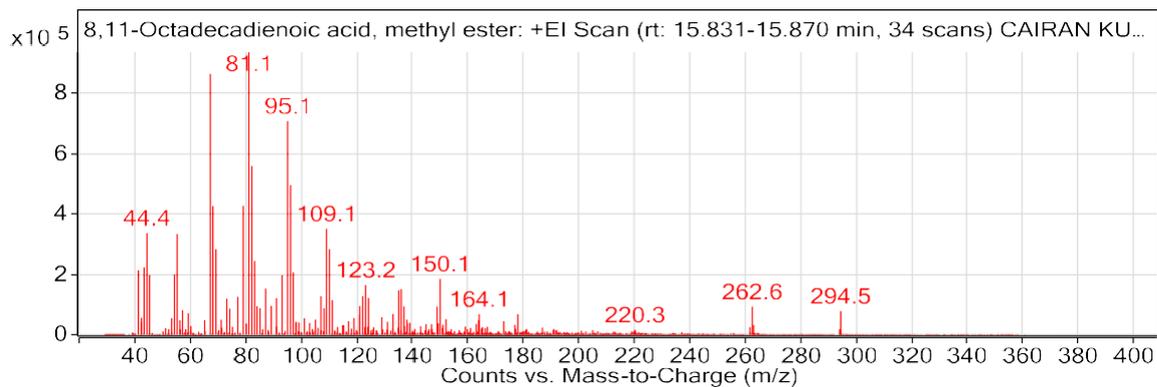
## Collision Energy

0

## Ionization Mode

EI

# Qualitative Analysis Report



## Peak List

m/z	Abund
44.4	337067.22
55.2	334655.25
67.2	866067.44
68.2	427499.06
79.1	428295.34
81.1	937489.44
82.2	560404.13
95.1	709587.19
96.2	497196.72
109.1	351996.75

## Spectrum Source

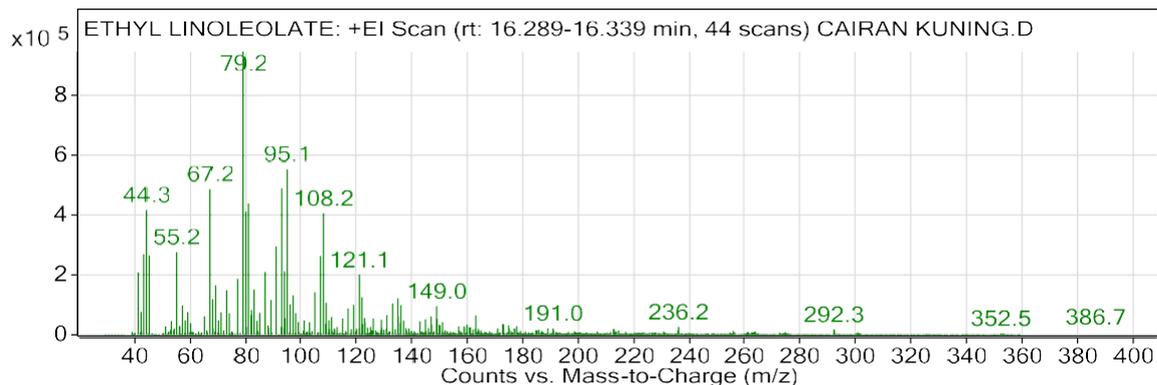
Peak (10) in "+ TIC Scan"

## Collision Energy

0

## Ionization Mode

EI



## Peak List

m/z	Abund
44.3	417515.63
55.2	276523.78
67.2	487161.38
79.2	946510.63
80.2	411489.69
81.1	438877.91
91.1	294960.97
93.1	490349.72
95.1	553263.75
108.2	406618.69

## Spectrum Source

Peak (11) in "+ TIC Scan"

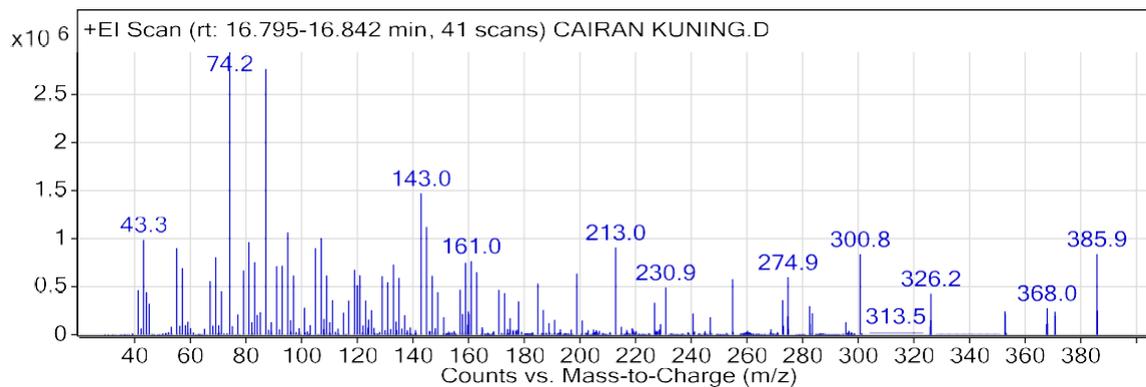
## Collision Energy

0

## Ionization Mode

EI

# Qualitative Analysis Report



## Peak List

m/z	Abund
43.3	989873.88
55.2	903365.44
74.2	2943954
81.1	965383.31
87.2	2771696
95.1	1066410.5
107.1	1006884.38
143	1473420.63
145	1125654.5
213	909384.31

## Spectrum Source

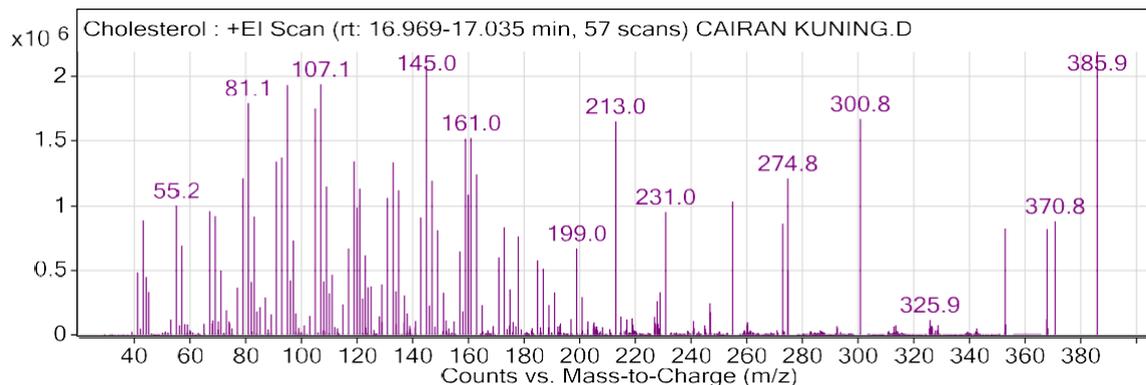
Peak (12) in "+ TIC Scan"

## Collision Energy

0

## Ionization Mode

EI



## Peak List

m/z	Abund
81.1	1795264.38
95.1	1934950.13
105.1	1751857.13
107.1	1941301.88
145	2088469.88
159	1518228.38
161	1524937.5
213	1653916.13
300.8	1672265.5
385.9	2192341

## Spectrum Source

Peak (13) in "+ TIC Scan"

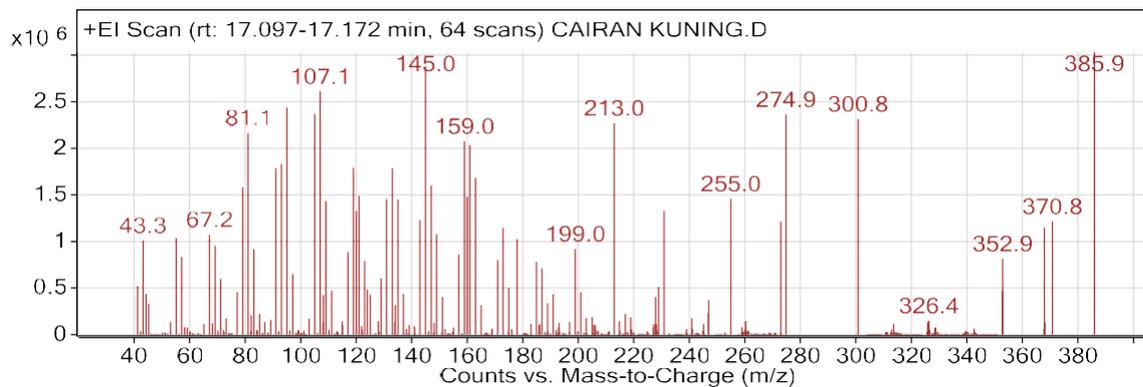
## Collision Energy

0

## Ionization Mode

EI

# Qualitative Analysis Report



## Peak List

$m/z$	Abund
81.1	2169155
95.1	2444274.25
105.1	2374026.5
107.1	2618078.75
145	2890205.25
159	2082219.88
213	2277081.5
274.9	2369377
300.8	2320496.5
385.9	3037798.5

--- End Of Report ---