

**PEMANFAATAN KULIT BUAH KELOR (*Moringa Oleifera*)  
DALAM SINTESIS KATALIS KARBON TERSULFONASI UNTUK  
PRODUKSI BIODIESEL DARI PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*)**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains*



*Acc by Usian Skripsi*

*07/08/2023*

**RIANA NOVELA**

**NIM/TM.19036036/2019**

**PROGRAM STUDI KIMIA  
DEPARTEMEN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2023**

**PEMANFAATAN KULIT BUAH KELOR (*Moringa Oleifera*)  
DALAM SINTESIS KATALIS KARBON TERSULFONASI UNTUK  
PRODUKSI BIODIESEL DARI PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*)**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains*



**RIANA NOVELA**

**NIM/TM.19036036/2019**

**PROGRAM STUDI KIMIA  
DEPARTEMEN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2023**

**PERSETUJUAN SKRIPSI**

**PEMANFAATAN KULIT BUAH KELOR (*MORINGA OLEIFERA*)  
DALAM SINTESIS KATALIS KARBON TERSULFONASI UNTUK  
PRODUKSI BODIESEL DARI PFAD (*PALM FATTY ACID  
DISTILLATE*)**

Nama : Riana Novela  
NIM : 19036036  
Program Studi : Kimia  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 24 Agustus 2023

Mengetahui:  
Kepala Departemen

Disetujui oleh:  
Dosen Pembimbing



Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D  
NIP. 19721024 199803 1 001



Umar Kalmar Nizar, S.Si., M.Si., Ph.D  
NIP. 19770311 200312 1 003

**PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI**

Nama : Riana Novela  
NIM : 19036036  
Program Studi : Kimia  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**PEMANFAATAN KULIT BUAH KELOR (*MORINGA OLEIFERA*)  
DALAM SINTESIS KATALIS KARBON TERSULFONASI UNTUK  
PRODUKSI BIODIESEL DARI PFAD (*PALM FATTY ACID  
DISTILLATE*)**

Dinyatakan Lulus Setelah dipertahankan di Depan Tim Penguji Skripsi  
Program Studi Kimia Departemen Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Padang

Padang, 18 Agustus 2023

Tim Penguji

Nama

Tanda Tangan

**Ketua : Umar Kalmar Nizar, M.Si., Ph.D**



**Anggota : Prof. Dr. Rahadian Z., S.Pd., M.Si**

---

**Anggota : Dr. Dessy Kurniawati., S.Pd., M.Si**



## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Riana Novela  
NIM : 19036036  
Tempat/Tanggal Lahir : Jakarta/17 November 2000  
Program Studi : Kimia  
Departemen : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Judul Skripsi : **PEMANFAATAN KULIT BUAH KELOR (MORINGA OLEIFERA) DALAM SINTESIS KATALIS KARBON TERSULFONASI UNTUK PRODUKSI BIODIESEL DARI PFAD (PALM FATTY ACID DISTILLATE)**

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis/skripsi ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada kepustakaan.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani Asli oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran didalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi in, serta sanksi lainnya sesuai dengan **norma** yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, 25 Agustus 2023  
Yang menyatakan



**Riana Novela**  
NIM: 19036036

**PEMANFAATAN KULIT BUAH KELOR (*Moringa Oleifera*) DALAM  
SINTESIS KATALIS KARBON TERSULFONASI UNTUK PRODUKSI  
BIODIESEL DARI PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*)**

**Riana Novela**

**ABSTRAK**

Peningkatan jumlah penduduk menjadi salah satu faktor meningkatnya permintaan bahan bakar energi yang cukup besar, sedangkan ketersediaan bahan bakar fosil semakin menipis. Keterbatasan bahan bakar ini menyebabkan munculnya upaya untuk menghasilkan sumber energi alternative yang terbarukan salah satunya adalah biodiesel. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari potensi kulit buah kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai sumber katalis asam padat berbasis karbon tersulfonasi. Sintesis katalis berlangsung dalam dua tahap yaitu pembentukan karbon melalui proses kalsinasi dan dilanjutkan dengan substitusi gugus sulfonat. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dari karakterisasi FTIR bahwa katalis yang dihasilkan memiliki gugus  $-SO_3H$  yang membuktikan bahwa sulfonat telah berhasil tersubstitusikan ke permukaan karbon. Karakterisasi XRD menunjukkan bahwa adanya perubahan struktur sebelum dan sesudah proses sulfonasi yang menunjukkan bahwa adanya proses oksidasi berlanjut. Hasil uji situs asam yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai situs asam meningkat setelah karbon disulfonasi dan hasil ini dibuktikan melalui hasil karakterisasi dengan FTIR. Selanjutnya pada uji sifat fisikokimia didapatkan yaitu densitas, laju alir, bilangan sam dan persen konversi biodiesel memiliki nilai yang meningkat seiring dengan peningkatan situs asam.

**Kata Kunci:** Biodiesel, PFAD, Kulit Buah Kelor, Katalis Karbon Tersulfonasi

## KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT. yang telah memberikan rahmat, karunia, kekuatan dan kesabaran untuk menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pemanfaatan Kulit Buah Kelor (*Moringa Oleifera*) dalam Sintesis Katalis Karbon Tersulfonasi untuk Produksi Biodiesel dari PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*)”**. Sholawat beriring salam untuk nabi tauladan kita, Muhammad SAW. yang telah menjadi tauladan dalam setiap aktivitas kita.

Skripsi ini merupakan pengembangan penelitian payung dari penelitian dosen pembimbing yang berjudul **“Katalis Komposit CaO Cangkang Telur dan Karbon Biji Alpukat Tersulfonasi untuk Produksi Biodiesel Minyak Jelantah”**.

Skripsi ini diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Kimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, petunjuk, arahan, dan masukan yang sangat berarti dari berbagai pihak sehingga pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang tulus kepada:

1. Bapak Umar Kalmar Nizar, S.Si., M.Si., Ph.D selaku Penasehat Akademik dan Pembimbing Tugas Akhir yang memberikan serta arahan selama proses pengerjaan hingga selesainya tugas akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Rahardian Z., S.Pd., M.Si dan Ibuk Dr. Desy Kurniawati., S.Pd., M.Si selaku Tim Pembahas pada Ujian Skripsi.
3. Kedua orang tua penulis yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Sahabat dan teman-teman terdekat penulis yang telah memberikan masukan, saran, serta semangat kepada penulis hingga selesainya skripsi ini.
5. Teman-teman kimia tahun 2019 yang telah memberikan masukan dan saran serta semangat sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Untuk kesempurnaan skripsi ini, maka dengan kerendahan hati penulis mengharapkan masukan dan saran yang membangun dari berbagai pihak. Atas masukan dan saran yang telah diberikan penulis mengucapkan terimakasih.

Padang, Agustus 2023

Penulis



## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah .....	5
E. Tujuan Penelitian .....	6
F. Manfaat Penelitian .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Biodiesel dari PFAD .....	7
B. Katalis karbon Tersulfonasi .....	11
C. Karbon Kulit Buah Kelor .....	14
D. Karakterisasi Katalis .....	15
1. XRD (X-Ray Diffraction).....	16
2. FTIR ( <i>Fourier Transform InfraRed</i> ) .....	17
3. Situs Asam.....	19
E. Analisis Sifat Biodiesel.....	19
1. Densitas .....	20

2. Laju Alir .....	20
3. Bilangan Asam.....	20
<b>BAB III METODA PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	21
B. Objek Penelitian.....	21
C. Variabel Penelitian.....	21
D. Alat dan Bahan .....	22
1. Alat.....	22
2. Bahan .....	22
E. Prosedur Kerja.....	22
1. Preparasi Katalis .....	22
2. Karakterisasi dan Analisis Sampel .....	24
3. Aplikasi Katalis Karbon Kulit Buah Kelor.....	26
4. Analisis Produksi Biodiesel.....	26
Desain Penelitian.....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
A. Sifat Fisikokimia dari Katalis Karbon Kulit Buah Kelor Tersulfonasi .....	30
1. Spektra FTIR dari Karbon dan Katalis Kulit Buah Kelor Tersulfonasi .	30
2. Situs Asam Karbon dan Katalis Kulit Buah Kelor .....	33
3. Pola Difraktogram XRD Karbon dan Katalis Kulit Buah Kelor .....	34
B. Aktivitas Katalitik dari Katalis Karbon Kulit Buah Kelor Tersulfonasi .....	35
1. Spektra FTIR dari Biodiesel .....	36
2. Analisa Aktivitas Katalitik dari Katalis Karbon Kulit Buah Kelor Tersulfonasi .....	37
C. Recycle Katalis .....	41

1. Densitas ( <i>Recycle</i> ).....	42
2. Laju Alir ( <i>Recycle</i> ).....	43
3. Bilangan Asam ( <i>Recycle</i> ).....	44
4. Persen Konversi ( <i>Recycle</i> ).....	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
A. Kesimpulan.....	46
B. Saran .....	47
DAFTAR PUSTAKA .....	48
LAMPIRAN.....	53

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Reaksi Esterifikasi.....	8
Gambar 2 Reaksi Transesterifikasi .....	8
Gambar 3. Katalis Karbon Tersulfonasi.....	11
Gambar 4. Jalur sintesis katalis asam padat dari biomassa (Tang et al., 2018) ....	13
Gambar 5. Kulit Buah Kelor .....	15
Gambar 6. Difraktogram XRD katalis karbon (a) CD, (b) katalis SCD-(2), (c) katalis SCD-(5) dan (d) katalis SCD-(10).....	16
Gambar 7. Spektrum FTIR dari (a) CD, (b) SCD-(2), (c) SCD-(5) and (d) SCD- (10) catalysts. ....	18
Gambar 8. Spektra FTIR Kulit Buah Kelor dan Karbon Kulit Buah Kelor.....	31
Gambar 9. Spektrum FTIR Katalis Karbon Kulit Buah Kelor Tersulfonasi.....	32
Gambar 10. Menunjukkan grafik Situs Asam dari sampel Karbon Kulit Buah Kelor sebelum dan sesudah sulfonasi.....	33
Gambar 11. Pola Difraktogram XRD Karbon Kulit Buah Kelor (K-KBK 250) dan Katalis Kulit Buah Kelor (S-KBK 250).....	35
Gambar 12. Spektrum FTIR Biodiesel dan PFAD.....	36
Gambar 13. Densitas Biodiesel Kulit Buah Kelor .....	38
Gambar 14. Laju Alir Biodiesel Kulit Buah Kelor .....	39
Gambar 15. Bilangan Asam Biodiesel Kulit Buah Kelor .....	40
Gambar 16. %FFA Biodiesel Kulit Buah Kelor .....	41
Gambar 17. Densitas Biodiesel Kulit Buah Kelor (Recycle).....	42
Gambar 18. Laju Alr Biodiesel Kulit Buah Kelor (Recycle).....	43
Gambar 19. Bilangan Asam Biodiesel (Recycle) .....	44
Gambar 20. %Konversi FFA Biodiesel Kulit Buah Kelor (Recycle) .....	45

## DAFTAR TABEL

Table 1 Karakteristik dan sifat bahan baku PFAD (Lokman et al., 2016) .....	9
Table 2. Penelitian Biodiesel dari PFAD .....	10
Table 3. Pemanfaatan Berbagai Katalis Tersulfonasi dalam Reaksi Esterifikasi .	14
Table 4. Analisa Biokimia Limbah Biomassa Kulit Buah Kelor.....	15
Table 5. Standar kualitas biodiesel berdasarkan SNI 7182:2015.....	19
Table 6. Label Sampel.....	23
Table 7. Data Situs Asam Sebelum dan Sesudah Sulfonasi.....	62
Table 8. Data Uji Densitas PFAD dan Biodiesel .....	63
Table 9. Data Uji Alir PFAD dan Biodiesel .....	64
Table 10. Data Bilangan Asam PFAD dan Biodiesel .....	64
Table 11. Data Bahan Baku Pembuatan Biodiesel (Recycle Katalis).....	66
Table 12. Data Uji Densitas Biodiesel Recycle .....	67
Table 13. Data Uji Laju Alir Biodiesel Recycle .....	67
Table 14. Data Bilangan Asam Biodiesel Recycle .....	68

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian.....	53
Lampiran 2. Perhitungan Bilangan Penyabunan dan Mr PFAD .....	59
Lampiran 3. Data dan Perhitungan Penentuan Situs Asam Karbon Kulit Buah Kelor Sebelum dan Sesudah Sulfonasi .....	59
Lampiran 4. Perhitungan Bahan Baku Pembuatan Biodiesel .....	62
Lampiran 5. Data dan Perhitungan Uji Densitas Biodiesel.....	63
Lampiran 6. Data dan Perhitungan Uji Laju Alir Biodiesel.....	64
Lampiran 7. Data dan Perhitungan Uji Bilangan Asam Biodiesel.....	64
Lampiran 8. Perhitungan Persen Konversi Biodiesel .....	66
Lampiran 9. Data Bahan Baku Pembuatan Biodiesel (Recycle Katalis) .....	66
Lampiran 10. Data dan Perhitungan Uji Densitas Biodiesel menggunakan Katalis (Recycle) .....	67
Lampiran 11. Data dan Perhitungan Uji Laju Alir Biodiesel menggunakan Katalis (Recycle) .....	67
Lampiran 12. Data dan Perhitungan Uji Bilangan Asam Biodiesel menggunakan Katalis (Recycle).....	68
Lampiran 13. Perhitungan Persen Konversi Biodiesel menggunakan Katalis (Recycle) .....	69
Lampiran 14. FTIR dan XRD Katalis Karbon Kulit Buah Kelor Tersulfonasi ....	70
Lampiran 15. Dokumentasi Kegiatan .....	73

# **BAB I PENDAHULUAN**

## **A. Latar Belakang**

Berdasarkan *World Population Prospects 2022* menyatakan bahwa telah terjadi peningkatan jumlah penduduk sebanyak 8 miliar, apabila dibandingkan pada tahun 2021 jumlah ini meningkat 2,04%. Peningkatan jumlah penduduk ini menjadi salah satu faktor meningkatnya permintaan bahan bakar energi yang cukup besar, sedangkan ketersediaan bahan bakar fosil semakin menipis (Rizaty, 2022). Keterbatasan bahan bakar fosil ini menyebabkan munculnya upaya untuk menghasilkan bahan bakar dari sumber energi yang terbarukan (Bombo et al., 2021). Peraturan menteri ESDM 24 tahun 2021 mengembangkan biodiesel sebagai salah satu bahan bakar alternative terbarukan dari Badan Pengelola Perkebunan Sawit (Humas EBTKE, 2019)

Biodiesel didefinisikan sebagai kombinasi dari mono alkil ester asam lemak rantai panjang jenuh dan tak jenuh yang terbuat dari minyak nabati dan lemak hewani. Kombinasi ini diperoleh melalui proses transesterifikasi trigliserida dalam minyak dan proses esterifikasi dalam asam lemak bebas (FFA) dalam lemak dengan alkohol (Soly Peter et al., 2021). Biodiesel sebagai bahan bakar diesel bersifat mudah terurai (Okoye et al., 2020), tidak beracun (Garcia et al., 2020), mudah diperoleh, berkelanjutan (Sun and Li, 2020).

Bahan baku pembuatan biodiesel bisa diperoleh dari sumber yang dapat dikonsumsi dan tidak dapat dikonsumsi. Penggunaan bahan baku yang dapat dikonsumsi seperti minyak goreng, menimbulkan kontroversi karena terjadi persaingan antara kebutuhan pangan dengan produksi biodiesel. Faisal Basri

seorang pakar ekonomi menyatakan bahwa salah satu penyebabnya adalah terjadi pergeseran besar dalam konsumsi minyak sawit mentah (CPO), dimana sebahagiannya disebabkan oleh produksi biodiesel (WIRDATUL AINI, 2022). Hal ini menyebabkan peningkatan harga minyak goreng. Salah satu upaya untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan menggunakan bahan baku berbasis limbah seperti minyak jelantah dan PFAD.

Minyak jelantah sangat mudah didapatkan karena banyaknya industri makanan dan restoran. Namun demikian penggunaan minyak jelantah dalam produksi biodiesel relative rumit karena perlu adanya proses penyaringan dan penguapan air terlebih dahulu sebelum digunakan. Naiknya kandungan asam lemak bebas pada minyak jelantah akibat proses pemanasan dapat menghambat aktifitas katalis basa dan reaksi harus berlangsung pada suhu tinggi jika menggunakan katalis asam.

Limbah PFAD yang merupakan hasil sampingan dari proses penyulingan CPO. Limbah ini dapat langsung digunakan sebagai bahan baku untuk produksi biodiesel. Hal ini didukung oleh kandungan FFA lebih dari 85%, harganya relatif murah dan bahan bakunya dapat diperoleh dari pabrik pengolahan sawit. (Kefas et al., 2019). Penggunaan minyak jelantah atau PFAD dalam memproduksi biodiesel tergantung ketersediaannya dan katalis yang digunakan.

Selain bahan baku biodiesel yang berbasis limbah, katalis yang digunakan untuk produksi juga dapat disintesis dari limbah. Salah satu katalis berbasis limbah yang dapat dikembangkan untuk produksi biodiesel adalah katalis asam padat berbasis karbon tersulfonasi. Katalis yang berpotensi untuk dikembangkan



dengan bahan baku yang mengandung FFA tinggi adalah katalis asam padat berbasis karbon tersulfonasi.

Katalis karbon tersulfonasi merupakan katalis yang diperoleh melalui proses sintesis sulfonasi dan kalsinasi. Katalis ini dianggap sebagai katalis yang ideal dikarenakan stabilitas termal dan sifat mekanisnya. Katalis ini dapat diperoleh melalui limbah organik yang mengandung selulosa, hemiselulosa, pati dan lignin (Lokman et al., 2015). Sumber karbon yang telah dilaporkan untuk sintesis katalis asam padat berbasis karbon tersulfonasi antara lain bamboo (Ning & Niu, 2017), tongkol jagung (Rocha et al., 2019), sekam padi (Zeng et al., 2016), kotoran sapi (Sangar et al., 2019), kulit kakao (Bureros et al., 2019), ampas teh (Umer Rashid, Junaid Ahmad, Mohd Lokman Ibrahim, 2019). Katalis ini dilaporkan sangat sesuai dengan bahan baku yang mengandung asam lemak bebas yang tinggi.

Kulit buah kelor merupakan salah satu limbah organik yang memiliki kandungan selulosa berkisar  $512 \pm 4.81$  dan hemiselulosa berkisar  $43.4 \pm 6.22$  (Melesse & Berihun, 2013). Pemanfaatan kulit buah kelor tidak sebanyak pemanfaatan biji (Azad et al., 2015) dan daun kelor (Aleman-Ramirez et al., 2021). Berdasarkan literature yang dijumpai ekstrak kulit buah kelor dimanfaatkan sebagai antibakteri dengan cara mengekstrak kulit buah kelor (Tuldjanah, 2018).

Berdasarkan uraian dari permasalahan diatas maka akan dilakukan pengaruh variasi suhu kalsinasi dalam sintesis katalis karbon kulit buah kelor tersulfonasi untuk produksi biosiesel. Preparasi katalis dapat dilakukan menggunakan metode kalsinasi untuk menghasilkan karbon dan disulfonasi dengan  $H_2SO_4$ . Karakterisasi katalis dilakukan dengan menggunakan FTIR, XRD, dan situs asam selanjutnya

diaplikasikan dalam produksi biodiesel dari PFAD. Biodiesel yang dihasilkan akan dilakukan uji viskositas, densitas, bilangan asam dan persen konversi.

### **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang sudah terpaparkan diatas, dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Menipisnya jumlah bahan bakar fosil dan bertambahnya jumlah penduduk menyebabkan terjadinya lonjakan permintaan bahan bakar, sehingga diperlukan sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui. Salah satu sumber energi alternatifnya yaitu biodiesel.
2. Biodiesel dalam perkembangannya terdapat kontroversi penggunaan bahan baku yang dapat dikonsumsi. Oleh sebab itu digunakan bahan baku yang diperoleh dari limbah seperti PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*)
3. Limbah PFAD memiliki kandungan *Free Fatty Acid* yang tinggi sehingga berpotensi menjadi sumber *feedstock* dalam memproduksi biodiesel melalui reaksi esterifikasi. Reaksi ini merupakan reaksi kesetimbangan sehingga diperlukan katalis. Salah satu katalis yang sesuai adalah katalis asam padat berbasis karbon tersulfonasi.
4. Katalis karbon tersulfonasi dapat dihasilkan dari limbah organik yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan pati. Salah satu sumber limbah organik yang dapat digunakan yaitu kulit buah kelor karena mengandung selulosa, hemiselulosa yang cukup tinggi.
5. Katalis karbon kulit buah kelor dapat di sintesis dari kalsinasi dan dilanjutkan dengan proses sulfonasi dengan  $H_2SO_4$  yang dilanjutkan dengan diaplikasikan ke dalam reaksi esterifikasi.

### **C. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah yang terdapat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Katalis karbon kulit buah kelor tersulfonasi disintesis melalui variasi suhu kalsinasi berdasarkan suhu (200°C, 250°C, 300°C, 350°C, 400°C) dilanjutkan dengan proses sulfonasi dengan cara merefluks karbon dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pada suhu 160°C selama 4 jam.
2. Karakterisasi katalis kulit buah kelor dilakukan dengan menggunakan instrumen FTIR, XRD, dan penentuan situs asam.
3. Aplikasi katalis karbon kulit buah kelor tersulfonasi dalam produksi biodiesel melalui reaksi esterifikasi antara PFAD dan methanol dengan bantuan katalis.
4. Analisis produk biodiesel yang dihasilkan di uji dengan densitas, laju alir, bilangan asam dan % konversi FFA.

### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang penelitian, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimanakah sifat fisikokimia dari katalis karbon kulit buah kelor hasil sintesis melalui karakterisasi dengan FTIR, XRD, dan situs asam ?
2. Bagaimana aktivitas katalitik katalis kulit buah kelor tersulfonasi dalam mengkonversi PFAD menjadi biodiesel yang diuji melalui uji densitas, laju alir dan bilangan asam?

### **E. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui sifat-sifat fisikokimia dari katalis karbon kulit buah kelor dari hasil karakterisasi FTIR, XRD, dan situs asam yang telah disintesis melalui proses kalsinasi dan disulfonasi dengan  $H_2SO_4$ .
2. Menghitung aktivitas katalitik katalis karbon kulit buah kelor tersulfonasi dalam mengkonversi PFAD menjadi biodiesel.

### **F. Manfaat Penelitian**

Adaapun manfaat penelitian adalah :

1. Memberikan informasi mengenai sifat-sifat fisikokimia dari katalis kulit buah kelor tersulfonasi yang telah disintesis melalui proses kalsinasi dan disulfonasi dengan  $H_2SO_4$ .
2. Memberikan informasi aktivitas katalitik katalis kulit buah kelor tersulfonasi dengan mengkonversi PFAD menjadi biodiesel.